جمهوری اسلامی ایران

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور

مجموعه مقالات

پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

گردآوری

آرش تافته[1]، شادمان ویسی[2]، میترا صمصامی پور[3]

[1و2] اعضای هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

[3] کارشناس موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

1404

سرشناسه	:	همایش ملی مدیریت آب در مزرعه (پنجمین : ۱۴۰۳ : کرج)
عنوان و نام پدیدآور	:	مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه/ گردآورندگان آرش تافته، شادمان ویسی، میترا صمصامی‌پور؛ ویراستار نیازعلی ابراهیمی‌پاک.
مشخصات نسر	:	کرج: موسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۴۰۴.
مشخصات ظاهری	:	۷۹۴ص.: مصور، جدول، نمودار؛ ۲۲ × ۲۹ س‌م.
شابک	:	978-622-6705-45-5
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	آبیاری -- ایران -- کنگره‌ها Irrigation -- Iran-- Congresses آبیاری -- ایران -- مدیریت-- کنگره‌ها Irrigation -- Iran -- Management-- Congresses آب در کشاورزی -- ایران -- کنگره‌ها Water in agriculture -- Iran -- Congresses کشاورزی آبی -- ایران-- کنگره‌ها Irrigation farming -- Iran-- Congresses
شناسه افزوده	:	تافته، آرش، ۱۳۶۳-، گردآورنده
شناسه افزوده	:	Tafteh , Arash
شناسه افزوده	:	ویسی، شادمان، ۱۳۶۴-، گردآورنده
شناسه افزوده	:	صمصامی‌پور، میترا، ۱۳۵۸-، گردآورنده
شناسه افزوده	:	موسسه تحقیقات خاک و آب
شناسه افزوده	:	soil & water research institute
رده بندی کنگره	:	S۶۱۶/الف۹
رده بندی دیویی	:	۶۳۱/۵۸۷۰۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی	:	۱۰۳۳۵۱۵۲
اطلاعات رکورد	:	فیپا

مشخصات اثر

عنوان: **مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه**

گردآورندگان: آرش تافته، شادمان ویسی و میترا صمصامی پور

ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات اسرار علم

کارشناس انتشارات: سمانه پورمنصور

ویراستار: نیازعلی ابراهیمی پاک

طراح جلد: سید هادی میرغیاثی

شابک: 978-622-6705-45-5

سال انتشار: 1404

نوبت چاپ: اول

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این اثر با شماره 3140441 در تاریخ 1404/10/15 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین‌دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

کد پستی: 3177993545 **صندوق پستی:** 311-31785

نمابر : 02636210121 **تلفن:** 36201900- 026

وب‌سایت: http://www.swri.ir **پست الکترونیکی:** info.swri@areeo.ac.ir

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ..... أ

محور 1- بررسی نقش و کارایی سامانه نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی 1

ارزیابی سامانه نیاز آبی گیاهان کشور در برآورد تبخیر تعرق استاندارد برخی گیاهان باغی 3

ارزیابی سامانه نیاز آبی گیاهان کشور در برآورد تبخیر تعرق استاندارد برخی گیاهان زراعی در استان‌های غربی کشور 9

برآورد آب مصرفی گیاه گندم سامانه نیاز آب 15

برآورد آب مصرفی گیاه هندوانه در سامانه نیاز آب 20

برآورد آب مصرفی محصولات شاخص باغی استان‌های شمال غرب کشور 24

برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید محصول گوجه‌فرنگی در شهرستان ارومیه 28

برآورد ضریب گیاهی و تبخیر تعرق کینوا در ایستگاه تحقیقاتی چهار تخته شهرکرد 33

برآورد مقدار آب مصرفی گیاه بادمجان به روش حل معکوس تابع تولید با استفاده از روش تافته، پاسکوئله و رئیس در شرایط مختلف آبیاری 39

برآورد نیاز آبی زعفران در استان خراسان جنوبی 44

بررسی تأثیر واسنجی ضرایب مدل آنگستروم- پرسکات بر تخمین تبخیر تعرق مرجع در ایستگاه سینوپتیک قزوین 49

بررسی تغییرات زمانی نیاز آبیاری استاندارد گندم در استان یزد 54

بررسی تغییرات نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی در استان‌های شمال غرب کشور 59

بررسی عوامل مؤثر در برنامه‌ریزی آبیاری گندم در استان البرز 63

بررسی مدیریت آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دو رقم عدس 68

پهنه‌بندی تبخیر و تعرق گیاه مرجع (چمن) و متغیرهای آب‌وهوایی سالانه در استان کردستان با روش‌های زمین آمار 72

تطبیق مراحل رشد گیاهی FAO با درجه روزرشد GDD بر اساس اطلاعات فنولوژی بومی گیاه گندم در سامانه نیاز آب 76

تطبیق مراحل رشد گیاهی FAO با درجه روزرشد GDD بر اساس اطلاعات فنولوژی بومی گیاه ذرت علوفه‌ای در سامانه نیاز آب 83

تطبیق مراحل رشد گیاهی FAO با درجه روزرشد GDD بر اساس اطلاعات فنولوژی بومی گیاه چغندرقند در سامانه نیاز آب 90

لزوم به‌روزرسانی سند ملی آب در حوزه دریاچه ارومیه در شهرستان سقز 97

مقایسه آب کاربردی گندم با نیاز آبیاری آن در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه 101

مقایسه آب مصرفی و بهره‌وری آب گیاه چغندرقند بهاره و پائیزه با استفاده از سامانه نیاز آب 110

محور 2- بهره‌وری آب در کشاورزی 115
اثر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی میزان بهره‌وری آب و عملکرد نیشکر 117
اثر شیب و دبی ورودی بر عملکرد و بهره‌وری آب در آبیاری جویچه‌ای اراضی نیشکر 123
اثر کم آبیاری بر کارایی و بهره‌وری مصرف آب محصول گندم در شهرکرد 127
اثر میزان آب آبیاری بر خصوصیات کمی، کیفی و فیزیولوژیک هندوانه 134
ارزیابی عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در کم آبیاری موجی 138
ارزیابی و آنالیز حساسیت روش‌های مؤثر بر بهره‌وری نسبی اقتصادی آب 142
افزایش نسبی بهره‌وری اقتصادی آب کشاورزی جهت کاهش مصرف آب 148
بررسی اثر میزان آبیاری و تاریخ کشت بر عملکرد و بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی تحت شرایط شوری منابع آب‌وخاک 155
بررسی اثر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با لوله‌های سوراخ‌دار بر بهره‌وری مصرف آب در نخیلات 162
بررسی اثرات بر همکنش کاربرد سلنیوم و کم آبیاری بر بهره‌وری آب و برخی خصوصیات گیاه نعناع فلفلی 169
بررسی بهره‌وری آب برخی محصولات زراعی در استان اصفهان 178
بررسی تأثیر پساب فاضلاب شهری بر برخی ویژگی‌های هیدرولیکی خاک 182
بررسی تأثیر رژیم‌های آبیاری بر ویژگی‌های کمّی میوه هندوانه 187
بررسی تغییرات حداکثر بهره‌وری آب برنج در استان مازندران 190
بررسی تغییرات نیاز آبی و بهره‌وری آب محصول گندم در استان مازندران با استفاده از سامانه نیاز آب 194
بررسی حجم آب مصرفی و بهره‌وری آب در مزارع جو استان خراسان رضوی 198
بررسی هدفمند روند بهره‌وری آب گیاه گندم دو دهه اخیر 202
بررسی نیاز آبی و مصرف کود نیتروژن بر عملکرد ذرت 207
برنامه‌ریزی آبیاری گندم در روش‌های مختلف آبیاری در سامانه نیاز آب 211
بهبود بهره‌وری اقتصادی با بهینه‌سازی الگوی کشت در استان یزد 215
بهره‌وری مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی زراعت یونجه 220
پیش‌بینی کمبود فشار بخار برای مدیریت مصرف آب در مزرعه به کمک فنون یادگیری ماشین در مناطق گرم و خشک 225
تأثیر روش‌های مختلف کم آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای 233
تأثیر عمق و روش آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب خرما رقم هلیلی در میناب 237
تأثیر فاصله نوارهای آبیاری قطره‌ای تیپ بر افزایش کارایی مصرف آب گندم 241
تأثیر کم آبیاری بر درختان گردو 247
تعیین بهره‌وری آب در مزارع گوجه‌فرنگی استان خراسان رضوی 252
تعیین میزان آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع پنبه استان خراسان رضوی 256
توسعه کشت نشایی کلزا ابزاری کارآمد در ارتقا بهره‌وری آب کشاورزی 260
جایگاه کودهای زیستی در افزایش بهره‌وری آب از طریق ایفای نقش در مدیریت تنش خشکی در محصولات کشاورزی 264
مقایسه بهره‌وری آب و عملکرد هندوانه در سطوح مختلف آب آبیاری در جیرفت 268
مقایسه کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک‌درمیان و آبیاری جویچه‌ای کامل در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی 271

محور 3- بهینه‌سازی الگوی کشت در کشاورزی 273
ارزیابی اثرات تغذیه‌ای و آلاینده پساب فاضلاب شهری جهت معرفی الگوی کشت جو بذری 274
ارزیابی اثرات کشت پسته بر منابع آب‌وخاک منطقه زیدآباد کرمان 278
برآورد سطح زیر کشت بهاره با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (دشت الشتر) 282
بررسی و ارائه الگوی بهینه بهره‌برداری و نگهداری شبکه آبیاری دشت سیستان 290
تعیین تناسب اراضی جهت توسعه کشت دیم در منطقه ایذه و باغ ملک با استفاده از روش ترکیبی فازی-سلسله‌مراتبی (AHP FUZZY) 294
مقایسه طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری قطره‌ای و بارانی دشت ارایض استان خوزستان 304

محور 4- تغییر اقلیم و تأثیر آن بر مدیریت آبیاری 313
ارزیابی دقت داده‌های بارش مجموعه داده‌های ERA5-Land و CHIRPS 314
بررسی تغییرات متغیرهای اقلیمی و نیاز آبی در دوره‌های رشد فیزیولوژیک درخت سیب در استان زنجان 319
بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی میزان تبخیر تعرق حوزه آبخیز رودخانه میناب 323
بررسی تأثیر تعدیل تقویم زراعی بر بهره‌وری آب سیب‌زمینی در ایران در طول قرنِ بیست و یکم 327
بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر مدیریت آب در بخش کشاورزی 335
بررسی مکانی تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر تبخیر-تعرق مرجع در ایران 340
بررسی وضعیت خشکسالی استان سیستان و بلوچستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد 344
تأثیر تغییر اقلیم بر ویژگی‌های رطوبتی و حرارتی خاک 348
تحلیل روند تغییرات تبخیر تعرق گیاه مرجع و متغیرهای آب‌وهوایی در شهرستان سقز حوضه دریاچه ارومیه 352
تحلیل روند تغییرات زمانی و مکانی دوره‌های خشکسالی و ترسالی در استان سیستان و بلوچستان 358
تحلیل کمبود آب سبز سیب‌زمینی در شرایط تغییر اقلیم 366
تحلیل و پیش‌بینی دما با استفاده از سری‌های زمانی در تعدادی از ایستگاه‌های استان خراسان رضوی 373
تغییرات اقلیمی و تبخیر تعرق مرجع در استان کردستان با استفاده از سامانه نیاز آبی گیاهان 379
تغییرات اقلیمی و مدیریت آب در کشاورزی 385
روند تغییرات نیاز تبخیری جو در نیم‌قرن گذشته در جنوب ایران تحت تغییرات اقلیمی 392
معرفی GEE-Precipitation، ابزاری برای استخراج سری زمانی بارش 60 ساله 396
نگاهی بر تغییرات سطح آب زیرزمینی استان فارس در دورهٔ 10ساله (1383-1393) 401

محور 5- کاربرد مدل و فنون نوین در مدیریت آبیاری 401
ارزیابی اثر عمق زهکش‌های زیرزمینی بر شوری خاک سطحی در مزارع گندم جنوب خوزستان 402
ارزیابی سطوح مختلف ورودی نرم‌افزار Rosetta در برآورد برخی ویژگی‌های خاک 409
ارزیابی عملکرد زهکش‌های زیرزمینی در کنترل سطح ایستابی و شوری آب زیرزمینی در مزارع گندم جنوب استان خوزستان 414
برآورد توزیع مکانی برخی ویژگی‌های هیدرولیکی خاک با استفاده از روش‌های زمین‌آماری کریجینگ و کوکریجینگ 420
برآورد رطوبت خاک با استفاده از مدل‌های ANN و ANFIS 425

برآورد ضریب گیاهی گل محمدی با استفاده از سنجش‌ازدور 430
بررسی متغیرهای ارزیابی Du ،Cu جهت ارزیابی روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و آبپاش متحرک مورداستفاده در شهرستان سرعین 435
بررسی کارایی و دوام سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در اراضی نیشکر جنوب اهواز 439
بررسی نیاز آبی محصولات عمده دشت سنندج با استفاده از مدل CROPWAT 443
بهینه‌سازی مصرف آب و دور آبیاری نیشکر با استفاده از تصاویر سنجنده 449
پیش‌بینی عملکرد گیاه برنج- رقم طارم هاشمی با استفاده از داده‌های دورسنجی و مدل گیاهی 454
تهیه نقشه سطح زیر کشت محصولات با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور 460
شبیه‌سازی عملکرد کینوا با استفاده از مدل آکواکراپ 465
کاهش مصرف آب در مزارع سویا با استفاده از روش دانش‌بنیان بایوجمی در کشت و صنعت کارون 469
مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش پویایی تحت گزینه‌های مختلف تغییر قیمت آب و حامل‌های انرژی در دشت مهران 474
معرفی مدل نرم‌افزاری OOIS-V2 برای استفاده در مدیریت بهره‌برداری و برآورد مقادیر توزیع و تحویل آب در روش‌های آبیاری 486
معرفی نرم‌افزار ارزیابی تناسب اراضی برای کشت دیم گیاهان زراعی و باغی کشور 491
مقایسه برآورد تبخیر تعرق مرجع با استفاده از روش‌های تجربی و مدل شبکه عصبی مصنوعی 495
مقایسه بهره‌برداری اصولی و غیراصولی از سیستم‌های نوین آبیاری در باغات پسته 502
مقایسه مدل‌های METRIC و SSEB در برآورد تبخیر تعرق واقعی گندم در مزارع دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز 506
مناسبترین مدیریت آبیاری گیاه کینوا در راستای مصرف بهینه آب در شرایط شور در اصفهان 513
نقش کیفیت آب در کارائی و اثربخشی آفت‌کش‌ها 518

محور 6- نقش مدیریت زراعی (خاک، کود، بذر و مکانیزاسیون) در مدیریت مصرف آب در کشاورزی 519

آبشویی خاک‌های شور و سدیمی و کاربرد ماده اصلاح‌کننده گچ کشاورزی در اراضی دشت موران خوزستان 520
اثر اصلاح‌کننده‌های آلی و معدنی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک‌های سبک بافت شنی و بهبود راندمان مصرف آب 527
اثر پوشش مصنوعی مالچ و سایه‌بان بر بهبود کارایی مصرف آب و تنش دمایی درختان پسته 531
اثر تنش کمآبی و کود بر برخی از ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژی گلرنگ (Carthamus tinctorius L.) 536
اثر زمین‌پوش مصنوعی و تور سایبان بر مؤلفه‌های دمایی و کارایی مصرف آب درختان انار 540
اثر مالچ‌ها و مواد جاذب رطوبت در کارایی مصرف آب در نهال‌کاری با قره‌داغ Nitraria schoberi در مناطق بیابانی 545
اثر مدیریت آبیاری و سطوح مختلف اسیدآمینه بر عملکرد لوبیا 551
استفاده از شاخص مقیاس به‌منظور تعیین نفوذ آب به خاک در زراعت گندم 555
بررسی اثر سطوح آبیاری و برخی از محرک‌های رشد گیاهی بر عملکرد گیاه کلزا در استان اردبیل 559
بررسی اثرات مقادیر مختلف ورمی کمپوست بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد کمی و کیفی سیب 563
بررسی تأثیر پساب فاضلاب شهری بر نفوذپذیری خاک 568
بررسی تأثیر کاربرد اصلاح‌کنندهٔ گچ کشاورزی در اصلاح خاک‌های شور در منطقه شهمان خوزستان 573
بررسی تأثیر کاربرد کودهای آلی و مدیریت آبیاری بر صفات زراعی و عملکرد برنج 579
بررسی تغییرات نسبت کلسیم به منیزیم آب‌های زیرزمینی منطقه اشتهارد 583
بررسی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و ساکاروز سنتتاز کینوا در مواجهه با تنش شوری 586
بررسی فواصل آبیاری و سطوح کودهای آلی بر عملکرد برنج در استان گیلان 594

بهبود دقت پیش‌بینی مکانی کلاس‌های خاک بر اساس رویکرد متعادل‌سازی داده 598
تأثیر آبیاری و کود فسفر بر آب نسبی برگ، سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ در برنج 604
تأثیر کاربرد توأم کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر تغییر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک در روش‌های زراعی مختلف در کرت‌های دایم 608
تأثیر کاربرد سطوح مختلف بیوچار بر جرم ویژه ظاهری و پایداری خاکدانه‌ها در خاک تحت کشت نیشکر 612
تأثیر کم آبیاری و کود آلی بر عملکرد ذرت در استان هرمزگان 617
تأثیر کود مرغی و دور آبیاری بر برخی صفات زراعی برنج 621
تخمین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی بر پایه ویژگی‌های زودیافت خاک به کمک برخی توابع انتقالی 625
تعیین ضرایب گیاهی نیشکر رقم CP57-614 در شرایط کاربرد اصلاح‌کننده‌های آلی خاک در لایسیمترهای حجمی 631
تغییرات شوری آب در دشت اشتهارد؛ هشداری برای تخریب خاک 636
مقایسه تأثیر کاربرد کودهای آلی بر تغییرات سرعت نفوذ آب در خاک در تناوب‌های مختلف کشت در کرت‌های دایم 639
نقش زمین‌پوش مصنوعی و تور سایبان در مدیریت دمایی و مصرف آب درختان پرتقال 643

محور 7- نقش نظام بهره‌برداری، آموزش و ترویج در مدیریت مصرف آب در کشاورزی 647
ارزیابی اثربخشی فعالیتهای بخش تحقیقات آبیاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب در دهه اخیر 648
ارزیابی فنی عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی اراک 654
بحران آب: چالش طبیعت یا ناکارآمدی مدیریت؟ 657
برخی چالش‌ها و برنامه‌ها در کشاورزی سیستان 665
بررسی احکام بخش آبیاری و زهکشی در قانون برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران 668
بررسی مقادیر فسفر در آب‌های سطحی و اراضی کشاورزی در راستای حفظ محیط‌زیست در دریاچه پارس‌آباد مغان 674
بررسی میزان نیترات ورودی و خروجی از شبکه آبیاری و زهکشی کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک‌خان 678
بررسی نتایج مهندسی ارزش در اجرای پیمان طرح‌ها در شبکهٔ اصلی و فرعی آبیاری اراضی پایاب سامانه گرمسیری در استان ایلام 682
بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی از منظر اسناد بالادستی 696
رتبه‌بندی شاخص‌های بومی بازدارنده پذیرش روش‌های آبیاری تحت‌فشار در استان اردبیل (کاربرد روش دلفی) 702
نقش ترویج فنون مدیریت زراعی مناسب برای افزایش بهره‌وری مصرف آب در زراعت کلزا 706
نقش ترویج فنون مدیریت زراعی مناسب برای افزایش بهره‌وری مصرف آب در زراعت کلزا 706
واکاوی رفتار کشاورزان در پذیرش فناوری آبیاری تحت‌فشار در دشت‌های زیر مجموعه سامانه گرمسیری استان ایلام 713

محور 8- هوشمندسازی و اتوماسیون آبیاری 721
آبیاری هوشمند در قلب زنجیره تأمین کشاورزی: کلید آینده بهره‌وری و پایداری 723
آینده آبیاری: هوشمندسازی یا آبیاری هوشمند؟ 729
برآورد ضریب گیاهی پایه با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی به‌دست‌آمده از تصاویر سنجنده سنتینل 2 733
برآورد نیاز آبی گیاه نیشکر در مرحله میانی رشد با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی 739
طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری استدلال مبتنی بر مورد برای بهبود مدیریت آب در کشاورزی هوشمند 746

هوشمندسازی روش‌های آبیاری با مفهوم جدید اینترنت اشیا 755

پیشگفتار

به نام خداوند خاک و خداوند آب کند مرد اندیشه آغاز با این خطاب

کین آب و خاک میراث خونین ماست نشانی ز غیرت در آیین ماست

آب، سرچشمه حیات و زیربنای پایداری کشاورزی است. در شرایطی که کشور با محدودیت منابع آبی و پیامدهای تغییر اقلیم روبه‌روست، ضرورت بازنگری در شیوه‌های مدیریت آب در سطح مزرعه بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود .مدیریت مؤثر آب، نه‌تنها عامل افزایش بهره‌وری و پایداری تولید است، بلکه به‌عنوان حلقه اتصال میان علم، فناوری و تجربه کشاورزان، نقش تعیین‌کننده‌ای در آینده امنیت غذایی کشور دارد .همایش «مدیریت آب در مزرعه» باهدف گرد هم آوردن پژوهشگران، متخصصان، مدیران و بهره‌برداران شکل‌گرفته است تا در پرتو تبادل اندیشه‌ها و دستاوردهای علمی، مسیر نوینی برای استفاده بهینه از آب ترسیم شود. امید است که نتایج این همایش، زمینه‌ساز تصمیم‌سازی‌های دقیق‌تر، همکاری‌های بین‌بخشی مؤثرتر و گام‌های عملی در جهت توسعه کشاورزی دانش‌بنیان و تاب‌آور باشد .از تمامی پژوهشگران، مجریان و همکارانی که با تلاش و همراهی صمیمانه خود در برگزاری این همایش نقش‌آفرین بوده‌اند، صمیمانه قدردانی می‌شود. امید آنکه این رویداد، نقطه‌ای مؤثر در مسیر تحقق مدیریت علمی آب در مزرعه و الگویی برای توسعه پایدار در کشور باشد.

پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه در آبان‌ماه سال 1403 به همت مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور برگزار شد. مدیریت آب در مزرعه به‌عنوان حلقه مهمی از مدیریت یکپارچه منابع آب کشور نقش اساسی در تعدیل و سازگاری با تغییرات اقلیمی و خشکسالی که بر امنیت آبی و غذایی کشور سایه افکنده است ایفا می‌نماید. بر همین اساس هدف اصلی برگزاری چهار همایش قبلی مدیریت آب در مزرعه ایجاد زمینه علمی عبور از تفکر صرفاً سازه‌ای و سخت‌افزاری و لحاظ نمودن رویکردهای نرم-افزاری توجه به مدیریت آب در مزرعه بوده است چرا که مدیریت آب در مزرعه محل تلاقی آب، خاک، گیاه، اقلیم و نیرو انسانی است که در حلقه‌های استحصال و انتقال تا مزرعه برخی از عوامل فوق حضور ندارند. پنجمین همایش در هفت محور اصلی شامل بهره‌وری آب مصرفی، هوشمندسازی و اتوماسیون آبیاری، کاربرد مدل‌ها و فنون نوین، سامانه نیاز آبی گیاهان، تغییر اقلیم و تأثیر آن بر مدیریت آب، بهینه‌سازی الگوی کشت و مدیریت آب و نقش مدیریت زراعی (خاک، کود و مکانیزاسیون) در مدیریت آب در مزرعه برگزار شد. در مجموع 189 مقاله به دبیرخانه همایش ارسال و 144 مقاله در آن پذیرفته شد. این کتاب شامل مجموعه‌مقالات پذیرفته شده به تفکیک محورهای تخصصی در 8 محور ارائه شده است. امید است این مجموعه‌مقالات مورداستفاده محققین در عرصه مدیریت آب قرار گیرد. ضمناً قابل‌توجه می‌باشد که مسئولیت مطالب علمی مقالات متوجه نویسنده مسئول مقاله بوده و کمیته علمی همایش هیچ‌گونه دخل و تصرف در مطالب علمی مقالات را نداشتند.

دکتر آرش تافته

دبیر علمی پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

بیانیه

« پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه»

آب نیازی اساسی برای تمام بشریت و آبیاری برای تأمین امنیت غذایی برای انسان‌ها امری الزامی است. برقراری تعادل و توازن منطقی میان عرضه و تقاضای آب، نیازمند اجرای سیاست‌های مدیریت آب است. این موضوع چالشی چندبعدی و شامل اجزاء متعددی با حلقه‌های پیوسته و به هم مرتبط بوده که بایستی به طور هم‌زمان جنبه‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن لحاظ شود.

ازاین‌رو پنجمین همایش ملی «**مدیریت آب در مزرعه**» با محوریت مؤسسه تحقیقات خاک و آب و با همکاری وزارت جهاد کشاورزی، دستگاه‌های اجرائی، تحقیقاتی و دانشگاهی در روز 16 آبان ماه سال 1403 با حضور معاونین وزیر جهاد کشاورزی، مدیران اجرائی، اساتید، پژوهشگران، کارشناسان، متخصصین صاحب نظر و دانشجویان در قالب 8 محور شامل:

(1) بهره‌وری آب در کشاورزی

(2) هوشمندسازی و اتوماسیون آبیاری

(3) بررسی نقش و کارایی سامانه نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی

(4) بهینه‌سازی الگوی کشت در کشاورزی

(5) تغییر اقلیم و تأثیر آن بر مدیریت آبیاری

(6) کاربرد مدل و فنون نوین در مدیریت آبیاری

(7) نقش مدیریت زراعی(خاک، کود، بذر، مکانیزاسیون) در مدیریت مصرف آب در کشاورزی

(8) نقش نظام بهره‌برداری، آموزش و ترویج در مدیریت مصرف آب در کشاورزی

برگزار گردید. از مجموع 189 مقاله رسیده به دبیرخانه همایش، 144 مقاله توسط کمیته علمی همایش برای ارائه انتخاب شد که فایل مقالات در برنامک (اپلیکیشن) همایش ارائه و قابل دریافت می‌باشد. در این همایش دو نشست تخصصی توسط مدیران و صاحبنظران بخش آب کشاورزی با عناوین ذیل برگزار شد.

نشست اول: مدیریت آب کشاورزی و سند ملی دانش‌بنیان امنیت غذایی

نشست دوم: آبیاری هوشمند و اصلاح الگوی مصرف آب کشاورزی

بیانیه این همایش باتوجه‌به موارد ذکر شده در مجموعه مقالات و نشست‌های تخصصی تهیه شد که در آن پیگیری موارد زیر مورد تأکید است:

1. ضرورت توجه به اجرای سیاست‌ها، قوانین و آئین‌نامه‌های اجرائی مصوب در سطوح ملی و منطقه‌ای. مطابق با آیین‌نامه اجرایی بند ب تبصره (7) قانون بودجه سال 1403 الگوی مصرف آب محصولات کشاورزی بایستی بر اساس مرجع سامانه نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی (نیاز آب) تهیه شده در مؤسسه تحقیقات خاک و آب انجام پذیرد.

2. تدوین دستورالعمل‌های موردنیاز برای اجرایی‌شدن سند ملی دانش‌بنیان امنیت غذایی کشور پیشنهاد می‌شود.

3. باتوجه‌به اهمیت و تکالیف قانونی در تحویل حجمی آب و به‌منظور مدیریت کلان آب در بخش کشاورزی کشور استفاده از سامانه نیاز آب موردتأکید است.

4. الگوی کشت بهینه در راستای تولید محصولات کشاورزی، حفظ محیط‌زیست و استفاده بهینه از منابع آب‌وخاک نقش شایانی در مدیریت مصرف آب ایفا می‌کند.

5. به‌منظور بهبود مدیریت مصرف آب در مزرعه و در راستای کاهش مصرف آب آبیاری، ضروری است مدیریت یکپارچه آب با رعایت ملاحظات روابط آب، خاک، گیاه و اقلیم سرلوحه هرگونه فعالیتی واقع گردد.

6. اجرای برنامه‌های پایش کمی و کیفی منابع آب‌وخاک کشور باهدف رصد نمودن و ارزیابی تغییرات منابع پایه موردتأکید است.

7. آبیاری هوشمند راهکاری به‌منظور مدیریت بهینه آب کشاورزی بوده و ایجاد زیرساخت‌های لازم در جهت توسعه آن ضروری است.

8. تغییر اقلیم امری گریزناپذیر بوده و آنچه پیامدهای آن را خفیف‌تر خواهد ساخت شیوه تعامل و سازگاری با آن است. ایجاد سامانه پیش‌آگاهی همراه با پایش شرایط خشکی و خشکسالی پیشنهاد می‌شود.

9. مشارکت کشاورزان به‌منظور بهبود مدیریت مصرف و ارتقای بهره‌وری آب حائز اهمیت بوده و ترویج و آموزش کشاورزی نقش شایانی دراین‌ارتباط دارد.

تأمین امنیت غذایی پایدار، زیربنای امنیت اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی کشور است و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین حقوق فرد و جامعه محسوب می‌شود. برای دستیابی به این هدف، لازم است به امنیت آبی کشور توجه ویژه‌ای شود و تمامی دستگاه‌ها و نهادهای مرتبط با حکمرانی آب به‌صورت جامع و هماهنگ، بدون نگاه بخشی‌نگر، در راستای تأمین معیشت پایدار ساکنان و حفظ تمدن کهن ایران تلاش کنند و تعادل بین امنیت آبی و غذایی را برقرار سازند.

دکتر شادمان ویسی

دبیر پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

محور 1

بررسی نقش و کارایی سامانه نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی

ارزیابی سامانه نیاز آبی گیاهان کشور در برآورد تبخیر تعرق استاندارد برخی گیاهان باغی

مهدی جوزی [1]، فاطمه کیخایی [2]، نیازعلی ابراهیمی‌پاک [3]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، m.jovzi@areeo.ac.ir

[2] مربی، بخش تحقیقات آبیاری، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] دانشیار، بخش تحقیقات آبیاری، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

هدف از انجام این پژوهش ارزیابی و تعیین دقت سامانه نیاز آبی گیاهان کشور در برآورد تبخیر تعرق استاندارد برخی گیاهان باغی در استان‌های غربی کشور می‌باشد. به این منظور مقادیر تبخیر تعرق استاندارد 10ساله منتهی به سال 1401 از سامانه نیاز آبی گیاهان کشور برای گیاهان سیب‌درختی، هلو، انگور، انار، زیتون و خرما در ایستگاه‌های منتخب استان‌های غربی کشور استخراج شد. سپس مقادیر آن‌ها با مقادیر کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور مقایسه گردید. دقت این سامانه با استفاده از آماره‌های میانگین خطا (ME)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال (NRMSE) تعیین شد. نتایج حاصل نشان داد مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه با کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان در برخی از ایستگاه‌ها متفاوت بود. از دلایل این امر می‌توان به متفاوت‌بودن ضریب گیاهی و طول دوره رشد در سامانه نیاز آبی نسبت به کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان اشاره نمود. همچنین تحلیل آماری این مقایسه نشان داد سامانه نیاز آبی گیاهان کشور در استان‌های غربی در برآورد تبخیر تعرق استاندارد گیاهان سیب‌درختی و زیتون دارای دقت عالی و برای گیاهان هلو، انگور و انار دارای دقت خوب می‌باشد.

کلمات کلیدی: تبخیر تعرق، غرب ایران، محصولات باغی، نیاز آبی

مقدمه

باتوجه‌به کمبود منابع آبی، کاهش میانگین بارش سالانه و خشکسالی‌های رخ‌داده در کشور، کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی جزو اهداف اصلی و کلیدی مدیریت منابع آب است (بذرافشان و همکاران، 1400). برآورد شاخص‌های مدیریت مصرف آب از ابزارهای مهم در برنامه‌ریزی‌های کلان مربوط به تأمین، تخصیص و مصرف اصولی آب در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی است (مولائی، 1400). از آنجایی که تقریباً تمام فرآیندهای فیزیولوژی در گیاهان تحت‌تأثیر مستقیم آب قرار دارد کمبود آب در فرایند رشد گیاه نه تنها عملکرد محصول را کاهش می‌دهد بلکه روند رشد گیاه را تغییر داده و بر روی تشکیل گل و تولید بذر و میوه بیشتر تأثیر منفی می‌گذارد. امروزه ثابت شده است که عملکرد گیاهان متناسب با میزان تعرق گیاهان است و برای گیاهانی که تمام یا قسمت اعظم محصول آن‌ها از رشد رویشی گیاه بدست می‌آید دستیابی به بیشترین محصول تولیدی زمانی امکان‌پذیر است که آب آبیاری کافی تا رسیدن به تبخیر تعرق بالقوه در اختیار گیاه قرار گیرد (Allen et al., 1998). برای داشتن تولید پایدار، ضروری است تا از نیاز آبی گیاهان آگاهی داشته باشیم. مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی استفاده از آن براساس نیاز آبی گیاهان انجام می‌شود که لازمه مؤثر بودن این برنامه‌ریزی، شناخت دقیق نیازهای موجود می‌باشد (Evett et al., 2012).

امکان دسترسی اکثریت افراد جامعه به اینترنت فرصتی است تا اطلاعات موردنیاز بهره‌برداران در زمینه نیاز آبی، آبیاری و راندمان‌های آن به‌وسیله سامانه‌ای خبره و تحت وب در اختیار آنان قرار گیرد تا در جهت ارتقای بهره‌وری آب کشور مورداستفاده قرار گیرد. دررابطه‌با نیاز آبی و یا تبخیر تعرق گیاهان نرم‌افزارهای مختلفی مثل NETWAT، CROPWAT و AQUACROP در سطح جهان و ایران توسعه‌یافته است. باتوجه‌به اهمیت تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی برای برنامه‌ریزی کلان آب کشور و نیاز به سامانه جامع و دقیق برای کلیه محصولات کشاورزی جهت دسترسی بهره‌برداران به آن، مؤسسه تحقیقات خاک و آب سامانه نیاز آبی گیاهان کشور را اولین‌بار در سال 1401 ارائه داد. این سامانه متشکل از چندین بانک اطلاعاتی منحصر به فرد (خاک، گیاه، هواشناسی و ...) در سطح کشور است. سامانه نیاز آبی گیاهان کشور با استفاده از آخرین روش‌های علمی روز دنیا، نیاز آبی و آبیاری گیاهان را در سطوح مختلف کشت برآورد و خروجی آن را به‌صورت اطلاعات در اختیار کاربران قرار می‌دهد (ابراهیمی پاک و همکاران، 1401). اما قبل از توصیه به کاربرد هر سامانه، ابتدا بایست نسبت به ارزیابی و تعیین دقت خروجی آن سامانه اقدام کرد.

لذا هدف از انجام این تحقیق ارزیابی و تعیین دقت سامانه نیاز آبی گیاهان کشور در برآورد تبخیر تعرق استاندارد برخی گیاهان باغی شامل سیب‌درختی، هلو، انگور، انار، زیتون و خرما در ایستگاه‌های منتخب استان‌های غربی کشور (همدان، لرستان، ایلام، کرمانشاه و کردستان) است.

مواد و روش‌ها

در این مقاله مقادیر تبخیر تعرق استاندارد 10ساله منتهی به سال 1401 برای گیاهان سیب درختی، هلو، انگور، انار، زیتون و خرما در ایستگاه‌های منتخب استان‌های غربی کشور (همدان، لرستان، ایلام، کرمانشاه و کردستان) از سامانه نیاز آبی گیاهان کشور (موسسه تحقیقات خاک و آب، 1403) استخراج شد. در ادامه مقادیر متناظر تبخیر تعرق استاندارد گیاهان ذکر شده در ایستگاه‌های موردمطالعه از کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) استخراج گردید و مقدار آن‌ها در یک بانک اطلاعاتی ذخیره شد. سپس نمودار مقادیر مربوط به تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی و کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور برای گیاهان مورد بررسی در ایستگاه‌های مورد مطالعه توسط نرم‌افزار Excel ترسیم شد و با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت. به‌منظور ارزیابی برآورد تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی گیاهان کشور از آماره‌های میانگین خطا (ME)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال (NRMSE) استفاده گردید (روابط 1 تا 3).

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(ETc_i^{WRS} - ET_i^{F}\right)}{N} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(ETc_i^{WRS} - ETc_i^{F}\right)^2}{N}} \quad (2)$$

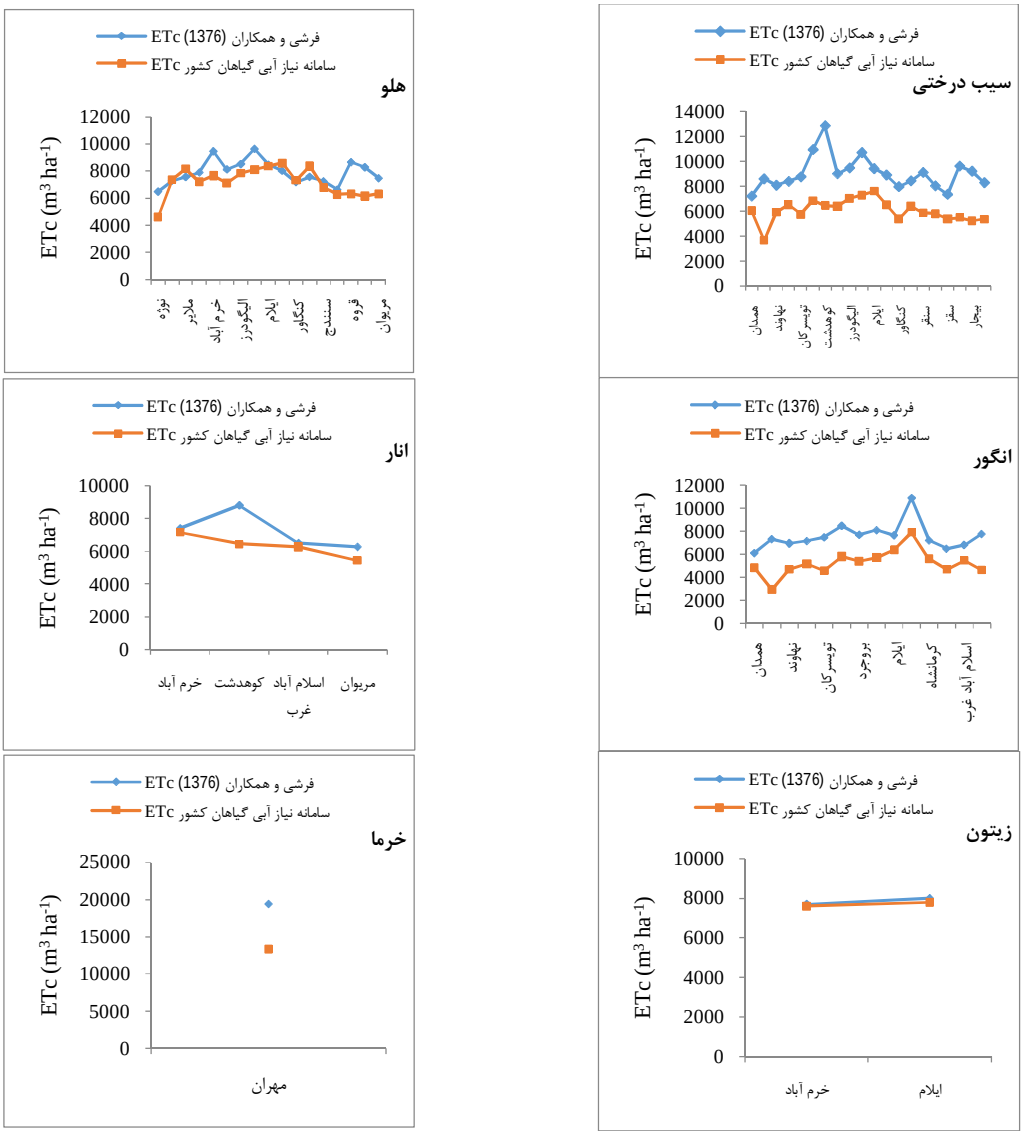
$$NRMSE = \frac{RMSE}{\overline{ETc^F}} \quad (3)$$

که در روابط بالا ETc_i^F و $\overline{ETc^F}$: به‌ترتیب مقدار تبخیر تعرق استاندارد در کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) برای گیاه مورد بررسی در شهرستان i و میانگین شهرستان‌های مورد بررسی ($m^3\ ha^{-1}$)، ETc_i^{WRS}: مقدار تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی گیاهان کشور برای گیاه مورد بررسی در شهرستان i ($m^3\ ha^{-1}$) و N: تعداد کل داده‌ها (شهرستان‌ها) می‌باشند. مقادیر مثبت و منفی ME به‌ترتیب نشان‌دهنده بیش برآوردی و کم برآوردی تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی گیاهان کشور در مقایسه با کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) است. RMSE تفاوت میان مقادیر تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی گیاهان کشور با مقادیر کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور می‌باشد. هر چه مقدار این آماره کمتر باشد به عبارت دیگر نزدیک به صفر باشد روش مورد بررسی دارای دقت بالاتری در برآورد تبخیر تعرق است.

اگر مقدار NRMSE روش مورد بررسی کمتر از 10 درصد باشد کارکرد آن روش عالی، بین 10 تا 20 درصد باشد خوب، 20 تا 30 درصد باشد متوسط، و بیشتر از 30 درصد، ضعیف ارزیابی می‌گردد (بختیاری و همکاران، 1394).

نتایج و بحث

در شکل (1) مقادیر تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی گیاهان کشور برای گیاهان سیب‌درختی، هلو، انگور، انار، زیتون و خرما در استان‌های غربی کشور (همدان، لرستان، ایلام، کرمانشاه و کردستان) با مقادیر موجود آن در کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) مقایسه شد.



شکل 1- مقایسه تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی با مقادیر کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) برای گیاهان سیب درختی، هلو، انگور، انار، زیتون و خرما در استان‌های غربی کشور

نتایج شکل (1) نشان می‌دهد تفاوت مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای سیب درختی در منطقه همدان با مقدار حاصل از فرشی و همکاران (1376) قابل ملاحظه نبود. اما تفاوت مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای سیب درختی در مناطق نوژه، نهاوند، ملایر، تویسرکان، خرم آباد، کوهدشت، بروجرد، الیگودرز، دورود، ایلام، کرمانشاه، کنگاور، اسلام آباد غرب، سنقر، سنندج، سقز، قروه، بیجار و مریوان با مقادیر حاصل از فرشی و همکاران (1376) قابل ملاحظه بود. مقدار تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی در این 19 منطقه ذکر شده کمتر از مقدار آن در منبع فرشی و همکاران (1376) بود. که دلیل آن کمتر بودن ضریب گیاهی سیب درختی در سامانه نیاز آبی (منطقه نوژه: 0/18 تا 0/46و 18 منطقه دیگر ذکر شده: 0/44 تا 0/85) نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) (منطقه خرم آباد و کوهدشت: 0/7 تا 1 سایر مناطق مورد بررسی: 0/5 تا 1) می‌باشد. لازم به ذکر است که از دیگر عوامل کمتر بودن مقدار تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) در مناطق خرم آباد و کوهدشت، کمتر بودن طول دوره رشد سیب درختی در سامانه (206 روز) نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) (230 روز) است.

تفاوت مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای هلو در مناطق نهاوند، ملایر، تویسرکان، بروجرد، الیگودرز، دورود، ایلام، کرمانشاه، کنگاور، اسلام‌آباد غرب، سنندج، سقز و مریوان با مقدار حاصل از فرشی و همکاران (1376) قابل ملاحظه نبود. اما تفاوت مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای هلو در مناطق نوژه، خرم‌آباد، قروه و بیجار با مقادیر حاصل از فرشی و همکاران (1376) قابل‌ملاحظه بود. دلیل این امر در منطقه نوژه کمتر بودن ضریب گیاهی هلو در سامانه نیاز آبی (0/19 تا 0/59) نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) (0/5 تا 1) می‌باشد. دلیل این امر در منطقه خرم‌آباد، قروه و بیجار نیز، کمتر بودن فاصله تاریخ کاشت تا برداشت و کمتر بودن ضریب گیاهی هلو در سامانه نیاز آبی در مقایسه با منبع فرشی و همکاران (1376) می‌باشد.

مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای انگور در همه مناطق مورد بررسی شامل همدان، نوژه، نهاوند، ملایر، تویسرکان، خرم آباد، بروجرد، الیگودرز، ایلام، مهران، کرمانشاه، کنگاور، اسلام آباد غرب و قروه به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از مقدار آن در منبع فرشی و همکاران (1376) بود. دلیل این امر در منطقه نوژه کمتر بودن ضریب گیاهی انگور در سامانه نیاز آبی (0/19 تا 0/43) نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) (0/45 تا 0/87) می‌باشد. همچنین علت کمتر بودن مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای انگور نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) در مناطق همدان، نهاوند، ملایر، تویسرکان، خرم آباد، بروجرد، الیگودرز به دلیل کمتر بودن ضریب گیاهی انگور در سامانه نیاز آبی در این مناطق (0/36 تا 0/72) نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) (0/45 تا 0/87) می‌باشد. علت کمتر بودن مقدار تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) در مناطق ایلام، مهران، کرمانشاه، کنگاور، اسلام آباد غرب و قروه، کمتر بودن طول دوره رشد انگور در سامانه (به‌ترتیب 226، 226، 195، 195، 195 و 195 روز) نسبت به به منبع فرشی و همکاران (1376) (240، 270، 240، 240، 240 و 240 روز) است.

تفاوت مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای انار در مناطق خرم‌آباد، اسلام‌آباد غرب و مریوان با مقادیر حاصل از فرشی و همکاران (1376) قابل‌ملاحظه نبود. مقدار تبخیر تعرق استاندارد انار در سامانه نیاز آبی در منطقه کوهدشت به طور قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از مقدار آن در منبع فرشی و همکاران (1376) بود که دلیل آن کوتاه‌بودن طول دوره رشد در سامانه (215 روز) در مقایسه با منبع فرشی و همکاران (1376) (240 روز) است.

تفاوت مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای زیتون در مناطق ایلام و خرم‌آباد با مقادیر حاصل از فرشی و همکاران (1376) قابل‌ملاحظه نبود.

مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای خرما در منطقه مهران نسبت به مقدار حاصل از فرشی و همکاران (1376) کمتر بود که دلیل آن کمتر بودن ضریب گیاهی خرما در سامانه نیاز آبی در این منطقه (0/56 تا 1/04) نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) (0/9 تا 1) می‌باشد.

برای تعیین مقدار کمی دقت برآورد تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای محصولات موردبررسی از سه آماره ME، RMSE و NRMSE استفاده شد که نتایج آن در جدول (1) ارائه شده است.

جدول 1- آماره‌های مقایسه تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی با مقادیر کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) برای گیاهان سیب درختی، هلو، انگور، انار، زیتون و خرما در استان‌های غربی کشور

نام گیاه	ME ($m^3\ ha^{-1}$)	RMSE ($m^3\ ha^{-1}$)	NRMSE (-)	دقت برآورد (-)
سیب‌درختی	-2965	824	0/09	عالی
هلو	-709	946	0/12	خوب
انگور	-2310	828	0/11	خوب
انار	-916	754	0/104	خوب
زیتون	-161	171	0/02	عالی
خرما	-6064	6064	0/31	ضعیف

Me: میانگین خطا، RMSE: ریشه میانگین مربعات خطا و NRMSE: ریشه میانگین مربعات خطای نرمال می‌باشد.

نتایج جدول (1) نشان داد که مقدار میانگین خطا (Me) برای گیاهان سیب درختی، هلو، انگور، انار، زیتون و خرما به‌ترتیب برابر 2965-، 709-، 2310-، 916-، 161- و 6064- مترمکعب در هکتار به‌دست آمد که نشان دهنده‌ی کم‌برآوردی تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی برای این گیاهان نسبت به کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) می‌باشد. مقدار RMSE برای گیاهان سیب درختی، هلو، انگور، انار، زیتون و خرما به‌ترتیب برابر 824، 946، 828، 754، 171 و 6064 مترمکعب در هکتار به‌دست آمد. مقدار NRMSE برای گیاهان سیب درختی و زیتون به‌ترتیب 9 و 2 درصد حاصل شد لذا باتوجه‌به 10% > NRMSE، سامانه نیاز آبی در برآورد تبخیر تعرق استاندارد گیاهان سیب درختی و زیتون در استان‌های غربی کشور دارای دقت عالی می‌باشد. اما مقدار NRMSE برای گیاهان هلو، انگور و انار به‌ترتیب 12، 11 و 10/4 درصد حاصل شد. لذا باتوجه‌به این‌که 20% > NRMSE ≥ 10% است، سامانه نیاز آبی در برآورد تبخیر تعرق استاندارد این گیاهان در استان‌های غربی کشور دارای دقت خوب می‌باشد. مقدار NRMSE برای گیاه خرما 31 درصد حاصل شد لذا باتوجه‌به این‌که NRMSE > 30% است، سامانه نیاز آبی در برآورد تبخیر تعرق استاندارد گیاه خرما در مهران دارای دقت ضعیف می‌باشد.

نتیجه‌گیری

مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای گیاهان سیب‌درختی، هلو، انگور، انار و خرما در برخی مناطق استان‌های غربی کشور (همدان، لرستان، ایلام، کرمانشاه و کردستان) با مقادیر موجود در کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) تفاوت داشت. از مهم‌ترین دلایل متفاوت‌بودن مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی با منبع کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) می‌توان به متفاوت‌بودن ضریب گیاهی و طول دوره رشد گیاه در سامانه نیاز آبی نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) اشاره نمود. اما نتایج کلی حاصل از این پژوهش نشان داد سامانه نیاز آبی گیاهان کشور در استان‌های غربی کشور در برآورد تبخیر تعرق استاندارد گیاهان سیب‌درختی و زیتون دارای دقت عالی، برای گیاهان هلو، انگور و انار دارای دقت خوب و برای گیاه خرما دارای دقت ضعیف می‌باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از مسئولین سامانه نیاز آبی گیاهان کشور، مؤسسه تحقیقات خاک و آب به دلیل همکاری‌های لازم و در اختیار قراردادن داده‌های موردنیاز این مطالعه کمال تقدیر و تشکر را دارند.

منابع

ابراهیمی‌پاک، ن.ع.، تافته، آ.، عباسی، ف. و باغانی، ج. 1401. برآورد مقدار آب آبیاری گندم با استفاده از سامانه نیاز آب و مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری مزرعه‌ای. مجله تحقیقات خاک و آب ایران، 53 (9): 2092-2075.

بختیاری، ب.، محبی دهاقانی، ع.، قادری، ک. 1394. برآورد تبخیر تعرق مرجع روزانه با حداقل داده‌های هواشناسی در اقلیم‌های نیمه‌خشک منتخب ایران. تحقیقات منابع آب ایران، 11(3): 144-131.

بذرافشان، ج.، خلیلی، ع.، زندپارسا، ش.، سپاسخواه، ع.ر.، علیزاده، ا. و فرهودی، ج. 1400. بررسی اسنادی وضعیت منابع و مصرف‌های آب کشاورزی در ایران: واکاوی وضعیت موجود، آسیب‌شناسی و راه‌های برون‌رفت از چالش‌ها. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، 6(1): 50-35.

فرشی، ع.ا.، شریعتی، م.ر.، جارالله‌ی، ر.، قائمی، م.ر.، شهابی‌فر، م. و تولائی، م.م. 1376. برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد دوم گیاهان باغی. چاپ اول، انتشارات آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران. 629 ص.

مؤسسه تحقیقات خاک و آب، 1403. سامانه نیاز آبی گیاهان کشور. http://niwr.ir/Login.aspx

مولائی، م. 1400. برآورد کارایی فنی و کارایی هزینه آب آبیاری در تولید چغندرقند در حوزه آبریز دریاچه ارومیه. مجله تحقیقات منابع آب ایران، 17(3): 329-317.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy.

Evett, S. R., Kustas, W.P., Gowda, P.H., Anderson, M.C., Prueger, J.H. and Howell, T.A. 2012. Overview of the Bush land Evapotranspiration and Agricultural Remote sensing Experiment 2008 (BEAREX08): A field experiment evaluating methods for quantifying ET at multiple scales. Advances in Water Resources, 50, 4-19.

ارزیابی سامانه نیاز آبی گیاهان کشور در برآورد تبخیر تعرق استاندارد برخی گیاهان زراعی در استان‌های غربی کشور

مهدی جوزی[1]، فاطمه کیخایی[2]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، m.jovzi@areeo.ac.ir

[2] استادیار، بخش تحقیقات آبیاری، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

باتوجه‌به اهمیت تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی برای برنامه‌ریزی کلان آب کشور، مؤسسه تحقیقات خاک و آب سامانه نیاز آبی گیاهان کشور را ارائه کرده است. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی و تعیین دقت سامانه نیاز آبی گیاهان کشور در برآورد تبخیر تعرق استاندارد می‌باشد. به این منظور مقادیر تبخیر تعرق استاندارد 10ساله منتهی به سال 1401 از سامانه نیاز آبی گیاهان کشور برای گیاهان گندم، یونجه، ذرت علوفه‌ای، لوبیا، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی در ایستگاه‌های منتخب استان‌های غربی کشور استخراج گردید. سپس مقادیر آن‌ها با مقادیر کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور مقایسه شد. دقت این سامانه با استفاده از آماره‌های میانگین خطا (ME)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال (NRMSE) تعیین شد. نتایج حاصل نشان داد مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه با کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان در برخی از ایستگاه‌ها متفاوت بود. از دلایل این امر می‌توان به متفاوت‌بودن ضریب گیاهی، طول دوره رشد، دوره رشد گیاهی چهارگانه، تاریخ دوره رشد و نوع کشت در سامانه نیاز آبی نسبت به کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان و تغییرات اقلیمی اشاره نمود. همچنین تحلیل آماری این مقایسه نشان داد سامانه نیاز آبی گیاهان کشور در برآورد تبخیر تعرق استاندارد گیاهان موردمطالعه در استان‌های غربی کشور دارای دقت خوب تا عالی می‌باشد.

کلمات کلیدی: تبخیر تعرق، غرب ایران، محصولات زراعی، نیاز آبی گیاهان

مقدمه

کاهش بارندگی و افزایش متوسط تبخیر، میزان خشکی کشور را افزایش داده و کمبود منابع آب را به مهم‌ترین چالش بخش کشاورزی تبدیل کرده است (عزیزی زهان، 1395). رشد جمعیت جهان و ایران نیز این چالش را تشدید کرده است. از طرفی تلاش برای تولید پایدار محصولات کشاورزی، از اهمیت ویژه‌ای در خودکفایی و توسعه‌بخش کشاورزی دارد. برای داشتن تولید پایدار، آگاهی از نیاز آبی گیاهان ضروری می‌باشد. برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب بر اساس نیاز آبی انجام می‌شود که لازمه کارایی این برنامه‌ریزی، شناخت دقیق نیازهای موجود می‌باشد. همچنین آگاهی از مقدار نیاز آبی گیاهان برای محاسبات ذخیره آب خاک، رواناب، تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و بهره‌وری از آب ضروری است (Evett et al., 2012).

جهت ارتقای بهره‌وری آب کشور، تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور ضروری است و دسترسی اکثریت افراد جامعه به اینترنت فرصتی است تا اطلاعات موردنیاز بهره‌برداران در زمینه آبیاری و راندمان‌های آن به‌وسیله سامانه‌ای خبره و تحت وب در اختیار آنان قرار گیرد. بدیهی است که تخمین صحیح مقدار آب موردنیاز گیاه بسیار مهم بوده و برآورد غیرصحیح آن منجر به تلفات آب در مدیریت آبیاری می‌شود و مشکلات و چالش‌های آبیاری در صورت تخمین صحیح مقدار آب موردنیاز گیاه یا تبخیر تعرق گیاه به حداقل خواهد رسید. در این راستا تحقیقات زیادی دررابطه‌با نیاز آبی گیاهان انجام‌یافته و نرم‌افزارهای مختلفی در سطح ایران و جهان توسعه

داده شده است. برخی از نرم‌افزارهایی که در این راستا توسعه یافته‌اند شامل NETWAT و CROPWAT و AQUACRAP می‌باشند. ولی باتوجه‌به توسعه علم و فناوری، اهمیت تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی برای برنامه‌ریزی کلان آب کشور و نیاز به سامانه جامع و دقیق برای کلیه محصولات کشاورزی جهت دسترسی بهره‌برداران به آن، مؤسسه تحقیقات خاک و آب سامانه نیاز آبی گیاهان کشور را اولین‌بار در سال 1401 ارائه نمود. سامانه نیاز آبی متشکل از چندین بانک اطلاعاتی منحصربه‌فرد (خاک، گیاه، هواشناسی و ...) در سطح کشور می‌باشد. این سامانه بر اساس آخرین روش‌های علمی روز، نیاز آبی و آبیاری گیاهان را در سطوح مختلف کشت برآورد می‌کند و خروجی آن را به‌صورت اطلاعات در اختیار کاربران قرار می‌دهد (ابراهیمی پاک و همکاران، 1401). اما بدیهی است قبل از توصیه به کاربرد هر سامانه‌ای، ابتدا می‌بایست نسبت به ارزیابی و تعیین دقت خروجی آن سامانه اقدام نمود. بنابراین هدف از انجام این پژوهش ارزیابی و تعیین دقت سامانه نیاز آبی گیاهان کشور در برآورد تبخیر تعرق استاندارد برخی گیاهان زراعی شامل گندم، یونجه، ذرت علوفه‌ای، لوبیا، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی در ایستگاه‌های منتخب استان‌های غربی کشور (همدان، لرستان، ایلام، کرمانشاه و کردستان) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش مقادیر تبخیر تعرق استاندارد 10ساله منتهی به سال 1401 از سامانه نیاز آبی گیاهان کشور (موسسه تحقیقات خاک و آب، 1403) برای گیاهان گندم، یونجه، ذرت علوفه‌ای، لوبیا، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی در ایستگاه‌های منتخب استان‌های غربی کشور (همدان، لرستان، ایلام، کرمانشاه و کردستان) استخراج گردید. در ادامه مقادیر متناظر تبخیر تعرق استاندارد این گیاهان در ایستگاه‌های موردمطالعه از کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) استخراج شد و مقادیر آن‌ها در یک بانک اطلاعاتی ذخیره گردید. سپس نمودار مقادیر مربوط به تبخیر تعرق گیاهان سامانه نیاز آبی و کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور برای هریک از گیاهان مورد بررسی در ایستگاه‌های موردمطالعه توسط نرم افزار Excel رسم گردید و با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت. برای ارزیابی برآورد تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی گیاهان کشور از ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال (NRMSE) و میانگین خطا (ME) استفاده شد (روابط 1 تا 3).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (ETc_i^{WRS} - ETc_i^{F})^2}{N}} \quad (1)$$

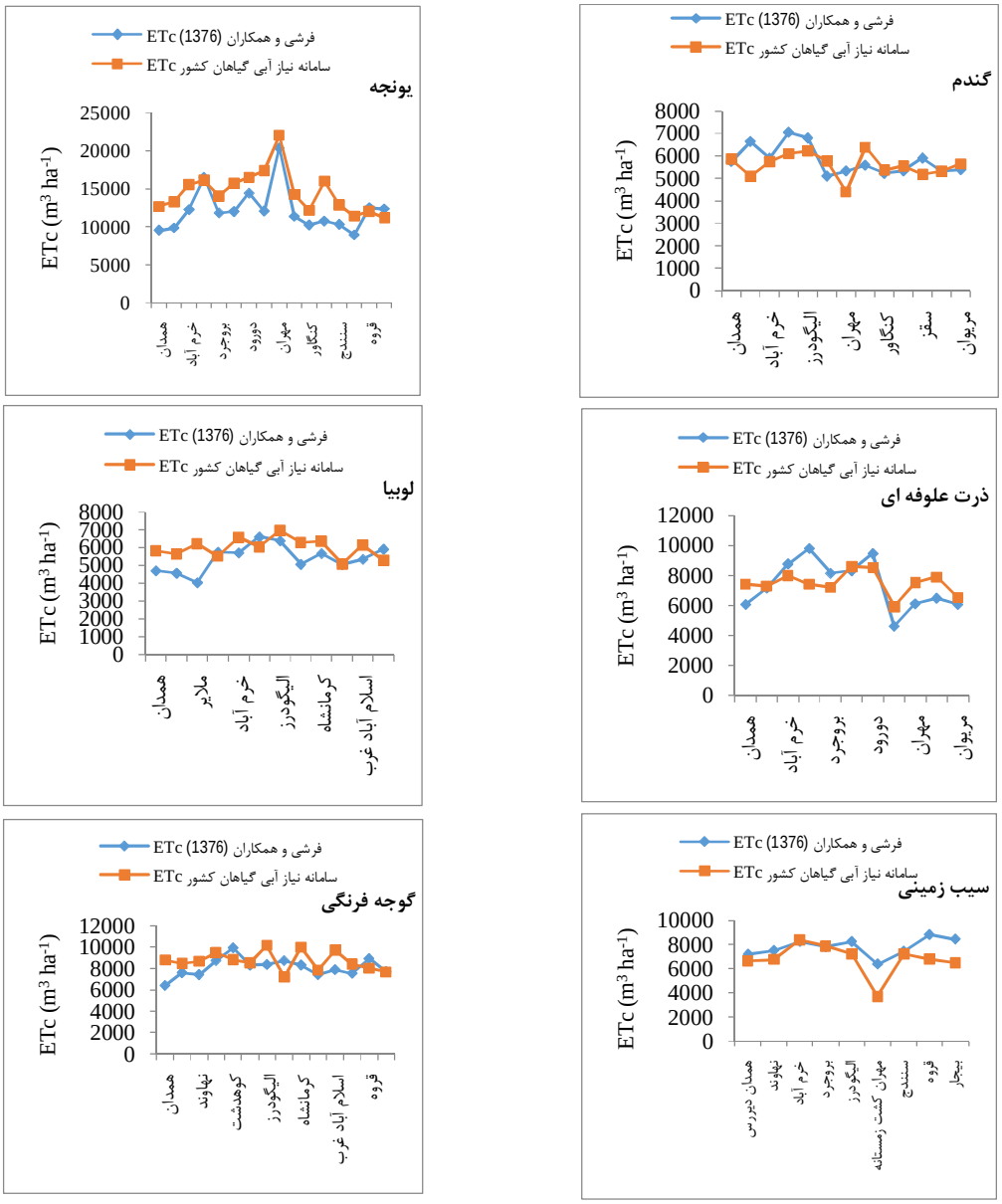
$$NRMSE = \frac{RMSE}{\overline{ETc^F}} \quad (2)$$

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^{N} (ETc_i^{WRS} - ET_i^{F})}{N} \quad (3)$$

که در آن‌ها ETc_i^{WRS}: مقدار تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی گیاهان کشور برای گیاه مورد بررسی در شهرستان i ($m^3\ ha^{-1}$)، ETc_i^{F} و $\overline{ETc^F}$: به‌ترتیب مقدار تبخیر تعرق استاندارد در کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) برای گیاه مورد بررسی در شهرستان i و میانگین شهرستان‌های مورد بررسی ($m^3\ ha^{-1}$) و N: تعداد کل داده‌ها (شهرستان‌ها) می‌باشند. مقادیر منفی و مثبت ME به‌ترتیب نشان‌دهنده کم برآوردی و بیش برآوردی تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی گیاهان کشور نسبت به کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) است. RMSE تفاوت میان مقادیر تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی گیاهان کشور با مقادیر کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور می‌باشد. هر چه مقدار این آماره کمتر باشد یعنی نزدیک به صفر باشد روش مورد بررسی دارای دقت بالاتری در برآورد تبخیر تعرق دارد. اگر مقدار NRMSE روش مورد بررسی کمتر از 10 درصد باشد کارکرد آن روش عالی، بین 10 تا 20 درصد باشد خوب، 20 تا 30 درصد باشد متوسط، و بیشتر از 30 درصد ضعیف ارزیابی می‌گردد (بختیاری و همکاران، 1394).

نتایج و بحث

در شکل (1) مقادیر تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی گیاهان کشور برای گیاهان گندم، یونجه، ذرت علوفه‌ای، لوبیا، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی در استان‌های غربی کشور (همدان، لرستان، ایلام، کرمانشاه و کردستان) با مقادیر موجود آن در کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) مقایسه شد.



شکل 1- مقایسه تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی با مقادیر کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) برای گیاهان گندم، یونجه، ذرت علوفه‌ای، لوبیا، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی در استان‌های غربی کشور

نتایج حاصل از شکل (1) برای گندم نشان می‌دهد تفاوت مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی در مناطق همدان،

خرم آباد، بروجرد، الیگودرز، ایلام، کنگاور، اسلام آباد غرب، سقز، سنندج و مریوان با مقادیر حاصل از فرشی و همکاران (1376) قابل ملاحظه نبود. اما مقدار تبخیر تعرق استاندارد در منطقه نوژه، مهران و کرمانشاه تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین مقادیر سامانه نیاز آبی و فرشی و همکاران (1376) وجود داشت که دلیل آن در منطقه نوژه کمتر بودن نمودن ضریب گیاهی (0/4 تا 0/79) نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) (0/42 تا 1/2) است. در منطقه مهران نیز به دلیل تفاوت در دوره فیزیولوژی گیاهی چهارگانه و در منطقه کرمانشاه به دلیل تغییرات اقلیمی می‌باشد.

تفاوت مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای گیاه یونجه در مناطق کوهدشت، مهران، قروه و بیجار با مقادیر حاصل از فرشی و همکاران (1376) قابل‌ملاحظه نبود. اما مقدار تبخیر تعرق استاندارد در مناطق همدان، نهاوند، خرم‌آباد، بروجرد، الیگودرز، دورود، ایلام، مهران، کرمانشاه، کنگاور، اسلام‌آباد غرب، سنندج و سقز تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین مقدار سامانه نیاز آبی و فرشی و همکاران (1376) وجود داشت و در همه این مناطق مقدار برآورد سامانه نیاز آبی بیش از فرشی و همکاران (1376) بود که عمده دلیل آن بیشتر منظور نمودن دوره رشد گیاه یونجه (365 روز) در سامانه نیاز آبی در مقایسه با فرشی و همکاران (1376) (190 تا 230 روز) می‌باشد.

تفاوت مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای گیاه ذرت علوفه‌ای در مناطق نهاوند، خرم‌آباد، بروجرد الیگودرز، دورود و مریوان با مقادیر حاصل از فرشی و همکاران (1376) قابل‌ملاحظه نبود. اما تبخیر تعرق استاندارد در مناطق همدان، کوهدشت، ایلام، مهران و کرمانشاه تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین مقدار سامانه نیاز آبی و فرشی و همکاران (1376) وجود داشت. در منطقه کوهدشت مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی کمتر از منبع فرشی و همکاران (1376) بود که علت آن تفاوت در تاریخ دوره رشد در سامانه که از دهه 3 خرداد تا 3 مهر و در منبع فرشی و همکاران (1376) از دهه 2 اردیبهشت تا 3 شهریور می‌باشد. این تفاوت تاریخ‌ها باعث شده که دوره رشد میانی گیاه در سامانه از دهه 2 مرداد تا دهه 2 مهر باشد که نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) که از دهه 3 تیر تا 3 مرداد است، خنک‌تر بوده و باعث کمترشدن مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی شده است. در مناطق همدان، ایلام، مهران و کرمانشاه مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی بیشتر از منبع فرشی و همکاران (1376) بود که علت آن در منطقه همدان تغییرات اقلیمی که در سالیان گذشته رخداده می‌باشد و در مناطق ایلام، مهران و کرمانشاه بیشتر بودن طول دوره رشد (132 تا 134 روز) در سامانه نیاز آبی نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) (100 تا 110 روز) می‌باشد.

تفاوت مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای گیاه لوبیا در مناطق تویسرکان، خرم‌آباد، بروجرد، الیگودرز، کرمانشاه، کنگاور، اسلام‌آباد غرب و سنقر با مقادیر حاصل از فرشی و همکاران (1376) قابل‌ملاحظه نبود. اما مقدار تبخیر تعرق استاندارد لوبیا در مناطق همدان، نهاوند، ملایر و ایلام تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین سامانه نیاز آبی و فرشی و همکاران (1376) وجود داشت که دلیل آن تفاوت در تاریخ کاشت تا برداشت سامانه نیاز آبی (مناطق همدان، نهاوند و ملایر: دهه 2 خرداد تا دهه 1 مهر و ایلام: دهه 3 فروردین تا دهه 1 تیر) نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) (همدان: دهه 3 فروردین تا دهه 2 مرداد، نهاوند: دهه 2 فروردین تا دهه 1 مرداد، ملایر: دهه 3 اسفند تا دهه 2 تیر و ایلام: دهه 2 تیر تا 2 مهر) می‌باشد. بدیهی است هر چه طول دوره رشد گیاه در ماه‌های گرم سال بیشتر باشد مقدار نیاز آبی آن نیز بیشتر می‌شود.

تفاوت مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای گیاه سیب‌زمینی در مناطق همدان، نهاوند، خرم‌آباد، بروجرد، الیگودرز و سنندج با مقادیر حاصل از فرشی و همکاران (1376) قابل‌ملاحظه نبود. اما مقدار تبخیر تعرق استاندارد سیب‌زمینی در منطقه مهران تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین سامانه نیاز آبی و فرشی و همکاران (1376) وجود داشت که دلیل آن کمتر بودن طول دوره رشد و زودتر بودن تاریخ برداشت در سامانه (121 روز و دهه 1 اردیبهشت) در مقایسه با منبع فرشی و همکاران (1376) (140 روز و دهه 1 خرداد) است. مقدار تبخیر تعرق استاندارد سیب‌زمینی در سامانه نیاز آبی در منطقه قروه و بیجار به طور قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از منبع فرشی و همکاران (1376) بود که دلیل آن کمتر لحاظ نمودن ضریب گیاهی سیب‌زمینی در سامانه نیاز آبی (هر دو منطقه: 0/45 تا 1/1) نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) (هر دو منطقه: 0/5 تا 1/2) می‌باشد.

تفاوت مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای گیاه گوجه‌فرنگی در مناطق نوژه، نهاوند، خرم‌آباد، کوهدشت، بروجرد، کنگاور، سنندج، قروه و مریوان با مقادیر حاصل از فرشی و همکاران (1376) قابل‌ملاحظه نبود. اما مقدار تبخیر تعرق استاندارد در مناطق همدان، الیگودرز، کرمانشاه و اسلام‌آباد غرب تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین مقدار سامانه نیاز آبی و فرشی و همکاران (1376) وجود داشت که دلیل اصلی آن را می‌توان به تغییرات اقلیمی نسبت داد. مقدار تبخیر تعرق استاندارد پیاز در سامانه نیاز آبی در منطقه ایلام کمتر از منبع فرشی و همکاران (1376) بود که دلیل آن، تفاوت در تاریخ کاشت تا برداشت سامانه نیاز آبی (دهه 1 اسفند تا دهه 2 تیر) نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) (دهه 2 اردیبهشت تا دهه 1 مهر) می‌باشد. بدیهی است هر چه طول دوره رشد گیاه در ماه‌های خنک سال باشد مقدار نیاز آبی آن نیز کمتر می‌شود.

برای تعیین مقدار کمی دقت برآورد تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای محصولات موردبررسی از سه آماره ME، RMSE و NRMSE استفاده شد که نتایج آن در جدول (1) ارائه شده است.

جدول 1- آماره‌های مقایسه تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی با مقادیر کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) در استان‌های غربی کشور

نام گیاه	ME ($m^3\ ha^{-1}$)	RMSE ($m^3\ ha^{-1}$)	NRMSE (-)	دقت برآورد (-)
گندم	-207	526	0/09	عالی
یونجه	2367	1774	0/15	خوب
ذرت علوفه‌ای	114	615	0/08	عالی
لوبیا	595	554	0/10	خوب
سیب‌زمینی	-977	1060	0/14	خوب
گوجه‌فرنگی	618	915	0/11	خوب

Me: میانگین خطا، RMSE: ریشه میانگین مربعات خطا و NRMSE: ریشه میانگین مربعات خطای نرمال می‌باشد.

نتایج حاصل از جدول (1) نشان می‌دهد که مقدار آماره میانگین خطا (Me) برای گیاه گندم و سیب‌زمینی به‌ترتیب برابر 207- و 977- مترمکعب در هکتار به‌دست آمد که نشان دهنده‌ی کم‌برآوردی تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی برای این دو گیاه نسبت به کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) می‌باشد. مقدار آماره Me برای گیاهان یونجه، ذرت علوفه‌ای، لوبیا و گوجه فرنگی به‌ترتیب 2367، 114، 595 و 618 مترمکعب در هکتار حاصل شد که نشان دهنده‌ی بیش‌برآوردی تبخیر تعرق استاندارد سامانه نیاز آبی برای این گیاهان نسبت به کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) است. مقدار RMSE برای گیاهان گندم، یونجه، ذرت علوفه‌ای، لوبیا، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی به‌ترتیب 526، 1774، 615، 554، 1060 و 915 مترمکعب در هکتار به‌دست آمد. مقدار NRMSE برای گیاهان گندم و ذرت علوفه‌ای به‌ترتیب 9 و 8 درصد حاصل شد لذا باتوجه‌به $NRMSE < 10\%$، سامانه نیاز آبی در برآورد تبخیر تعرق استاندارد گیاهان گندم و ذرت علوفه‌ای در استان‌های غربی کشور دارای دقت عالی می‌باشد. اما مقدار NRMSE برای گیاهان یونجه، لوبیا، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی به‌ترتیب 15، 10، 14 و 11 درصد حاصل شد لذا باتوجه‌به این‌که $10\% \leq NRMSE < 20\%$ است، سامانه نیاز آبی در برآورد تبخیر تعرق استاندارد این گیاهان در استان‌های غربی کشور دارای دقت خوب می‌باشد.

نتیجه‌گیری

مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی برای گیاهان گندم، یونجه، ذرت علوفه‌ای، لوبیا، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی در

برخی مناطق استان‌های غربی کشور (همدان، لرستان، ایلام، کرمانشاه و کردستان) با مقادیر موجود در کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) تفاوت داشت. از مهم‌ترین دلایل متفاوت‌بودن مقدار تبخیر تعرق استاندارد حاصل از سامانه نیاز آبی با منبع کتاب برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) می‌توان به متفاوت‌بودن ضریب گیاهی، طول دوره رشد گیاه، دوره‌های چهارگانه رشد گیاه، تاریخ دوره رشد و نوع کشت (پاییزه یا بهاره) در سامانه نیاز آبی نسبت به منبع فرشی و همکاران (1376) و تغییرات اقلیمی که در سالیان اخیر در این مناطق رخ‌داده، اشاره نمود. اما نتایج کلی حاصل از این پژوهش نشان داد سامانه نیاز آبی گیاهان کشور در برآورد تبخیر تعرق استاندارد گیاهان گندم، یونجه، ذرت علوفه‌ای، لوبیا، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی در استان‌های غربی کشور دارای دقت خوب تا عالی می‌باشد.

منابع

ابراهیمی‌پاک، ن.ع.، تافته، آ.، عباسی، ف. و باغانی، ج. 1401. برآورد مقدار آب آبیاری گندم با استفاده از سامانه نیاز آب و مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری مزرعه‌ای. مجله تحقیقات خاک و آب ایران، 53 (9): 2092-2075.

بختیاری، ب.، محبی دهاقانی، ع.، قادری، ک. 1394. برآورد تبخیر تعرق مرجع روزانه با حداقل داده‌های هواشناسی در اقلیم‌های نیمه‌خشک منتخب ایران. تحقیقات منابع آب ایران، 11(3): 144-131.

عزیزی زهان، ع. 1395. بررسی اثر سطوح پتاسیم بر افزایش تحمل به خشکی و کارایی مصرف آب ارقام کلزا در شرایط گلخانه‌ای. انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران. 23 ص.

فرشی، ع.ا.، شریعتی، م.ر.، جاراللهی، ر.، قائمی، م.ر.، شهابی‌فر، م. و تولائی، م.م. 1376. برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد اول گیاهان زراعی. چاپ اول، انتشارات آموزش کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران. 900 ص.

مؤسسه تحقیقات خاک و آب، 1403. سامانه نیاز آبی گیاهان کشور. http://niwr.ir/Login.aspx

Evett, S. R., Kustas, W.P., Gowda, P.H., Anderson, M.C., Prueger, J.H. and Howell, T.A. 2012. Overview of the Bush land Evapotranspiration and Agricultural Remote sensing Experiment 2008 (BEAREX08): A field experiment evaluating methods for quantifying ET at multiple scales. Advances in Water Resources, 50, 4-19.

برآورد آب مصرفی گیاه گندم سامانه نیاز آب

نیاز علی ابراهیمی پاک[1]، آرش تافته[2]، فاطمه کیخایی [3]سید نرگس حسینی[4]، آزاده صداقت[5]، میترا صمصامی‌پور [6]

[1] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، nebrahimipak@yahoo.com

[2] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] مربی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[4] محقق موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[۵،۶] کارشناس موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

هدف برآورد مقدار آب مصرفی گیاه گندم در سامانه نیاز آب و تحلیلی بر نیاز آبی، آب مصرفی در سطح کشور با استفاده از اطلاعات خروجی سامانه نیاز آب می‌باشد. مقاله حاضر متوسط ده‌ساله اخیر آب مصرفی گیاه گندم در بازه آمار ده‌ساله می‌باشد. بر اساس آمار سطح زیر کشت وزارت جهاد کشاورزی، سطوح زیر کشت گیاه گندم بر حسب هکتار استخراج گردید و برای 480 شهرستان نیاز خالص، آب مصرفی و بهره‌وری آب با استفاده از سامانه نیاز آب برآورد گردید. نتایج حاصل نشان داد که برای حدود 1/96 میلیون هکتار از اراضی آبی تحت کشت گیاه گندم، نیاز آبی خالص برابر با 10/13، نیاز آب آبیاری خالص برابر با 7/43، نیاز آبی واقعی برابر با 6/16 ، نیاز آب آبیاری واقعی برابر با 4/4 میلیارد مترمکعب و مقدار آب مصرفی خالص با متوسط راندمان کاربرد در مزرعه 44/9 درصد برابر با 16/5، مقدار آب مصرفی ناخالص با متوسط راندمان کاربرد در مزرعه 44/9 درصد در سطح کشور برابر با 8/98 میلیارد مترمکعب شد. بهره‌وری فیزیکی آب بر مبنای نیاز آبی خالص برابر با 0/74، آب بر مبنای نیاز آب آبیاری خالص برابر با 1/06، بر مبنای نیاز واقعی آبی برابر با 1/26، بر مبنای نیاز آب آبیاری واقعی برابر با 2/09، بر مبنای آب مصرفی خالص برابر با 0/49 و بر مبنای آب مصرفی واقعی برابر با 0/94 کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد.

کلمات کلیدی: آب مصرفی، سامانه نیاز آبی، گندم

مقدمه

در ایران هم باتوجه‌به اهمیت گندم در سفره غذایی مردم، این محصول همواره از اهمیت فراوانی در سیاست‌گذاری‌ها و جهت‌گیری‌های دولت‌ها و متولیان بخش کشاورزی برخوردار بوده است (Mirbagheri et al., 2017). سطح زیرکشت این محصول راهبردی در ایران حدود 6 میلیون هکتار است و بیش از 50 درصد از کل سطح زیر کشت گیاهان زراعی را به خود اختصاص می‌دهد، از سطح شش میلیون هکتار، حدود دو میلیون هکتار سطح گندم آبی و چهار میلیون هکتار سطح گندم دیم می‌باشد و از سطح 2 میلیون گندم آبی حدود 8/88 میلیون تن و از چهار میلیون هکتار سطح گندم دیم حدودا 3/8 میلیون تن گندم تولید می‌شود (آمارنامه سال زراعی 98-99 وزارت جهاد کشاورزی). گندم علاوه بر اینکه یکی از محصولات راهبردی کشور است، یکی از گیاهان زراعی است که در سطح وسیعی از اراضی کشور به‌صورت آبی کشت می‌شود و بخش قابل‌توجهی از آب شیرین در دسترس کشور را به خود اختصاص داده و از منابع آب تجدیدپذیر مصرف می‌کند (Zarei and Jafari, 2015; Mircholi, 2013; kiyomars and nowzar, 2014). لذا تامین آب موردنیاز گندم ضرورتی انکارناپذیر است و لازمه تامین آب گیاه، برآورد نسبتاً دقیق از نیاز آبی گیاه می‌باشد. نیاز آبی گیاه گندم بر اساس ارقام مختلف و مناطق،

متفاوت است و مقدار نیاز آبی گندم زمستانه بین 500 تا 1100 میلی‌متر در نقاط مختلف دنیا گزارش شده است. نیاز آبی گندم برای منطقه کرکج تبریز برابر با 573/1 میلی‌متر (Ebrahimipak, 1993)، در شهرکرد 535 میلی‌متر (Ebrahimipak, 1999) و برای منطقه قزوین 543/8 میلی‌متر (Ebrahimipak, 2007) گزارش شده است. مقدار نیاز آبی گندم برای یاسوج 1120 میلی‌متر (panahi, 1990)، برای ورزقان برابر با 1130 میلی‌متر (khosravi,1989) گزارش شد. میزان نیاز آبی گندم برای پیشاور هندوستان به طور متوسط بین 641-586 میلی‌متر (Mishra et al., 1995) و در مناطق فصیل آباد، و تند و جام پاکستان بین 562 تا 1195 میلی‌متر (Akhtar et al., 1990) بود مقدار نیاز آبی گندم در منطقه جنوبی ایتالیا چنانچه گندم در تناوب چغندرقند باشد برابر با 486/8 میلی‌متر (Rizzo et al., 1990) و در آریزونا به طور متوسط بین 650 تا 700 میلی‌متر (Eric et al., 1989)، در استرالیا برابر با 818 میلی‌متر (Cooper, 1980) و در منطقه آکران آمریکا با عرض جغرافیایی 40 درجه شمالی برابر با 503 میلی‌متر (Shawcroft et al., 1993) بدست آمده است. نتایج مطالعات سطح کشور نشان می‌دهد که مقدار نیاز خالص آب برای تولید 9/2 میلیون تن گندم آبی در سال زراعی 1391-1392 برابر با 8106 میلیون مترمکعب بود که با در نظر گرفتن میانگین کارایی کاربرد آب مزرعه برابر با 44/7 درصد، سهم آب در تولید گندم آبی در سطح کشور رقمی معادل 18135 میلیون مترمکعب که به ازای هر هکتار9067 متر مکعب شد (Azimi Dezfuli et al., 2017) و در گزارش سال 2019 که توسط عظیمی دزفولی منتشر شد، مقدار سهم مصرف ناخالص آبیاری گندم در ایران برابر با 16957 میلیون مترمکعب و به ازای هر هکتار برابر با 8478 مترمکعب شد. در بررسی دیگری توسط عزیزی زهان و همکاران (2014) بر اساس برآوردهای مطالعه‌ای در موسسه خاک و آب انجام شده بود نتیجه گرفتند که نیاز خالص گندم کشور که معادل 10 میلیون مترمکعب برآورد شده بود در حالی که معاونت آب و خاک (DMWMSAJ. (2015 در سند راهبردی ارتقایی بهره‌وری آب کشاورزی، حجم کل آب برای تولید گندم آبی در سطح کشور را 11770 میلیون مترمکعب که به ازای هر هکتار برابر با 5885 مترمکعب گزارش کردند.

مواد و روش‌ها

این مطالعه مبتنی بر رویکرد سامانه محور (سامانه نیاز آب) در مقیاس ملی برای برآورد مقدار آب آبیاری گندم آبی انجام شد. متغیرهای اصلی و مراحل اجرای این مطالعه به شرح گام‌های زیر است. برای برآورد مقدار نیاز آبی گیاهان، اولین سامانه نیاز آبیاری گیاهان زراعی و باغی کشور (نیاز آب) به‌صورت چندهسته‌ای به‌منظور تعیین نیاز خالص و آب آبیاری و آب آبیاری گیاهان در مؤسسه تحقیقات خاک و آب توسعه‌یافته است، سامانه نیاز آب متشکل از چندین بانک‌های اطلاعاتی منحصربه‌فرد در سطح کشور و چندین لایه محاسباتی، توانایی آن را دارد که تغییرات نیاز آبی و آب آبیاری گیاهان مختلف را در سطح کشور برآورد و ارائه نماید. سامانه نیاز آب بر اساس آخرین روش‌های علمی روز مطابق گام‌های زیر، مقدار نیاز آبی آب آبیاری، گیاهان را در سطوح مختلف کشت برآورد نموده و در اختیار کاربران قرار می‌دهد.

گام اول: برآورد میزان تبخیر تعرق مرجع از سامانه نیاز آب بر اساس روش پنمن- مانتیث استاندارد شده (ASCE-EWRI,2005) .

گام دوم: مراحل فنولوژی گیاه گندم در سامانه نیاز آب، بر مبنای روش فائو با استفاده از داده‌های واقعی گیاه جمع‌آوری‌شده

گام سوم: تعیین مقدار بارش مؤثر از روش بارش قابل‌اطمینان در سامانه نیاز آب. **گام چهارم:** تعیین نیاز خالص آب آبیاری گیاه گندم توسط سامانه نیاز آب، **گام پنجم:** نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه گندم، **گام ششم:** نیاز آب آبیاری واقعی و **گام هفتم**: تعیین آب مصرفی گندم بر اساس راندمان کاربرد مزرعه

نتایج و بحث

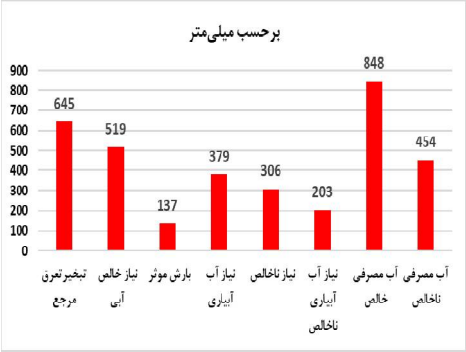
جدول شماره 1 و شکل شماره 1 متوسط متغیرهای برآورد گندم بر حسب میلی‌متر در سطح کشور را نشان می‌دهد. باتوجه‌به جدول

مشاهده می‌شود که متوسط میزان تبخیر تعرق مرجع در دور کاشت گندم، نیاز آبی خالص، بارش موثر، نیاز آبیاری، نیاز ناخالص، نیاز آبیاری ناخالص، راندمان کاربرد آب در مزرعه، آب مصرفی خالص و آب مصرفی ناخالص گیاه گندم، در سطح کشور به ترتیب برابر 645، 519، 137، 379، 306، 203، 44/9، 848 و 454 میلی‌متر بوده که از سامانه نیاز آب برآورد شده است.

جدول شماره 2 و شکل شماره 2 متوسط متغیرهای برآورد گندم بر حسب میلیارد مترمکعب را در سطح کشور نشان می‌دهد. باتوجه‌به جدول مشاهده می‌شود که برای سطح کشت حدود 1/96 میلیون هکتار اراضی تحت کشت گندم آبی، متوسط میزان تبخیر تعرق مرجع در دور کاشت گندم، نیاز آبی خالص، بارش موثر، نیاز آبیاری، نیاز ناخالص، نیاز آبیاری ناخالص، راندمان کاربرد آب در مزرعه، آب مصرفی خالص و آب مصرفی ناخالص گیاه گندم، در سطح کشور به ترتیب برابر با 12/6، 10/13، 2/67، 7/45، 6/16، 4/04، 44/9، 16/52 و 8/89 میلیارد مترمکعب بوده که از سامانه نیاز آب برآورد شده است.

جدول 1- متغیرهای برآوردی

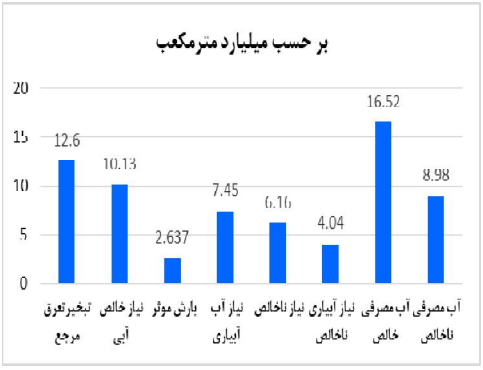
عنوان	مقدار آب (میلی‌متر)
تبخیر تعرق مرجع	645
نیاز خالص آبی	519
بارش مؤثر	137
نیاز آب آبیاری	379
نیاز ناخالص	306
نیاز آب آبیاری ناخالص	203
راندمان کاربرد	44/9
آب مصرفی خالص	848
آب مصرفی ناخالص	454



شکل 1- نمایی از مقادیر برآورد شده

جدول 2- متغیرهای برآوردی

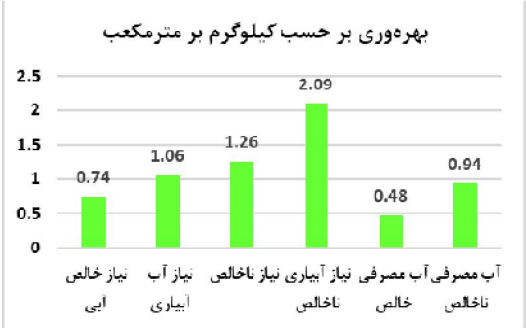
عنوان	مقدار آب (میلیارد مترمکعب)
تبخیرتعرق مرجع	12/6
نیاز خالص آبی	10/13
بارش مؤثر	2/67
نیاز آب آبیاری	7/45
نیاز ناخالص	6/16
نیاز آبیاری ناخالص	4/04
راندمان کاربرد	44/9
آب مصرفی خالص	16/52
آب مصرفی ناخالص	8/98



شکل 2- نمایی از مقادیر برآورد شده

جدول 3- متغیرهای بهره‌وری گندم

عنوان	مقدار بهره‌وری (کیلوگرم بر مترمکعب)
نیاز خالص آبی	0/74
نیاز آب آبیاری	1/06
نیاز ناخالص	1/26
نیاز آب آبیاری ناخالص	2/09
آب مصرفی خالص	0/48
آب مصرفی ناخالص	0/94



شکل 3- متغیرهای بهره‌وری گندم

جدول شماره 3 و شکل شماره 3 متوسط متغیرهای برآورد بهره‌وری آب گندم بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب را در سطح کشور نشان می‌دهد. باتوجه‌به جدول مشاهده می‌شود که متوسط میزان بهره‌وری، نیاز آبی خالص، نیاز آبیاری، نیاز ناخالص، نیاز آبیاری ناخالص، آب مصرفی خالص و آب مصرفی ناخالص گیاه گندم، در سطح کشور به ترتیب برابر با 0/74، 1/06، 1/26، 2/09، 0/48 و 0/94 کیلوگرم بر مترمکعب بوده که از سامانه نیاز آب برآورد شده است.

نتیجه‌گیری

می‌توان نتیجه گرفت برای سطح دو میلیون هکتار اراضی گندم حجم آب مصرفی واقعی برای تولید 7/84 میلیون تن گندم در سطح کشور برآورد شده توسط سامانه نیاز آب 8/98 میلیارد مترمکعب با بهره‌وری حدود 0/94 کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی است.

منابع

AbdzadGohari, A., Tafte, A., Ebrahimipak, N.A. and Babazadeh, H. 2021. Estimation of stress coefficients, plant coefficients and yield response to water in peanut under different levels irrigation. Iranian Journal of Soil and Water Research, 52(11),2763-2774. (In Farsi)

Azimi Dezfuli, S.A. 2019. An Introduction to Agricultural WaterAccounting by Estimating Crop Water Consumption. J. Water and Sustainable Development, 3(6), 31-40. (In Farsi)

Azimi Dezfuli, S.A., Ruknuddin Eftekhari, A., Nazari, B., Haydaj, A., Nizamipour, Q., Farajzadeh, M. and Fahmi, H. 2017. Analytical estimation of water requirement for wheat production in Iran. Space planning and design, 21 (2), 173-195. (In Farsi)

Azizi zahan, A. A., Shahabifar, M., Ebrahimipak, N.A., Razavi, R., Ghalbi, S., Sarayi Tabrizi, M., Tolovi, R. and Piry, R. 2014. Evaluation of the efficiency of wheat water consumption in Iran and the world. The first national conference on soil and water management in wheat production. Iran. (In Farsi)

Barzikar, M., Eghderanjad, A., Tafte, A. and Ebrahimipak, N.A. 2020.Wheat Yield and Water Productivity Simulation in Hendijan Plain Using Aqua Crop Model. J.Water management in agriculture. 7(1): 53-64. (In Farsi)

Cooper, J.L. 1980. the effect of nitrogen fertilizer on Irrigation frequency and semi dwof wheat is southwest Australia: 1: growth and yield, 2: water use: Aust. J Exp. Agric. Anim. Husn, 20: 334-346.

Ebrahimipak, N. 1993. Estimating the evaporation-transpiration of plants and determining the water requirement of autumn wheat using a lysimeter. Master's Thesis, Irrigation Department, Faculty of Agriculture, Tabriz University, 145

Ebrahimipak, N. 1999. Determining the evaporation-transpiration potential of wheat by lysimeter method at Shahrekord station, no,14597.

Ebrahimipak, N. 2007. Determining the water requirement of cereals (wheat and barley) and evaluating the statistics and figures presented in the book Water Requirement of Plants in order to complete and increase its accuracy by using lysometric research in Qazvin. No.25978

Jafari najafabadi, M. S. Tafteh, A. and Ebrahimipak, N. 2022 .Determining the water requirement and Applied water of bell pepper in the greenhouse and comparing it with the results of the water requirement system. Iran water and soil research. (In Farsi)

khosravi, F.H. 1989. Determining the evaporation-transpiration potential of wheat by lysimeter method at Varzghan station, no,10256.

kiyomars, F. and nowzar, H. 2014. Agricultural water resource management with a view on the use of virtual water", National conference on solutions to the water crisis in Iran and the Middle East, Esfand, Shiraz, Iran. (In Farsi)

Mirbagheri, V.,Nasiri Brothers, M., Emami, J. and Hosseini Thabit, S.M. 2017. Production and trade of basic agricultural products in the period of 2002-2017. Vice President of Infrastructure Research and Production Affairs, Office of

Infrastructure Issues (Agricultural Department), Islamic Council Research Center, subject code 250, serial number 15021

Nakhjavanimoghaddam, M,M. ghahraman, B. and Zarei, Gh. 2017. Wheat water productivity analysis under different irrigation management practices in some regions of Iran. Journal of Research in Agriculure, 31(1), 43-57. (In Farsi)

Tafteh, A., Ebrahimipak. N. A., Babazadeh, H. and Kaveh, F. 2013. Evaluation of Improvement of Crop Production Functions for Simulation Winter Wheat Yields with Two Types of Yield Response Factors. Journal of Agricultural Science 5: 111-122.

Tafteh, A., Ebrahimipak. N.A., Babazadeh, H. and Kaveh, F. 2014b. Determine yield response factors of important crops by different production functions in Qazvin plain. Ecology, Environment and Conservation 20(2), 415-422.

Zarei, G. and Jafari, M.H. 2015. The Role of Import and Export of Major Crop Productions in Virtual Water Trade and Water Footprint in Agricultural sector of Iran., Iranian Irrigation and Drainage Journal, No. 5, Vo, December 9, 2014, pp. 797-784. (In Farsi).

برآورد آب مصرفی گیاه هندوانه در سامانه نیاز آب

نیاز علی ابراهیمی پاک[1]، آرش تافته[2]، فاطمه کیخایی [3]، سید نرگس حسینی[4]، آزاده صداقت[5]، میترا صمصامی‌پور [6]

[1] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، nebrahimipak@yahoo.com

[2] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] مربی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[4] محقق موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[5،6] کارشناس موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

هدف برآورد مقدار آب مصرفی گیاه هندوانه در سامانه نیاز آب و تحلیلی بر نیاز آبی، آب مصرفی در سطح کشور با استفاده از اطلاعات خروجی سامانه نیاز آب می‌باشد. مقاله حاضر متوسط ده‌ساله اخیر آب مصرفی گیاه هندوانه در بازه آمار ده‌ساله می‌باشد. بر اساس آمار سطح زیر کشت وزارت جهاد کشاورزی، سطوح زیر کشت گیاه هندوانه بر حسب هکتار استخراج گردید و برای تمامی شهرستان نیاز خالص و آب مصرفی، بهره‌وری آب با استفاده از سامانه نیاز آب برآورد گردید. نتایج حاصل نشان داد که برای حدود 105 هزار هکتار از اراضی آبی تحت کشت گیاه هندوانه، نیاز آبی خالص در سطح کشور برابر با 384، نیاز آب آبیاری خالص برابر با 357، نیاز آبی واقعی برابر با 256، نیاز آب آبیاری واقعی برابر با 227 میلیون مترمکعب و مقدار آب مصرفی خالص با متوسط راندمان کاربرد در مزرعه 55 درصد برابر با 665، مقدار آب مصرفی ناخالص با متوسط راندمان کاربرد در مزرعه 55 درصد برابر 415 میلیون مترمکعب شد. بهره‌وری فیزیکی آب بر مبنای نیاز آبی خالص برابر 10/32، بر مبنای نیاز آب آبیاری خالص برابر با 11/6، بر مبنای نیاز واقعی آبی برابر با 15/32، بر مبنای نیاز آب آبیاری واقعی برابر با 18/4، بر مبنای آب مصرفی خالص برابر 6/39 و بر مبنای آب مصرفی واقعی برابر 10/14 کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد.

واژگان کلیدی: آب مصرفی، سامانه نیاز آبی، هندوانه

مقدمه

باتوجه‌به این که کشت هندوانه در سطح کشور یک محصول راهبردی نیست و از طرفی سطح وسیع کشت آن در کشور و بحث ذخیره آب و اختصاص آب به محصولات راهبردی لازم است تا نیاز آبی و آب مصرفی این گیاه در شرایط کمبود آب موردبررسی قرار گیرد تا در برنامه‌ریزی آبیاری مورداستفاده قرار گیرد (Egdernezhad et al., 2019). ازاین‌رو محققین بررسی‌هایی را در این زمینه انجام داده‌اند که به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد. نیاز آبی هندوانه از 240 تا 660 میلی‌متر بسته به اقلیم و طول دوره رشد متفاوت است (Bastos et al.,2012؛ Kirnak and Dogan, 2009). Erdem و همکاران (2005) در مطالعه‌ای به‌منظور ارزیابی مقادیر آستانه متفاوت شاخص تنش آبی محصول (CWSI) برای آبیاری برنامه‌ریزی شده برای هندوانه نشان داد که حداکثر تبخیر و تعرق فصلی 412 میلی‌متر از تیمار 0/2 شاخص تنش آبی به دست آمد و سطوح آبیاری به طور معنی‌داری بر عملکرد میوه تأثیر گذاشت. اگرچه بیشترین عملکرد میوه (76/3 تن در هکتار) از تیمار 0/2 شاخص تنش آبی محصول به دست آمد، اما 0/4 و 0/6 تیمار شاخص تنش آبی محصول

از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ بنابراین، بر اساس این نتایج، 0/6 مقدار شاخص تنش آبی محصول برای زمان آبیاری هندوانه باید استفاده شود (Khari et al., 2023). Yin (2012)، در مطالعه‌ای بر آبیاری متناوب و کم آبیاری به روش آبیاری یک در میان در کشت هندوانه در گلخانه نشان داد که رشد ارتفاع بوته، هر چه شدت کم آبیاری بیشتر باشد، ارتفاع گیاه با آبیاری یک در میان کمتر کاهش پیدا خواهد کرد. Wang و همکاران (2017) آزمایش‌های کم آبیاری تنظیم شده را بر روی هندوانه‌های گلخانه‌ای در شمال غربی چین انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که هندوانه‌هایی که در فصل زمستان و بهار رشد می‌کنند، کارایی و کیفیت مصرف آب بهتری با مقدار کل آبیاری 114 میلی‌متر دارند. در تحقیقی در کنیا تأثیر رژیم آبیاری بر هندوانهٔ چارلستون گری (Charleston grey) در تیمار آبیاری300 میلی‌متر که به‌عنوان تنش کم آبی تعریف شده بود میزان عملکرد نسبت به شاهد کاهش یافت (Wakindi & Kiramba, 2011). Abdelkhalik و همکاران (2019) در پژوهشی که به‌منظور تعیین پاسخ تولید و راندمان مصرف آب آبیاری هندوانه به سه استراتژی مدیریت آبیاری در دو فصل رشد با اعمال 100، 75 و 50 درصد نیاز آبیاری در سال اول، و افزودن 6 تیمار اضافی در سال دوم، نشان دادند که قرارگرفتن بوته‌های هندوانه در معرض کم آبیاری شدید منجر به کاهش بیوماس خشک، عملکرد کل و میانگین وزن میوه، تعداد میوه و شاخص برداشت شد. محتوای نسبی آب و شاخص پایداری غشای سلولی با افزایش کمبود آب کاهش یافت و راندمان مصرف آب آبیاری در طول مرحله رسیدن میوه نسبت به زمانی که محدودیت آب در مراحل مختلف رشد اعمال شد به میزان کمتری کاهش یافت.

Khorramian و Zarifeenia (2018) در پژوهشی سطوح مختلف نیاز خالص آبی به روش قطره‌ای بر عملکرد هندوانه و مقایسه آن با آبیاری جویچه‌ای، در سال‌های زراعی 1389 و 1390 در استان خوزستان انجام دادند. نتایج نشان داد که 125 درصد تأمین نیاز آبی به روش قطره‌ای با 52/5 تن در هکتار بیشترین و تیمار 50 درصد تأمین نیاز آبی به روش قطره‌ای با 42/5 تن در هکتار کمترین عملکرد را داشت. حجم آب مصرفی در هر یک از تیمارهای 50، 75، 100 و 125 درصد تأمین نیاز آبی در روش قطره‌ای در سال 1389 به ترتیب 2533، 3644، 4766 و 5869 مترمکعب در هکتار و در سال 1390 به ترتیب 2442، 3430، 4417 و 5449 مترمکعب در هکتار بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه مبتنی بر رویکرد سامانه محور (سامانه نیاز آب) در مقیاس ملی برای برآورد مقدار آب آبیاری هندوانه آبی انجام شد. متغیرهای اصلی و مراحل اجرای این مطالعه به شرح گام‌های زیر است. به‌منظور برآورد مقدار نیاز آبی گیاهان، اولین سامانه نیاز آبیاری گیاهان زراعی و باغی کشور (نیاز آب) به‌صورت چندهسته‌ای به‌منظور تعیین نیاز خالص و آب آبیاری و آب آبیاری گیاهان در مؤسسه تحقیقات خاک و آب توسعه‌یافته است، سامانه نیاز آب متشکل از چندین بانک‌های اطلاعاتی منحصربه‌فرد در سطح کشور و چندین لایه محاسباتی، توانایی آن را دارد که تغییرات نیاز آبی و آب آبیاری گیاهان مختلف را در سطح کشور برآورد و ارائه نماید. سامانه نیاز آب بر اساس آخرین روش‌های علمی روز مطابق گام‌های زیر، مقدار نیاز آبی آب آبیاری، گیاهان را در سطوح مختلف کشت برآورد نموده و در اختیار کاربران قرار می‌دهد.

گام اول: برآورد میزان تبخیر تعرق مرجع از سامانه نیاز آب بر اساس روش پنمن- مانتیث استاندارد شده (ASCE-EWRI,2005) .

گام دوم: مراحل فنولوژی گیاه هندوانه در سامانه نیاز آب، بر مبنای روش فائو با استفاده از داده‌های واقعی گیاه جمع‌آوری‌شده

گام سوم: تعیین مقدار بارش مؤثر از روش بارش قابل‌اطمینان در سامانه نیاز آب، **گام چهارم:** تعیین نیاز خالص آب آبیاری گیاه هندوانه توسط سامانه نیاز آب،**گام پنجم:** نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه هندوانه، **گام ششم:** نیاز آب آبیاری واقعی و **گام هفتم**: تعیین آب مصرفی هندوانه بر اساس راندمان کاربرد مزرعه

نتایج و بحث

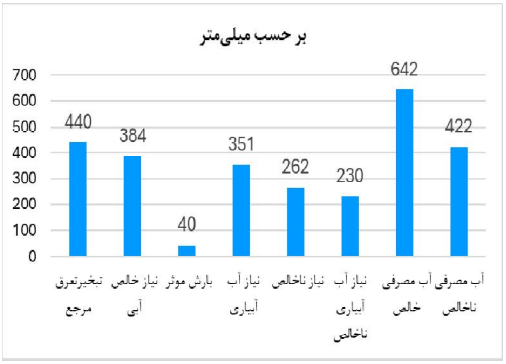
جدول شماره 1 و شکل شماره 1 متوسط متغیرهای برآورد هندوانه بر حسب میلی‌متر را در سطح کشور نشان می‌دهد. باتوجه‌به

جدول مشاهده می‌شود که متوسط میزان تبخیر تعرق مرجع در دورکاشت هندوانه، نیاز آبی خالص، بارش موثر، نیاز آبیاری، نیاز ناخالص، نیاز آبیاری ناخالص، راندمان کاربرد آب در مزرعه، آب مصرفی خالص و آب مصرفی ناخالص گیاه هندوانه، در سطح کشور به ترتیب برابر 440، 384، 40، 351، 262، 230، 55، 642 و 422 میلی‌متر بوده که از سامانه نیاز آب برآورد شده است.

جدول شماره 2 و شکل شماره 2 متوسط متغیرهای برآورد هندوانه بر حسب میلیون مترمکعب در سطح کشور را نشان می‌دهد. با توجه‌به جدول مشاهده می‌شود که متوسط میزان تبخیر تعرق مرجع در دور کاشت هندوانه، نیاز آبی خالص، بارش مؤثر، نیاز آبیاری، نیاز ناخالص، نیاز آبیاری ناخالص، راندمان کاربرد آب در مزرعه، آب مصرفی خالص و آب مصرفی ناخالص گیاه هندوانه، در سطح کشور به ترتیب برابر با 442، 384، 36/9، 357، 256، 227، 55، 665، 415 میلیون مترمکعب بوده که از سامانه نیاز آب برآورد شده است.

جدول 1- متغیرهای برآوردی هندوانه

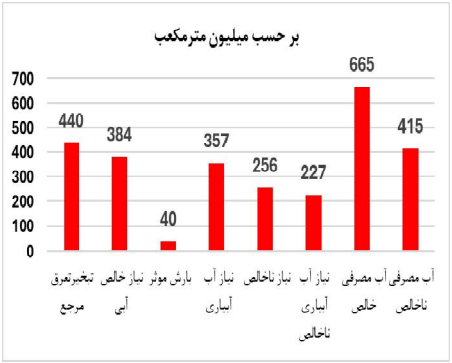
عنوان	مقدار آب (میلی‌متر)
تبخیرتعرق مرجع	440
نیاز خالص آبی	384
بارش مؤثر	40
نیاز آب آبیاری	351
نیاز ناخالص	262
نیاز آب آبیاری ناخالص	230
راندمان کاربرد	55
آب مصرفی خالص	642
آب مصرفی ناخالص	422



نمودار 1- متغیرهای هندوانه

جدول 2- متغیرهای برآوردی هندوانه

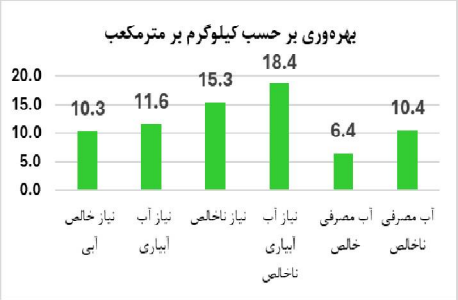
عنوان	مقدار آب (میلیارد مترمکعب)
تبخیرتعرق مرجع	442
نیاز خالص آبی	384
بارش مؤثر	37
نیاز آب آبیاری	357
نیاز ناخالص	256
نیاز آبیاری ناخالص	227
راندمان کاربرد	55
آب مصرفی خالص	665
آب مصرفی ناخالص	415



نمودار 2- متغیرهای هندوانه

جدول 3- بهره‌وری هندوانه

عنوان	مقدار بهره‌وری (کیلوگرم بر مترمکعب)
نیاز خالص آبی	10/32
نیاز آب آبیاری	11/6
نیاز ناخالص	15/32
نیاز آب آبیاری ناخالص	18/4
آب مصرفی خالص	6/39
آب مصرفی ناخالص	10/4



نمودار 3- بهره‌وری هندوانه

جدول شماره 3 و شکل شماره 3 متوسط متغیرهای برآورد بهره‌وری آب هندوانه بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب را در سطح کشور نشان می‌دهد. باتوجه‌به جدول مشاهده می‌شود که متوسط میزان بهره‌وری، نیاز آبی خالص، نیاز آبیاری، نیاز ناخالص، نیاز آبیاری ناخالص، آب مصرفی خالص و آب مصرفی ناخالص گیاه گندم، در سطح کشور به ترتیب برابر با 10/32، 11/6، 15/32، 18/4، 6/39 و 10/4 کیلوگرم بر مترمکعب بوده که از سامانه نیاز آب برآورد شده است.

نتیجه‌گیری

می‌توان نتیجه گرفت برای سطح 105 هزار هکتار اراضی زیر کشت هندوانه، حجم آب مصرفی واقعی برای تولید 4/1 میلیون تن گندم در سطح کشور برآورد شده توسط سامانه نیاز آب 415 میلیارد مترمکعب با بهره‌وری حدود 10/4 کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی است.

منابع

Anjum, S., Xie, X. and Wang, L. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Afr. J. Agric. Res. 6, 2026–2032.

Edson A, Bastos., Silva, Cláudio R., Braz, H.N Rodrigues., Aderson, S., Andrade, JR. and Lívia, M.M. Ibiapina. 2012. Evapotranspiratioa and crop coefficient oF Drip irrigated watermelon in piaui coastline, Brazil**.** Eng. Agric, Joboticabal. v.32,n.3, p582-590.

Erdem, Y., Erdem, T., Orta, A.H. and Okursoy, H. 2005. Irrigation scheduling for watermelon with crop water stress index (CWSI). J. Cent. Eur. Agric. 6, 449–460.

Erdem, Y. and Yuksel, A.N. 2003. Yield response of watermelon to irrigation shortage. Sci. Hortic. 98, 365–383.

Erdem, Y., Yuksel, A.N. and Orta, A.H. 2001. The effects of deficit irrigation on watermelon yield, water Use and quality characteristics. Pak. J. Biol. Sci. 4, 785–789.

Kirnak, H. and Dogan, E. 2009. Effect of seasonal water stress imposed on drip irrigated second crop watermelon grown in semi-arid climatic conditions. Irrig. Sci. 27, 155–164.

Kirnak, H., Dogan, E., Bilgel, L. and Berakatoglu, K. 2009. Effect of preharvest deficit irrigation on second crop watermelon grown in an extremely hot climate. J. Irrig. Drain.

Wakindiki, I. I. C. and Kirambia, R.K. 2011. Supplemental irrigation effects on yield of twowatermelons (Citrulus lanatus Thumb) cultivars under semi-arid climate in Kenya. African Journal of Agricultural Research, 6, 4862-4870.

Yang, H., Du, T., Qiu, R., Chen, J., Wang, F., Li, Y., Wang, C., Gao, L. and Kang, S. 2017. Improved water use efficiency and fruit quality of greenhouse crops under regulated deficit irrigation in northwest China. Agric. Water Manag. 179, 193–204.

برآورد آب مصرفی محصولات شاخص باغی استان‌های شمال غرب کشور

سمیرا واحدی [1]، فاطمه کیخایی [2]، نیازعلی ابراهیمی پاک [3]، آرش تافته [4]

[1] محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، samva4s@gmail.com

[2] مربی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[4] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

مطالعات برآورد نیاز آبی درختان میوه در مناطق مختلف برای مدیریت تخلیه منابع آب، افزایش پایداری و حمایت از استفاده کارآمد از آب از اهداف توسعه پایدار است. باتوجه‌به چالش‌های پیشرو از جمله کاهش شدید منابع آبی و تغییرات اقلیم تعیین دقیق آب مصرفی و نیاز آبی گیاهان جزو اهداف اساسی متخصصین کشاورزی است. در مقاله حاضر به برآورد و مقایسه میزان آب مصرفی محصولات شاخص باغی در 5 گروه اصلی میوه‌های دانه‌دار، هسته‌دار، دانه‌ریز، خشک و نیمه‌گرمسیری در استان‌های شمال غرب کشور شامل آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، زنجان و همدان پرداخته شد. نتایج بیانگر تفاوت سطح زیر کشت و نیاز آبی محصولات مختلف در استان‌های شمال غربی کشور است. برآورد دقیق آب مصرفی می‌توان از هدررفت آب جلوگیری کرده و در مصرف آن صرفه‌جویی نمود.

کلمات کلیدی: سامانه نیاز آب، کشاورزی پایدار، نیاز آبی، نیاز خالص آبیاری، درختان میوه

مقدمه

برآورد دقیق آب مصرفی محصولات باغی یکی از مهم‌ترین عوامل در مدیریت صحیح آب و افزایش بهره‌وری در کشاورزی است .عوامل مختلفی مانند نوع درخت، سن درخت، نوع خاک، اقلیم، روش آبیاری و مرحله رشد درخت بر میزان آب مصرفی تأثیر می‌گذارند و به طور قابل‌توجهی در مناطق مختلف متفاوت است. تحقیقات نشان می‌دهد که شرایط آب‌وهوایی منطقه‌ای، از جمله الگوهای دما و بارش، نقش مهمی در تأثیرگذاری بر نیازهای آبی درختان میوه ایفا می‌کند. همچنین نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که نیاز به آب می‌تواند به طور قابل‌توجهی بر اساس عواملی مانند تراکم درخت، سن و شیوه‌های مدیریت متفاوت باشد (Rouault et al., 2024). بررسی داده‌های آب‌وهوایی نشان می‌دهد که افزایش دما و تغییر الگوهای بارش می‌تواند منجر به تغییر مراحل گلدهی و جوانه‌زنی شود که ممکن است بیشتر بر نیازهای آب تأثیر بگذارد در مناطقی مانند مدیترانه، جایی که وابستگی به آبیاری به دلیل تغییرات آب‌وهوایی در حال افزایش است، درک این پویایی‌ها برای شیوه‌های کشاورزی پایدار ضروری است (بگلو و همکاران، 1397). تغییرات اقلیم با تأثیر بر متغیرهای دمایی بر تغییر فازهای رشدی و فیزیولوژیکی درختان میوه و همچنین تغییر نیاز آبی درختان از جمله چالش‌های مهم است که نیاز به مطالعات دقیق و بیشتر دارد (Schroder et.al, 2014)انجام مطالعات برآورد نیاز آبی محصولات کشاورزی در مناطق مختلف به دلایل متعددی ضروری است. اولاً، باتوجه‌به چالش‌های فزاینده‌ای که منابع آب با آن مواجه هستند، این مطالعات به کشاورزان کمک می‌کند تا نیازهای آبی دقیق‌تری را برای دست‌یابی به عملکرد پایدار در سطوح محلی و منطقه‌ای تعیین کنند (Dietrich and Uniyal, 2021). ثانیاً،

این مطالعات می‌توانند به بهینه‌سازی مصرف آب و افزایش بهره‌وری در کشاورزی کمک کنند که نتایج این پژوهش‌ها به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت بسیاری دارد (Preite et al., 2023). همچنین، برآورد نیاز آبی می‌تواند به شناسایی و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی بر تولیدات کشاورزی کمک کند (Barrera et al., 2023)؛ در نهایت، این اطلاعات می‌تواند به سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در مدیریت منابع آب و توسعه استراتژی‌های پایدار کمک کند (Singh et al., 2023)؛ بنابراین، ادغام داده‌های اقلیم با فناوری‌های پیشرفته نظارت می‌تواند برآورد نیاز آب درختان میوه را در مناطق مختلف افزایش دهد.

روش تحقیق

به‌منظور برآورد نیاز آبی ابتدا از دستورالعمل سامانه نیاز آب مؤسسه تحقیقات خاک و آب که شرح دقیق آن در زیر آورده شده استفاده گردید. همچنین با استفاده از اطلاعات آمارنامه کشاورزی (1401) سطح زیر کشت بارور، عملکرد متوسط محصولات شاخص 5 گروه اصلی میوه‌های دانه‌دار، هسته‌دار، دانه‌ریز، خشک و نیمه گرمسیری در استان‌های شمال غرب کشور شامل آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، زنجان و همدان به ترتیب درختان سیب، زردآلو، انگور، گردو و زیتون جمع‌آوری گردید.

برای محاسبه نیاز آبی گیاهان (تبخیر تعرق استاندارد) نیاز به محاسبه تبخیر تعرق مرجع و تعیین ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد است. تبخیر تعرق گیاهان تحت شرایط استاندارد (ETc) مربوط به گیاهان بدون بیماری است که کود کافی دریافت کرده و در سطح وسیع با رطوبت مطلوب خاک کشت‌شده و بیشترین عملکرد را در شرایط اقلیمی مشخص تولید کرده است و از فرمول (1) محاسبه می‌شود.

$$ET_C = K_c \times ET_O \quad (1)$$

ET0 : تبخیر تعرق گیاه مرجع که از متغیرهای هواشناسی محاسبه می‌شود و KC : ضریب گیاهی که از جداول فائو تعیین و بر اساس شرایط اقلیمی اصلاح می‌گردد.

متغیرهای هواشناسی تنها عوامل مؤثر بر تبخیر تعرق گیاه مرجع می‌باشند. بنابراین، تبخیر تعرق گیاه مرجع یک نمایه وابسته به اقلیم است و می‌توان آن را بر مبنای داده‌های هواشناسی محاسبه کرد. در این تحقیق از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی کشور در یک دوره 15ساله (1398-1383) و روش فائو 56 مقادیر تبخیر تعرق مرجع تا سطح دهستان محاسبه شد و بر اساس اطلاعات پرسشنامه‌ای ارائه شده توسط کارشناسان استان‌ها و نیز بانک‌های اطلاعاتی معتبر وزارت جهاد کشاورزی، مراحل فنولوژی محصولات در هر دهستان تعیین شدند و بر اساس جداول فائو 56 مقادیر ضرایب گیاهی چهارگانه تعیین و این ضرایب بر اساس شرایط اقلیمی اصلاح شدند. باتوجه‌به نفوذ عمقی و رواناب حاصل از بارش نمی‌توان کل بارش را به‌عنوان بارش مؤثر در رفع نیاز آبی گیاه مؤثر دانست؛ ازاین‌رو روش بارش قابل‌اطمینان برای محاسبه بارش مؤثر استفاده شد. این روش برای تخمین کمینه بارش محتمل (80 درصد احتمال وقوع) و باهدف برنامه‌ریزی آبیاری با اطمینان بیشتر استفاده می‌شود. نیاز خالص آبیاری گندم حاصل اختلاف مقادیر نیاز آبی و بارش مؤثر در هر دوره زمانی برای هر دهستان به دست می‌آید. گفتنی است مقادیر نیاز آبی گیاه به‌دست‌آمده، مربوط به رقم غالب مناطق مورد بررسی می‌باشد. کلیه مقادیر نیاز آبی ارائه شده در این تحقیق در سامانه نیاز آب موسسه تحقیقات خاک و آب بارگذاری شده است. همچنین با محاسبه آب مصرفی و شاخص بهره‌وری مصرف آب که بیانگر نسبت میزان عملکرد به آب مصرفی است نتایج تکمیل گردید.

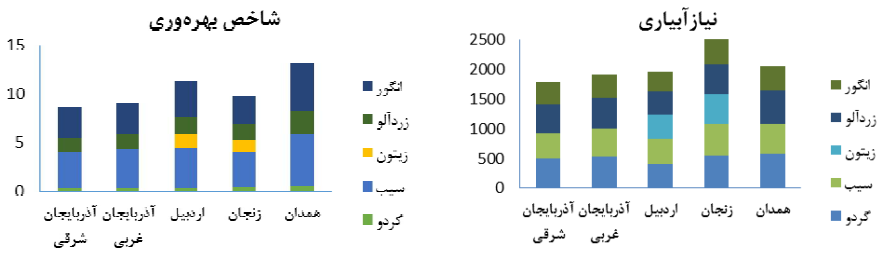
نتایج

نیاز آبی 5 محصول شاخص در 5 گروه اصلی محصولات باغی برای مقایسه در استان‌های شمال غرب کشور با استفاده از سامانه نیاز آب برآورد گردید. نمودار مقایسه این نتایج با تغییرات سطح زیر کشت این محصولات در استان‌ها در شکل 1 آورده شده است.



شکل1- میانگین نیاز آبی و سطح زیر کشت محصولات مختلف در استان‌های شمال غرب کشور

به طور کلی 5 استان شمال غربی کشور حدود 38 درصد تولیدات باغی کل کشور را شامل می‌شوند (آمارنامه کشاورزی، 1401). با انتخاب استان زنجان به‌صورت حد واسط این 5 استان، محصولات شاخص انتخاب گردید و برای مقایسه یکسان این محصولات در این استان‌ها مورد بررسی قرار گرفت. مطابق نتایج شکل1، به طور میانگین بیشترین نیاز آبی برای درخت زیتون و کمترین آن برای درخت انگور برآورد شده است.



شکل2- مقایسه نیاز آبیاری محصولات شاخص باغی در استان‌های موردمطالعه

باتوجه‌به نتایج به دست آمده (شکل 2)، از نظر نیاز آبیاری درختان موردمطالعه، به طور میانگین درخت انگور با 387 میلی‌متر در دوره رشد کمترین و درخت گردو با 514 میلی‌متر بیشترین آب مصرفی را دارند. استان اردبیل با میانگین آب مصرفی در حدود 391

میلی‌متر کمترین میزان را در بین استان‌های شمال غرب نشان داد. شاخص بهره‌وری گردو حدود 0/4، زیتون 1/4، زردآلو 1/7، انگور 3/56 و سیب 4/14 به دست آمد. بالاترین میزان شاخص بهره‌وری مربوط به سیب در استان همدان در حدود 5/4 است و کمترین میزان آن در درختان انگور هر 5 استان دیده شد که ناشی از عملکرد پایین این محصول در سال 1401 است. استان آذربایجان غربی بیشترین میزان آب مصرفی را در نظر گرفتن سطح بالای زیر کشت محصولات بالغبر 408 میلیون مترمکعب در سال 1401 در محصولات سیب، انگور، زردآلو و گردو دارد.

منابع

جعغربگلو، ن. 1397. ارزیابی اثرات سرما و یخبندان دیررس بهاره بر روی درختان میوه در شمال غرب ایران، تحت شرایط اقلیم گذشته و تغییر اقلیم آینده (مطالعه موردی: درختان هسته‌دار)، رساله دکتری اقلیم‌شناسی.

Barrera, W. J., Ferrise, R. and Dalla Marta, A. 2023. Understanding trends and gaps in global research of crop evapotranspiration: a bibliometric and thematic review. Italian Journal of Agrometeorology, (1), 13–35. https://doi.org/10.36253/ijam-2175

Pierre, R., Dominique, C., Fabrice, F., Guillaume, P., Claude, D., Raul, L-L., Matthew, MC. and Marta, D. 2024. High-resolution satellite imagery to assess orchard characteristics impacting water use. Agricultural Water Management, doi: 10.1016/j.agwat.2024.108763

Preite L, Solari, F. and Vignali, G. 2023.Technologies to Optimize the Water Consumption in Agriculture: A Systematic Review. Sustainability. 15(7):5975. https://doi.org/10.3390/su15075975

Schroder, W. Schmidt, G. and Schonrock, S. 2014. Modelling and mapping of plant phenological stages as biometeorological indicators for climate change. Environmental Sciences Europe 26:1-13.

Singh, D.K., Shivam, Singh, V.K., Singh, V.K., Kumar, M. and Mishra, P.K. 2023. Agricultural Water Footprint Studies for Sustainable Agricultural Water Management -A Review. International Journal of Environment and Climate Change, 13(9), 238–250. https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i92259

Uniyal, B. and Dietrich, J. 2021. Simulation of irrigation demand and control in catchments – A review of methods and case studies. Water Resources Research, 57, e2020WR029263. https://doi.org/10.1029/2020WR029263.

برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید محصول گوجه‌فرنگی در شهرستان ارومیه

سیروس روزبان [1]، عذرا جوان‌بخت [2]، مرتضی مولایی [3]

[1] دانش‌آموخته اقتصاد کشاورزی، دانشگاه ارومیه

[2] استادیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه ارومیه، o.javanbakht@urmia.ac.ir

[3] دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه ارومیه

چکیده

باوجود شرایط آب هوایی خشک و نیمه‌خشک کشور، باید میزان مصرف آب در بخش‌های مختلف با سیاست‌های مناسب کنترل شود. یکی از بهترین سیاست‌ها برای رسیدن به این هدف، قیمت‌گذاری صحیح آب می‌باشد. در مطالعه حاضر به برآورد ارزش اقتصادی آب، در تولید محصول گوجه‌فرنگی در شهرستان ارومیه با استفاده از رویکرد تابع تولید پرداخته می‌شود. جامعه آماری این تحقیق، تولیدکنندگان گوجه‌فرنگی در شهرستان ارومیه می‌باشد که برای تعیین حجم نمونه از فرمول کوکران و برای جمع‌آوری داده‌های موردنیاز از ابزار پرسش‌نامه با استفاده از نمونه‌گیری خوشه‌ای استفاده شده است. در این راستا، فرم‌های تابعی مختلفی مورد برازش قرار گرفت که در نهایت، فرم تابعی ترانسلوگ به‌عنوان فرم برتر انتخاب شد. با استفاده از ضرایب برآورد شده تابع ترانسلوگ ارزش اقتصادی آب و کشش تولیدی آن به ترتیب 1880 ریال بر مترمکعب و 1/32- به دست آمدند. علامت منفی نشان می‌دهد در حوزه دریاچه ارومیه از نهاده آب در کشاورزی به دلیل رایگان بودن آن، به شکل غیراقتصادی استفاده می‌شود. لذا، پیشنهاد می‌شود با دریافت مبلغ 1880 ریال به ازای هر مترمکعب آب مصرفی از تولیدکنندگان گوجه‌فرنگی، آنها را از ناحیه سوم تولید خارج و حداقل به مرز ناحیه دوم و سوم که تولید نهایی، صفر است، رسانید.

کلمات کلیدی: ارزش اقتصادی آب، ارومیه، کشاورزی، گوجه‌فرنگی

مقدمه

مایعی شفاف، بی‌مَزه و بوی که حیوان از آن آشامد و نبات بدان تازگی و تری گیرد (دهخدا، 1377) و فراوان‌ترین ماده مرکب بر روی سطح کره زمین و بستر اولیه حیات، آب است. محدودیت‌های آب، ظرفیت‌های بخش صنعت و خدمات و هم‌چنین سایر منابع حیاتی ازجمله غذا، انرژی، ذخایر ماهی و حیات وحش را تحت فشار قرار می‌دهد. علاوه بر آن، منابع آبی باتوجه‌به تقاضای رو به افزایش آن و استفاده‌های متفاوت از آن به شدت تحت فشار است و تخصیص آن میان ذی‌نفعان مختلف که از وظایف مدیریت منابع آب به شمار می‌رود، روزبه‌روز دشوارتر می‌گردد. یکی از بهترین سیاست‌های تخصیص این منبع بین ذی‌نفعان تخصیص بر اساس ارزش آن است که در راهبردهای توسعه بلندمدت آب کشور نیز بر آن تاکید شده است. در قانون برنامه چهارم توسعه (بند ج‌ماده 17) به‌طور ویژه‌ای به ارزش گذاری آب تاکید شده است. در واقع سیاست‌گذار، دولت را مکلف به لحاظ کردن ارزش اقتصادی آب (در هر یک از حوضه‌های آبریز) در تصمیم‌گیریهای خود در تأمین و تخصیص آن کرده است. ازآنجاکه بیش از هر بخش دیگر، آب در کشور به مصارف کشاورزی می‌رسد، توجه به ارزش آب در مصارف کشاورزی نسبت به سایر مصارف از اهمیت بیشتری برخوردار است.

مدیریت بحران منابع آب در جهان، امروزه از اهمیت والایی برخوردار است. به‌نحوی‌که اولویت آن در آینده حتی از نفت هم بیشتر خواهد شد، چرا که مطمئناً بدون نفت می‌توان به حیات ادامه داد و خود را با طبیعت وفق داد؛ ولی ادامه حیات بدون آب قطعاً امری غیرممکن خواهد بود. در بخش کشاورزی طبق آخرین آمار گزارش شده از سوی مرکز آمار ایران، از کل اراضی برداشت شده در دوره زراعی 01-1400 تقریباً 57/5 میلیون تن انواع محصولات زراعی برداشت شده است، به‌طوری‌که 43 درصد میزان تولید محصولات زراعی، متعلق به اراضی با کشت آبی و 57 درصد تولید، متعلق به اراضی با کشت دیم می‌باشد. این ارقام حاکی از اهمیت و نقش نهاده آب در تولیدات کشاورزی و متعاقباً ایجاد امنیت غذایی می‌باشد. ازاین‌رو توجه به مدیریت آب در بخش کشاورزی و در سطح مزارع، از اهمیت شایان توجهی برخوردار است. یکی از روش‌های مناسب جهت مدیریت و مصرف بهینه آب، ارزش‌گذاری آن می‌باشد.

باتوجه‌به اهمیت برآورد ارزش اقتصادی آب در مدیریت پایدار منابع آبی به‌ویژه در بخش کشاورزی، مطالعات زیادی در این زمینه صورت‌گرفته است. مطالعه Buttinelli و همکاران (2024) در ایتالیا، با برآورد قیمت سایه‌ای آب آبیاری برای دانه ذرت، نقش مهم آن را در افزایش بهره‌وری محصول نشان می‌دهد. در اسپانیا Martinez (2022) اهمیت تعیین ارزش اقتصادی آب در اندازه‌گیری دقیق بهره‌وری اقتصادی آن را موردتوجه قرار می‌دهد. Mattiuz و همکاران (2022)، با استفاده از تابع تولید، ارزش نهایی آب در تولید برنج و سویا در جنوب برزیل را به ترتیب 0/02 و 0/09 رئال برزیلی برآورد کردند. Lowe و همکاران (2022) در چین، به پتانسیل اهرم‌های اقتصادی در بهبود مدیریت آب کشاورزی تأکید می‌نمایند. احمدپور و همکاران (1396) با استفاده از روش قیمت‌گذاری مشتق شده از تابع تقاضا ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب در تولید برنج در استان مازندران را حدود 4200 ریال برآورد کردند. جعفری و همکاران (1402) نشان دادند که ارزش اقتصادی آب در محصولات مختلف در بخش کشاورزی استان همدان، بسیار بیشتر از هزینه‌های تأمین و عرضه آن است و این امکان وجود دارد که با دریافت آب‌بها به میزان شکاف موجود، انگیزه‌ها را به سمت تخصیص کاراتر آب در این بخش هدایت کرد. عزیزی و یزدانی (1392) با استفاده از رهیافت تابع تولید، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب در تولید گندم در استان خراسان رضوی را حدود 1800 ریال به دست آوردند. چیذری و همکاران (1390) با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی نشان دادند که ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب در دشت قزوین بین 2000 تا 3500 ریال متغیر است. در مجموع، این مطالعات نشان می‌دهند که ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی ایران بسته به منطقه، نوع محصول و روش برآورد متفاوت است.

استان آذربایجان غربی یکی از قطب‌های کشاورزی در منطقه شمال‌غرب کشور می‌باشد. باتوجه‌به مشکلات کم‌آبی که در حوزه آبریز دریاچه ارومیه وجود دارد، توجه به مدیریت این نهاده مهم در فرایند تولیدات کشاورزی، حائز اهمیت فراوانی می‌باشد. در بین محصولات مختلف کشاورزی استان، محصول گوجه‌فرنگی از جمله تولیداتی است که آب فراوانی در تولید آن استفاده می‌شود. ازاین‌رو، در مطالعه حاضر، ارزش اقتصادی نهاده آب در تولید گوجه‌فرنگی در شهرستان ارومیه برآورد می‌گردد.

مواد و روش‌ها

در یک تقسیم‌بندی کلی روش‌های برآورد ارزش آب (به‌عنوان نهاده) را می‌توان به دودسته روش‌های متغیر و غیر متغیر دسته‌بندی کرد. از پراستفاده‌ترین روش‌های ناپارامتری در تعیین ارزش اقتصادی آب، برنامه‌ریزی خطی و از مهم‌ترین روش‌های غیر متغیر تابع تولید است. در این مطالعه باتوجه‌به اطلاعات موجود از روش تابع تولید استفاده شده است. تابع تولید عبارت است از یک رابطهٔ فنی بین عوامل تولید و محصول که معرف حداکثر محصولی است که می‌توان با فرض ثابت‌بودن سایر شرایط از مجموعه نهاده‌ها به دست آورد. در این روش، تابع تولیدی که نهاده آب به‌عنوان متغیر مستقل در آن به کار رفته است تخمین زده می‌شود و ارزش تولید نهایی نهاده آب به‌عنوان ارزش اقتصادی آن تعیین می‌گردد. شکل ضمنی تابع تولید به‌صورت رابطه زیر می‌باشد (Chambers, 1988):

$$Q= f(x,z) \quad (1)$$

که در آن Q میزان تولید، f رابطه تابعی یا تکنولوژی تولید، x بردار نهاده‌های متغیر و z بردار نهاده‌های ثابت یا شبه ثابت را نشان می‌دهد. با مشتق‌گیری از تابع تولید نسبت به هر نهاده، تولید نهایی آن نهاده به دست می‌آید. بدین ترتیب می‌توان تولید نهایی آب را با مشتق‌گیری از تابع تولید نسبت به نهاده آب به دست آورد (Chambers, 1988):

$$\frac{df(x)}{dxi} = MPxi \qquad (2)$$

که MPxi تولید نهایی نهادهٔ i را نشان می‌دهد. چنانچه تولید نهایی نهاده در قیمت محصول تولیدی ضرب شود، برآوردی از ارزش نهایی تولید که برابر باارزش اقتصادی نهادهٔ مذکور است، به دست خواهد آمد. نقطه بهینه استفاده از هر نهاده جایی است که ارزش تولید نهایی آن نهاده معادل قیمت نهاده باشد. چنان چه مقدار نهاده آب با W و ارزش اقتصادی آن با rw نشان داده شود، آنگاه ارزش اقتصادی آب از رابطه (3) محاسبه می‌شود:

$$r_w = P \times \frac{df(w,x)}{dw} = P \times MP_w(w,x) = VMP_w(w,x) \qquad (3)$$

که P قیمت محصول، MPw تولید نهایی آب و VMPw ارزش تولید نهایی آب را نشان می‌دهد.

توابعی که برای بیان روابط بین متغیر وابسته و مستقل به کار می‌روند، به دو گروه توابع انعطاف‌ناپذیر و انعطاف‌پذیر تقسیم می‌شوند. در مطالعه حاضر، از میان توابع انعطاف‌ناپذیر، توابع کاب داگلاس و ترانسندنتال و از میان توابع انعطاف‌پذیر نیز، فرم تابعی ترانسلوگ، که در کارهای علمی بیشتر موردتوجه محققان بخش کشاورزی قرار گرفته، استفاده شده است. پس از برآورد این توابع، بهترین فرم تابع، با استفاده از آزمون‌ها و معیارهای انتخاب الگوی برتر در اقتصادسنجی شناسایی می‌گردد.

جامعه آماری این تحقیق، تولیدکنندگان محصول گوجه‌فرنگی در شهرستان ارومیه می‌باشد. برای تعیین حجم نمونه از فرمول کوکران و از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دومرحله‌ای با استفاده از ابزار پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری با تولیدکنندگان گوجه‌فرنگی برای جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز، استفاده شده است.

نتایج و بحث

در این مطالعه، پس از برآورد فرم‌هاب تابعی پیشگفته، بر اساس معیارهای انتخاب الگوی بهینه در اقتصادسنجی، تابع انعطاف‌پذیر ترانسلوگ، به‌عنوان بهترین فرم تابعی انتخاب شد و ضرایب این تابع، برای تعیین ارزش اقتصادی آب در تولید محصول گوجه‌فرنگی مورداستفاده قرار می‌گیرند. تولید نهایی و کشش تولید نهاده آب محاسبه شده از ضرایب برآوردی در جدول (1) گزارش شده‌اند.

جدول 1- ارزش اقتصادی و کشش تولیدی آب در مزارع گوجه‌فرنگی

تابع تولید	ارزش اقتصادی برآوردی هر مترمکعب آب (ریال)	تولید نهایی آب	کشش تولیدی آب
ترانسلوگ	1880	- 0/752	-1/32

مأخذ: یافته‌های تحقیق

باتوجه‌به نتایج مندرج در جدول فوق، تولید نهایی و به‌تبع آن کشش تولید منفی نهاده آب، حاکی از این واقعیت است که باتوجه‌به بحران خشکی دریاچه ارومیه و بودجه‌های اختصاصی بابت حیات دوباره این دریاچه، متأسفانه همچنان از منابع آب در این شهرستان به‌صورت غیراقتصادی استفاده می‌شود. باتوجه‌به بررسی‌های انجام شده در منطقه موردمطالعه، تولیدکنندگان گوجه‌فرنگی، بابت نهاده آب هیچ پولی پرداخت نمی‌کنند. در نتیجه، استفاده بی‌رویه از آن موجب شده است که تولیدکنندگان در مورد این نهاده باارزش، در ناحیه سوم تولیدی که ناحیه غیراقتصادی است، عمل نمایند؛ به‌طوری‌که طبق نتایج ارائه شده در جدول (1)، با افزایش یک درصدی مصرف

آب، تولید گوجه‌فرنگی 1/32 درصد کاهش خواهد یافت. بر اساس نتایج به دست آمده، ارزش اقتصادی آب در شهرستان ارومیه برای محصول گوجه‌فرنگی، 1880 ریال می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

برآورد ارزش اقتصادی آب در سطوح وسیع (شهرستان و حوضه‌ای) یکی از ابزارهای مهم برای سیاست‌گذاری در تخصیص منابع آب محسوب می‌شود. طبق نتایج مطالعه حاضر، در شهرستان ارومیه، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب 1880 ریال و کشش تولیدی نیز 1/32- بدست آمد. با عنایت به اینکه تولید نهایی آب، منفی شده است، می‌توان گفت به ازای مصرف یک مترمکعب آب اضافی در تولید گوجه‌فرنگی به اندازه 1880ریال از ارزش تولید نهایی هر کیلوگرم محصول تولیدی، کاسته می‌شود. کشش منفی نیز نمایانگر این است که تولیدکنندگان این محصول به دلیل تلقی آب به‌عنوان کالایی رایگان، در ناحیه سوم تولید، فعالیت می‌کنند. باتوجه‌به اهمیت آب در محدوده مطالعه، پیشنهاد می‌شود هرچه سریعتر ابتدا در این شهرستان مدیریت استفاده اقتصادی از منابع آب در تولید این محصول صورت گیرد. یعنی بر اساس نتایج به دست آمده، باید از کشاورزان به ازای هر مترمکعب آب مصرفی، مبلغ 1880 ریال دریافت گردد، تا آنها را از ناحیه سوم تولیدی که ناحیه غیراقتصادی تولید است و در حقیقت تولیدکنندگان موردمطالعه در نقطه حداکثر زیان خود فعالیت می‌کنند، حداقل به مرز ناحیه دوم و سوم که تولید نهایی آب صفر است، هدایت نمود تا مدیریت منابع آبی و تولید اقتصادی‌تر محصولات در مزرعه و منطقه صورت گیرد.

منابع

احمدپور، م.، مهرابی بشرآبادی، ح. و کیخا، ا. 1396. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید برنج در استان مازندران. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، 31(2)، 126-13

جعفری، ع. م.، قدمی فیروزآبادی، ع.، سلگی، م.، زارعی، ق.، شانازی، ک. 1402. ارزش‌گذاری اقتصادی آب در بخش کشاورزی استان همدان. پژوهش آب در کشاورزی 37 (4): 369-383.

چیذری، ا.، شرزه‌ای، غ. و قاسمی، ا. 1390. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید محصولات زراعی: مطالعه موردی دشت قزوین. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، 19(74)، 91-113.

دهخدا، ع. 1377. لغت نامه، انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ دوم، تهران.

عزیزی، ج. و یزدانی، س. 1392. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید گندم: مطالعه موردی استان خراسان رضوی. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، 27(3)، 194-201.

مرکز آمار ایران، سالنامه آماری کشور. 1401.

Buttinelli, R., Cortignani, R. and Caracciolo, F. 2024. Irrigation water economic value and productivity: An econometric estimation for maize grain production in Italy. Agricultural Water Management, 295: 1- 13. doi: 10.1016/j.agwat.2024.108757

Chambers, R.G. 1988. Applied production analysis: A dual approach. Cambridge University Press.

Lowe, B.H., Zimmer, Y. and Oglethorpe, D. 2022. Estimating the economic value of green water as an approach to foster the virtual green-water trade. Ecological Indicators 136(4–5):108632. doi: 10.1016/j.ecolind.2022.108632

Martinez, J.M. 2022. The Economic Productivity of Water in Agriculture based on Ordered Weighted Average Operators. 8th International Conference on Signal, Image Processing and Embedded Systems (SIGEM 2022). DOI: 10.5121/csit.2022.122015

Mattiuzi, C., Marques, G., Medellin-Azuara, J. and Dalcin, A. 2022. The economic value of water in crop productions and policy implications in southern Brazil. Water Management 175(1): 1–13, doi: 10.1680/jwama.19.00084

برآورد ضریب گیاهی و تبخیر تعرق کینوا در ایستگاه تحقیقاتی چهار تخته شهرکرد

علی مرشدی [1]، بیژن حقیقتی [2]، عاطفه صیادی شهرکی [3]، رضا محمدی‌کیا [4]

[1] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، a.morshedi2000@areeo.ac.ir

[2] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد

[3] کارشناس بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد

[4] محقق، بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

کینوا با نام علمی .Chenopodium quinoa Willd از خانواده تاج‌خروسیان و زیرخانواده اسفناج می‌باشد که منشأ آن آمریکای جنوبی در نواحی کوهپایه‌ای رشته‌کوه‌های آند در بولیوی، پرو و شیلی است. در این آزمایش، تبخیر تعرق و ضرایب گیاهی کینوا (رقم Q29) در 3 تکرار در کرت‌های آزمایشی به ابعاد 3 در 4 متر در دو سال زراعی 1398-1399 محاسبه شد. رطوبت تا عمق توسعه ریشه (40 سانتی‌متری) با دستگاه TDR اندازه‌گیری و کمبود رطوبت تا رسیدن رطوبت خاک کرت به ظرفیت مزرعه جبران شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، ضرایب گیاهی کینوا در سه مرحله رشد اولیه، میانی و انتهایی به ترتیب برابر با 0/55، 1/20 و 0/45 در سال اول آزمایش (1398) و در سال دوم آزمایش (1399) برابر با 0/50، 1/15 و 0/45 به دست آمد. همچنین، مقدار تبخیر تعرق طول دوره رشد، در سال اول و دوم به ترتیب برابر 420 و 415 میلی‌متر محاسبه گردید.

کلمات کلیدی: پنمن مانتیث فائو، تبخیر تعرق، نیاز آبی

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و نیاز بیشتر به مواد غذایی و از طرفی محدودیت‌های منابع آب‌وخاک از جمله مسائلی است که استفاده بهینه از منابع آب‌وخاک را در اولویت فعالیت‌های کشاورزی کشورهای مختلف قرار داده است. قرارگرفتن ایران در کمربند خشکی کره زمین و وقوع خشکسالی‌های پیاپی، چالش بحران تنش آبی را بیش‌ازپیش تشدید نموده است (Boroumandnasab et al., 2006). وابستگی تولیدات کشاورزی در ایران به منابع آب زیرزمینی، باعث استفاده بی‌رویه از این منابع راهبردی شده و مشکلات زیادی را در بحث مدیریت منابع آب ایجاد نموده است. بیلان منفی و عدم توجه جدی به حفظ تعادل آبی باعث شده تا الگوی استفاده بهینه و حداکثرسازی بهره‌وری آب استحصالی موردتوجه ویژه کارگزاران و بهره‌برداران حوزه آب قرار گیرد. دست‌یابی به حداکثر مقدار ممکن بهره‌وری آب، بدون شناخت واقعی نیاز آبی گیاه امری غیرممکن است؛ بنابراین تعیین نیاز آبی محصولات کشاورزی هر منطقه، اساسی‌ترین کار ممکن در راستای اهداف آبیاری است. نیاز آبی یا همان تبخیر تعرق گیاه، شامل تبخیر آب از سطح خاک و تعرق پوشش گیاهی بوده و عامل اصلی و اساسی چرخه هیدرولوژیکی به‌حساب می‌آید. تبخیر تعرق اساساً تابع شرایط آب‌وهوایی بوده؛ اما تحت‌تأثیر ویژگی‌های خاک، کاربری اراضی، مقاومت آئرودینامیک سطوح کشت، وضعیت گیاهی و توپوگرافی منطقه نیز قرار دارد. ازآنجاکه عوامل بسیار زیادی در تبخیر تعرق دخالت دارند، برآورد دقیق آن بسیار مشکل می‌باشد. برای تعیین میزان تبخیر تعرق، دو روش متداول است: 1- تعیین تبخیر

تعرق واقعی گیاه (ET_c) با ضرب تبخیر تعرق گیاه مرجع (ET_0) در ضریب گیاهی (K_c) 2- تعیین مستقیم تبخیر تعرق واقعی گیاه توسط لایسیمتر که به روش بیلان آبی معروف است (Liu et al., 2000). پژوهش‌های متعددی در خصوص برآورد مقدار تبخیر تعرق و نیاز آبی انجام شده است. رضاوردی نژاد و همکاران (1395) نیاز آبی، ضریب گیاهی و کارایی مصرف آب محصولات خیار و گوجه‌فرنگی را در شرایط گلخانه‌ای در ارومیه، تعیین نمودند. بر اساس نتایج، تبخیر تعرق خیار طی 131 روز دوره رشد، 272/4 میلی‌متر و گوجه‌فرنگی طی 181 روز دوره رشد، 358/6 میلی‌متر به دست آمد. همچنین بر اساس تبخیر تعرق مرجع، متوسط ضریب گیاهی مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای گوجه‌فرنگی به ترتیب 1/29، 1/65، 1/2 و 1/1 و برای خیار به ترتیب 1/99، 1/64، 1/19 و 1/81 محاسبه گردید. میری و همکاران (1400)، میزان تبخیر تعرق و ضریب گیاهی خرفه را به روش لایسیمتری برآورد کردند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، نیاز آبی فصلی خرفه 358/97 میلی‌متر، میانگین تبخیر تعرق در دوره ابتدایی 87/6 میلی‌متر، دوره میانی 96/11 میلی‌متر و دوره پایانی 107/24 میلی‌متر به‌دست‌آمده است. طی دو سال آزمایش در لبنان، میزان ضریب گیاهی، ماری‌جوانا را برابر 0/79 و 0/75 معرفی کردند (Jaafar et al., 2017). در این تحقیق میزان تبخیر تعرق گیاه مرجع برابر 1373 میلی‌متر (با استفاده از روش هارگریوز) و تبخیر تعرق گیاه 1088 میلی‌متر محاسبه شده است. هدف از پژوهش حاضر برآورد ضریب گیاهی و تبخیر تعرق گیاه کینوا (با استفاده از مدل پنمن مانتیث فائو) در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال‌وبختیاری است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی چهارتخته شهرکرد واقع در استان چهارمحال و بختیاری در 5 کیلومتری شرق شهرکرد با مختصات جغرافیایی ′18,°32 عرض شمالی و ′55 ,°50 طول شرقی با ارتفاع 2090 متر از سطح دریا و با اقلیم منطقه‌ای نیمه مرطوب با تابستان معتدل و زمستان بسیار سرد است. شکل (1)، موقعیت منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد.



شکل 1- موقعیت ایستگاه چهارتخته شهرکرد

جهت انجام این تحقیق کلیه اطلاعات هواشناسی شامل: دمای کمینه (T_{min})، دمای بیشینه (T_{max})، دمای میانگین (T_{mean})، سرعت باد در ارتفاع 2 متری (U_2)، رطوبت نسبی کمینه (RH_{min})، رطوبت نسبی بیشینه (RH_{max}) و ساعات آفتابی (N) طی سال‌های 1398 و 1399 به‌صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی واقع در منطقه موردمطالعه، دریافت گردید. جدول (1)، مشخصات آماری داده‌های هواشناسی جمع‌آوری شده را ارائه می‌دهد.

جدول 1- مشخصات آماری متغیرهای هواشناسی مورداستفاده در پژوهش

پارامتر	واحد	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
دمای کمینه (T_{min})	درجه سانتی‌گراد	4/8	19/6	12/66	3/05
دمای بیشینه (T_{max})	درجه سانتی‌گراد	22/8	37/9	32/8	2/61
دمای میانگین (T_{mean})	درجه سانتی‌گراد	11/31	27/41	19/99	7/59
رطوبت نسبی کمینه (RH_{min})	درصد	9	25	14/54	3/05
رطوبت نسبی بیشینه (RH_{max})	درصد	20	86	37/59	13/35
سرعت باد در ارتفاع 2 متری (U_2)	متر بر ثانیه	1/33	5	2/94	0/66
ساعات آفتابی (N)	ساعت	2/4	12/1	10/59	1/49

برآورد ضریب گیاهی: اثر ویژگی‌های محصولات متفاوت با چمن، در ضریب گیاهی Kc گنجانده شده است. در روش ضریب گیاهی، تبخیر تعرق گیاه تحت شرایط استاندارد با ضرب‌کردن ضریب گیاهی در تبخیر تعرق مرجع ($Kc \times ET_0$) محاسبه و تعیین می‌شود. تفاوت‌های تبخیر تعرق محصولات و سطح مرجع چمن را می‌توان در یک ضریب گیاهی یک جزیی K_c تلفیق و یا به‌صورت دو ضریب جداگانه یعنی ضریب گیاهی پایه K_{cb} و ضریب تبخیر از خاک K_s تفکیک کرد. روش موردنظر بر حسب هدف محاسبه، دقت موردنیاز و دسترسی به داده‌ها انتخاب می‌شود. ضریب گیاهی یک مقدار ثابت نبوده و مقدار آن در طول دوره رویش گیاه تغییر می‌کند. برای تعیین ضریب گیاهی و استفاده آن جهت تبدیل ET_0 به تبخیر تعرق گیاه موردنظر بر اساس روش پیشنهادی فائو برای دوره رویش گیاه منحنی تغییرات ضریب گیاهی رسم می‌شود تا در هر مرحله از رشد، ضریبی متناسب با همان مرحله اعمال شود. در این روش فرض شده است که ضریب گیاهی از ابتدای رشد گیاه تا مرحله برداشت آن متغیر است. هرچند این تغییرات خطی نیست ولی کل دوره رویش به 4 بخش تقسیم شده است که در هر قسمت تغییرات ضریب گیاهی به‌صورت یک خط مشخص می‌شود، بنابراین، اولین قدم این است که دوره رشد گیاه را به چهار بخش تقسیم شود.

اساس تقسیم‌بندی بدین صورت است که: الف. مرحله ابتدایی رشد: یعنی از زمان کاشت تا هنگامی‌که گیاه 11 درصد سطح زمین را بپوشاند. ب. مرحله رشد و توسعه گیاه: از انتهای مرحله ابتدایی تا زمانی که گیاه به حداکثر رشد رسیده و حدود 71 تا 81 درصد سطح زمین را در برگیرد. ج. مرحله میانی: از انتهای مرحله توسعه تا زمانی که گیاه در حال کامل‌بودن می‌باشد. د. از انتهای مرحله میانی تا مرحله برداشت محصول. مراحل مختلف رشد در هر منطقه بسته به شرایط آب‌وهوایی متفاوت است (علیزاده، 1393).

برآورد تبخیر و تعرق: برای صحت‌سنجی داده‌های دریافت شده از ایستگاه هواشناسی منطقه موردمطالعه از دستورالعمل پیوست 5 مندرج در FAO-56، استفاده شد و داده‌های پرت شناسایی و حذف گردیدند (Allen et al., 1998). هم‌چنین برای برآورد داده‌های غیر موجود نیز از دستورالعمل فصل سوم مندرج در FAO-56، استفاده شد. سپس کلیه اطلاعات هواشناسی و سایر اطلاعات منطقه موردمطالعه از قبیل ارتفاع ایستگاه، طول و عرض جغرافیایی و ... وارد نرم افزار اکسل شد و تبخیر تعرق مرجع با استفاده از روش‌های تجربی پنمن مانتیث فائو محاسبه گردید. با حاصل‌ضرب مقدار تبخیر تعرق مرجع در ضریب گیاهی، مقدار تبخیر تعرق گیاه، محاسبه می‌شود.

در سال 1998 میلادی، سازمان خوار و بار کشاورزی (فائو) رابطه پنمن- مانتیث- فائو اصلاح شده (Allen et al., 1998) را ارائه داد که به‌صورت رابطه 1 می‌باشد.

$$ET_0 = \frac{0.408\,\Delta\,(R_n - G) + \gamma\,\frac{900}{T+273}\,U_2\,(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.3\,U_2)} \quad (1)$$

که در آن ET_0 تبخیر تعرق مرجع (میلی‌متر در روز)، R_n تابش خالص ورودی به سطح گیاه (مگا ژول بر متر مربع بر روز)، G شار گرمایی خاک (مگا ژول بر متر مربع بر روز)، T میانگین روزانه دمای هوا (درجه سلسیوس)، U_2 سرعت روزانه باد در ارتفاع 2 متری (متر بر ثانیه)، e_a فشار بخار واقعی (کیلو پاسکال)، e_s فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، Δ شیب منحنی فشار بخار (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس) و γ ضریب ثابت سایکرومتری (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس) می‌باشد.

روش آزمایش: این آزمایش در 3 تکرار در کرت‌های آزمایشی به ابعاد 3 در 4 متر در دو سال زراعی (1398-99) با محصول کینوا، انجام شد. رطوبت تا عمق توسعه ریشه (40 سانتی‌متر) با دستگاه TDR اندازه‌گیری و کمبود رطوبت تا رسیدن رطوبت خاک کرت به ظرفیت مزرعه با آبیاری، جبران شد. دور آبیاری توسط رطوبت‌سنج TDR تعیین شد به‌نحوی‌که رطوبت خاک در محدوده رطوبت سهل‌الوصول باشد. میزان آب آبیاری بر اساس میزان تبخیر تعرق اندازه‌گیری شده توسط TDR در وسط کرت‌های آزمایشی، اندازه‌گیری، تعیین و اعمال شد. حجم آب مصرفی در هر کرت به مقداری بود که رطوبت ناحیهٔ ریشه مجدداً به رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای برسد. در پایان مقدار تبخیر تعرق و ضرایب گیاهی طی دوره‌های مختلف رشد کینوا، محاسبه شد.

نتایج و بحث

آزمون خاک قبل از کشت در کرت‌های آزمایش در دو سال انجام شد که نتایج آن در جدول 2 ارائه شده است. همچنین برخی از خصوصیات آب آبیاری مزرعه کینوا نیز در جدول 3 ارائه شده است. دوره‌های رشد چهارگانه بدست آمده در این تحقیق در جدول 4 ارائه شده است.

جدول 2- برخی از مشخصات فیزیک و شیمیایی مزرعه کینوا

سال	عمق خاک	شن	سیلت	رس	بافت خاک	FC	PWP	pH	OC	فسفر	پتاسیم	نیتروژن کل	منگنز	آهن
	سانتی‌متر	%	%	%	-	%	%	-	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
اول	0-30	34/5	43/5	22	لوم	25/01	9/5	7/79	0/7	11/2	265	0/04	9/11	5/69
	30- 60	35/5	49	15/5	لوم‌سیلتی	26/20	8/6	7/68	0/51	6/8	284	0/03	8/54	6/01
دوم	0-30	34/5	43/5	22	لوم	25/6	9/3	7/81	0/7	9/3	288	0/05	10/25	7/84
	30- 60	35/5	49	15/5	لوم‌سیلتی	24/5	8/4	7/76	0/39	5/6	241	0/03	8/74	6/93

جدول 3- برخی از مشخصات آب آبیاری مزرعه کینوا

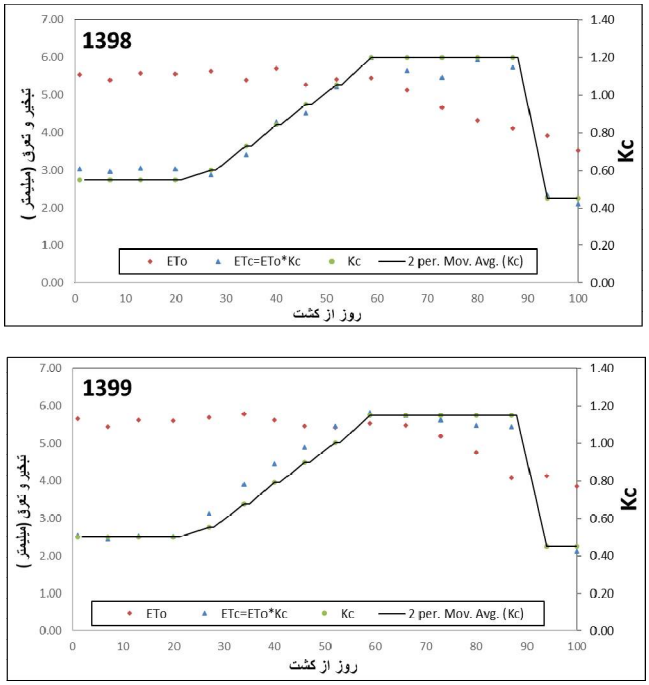
EC	SAR	pH	کلسیم	منیزیم	سدیم	کلراید	بی‌کربنات
dS/m	-	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
411	0/15	7/72	33/19	16/95	4/26	25/63	92/14

جدول 4- دوره‌های فنولوژی اندازه گیری شده در مزرعه

نام دوره	اولیه	توسعه	میانی	پایانی	کل

سال اول	تعداد روز	20	32	35	13	100
سال دوم	تعداد روز	20	32	35	13	100

به‌طورکلی دوره رشد اولیه 20 روز، دوره توسعه 32 روز، دوره میانی 35 روز و دوره پایانی 13 روز اندازه‌گیری شدند که برای تعیین این دوره‌ها از کارشناسان اصلاح نهال و بذر استفاده شد. کل دوره رشد این گیاه در منطقه شهرکرد 100 روز تعیین شد. نتایج حاصل از محاسبه ضریب گیاهی و تبخیر تعرق کینوا طی دوره‌های مختلف رشد کینوا طی دو سال زراعی، در شکل 2 ارائه شده است.



شکل 2- ضرایب گیاهی کینوا و مقدار تبخیر تعرق در مراحل مختلف رشد کینوا طی دو سال آزمایش

نتایج ضریب گیاهی و محاسبه نیاز آبی برای کینوا در پژوهش Talebnejad and Sepaskhah (2015) برابر با 0/55، 1/20 و 0/75 گزارش شد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی نزدیکی دارد، البته تاریخ کاشت در دو منطقه متفاوت است. در تحقیق محمدی (1398) میزان نیاز آبی ارقام موردبررسی در طی دوره اندازه‌گیری به ترتیب در ارقام مختلف برابر با 390/2 (QN100)، 390/2 (QN101)، 390/3 (QN102)، 383/9 (QN103)، 383/3 (QN107A)، 390/7 (QN108A) میلی‌متر، برآورد شد. همچنین ضرایب گیاهی به تفکیک برای هر رقم در سه مرحله توسعه رشد، میانی و انتهایی برای هر رقم به ترتیب 0/91، 1/47 و 1/07 (QN100)، 0/91، 6/46 و 1/09 (QN101)، 0/91، 1/46 و 1/12 (QN102)، 0/92، 1/45 و 0/95 (QN103)، 0/91، 1/45 و 1/08 (QN107A)، 0/92، 1/47 و 1/07 (QN108A) به دست آمد.

نتیجه‌گیری

تبخیر تعرق از عمده‌ترین اجزای چرخه هیدرولوژیکی است که تخمین درست آن در طراحی و مدیریت روش‌های آبیاری، مطالعات منابع آب و موارد مشابه دیگر از اهمیت زیادی برخوردار است. با علم به این موضوع، پژوهش حاضر باهدف برآورد مقدار تبخیر تعرق و

ضریب گیاهی کینوا طی دو سال زراعی 1398-1399 انجام شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در دو سال زراعی، دوره رشد اولیه 20 روز، دوره توسعه 32 روز، دوره میانی 35 روز و دوره پایانی 13 روز اندازه‌گیری شدند؛ بنابراین، کل دوره رشد این گیاه در منطقه شهرکرد (استان چهارمحال‌وبختیاری) 100 روز تعیین شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، ضرایب گیاهی کینوا در سه مرحله رشد اولیه، میانی و انتهایی به ترتیب برابر با 0/55، 1/20 و 0/45 در سال اول آزمایش (1398) و در سال دوم آزمایش (1399) برابر با 0/50، 1/15 و 0/45 به دست آمد. همچنین در سال اول، مقدار تبخیر تعرق در طول دوره رشد،420 میلی‌متر و در سال دوم 415 میلی‌متر محاسبه گردید.

منابع

رضاوردی‌نژاد، و.، شبانیان اصل، م.، بشارت، س.، و حسنی، ع.، 1395. تعیین نیاز آبی، ضریب گیاهی و کارایی مصرف آب محصولات خیار و گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه (مطالعه موردی: منطقه ارومیه). علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، 8 (3): 27-40.

علیزاده، ا.، 1393. رابطه آب و خاک و گیاه. دانشگاه غیرانتفاعی امام سجاد، 728 صفحه.

محمدی، ف.، 1398. تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی کینوا در اقلیم نیمه‌خشک سرد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه آموزشی علوم و مهندسی آب، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

میری، ز.، خاشعی‌سیوکی، ع.، و سالاری، ا.، 1400. برآورد میزان تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی گیاه خرفه به‌روش لایسیمتری در شهرستان شیراز. مدیریت آبیاری و آب، 11 (3): 451-460.

Allen, R.G., Pereira, L.S. Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements). FAO irrigation and drainage Paper No. 56. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, 300p.

Boroumandnasab, S., Kashkouli, H. A. and Khaledian, M. 2006. Determination of water requirement and plant coefficients of sugarcane in Hoghtatpeh agricultural and industrial lands of Khuzestan. The first national conference on irrigation and drainage network management, May 12-14. Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

Jaafar, H., Khraizat, Z., Bashour, I. and Haidar, M. 2017. Determining water requirements of biblical hyssop using an ET-based drip irrigation system, Agricultural Water Management, 180: 107-117.

Liu, L., Howe, P., Zhou, Y., Xu, Z., Hocart, C. and Zhang, R. 2000. Fatty acids and bcarotene in Australian purslane (Portulaca oleracea L.) varieties. Journal of Chromatography A, 893, 207-213.

Talebnejad, R. and Sepaskhah, A.R. 2015. Effect of different saline groundwater depths and irrigation water salinities on yield and water use of quinoa in lysimeter. Agricultural Water Management, 148: 177-188.

برآورد مقدار آب مصرفی گیاه بادمجان به روش حل معکوس تابع تولید با استفاده از روش تافته، پاسکوئله و رئیس در شرایط مختلف آبیاری

علی عبدزادگوهری [1]، آرش تافته [2]، نیازعلی ابراهیمی پاک [3]

[1] محقق، بخش تحقیقات مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، abdzadgohari_a@yahoo.com

[2] استادیار، بخش تحقیقات مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] دانشیار، بخش تحقیقات مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

سامانه نیاز آب که توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور ارائه شده است، توانایی برآورد و تعیین نیاز آبی، آب مصرفی و برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان در سطح منطقه، شهرستان و دشت را با استفاده از روش‌های تافته، پاسکوئله و رئیس دارد. هدف از این پژوهش برآورد مقدار آب مصرفی گیاه بادمجان به روش حل معکوس تابع تولید با استفاده از روش تافته، پاسکوئله و رئیس در شرایط مختلف آبیاری می‌باشد. مدیریت آبیاری شامل بدون آبیاری و تأمین 60، 80 و 100 درصد نیاز آبی گیاه به‌عنوان عامل اصلی و مقادیر کود نیتروژن (از منبع کود اوره) شامل دو سطح صفر و 120 کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عامل فرعی بودند. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در 3 تکرار در سال‌های 1399 تا 1401 انجام گرفت. نتایج نشان داد که ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) برای تبخیر تعرق در روش‌های تافته، پاسکوئله و رئیس به ترتیب 18/6، 79/3 و 18/3 میلی‌متر در روز و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال ($RMSE_n$) به ترتیب با 0/059، 0/251 و 0/058 درصد بود.

کلمات کلیدی: تبخیر-تعرق، سامانه نیاز آب، نیاز آبی

مقدمه

بادمجان (Solanum melongena L) گیاهی مهم از خانواده سولاناسه (Solanaceae) است که به طور گسترده در مناطق نیمه گرمسیری و گرمسیری کشت می‌شود و بعد از سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، فلفل و تنباکو، پنجمین محصول مهم اقتصادی سولاناسه است (Mwinuka et al., 2021). آبیاری در زمانی که بادمجان درحال‌رشد می‌باشد، ضروری است و دوره‌های خشکی بیش از حد می‌تواند باعث ریزش گل‌ها شود (Mwinuka et al., 2021). تنش‌آبی بر رشد و عملکرد بادمجان مؤثر بوده و باعث کاهش میانگین وزن، قد و قطر میوه بادمجان می‌شود که منجر به کاهش قابل‌توجهی در عملکرد می‌شود (Chaves et al., 2003). تنش‌آبی منجر به کاهش سطح برگ و ماده خشک در بادمجان می‌شود، اما با شرایط آبیاری کامل، قابلیت استفاده از مواد مغذی بهبود می‌یابد (Abdalla et al., 2018). کود نیتروژن نقش مهمی در تولید محصولات کشاورزی دارد و انتخاب این کود برای رسیدن به بالاترین سطح تولید الزامی است. استفاده بهینه از آب و کود نیتروژن و اعمال مدیریت درست می‌تواند علاوه بر افزایش محصول از زیان‌های ناشی از کمبود منابع آب جلوگیری نماید (Mwinuka et al., 2021). تابع تولید یکی از شاخص‌های مورداستفاده در مباحث عملکرد گیاه- آب مصرفی است که در افزایش بهره‌وری مصرف آب مؤثر است (Greaves et al., 2017). این پژوهش باهدف برآورد مقدار آب مصرفی گیاه بادمجان به روش حل معکوس تابع تولید با استفاده از روش تافته، پاسکوئله و رئیس در شرایط مختلف آبیاری در منطقه موردمطالعه انجام شد.

مواد و روش‌ها

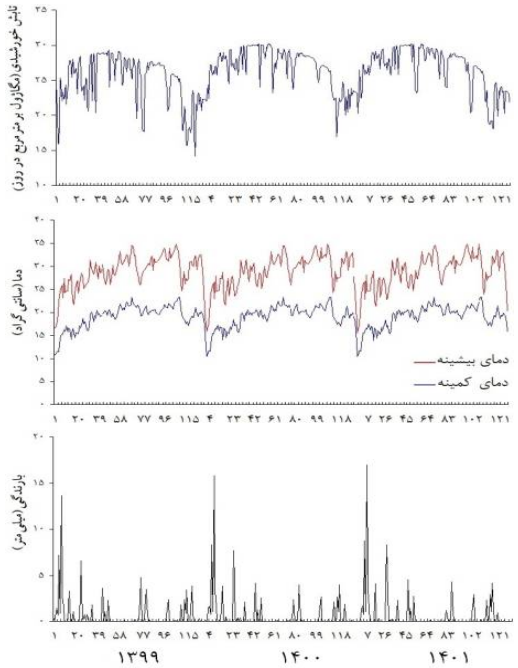
این آزمایش در شرق استان گیلان و در شهرستان آستانه‌اشرفیه، به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های 1399 تا 1401 انجام گرفت. مدیریت آبیاری شامل بدون آبیاری و تأمین 60، 80 و100 درصد نیاز آبی گیاه به‌عنوان عامل اصلی و مقادیر کود نیتروژن (از منبع کود اوره) شامل دو سطح صفر و 120 کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عامل فرعی بودند. اطلاعات هواشناسی در شکل (1) و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول (1) ارائه شد. تاریخ کاشت نشا بادمجان، دهم اردیبهشت‌ماه بود. ابعاد هر یک از کرت‌های آزمایشی 10×20 متر بود. کود نیتروژن در 5 نوبت در طول دوره کشت توزیع شد. نیاز آبی گیاه به‌عنوان تیمار 100 درصد آبیاری در نظر گرفته شد و سایر تیمارهای آبیاری به‌عنوان درصدی از این مقدار منظور گردید و با رابطه (1) محاسبه گردید. مقدار آب آبیاری بر پایه رطوبت خاک در عمق ریشه تا حد ظرفیت زراعی بود.

$$d_n = \frac{\theta_{FC} - \theta_{pwp}}{100} \times MAD \times D_r \qquad (1)$$

که در آن، d_n: عمق خالص آب آبیاری (سانتی‌متر)، Θ_{Fc}: درصد حجمی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی، Θ_{pwp}: درصد حجمی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم و D_r: عمق توسعه ریشه گیاه (سانتی‌متر) می‌باشد. مقدار آب تحویلی به هر واحد آزمایشی توسط کنتور اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری بیشترین عمق توسعه ریشه با روش پروفیل مستقیم و به میزان 90 سانتی‌متر بود. اندازه‌گیری تبخیر تعرق واقعی گیاه از طریق اندازه‌گیری اجزای بیلان آب بر اساس رابطه (2) انجام شد.

$$I + P - ET_C - R - D = \Delta S \qquad (2)$$

که در آن I: مقدار آب آبیاری (میلی‌متر)، P: بارندگی مؤثر (میلی‌متر)، ET_c: مقدار تبخیر تعرق (میلی‌متر)، متغیرهای R و D به ترتیب مقدار رواناب و عمق آب زهکشی شده هستند (که صفر در نظر گرفته شدند). ΔS: نشان‌دهنده تغییرات ذخیره رطوبت خاک (میلی‌متر) بود. جهت برآورد عملکرد محصول، پس از حذف دو ردیف گیاه از طرفین، 12 بوته از هر واحد آزمایشی انتخاب و با ترازوی دقیق آزمایشگاهی بادقت 0/01 گرم اندازه‌گیری شد.



شکل 1- اطلاعات مربوط به هواشناسی منطقه در سال‌های موردمطالعه

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS (آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد) و رسم شکل‌ها با نرم‌افزار EXCEL و برای مقایسه آماری بین نتایج، از شاخص‌های آماری موجود در روابط 3 تا 6 استفاده شد.

$$RMSE_n=[(\sum_{i=1}^{n}(P_i-O_i)^2/n)^{0.5}/\overline{O}]\times 100 \quad (5) \qquad MRE=\frac{O_i-P_i}{O_i}\times 100 \quad (3)$$

$$R^2=\frac{(\sum_{i=1}^{n}(P_i-\overline{P})(O_i-\overline{O}))^2}{\sum_{i=1}^{n}(P-\overline{P})^2\sum_{i=1}^{n}(O_i-\overline{O})^2} \quad (6) \qquad RMSE=\sqrt{\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(O_i-P_i)^2\right)} \quad (4)$$

که در آن میانگین خطای نسبی (MRE)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال ($RMSE_n$) و ضریب تبیین (R^2) است. پارامترهای O، P، $\overline{O}$ و n به ترتیب داده مشاهده‌شده، برآورد شده و میانگین داده‌های مشاهده‌ای و تعداد مشاهدات می‌باشد. اگر مقادیر MRE و RMSE به صفر و مقدار R^2 به 1 نزدیک‌تر باشند، نشان‌دهنده شبیه‌سازی بهتر مدل است. اگر $RMSE_n$، کمتر از 10 درصد باشد، شبیه‌سازی عالی، بین 10 تا 20 درصد خوب، بین 20 تا 30 درصد متوسط و بالاتر از 30 درصد، ضعیف برآوردشده است.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق توسعه ریشه

عمق خاک (سانتی‌متر)	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی(%)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل‌جذب (ppm)	پتاسیم قابل‌جذب (ppm)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	رطوبت وزنی در ظرفیت زراعی (%)	رطوبت وزنی در نقطهٔ پژمردگی (%)
0-30	0/655	0/67	0/086	6/27	235	17	33	50	24/6	12/1
30-60	0/647	0/69	0/098	6/21	216	19	32	49	25/7	13/2
60-90	0/637	0/68	0/092	6/18	322	19	31	50	25/5	13/2

در هر سه عمق موردنظر، بافت خاک لومی و وزن مخصوص ظاهری 1/46 گرم بر مترمکعب بود.

نتایج و بحث

بیشترین مقدار آب مصرفی و بیشترین مقادیر تبخیر تعرق در سال‌های موردمطالعه در تمام تیمارها در شرایط 100 درصد نیاز آبی و مصرف 120 کیلوگرم کود نیتروژن بود، به‌طوری‌که در شرایط اندازه‌گیری شده و روش‌های تافته، پاسکوئله و رئیس، مقدار آب مصرفی در سال اول، دوم و سوم در جدول (2) نشان داده شد.

جدول 2- مقادیر آب مصرفی (میلی‌متر) در شرایط اندازه‌گیری شده و برآورد شده با سامانه در سال‌های موردمطالعه

تیمارها	مقادیر آب مصرفی (میلی‌متر)											
	سال 1399				سال 1400				سال 1401			
	اندازه‌گیری شده	روش تافته	روش پاسکوئله	روش رئیس	اندازه‌گیری شده	روش تافته	روش پاسکوئله	روش رئیس	اندازه‌گیری شده	روش تافته	روش پاسکوئله	روش رئیس
I_2N_1	127	136	279	137	129	138	288	139	262	300	586	301
I_2N_2	172	147	280	148	173	149	288	150	355	339	586	340
I_3N_1	169	159	279	160	172	161	288	162	349	352	586	352
I_3N_2	230	183	280	184	230	183	288	184	473	391	586	392
I_4N_1	211	171	279	172	215	172	288	173	436	339	586	340
I_4N_2	287	279	280	280	288	276	288	277	591	547	586	548

مدیریت آبیاری: 60 (I_2)، 80 (I_3) و 100 (I_4) درصد نیاز آبی؛ مقادیر کود نیتروژن: صفر (N_1) و 120 کیلوگرم بر هکتار (N_2).

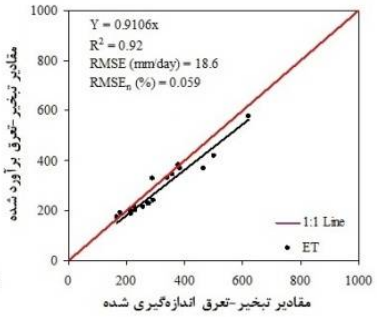
میانگین خطای نسبی در روش‌های تافته، پاسکوئله و رئیس در سال اول به ترتیب 2/6، 2/3 و 2/3 درصد و در سال دوم به ترتیب 3/4، 0/3 و 3/4 درصد و در سال سوم به ترتیب 7/1، 0/8 و 6/9 درصد بود (جدول 3). ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) برای تبخیر تعرق در روش‌های تافته، پاسکوئله و رئیس به ترتیب 18/6، 79/3 و 18/3 میلی‌متر در روز و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال ($RMSE_n$) به ترتیب با 0/059، 0/251 و 0/058 درصد مشاهده شد.

جدول 3- تبخیر-تعرق برآورد شده با استفاده از سامانه و اندازه‌گیری شده و مقادیر درصد خطای نسبی

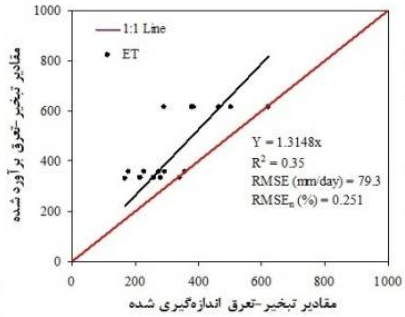
سال‌ها	تیمارها	عملکرد (تن بر هکتار)	تبخیر تعرق (میلی‌متر)			برآورد خطای نسبی تبخیر تعرق (درصد)			
			اندازه‌گیری شده	روش تافته	روش پاسکوئله	روش رئیس	روش تافته	روش پاسکوئله	روش رئیس
1399	I_1N_1	13/2 g	128	164	332	163	28/1	159/4	27/3
	I_1N_2	18/1 e	133	189	333	190	42/1	150/4	42/9
	I_2N_1	15/0 f	167	176	332	177	5/4	98/8	6
	I_2N_2	18/7 e	216	189	333	190	12/5	54/2	12
	I_3N_1	21/6 d	213	202	333	203	5/2	56/3	4/7
	I_3N_2	26/1 b	279	228	333	229	18/3	19/4	17/9
	I_4N_1	24/4 c	258	215	333	216	16/7	29/1	16/3
	I_4N_2	47/4 a	341	332	333	333	2/6	2/3	2/3
میانگین سال اول		23/1	216/9	206/3	332/8	207	16/4	71/2	16/2
1400	I_1N_1	12/7 f	113	177	359	177	56/6	217/7	56/6
	I_1N_2	18/1 d	118	203	359	203	72	204/2	72
	I_2N_1	14/6 e	179	190	359	191	6/1	100/6	6/7
	I_2N_2	18/5 d	229	203	359	203	11/4	56/8	11/4
	I_3N_1	21/4 c	228	215	359	216	5/7	57/5	5/3
	I_3N_2	25/7 b	293	241	359	242	17/7	22/5	17/4
	I_4N_1	21/8 c	276	229	359	229	17	30/1	17
	I_4N_2	45/2 a	358	346	359	346	3/4	0/3	3/4
میانگین سال دوم		22/2	224/3	225/5	359	225/9	23/8	86/2	23/7
1401	I_1N_1	12/1 g	57	303	538	304	431/6	843/9	433/3
	I_1N_2	17/4 e	59	355	615	356	501/7	942/4	503/4
	I_2N_1	14/2 f	291	329	615	330	13/1	111/3	13/4
	I_2N_2	18/8 e	384	368	615	369	4/2	60/2	3/9
	I_3N_1	21/1 c	378	381	615	382	0/8	62/7	1/1
	I_3N_2	25/3 b	502	420	615	421	16/3	22/5	16/1
	I_4N_1	19/1 d	465	368	615	369	20/9	32/3	20/6
	I_4N_2	42/9 a	620	576	615	577	7/1	0/8	6/9
میانگین سال سوم		21/4	344/5	387/5	605/4	388/5	124/4	259/5	124/9

مدیریت آبیاری: 60 (I_2)، 80 (I_3) و 100 (I_4) درصد نیاز آبی؛ مقادیر کود نیتروژن: صفر (N_1) و 120 کیلوگرم بر هکتار (N_2)؛ حروف مختلف بعد از اعداد در ستون مشاهده‌ای، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p < 0.01$)

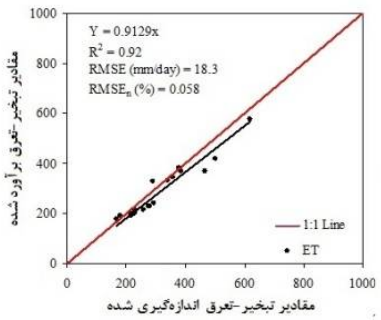
نتایج مقایسه مقادیر تبخیر تعرق اندازه‌گیری شده و برآورد شده با استفاده از سامانه نشان داد که مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده با استفاده از سامانه در روش‌های تافته و رئیس به خط یک‌به‌یک نزدیک بود (شکل‌های 2 تا 4).



شکل 2- مقادیر تبخیر تعرق اندازه‌گیری شده و برآورد شده با روش تافته



شکل 3- مقادیر تبخیر تعرق اندازه‌گیری شده و برآورد شده با روش پاسکوئله



شکل 4- مقادیر تبخیر تعرق اندازه‌گیری شده و برآورد شده با روش رئیس

نتیجه‌گیری

مقادیر شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده نشان داد که در تیمارهای مختلف، بین روش‌های تافته و رئیس اختلاف اندکی وجود دارد. اما باتوجه‌به ماهیت سامانه و عدم توانایی در شبیه‌سازی در شرایط تنش یا دیم، مشاهده شد که روش‌های مذکور دقت پایینی دارند و روش پاسکوئله نسبت به سایر روش‌ها از دقت بسیار پایینی برخوردار بود. اما در شرایط آبیاری کامل و تنش تا سطح 80 درصد، روش‌های تافته و رئیس، ارزیابی قابل‌قبولی در برآورد مقدار آب مصرفی و تبخیر تعرق داشتند. به‌طورکلی، با سامانه نیاز آب، می‌توان از روش‌های تافته و رئیس موجود سامانه نیاز آب به‌عنوان یک روش مناسب در تصمیم‌گیری و تخمین آب مصرفی گیاه بادمجان در منطقه موردمطالعه استفاده نمود.

منابع

Abdalla, M.M.A., El-Dekashey, H.Z., Dalia, M., Nassef, T. and Kahlil, G.Z.H. 2018. Effect of Irrigation Intervals and Genotypes on Growth and Yield of Eggplant (Solanum melongena L.) I-Vegetative Growth. Assiut Journal of Agricultural Sciences. (49) 2: 157-176.

Chaves, M.M., Maroco, J.P. and Pereira, J.S. 2003. Understanding plant responses to drought from genes to whole plant. Functional Plant Biology.30: 239-264.

Greaves, L.M., Houkamau, C.A. and Sibley, C.G. 2017. Random intercept exploratory factor analysis of the multidimensional model of Māori identity and cultural engagement. Personality and Individual Differences. 105: 14-18.

Mwinuka, P.R., Mbilinyi, B.P., Mbungu, W.B., Mourice, S.K., Mahoo, H.F. and Schmitter, P. 2021. Optimizing water and nitrogen application for neglected horticultural species in tropical sub-humid climate areas: A case of African eggplant (Solanum aethiopicum L.). Scientia Horticulturae. 276: 109756.

برآورد نیاز آبی زعفران در استان خراسان جنوبی

علیرضا مقری فریز [1]، سمیه الیاسی‌راد [2]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، بیرجند، alireza.moghri@gmail.com

[2] استادیار بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، بیرجند

چکیده

برنامه‌ریزی صحیح مصرف آب به‌ویژه در حوزه کشاورزی و آبیاری بسیار حائز اهمیت می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق اندازه‌گیری میزان آب مصرفی زعفران در استان خراسان جنوبی بود. بر طبق آمار سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی سه شهرستان قائن، فردوس و سرایان در زمینه تولید زعفران برتر بودند که به‌عنوان مناطق موردمطالعه انتخاب شدند. جمع‌آوری اطلاعات مزارع منتخب، از طریق مراجعه حضوری به مزارع و تکمیل پرسشنامه، ثبت برنامه آبیاری و اندازه‌گیری دبی انجام شد. نیاز آبی زعفران در مناطق مختلف محاسبه و با میزان آب مصرفی کشاورزان مقایسه گردید. نتایج نشان داد که میانگین حجم آب مصرفی در استان خراسان جنوبی 4594 مترمکعب بر هکتار بود. میانگین نیاز آبی زعفران، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب و بارش مؤثر در استان به ترتیب 262 میلی‌متر، 2 و 1/42گرم بر مترمکعب به دست آمد. همچنین متوسط راندمان کاربرد آبیاری در مزارع زعفران منتخب این استان 57 درصد بود.

کلمات کلیدی: آب مصرفی، زعفران، بهره‌وری آب، بارش مؤثر

مقدمه

برنامه‌ریزی صحیح مصرف آب به‌ویژه در حوزه کشاورزی و آبیاری بسیار حائز اهمیت می‌باشد. هدف از عملیات آبیاری ایجاد شرایط مساعد رطوبتی برای گیاه موردنظر می‌باشد. آبیاری باید با تخمین درست از نیاز آبی گیاه اعمال شود (Campbell et al., 1990). یکی از راهکارهای عملی برای بالابردن راندمان مصرف آب، آگاهی از نیاز آبی گیاهان کشت شده است (Tyagi et al., 2000). نیاز آبی گیاهان در مراحل مختلف رشد متفاوت می‌باشد و این نیاز تحت‌تأثیر مستقیم تبخیر تعرق گیاه و شرایط آب‌وهوایی است. در استان خراسان جنوبی باتوجه‌به اقلیم گرم و خشک تعیین میزان آب مصرفی محصولات کشاورزی بسیار اهمیت دارد. در این مقاله، هدف اندازه‌گیری میزان آب مصرفی زعفران در مزارع تحت مدیریت کشاورزان بود. استان خراسان جنوبی با سطح زیر کشت بیش از 15 هزار هکتار و تولید 54 تن مجموعاً بیش از 90 درصد سهم تولید این محصول در کشور را به خود اختصاص داده است (بی‌نام، 1397). زعفران گیاهی چند ساله است. طول عمر هر مزرعه زعفران حداقل 5 سال و حداکثر 12 سال است. بعضی از کشاورزان، مزرعه زعفران را تا بیش از 20 سال نگهداری می‌کنند (ذبیحی، 1396). زعفران نیاز آبی کمی دارد. باتوجه‌به این‌که زعفران عمدتاً در مناطق خشک با دوره گرمای طولانی و تابش آفتاب کاشت می‌شود؛ لذا مدیریت آبیاری آن بسیار ضروری است. از طرفی هرچند زعفران گیاهی است که دوران رشد آن منطبق با ماه‌های سرد سال بوده و در تابستان که معمولاً کشاورزان با کمبود آب مواجه هستند، این گیاه را آبیاری نمی‌کنند، اما عملکرد مطلوب این گیاه بستگی به آبیاری مناسب و تأمین نیاز آبی در دوره رشد سبزینه‌ای آن دارد. نیاز آبی خالص زعفران حدود 300 میلی‌متر در سال یا به عبارتی 3000 مترمکعب در هکتار گزارش شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت میدانی و به‌منظور تعیین آب مصرفی زعفران در استان خراسان جنوبی طی سال‌های زراعی 96-1395 و 98-1397 اجرا شد. بر اساس آخرین آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی استان، سه شهرستان برتر تولید کننده زعفران شامل شهرستان‌های قاین، سرایان و فردوس به‌عنوان مناطق مورد بررسی انتخاب شدند. منابع آبی و مزارع زعفران طوری انتخاب شدند که عوامل مختلف از جمله بافت خاک و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. حجم آب مصرفی زعفران در مزارع منتخب، از طریق مراجعه حضوری و تکمیل پرسشنامه (شامل اطلاعات موقعیت دقیق مکانی، روش آبیاری، منبع آب آبیاری، زمان برداشت از منبع آبی، نوع شبکه (سنتی یا مدرن)، ثبت برنامه آبیاری و اندازه‌گیری دبی منبع آب انجام شد. دبی در مزارع توسط فلوم اندازه‌گیری شد. پس از این که میزان دبی منبع آب در آنها مشخص شد، باتوجه‌به تعداد ساعات آبیاری، حجم آب مصرفی در هر نوبت آبیاری و همچنین باتوجه‌به سطح زیر کشت زعفران، عمق آب مصرفی نیز تعیین گردید. در نهایت در پایان فصل رشد با مجموع مقادیر مذکور، حجم و عمق کل آب مصرفی تعیین گردید. هم‌چنین با ثبت دقیق میزان عملکرد محصول، مقدار بهره‌وری آب آبیاری و همچنین بهره‌وری آب کل (آبیاری + بارندگی مؤثر) در مزارع محاسبه شد. شاخص بهره‌وری آب زعفران از رابطه 1 به دست آمد.

$$WUE= CY/CW \quad (1)$$

در رابطه فوق WUE، شاخص بهره‌وری آب در تولید زعفران (گرم بر مترمکعب آب مصرفی در طول فصل رشد)، CY= عملکرد زعفران (گرم بر هکتار)، CW = حجم آب مصرفی در تولید زعفران (مترمکعب بر هکتار) می‌باشد.

برای برآورد شاخص بهره‌وری آب و بارش مؤثر از نسبت عملکرد محصول به حجم آب مصرفی و بارش مؤثر استفاده شد. برای برآورد نیاز آبی خالص زعفران در مناطق موردمطالعه و تبخیر تعرق مرجع از نرم‌افزار ETo-calculator (Raes, 2012) به روش پنمن مانتیث فائو و با استفاده از آمار و اطلاعات نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی به مناطق موردمطالعه استفاده شد. اطلاعات هواشناسی مورداستفاده شامل متوسط روزانه مقادیر درجه‌حرارت و رطوبت نسبی حداکثر و حداقل هوا، سرعت باد در ارتفاع 10 متری و تعداد ساعات آفتابی در شبانه‌روز در یک دوره آماری 10 ساله بودند. پس از تعیین مقادیر تبخیر تعرق مرجع، میزان تبخیر تعرق پتانسیل زعفران در مناطق موردمطالعه با استفاده از رابطه 2 برآورد شد.

$$ET_C=Kc. ETo \quad (2)$$

در پژوهش حاضر، ضرایب گیاهی مربوط به هر مرحله رشد زعفران بر اساس پیشنهاد احمدی و همکاران، 1395 (جدول1) انتخاب شد.

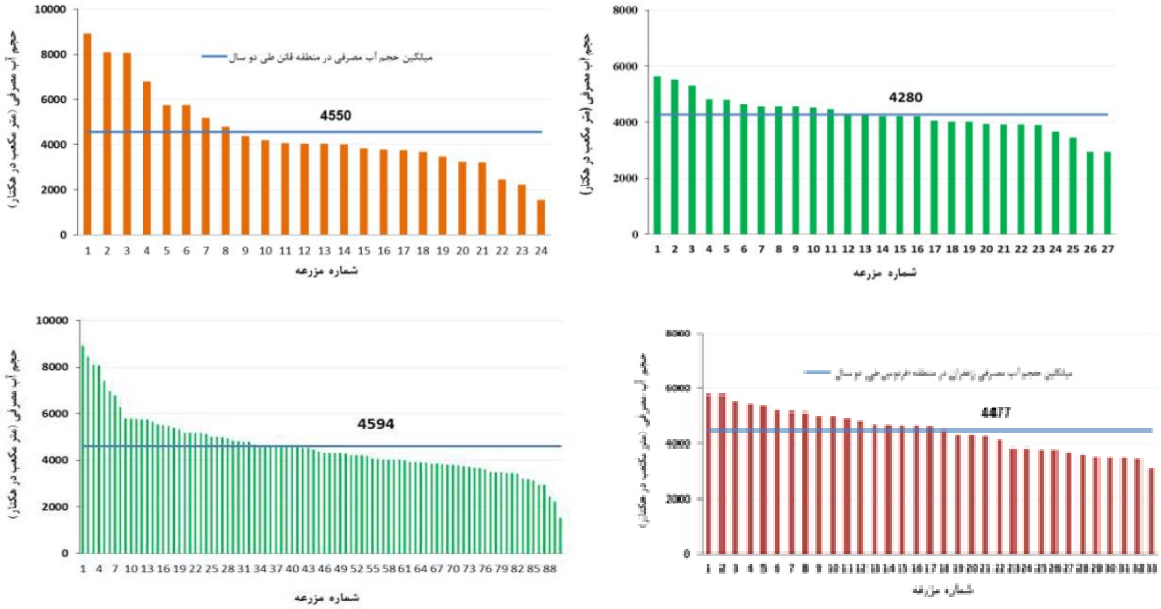
جدول 1- ضریب گیاهی زعفران در استان خراسان جنوبی در طول دوره رشد

9مهر - 9 آبان	10آبان - 9آذر	10آذر - 10 دی	11دی - 11بهمن	12بهمن -9سفند	10اسفند - 11فروردین	12 فروردین - 10 اردیبهشت	11 اردیبهشت - 10خرداد
0/38	0/46	0/78	0/84	0/68	0/50	0/41	0/37

نیاز آبی زعفران در مناطق موردمطالعه از طریق کسر مقادیر بارندگی مؤثر از میزان تبخیر تعرق محصول در طول دوره رشد حاصل شد. در ادامه با برآورد راندمان آبیاری، میزان نیاز آبیاری زعفران در مزارع منتخب استان برآورد و با میزان آب مصرفی توسط کشاورزان مقایسه گردید.

نتایج و بحث

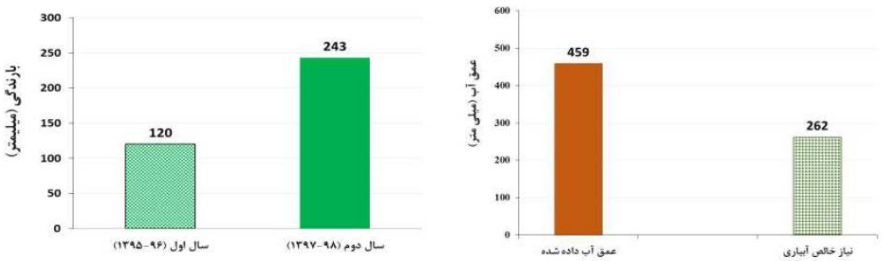
نتایج تغییرات آب مصرفی در مزارع زعفران سه شهرستان قاین، سرایان و فردوس در شکل 1 ارائه شده است. متوسط میزان آب مصرفی در سه شهرستان قاین، سرایان و فردوس به ترتیب 4550، 4280 و 4477 مترمکعب بر هکتار بودند.



شکل1-تغییرات حجم آب‌داده شده در مزارع زعفران شهرستان‌های قاین، سرایان، فردوس و مزارع استان خراسان جنوبی

در بین سه منطقه مذکور بیشترین دامنه تغییرات آب مصرفی در منطقه قاین مشاهده گردید، به‌طوری‌که بین کمترین و بیشترین مقادیر آب مصرفی به ترتیب1540 و8914 مترمکعب بر هکتار اختلافی بیش از500 درصد وجود داشت. یعقوبی و همکاران (1394) میزان آب مصرفی زعفران در مزارع شهرستان قاین را بین 3658 تا 4832 مترمکعب بر هکتار گزارش نموده‌اند. نتایج نشان داد که دامنه تغییرات آب مصرفی در مزارع منتخب استان خراسان جنوبی بین 1543 تا8914 مترمکعب بر هکتار بود. متوسط میزان آب مصرفی در مزارع استان 4594 مترمکعب بر هکتار بود (شکل 1). متوسط عمق آبیاری در مزارع استان به میزان 95 میلی‌متر محاسبه گردید. ضمن آنکه مزارع استان به طور میانگین 5 نوبت آبیاری شدند.

مقدار تبخیر تعرق زعفران در مناطق مختلف به دلیل تفاوت در طول دوره رشد و شرایط آب‌وهوایی متفاوت بود. دامنه تغییرات مقادیر تبخیر تعرق زعفران در مزارع منتخب بین 300 تا 454 میلی‌متر بود. مقادیر نیاز آبی زعفران در مناطق موردمطالعه از طریق کسر مقادیر بارندگی مؤثر از میزان تبخیر تعرق محصول در طول دوره رشد به دست آمد. در شکل 2 میانگین بارندگی در طول فصل رشد زعفران در سال اول 120 میلی‌متر و در سال دوم 243 میلی‌متر بود. میانگین نیاز آبی زعفران در استان خراسان جنوبی 262 میلی‌متر برآورد گردید.

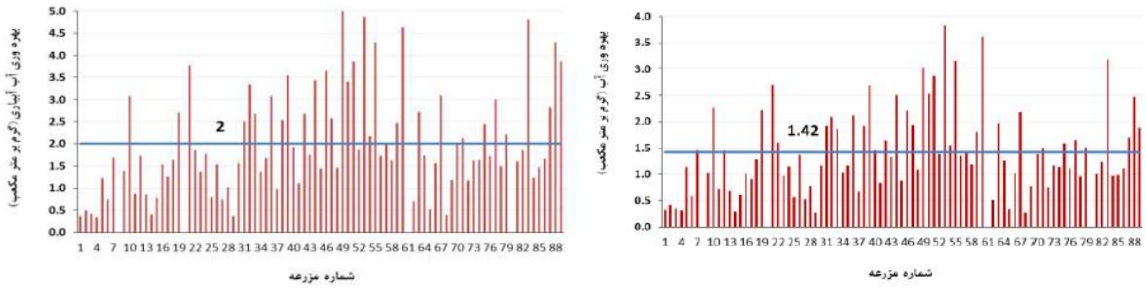


شکل 2- میانگین بارندگی درمناطق اجرای پروژه در دو سال مطالعه و مقایسه متوسط عمق آب داده شده با نیاز خالص آبیاری زعفران در استان خراسان جنوبی

باتوجه‌به میزان آب‌داده شده توسط کشاورزان به مزارع زعفران و متوسط نیاز خالص آبیاری زعفران در شهرستان‌های منتخب راندمان کاربرد آبیاری در مزارع زعفران برای استان خراسان جنوبی برابر 57 درصد برآورد می‌گردد.

تغییرات بهره‌وری آب آبیاری در مزارع خراسان جنوبی

دامنه تغییرات بهره‌وری آب آبیاری در مزارع زعفران منتخب استان بدون احتساب بارش مؤثر بین 0/33 تا 5 گرم بر مترمکعب متغیر بود. بیشترین میزان بهره‌وری آب آبیاری زعفران در روستای برون شهرستان فردوس مشاهده شد. متوسط بهره‌وری آب آبیاری زعفران بدون احتساب بارش مؤثر در استان خراسان جنوبی 2 گرم بر مترمکعب به دست آمد (شکل 3). دامنه تغییرات بهره‌وری آب با احتساب بارش مؤثر در مزارع منتخب زعفران بین 0/26 و 3/83 گرم بر مترمکعب متغیر بود. کمترین و بیشترین میزان بهره‌وری آب زعفران به ترتیب در مناطق فردوس و قائن به دست آمد. متوسط بهره‌وری آب با احتساب بارش مؤثر 1/42 گرم بر مترمکعب بود (شکل 3).



شکل3- تغییرات بهره‌وری آب آبیاری بدون احتساب بارش مؤثر (شکل چپ) و با احتساب بارش مؤثر (شکل راست) در مزارع منتخب استان خراسان جنوبی

نتایج

نتایج نشان داد که میانگین حجم آب مصرفی مزارع زعفران در استان خراسان جنوبی 4594 مترمکعب بر هکتار بود. میانگین نیاز آبی زعفران، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب و بارش مؤثر در استان به ترتیب 262 میلی‌متر، 2 و 1/42گرم بر مترمکعب به‌دست آمد. همچنین متوسط راندمان کاربرد آبیاری در مزارع زعفران منتخب این استان 57 درصد بود.

منابع

احمدی، م.، خاشعی سیوکی، ع. و سیاری، م. ح. 1395. بررسی مدل مناسب تعیین نیاز آبی و تعیین میزان تنش‌های آبی وارده. نشریه بوم شناسی کشاورزی، 8(4):520-505.

بی نام. 1396. گزارش زعفران، دفتر طرح ملی گیاهان دارویی وزارت جهاد کشاورزی.

ذبیحی، ح. ر. 1393. مدیریت تغذیه گیاه در زعفران. نشریه فنی شماره 555 موسسه تحقیقات خاک وآب.ص 17.

یعقوبی، ف.، جامی الاحمدی، م.، بخشی، م. ر. و سیاری زهان، م. ح. 1394. مقایسه شاخص‌های کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب در تولید گندم و زعفران در شهرستان قاینات. نشریه زراعت و فناوری زعفران، 3(4): 237-225.

Campbell, G.S. and Turner, N.C. 1990. Plant-soil-water relationship. In: Management of farm irrigation system. Ameri. Soc. Agric. Eng. 15-29.

Tyagi, N.K., Sharma, D.K. and Luthra, S.K. 2000. "Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower with lysimeter". Agric. Water. Manage.45: 41-54.

بررسی تأثیر واسنجی ضرایب مدل آنگستروم - پرسکات بر تخمین تبخیر تعرق مرجع در ایستگاه سینوپتیک قزوین

آزاده صداقت[1]، نیازعلی ابراهیمی پاک[2]، آرش تافته[3]

[1] کارشناس مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، Azadehsedaghat65@gmail.com

[2] دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

تأثیر تابش روزانه خورشید به‌عنوان یکی از متغیرهای هواشناسی در بخش کشاورزی غیرقابل‌انکار است. رابطه آنگستروم- پرسکات (A-P) یکی از رایج‌ترین روش‌های برآورد تابش کل خورشیدی (Rs) است. نکته مهم در کاربرد این روش واسنجی ضرایب آن برای هر منطقه است. دقت معادله آنگستروم پرسکات به‌دقت برآورد ضرایب a و b معادله مذکور بستگی دارد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر واسنجی ضرایب رابطه آنگستروم- پرسکات بر دقت برآورد تبخیر تعرق مرجع (ET_0) می‌باشد. برای انجام این مطالعه از داده‌های بلندمدت ایستگاه قزوین در دوره زمانی 15ساله (از 1386 الی 1401) استفاده شده و کالیبراسیون رابطه A-P در مقیاس زمانی روزانه صورت‌گرفته است. نتایج نشان داد بعد از واسنجی ضرایب آنگستروم- پرسکات در ایستگاه قزوین، خطای تخمین ET_0 کاهش و دقت افزایش یافت؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت باتوجه‌به شرایط اقلیمی هر منطقه جهت تخمین ET_0، واسنجی ضرایب آنگستروم- پرسکات ضروری می‌باشد.

کلمات کلیدی: استان قزوین، تابش خورشید، تبخیر تعرق مرجع، معادله آنگستروم- پرسکات

مقدمه

تابش خورشیدی (Rs)، یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در توازن حرارتی جو- زمین است و اساس بیشتر مطالعات اقلیمی را شکل می‌دهد (Adamala et al., 2018). یکی از کاربردهای مهم Rs در تخمین تبخیر تعرق می‌باشد (Hargreaves, 1994). بر روی مقدار تابش خورشیدی تعداد زیادی از عوامل اقلیمی مانند رطوبت نسبی، درجه ابری بودن، دما و طول ساعات آفتابی تأثیر زیادی دارند. تحقیقات نشان داده است که ساعات آفتابی بیشترین تأثیر را بر روی Rs دارد و این تأثیر در مدل رگرسیونی خطی آنگستروم که در روش فائو- پنمن- مانتیث (P-M) ارائه شده، ثابت شده است (Cancillo et al., 2005). روش مرسوم بر پایه ساعات آفتابی، روش آنگستروم- پرسکات (A-P) نامیده می‌شود (Udo, 2001)، به‌خاطر سادگی و قابل‌قبول بودنش کاربرد وسیعی در محاسبه Rs دارد (Allen et al., 1998). علاوه بر تبخیر تعرق، برآورد نیاز آب آبیاری که بخش اساسی طراحی و بهره‌برداری از منابع آب کشاورزی است، نیز تحت‌تأثیر ضرایب A-P، می‌باشد (Jeong et al., 2018). مقادیر ضرایب تجربی در روش، A-P بسته به شرایط جوی (رطوبت، گردوغبار) و میل خورشیدی (عرض جغرافیایی)، برای موقعیت‌های مختلف، متفاوت است. درصورتی‌که هیچ‌گونه واسنجی جهت بهبود این ضرایب انجام نگیرد، از مقادیر پیشنهادی فائو (b =0/5 و a =0/25) استفاده می‌شود (Allen et al., 1998). تحقیقات نشان دادند در صورت استفاده از ضرایب واسنجی شده در محل، نتایج تخمین Rs قابل‌قبول‌تر خواهند بود (Chen et al., 2005).

Xia و همکاران (2021) با استفاده از داده‌های با طول آماری 60 ساله در چین، رابطه بین ساعات آفتاب و Rs آن منطقه را بررسی کرده و مقادیر بین 0/2-0/1 و 0/77 -0/42 را به ترتیب برای a و b به دست آوردند. علی‌رغم مطالعات زیاد در مورد واسنجی ضرایب A-P برای یک منطقه خاص، تنها چند مطالعه اثرات ضرایب A-P را بر تخمین ET_0 ارزیابی کرده‌اند. مطابق آنچه که گفته شد، باتوجه‌به نیاز واسنجی معادله آنگستروم- پرسکات در هر منطقه، در این تحقیق ضرایب این معادله در ایستگاه هواشناسی قزوین واسنجی شد. سپس با

معادله P-M، ET_0 محاسبه و در نهایت با ET_0 سامانه نیاز آبی متعلق به مؤسسه تحقیقات خاک و آب مقایسه شد. برای این منظور از داده‌های هواشناسی در مقیاس روزانه ایستگاه سینوپتیک قزوین در طی 15 سال از 1386 الی 1401 به تعداد 5649 داده، استفاده گردید.

مبانی و روش

موقعیت موردمطالعه در این تحقیق، ایستگاه سینوپتیک شهر قزوین در استان قزوین، واقع در طول و عرض جغرافیایی به ترتیب N 26' ° 36 و E 06' ° 50 می‌باشد که در ارتفاع 1279/10 متری از سطح دریا واقع شده است. در این تحقیق، برای واسنجی معادله آنگستروم- پرسکات، از داده‌های تابش روزانه رسیده به سطح زمین (Rs) و ساعات آفتابی (سال 1386 الی 1401) استفاده شد. در ایستگاه مذکور داده‌های Rs با استفاده از تابش‌سنج پیرانومتر اندازه‌گیری شده‌اند، از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. در این تحقیق واسنجی با برنامه Excel Solver ۲۰۱۶ انجام شد. در این تحقیق با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده Rs و یک روش بهینه‌سازی که پایه صددرصد ریاضی دارد، معادله تابش خورشیدی آنگستروم- پرسکات (معادله 1) واسنجی و ضرایب آن تعیین گردید.

$$Rs = (a + b\frac{n}{N})R_a \quad (1)$$

Rs: تابش واقعی خورشیدی (بر حسب وات بر مترمربع)، Ra: تابش فرازمینی (بر حسب وات بر مترمربع)، n: ساعات آفتابی واقعی (بر حسب ساعت)، N: ساعات آفتابی حداکثر (بر حسب ساعت) و a و b: ضرایب تجربی ثابت می‌باشند که برای هر محل و موقعیتی متفاوت هستند. سپس ET_0 را با استفاده از معادله فائو (P-M) (Allen et al., 1998):

$$ET_0 = \frac{0.408D(R_n - G) + \gamma(\frac{900}{T + 273})U_2(e_s - e_a)}{D + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (2)$$

ET_0 تبخیر تعرق مرجع ($mm\ d^{-1}$)، D شیب منحنی فشار بخار ($apk\ °C^{-1}$)، Rn: تشعشع خالص ($MJ\ m^{-2}d^{-1}$)، G: جریان حرارتی خاک ($JM\ m^{-2}d^{-1}$)، U_2: سرعت باد در ارتفاع 2 متر ($m^{-1}s$)، (es - ea): کمبود فشار بخار در ارتفاع 2 متر (kPa)، T: دمای متوسط در ارتفاع 2 متری (درجه سانتی‌گراد)، 900: ضریبی برای گیاه مرجع ($^{-1}Kg\ K\ d^{-1}J$)، γ: ثابت سایکرومتریک ($apk\ °C^{-1}$)، 0/34: ضریب باد برای گیاه مرجع ($s\ m^{-1}$). برای محاسبه Rs در معادله P-M از معادله‌های 3-5 استفاده شد، به این صورت که بعد از واسنجی ضرایب a و b و محاسبه Rs (معادله 3)، تابش خالص در سطح مرجع Rn از اختلاف بین Rns تابش موج‌کوتاه ورودی خالص و Rnl تابش موج‌بلند خروجی خالص محاسبه می‌گردد (معادله 5). معادلات برای محاسبه Rn، Rnl و Rns که توسط آلن و همکاران (1998) ارائه شده است، به‌صورت زیر می‌باشد:

$$Rns = (1 - a)Rs \quad (3)$$

$$Rnl = s((T^4_{max.k} + T^4_{min.k})/2)(0.34 - 0.14(\sqrt{e_a}))(1.35(Rs/Rso) - 0.35) \quad (4)$$

$$Rn = Rns - Rnl \quad (5)$$

α: ضریب تابش یا آلبیدو برای پوشش گیاهی، برای گیاه مرجع چمن فرضی 0/23 است؛ σ: ثابت قانون استفان- بولتزمن ($4/903\times9\text{-}10$ ژول بر توان چهارم کلوین بر مترمربع بر روز)؛ $T_{max.k}$: حداکثر دمای مطلق (°C=°K +273/16)؛ $T_{min.k}$: حداقل دمای مطلق (°C=°K +273/16)؛ ae: فشار بخار واقعی (کیلوپاسکال)، Rso: تابش محاسبه در آسمان صاف (ژول بر مترمربع بر روز)؛ Rs/Rso تابش موج‌کوتاه نسبی (کوچک‌تر یا مساوی یک). در نهایت ET_0 به‌دست‌آمده را با ET_0 موجود در سامانه نیاز آبی مقایسه شد. برای بررسی نتایج و دقت مدل از معیارهای آماری ضریب تعیین (R^2)[1]، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)[2]، مجذور میانگین خطای نرمال شده (NRMSE) و ضریب کارایی مدل (EF) استفاده شد.

[1] Coefficient of determination
[2] Root mean square error

نتایج و بحث

در این تحقیق مقادیر داده‌های اندازه‌گیری شده Rs (به‌دست‌آمده از سازمان هواشناسی کشور) با مقادیر Rs استخراج شده از سامانه نیاز آبی که با a=0/25 و b=0/5 (ASCS, 2005) به‌دست‌آمده است، مقایسه و نتایج در جدول 1 نشان داده شد:

جدول 1: مقایسه مقادیر Rs اندازه گیری شده با مقادیر Rs بدست آمده از سامانه نیاز آبی

a	b	RMSE	R^2	NRMSE	EF
0/25	0/5	1/804	0/949	0/100	0/945

نتایج نشان می‌دهد که خطای نرمال ده‌درصدی با داده‌های زمینی وجود دارد و ضریب کارایی سامانه بالای 0/5 درصد (0/94) و قابل قبول می‌باشد. ضرایب a و b معادله آنگستروم- پرسکات باتوجه‌به ساعات آفتابی و عرض جغرافیایی ایستگاه هواشناسی قزوین واسنجی شد و نتایج در جدول 2 آمده است:

جدول 2: مقایسه مقادیر Rs واسنجی شده با مقادیر Rs بدست آمده از سامانه نیاز آبی

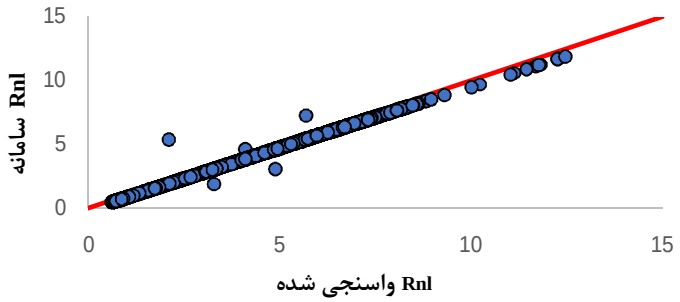
a	b	RMSE	R^2	NRMSE	EF
0/2604	0/5057	1/703	0/951	0/094	0/951

باتوجه‌به جدول 2 و 1 مشاهده می‌شود بعد از واسنجی ضرایب معادله آنگستروم- پرسکات، مقدار ضریب a به‌صورت جزئی افزایش یافت. در نتیجه مشاهده شد واسنجی ضرایب معادله آنگستروم- پرسکات باتوجه‌به شرایط اقلیمی ایستگاه قزوین، خطا را کاهش و به مقدار نه درصد رسیده است و دقت را تا حدودی (0/6 درصد) افزایش داده است. در مرحله بعدی مقادیر Rnl بدست امده از ضرایب a و b حاصل از واسنجی مدل آنگستروم- پرسکات با Rnl بدست آمده از سامانه مقایسه شد و نتایج آن در جدول 3 آمده است:

جدول 3: مقایسه مقادیر lnR بدست آمده از واسنجی با مقادیر lnR بدست آمده از سامانه نیاز آبی

RMSE	R^2	NRMSE	EF
0/309	0/999	0/058	0/976

نتایج جدول 3 نشان داده است مقادیر Rnl بدست آمده از واسنجی با مقادیر Rnl بدست آمده از سامانه نیاز آبی بسیار بهم نزدیک و خطای نرمال بین آنها حدود 5 درصد می‌باشد. در واقع می‌توان گفت ضرایب آنگستروم- پرسکات تأثیر چندان بر مقادیر Rnl نداشته است.



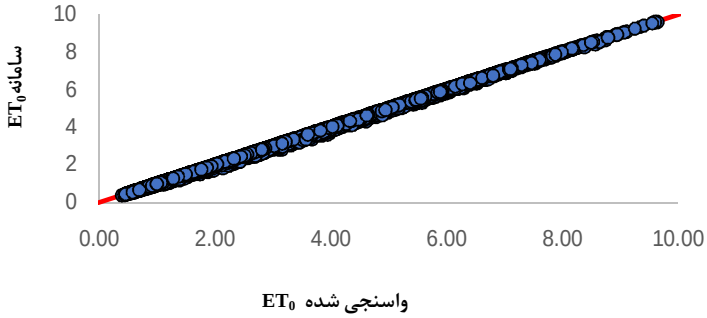
شکل 2: مقایسه مقادیر lnR بدست آمده از واسنجی با مقادیر lnR بدست آمده از سامانه نیاز آبی

سپس بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده، ET۰ با ضرایب ASCS و ضرایب واسنجی شده محاسبه شد. بعد از محاسبه ET۰ با معادله فائو پنمن مانتیث، مقایسه بین ET۰ اندازه‌گیری شده (سامانه هواشناسی کشور) با سامانه نیاز آبی انجام شد (جدول 4).

جدول 4: مقایسه تبخیرتعرق اندازه گیری شده و سامانه نیاز آبی

RMSE	R^2	NRMSE	EF
0/054	0/999	0/014	0/999

باتوجه‌به جدول 4 مشاهده می‌شود که تفاوت مقادیر ET_0 اندازه‌گیری شده با سامانه نیاز آبی بسیار کم و در حد یک درصد (NRMSE= 0/014) می‌باشد. بنابراین واسنجی ضرایب آنگسترم موجب اختلاف یک درصدی در مقادیر ET_0 خواهد شد. شکل 3 تأییدی بر نتایج بدست آمده می‌باشد.



شکل 2: مقایسه تبخیرتعرق مرجع اندازه گیری و سامانه نیاز آبی

محققان گزارش کردند استفاده از ضرایب آنگستروم پیشنهادی توسط فائو باعث بیش برآوردی ET_0 می‌شود (Sabziparvar et al., 2013; Jeong et al., 2018). Jeong و همکاران (2018) گزارش کردند استفاده از ضرایب آنگستروم پیشنهادی توسط فائو به طور میانگین 10 درصد بیش برآوردی در تخمین ET_0 نسبت به ضرایب A-P کالیبره شده در آن منطقه نشان داده است که این مقدار با تغییر 1/7 تا 7/2 درصد در تخمین میانگین سالانه نیاز آبی مطابقت دارد Sabziparva و همکاران (2013) نشان دادند در آب و هوای نیمه‌گرمسیری می‌تواند تخمین ET_0 روزانه با استفاده از ضرایب A-P کالیبره شده، تا 72/7 درصد بهبود یابد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بعد از واسنجی ضرایب آنگستروم- پرسکات باتوجه‌به شرایط اقلیمی ایستگاه قزوین، خطای تخمین ET_0 کاهش و دقت افزایش یافت. بعد از واسنجی ضرایب آنگستروم- پرسکات، ET_0 با معادله فائو پنمن مانتیث محاسبه شد و مقایسه‌ای بین ET_0 اندازه‌گیری شده (سامانه هواشناسی کشور) با سامانه نیاز آبی انجام شد. نتایج نشان داد که تفاوت مقادیر ET_0 اندازه‌گیری شده (سازمان هواشناسی کشور) با سامانه نیاز آبی بسیار کم و خطای آن در حد یک درصد (NRMSE= 0/014) است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت باتوجه‌به شرایط اقلیمی هر منطقه جهت تخمین ET_0، بهتر است واسنجی ضرایب آنگستروم- پرسکات انجام شود. از طرف دیگر نتایج

پژوهش حاضر نشان داد که اطلاعات سامانه نیاز آبی دارای دقت قابل‌قبولی بوده و می‌توان از این سامانه برای تخمین تبخیر تعرق مرجع استفاده کرد؛ لذا پیشنهاد می‌گردد که این تحقیق در مورد سایر ایستگاه‌ها در مناطق مختلف کشور نیز انجام شود.

منابع

Adamala, S. and Reddy, Y.V.K. 2018. Evaluation of Di_erent Solar Radiation Estimation Methods for Indian Locations. Water Resour. Environ. Eng. II, 47–56.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome.

ASCE-EWRI. 2005. The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Technical Committee Report to the Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers from the Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration. ASCE-EWRI, 1801 Alexander Bell Drive, Reston, VA 20191-4400, 173 Pages

Cancillo, M.L., Serrano, A., Ruiz, A., García, J. A., Antón, M. and Vaquero, J. M. 2005. Solar global radiation and sunshine duration in Extremadura (Spain). Physica Scripta, 2005(T118), 24

Hargreaves, G.H. 1994. Defining and using reference evapotranspiration. J. Irrig. Drain. Eng. ASCE 120 (6): 1132–1139.

Jeong, H., Bhattarai, R., Hwang, S., Son, J. G. and Jang, T. 2018. How Ångström–Prescott Coefficients Alter the Estimation of Agricultural Water Demand in South Korea. Water, 10(12), 1851.

Sabziparvar, A.A., Mousavi, R., Marofi, S., Ebrahimipak, N.A. and Heidari, M. 2013. An Improved Estimation of the Angstrom–Prescott Radiation Coefficients for the FAO56 Penman–Monteith Evapotranspiration Method.Water Resour. Manag. 27, 2839–2854

Udo, S.O. 2001. Contribution to the Relationship Between Solar Radiation and Sunshine Duration in the Tropics: A Case Study of Experimental Data at Ilorin, Nigeria 26: 229–236.

بررسی تغییرات زمانی نیاز آبیاری استاندارد گندم در استان یزد

بیتا مروج الاحکامی [1]، فاطمه کیخایی [2]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، Bita.moravej@gmail.com

[2] مربی بخش آبیاری و فیزیک خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

هدف از تعیین تبخیر تعرق گیاهان، برآورد نیاز آبیاری گیاهان جهت برنامه‌ریزی آبیاری است و برنامه‌ریزی مناسب آبیاری یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مدیریت بهینه مصرف آب در بخش کشاورزی است. در مقاله حاضر، از داده‌های نیاز آبیاری استاندارد سامانه نیاز آب به‌منظور بررسی تغییرات زمانی نیاز آبیاری استاندارد گندم در شهرستان‌های استان یزد استفاده شد. روند تغییرات نیاز آبیاری استاندارد گندم در شهرستان‌های یزد، اردکان، میبد، بافق، ابرکوه، مروست، مهریز، تفت و بهاباد، در طی سال‌های 1382 تا 1401 موردمطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد، روند تغییرات نیاز آبیاری استاندارد گندم در شهرستان‌های استان یزد صعودی بوده است. بیشترین نیاز آبیاری استاندارد گندم متعلق به شهرستان‌های اردکان، میبد و مروست است که از مقدار کمتر از 500 میلی‌متر در سال 1382 به مقدار بیشتر از 600 میلی‌متر در سال 1401 افزایش‌یافته است. کمترین نیاز آبیاری استاندارد گندم متعلق به شهرستان‌های تفت، بهاباد و ابرکوه است که از مقدار کمتر از 400 میلی‌متر در سال 1382 به محدوده 400 تا 500 میلی‌متر در سال 1401 افزایش‌یافته است. در شهرستان بافق علی‌رغم گروه اقلیمی مشابه با شهرستان‌های اردکان و میبد، نیاز آبیاری استاندارد گندم در این شهرستان کمتر از دو شهرستان پیش‌گفته است که این به دلیل طول دوره رشد کمتر گندم در شهرستان بافق می‌باشد.

کلمات کلیدی: نیاز آبی، بهره‌وری، تغییر اقلیم، تبخیر تعرق

مقدمه

تبخیر تعرق یکی از عوامل مؤثر در مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی است. تبخیر تعرق مرجع (ET_0) به مفهوم تقاضای تبخیر در اتمسفر صرف‌نظر از نوع گیاه، مرحله رشد آن و عملیات مدیریت زراعی و خاک توصیف می‌شود. عوامل مؤثر بر تبخیر تعرق مرجع، متغیرهایی نظیر دما، بارش، رطوبت، تابش خورشیدی و غیره می‌باشند؛ بنابراین هر تغییری در این متغیرها بر میزان تبخیر تعرق و در نتیجه آب موردنیاز گیاه مؤثر خواهد بود. تبخیر تعرق استاندارد (نیاز آبی) حاصل‌ضرب تبخیر تعرق مرجع در ضریب گیاهی است که این ضریب گیاهی برای هر گیاه و در طول دوره رشد آن متفاوت است. بر اساس مطالعه هلالی و همکاران (1393)، تبخیر تعرق مرجع در دوره اقلیمی 1978-2009 در استان فارس روند افزایشی داشته است. بر اساس مطالعه قلیزاده الپاوت و امینی‌نیا (1394) در تبریز، باوجود سیرکاهشی تبخیر تعرق مرجع تا دهه نود میلادی، به‌تدریج در سال‌های اخیر این متغیر افزایش‌یافته است. بر اساس مطالعه طائی سمیرمی (1394) در حوزه بار نیشابور، متغیرهای تابش، دمای کمینه و بیشینه در دوره‌های آینده افزایش خواهند یافت. همچنین مطالعه عطایی و همکاران (1398) حاکی از تغییرات افزایشی تبخیر تعرق مرجع در مقیاس سالانه برای ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان رضوی بود. در مطالعه انجام شده توسط مروج‌الاحکامی و اخوتیان (1398) تأثیرات تغییر اقلیم

بر میزان آب مصرفی، عملکرد، بهره‌وری آب کشاورزی و تاریخ کشت گندم در شهر یزد مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج این مطالعه، افزایش درجه‌حرارت منجر به افزایش تبخیر تعرق مرجع و در نتیجه کاهش عملکرد دانه خواهد شد. Nistor و همکاران (2019) به بررسی روند تغییرات تبخیر تعرق گیاهی فصلی و سالانه در ترکیه در دو دوره زمانی 2011-2040، 2041-2070 پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که حداکثر تبخیر تعرق در اواسط فصل برای حال و آینده افزایش، حداقل تبخیر تعرق فصلی کاهش و تبخیر تعرق سالانه از حال به آینده افزایش خواهد یافت. حشمتی و سیاری (1400) به بررسی تغییرات تبخیر تعرق مرجع در شرایط اقلیمی آینده تحت گزینه‌های واداشت تابشی (در دوره آماری 2025-2050 و 2075-2100) در بندر انزلی پرداختند. بر اساس نتایج این مطالعه، دما تحت همه گزینه‌ها و برای هر دو دوره زمانی آینده روندی افزایشی خواهد داشت. واحدی و همکاران (1400) به بررسی تغییرات زمانی و مکانی نیاز آبی گندم در استان زنجان پرداختند. بر اساس نتایج این مطالعه نیاز آبی گندم در این استان تحت‌تأثیر تغییرات شدید دمایی روندی روبه‌افزایش داشته است. باتوجه‌به تغییرات اقلیم و قدرت تبخیرکنندگی هوا و در نتیجه تغییر عامل تبخیر تعرق و نیاز آبی گیاهان، در این پژوهش تغییرات زمانی نیاز آبیاری استاندارد گندم در شهرستان‌های متفاوت استان یزد در بازه زمانی 1382 تا 1401 موردبررسی قرار گرفته است.

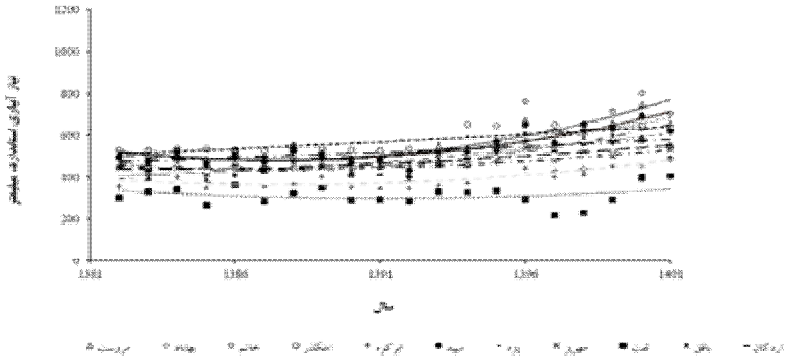
مواد و روش‌ها

استان یزد با وسعتی معادل 74650 کیلومترمربع در قسمت مرکزی فلات ایران قرار دارد. این استان در بین عرض‌های جغرافیایی 29 درجه و 3 دقیقه تا 35 درجه و 7 دقیقه عرض شمالی و طول جغرافیایی 52 درجه و50 دقیقه تا 58 درجه و 16 دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار مبدأ قرار گرفته است. باتوجه‌به اهداف این مطالعه شهرستان‌های یزد، اردکان، میبد، بافق، ابرکوه، مروست، مهریز، بهاباد و تفت انتخاب و روند تغییرات نیاز آبیاری استاندارد این شهرستان‌ها در طی سال‌های 1382 تا 1401 موردمطالعه قرار گرفت. در این مطالعه از داده‌های نیاز آبیاری استاندارد سامانه نیاز آب استفاده شد. در تعیین این عامل از داده‌های دمای بیشینه و کمینه، رطوبت نسبی بیشینه و کمینه، سرعت باد و ساعات آفتابی در تخمین تبخیر تعرق مرجع با استفاده از روش فائو پنمن- مانتیث استفاده شده است (Allen et al. 1998). تبخیر تعرق استاندارد (نیاز آبی استاندارد) باتوجه‌به دوره کاشت گندم (که در استان یزد عموماً از آبان تا اوایل خرداد می‌باشد) و همچنین ضرایب گیاهی اصلاح شده برای هر منطقه تعیین شد. همچنین از داده‌های بارش روزانه و روش بارش قابل‌اطمینان به‌منظور تعیین بارش مؤثر استفاده و نیاز آبیاری استاندارد از تفاضل نیاز آبی استاندارد با بارش مؤثر محاسبه شد. باتوجه‌به نیاز آبیاری استاندارد تعیین شده در بازه زمانی 1382 تا 1401، روند تغییرات این عامل با استفاده از نرم‌افزار Minitab در شهرستان‌های متفاوت بررسی و مدل‌های متفاوت با استفاده از معیارهای ارائه شده مورد مقایسه قرار گرفتند.

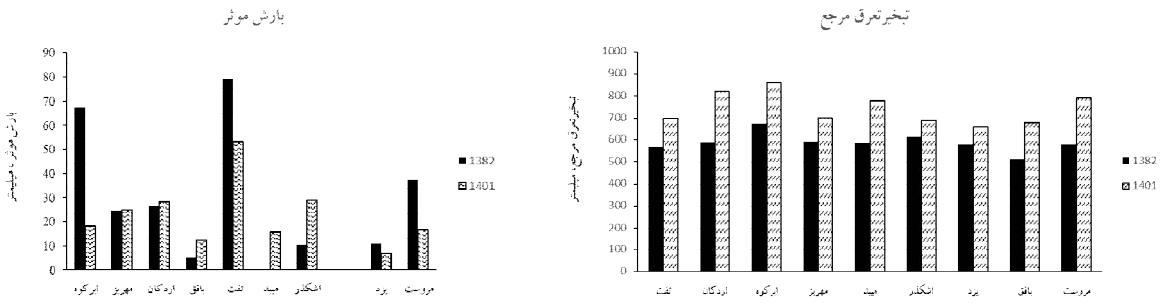
نتایج و بحث

گندم در استان یزد به‌صورت پاییزه از آبان تا اوایل خرداد کاشت می‌شود. طول دوره کاشت گندم در شهرستان‌های استان یزد بین 180 تا 210 روز متغیر بوده که بیشترین طول کاشت مربوط به شهرستان‌های تفت و ابرکوه و کمترین طول دوره کاشت مربوط به شهرستان بافق می‌باشد. بر اساس نتایج این مطالعه، روند تغییرات نیاز آبیاری استاندارد گندم در استان یزد در بازه زمانی 1382 تا 1401 صعودی بوده است (شکل1). در شهرستان‌های مروست، اردکان، ابرکوه، میبد و بافق در فاصله زمانی 1390 تا 1394 افت نیاز آبیاری استاندارد مشاهده شد که ناشی از کاهش تبخیر تعرق مرجع متاثر از تغییرات اقلیمی در این بازه زمانی است. با مقایسه میزان تغییرات نیاز آبیاری استاندارد گندم در سال 1401 نسبت به سال 1382 بیشترین تغییرات نیاز آبیاری استاندارد گندم متعلق به شهرستان اردکان و کمترین تغییرات نیاز آبیاری استاندارد گندم متعلق به شهرستان یزد بوده است. باتوجه‌به شکل (2) بیشترین کاهش بارش موثر (در دوره کاشت گندم)، در سال 1401 نسبت به سال 1382 به ترتیب مربوط به شهرستان‌های ابرکوه، مروست، یزد و تفت بوده است. هم‌چنین بیشترین افزایش بارش موثر (در دوره کاشت گندم) در سال 1401 نسبت به سال 1382 به ترتیب مربوط به شهرستان‌های

میبد، اشکذر، بافق، اردکان و مهریز بوده است. بررسی عامل تبخیر تعرق مرجع در شهرستان‌های متفاوت در سال‌های 1382 و 1401 نشان می‌دهد که بیشترین افزایش این عامل به ترتیب در شهرستان‌های اردکان، مروست، میبد، بافق، ابرکوه، تفت، مهریز، یزد و اشکذر بوده است. به عبارتی در شهرستان اردکان با 6.6 درصد افزایش بارش موثر (در طول دوره کاشت گندم) در سال 1401 نسبت به سال 1382، به دلیل افزایش قابل توجه تبخیر تعرق مرجع در این شهرستان به میزان 39.8 درصد (که بیشتر از تغییرات تبخیر تعرق مرجع در سایر شهرستان‌هاست) در نیاز آبیاری استاندارد گندم تغییرات بیشتری ایجاد شده است. به همین ترتیب در شهرستان یزد علیرغم کاهش 35 درصدی بارش موثر (در طول دوره کاشت گندم) به دلیل اینکه تغییرات تبخیر تعرق مرجع از سایر شهرستان‌های دیگر کمتر بوده است، تغییرات کمتری در نیاز آبیاری استاندارد گندم مشاهده شده است. بر اساس نتایج این مطالعه، تأثیر متغیرهای اقلیمی مانند رطوبت نسبی، درجه‌حرارت و سرعت باد (که در محاسبه تبخیر تعرق مرجع کاربرد دارند) بر تغییرات نیاز آبیاری استاندارد گندم موثرتر از عامل بارش موثر بوده است که این نتیجه به دلیل قابل توجه نبودن بارش موثر در اقلیم خشک و نیمه خشک استان یزد نسبت به عامل تبخیر تعرق است.



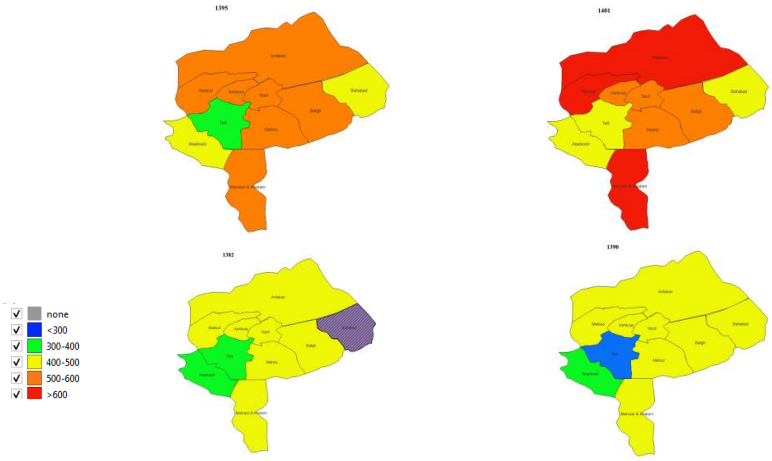
شکل 1- نمایی از تغییرات نیاز آبیاری استاندارد گندم برای شهرستان‌های متفاوت استان یزد در دوره زمانی 1382 تا 1401



شکل 2- تغییرات تبخیر تعرق مرجع و بارش موثر در شهرستان‌های متفاوت استان یزد برای سال‌های 1382 و 1401

باتوجه‌به شکل (3) در سال‌های 1382 و 1390 نیاز آبیاری استاندارد گندم در شهرستان‌های متفاوت استان یزد، کمتر از 500 میلی‌متر بوده است. در سال 1395 این عامل در کلیه شهرستان‌ها به جز سه شهرستان تفت، بهاباد و ابرکوه به محدوده 500 تا 600 میلی‌متر افزایش یافته است. در سال 1401 نیاز آبیاری استاندارد گندم در شهرستان‌های اردکان، میبد و مروست بیشتر از 600 میلی‌متر تعیین شده است. کمترین نیاز آبیاری استاندارد گندم در استان یزد در سال 1401 به ترتیب مربوط به شهرستان‌های تفت، بهاباد و ابرکوه

(در محدوده 400 تا 500 میلی‌متر) بوده است. در شهرستان بافق علیرغم اقلیم بسیار خشک به دلیل طول دوره کوتاه رشد گندم در این شهرستان نسبت به سایر شهرستان‌های استان یزد، نیاز آبیاری استاندارد گندم در سال 1401 کمتر از شهرستان‌های اردکان، مروست و میبد تعیین شده و در محدوده 500 تا 600 میلی‌متر قرار گرفته است.



شکل 3- نمایی از تغییرات نیاز آبیاری استاندارد گندم در شهرستان‌های متفاوت استان یزد در سال‌های 1382، 1390، 1395 و 1401

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که روند تغییرات نیاز آبیاری استاندارد گندم به دلیل تبخیر تعرق بالا که ویژگی مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشد از سال 1382 تا 1401 تحت‌تأثیر تغییرات اقلیمی روند صعودی داشته است. در سال 1401 نیاز آبیاری استاندارد گندم در سه گروه قرار گرفته است. گروه اول شامل شهرستان‌های اردکان، میبد، مروست و خاتم که نیاز آبیاری استاندارد گندم بیشتر از 600 میلی‌متر است، گروه دوم شامل شهرستان‌های بافق، یزد و مهریز و اشکذر که در آنها نیاز آبیاری استاندارد گندم بین 500-600 میلی‌متر بوده و گروه سوم شامل شهرستان‌های ابرکوه، بهاباد و تفت که نیاز آبیاری استاندارد گندم کمتر از 500 میلی‌متر است. علاوه بر اقلیم منطقه و بارش موثر، طول دوره رشد گندم نیز در مقدار نیاز آبیاری استاندارد گندم مؤثر است. براین‌اساس در اقلیم بسیار خشک بافق به دلیل دوره رشد کوتاه‌تر گندم، نیاز آبیاری استاندارد گندم در سال 1401، در گروه 500-600 میلی‌متر و متفاوت از اردکان، میبد و مروست به‌دست‌آمده است؛ بنابراین توجه به تاریخ کاشت و طول دوره رشد می‌تواند نقش به سزایی در کاهش نیاز آبیاری استاندارد گندم ایفا نماید.

منابع

حشمتی، ف. و سیاری، ن. 1400. بررسی تغییرات تبخیرتعرق پتانسیل در شرایط اقلیمی آینده تحت گزینه‌های واداشت تابشی (مطالعه موردی: ایستگاه بندر انزلی). نشریه هواشناسی کشاورزی، 9(1)، 63-76.

طائی سمیرمی، س.، مرادی، ح. و خداقلی، م. 1394. پیش بینی تغییرات برخی از متغیرهای اقلیمی با استفاده از مدل ریزمقیاس‌سازی LARS-WG و خروجی های مدل HADCM3 تحت گزینه‌های مختلف. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، 7(2)، 145-156.

عطایی، ه.، تشکری هاشمی، س. ع. و راویان، م. 1398. بررسی و تحلیل روند تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان رضوی. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، 1398(38)، 113-129.

قلیزاده الپاوت، ح. و امینی نیا، ک. 1394. بررسی تغییرات زمانی تبخیرتعرق پتانسیل در تبریز. فصلنامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، 15(49)، 19-35.

مروج الاحکامی، ب. و اخوتیان، ا.ر. 1398. بررسی بهره‌وری گندم آبی در شهرستان یزد تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده. چهارمین همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست ایران. تهران.

واحدی، س.، کیخایی، ف. و تافته، آ. 1400. بررسی تغییرات مکانی و زمانی نیاز آبی گندم در استان زنجان. هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه. کرج.

هلالی، ج.، بذرافشان، ج. و پناهی، م. 1393. بررسی روند تبخیر و تعرق پتانسیل در استان فارس و تأثیر دمای متوسط و ساعات آفتابی بر میزان روند آن. همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9), D05109.

Nistor, M. Mîndrescu, M., Petrea, M, Nicula, D. Rai, A.S., Benzaghta, P.K. and Porumb-Ghiurco, C.G. 2019. Climate change impact on crop evapotranspiration in Turkey during the 21st Century. Meteorological Applications, 26(3), 442-453.

بررسی تغییرات نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی در استان‌های شمال غرب کشور

سمیرا واحدی [1]، فاطمه کیخایی [2]، نیازعلی ابراهیمی پاک [3]، هادی غفاریان مقرب [4]

[1] محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، samva4s@gmail.com

[2] عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.کرج

[3] عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.کرج

[4] عضو هیئت علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان

چکیده

نتایج برآورد نیاز آبی محصولات کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردارند و به‌عنوان ابزاری کلیدی در مدیریت منابع آب و بهبود بهره‌وری کشاورزی به شمار می‌روند. این تحقیقات به کشاورزان کمک می‌کند تا با آگاهی از نیاز آبی محصولات، برنامه‌ریزی بهتری برای آبیاری و کشت داشته باشند و در نتیجه، به حفظ منابع آب کمک کنند. برآورد نیاز آبی محصولات کشاورزی با استفاده از داده‌های اقلیمی برای مدیریت مؤثر آب، به‌ویژه در زمینه تغییرات آب، بسیار مهم است. در این مطالعه به بررسی تغییرات نیاز آبی و نیاز خالص آبیاری (نیاز آبی استاندارد) محصولات زراعی 5 استان شمال غربی کشور شامل استان آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل، زنجان و همدان می‌پردازیم. در این راستا با استفاده از سامانه نیازآب موسسه تحقیقات خاک و آب اقدام به استخراج و برآورد این اطلاعات نمودیم. به طور کلی محصول یونجه بیشترین نیاز آبی محصولات زراعی را در استان‌های موردمطالعه داشت و بیشترین میانگین نیاز آبی و نیاز خالص آبیاری برای استان همدان برآورد گردید. این نتایج می‌تواند در مدیریت ردپای آب گیاهان مورداستفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: سامانه نیازآب ، تبخیر تعرق، نیاز خالص آبیاری، ردپای آب

مقدمه

برآورد نیاز آبی محصولات کشاورزی به‌عنوان یک عامل کلیدی در مدیریت منابع آب و بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی، نیازمند استفاده از روش‌های نوین و داده‌های دقیق است. مطالعات برآورد نیاز آبی محصولات کشاورزی در مناطق مختلف به دلایل متعددی ضروری است. اولاً، این مطالعات به تخصیص بهینه منابع آب کمک می‌کنند و از تأثیرات منفی بر اکوسیستم‌های طبیعی در مناطق خشک جلوگیری می‌کنند. کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب است و مدیریت بهینه آب کشاورزی نیازمند برآورد دقیق نیاز آبی محصولات است (Zeleke Tilahun, 2012). برآورد دقیق تبخیر تعرق (ET) به مدیریت پایدار منابع آب کمک می‌کند و از هدررفت آب جلوگیری می‌کند (Wanniarachchi, 2022). تغییرات اقلیمی می‌تواند نیاز آبی محصولات را تغییر دهد و برآورد دقیق این نیازها به تطبیق با شرایط جدید کمک می‌کند (Rolle, 2022). همچنین اطلاع از میزان آب موردنیاز برای تولید محصولات کشاورزی در برنامه‌ریزی تولید و مدیریت منابع آب در سطح حوضه بسیار مؤثر است (Güney, 2024). مطالعات برآورد نیاز آبی محصولات کشاورزی راهکار مهمی در بهبود مدیریت آب، افزایش کارایی آبیاری و تطبیق با تغییرات اقلیمی است. سیدی و همکاران (2023) نیاز آبی محصولات گلخانه‌ای در استان گلستان با استفاده از داده‌های اقلیمی به‌روز و ضرایب گیاهی منطقه‌ای محاسبه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان نیاز آبی محصولات گلخانه‌ای در مناطق مختلف استان تفاوت قابل‌توجهی دارد و این موضوع باید در برنامه‌ریزی‌های

مدیریت منابع آب لحاظ شود. در پژوهش دیگری نیاز آبی گندم در استان فارس با استفاده از داده‌های اقلیمی به‌روز و ضرایب گیاهی منطقه‌ای محاسبه شده است. نتایج حاکی از آن است که در برخی مناطق، نیاز آبی گندم در مقایسه با برآوردهای قبلی تغییر قابل‌ملاحظه‌ای داشته است (نصیری و همکاران، 2022). احمدی و همکاران (2021) نیاز آبی سیب‌زمینی در استان آذربایجان شرقی با استفاده از داده‌های اقلیمی به‌روز و ضرایب گیاهی منطقه‌ای محاسبه نمودند. نتایج نشان داد که باتوجه‌به تغییرات الگوی کشت و شرایط آب‌وهوایی، برآوردهای قبلی نیاز آبی محصول سیب‌زمینی در این استان دچار تغییر شده است. در این مطالعه به بررسی تغییرات نیاز آبی و نیاز خالص آبیاری (نیاز آبی استاندارد) محصولات زراعی 5 استان شمال غربی کشور شامل استان آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل، زنجان و همدان می‌پردازیم.

روش تحقیق

برای محاسبه نیاز آبی گیاهان (تبخیر تعرق استاندارد) نیاز به محاسبه تبخیر تعرق مرجع و تعیین ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد می‌باشد. تبخیر تعرق گیاهان تحت شرایط استاندارد (ETc) مربوط به گیاهان بدون بیماری است که کود کافی دریافت کرده و در سطح وسیع با رطوبت مطلوب خاک کشت شده و بیشترین عملکرد را در شرایط اقلیمی مشخص تولید کرده است و از فرمول (1) محاسبه می‌شود.

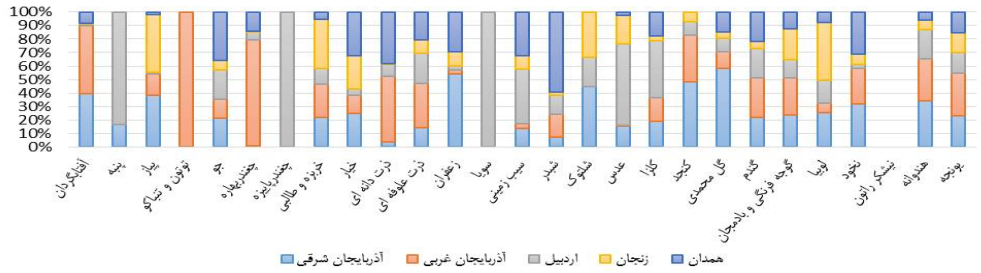
$$ET_O \times K_c = ET_C \quad (1)$$

(ET_O) :تبخیر تعرق گیاه مرجع که از پارامترهای هواشناسی محاسبه می‌شود و (K_C) : ضریب گیاهی که از جداول فائو تعیین و بر اساس شرایط اقلیمی اصلاح می‌گردد.

عوامل هواشناسی تنها عوامل مؤثر بر تبخیر تعرق گیاه مرجع می‌باشند. بنابراین، تبخیر تعرق گیاه مرجع یک نمایه وابسته به اقلیم است و می‌توان آن را بر مبنای داده‌های هواشناسی محاسبه کرد. در این تحقیق از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی کشور در یک دوره 15ساله (1398-1383) و روش فائو 56 مقادیر تبخیر تعرق مرجع تا سطح دهستان محاسبه شد و بر اساس اطلاعات پرسشنامه‌ای ارائه شده توسط کارشناسان استان‌ها و نیز بانک‌های اطلاعاتی معتبر وزارت جهاد کشاورزی، مراحل فنولوژی محصولات زراعی در هر دهستان تعیین شدند و بر اساس جداول فائو 56 مقادیر ضرایب گیاهی چهارگانه تعیین و این ضرایب بر اساس شرایط اقلیمی اصلاح شدند. باتوجه‌به نفوذ عمقی و رواناب حاصل از بارش نمی‌توان کل بارش را به‌عنوان بارش مؤثر در رفع نیاز آبی گیاه مؤثر دانست؛ ازاین‌رو روش بارش قابل‌اطمینان برای محاسبه بارش مؤثر استفاده شد. این روش برای تخمین کمینه بارش محتمل (80 درصد احتمال وقوع) و باهدف برنامه‌ریزی آبیاری با اطمینان بیشتر استفاده می‌شود. ناخالص آبیاری هر محصول از حاصل اختلاف مقادیر نیاز آبی و بارش مؤثر در هر دوره زمانی برای هر دهستان به دست می‌آید. گفتنی است مقادیر نیاز آبی گیاه به‌دست‌آمده، مربوط به رقم غالب مناطق موردبررسی می‌باشد. کلیه مقادیر نیاز آبی ارائه شده در این تحقیق در سامانه نیاز آب مؤسسه تحقیقات خاک و آب بارگذاری شده است.

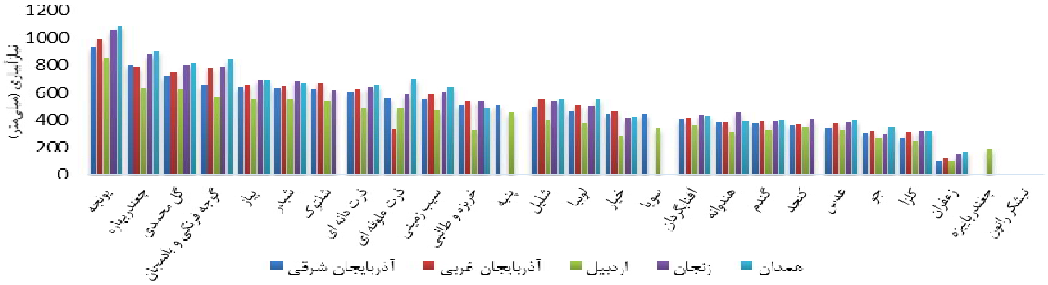
نتایج

نیاز خالص آبیاری (نیاز آبیاری استاندارد) و سطح زیر کشت محصولات زراعی استان‌های موردمطالعه در زیر ارائه شده است تا بتوان در برنامه‌ریزی آبیاری استفاده نمود و همچنین تغییرات نیاز آبی خالص، نیاز آبیاری خالص و بارش مؤثر دو محصول شاخص گندم و یونجه این 5 استان برای نمونه در شکل3 آورده شده است. بیشترین سطح زیر کشت محصولات زراعی را استان آذربایجان غربی و کمترین سطح زیر کشت را در استان‌های موردمطالعه استان زنجان دارد. در استان‌های موردمطالعه محصول گندم و یونجه بیشترین سطح زیرکشت را دارند (شکل1).

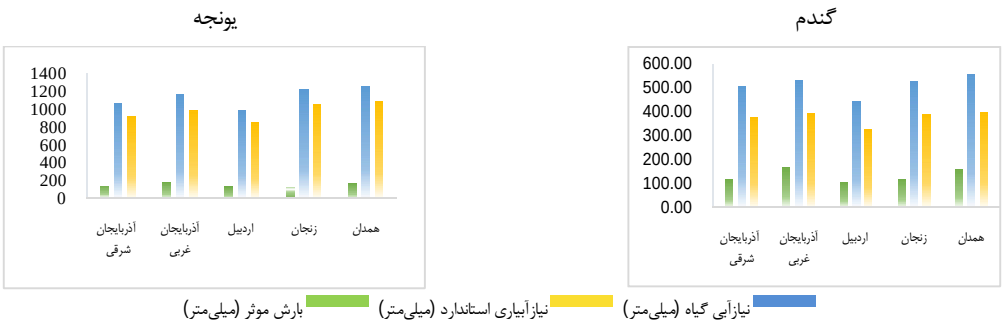


شکل 1- درصد توزیع سطح زیر کشت محصولات زراعی در استان‌های شمال غرب کشور

مقادیر میانگین مقادیر نیاز آبیاری خالص گیاهان عمده استان آذربایجان شرقی در دوره آماری 1390 تا 1401 در استان می‌باشد باتوجه‌به جدول میانگین نیاز آبیاری خالص در استان برابر 503 میلی‌متر در طول دوره رشد گیاهان عمده می‌باشد و گیاه یونجه با 930 میلی‌متر بیشترین مقدار و گیاه زعفران با 96 میلی‌متر کمترین مقدار نیاز آبی گیاه را داشته‌اند. در استان آذربایجان غربی میانگین نیاز آبیاری خالص برابر 519 میلی‌متر است که بیشترین و کمترین میزان آن به ترتیب محصول یونجه (992 میلی‌متر) و زعفران (122 میلی‌متر) برآورد گردید. در استان اردبیل میانگین نیاز آبیاری خالص محصولات زراعی در حدود 415/30 میلی‌متر است که بیشترین نیاز آبیاری را محصول یونجه (856 میلی‌متر) و کمترین آن را مشابه استان‌های دیگر زعفران (102 میلی‌متر) دارد. در استان زنجان میانگین آب آبیاری محصولات زراعی در حدود 548 میلی‌متر و بیشترین و کمترین میزان آب به ترتیب در محصول یونجه (1056/6 میلی‌متر) و زعفران (150 میلی‌متر) برآورد گردید. بیشترین میزان میانگین آب آبیاری محصولات زراعی استان‌های موردمطالعه در استان همدان در حدود 567/5 میلی‌متر و با بیشترین میزان آب آبیاری در محصول یونجه (1085 میلی‌متر) و کمترین میزان در محصول زعفران (166 میلی‌متر) بدست آمد (شکل2).



شکل2- تغییرات نیاز آبیاری خالص (نیازآبیاری استاندارد) محصولات زراعی در استان‌های شمال غرب کشور



شکل 3- تغییرات نیازآبی خالص، نیاز آبیاری خالص و بارش موثر گندم و یونجه

مقایسه نتایج دو محصول گندم و یونجه در این 5 استان مورد مطالعه نشان داد استان همدان باتوجه به شرایط اقلیمی بیشترین نیاز آبیاری را دارد. همچنین بیشترین بارندگی موثر در استان آذربایجان غربی مشاهده گردید.

منابع

احمدی، م.، نوری، ا. و امینی، ح. 2021. برآورد نیاز آبی سیب زمینی در استان آذربایجان شرقی با استفاده از داده‌های اقلیمی به‌روز و ضرایب گیاهی منطقه‌ای. مجله آب و خاک, 16(4), 60-75. http://dx.doi.org/10.22059/jwss.2021.345681

سیدی، م.، رضایی، ا. و جعفری، ح. 2023. برآورد نیاز آبی محصولات گلخانه‌ای در استان گلستان با استفاده از داده‌های اقلیمی به‌روز. مجله تحقیقات آب و خاک ایران, 55(3), 120-135. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.345678 .

نصیری، ف.، قربانی، ب. و حاجی‌زاده، ا. 2022. برآورد نیاز آبی گندم در استان فارس با استفاده از مدل‌های آب و هوایی به‌روز. مجله پژوهش‌های آبیاری و زهکشی ایران, 17(2), 80-95. https://doi. rg/10.22059/ijid.2022.345680

Güney, H., Türkeş, S. and Sarı, B. 2024. A different perspective on agricultural products within the scope of water footprint intensity. BIO Web of Conferences. https://doi.org/10.1051/bioconf/20248501070.

Rolle, M., Tamea, S. and Claps, P. 2022. Climate-driven trends in agricultural water requirement: an ERA5-based assessment at daily scale over 50 years. Environmental Research Letters, 17(4), 044017.

Tilahun, K. and John, L. 2012. Evapotranspiration Estimation Using Soil Water Balance, Weather and Crop Data. InTech. doi: 10.5772/17489.

Wanniarachchi, S. and Sarukkalige, R.A. 2022. Review on Evapotranspiration Estimation in Agricultural Water Management: Past, Present, and Future. Hydrology. 9(7):123. https://doi.org/10.3390/hydrology9070123.

بررسی عوامل مؤثر در برنامه‌ریزی آبیاری گندم در استان البرز

حسین جعفری[1]، نیازعلی ابراهیمی‌پاک[2]، آرش تافته[3]

[1] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، Jafari52_h@yahoo.com

[2] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج،

[3] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

برنامه‌ریزی آبیاری گندم با بیش از دو میلیون هکتار سطح زیر کشت در کشور بیشترین نقش در مدیریت مصرف آب دارد. با عنایت به تأثیر خاک و مدیریت آبیاری در برنامه‌ریزی آبیاری، تأثیر این دو عامل در برنامه‌ریزی آبیاری گیاه گندم در استان البرز موردبررسی قرار گرفت. برای این منظور برنامه‌ریزی آبیاری گندم در سه خاک لوم، لوم شنی و لوم‌رسی و با سه راندمان کاربرد آب آبیاری متناظر در سامانه ثقلی برآورد شد. نتایج نشان داد که تفاوت در بافت خاک مزرعه حجم آب آبیاری را تغییر نمی‌دهد؛ اما تعداد آبیاری در خاک‌های لوم شنی بیشتر از خاک لوم و لوم رسی بود. براین‌اساس حجم آب موردنیاز در سه خاک لوم شنی، لوم و لوم‌رسی به ترتیب 7987، 7537 و 7988 مترمکعب در هکتار اما تعداد آبیاری در این سه خاک به ترتیب 10، 8 و 7 نوبت بود. بر خلاف خاک مزرعه، راندمان کاربرد آب آبیاری هم حجم آب آبیاری و هم تعداد و مدار آبیاری را تغییر داد به‌طوری‌که در سه خاک لوم‌شنی، لوم و لوم‌رسی با راندمان به ترتیب 30، 46 و 45 درصد، حجم آب موردنیاز به ترتیب 12247، 7537 و 8188 مترمکعب در هکتار و تعداد آبیاری در این سه خاک به ترتیب 10، 8 و 7 نوبت بود.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی آبیاری، حجم آب آبیاری، دور آبیاری، خاک و راندمان آبیاری

مقدمه

برنامه‌ی صحیح و دقیق آبیاری به طوری گیاهان دچار تنش رطوبتی نشوند و مانع هدر رفت آب شود، از اولویت بالا برخوردار است. هدف برنامه‌ریزی آبیاری به حداکثر رساندن کارایی آبیاری با بکار بردن مقدار دقیق آب موردنیاز محصول و رساندن رطوبت خاک به حد مطلوب است (Hillel, 1990).

اقحوانی شجری و همکاران (2020) اثر مدیریت آبیاری و بافت خاک در بهبود گل و عملکرد بنه زعفران را موردبررسی قرار دادند و انتخاب یک بافت خاک متوسط و دور آبیاری کم را عاملی مؤثر برای ارتقای کارایی مصرف آب قلمداد کردند (Aghhavani Shajari et al., 2020). به‌منظور بررسی تأثیر دور آبیاری بر خصوصیات ظاهری، اجزای عملکرد، عملکرد و درصد روغن گیاه گل مغربی آزمایشی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی در سال 1398 در سه تیمار با دور آبیاری 7، 10 و 14 روز انجام شد .نتایج نشان داد، بیشترین مقدار اجزای عملکرد، عملکرد دانه (1921 کیلوگرم در هکتار)، درصد روغن (73%) و عملکرد روغن در هکتار (275 کیلوگرم در هکتار) از اعمال تیمار آبیاری 10 روز حاصل شد. در تغییر دور آبیاری از 7 روز به 10 روز و افزایش دور آبیاری از 10 روز به 14 روز کاهش تمامی صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد اندازه‌گیری شده را به همراه داشت. در بسترهای کشت حاوی خاک بافت ریز به دلیل افزایش سطح جانبی ذرات تشکیل‌دهنده خاک به واحد وزن آن‌ها سبب بهبود شرایط رشدی مساعدتری در آبیاری 10 روز نسبت به آبیاری 7 روز شد؛ بنابراین در شرایط آب‌وهوایی مشهد استفاده از دور آبیاری 10 روز بهره‌وری آب در گیاه گل مغربی را افزایش می‌دهد (کاخکی و همکاران، 1399).

دهقان و همکاران (1392) در بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب در مزارع تحت آبیاری گندم در دشت نیشابور با نتیجه گرفتند که که در صورت اصلاح برنامه‌ریزی آبیاری، عملکرد محصول به میزان 14 درصد افزایش می‌یابد. هم‌چنین آنها بیان داشتند که در صورت برنامه‌ریزی صحیح آبیاری، ضمن کاهش آب مصرفی، شاخص کارایی مصرف آب آبیاری 21 درصد افزایش می‌یابد. عزیزی‌زهان و همکاران (1398) در برنامه‌ریزی آبیاری گل‌رز برای کلاس‌های مختلف بافت خاک در سه منطقه محلات، اراک و ورامین دریافتند که در شرایط مشابه، تعداد آبیاری در خاک‌های با بافت سبک زیاد و بیش از سه برابر خاک‌های سنگین و در اقلیم‌های گرم‌تر، تعداد آبیاری بیشتر از اقلیم‌های معتدل سرد بود. مقدار حداکثر و متوسط هیدرومدول آبیاری برای شرایط آبیاری کامل در ورامین، اراک و محلات به ترتیب 1/2، 1/4، 1/1 و 0/67، 0/85 و 0/64 لیتر در ثانیه در هکتار بود. آنها دور و عمق آب آبیاری گل رز را در قالب اپلیکیشن تهیه و در اختیار عموم کشاورزان قرار دادند. همچنین 38 آبیاری در ورامین و 26 آبیاری در اراک در بافت لوم ارائه دادند. در این تحقیق بیشترین فاصله آبیاری در خاک رسی (30 بار) و کمترین دور آبیاری در خاک لومی (94 بار) برای طول دوره رشد 245 روز در محلات به‌دست آمد. جعفری و غالبی (1397) در قالب یک اپلیکیشن کاربردی برنامه‌ریزی آبیاری گیاه گندم را در سراسر کشور محاسبه کردند. این برنامه بر اساس داده‌های کتاب نیاز آبی گیاهان عمده زراعی و باغی کشور و به‌صورت غیربرخط (Off line) تهیه شد که پیشنهاد کردند برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان زراعی و باغی به‌صورت برخط انجام شود. این اپلیکیشن تاریخ آبیاری، عمق آب آبیاری و مدت زمان آبیاری را ارئه می‌داد و در صورت داشتن حقابه، توصیه‌های لازم را به بهره‌بردار انجام می‌داد.

با عنایت به تحقیقات صورت‌گرفته برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان زراعی و باغی باعث کاهش آب مصرفی و افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب می‌شود. براین‌اساس به دلیل کمبود آب، تعیین برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان زراعی و باغی در سراسر کشور از اهمیت بالایی برخوردار است. تحلیل و بررسی هر یک از عوامل مؤثر بر برنامه‌ریزی آبیاری گندم، نظیر خاک مزرعه و راندمان کاربرد آب آبیاری که از اهمیت بیشتری برخوردار است سبب شد که از داده‌های کمکی که بهره‌بردار وارد سامانه نیاز آب می‌کند استفاده شود؛ بنابراین در مجموع نتایج برنامه‌ریزی آبیاری و تحلیل هر یک از عوامل مؤثر بر برنامه‌ریزی آبیاری گندم در استان البرز در سه خاک لوم (دریافت شده از بانک داده سامانه) لوم‌رسی و لوم شنی و سه راندمان کاربرد آب آبیاری از اهداف این گزارش می‌باشد.

روش تحقیق

در پروژه حاضر برنامه‌ریزی آبیاری برای شرایط بهینه بر اساس شرایط حاکم بر مزرعه از قبیل خاک مزرعه و مدیریت آبیاری تعیین گردید. برای برنامه‌ریزی آبیاری نیاز به مشخص‌شدن نوع گیاه، زمان کاشت تا برداشت، نوع روش آبیاری، تبخیر تعرق واقعی، ویژگی خاک و عمق توسعه ریشه در طول فصل رشد در راندمان‌های مختلف بود. این داده‌ها بر اساس میانگین داده‌های درازمدت (مثلاً 10ساله) از بانک داده سامانه نیاز آب فراخوان و با محاسبه دور و عمق آب آبیاری در طول فصل رشد گندم در روش آبیاری ثقلی، در سه خاک مختلف با راندمان‌های مختلف، تأثیر خاک مزرعه و راندمان کاربرد آب آبیاری بر برنامه‌ریزی آبیاری تحلیل و بررسی شد. آب مصرفی در اولین آبیاری گیاه گندم که برای سبز کردن و استقرار گیاه انجام می‌شود (خاکاب)، به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد آن در محاسبات وارد نشد.

تحلیل و بررسی تأثیر خاک مزرعه و راندمان کاربرد آب آبیاری در برنامه‌ریزی آبیاری، بر اساس سه نوع بافت خاک مندرج در جدول 1 با درصد حجمی رطوبت و راندمان‌های کاربرد آب آبیاری متناظر انجام شد.

جدول 1- درصدحجمی رطوبت برای خاک موجود در بانک اطلاعات و وارد شده به سامانه نیازآب توسط کشاورز

بافت خاک	لوم شنی	لوم (ارائه شده توسط سامانه نیاز آب)	لوم رسی
درصد حجمی رطوبت mm/m	120	153/3	190

راندمان کاربرد آب آبیاری	30	46	45

عمق ریشه گندم متناسب با طول فصل رشد از بانک داده سامانه نیاز آب فراخوان و بر اساس عمق ریشه و ویژگی‌های خاک، مقدار عمق آب آبیاری خالص یا d_n با استفاده از رابطه (1) برآورد شد.

$$d_n = (FC - PWP) \times MAD \times Zr \quad (1)$$

Z_r دراین‌رابطه عمق توسعه ریشه (mm)، MAD ضریب تخلیه مجاز رطوبتی، PWP رطوبت در نقطه پژمردگی دائم (mm/m) و FC رطوبت در حد ظرفیت زراعی (mm/m) دراین‌رابطه MAD برای محصول گندم 0/5 در نظر گرفته شود. سپس با استفاده از رابطه (2) دور آبیاری ماکزیمم برآورد و اصلاحات لازم انجام شد:

$$f = \frac{d_n}{ET_a} \quad (2)$$

سامانه نیاز آب از رابطه 3 عمق ناخالص آب آبیاری بر حسب میلی‌متر بر دور آبیاری بر اساس راندمان کاربرد آب آبیاری (E_a) برآورد گردید.

$$I_g = \frac{I_n}{E_a} \quad (3)$$

مقدار آب مصرفی در هر نوبت آبیاری مطابق مساحت هر مزرعه بر حسب مترمکعب در هکتار بیان شد.

با مشخص‌شدن برنامه‌ریزی آبیاری در طول فصل رشد، با جمع نمودن مقدار آب آبیاری در هر نوبت آبیاری، مقدار آبی که سالیانه در اختیار گیاه گندم قرار می‌گیرد در هر خاک و با هر راندمان کاربرد از زمان کاشت (اول آبان) تا زمان برداشت (10 تیر)، تعیین و تحلیل لازم صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج برنامه‌ریزی آبیاری گندم در سه خاک لوم شنی، لوم و لوم‌رسی با بارش و راندمان آبیاری یکسان (جداول 2، 3 و 4) نشان داد که در استان البرز حجم آب آبیاری برای آبیاری یک هکتار گندم در طول فصل رشد، به ترتیب 7537، 7988 و 7987 مترمکعب بود و نشان داد که بافت خاک تأثیری بر مقدار حجم آب آبیاری ندارد؛ اما تعداد دفعات آبیاری در طول فصل رشد را تغییر می‌دهد و هر چه خاک سبک‌تر گنجایش زراعی آن کمتر و تعداد دفعات آبیاری در یک فصل رشد بیشتر است و بالعکس. گنجایش زراعی خاک لوم‌شنی، لوم و لوم‌رسی به ترتیب 120، 153 و 190 میلی‌متر بر متر است و با این گنجایش، تعداد آبیاری در یک فصل رشد برای گندم در استان البرز برای این سه خاک به ترتیب 10، 8 و 7 بار حاصل شد. عزیزی زهان همکاران (1398) در تحقیقی دریافتند که تعداد آبیاری در خاک سبک بیشتر از خاک سنگین است.

جدول 2- برنامه‌ریزی آبیاری گیاه گندم در استان البرز در روش آبیاری ثقلی در خاک لوم

تاریخ آبیاری	عمق	دور	عمق ریشه	تاریخ آبیاری	عمق	دور	عمق ریشه
	بارش کفایت آبیاری			26اردیبهشت	1077	9	37/5
1فروردین	613	20*	26	5خرداد	1134	9	40
16 فروردین	752	15	29	15خرداد	1239	10	42
27 فروردین	800	11	31	20 روز قبل از برداشت آبیاری نمی‌شود			
7 اردیبهشت	912	10	33	**کل آب مصرفی**			**تعداد آبیاری**
17اردیبهشت	1010	10	35/5	7537 m^3/ha			8

*اصلاح شده

جدول 3- برنامه‌ریزی آبیاری گیاه گندم در استان البرز در روش آبیاری ثقلی در خاک لوم‌رسی

تاریخ آبیاری	عمق	دور	عمق ریشه	تاریخ آبیاری	عمق	دور	عمق ریشه
	بارش کفایت آبیاری			8 خرداد	1475	12	41
1 فروردین	750	20	26	20 خرداد	1575	13	43
19 فروردین	808	18	30	20 روز قبل از برداشت آبیاری نمی‌شود			
2 اردیبهشت	915	13	32	**کل آب مصرفی**		**تعداد آبیاری**	
14 اردیبهشت	1140	13	35	7988 m^3/ha		7	
26 اردیبهشت	1325	12	37				

جدول 4- برنامه‌ریزی آبیاری گیاه گندم در استان البرز در خاک لوم‌شنی

تاریخ آبیاری	عمق	دور	عمق ریشه	تاریخ آبیاری	عمق	دور	عمق ریشه
	بارش کفایت آبیاری			30 اردیبهشت	950	7	38
28 اسفند	518	20*	23	7 خرداد	985	7	40
12 فروردین	591	15	28	15 خرداد	1038	8	42
22 فروردین	663	10	30				
30 فروردین	701	8	32	20 روز قبل از برداشت آبیاری نمی‌شود			
8 اردیبهشت	797	8	33	**کل آب مصرفی**		**تعداد آبیاری**	
16 اردیبهشت	844	8	35	7987 m^3/ha		10	
23 اردیبهشت	900	7	36				

نتایج ارزیابی راندمان کاربرد آب آبیاری بر دور و عمق آب آبیاری گندم در استان البرز، در سه خاک با بافت لوم، لوم شنی و لوم‌رسی با راندمان کاربرد به ترتیب 46، 30 و 45 درصد در جداول 2، 5 و 6 ارائه گردیده است. نتایج نشان داد که راندمان کاربرد آب آبیاری تاثیری بر تعداد دفعات آبیاری در طول فصل رشد ندارد؛ اما حجم آب آبیاری را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. به‌طوری‌که با 16 درصد کاهش راندمان کاربرد آب آبیاری در خاک لوم شنی نسبت به خاک لومی، 4260 مترمکعب در هکتار حجم آب آبیاری افزایش یافت (جدول 2 و 6). اما کاشت گندم در خاک لوم شنی و لوم‌رسی با راندمان آبیاری مشابه، تغییری در حجم آب آبیاری ایجاد نکرد (جدول 3 و 4)؛ بنابراین بر خلاف بافت خاک مزرعه، راندمان کاربرد آب آبیاری باعث تغییر در مقدار حجم آب آبیاری گندم گردید؛ ازاین‌رو برای مدیریت مصرف آب راندمان کاربرد آب آبیاری از اهمیت بیشتری نسبت به بافت خاک مزرعه برخوردار است. تغییر در روش آبیاری از ثقلی به تحت‌فشار باهدف افزایش راندمان کاربرد آب آبیاری برای دستیابی به این هدف است.

جدول 5- برنامه‌ریزی آبیاری گیاه گندم در استان البرز در روش آبیاری ثقلی در خاک لوم‌رسی با راندمان 45%

تاریخ آبیاری	عمق	دور	عمق ریشه	تاریخ آبیاری	عمق	دور	عمق ریشه
	بارش کفایت آبیاری			8 خرداد	1508	12	40
1 فروردین	767	20	25	20 خرداد	1610	13	43
19 فروردین	826	18	29	20 روز قبل از برداشت آبیاری نمی‌شود			
2 اردیبهشت	935	13	32	**کل آب مصرفی**		**تعداد آبیاری**	
14 اردیبهشت	1165	13	35	8188 m^3/ha		7	

26 اردیبهشت	1354	12	37		

جدول 6- برنامه‌ریزی آبیاری گیاه گندم در استان البرز در خاک لوم‌شنی با راندمان 30% در سامانه آبیاری ثقلی

تاریخ آبیاری	عمق	دور	عمق ریشه	تاریخ آبیاری	عمق	دور	عمق ریشه
	بارش کفایت آبیاری			23 اردیبهشت	1380	7	37
28 اسفند	794	20*	25	7 خرداد	1510	7	39
12 فروردین	906	14	27	7 خرداد	1510	7	39
22 فروردین	1017	10	30	15 خرداد	1592	8	42
30 فروردین	1075	8	32	20 روز قبل از برداشت آبیاری نمی‌شود			
8 اردیبهشت	1222	8	34	**کل آب مصرفی**		**تعداد آبیاری**	
16 اردیبهشت	1294	8	35	12247 m^3/ha		10	

منابع

ابراهیمی‌پاک، ن. ع.، تافته آ.، حسینی، س.ن. و کیخا، ف. 1401. سامانه نیاز آب. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. .http:// swri.ir

جعفری، ح. و غالبی، س. 1397. برنامه‌ریزی آبیاری برای گندمیان مهم در مناطق مختلف کشور. شماره ثبت، 55-اپ. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. تالار ترویج.

دهقان، ه.، علیزاده، ا.، انصاری، ح. و حقایقی مقدم، س. ا. 1392. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب در مزارع تحت آبیاری گندم (مطالعه موردی: دشت نیشابور). مجله آبیاری و زهکشی ایران. 2(5). ص. 275-263.

عزیزی‌زهان، ع.ا.، س. م. بنی‌جمالی،م. شهابی‌فر، س. پورمنصور، ر. رضوی و رفعت‌پور، س. 1398. برنامه‌ریزی آبیاری گل رز برای کلاس‌های مختلف بافت خاک در فضای باز. شانزدهمین کنگره علوم خاک. دانشگاه زنجان، 5 تا 7 شهریور 98. 6 صفحه.

کاخکی، س. ف. ف.، جلینی، م.، رضوانی، ح. و گلدانی، م. 1399. اثر دور آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک، اجزای عملکرد و روغن دانه گیاه گل مغربی در شرایط مزرعه. نشریه آب و توسعه. شماره 3، صفحات 73-82.

Aghhavani Shajari, M.A., Moghaddam, P.R., Ghorbani, R. and Koocheki, A. 2020. The possibility of improving saffron (Crocus sativus L.) flower and corm yield through the irrigation and soil texture managements. Scientia Horticulturae 271: 109485. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109485.

Hillel, D. 1990. Role of irrigation in agricultural system. In B.A. Stewart et al.(ed.).Irrigation of agricultural crops. Agronomy 30: 5-30.

بررسی مدیریت آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دو رقم عدس

سید مصطفی صادقی [1]، علی عبدزادگوهری [2]

[1] دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، sadeghisafa777@yahoo.com

[2] محقق، بخش تحقیقات مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

آب یکی از عوامل محدودکننده تولید عدس می‌باشد؛ لذا شناخت میزان آب مصرفی در مراحل رشد، یکی از موضوعات مهم در تولید این محصول است. آزمایش حاضر به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در منطقه دیلمان در استان گیلان در سال 1400-1401 انجام شد. عامل اصلی شامل چهار سطح بدون آبیاری (دیم)، آبیاری در مرحله گلدهی، آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی و عامل فرعی شامل دو رقم مرجو و زیبا بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مدیریت آبیاری، اثر ارقام و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد بر عملکرد بیولوژیک، دانه و غلاف معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد بیولوژیک، دانه و غلاف در شرایط آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی در رقم مرجو به ترتیب با میانگین 4241، 1182 و 1400 کیلوگرم در هکتار بود. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که با مساعد شدن شرایط آبیاری، بر وزن دانه و غلاف عدس افزوده شد و در نهایت افزایش عملکرد دانه را در هر دو رقم مرجو و زیبا در پی داشت.

کلمات کلیدی: آب مصرفی، رقم زیبا، رقم مرجو، عملکرد دانه

مقدمه

عدس (Lens culinaris Medik) گیاهی است از خانواده حبوبات که از نظر غذایی غنی بوده و مقدار پروتئین آن بین 23 تا 27 درصد است، لذا بالا بودن مقدار پروتئین عدس و مقاومت آن به خشکی، امکان کشت دیم آن را فراهم نموده و آن را در ردیف گیاهان مهم زراعی قرار داده است (مهربان، 1396؛ کاملی و همکاران، 1395). مشکل کمبود آب و نزولات جوی در مناطقی که نوسانات بارندگی غالباً زیاد و در ابتدای فصل، مقدار بارندگی کم است، موجب کاهش توانایی آب خاک شده و در برخی نواحی علی‌رغم بارش مناسب قبل از کاشت، به علت تبخیر و عدم تامین رطوبت کافی در لایه سطحی خاک، جوانه‌زنی بذور با مشکل مواجه می‌گردد (صادقی و عبدزادگوهری، 1402). در مناطق کم بارش، نیاز آبی عدس به آبیاری، مقدار رطوبت ذخیره شده در خاک، میزان بارندگی، عمق و بافت خاک منطقه بستگی دارد (کاملی و همکاران، 1395). آبیاری کامل معمولاً در مراحل مختلف رشد گیاه عدس انجام می‌شود تا به منظور کسب حداکثر عملکرد، کل تبخیر تعرق گیاه توسط آبیاری جبران شود (امیری و همکاران، 1400). پژوهش‌ها نشان داد که تولید عدس با افزایش میزان آبیاری افزایش می‌یابد، اما در مواقع کم‌آبی، آبیاری در مرحله گلدهی بسیار اهمیت دارد (Zang et al., 2000).

مواد و روش‌ها

این تحقیق در استان گیلان و در شهرستان سیاهکل، بخش دیلمان و پیرکوه اجرا گردید. آزمایش حاضر به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 1400-1401 انجام شد. عامل اصلی شامل چهار سطح بدون آبیاری

(I_1)، آبیاری در مرحله گلدهی (I_2)، آبیاری در مرحله غلاف‌دهی (I_3) و آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی (I_4) و عامل فرعی شامل دو رقم زیبا (V_1) و مرجو (V_2) بود. داده‌های هواشناسی در جدول (1) ارائه شد. نتایج فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه موردمطالعه در جدول (2) نشان داده شد. زمان کاشت بذور در نیمه دوم اسفندماه و زمان برداشت آن اواخر تیرماه بود. ابعاد پلات 4x2/5 متر و فاصله بین تکرارها 2 متر بود. در شرایط دیم (بارندگی)، گیاه تا مرحله رسیدگی کامل از رطوبت ذخیره شده در خاک استفاده کرد. در شرایط بدون تنش، آبیاری‌ها بر اساس عدد قرائت شده در تانسیومتر صورت گرفت (عدد 50 سانتی بار). برای اجرای صحیح نمونه‌برداری و حذف اثرات حاشیه‌ای، بوته‌ها در ردیف‌های کناری و نیز بوته‌های واقع شده در ابتدا و انتهای کرت‌ها در نظر گرفته نشدند و برای اندازه‌گیری، 10 بوته انتخاب گردید. برای تعیین عملکرد بیولوژیک و دانه، غلاف‌های رسیده انتخاب و به مدت 24 ساعت و در دمای 70 درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. سپس با استفاده از ترازو و بادقت یک‌صدم گرم اندازه‌گیری و به کیلوگرم بر هکتار تبدیل گردید. مقدار آب آبیاری از مجموع آبیاری و بارندگی تعیین شد که میزان آب مصرفی در مرحله گلدهی، در مرحله غلاف‌دهی و در مرحله گلدهی+ غلاف‌دهی برای رقم زیبا به ترتیب 338، 361 و 401 میلی‌متر و رقم مرجو به ترتیب 342، 365 و 405 میلی‌متر بود. تجزیهٔ واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها (آزمون دانکن در سطح 5 درصد) با نرم‌افزار MSTATC انجام گرفت.

جدول 1- خصوصیات هواشناسی منطقه در طول دوره رشد

ماه	حداقل دما (سانتی‌گراد)	حداکثر دما (سانتی‌گراد)	ساعات آفتابی	بارندگی (میلی‌متر)
فروردین	5/6	16/3	208/6	68/3
اردیبهشت	9/1	19/9	233/4	15/2
خرداد	13/2	23/7	263/9	6/2
تیر	14/3	21/7	136/7	9/2

جدول 2- نتایج فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه موردمطالعه

عمق خاک	سیلت (%)	شن (%)	رس (%)	بافت خاک	درصد کربن‌آلی	هدایت الکتریکی (ds/m)	پتاسیم قابل‌جذب (ppm)	درصد ازت کل	فسفر قابل‌جذب (ppm)
30-0	51	24	25	لومی سیلتی	0/78	0/33	116	0/05	13/2

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مدیریت آبیاری، اثر ارقام و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول 3). اثر متقابل مدیریت آبیاری و ارقام نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی در رقم مرجو با میانگین 4241 کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول 4). پژوهشی نشان داد که اثر آبیاری بر عملکرد بیولوژیک در عدس در سطح یک درصد معنی‌دار بود و بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب در تیمار آبیاری کامل و تیمار بدون آبیاری گزارش گردید (حسینی و همکاران، 1390).

عملکرد دانه

اثر مدیریت آبیاری، اثر ارقام و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول 3). اثرمتقابل مدیریت آبیاری و ارقام، بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی در رقم مرجو با میانگین 1182 کیلوگرم در هکتار بود

(جدول 4). نتایج پژوهشی نشان داد که اثر آبیاری بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود و تیمار آبیاری کامل، بالاترین عملکرد دانه را داشت و آبیاری در مراحل شاخه‌دهی، غلاف‌دهی و پر شدن دانه نسبت به تیمار بدون آبیاری، افزایش چشم‌گیری را نشان داد (حسینی و همکاران، 1390).

جدول 3- تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک، دانه و غلاف در شرایط آبیاری و رقم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	عملکرد غلاف
تکرار	2	261557/17^{ns}	39649/30^{ns}	67392/67^{ns}
مدیریت آبیاری	3	1840002/94**	323025/49**	469506/60**
خطای a	6	39889/78	6038/40	10286/22
رقم	3	220416/67**	319012/04**	58509/36**
مدیریت آبیاری×رقم	9	19387/89**	6891/37**	5007/37**
خطایb	24	361/78	353/79	92/75
ضریب تغییرات (درصد)		1/02	2/61	1/02

ns، * و ** به ترتیب بی‌معنی، معنی‌دار در سطح 5 و یک درصد.

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک، دانه و غلاف در شرایط آبیاری و رقم

اثر متقابل تیمارها		عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد غلاف (کیلوگرم در هکتار)
I_1	V_1	1763f	396g	625g
	V_2	2136e	577e	697g
I_2	V_1	2167e	487f	769f
	V_2	2573e	709c	857e
I_3	V_1	2818d	685d	984d
	V_2	3139c	875b	1036c
I_4	V_1	3514b	853b	1218b
	V_2	4241a	1182a	1400a

عملکرد غلاف

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مدیریت آبیاری، اثر ارقام و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد بر عملکرد غلاف معنی‌دار بود (جدول 3). در اثرمتقابل مدیریت آبیاری و ارقام، بیشترین عملکرد غلاف در شرایط آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی در رقم مرجو با میانگین 1400 کیلوگرم در هکتار بود (جدول 4). در شرایط بدون آبیاری، به‌دلیل پراکنش نامناسب بارندگی و شرایط کم‌آبی و اتمام بارندگی قبل از رسیدن گیاه به مرحله زایشی و از طرف دیگر تخلیه رطوبت خاک در مراحل حساس، گیاه با کمبود رطوبت مواجه شد که نتیجه آن افت عملکرد بود (صادقی و عبدزادگوهری، 1402).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که آبیاری در مراحل بحرانی رشد گیاه، تأثیر بارزی در بهبود عملکرد دارد؛ لذا شناخت مراحل حساس و بحرانی گیاه به کم‌آبی و تأمین رطوبت موردنیاز در مراحل مختلف رشد می‌تواند نقش مؤثری در دستیابی به عملکرد مطلوب داشته باشد.

در اثر مدیریت آبیاری، بیشترین عملکرد دانه، غلاف و بیولوژیک در شرایط آبیاری کامل (مرحله گلدهی و غلاف‌دهی) مشاهده شد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که با مساعد شدن شرایط آبیاری، بر وزن دانه و غلاف عدس افزوده شد و در نهایت افزایش عملکرد دانه را در پی داشت.

منابع

امیری، س.ر.، سلیمی، خ. و ضیائی، س.م. 1400. اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب عدس (Lens culinaris Medik.). نشریه تنش‌های محیطی در علوم زراعی. 14(1). 75-83.

حسینی، ف.س.، نظامی، ا. پارسا، م.، و محمدنیا قالی‌باف، م. 1390. اثرات آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام عدس (Lens culinaris Medik) در شرایط آب‌وهوایی مشهد. نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی). 25(3). 625-633.

صادقی، س.م. و عبدزادگوهری، ع. 1402. بررسی مدیریت آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس تحت سطوح مختلف نانو کلات آهن در منطقه دیلمان. نشریه حفاظت منابع آب‌وخاک. 12(4). 101-111.

کمالی، ب.، رمضانی اعتدالی، ح. و ستوده‌نیا، ع. 1395. تعیین زمان مناسب کاشت عدس دیم و آبیاری تکمیلی در دشت قزوین با استفاده از مدل AquaCrop . نشریه آبیاری و زهکشی ایران. 5(10). 613-621.

مهربان، ع. 1396. ارزیابی ویژگی‌های کیفی ارقام عدس (Lens culinaris L) در تاریخ‌های کاشت مختلف در شرایط دیم. نشریه دانش کشاورزی پایدار. 27(4). 107-119.

Zang, H., Pala, M., Oweis, Y. and Harris, H. 2000. Water use and water use effieiency of chickpea and lentil in a Mediterrraneam environment. Australian Journal of Agricultural Research, 51(3), 295-304.

پهنه‌بندی تبخیر و تعرق گیاه مرجع (چمن) و متغیرهای آب‌وهوایی سالانه در استان کردستان با روش‌های زمین‌آمار

همایون فقیه [1]، نیاز علی ابراهیمی پاک [2]، نرگس حسینی [3]

[1] محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، hfkuir@gmail.com

[2] دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج

[3] مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج

چکیده

استان کردستان از قطب‌های کشاورزی در ایران است. بنابراین بررسی وضعیت کردستان از نظر مقدار و پراکنش زمانی و مکانی متغیرهای آب‌وهوایی مؤثر بر عملکرد گیاهان اهمیت به سزایی دارد. در این پژوهش تلاش شد نقشه پراکنش میانگین بارش (P)، درجه‌حرارت هوا (T)، رطوبت نسبی هوا (RH) و تبخیر تعرق گیاه مرجع (ET_0) در مقیاس سالانه برای استان کردستان رسم شود. برای قابل‌اعتماد بودن میانگین و تفکیک تغییرات زمانی و مکانی داده‌های آب‌وهوایی، دوره آماری 30ساله (1367-1366 تا 1396-1395) به‌عنوان دوره زمانی مشترک انتخاب شد. براین‌اساس از ایستگاه‌های موجود در منطقه موردمطالعه و همجوار آن فقط هشت ایستگاه همدید برای استفاده در محاسبات قابل‌استفاده بودند. در مجموع از 613648 داده آب‌وهوایی روزانه برای برآورد ET_0 با روش PM-FAO_{56}، محاسبه میانگین‌ها و ترسیم نقشه‌ها استفاده شد. متغیرها شامل P، بیشینه و کمینه درجه‌حرارت (T_{max} و T_{min})، بیشینه و کمینه رطوبت نسبی هوا (RH_{max} و RH_{min})، سرعت باد در ارتفاع دو متری (u_2) و ساعات آفتابی (n) روزانه بودند. برای پهنه‌بندی میانگین متغیرهای آب‌وهوایی سالانه، شبیه‌ساز زمین‌آماری کریجینگ بر سهمی واریوگرام کروی برازش یافت. بر اساس نقشه‌های تهیه شده برای استان، میانگین P، T، RH و ET_0 به ترتیب 474 میلی‌متر، 12/3 درجه سلسیوس، 49 درصد و 1317 میلی‌متر در سال برآورد شد. نتایج نشان داد میانگین P و RH از سمت غرب به شرق استان کاهش و برعکس ET_0 افزایش می‌یابد. همچنین میانگین T از شمال به جنوب استان افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: اقلیم، پنمن- مانتیث فائو، زمین‌آمار، کریجینگ

مقدمه

بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب در جهان است (Ward et al., 2015). آب موردنیاز در حوضه آبریز تحت اثر عوامل زیادی مانند آب‌وهوا، وضعیت خاک، نوع گیاه و نحوه آبیاری می‌باشد. در میان آن‌ها آب‌وهوا محرک اصلی است که تعادل انرژی و کمبود فشار بخار را تعیین می‌کند و بر مقدار شار بخار از سطح زمین به اتمسفر تأثیر می‌گذارد. اثر آب‌وهوا بر نیاز آبی گیاهان به شکل تبخیر تعرق (مجموع تبخیر از سطح خاک مرطوب و تعرق از پوشش گیاهی) تعریف می‌شود (Silva et al., 2010).

تبخیر تعرق یکی از پیچیده‌ترین فرایندها در چرخه آب است. برآورد ET برای محاسبه تلفات آب در حوضه‌های آبریز و برآورد نیاز آبیاری در بخش کشاورزی دارای اهمیت فراوان است. اندازه‌گیری ET واقعی بسیار مشکل است، بنابراین از حداکثر تبخیر تعرق به‌عنوان

نمایه توان تبخیری در یک منطقه استفاده می‌شود. بر اساس روش‌های استاندارد موجود برای محاسبه نیاز آبی به‌جای ET پتانسیل مفهوم دیگری به نام ET گیاه مرجع (ET_0) استفاده می‌شود (علیزاده، 1391).

روش‌های تجربی متعددی برای تخمین ET_0 وجود دارد. بر اساس مقایسه نتایج حاصله از این روش‌ها با نتایج واقعی به‌دست‌آمده از لایسی‌متر در شرایط آب‌وهوایی مختلف در سطح دنیا، روش پنمن-مانتیث (Penman-Monteith) فائو عملکرد خوبی داشته است (ابراهیمی‌پاک، 1390؛ فقیه، 1394؛ عُنّابی میلانی و نیشابوری، 1397؛ مرادی و ضیائیان، 1398؛ مرادی، 1402؛ Allen et al., 1989; López-Urrea, 2006; Yoder et al., 2005; Trajković and Gocic, 2010; Holder et al., 2018; Dehghanisanij et al., 2004).

در تمام روش‌هایی که از ET_0 برای برآورد آب موردنیاز گیاه (ET_{crop}) استفاده می‌شود لازم است ET_0 در ضریب گیاهی (K_C) ضرب می‌شود ($ET_{crop}=K_c.ET_0$)؛ بنابراین تبخیر تعرق گیاه مرجع (ET_0) یک پارامتر مهم برای تعیین نیاز آبی گیاهان است و تعیین دقیق آن از اهمیت ویژه‌ای در بهینه‌کردن مصرف آب و مدیریت منابع آب برخوردار می‌باشد (مرادی و ضیائیان 1398). این پژوهش باهدف برآورد ET_0 و تهیه نقشه پراکنش میانگین سالانه آن و متغیرهای آب‌وهوایی در استان کردستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

استان کردستان در غرب ایران است. این استان از سمت شمال به استان‌های آذربایجان غربی و زنجان، از جنوب به استان کرمانشاه، از شرق به استان‌های همدان و زنجان و از طرف غرب به کشور عراق محدود می‌باشد. مساحت این استان در حدود 29 هزار کیلومترمربع است که 1/71 درصد از وسعت کل ایران را شامل می‌شود.

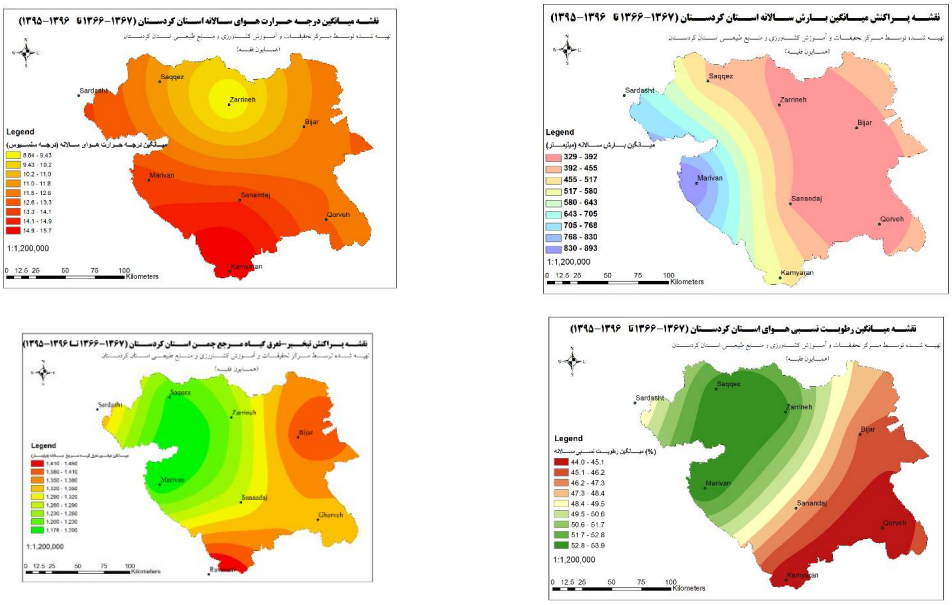
در این پژوهش از داده‌های آب‌وهوایی روزانه ثبت شده در ایستگاه‌های همدید و آب‌وهواشناسی (Climatology) متعلق به سازمان هواشناسی ایران (IMO) واقع در استان کردستان و استان‌های هم‌جوار آن استفاده شد. داده‌های آب‌وهوایی روزانه موردنیاز برای محاسبه ET_0 به روش $PM\text{-}FAO_{56}$، شامل T_{max}، T_{min}، RH_{max}، RH_{min}، u_2 و n بودند (Allen et al. 1998). طول دوره آماری ثبت شده در این ایستگاه‌ها متفاوت و شامل 1 تا 57 ساله (1340 تا 1396) بودند. برای داشتن میانگین قابل‌اعتماد (نزدیک به واقعیت) و تفکیک تغییرات زمانی و مکانی داده‌های آب‌وهوایی (مهدوی 1377)، دوره آماری 30ساله (1367-1366 تا 1396-1395) به‌عنوان دوره زمانی مشترک انتخاب شد. بسیاری از ایستگاه‌های موجود در منطقه دارای آمار 30ساله نبودند و یا بازسازی نواقص آماری آن‌ها توسط داده‌های ایستگاه‌های مجاور ممکن نبود. بنابراین فقط هشت ایستگاه همدید (دارای کفایت آماری) برای استفاده در بررسی‌ها باقی‌ماند. موقعیت هشت ایستگاه استفاده شده در شکل (1) مشخص شده است. همان‌طور که از این شکل مشاهده می‌شود ایستگاه‌ها پراکنش مناسبی در سطح منطقه موردمطالعه دارند.

با ورود (8 ایستگاه × 7 متغیر × 10958 روز × 613648) داده آب‌وهوایی روزانه مربوط به هشت ایستگاه در محیط نرم‌افزار Excel، تبخیر تعرق پتانسیل (ET_0) روزانه سطح استاندارد چمن برای دوره 30ساله محاسبه شد. به‌این‌ترتیب برای هر ایستگاه در سال‌های گوناگون داده‌های متفاوتی برای ET_0 و متغیرهای آب‌وهوایی به دست آمد. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار Easyfit5.5 توزیع‌های آماری مختلف به داده‌ها برازش داده شد. با انتخاب توزیع مناسب، ET_0 و متغیرهای آب‌وهوایی در سطح احتمال 50 درصد محاسبه شد. برای پهنه‌بندی میانگین متغیرهای آب‌وهوایی سالانه، از روش زمین‌آماری کریجینگ با سهمی واریوگرام کروی و نرم‌افزار ArcMap10 استفاده شد.

نتایج و بحث

نقشه پراکنش میانگین 30ساله P، T، RH و ET_0 برای استان کردستان در شکل (1) آورده شده است. براساس این نقشه‌ها برای استان، میانگین P، T، RH و ET_0 به ترتیب 474 میلی‌متر، 12/3 درجه سلسیوس، 49 درصد و 1317 میلی‌متر در سال برآورد شده

است. نتایج نشان داد میانگین P و RH از سمت غرب به شرق استان کاهش و برعکس ET_0 افزایش می‌یابد. همچنین میانگین T از شمال به جنوب استان افزایش می‌یابد. جریان‌های آب و هوایی متأثر از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه که عامل عمده ریزش‌های جوی کشور است، در عبور از کردستان و برخورد با ارتفاعات زاگرس، بخش قابل‌توجهی از رطوبت خود را از دست می‌دهند. بدین ترتیب از سمت غرب به سمت شرق استان از میزان بارش و رطوبت هوا کاسته می‌شود (فقیه و همکاران 1397).



شکل 1- نقشه‌ی پراکنش میانگین بارش، درجه‌حرارت، رطوبت‌نسبی هوا و ET_0 سالانه در محدوده‌ی استان کرستان.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از مؤسسه تحقیقات خاک و آب و سازمان هواشناسی ایران (IMO) برای حمایت علمی و ارائه آمار قدردانی می‌کنند. همچنین نویسندگان از زحمات ارزشمند شورای سیاست‌گذاری و کمیته‌های (برگزاری، علمی، اجرایی و آموزش) **پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه** تشکر می‌نمایند.

منابع

ابراهیمی‌پاک، ن.ع. 1390. تعیین تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع (چمن) به روش لایسی‌متر و مقایسه با روش‌های تجربی. کرج: مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

علیزاده، ا. 1391. اصول هیدرولوژی کاربردی (نسخه 35). مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی.

عُنّابی میلانی، ا.، و نیشابوری، م. ر. 1397. مقایسه برخی روابط تجربی برآورد تبخیر- تعرق مرجع برای دشت تبریز با استفاده از لایسیمتر و ارائه مدلی برای تعیین آن از روی داده‌های هواشناسی. نشریه دانش آب و خاک، 28(1)، 41-54.

فقیه، ه. 1394. ارزیابی شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های فیزیکی تجربی تخمین تبخیر- تعرق گیاه مرجع در آب‌وهوای نیمه‌خشک. نشریه دانش آب‌وخاک، 25(4/2)، 137-152.

فقیه ه.، بهمنش، ج. و خلیلی، ک. 1397. شبیه‌سازی مکانی-زمانی بارش سالانه با استفاده از مدل‌های تصادفی. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، 22(1)، صفحه‌های 386-367.

مرادی، ا. 1402. ارزیابی مدل‌های پیشنهادی FAO برای برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع در آبخیز حاجی‌آباد هرمزگان. پژوهش‌های آبخیزداری، 36(2)، 121-133.

مرادی، ا. و ضیائیان، ع. 1398. ارزیابی یازده مدل برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع در منطقه حاجی‌آباد هرمزگان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، 13(6)، 1623-1637.

مهدوی، م. 1377. هیدرولوژی کاربردی (نسخه 3، جلد 1). تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

Allen، R.G., Pereira, L.S. and Smith, D.R. 1998. Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements). Rome، Italy: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.

Dehghanisanij, H., Yamamoto, T. and Rasiah, V. 2004. Assessment of evapotranspiration estimation models for use in semi-arid environments. Agricultural Water Management, 64: 91-106.

Holder, A.J., McCalmont, J., McNamara, N., Rowe, R. and Donnison, I. 2018. Evapotranspiration model comparison and an estimate of field scale Miscanthus canopy precipitation interception. GCB Bioenergy, 10(5): 353-366.

López-Urrea, R., Martín de Santa Olalla, F., Fabeiro, C. and Moratalla, A. 2006. Testing evapotranspiration equations using lysimeter observations in a semiarid climate. Agricultural Water Management, 85(1-2): 15-26.

Silva, D., Meza, F.j. and Varas, E. 2010. Estimating reference evapotranspiration (ETo) using numerical weather forecast data in central Chile. Journal of Hydrology, 382(1): 64–71.

Trajković, S. and Gocić, M. 2010. Comparison of some empirical equations for estimating daily reference evapotranspiration. Facta Universitatis series: Architecture and Civil Engineering, 8(2): 163 - 168.

Ward, A.D., Trimble, S.W., Burckhard, S.R. and Lyon, J.G. 2015. Environmental Hydrology. Boca Raton: CRC Press.

Yoder, R.E., Odhiambo, L.O. and Wight, W.C. 2005. Evaluation of methods for estimating daily reference crop evapotranspiration at a site in the humid Southeast United States. Applied Engineering in Agriculture, 21(2): 197–202.

تطبیق مراحل رشد گیاهی FAO با درجه روزرشد GDD بر اساس اطلاعات فنولوژی بومی گیاه گندم در سامانه نیاز آب

آرش تافته [1]، نیازعلی ابراهیمی پاک [2]

[1] عضو هیئت علمی، بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، arash_tafteh@yahoo.com

[2] عضو هیئت علمی، بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

شاخص گیاهی روز درجه رشد (GDD) از پر اهمیت‌ترین مدل‌های گیاهی در تعیین دوره‌های رشد گیاه می‌باشد؛ ازاین‌رو در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای انجام می‌شود. این عامل یک خصوصیت اقلیمی- گیاهی است. رابطه بین رشد گیاه و درجه‌حرارت برای محاسبه GDD از اهمیت بالایی برخوردار است. در این مطالعه باتوجه‌به ایجاد بانک اطلاعات فنولوژی بومی برای گیاه گندم در سامانه نیاز آب بارگذاری شد. با استفاده از داده‌های اقلیمی و آخرین روش‌های مطرح در تعیین GDD که در سال 2008 ارائه شده است مقادیر GDD برای گندم محاسبه و زیر سامانه آن تکمیل و پس از صحت‌سنجی در سامانه بارگذاری شد. نتایج نشان داد که داده‌های GDD و دوره‌های رشد بومی انطباق مناسبی با هم داشته و برای هر منطقه مقادیر کاملاً متفاوت و منحصربه‌فرد می‌باشد. همچنین روابط بسیار مناسبی بین ضریب گیاهی و نیاز آبی گیاهان مختلف با شاخص GDD به دست آمد که در این گزارش به برخی از آن‌ها اشاره شد. به‌عنوان‌مثال شاخص GDD با ضریب Kc در ارزیابی نشان داد که این مدل برای گیاه گندم با شاخص کارایی مدل 78 درصد بسیار عالی عمل کرده است و با خطای حدود 8 درصد عملکرد قابل‌قبولی دارد؛ لذا با استفاده از این شاخص در ایستگاه‌های فاقد داده مکفی می‌توان از این شاخص جهت برآورد ضریب تبخیر تعرق گیاهان استفاده نمود. همچنین نتایج نیاز آبی نشان داد که مدل به طور متوسط کارایی 98 درصد داشته و نیاز آبی تجمعی با خطای 2 درصد برای گندم قابل محاسبه می‌باشد.

کلمات کلیدی: تراکم آبکند، شکل شیب، شیب دامنه، فرسایش آبکندی

مقدمه

گیاه گندم[1] منبع بیش از 20 درصد کالری در رژیم غذایی انسان بوده و 15 درصد از کل غلات کشت شده در سطح جهان را در بر می‌گیرد. از آن‌جایی که انتظار می‌رود تقاضا برای غلات تا سال 2050 به 3 میلیارد تن برسد، لذا کشت گندم در جهان افزایش یافته است (Alexandratos and Bruinsma, 2012). در بین محصولات زراعی، سطح زیر کشت گندم در رتبه اول جهانی قرار دارد. بر اساس گزارشات فائو، تولید کل غلات جهان نزدیک به 587/2 میلیارد تن می‌باشد که تقریباً 722 میلیون تن آن به گندم اختصاص دارد (FAO, 2018). عوامل مختلفی در افزایش تولید محصول گندم مؤثر می‌باشند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها، آب است. تعیین آب مصرفی واقعی گندم در مناطق خشک و نیمه خشک از اهمیتی خاص برخوردار بوده و استفاده اقتصادی از آب یک مسئله جدی و بسیار مهم برای

[1] *Tritcum Aestivum* L

کشاورزان و محققانی است که گندم را به‌صورت آبی کشت و تولید می‌کنند (Ebrahimipak et al., 2018).

مدل گیاهی GDD از پر اهمیت‌ترین مدل‌های گیاهی در تعیین دوره‌های رشد گیاه می‌باشد؛ ازاین‌رو در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای در سال‌های اخیر در حال انجام است (Cross and Zuber,1972). این عامل یک خصوصیت اقلیمی- گیاهی است (McMaster and Smika ,1988). رابطه بین رشد گیاه و درجه‌حرارت برای محاسبه GDD از اهمیت بالایی برخوردار است. یک رابطه خطی که فرض می‌کند سرعت رشد متناسب با درجه‌حرارت آستانه است، بیشتر مورداستفاده قرار می‌گیرد و اغلب برای دمای متوسط محاسبات دقیق‌تر است (White et al.2012).

بااین‌وجود، فرض خطی‌بودن دما خطاهایی را به همراه خواهد داشت و وقتی دما در شرایط متغیر به سمت افراط گرایش یابد این خطا افزایش می‌یابد (Ritchie and NeSmith, 1991). رابطه خطی بین دما و رشد گیاه در مطالعات طولانی‌مدت نامناسب است، به‌خصوص برای کل دوره رشد گیاه خطای زیادی ایجاد می‌شود (Abrami, 1972)؛ بنابراین بسیاری از روش‌ها که فرض رابطه غیرخطی دارند، توسعه یافته‌اند که هریک دارای نقاط قوت و ضعف هستند؛ به‌عنوان‌مثال، یک رویکرد دوطرفه اتخاذ شده است که در آن پاسخ به دمای زیر و فوق بالا توسط معادلات خطی مختلف کنترل می‌شود و منحنی پاسخ واقعی به‌طورکلی نرمال می‌گردد تا نوسانات دمایی که رشد را مختل می‌نمایند در این بازه‌ها در نظر گرفته نشوند (Aiken,2005).

معادله نمایی معمولاً برای شبیه‌سازی عملکرد در دماهای پایین تا متوسط مؤثر است، ولی برای دما بالا کارایی ندارد؛ زیرا در مقادیر بالا توسعه گیاهی مختل می‌گردد (Tollenaar et al.1979). معادله درجه دوم یک مدل ساده است که می‌تواند در دماهای بالا سرعت توسعه کمتری را تعریف نماید (Yan and Wallace,1998). با این حال، پاسخ دما به ندرت یک حالت متقارن دارد؛ بنابراین کاربرد مدل‌های درجه دوم خطای بالایی خواهند داشت (Kara,2015). محققین یک تابع بتا شامل سه متغیر (کنترل درجه‌حرارت) برای توصیف پاسخ دما استفاده کردند که نتایج شبیه‌سازی‌ها برای چندین گیاه مانند ذرت، گندم، جو، سورگوم و لوبیا موفقیت آمیز بود. این روش نسبت به روش‌های زمانی- حرارتی که به طور گسترده در پیش‌بینی مراحل رشد محصول استفاده می‌شد برتری داشت. این روش روند نامتقارن دمایی را برای سرعت رشد و کاهش این سرعت در دمای بالا حساب می‌کند (Yin et al.,1996).

در روش‌های سنتی تعیین GDD، میزان رشد به طور خطی با دمای بالاتر از آستانه و پایین‌تر از آستانه مرتبط می‌شد؛ بااین‌حال، خطی‌سازی باوجود استفاده گسترده از آن، اغلب به بیش‌برآورد بودن مورد انتقاد قرار می‌گیرد (Ruml et al., 2010). یک مدل GDD باثبات‌تر و کمتر متغیر که با یک روش دقیق محاسبه شود، لازم است تا مراحل دوره رشد محصول را بادقت مورد مقایسه و پیش‌بینی قرار دهد. زارع حقی و همکاران (1395) در آزمایشی که در تبریز انجام دادند طول مراحل رشد توصیه شده توسط فائو (Doorenbos and Pruitt, 1977) برای تعیین ضریب گیاهی کشت مخلوط ذرت علوفه‌ای- لوبیا را هم بر اساس تعداد روز و هم بر اساس درجه روز- رشد تعیین نمودند. نتایج نشان داد که طول مراحل رشد اولیه، توسعه، میان فصلی و انتهایی به ترتیب 18، 37 ، 41 و17 روز بود که به ترتیب پس از دریافت 179، 567، 678 و 227 درجه روزرشد حاصل شدند.

در این مطالعه با استفاده از اطلاعات بومی گیاه گندم در کشور مقادیر روز درجه رشد محاسبه و با سایر متغیرهای مهم مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

برای محاسبه روز درجه رشد (GDD) از دو روش پیشنهادی Zhou and Wang(2018) استفاده شد.

روش اول:

معادلات حاکم بر این روش به شرح ذیل می‌باشد.

$$GDD=\sum DDT \qquad (1)$$

که DDT در آن به شرح ذیل محاسبه می‌گردد:

$$DDT = \begin{cases} 0 & Tave < Tb \\ Tave - Tb & Tb < Tave < Tu \\ Tu - Tb & Tu < Tave \end{cases} \quad (2)$$

$$Tave = (Tmax+Tmin)/2$$

که در آن Tave میانگین دمای روزانه بوده و Tb دمای پایه رشد گیاه و Tu بیشینه دمای ممکن برای رشد گیاه می‌باشد. باتوجه‌به تحقیقات Grigorieva et al.(2010) مقدار بیشینه دمای ممکن برای رشد حدود 30 درجه و دمای حداقل رشد صفر درجه به‌عنوان حد پایین قابل توصیه و قابل قبول (بدون ترند) گزارش شده است که در این تحقیق مقدار بیشینه 30 و مقدار دمای پایه برای هر گیاه از بانک اطلاعات سامانه نیاز آب گرفته شد.

روش دوم:

معادلات حاکم بر این روش به شرح ذیل می‌باشد.

$$GDD=\sum DDT \quad (1)$$

که DDT در آن به شرح ذیل محاسبه می‌گردد:

$$DDT = \begin{cases} 0 & Tave < Tb \\ Tave' - Tb & Tb < Tave < Tu \\ Tu - Tb & Tu < Tave \end{cases} \quad (3)$$

$$Tm=\min(Tmax, Tu)$$

$$Tn=Max(Tmin, Tb)$$

$$Tave'=(Tm+Tn)/2$$

که در آن Tave′ میانگین دمای روزانه اصلاح شده بوده و Tb دمای پایه رشد گیاه و Tu بیشینه دمای ممکن Tm برای کنترل دما است که از حد بیشینه دمای در محاسبات فراتر نرود و Tn برای کنترل دما است که از حد پایه در محاسبات پایین‌تر نشود که با شرایط رشد گیاه متناسب‌تر می‌باشد. باتوجه‌به تحقیقات Grigorieva et al.(2010) مقدار بیشینه دمای ممکن برای رشد حدود 30 درجه و دمای حداقل رشد صفر درجه به‌عنوان حد پایین قابل توصیه و قابل قبول (بدون ترند) گزارش شده است که در این تحقیق مقدار بیشینه 30 و مقدار دمای پایه برای هر گندم 4 درجه با استفاده از بانک اطلاعات سامانه نیاز آب در نظر گرفته شد (Tafteh et al., 2014a).

این اطلاعات با استفاده از شاخص‌های آماری نیز موردبررسی قرار گرفت (احمدی و همکاران، 1395).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}} \quad (4)$$

$$NRMSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}}}{\overline{O_i}} \quad (5)$$

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2} \quad (6)$$

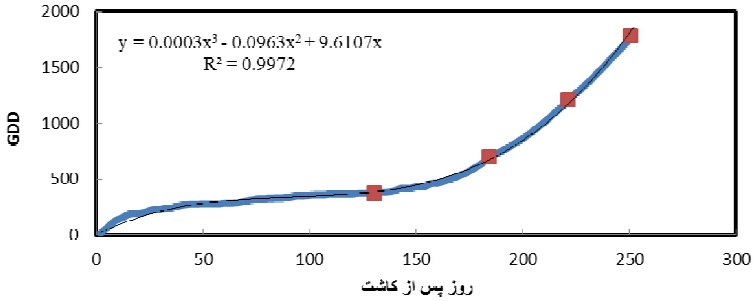
$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|P_i| + |O_i|)^2} \quad (7)$$

$$R^2 = \frac{\left(\sum (P_i - \overline{P})(O_i - \overline{O})\right)^2}{\sum (P_i - \overline{P})^2 \sum (O_i - \overline{O})^2} \quad (8)$$

در این روابط، Pi مقدار شبیه‌سازی شده، Oi مقدار اندازه‌گیری شده، $\overline{P}$ میانگین مقادیر شبیه‌سازی شده، $\overline{O}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و n برابر تعداد داده‌ها می‌باشد. مقدار آماره RMSE همواره مثبت و هر چه به صفر نزدیک‌تر، قابل قبول‌تر است. مقادیر آماره‌های EF و d نشان دهنده صحت برازش داده‌ها می‌باشد و از مقدار منفی بی‌نهایت در بدترین حالت تا یک در زمان برازش کامل داده‌ها متغیر است. مقدار R^2 از صفر تا یک تغییر می‌کند و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده برازش بهتر داده‌ها می‌باشد (Tafteh et al., 2013). پس از واسنجی این اطلاعات به‌صورت بانک متمرکز در سامانه نیاز آب استقرار گرفت تا برای کل کشور قابل بررسی باشد.

نتایج و بحث

همانطور که گفته شد با استفاده از روش میانگین مستقیم و روش میانگین اصلاح شده مقادیر متوسط روز درجه رشد گیاه گندم در شکل 1 ارائه شد:



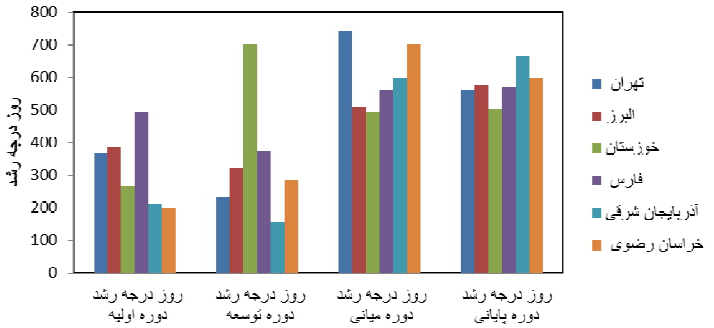
شکل 1- روز درجه رشد تجمعی در دوره‌های رشد گیاه گندم

بر طبق نتایج به‌دست‌آمده مربع‌ها نشان‌دهنده مراحل رشد چهارگانه هستند و به طور متوسط برای دوره اولیه رشد گیاه گندم 384 روز درجه رشد و برای تکمیل دوره توسعه 322 روز درجه رشد و برای تکمیل دوره میانی 510 روز درجه رشد و مرحله پایانی 577 روز درجه رشد نیاز دارد. لذا به طور کلی گیاه گندم به 1794 روز درجه رشد نیاز دارد که با نتایج هلالی و همکاران (1395) منطبق است. در صورت تامین نشدن این دما در مراحل رشد دوره رشد طولانی‌تر خواهد شد. لذا برای اطلاعات دقیق‌تر و بومی در هر منطقه و ایستگاه به سامانه نیاز آب مراجعه شود. تمام اطلاعات گیاه گندم در کل کشور در سامانه در دسترس می‌باشد. در جدول 1 به برخی از نقاط اشاره شد. جدول 1 مقدار تجمعی روز درجه رشد گیاه گندم را در نقاط مختلف کشور ارائه نموده است.

جدول 1- مقادیر روز درجه رشد گیاه گندم در سطح کشور

نام استان	روز درجه رشد در اتمام دوره اولیه	روز درجه رشد در اتمام دوره توسعه	روز درجه رشد در اتمام دوره میانی	روز درجه رشد در اتمام دوره پایانی
تهران	368	600	1343	1904
البرز	384	706	1217	1794
خوزستان	267	968	1461	1965
فارس	493	868	1428	1999
آذربایجان شرقی	210	366	963	1630
خراسان رضوی	197	482	1184	1781

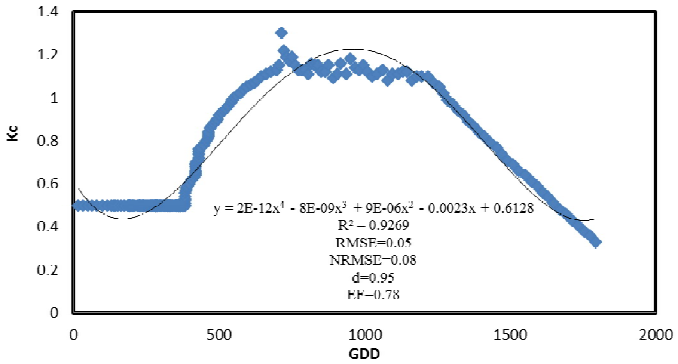
در شکل 2 مقادیر روز درجه رشد در طول دوره رشد گیاه گندم برای هر دوره چهارگانه به‌صورت غیر تجمعی و مجزا ارائه شد.



شکل 2- مقدار روز درجه رشد موردنیاز برای دوره‌های رشد گیاه گندم

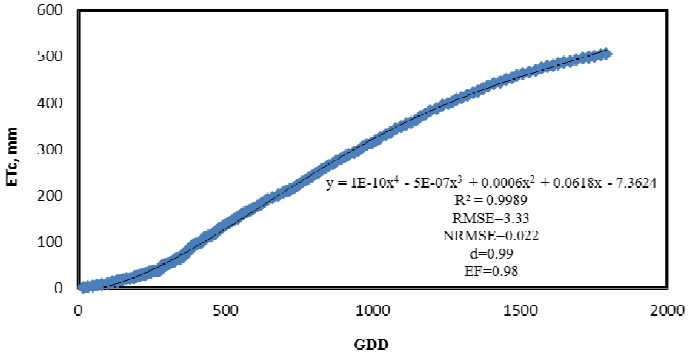
باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده در شکل 2 در هر منطقه مقادیر GDD کاملا متفاوت است و باتوجه‌به شرایط اقلیمی و رقم مورداستفاده مقدار GDD تغییر می‌نماید لذا لازم است تغییرات آن برای هر منطقه به‌صورت جداگانه بررسی گردد.

از طرف دیگر تغییرات ضریب گیاهی (Kc) با GDD کاملاً منطبق بوده و از یک سری ریاضی آریما قابل‌بررسی است البته تا درجه 4 جواب مناسب و قابل‌قبول می‌باشد که با ضرایب ارائه شده توسط Tafteh et al., (2014b) منطبق است؛ بنابراین رابطه درجه 4 با خطای 8 درصد جواب قابل‌قبولی را ارائه نموده است.



شکل 3- رابطه روز درجه رشد و ضرایب تبخیر تعرق گیاه گندم

نتایج شکل 3 نشان می‌دهد که کارایی مدل 78 درصد بوده و مدل نتایج قابل قبولی را برای تعیین ضرایب گیاهی گندم ارائه نموده است. هم‌چنین رابطه نیاز آبی با GDD مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل 4 ارائه شده است.



شکل 4- رابطه روز درجه رشد و نیاز آبی تجمعی گیاه گندم

بررسی نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که رابطه تبخیر تعرق و GDD بسیار خوب بوده و معادله ارائه شده با کارایی 98 درصد و خطای 2 درصد بسیار مناسب مقدار نیاز آبی را تعیین نموده است. لذا در مواردی که مقدار GDD وجود داشته باشد و اطلاعات مکفی در موردنیاز آبی موجود نباشد با دقت قابل قبولی می‌توان از رابطه‌های ارائه شده استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده برای شاخص روز درجه رشد گیاه گندم در سطح کشور پیشنهاد می‌شود در مواقعی که اطلاعات دوره فنولوژی موجود نیست از این شاخص برای تعیین دوره‌ها استفاده شود همچنین برای تعیین نیاز آبی و ضرایب گیاهی نیز می‌توان از این شاخص و روابط بومی که استخراج می‌گردد استفاده نمود.

منابع

زارع حقی، د.، نیشابوری، م.ر.، مجنونی هریس، ا. و جلیلیان، ز. 1395. تعیین ضریب گیاهی ذرت و لوبیا در شرایط کشت مخلوط جهت افزایش دقت آبیاری. نشریه دانش آب و خاک. جلد 26 شماره 1/2 صفحات 69 تا 78.

هلالی، ج.، قهرمان، نوذر. و خلیلی، ع. 1395. مقایسه مقادیر درجه روزرشد GDD گندم با استفاده از داده‌های ساعتی و روزانه دما در دو نمونه اقلیمی ایران. پژوهش‌های کاربردی زراعی، 29(1), 8-18. doi: 10.22092/aj.2016.109215

Abrami, G.1972.Optimum means temperature for a plant growth calculated by a new method of summation. Ecology53, 893–900.

Aiken, R.2005. Applying thermal time scales to sunflower development. Agronomy Journal97, 746–754.

Alexandratos, N. and Bruinsma, J. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the (2012) revision.

Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. 1977. Crop water requirements. Irrig. and Drain. Paper NO. 24. FAO, Rome, Italy.

Ebrahimipak, N., Tafteh, A., Egdarnejad, A. and Kapourchal, S. 2018. Determination of monthly evapotranspiration coefficients of winter wheat by different methods of estimating evapotranspiration and evaporation pan in Qazvin plain. Iranian Journal of Soil and Water Research, 8(4), 107-121. (in Persian).

FAO, 2018. FAOSTAT. Available online:http://faostat.fao.org /site /567/ default .aspx# ancor.

Grigorieva, E.A., Matzarakis, A. and de Freitas, C.R. 2010. Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude. Climate Research.42:143-154. doi: 10.3354/cr00888.

Kara, N.Y.2015. Quality, and growing degree days of anise (Pimpinella anisum L.) under different agronomic practices. Turkish Journal of Agriculture & Forestry39, 1014 -1022.

McMaster, G.S. and Smika, D.E.1988. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the central Great Plains. Agricultural and Forest Meteorology43, 1–18.

Ritchie, J. and NeSmith, D.1991. Temperature and crop development. Modeling plant and soil systems, 5–29.

Tafteh, A., Babazadeh, H., Ebrahimipak, N.A. and Kaveh, F. 2014a. Optimization of irrigation water distribution using the MGA method and comparison with a linear programming method. Journal of Irrigation and Drainage 63(5): 590–598.

Tafteh, A., Ebrahimipak, N. A.. Babazadeh, H. and Kaveh, F. 2014b.Determine yield response factors of important crops by different production functions in qazvin plain. Ecology, Environment and Conservation 20 (2): 415-422.

Tafteh, A., Ebrahimipak, N.A., Babazadeh, H. and Kaveh, F. 2013. Evaluation of Improvement of Crop Production Functions for Simulation Winter Wheat Yields with Two Types of Yield Response Factors. Journal of Agricultural Science. 5: 111-122.

Tollenaar, M., Daynard, T. and Hunter, R.1979. Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. Crop Science19, 363–366.

White, J.W., Kimball, B.A., Wall, G.W. and Ottman, M.J. 2012. Cardinal temperatures for wheat leaf appearance as assessed from varied sowing dates and infrared warming. Field Crops Research137, 213–220.

Yan, W. and Wallace, D.H. 1998. Simulation and prediction of plant phenology for five crops based on photoperiod× temperature interaction. Annals of Botany81, 705–716.

Yin, X., Kropff, M.J. and Goudriaan, J. 1996. Differential effects of day and night temperature on development to flowering in rice. Annals of Botany77, 203–213.

Zhou, G. and Wang, Q. 2018.A new nonlinear method for calculating growing degree days. Scientific Reports. 8:10149. DOI:10 .1038 /s41598-018-28392-z.

تطبیق مراحل رشد گیاهی FAO با درجه روزرشد GDD بر اساس اطلاعات فنولوژی بومی گیاه ذرت علوفه‌ای در سامانه نیاز آب

آرش تافته [1]، نیازعلی ابراهیمی پاک [2]

[1] دانشیار بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، arash_tafteh@yahoo.com

[2] دانشیار بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

شاخص گیاهی روز درجه رشد (GDD) از پراهمیت‌ترین مدل‌های گیاهی در تعیین دوره‌های رشد گیاه می‌باشد؛ ازاین‌رو در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای انجام می‌شود. این عامل یک خصوصیت اقلیمی- گیاهی است. رابطه بین رشد گیاه و درجه‌حرارت برای محاسبه GDD از اهمیت بالایی برخوردار است. در این مطالعه باتوجه‌به ایجاد بانک اطلاعات فنولوژی بومی برای گیاه ذرت علوفه‌ای در سامانه نیاز آب بارگذاری شد. با استفاده از داده‌های اقلیمی و آخرین روش‌های مطرح در تعیین GDD که در سال 2008 ارائه شده است مقادیر GDD برای ذرت علوفه‌ای محاسبه و زیر سامانه آن تکمیل و پس از صحت سنجی در سامانه بارگذاری شد. نتایج نشان داد که داده‌های GDD و دوره‌های رشد بومی انطباق مناسبی با هم داشته و برای هر منطقه مقادیر کاملاً متفاوت و منحصربه‌فرد می‌باشد. همچنین روابط بسیار مناسبی بین ضریب گیاهی و نیاز آبی گیاهان مختلف با شاخص GDD به دست آمد که در این گزارش به برخی از آن‌ها اشاره شد. به‌عنوان‌مثال شاخص GDD با ضریب Kc در ارزیابی نشان داد که این مدل برای گیاه ذرت علوفه‌ای با شاخص کارایی مدل 78 درصد بسیار عالی عمل کرده است و با خطای حدود 9 درصد عملکرد قابل‌قبولی دارد؛ لذا با استفاده از این شاخص در ایستگاه‌های فاقد داده مکفی می‌توان از این شاخص جهت برآورد ضریب تبخیر تعرق گیاهان استفاده نمود. همچنین نتایج نیاز آبی نشان داد که مدل به طور متوسط کارایی 98 درصد داشته و نیاز آبی تجمعی با خطای 5 درصد برای ذرت علوفه‌ای قابل‌محاسبه می‌باشد.

کلمات کلیدی: درجه روزرشد، دوره فنولوژی، ذرت علوفه‌ای، دما، مراحل رشد

مقدمه

باتوجه‌به اهمیت محصولات اساسی و راهبردی گروه غلات و از جمله ذرت که به طور مستقیم و غیرمستقیم عمده‌ترین بخش مواد غذائی جهان را تشکیل می‌دهند، برنامه‌ریزی لازم در جهت افزایش تولید این محصولات غیرقابل‌اجتناب است. در بین گیاهان زراعی، ذرت به دلیل داشتن ویژگی‌های فراوان و قدرت سازگاری بالا در شرایط اقلیمی گوناگون، تولید بالای ماده خشک، ارزش غذایی مطلوب و همچنین راندمان بالای مصرف آب، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. این گیاه پس از گندم و برنج مهم‌ترین گیاه زراعی جهان محسوب می‌شود. در ایران باتوجه‌به نیاز مبرم به این محصول و نقصان شدید تولید داخلی، سالانه مقادیر زیادی ارز از کشور خارج و ذرت از کشورهای همسایه وارد می‌گردد.

عملکرد ذرت همبستگی بالایی باقابلیت دسترسی به آب دارد. اگرچه عوامل دیگر مانند تراکم و کود نیز بر عملکرد ذرت تأثیرگذار هستند، ولی این عوامل معمولاً با مقدار آبی که گیاه در طول فصل رشد در دسترس دارد تنظیم می‌شوند. همچنین مشخص گردیده است که هیبریدهای زودرس در استفاده از آب برای تولید دانه کارآمدتر هستند و تحت شرایط خشکی طولانی‌مدت، ذرت زودرس عملکرد

بهتری نسبت به تیپ‌های دیررس می‌تواند تولید نماید، چرا که آب خاک را به‌سرعت تخلیه نمی‌کند؛ بنابراین علاوه بر راهکارهای مدیریتی نظیر برنامه‌ریزی صحیح آبیاری، توجه به راهکارهای زراعی نظیر انتخاب ارقام با عملکرد بالا و اعمال تراکم کاشت بهینه گیاه، نیز سبب افزایش بهره‌وری آب کشاورزی می‌گردد (Ebrahimipak et al. 2020) مصرف ذرت و هم‌چنین سطح زیر کشت آن طی سالیان اخیر در اغلب کشورهای جهان به سرعت رو به افزایش است. این نسبت از سال 1984 میلادی به بعد رشد زیادتری داشته است. سازمان خواروبار جهانی (FAO) در سال 2018 سطح زیر کشت ذرت در جهان را بالغبر 187 میلیون هکتار و میانگین عملکرد آن را در همان سال 5640 کیلوگرم در برآورد نمود. بر اساس داده های فائو در همین سال سطح زیر کشت ذرت در ایران 267 هزار هکتار، مجموع تولید آن 1/45 میلیون تن و میانگین عملکرد آن 5430 کیلوگرم در هکتار بود. از این نظر در بین غلات پس از گندم و برنج در رتبه سوم قرارگرفته است (FAO, 2018).

مدل گیاهی GDD از پراهمیت‌ترین مدل‌های گیاهی در تعیین دوره‌های رشد گیاه است؛ ازاین‌رو در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای در سال‌های اخیر در حال انجام است (Cross and Zuber,1972). این متغیر یک خصوصیت اقلیمی- گیاهی است (McMaster and Smika, 1988). رابطه بین رشد گیاه و درجه‌حرارت برای محاسبه GDD از اهمیت بالایی برخوردار است. یک رابطه خطی که فرض می‌کند سرعت رشد متناسب با درجه‌حرارت آستانه است، بیشتر مورداستفاده قرار می‌گیرد و اغلب برای دمای متوسط محاسبات دقیق‌تر است (White et al.2012).

بااین‌وجود، فرض خطی‌بودن دما خطاهایی را به همراه خواهد داشت و وقتی دما در شرایط متغیر به سمت افراط‌گرایش یابد این خطا افزایش می‌یابد؛ بنابراین بسیاری از روش‌ها که فرض رابطه غیرخطی دارند، توسعه یافته‌اند که هریک دارای نقاط قوت و ضعف هستند؛ به‌عنوان‌مثال، یک رویکرد دوطرفه اتخاذ شده است که در آن پاسخ به دمای زیر و فوق بالا توسط معادلات خطی مختلف کنترل می‌شود و منحنی پاسخ واقعی به‌طورکلی نرمال می‌گردد تا نوسانات دمایی که رشد را مختل می‌نمایند در این بازه‌ها در نظر گرفته نشوند (Aiken,2005).

معادله نمایی معمولاً برای شبیه‌سازی عملکرد در دماهای پایین تا متوسط مؤثر است، ولی برای دما بالا کارایی ندارد؛ زیرا در دمای بالا توسعه گیاهی مختل می‌گردد (Tollenaar et al.1979). معادله درجه دوم یک مدل ساده است که می‌تواند در دماهای بالا سرعت توسعه کمتری را تعریف نماید (Yan and Wallace,1998). با این حال، پاسخ دما به ندرت یک حالت متقارن دارد؛ بنابراین کاربردهای مدل‌های درجه دوم خطای بالایی خواهند داشت (Kara,2015). محققین یک تابع بتا شامل سه متغیر (کنترل درجه‌حرارت) برای توصیف پاسخ دما استفاده کردند که نتایج شبیه‌سازی‌ها برای چندین گیاه مانند ذرت، گندم، جو، سورگوم و لوبیا موفقیت آمیز بود. این روش نسبت به روش‌های زمانی- حرارتی که به طور گسترده در پیش‌بینی مراحل رشد محصول استفاده می‌شد برتری داشت. این روش روند نامتقارن دمایی را برای سرعت رشد و کاهش این سرعت در دمای بالا حساب می‌کند (Yin et al.,1996).

در روش‌های سنتی تعیین GDD، میزان رشد به طور خطی با دمای بالاتر از آستانه و پایین‌تر از آستانه مرتبط می‌شد؛ بااین‌حال، خطی‌سازی باوجود استفاده گسترده از آن، اغلب به بیش‌برآورد بودن مورد انتقاد قرار می‌گیرد (Ruml et al., 2010). یک مدل GDD باثبات‌تر و کمتر متغیر که با یک روش دقیق محاسبه شود، لازم است تا مراحل دوره رشد محصول را بادقت مورد مقایسه و پیش‌بینی قرار دهد. زارع حقی و همکاران (1395) در آزمایشی که در تبریز انجام دادند طول مراحل رشد توصیه شده توسط فائو (Doorenbos and Pruitt, 1977) برای تعیین ضریب گیاهی کشت مخلوط ذرت علوفه‌ای- لوبیا را هم بر اساس تعداد روز و هم بر اساس درجه روز رشد تعیین نمودند. نتایج نشان داد که طول مراحل رشد اولیه، توسعه، میان فصلی و انتهایی به ترتیب 18، 37، 41 و 17 روز بود که به ترتیب پس از دریافت 179، 567، 678 و 227 درجه روز رشد حاصل شدند.

در این مطالعه با استفاده از اطلاعات بومی گیاه ذرت علوفه‌ای در کشور مقادیر روز درجه رشد محاسبه و با سایر متغیرهای مهم موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

برای محاسبه روز درجه رشد (GDD) از دو روش پیشنهادی Zhou and Wang (2018) استفاده شد.

روش اول:

معادلات حاکم بر این روش به شرح ذیل می‌باشد.

$$GDD=\sum DDT \quad (1)$$

که DDT در آن به شرح ذیل محاسبه می‌گردد:

$$DDT=\begin{cases} 0 & Tave < Tb \\ Tave - Tb & Tb < Tave < Tu \\ Tu - Tb & Tu < Tave \end{cases} \quad (2)$$

$$Tave=(Tmax+Tmin)/2 \quad (3)$$

که در آن Tave میانگین دمای روزانه بوده و Tb دمای پایه رشد گیاه و Tu بیشینه دمای ممکن برای رشد گیاه می‌باشد. باتوجه‌به تحقیقات Grigorieva et al.(2010) مقدار بیشینه دمای ممکن برای رشد حدود 30 درجه و دمای حداقل رشد صفر درجه به‌عنوان حد پایین قابل توصیه و قابل قبول (بدون ترند) گزارش شده است که در این تحقیق مقدار بیشینه 30 و مقدار دمای پایه برای هر گیاه از بانک اطلاعات سامانه نیاز آب گرفته شد.

روش دوم:

معادلات حاکم بر این روش به شرح ذیل می‌باشد.

$$GDD=\sum DDT \quad (4)$$

که DDT در آن به شرح ذیل محاسبه می‌گردد:

$$D \quad (5)$$

$$\begin{aligned} &Tm=\min(Tmax, Tu) \\ &Tn=Max(Tmin, Tb) \\ &Tave'=(Tm+Tn)/2 \end{aligned} \quad (6)$$

که در آن Tave′ میانگین دمای روزانه اصلاح شده بوده و Tb دمای پایه رشد گیاه و Tu بیشینه دمای ممکن Tm برای کنترل دما است که از حد بیشینه دمای در محاسبات فراتر نرود و Tn برای کنترل دما است که از حد پایه در محاسبات پایین‌تر نشود که با شرایط رشد گیاه متناسب‌تر می‌باشد. باتوجه‌به تحقیقات Grigorieva et al.(2010) مقدار بیشینه دمای ممکن برای رشد حدود 30 درجه و دمای حداقل رشد صفر درجه به‌عنوان حد پایین قابل توصیه و قابل قبول (بدون ترند) گزارش شده است که در این تحقیق مقدار بیشینه 30 و مقدار دمای پایه برای ذرت علوفه‌ای 4 درجه با استفاده از بانک اطلاعات سامانه نیاز آب در نظر گرفته شد (Tafteh et al., 2014a).

این اطلاعات با استفاده از شاخص‌های آماری نیز موردبررسی قرار گرفت (احمدی و همکاران، 1395).

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i-O_i)^2}{n}} \quad (7)$$

$$NRMSE=\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i-O_i)^2}{n}}}{\overline{O_i}} \quad (8)$$

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2} \quad (9)$$

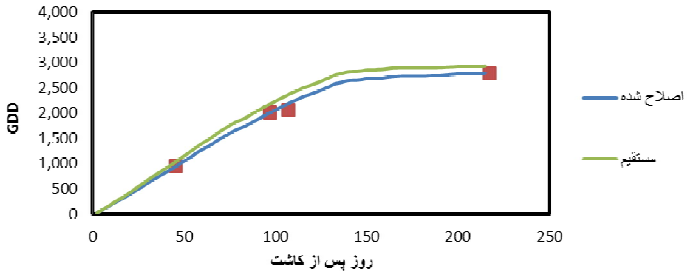
$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|P_i| + |O_i|)^2} \quad (10)$$

$$R^2 = \frac{\left(\sum (P_i - \overline{P})(O_i - \overline{O})\right)^2}{\sum (P_i - \overline{P})^2 \sum (O_i - \overline{O})^2} \quad (11)$$

در این روابط، Pi مقدار شبیه‌سازی شده، Oi مقدار اندازه‌گیری شده، $\overline{P}$ میانگین مقادیر شبیه‌سازی شده، $\overline{O}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و n برابر تعداد داده‌ها می‌باشد. مقدار آماره RMSE همواره مثبت و هر چه به‌صفر نزدیک‌تر، قابل قبول‌تر است. مقادیر آماره‌های EF و d نشان‌دهنده صحت برازش داده‌ها می‌باشد و از مقدار منفی بی‌نهایت در بدترین حالت تا یک در زمان برازش کامل داده‌ها متغیر است. مقدار R2 از صفر تا یک تغییر می‌کند و هر چه به‌یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده برازش بهتر داده‌ها می‌باشد (Tafteh et al., 2013). پس از واسنجی این اطلاعات به‌صورت بانک متمرکز در سامانه نیاز آب استقرار گرفت تا برای کل کشور قابل بررسی باشد.

نتایج و بحث

با استفاده از روش میانگین مستقیم و روش میانگین اصلاح شده مقادیر متوسط روز درجه رشد گیاه ذرت علوفه‌ای در شکل 1 ارائه شد:



شکل 1- روز درجه رشد تجمعی در دوره‌های رشد گیاه ذرت علوفه‌ای

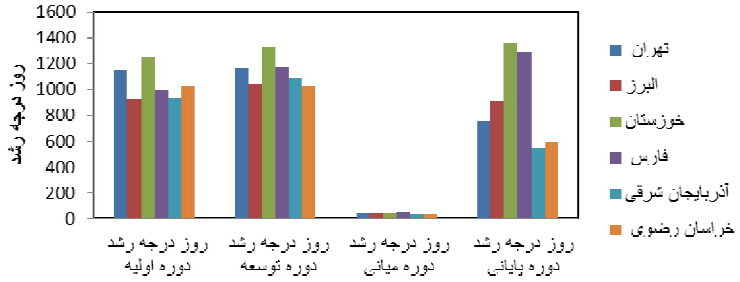
بر طبق نتایج به‌دست‌آمده مربع‌ها نشان‌دهنده مراحل رشد چهارگانه هستند و به طور متوسط برای دوره اولیه رشد گیاه ذرت علوفه‌ای 955 روز درجه رشد و برای تکمیل دوره توسعه 1069 روز درجه رشد و برای تکمیل دوره میانی 38 روز درجه رشد و مرحله پایانی 735 روز درجه رشد نیاز دارد. لذا به طور کلی گیاه ذرت علوفه‌ای به 2797 روز درجه رشد نیاز دارد که با گزارش بازگیر (1394) منطبق است. در صورت تامین نشدن این دما در مراحل رشد دوره رشد طولانی‌تر خواهد شد. لذا برای اطلاعات دقیق‌تر و بومی در هر منطقه و ایستگاه به سامانه نیاز آب مراجعه شود. تمام اطلاعات گیاه ذرت علوفه‌ای در کل کشور در سامانه در دسترس می‌باشد. جدول 2 مقدار تجمعی روز درجه رشد گیاه ذرت علوفه‌ای در نقاط مختلف کشور ارائه نموده است.

جدول 2- مقادیر روز درجه رشد گیاه ذرت علوفه‌ای در سطح کشور

نام استان	روز درجه رشد در اتمام دوره اولیه	روز درجه رشد در اتمام دوره توسعه	روز درجه رشد در اتمام دوره میانی	روز درجه رشد در اتمام دوره پایانی
تهران	1149	2311	2348	3103

البرز	928	1974	2012	2915
خوزستان	1248	2578	2615	3970
فارس	994	2163	2220	3512
آذربایجان شرقی	934	2014	2050	2594
خراسان رضوی	1025	2050	2082	2670

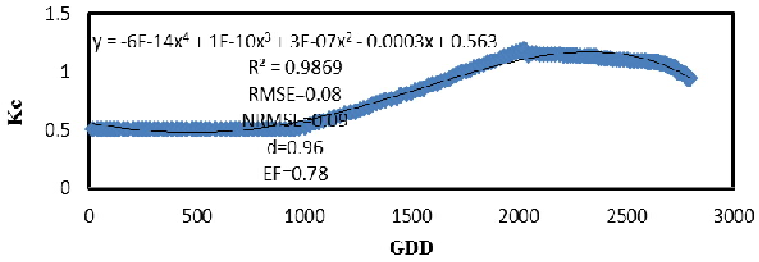
در شکل 2 مقادیر روز درجه رشد در طول دوره رشد گیاه ذرت علوفه‌ای برای هر دوره چهارگانه به‌صورت غیر تجمعی و مجزا ارائه شد.



شکل 2- مقدار روز درجه رشد موردنیاز برای دوره‌های رشد گیاه ذرت علوفه‌ای

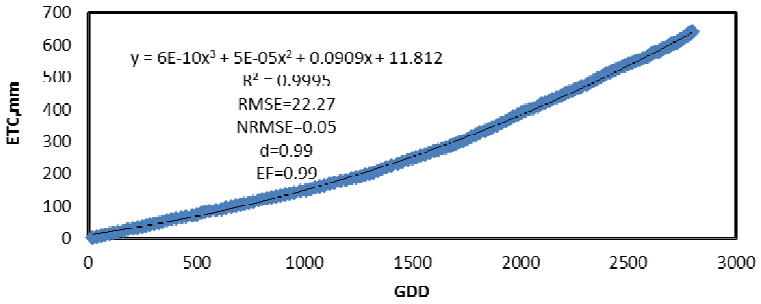
باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده در شکل 2 در هر منطقه مقادیر GDD کاملا متفاوت است و باتوجه‌به شرایط اقلیمی و رقم مورداستفاده مقدار GDD تغییر می‌نماید لذا لازم است تغییرات آن برای هر منطقه به‌صورت جداگانه بررسی گردد.

از طرف دیگر تغییرات ضریب گیاهی (Kc) با GDD کاملاً منطبق بوده و از یک سری ریاضی آریما قابل‌بررسی است البته تا درجه 4 جواب مناسب و قابل‌قبول می‌باشد؛ بنابراین رابطه درجه 4 با خطای 9 درصد جواب قابل‌قبولی را ارائه نموده است.



شکل 3- رابطه روز درجه رشد و ضرایب تبخیر تعرق گیاه ذرت علوفه‌ای

نتایج شکل 3 نشان می‌دهد که کارایی مدل 78 درصد بوده و با خطای حدود 9 درصد مدل نتایج قابل قبولی را برای تعیین ضرایب گیاهی ذرت علوفه‌ای ارائه نموده است. هم‌چنین رابطه نیاز آبی با GDD مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل 4 ارائه شده است.



شکل 4- رابطه روز درجه رشد و نیاز آبی تجمعی گیاه ذرت علوفه‌ای

بررسی نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که رابطه تبخیر تعرق و GDD بسیار خوب بوده و معادله ارائه شده با کارایی 99 درصد و خطای 5 درصد بسیار مناسب مقدار نیاز آبی را تعیین نموده است؛ لذا در مواردی که مقدار GDD وجود داشته باشد و اطلاعات مکفی در موردنیاز آبی موجود نباشد با دقت قابل قبولی می‌توان از رابطه‌های ارائه شده استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده برای شاخص روز درجه رشد گیاه ذرت علوفه‌ای در سطح کشور پیشنهاد می‌شود در مواقعی که اطلاعات دوره فنولوژی موجود نیست از این شاخص برای تعیین دوره‌های فنولوژی استفاده شود همچنین برای تعیین نیاز آبی و ضرایب گیاهی نیز می‌توان از این شاخص و روابط بومی که استخراج می‌گردد استفاده نمود.

منابع

زارع حقی، د.، نیشابوری، م.ر.، مجنونی هریس، ا. و جلیلیان، ز. 1395. تعیین ضریب گیاهی ذرت و لوبیا در شرایط کشت مخلوط جهت افزایش دقت آبیاری. نشریه دانش آب‌وخاک. جلد 26 شماره 1/2 صفحات 69 تا 78.

هلالی، ج.، قهرمان، ن. و خلیلی، ع. 1395. مقایسه مقادیر درجه روز رشد (GDD) گندم با استفاده از داده‌های ساعتی و روزانه دما در دو نمونه اقلیمی ایران. پژوهش‌های کاربردی زراعی، 29(1)، 8-18. doi: 10.22092/aj.2016.109215

Abrami, G. 1972.Optimum means temperature for a plant growth calculated by a new method of summation. Ecology53, 893–900.

Aiken, R. 2005. Applying thermal time scales to sunflower development. Agronomy Journal97, 746–754.

Alexandratos, N. and Bruinsma, J. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the (2012) revision.

Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. 1977. Crop water requirements. Irrig. and Drain. Paper NO. 24. FAO, Rome, Italy.

Ebrahimipak, N., Tafteh, A., Egdarnejad, A. and Kapourchal, S. 2018. Determination of monthly evapotranspiration coefficients of winter wheat by different methods of estimating evapotranspiration and evaporation pan in Qazvin plain. Iranian Journal of Soil and Water Research, 8(4), 107-121. (in Persian).

FAO, 2018. FAOSTAT. Available online:http://faostat.fao.org /site /567/ default .aspx# ancor.

Grigorieva, E.A., Matzarakis, A. and de Freitas, C.R. 2010. Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude. Climate Research.42:143-154. doi: 10.3354/cr00888.

Kara, N. Y.2015. Quality, and growing degree days of anise (Pimpinella anisum L.) under different agronomic practices. Turkish Journal of Agriculture & Forestry39, 1014 -1022.

McMaster, G.S. and Smika, D.E. 1988. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the central Great Plains. Agricultural and Forest Meteorology43, 1–18.

Ritchie, J. and NeSmith, D.1991. Temperature and crop development. Modeling plant and soil systems, 5–29.

Tafteh, A., Babazadeh, H., Ebrahimipak, N.A. and Kaveh, F. 2014a. Optimization of irrigation water distribution using the MGA method and comparison with a linear programming method. Journal of Irrigation and Drainage 63(5): 590–598.

Tafteh, A., Ebrahimipak, N.A., Babazadeh, H. and Kaveh, F. 2014b.Determine yield response factors of important crops by different production functions in qazvin plain. Ecology, Environment and Conservation 20 (2): 415-422.

Tafteh, A., Ebrahimipak, N.A., Babazadeh, H. and Kaveh, F. 2013. Evaluation of Improvement of Crop Production Functions for Simulation Winter Wheat Yields with Two Types of Yield Response Factors. Journal of Agricultural Science. 5: 111-122.

Tollenaar, M., Daynard, T. and Hunter, R.1979. Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. Crop Science19, 363–366.

White, J.W., Kimball, B.A., Wall, G.W. and Ottman, M.J. 2012. Cardinal temperatures for wheat leaf appearance as assessed from varied sowing dates and infrared warming. Field Crops Research137, 213–220.

Yan, W. and Wallace, D.H. 1998. Simulation and prediction of plant phenology for five crops based on photoperiod× temperature interaction. Annals of Botany81, 705–716.

Yin, X., Kropff, M.J. and Goudriaan, J. 1996. Differential effects of day and night temperature on development to flowering in rice. Annals of Botany77, 203–213.

Zhou, G. and Wang, Q. 2018.A new nonlinear method for calculating growing degree days. Scientific Reports. 8:10149. DOI:10 .1038 /s41598-018-28392-z.

تطبیق مراحل رشد گیاهی FAO با درجه روزرشد GDD بر اساس اطلاعات فنولوژی بومی گیاه چغندرقند در سامانه نیاز آب

آرش تافته [1]، نیازعلی ابراهیمی پاک [2]

[1] دانشیار بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، arash_tafteh@yahoo.com

[2] دانشیار بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

شاخص گیاهی روز درجه رشد (GDD) از پر اهمیت‌ترین مدل‌های گیاهی در تعیین دوره‌های رشد گیاه است؛ ازاین‌رو در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای انجام می‌شود. این عامل یک خصوصیت اقلیمی- گیاهی است. رابطه بین رشد گیاه و درجه‌حرارت برای محاسبه GDD از اهمیت بالایی برخوردار است. در این مطالعه باتوجه‌به ایجاد بانک اطلاعات فنولوژی بومی برای گیاه چغندرقند در سامانه نیاز آب بارگذاری شد. با استفاده از داده‌های اقلیمی و آخرین روش‌های مطرح در تعیین GDD که در سال 2008 ارائه شده است مقادیر GDD برای چغندرقند محاسبه و زیر سامانه آن تکمیل و پس از صحت سنجی در سامانه بارگذاری شد. نتایج نشان داد که داده‌های GDD و دوره‌های رشد بومی انطباق مناسبی با هم داشته و برای هر منطقه، مقادیر کاملاً متفاوت و منحصربه‌فرد می‌باشد. همچنین روابط بسیار مناسبی بین ضریب گیاهی و نیاز آبی گیاهان مختلف با شاخص GDD به دست آمد که در این گزارش به برخی از آن‌ها اشاره شده است. به‌عنوان‌مثال شاخص GDD با ضریب Kc در ارزیابی نشان داد که این مدل برای گیاه چغندرقند با شاخص کارایی مدل 95 درصد بسیار عالی عمل کرده است و با خطای حدود 6 درصد عملکرد قابل‌قبولی دارد؛ لذا با استفاده از این شاخص در ایستگاه‌های فاقد داده مکفی می‌توان از این شاخص جهت برآورد ضریب تبخیر تعرق گیاهان استفاده نمود. همچنین نتایج نیاز آبی نشان داد که مدل به طور متوسط کارایی 99 درصد داشته و نیاز آبی تجمعی با خطای 4 درصد برای چغندرقند قابل‌محاسبه می‌باشد.

کلمات کلیدی: درجه روزرشد، دوره فنولوژی، چغندرقند، دما، مراحل رشد

مقدمه

چغندرقند یکی از گیاهان زراعی است و باتوجه‌به نیاز جامعه به شکر، در سطح وسیعی از دنیا کشت می‌شود لذا تأمین آب موردنیاز چغندرقند یکی از عوامل ضروری تولید است. نیاز آبی گیاه چغندرقند براساس واریته‌های مختلف و اقالیم گوناگون، متفاوت است. مقدار نیاز آبی از 250 میلی‌متر برای مناطق مرطوب تا 2700 میلی‌متر برای مناطق گرم و خشک متغیر است. میزان تبخیر تعرق گیاه چغندرقند با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار در طرق مشهد 1221 میلی‌متر، در کرج برای چغندر بذری 516 میلی‌متر و برای چغندرقند ریشه‌ای 1296میلی‌متر، زمانی که نیاز آبی گیاه تأمین نشود و میزان تبخیر تعرق واقعی گیاه کمتر از تبخیر تعرق پتانسیل شود، در چنین شرایطی ممکن است به گیاه تنش آبی وارد شود و عملکرد محصول کاهش یابد. واکنش چغندرقند به کم‌آبی در مراحل مختلف رشد متفاوت است (ابراهیمی پاک و تافته، 1396).

مدل گیاهی GDD از پر اهمیت‌ترین مدل‌های گیاهی در تعیین دوره‌های رشد گیاه می‌باشد؛ ازاین‌رو در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای در سال‌های اخیر در حال انجام است (Cross and Zuber,1972). این عامل یک خصوصیت اقلیمی- گیاهی است

(McMaster and Smika ,1988). رابطه بین رشد گیاه و درجه‌حرارت برای محاسبه GDD از اهمیت بالایی برخوردار است. یک رابطه خطی که فرض می‌کند سرعت رشد متناسب با درجه‌حرارت آستانه است، بیشتر مورداستفاده قرار می‌گیرد و اغلب برای دمای متوسط محاسبات دقیق‌تر است (White et al., 2012).

بااین‌وجود، فرض خطی‌بودن دما خطاهایی را به همراه خواهد داشت و وقتی دما در شرایط متغیر به سمت افراط‌گرایش یابد این خطا افزایش می‌یابد؛ بنابراین بسیاری از روش‌ها که فرض رابطه غیرخطی دارند، توسعه یافته‌اند که هریک دارای نقاط قوت و ضعف هستند؛ به‌عنوان‌مثال، یک رویکرد دوطرفه اتخاذ شده است که در آن پاسخ به دمای زیر و فوق بالا توسط معادلات خطی مختلف کنترل می‌شود و منحنی پاسخ واقعی به‌طورکلی نرمال می‌گردد تا نوسانات دمایی که رشد را مختل می‌نمایند در این بازه‌ها در نظر گرفته نشوند (Aiken, 2005).

معادله نمایی معمولاً برای شبیه‌سازی عملکرد در دماهای پایین تا متوسط مؤثر است، ولی برای دما بالا کارایی ندارد؛ زیرا در دمای بالا توسعه گیاهی مختل می‌گردد (Tollenaar et al., 1979). معادله درجه دوم یک مدل ساده است که می‌تواند در دماهای بالا سرعت توسعه کمتری را تعریف نماید (Yan and Wallace,1998). با این حال، پاسخ دما به ندرت یک حالت متقارن دارد؛ بنابراین کاربردهای مدل‌های درجه دوم خطای بالایی خواهند داشت (Kara, 2015). محققین یک تابع بتا شامل سه عامل (کنترل درجه‌حرارت) برای توصیف پاسخ دما استفاده کردند که نتایج شبیه‌سازی‌ها برای چندین گیاه مانند ذرت، گندم، جو، سورگوم و لوبیا موفقیت‌آمیز بود. این روش نسبت به روش‌های زمانی- حرارتی که به طور گسترده در پیش‌بینی مراحل رشد محصول استفاده می‌شد برتری داشت. این روش روند نامتقارن دمایی را برای سرعت رشد و کاهش این سرعت در دمای بالا حساب می‌کند (Yin et al.,1996).

در روش‌های سنتی تعیین GDD، میزان رشد به طور خطی با دمای بالاتر از آستانه و پایین‌تر از آستانه مرتبط می‌شد؛ بااین‌حال، خطی‌سازی باوجود استفاده گسترده از آن، اغلب به بیش‌برآورد بودن مورد انتقاد قرار می‌گیرد (Ruml et al., 2010). یک مدل GDD باثبات‌تر و کمتر متغیر که با یک روش دقیق محاسبه شود، لازم است تا مراحل دوره رشد محصول را بادقت مورد مقایسه و پیش‌بینی قرار دهد. زارع حقی و همکاران (1395) در آزمایشی که در تبریز انجام دادند طول مراحل رشد توصیه شده توسط فائو (Doorenbos and Pruitt, 1977) برای تعیین ضریب گیاهی کشت مخلوط ذرت علوفه‌ای- لوبیا را هم بر اساس تعداد روز و هم بر اساس درجه روز- رشد تعیین نمودند. نتایج نشان دادکه طول مراحل رشد اولیه، توسعه، میان فصلی و انتهایی بترتیب 18، 37 ، 41 و17 روز بود که بترتیب پس از دریافت 179، 567، 678 و 227 درجه روز رشد حاصل شدند.

در این مطالعه با استفاده از اطلاعات بومی گیاه چغندرقند در کشور مقادیر روز درجه رشد محاسبه و با سایر متغیرهای مهم مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

برای محاسبه درجه روزرشد (GDD) از دو روش پیشنهادی Zhou and Wang (2018) استفاده شد.

روش اول:

معادلات حاکم بر این روش به شرح ذیل می‌باشد.

$$GDD=\sum DDT \quad (1)$$

که DDT در آن به شرح ذیل محاسبه می‌گردد:

$$D \quad (2)$$

$$Tave=(Tmax+Tmin)/2 \quad (3)$$

که در آن Tave میانگین دمای روزانه بوده و Tb دمای پایه رشد گیاه و Tu بیشینه دمای ممکن برای رشد گیاه می‌باشد. باتوجه‌به تحقیقات Grigorieva et al.(2010) مقدار بیشینه دمای ممکن برای رشد حدود 30 درجه و دمای حداقل رشد صفر درجه به‌عنوان حد پایین قابل توصیه و قابل قبول (بدون ترند) گزارش شده است که در این تحقیق مقدار بیشینه 30 و مقدار دمای پایه برای هر گیاه از بانک اطلاعات سامانه نیاز آب گرفته شد.

روش دوم:

معادلات حاکم بر این روش به شرح ذیل می‌باشد.

$$GDD=\sum DDT \quad (4)$$

که DDT در آن به شرح ذیل محاسبه می‌گردد:

$$D \quad (5)$$

$$\begin{aligned} &Tm=\min(Tmax, Tu)\\ &Tn=Max(Tmin, Tb)\\ &Tave'=(Tm+Tn)/2 \end{aligned} \quad (6)$$

که در آن Tave′ میانگین دمای روزانه اصلاح شده بوده و Tb دمای پایه رشد گیاه و Tu بیشینه دمای ممکن Tm برای کنترل دما است که از حد بیشینه دمای در محاسبات فراتر نرود و Tn برای کنترل دما است که از حد پایه در محاسبات پایین‌تر نشود که با شرایط رشد گیاه متناسب‌تر می‌باشد. باتوجه‌به تحقیقات Grigorieva et al.(2010) مقدار بیشینه دمای ممکن برای رشد حدود 30 درجه و دمای حداقل رشد صفر درجه به‌عنوان حد پایین قابل توصیه و قابل قبول (بدون ترند) گزارش شده است که در این تحقیق مقدار بیشینه 30 و مقدار دمای پایه برای ذرت علوفه‌ای 4 درجه با استفاده از بانک اطلاعات سامانه نیاز آب در نظر گرفته شد (Tafteh et al., 2014a).

این اطلاعات با استفاده از شاخص‌های آماری نیز مورد بررسی قرار گرفت (احمدی و همکاران، 1395).

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i-O_i)^2}{n}} \quad (7)$$

$$NRMSE=\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i-O_i)^2}{n}}}{\overline{O_i}} \quad (8)$$

$$EF=1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i-O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\overline{O})^2} \quad (9)$$

$$d=1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i-O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|P_i|+|O_i|)^2} \quad (10)$$

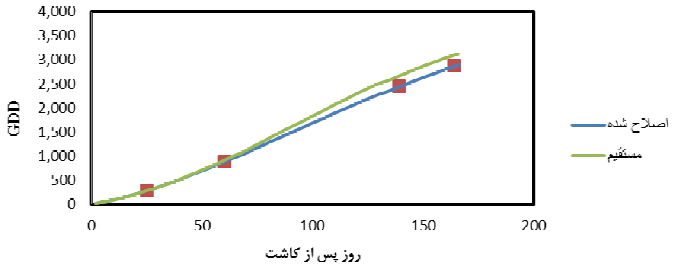
$$R^2=\frac{\left(\sum(P_i-\overline{P})(O_i-\overline{O})\right)^2}{\sum(P_i-\overline{P})^2\sum(O_i-\overline{O})^2} \quad (11)$$

در این روابط، Pi مقدار شبیه‌سازی شده، Oi مقدار اندازه‌گیری شده، $\overline{P}$ میانگین مقادیر شبیه‌سازی شده، $\overline{O}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و n برابر تعداد داده‌ها می‌باشد. مقدار آماره RMSE همواره مثبت و هر چه به‌صفر نزدیک‌تر، قابل قبول‌تر است. مقادیر آماره‌های EF و d نشان‌دهنده صحت برازش داده‌ها می‌باشد و از مقدار منفی بی‌نهایت در بدترین حالت تا یک در زمان برازش کامل داده‌ها متغیر است. مقدار R2 از صفر تا یک تغییر می‌کند و هر چه به‌یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده برازش بهتر داده‌ها می‌باشد

(Tafteh et al., 2013). پس از واسنجی این اطلاعات به‌صورت بانک متمرکز در سامانه نیاز آب استقرار گرفت تا برای کل کشور قابل بررسی باشد.

نتایج و بحث

با استفاده از روش میانگین مستقیم و روش میانگین اصلاح شده مقادیر متوسط درجه روز رشد گیاه چغندرقند در شکل 1 ارائه شد.



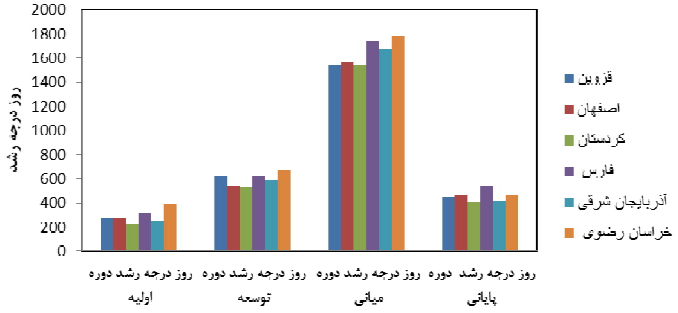
شکل 1- درجه روز رشد تجمعی در دوره‌های رشد گیاه چغندرقند

بر طبق نتایج به‌دست‌آمده مربع‌ها نشان‌دهنده مراحل رشد چهارگانه هستند و به طور متوسط برای دوره اولیه رشد گیاه چغندرقند 208 درجه روز رشد و برای تکمیل دوره توسعه 598 درجه روز رشد و برای تکمیل دوره میانی 1550 درجه روز رشد و مرحله پایانی 439 درجه روز رشد نیاز دارد. لذا به طور کلی گیاه چغندرقند به 2889 درجه روز رشد نیاز دارد که با گزارش ابراهیمی پاک و غالبی (1393) منطبق است. در صورت تامین نشدن این دما در مراحل رشد دوره رشد طولانی‌تر خواهد شد. لذا برای اطلاعات دقیق‌تر و بومی در هر منطقه و ایستگاه به سامانه نیاز آب مراجعه شود. تمام اطلاعات گیاه چغندرقند در کل کشور در سامانه در دسترس می‌باشد. جدول 3 مقدار تجمعی روز درجه رشد گیاه چغندرقند در نقاط مختلف کشور ارائه نموده است.

جدول 1- مقادیر درجه روز رشد گیاه چغندرقند در سطح کشور

نام استان	درجه روزرشد در اتمام دوره اولیه	درجه روزرشد در اتمام دوره توسعه	درجه روزرشد در اتمام دوره میانی	درجه روزرشد در اتمام دوره پایانی
قزوین	282	899	2441	2888
اصفهان	276	820	2390	2853
کردستان	227	759	2302	2713
فارس	319	939	2684	3221
آذربایجان شرقی	254	843	2517	2941
خراسان رضوی	390	1067	2849	3318

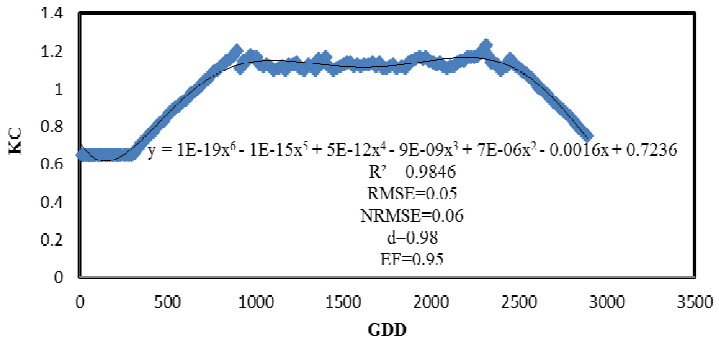
در شکل 2 مقادیر درجه روز رشد در طول دوره رشد گیاه چغندرقند برای هر دوره چهارگانه به‌صورت غیر تجمعی و مجزا ارائه شد.



شکل 2- مقدار درجه روز رشد موردنیاز برای دوره‌های رشد گیاه چغندرقند

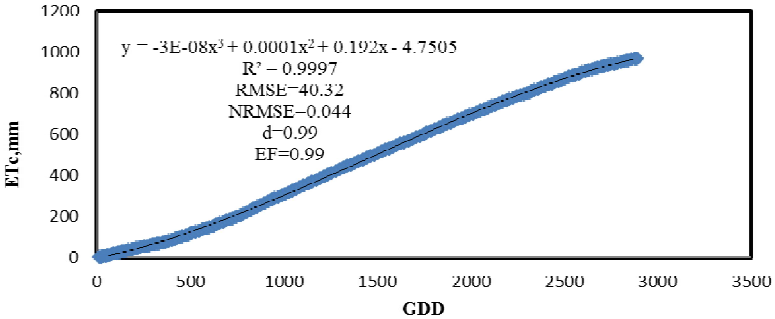
باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده در شکل 10 در هر منطقه مقادیر GDD کاملا متفاوت است و باتوجه‌به شرایط اقلیمی و رقم مورداستفاده مقدار GDD تغییر می‌نماید لذا لازم است تغییرات آن برای هر منطقه به‌صورت جداگانه بررسی گردد.

از طرف دیگرتغییرات ضریب گیاهی (Kc) با GDD کاملا منطبق بوده و از یک سری ریاضی آریما قابل بررسی است البته تا درجه 6 جواب مناسب و قابل قبول می‌باشد. بنابراین رابطه درجه 6 با خطای 6 درصد جواب قابل قبولی را ارائه نموده است.



شکل 3- رابطه درجه روز رشد و ضرایب تبخیر تعرق گیاه چغندرقند

نتایج شکل 3 نشان می‌دهد که کارایی مدل 95 درصد بوده و مدل با خطای 6 درصد نتایج قابل قبولی را برای تعیین ضرایب گیاهی چغندرقند ارائه نموده است. همچنین رابطه نیاز آبی با GDD مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل 11 ارائه شده است.



شکل 4- رابطه درجه روز رشد و نیاز آبی تجمعی گیاه چغندرقند

بررسی نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که رابطه تبخیر تعرق و GDD بسیار خوب بوده و معادله ارائه شده با کارایی 99 درصد و خطای 4 درصد بسیار مناسب مقدار نیاز آبی را تعیین نموده است. لذا در مواردی که مقدار GDD وجود داشته باشد و اطلاعات مکفی در موردنیاز آبی موجود نباشد با دقت قابل قبولی می‌توان از رابطه‌های ارائه شده استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده برای شاخص درجه روزرشد گیاه چغندرقند در سطح کشور پیشنهاد می‌شود در مواقعی که اطلاعات دوره فنولوژی موجود نیست از این شاخص برای تعیین دوره‌های فنولوژی استفاده شود همچنین برای تعیین نیاز آبی و ضرایب گیاهی نیز می‌توان از این شاخص و روابط بومی که استخراج می‌گردد استفاده نمود.

منابع

زارع حقی، د.، نیشابوری، م.ر.، مجنونی هریس، ا. و جلیلیان، ز. 1395. تعیین ضریب گیاهی ذرت و لوبیا در شرایط کشت مخلوط جهت افزایش دقت آبیاری. نشریه دانش آب‌وخاک. جلد 26 شماره 1/2 صفحات 69 تا 78.

هلالی، ج.، قهرمان، ن. و خلیلی، ع. 1395. مقایسه مقادیر درجه روز رشد (GDD) گندم با استفاده از داده های ساعتی و روزانه دما در دو نمونه اقلیمی ایران. پژوهش های کاربردی زراعی, 29(1), 8-18. doi: 10.22092/aj.2016.109215

Abrami, G. 1972.Optimum means temperature for a plant growth calculated by a new method of summation. Ecology53, 893–900.

Aiken, R. 2005. Applying thermal time scales to sunflower development. Agronomy Journal97, 746–754.

Alexandratos, N. and Bruinsma, J. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the (2012) revision.

Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. 1977. Crop water requirements. Irrig. and Drain. Paper NO. 24. FAO, Rome, Italy.

Ebrahimipak, N., Tafteh, A., Egdarnejad, A. and Kapourchal, S. 2018. Determination of monthly evapotranspiration coefficients of winter wheat by different methods of estimating evapotranspiration and evaporation pan in Qazvin plain. Iranian Journal of Soil and Water Research, 8(4), 107-121. (in Persian).

FAO, 2018. FAOSTAT. Available online:http://faostat.fao.org /site /567/ default .aspx# ancor.

Grigorieva, E.A., Matzarakis, A. and de Freitas, C.R. 2010. Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude. Climate Research.42:143-154. doi: 10.3354/cr00888.

Kara, N. Y. 2015. Quality, and growing degree days of anise (Pimpinella anisum L.) under different agronomic practices. Turkish Journal of Agriculture & Forestry39, 1014 -1022.

McMaster, G.S. and Smika, D.E. 1988. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the central Great Plains. Agricultural and Forest Meteorology43, 1–18.

Ritchie, J. and NeSmith, D. 1991. Temperature and crop development. Modeling plant and soil systems, 5–29.

Tafteh, A., Babazadeh, H., Ebrahimipak, N.A. and Kaveh, F. 2014a. Optimization of irrigation water distribution using the MGA method and comparison with a linear programming method. Journal of Irrigation and Drainage 63(5): 590–598.

Tafteh, A., Ebrahimipak, N.A., Babazadeh, H. and Kaveh, F. 2014b.Determine yield response factors of important crops by different production functions in qazvin plain. Ecology, Environment and Conservation 20 (2): 415-422.

Tafteh, A., Ebrahimipak, N.A., Babazadeh, H. and Kaveh, F. 2013. Evaluation of Improvement of Crop Production Functions for Simulation Winter Wheat Yields with Two Types of Yield Response Factors. Journal of Agricultural Science. 5: 111-122.

Tollenaar, M., Daynard, T. and Hunter, R.1979. Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. Crop Science19, 363–366.

White, J.W., Kimball, B.A., Wall, G.W. and Ottman, M.J. 2012. Cardinal temperatures for wheat leaf appearance as assessed from varied sowing dates and infrared warming. Field Crops Research137, 213–220.

Yan, W. and Wallace, D.H. 1998. Simulation and prediction of plant phenology for five crops based on photoperiod× temperature interaction. Annals of Botany81, 705–716.

Yin, X., Kropff, M.J. and Goudriaan, J. 1996. Differential effects of day and night temperature on development to flowering in rice. Annals of Botany77, 203–213.

Zhou, G. and Wang, Q. 2018.A new nonlinear method for calculating growing degree days. Scientific Reports. 8:10149. DOI:10 .1038 /s41598-018-28392-z.

لزوم به‌روزرسانی سند ملی آب در حوزه دریاچه ارومیه در شهرستان سقز

همایون فقیه [1]، نیازعلی ابراهیمی‌پاک [2]، نرگس حسینی [3]

[1] محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، hfkuir@gmail.com

[2] دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج

[3] محقق مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج

چکیده

دریاچه ارومیه ایران بزرگ‌ترین دریاچه آب‌شور خاورمیانه است. تغییر اقلیم، توسعه نامتوازن و ناپایدار فعالیت‌های کشاورزی و کارایی پایین مصرف آب در این بخش از دلایل اصلی کاهش حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه و خشک‌شدن آن است. برنامه‌ریزی آبیاری می‌تواند اقدامی مؤثر برای مدیریت مصرف آب کشاورزی در این منطقه باشد. برنامه‌ریزی برای تخصیص آب در بخش کشاورزی ایران، بر اساس سطح کشت و نیاز آبی گیاهان مندرج در سند ملی آب صورت می‌گیرد. نیاز آبی گیاهان در این سند بر اساس داده‌های آب‌وهوایی ایستگاه‌های هواشناسی دوره آماری 25ساله (1995-1970 میلادی) و با استفاده از روش توصیه‌شده سازمان فائو برآوردشده است. باتوجه‌به تغییرات اقلیمی گزارش شده در مناطق مختلف و طولانی‌تر شدن دوره آماری داده‌های هواشناسی کشور، به‌روزرسانی این سند برای کشاورزی ایران ضروری است. هدف از انجام این پژوهش برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی عمده شهرستان سقز در حوزه دریاچه ارومیه برای دوره آماری 43ساله (1359-1358 تا 1401-1400) و مقایسه نتایج آن با سند می‌باشد. برآورد نیاز آبی گیاهان با استفاده از روش دومرحله‌ای فائو انجام شد. این مطالعه نشان داد که نیاز خالص آبیاری محاسبه شده برای محصولات اصلی در این شهرستان با مقادیر ذکر شده در سند ملی آب متفاوت است. نیاز خالص آبیاری برای شش محصول کلیدی گندم، یونجه، چغندرقند، سیب‌زمینی، ذرت علوفه‌ای و گوجه‌فرنگی که 91/4 درصد از اراضی آبی منطقه را تشکیل می‌دهند، به ترتیب 53، 43، 58، 8، 58 و 70 درصد بیشتر از مقادیر موجود در سند آب است. این نابرابری‌ها ضرورت بازنگری و به‌روزرسانی سند ملی آب را برجسته می‌کند.

کلمات کلیدی: پنمن- مانتیث فائو، تغییر اقلیم، دریاچه ارومیه، سامانه نیاز آب، ضریب گیاهی (K_C)

مقدمه

محدودیت منابع آب اهمیت بهره‌برداری پایدار از آن‌ها را صدچندان می‌سازد. در بسیاری از مناطق ایران مصرف عمده آب در بخش کشاورزی می‌باشد. بنابراین برای رفع مشکل کمبود آن باید آب موردنیاز بخش کشاورزی را بادقت بیشتر برآورد و با راندمان بالا مصرف نمود.

تا سال 1376 محاسبات مربوط به تخمین نیاز آبی گیاهان در کشور بیشتر موردی بود که عمدتاً توسط مهندسین مشاور مختلف برای انجام پروژه‌های آبیاری انجام می‌شد. مؤسسه تحقیقات خاک و آب نیاز آبی گیاهان مهم کشور در مناطق عمده کشت را محاسبه و در دو جلد (زراعی و باغی) ارائه نمود (فرشی و همکاران 1376). در سال 1378 با همکاری وزارت نیرو، جهاد کشاورزی و سازمان هواشناسی کشور سند ملی آب کشور تهیه و پس از تصویب اجرایی شد. برای تهیه‌ی آن از آمار سال‌های 1970 تا 1995 میلادی استفاده شد (علیزاده و کمالی، 1386). اکنون که تقریباً 30 سال از تهیه سند ملی آب گذشته و در بسیاری از مناطق تغییر اقلیم گزارش شده است، به نظر می‌رسد به‌روزرسانی این سند، از ضروریات کشاورزی در کشور باشد. بر این اساس پژوهشگران در مناطقی از کشور نیاز آبی محصولات عمده را برآورد

نموده و با سند ملی آب مقایسه نموده‌اند. آن‌ها اختلاف بین نتایج سند ملی آب و محاسبات جدید را گزارش نمودند (فولادمند، 1388ب؛ عرفانیان و همکاران، 1389؛ فولادمند، 1389؛ فقیه و شهابی‌فر، 1393؛ فقیه، 1393؛ فقیه و بهمنش، 1395).

این پژوهش باهدف برآورد نیاز آبی محصولات عمده شهرستان سقز در حوزه آبریز دریاچه ارومیه و مقایسه نتایج با سند ملی آب انجام شد. تغییر اقلیم و مصرف بی‌رویه آب در بخش کشاورزی از دلایل اصلی کاهش حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه و خشک‌شدن آن است. تداوم خشک‌شدن دریاچه ارومیه آسیب جدی به‌سلامت، بهداشت و معیشت و همچنین تخریب اکوسیستم حوضه آن وارد می‌کند (Faghih et al., 2022; Faghih et al., 2021). درچنین شرایطی به‌روزرسانی نیاز آبی محصولات عمده این منطقه، که با بحران آب مواجه است، از برنامه‌های ضروری بخش کشاورزی است و می‌تواند در مدیریت مصرف بهینه آب مؤثر باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه، شهرستان سقز در بخش جنوبی حوضه دریاچه ارومیه است. سقز بر اساس روش آمبرژه آب‌وهوای نیمه-مرطوب سرد دارد. کمینه و بیشینه دمای هوای روزانه سقز در سردترین و گرم‌ترین ماه‌های سال به ترتیب 36- و 43 درجه سلسیوس است. میانگین بارش سالانه این شهرستان در حدود 450 میلی‌متر است. سقز به طور متوسط 118000 هکتار اراضی زراعی دارد و از مناطق عمده کشاورزی در استان کردستان و حوضه دریاچه ارومیه است (Faghih et al., 2022; Faghih et al., 2021; Faghih 2018).

در این پژوهش برای تخمین نیاز آبی گیاهان عمده سقز از روش دومرحله‌ای پیشنهادی فائو استفاده شد. ابتدا با استفاده از متغیرهای آب‌وهوایی مؤثر در تبخیر تعرق، نیاز آبی سطح استاندارد گیاه مرجع چمن (ET_0) که همان قدرت تبخیرکنندگی هوا می‌باشد، با معادله پنمن- مانتیث فائو برآورد شد (Allen et al., 1998؛ فقیه، 1394). سپس با اعمال ضریب گیاهی (K_C) مناسب، نیاز آبی گیاه تعیین شد. ضریب گیاهی (K_C) اثر خصوصیات گیاه را در نیاز آبی لحاظ می‌نماید. نهایتاً با کم‌کردن بارش مؤثر از نیاز آبی، مقدار کمبود رطوبت اقلیم (Climate Moisture Deficit) به دست آمد که باید به‌وسیله آبیاری تأمین شود. روش استفاده شده برای محاسبه بارش مؤثر، روش سازمان حفاظت خاک وزارت کشاورزی آمریکا بود.

برای برآورد تبخیر تعرق گیاه مرجع، از داده‌های آب‌وهوایی روزانه ایستگاه همدیدی سقز واقع در منطقه موردمطالعه استفاده شد. ایستگاه سقز دارای عرض جغرافیایی 36° 15′ N، طول جغرافیایی 46° 16′ E و ارتفاع 1523 متر از سطح دریا است. متغیرها شامل کمینه و بیشینه رطوبت نسبی (RH)، میزان بارش (P)، کمینه و بیشینه دمای هوا (T)، ساعات آفتابی (n) و میانگین روزانه سرعت باد (u_2) در ارتفاع دو متری با دوره آماری 43 سال (از 1359-1358 تا 1401-1400) بود.

نتایج و بحث

الگوی کشت آبی شهرستان سقز با استفاده از آمار سال زراعی (1399-1398) تعیین و در جدول (1) ارائه شده است. از این جدول مشاهده می‌شود بیشترین سطح زیر کشت به ترتیب به گندم، یونجه، چغندرقند، سیب‌زمینی، ذرت علوفه‌ای، شبدر، کلزا و گوجه‌فرنگی اختصاص دارد (95/8 درصد از کل سطح زیر کشت آبی شهرستان سقز). بنابراین نیاز آبی این محصول‌ها برآورد و با مقدار آن‌ها در سند ملی آب مقایسه شد.

با ورود داده‌های آب‌وهوایی روزانه مربوط به ایستگاه سقز در محیط نرم‌افزار CROPWAT8.0، تبخیر تعرق پتانسیل (ET_0) روزانه سطح استاندارد چمن برای دوره 43 ساله (1359-1358 تا 1401-1400) محاسبه شد. سپس با ضرب نمودن ET_0 در ضریب گیاهی (K_C) نیاز آبی روزانه برای کل فصل رشد تعیین شد. به این ترتیب برای هر گیاه در سال‌های گوناگون داده‌های متفاوتی به‌عنوان نیاز آبی به‌دست‌آمد. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار Easyfit5.5 توزیع‌های آماری مختلف به داده‌ها برازش داده شد. با انتخاب توزیع مناسب نیاز

آبی در کل دوره رشد برای هر یک از محصول‌های عمده منطقه در سطح احتمال 50 درصد محاسبه شد. نتایج محاسبات این پژوهش (سامانه نیاز آب) و سند ملی آب برای محصولات عمده منطقه سقز در جدول (2) ارایه شده است.

جدول 1- درصد سطح زیر کشت آبی محصولات زراعی سقز در سال زراعی (1399-1398)

محصول																		
غلات		علوفه			صنعتی		سبزی‌ها				جالیز			حبوبات				
گندم	جو	یونجه	ذرت	شبدر و سایر	چغندر	کلزا	سیب‌زمینی	پیاز	گوجه‌فرنگی	سایر	خیار	هندوانه	سایر	نخود	لوبیا	عدس		
34/8	0/7	30/4	3/9	2/3	13/8	2/1	7/1	0/8	1/4	1/0	0/6	0/1	0/2	0/2	0/4	0/1		
35/5		36/7			15/9		10/3				0/9			0/7				
100 درصد																		

* مساحت زمین‌های زراعی زیر کشت آبی شهرستان سقز تقریباً 13800 هکتار است.

جدول 2- نتایج محاسبات نیاز آبی گیاهان عمده زراعی در سقز ارایه شده در سند ملی آب و سامانه نیاز آب (mm)

محصول	مرجع						نسبت (1) به (2)
	سند ملی آب			سامانه نیاز آب			
	تبخیر-تعرق (mm)	بارش مؤثر (mm)	نیاز آبیاری خالص (mm) (2)	تبخیر-تعرق (mm)	بارش مؤثر (mm)	نیاز آبیاری خالص (mm) (1)	
گندم	375	155	220	489	153	336	1/53
یونجه	792	157	635	1054	147	907	1/43
چغندرقند	587	51	536	880	35	845	1/58
سیب‌زمینی	628	56	572	630	11	619	1/08
ذرت	423	37	386	620	11	609	1/58
شبدر	858	122	736	704	46	658	0/89
کلزا	-	-	-	-	-	-	-
گوجه‌فرنگی	572	68	504	857	1	856	1/70

نتیجه‌گیری

با بررسی جدول (2) مشاهده می‌شود مقدار نیاز خالص آبیاری گیاهان عمده زراعی شهرستان سقز برآورد شده در این پژوهش (سامانه نیاز آب) با مقدار آن در سند ملی آب متفاوت است. به‌طوری‌که مقدار نیاز خالص آبیاری در اینجا برای شش محصول گندم، یونجه، چغندرقند، سیب‌زمینی، ذرت علوفه‌ای و گوجه‌فرنگی (که 91/4درصد سطح زیر کشت منطقه را شامل می‌شوند) به‌ترتیب 53، 43، 58، 8، 58 و 70 درصد نسبت به مقدار آن در سند ملی بیشتر است.

برای این اختلاف می‌توان دلیل‌های متعدد از جمله متفاوت‌بودن طول و عدم تطابق دوره آماری سری داده‌های استفاده شده در محاسبات هر یک از منابع، تغییر در تقویم زراعی و روند افزایشی یا کاهشی برخی از متغیرهای آب‌وهوایی را برشمرد. گزارش‌ها (عرفانیان و همکاران 1389؛ فولادمند 1389؛ فقیه و شهابی‌فر 1393؛ فقیه 1393؛ فقیه و بهمنش 1395) در سایر مناطق کشور حاکی از آن است که بین نتایج سند ملی آب و محاسبات جدید اختلافاتی وجود دارد که مطابق با یافته‌های این پژوهش است. در نهایت این اختلاف نتایج اهمیت لزوم بازنگری و به‌روزرسانی سند ملی آب را تأیید می‌نماید.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان هواشناسی ایران (IMO) و سازمان جهاد کشاورزی کردستان برای حمایت علمی و ارائه آمار قدردانی می‌کنند. همچنین نویسندگان از زحمات ارزشمند شورای سیاست‌گذاری و کمیته‌های (برگزاری، علمی، اجرایی و آموزش) **پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه** تشکر می‌نمایند.

منابع

عرفانیان، م.، علیزاده، ا. و محمدیان، آ. 1389. بررسی تغییرات احتمالی نیاز کنونی آبیاری گیاهان نسبت به ارقام مندرج در سند ملی آبیاری (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی). مجله آبیاری و زهکشی ایران، 4(3)، ص 492-478.

علیزاده، ا. و کمالی، غ.ع. 1386. نیاز آبی گیاهان در ایران. چاپ اول، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، 223 صفحه.

فرشی، ع.، شریعتی، م.، جارالهی، ر.، قائمی، م.، شهابی‌فر، م. و تولائی، م. 1376. برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (نسخه اول). کرج، انتشارات نشر آموزش کشاورزی، دو جلد، جلد اول، 900 ص.

فقیه، ه. 1393. برآورد نیازآبی گندم در شهرستان سقز. اولین همایش ملی مدیریت خاک و آب در تولید گندم. کرج: مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

فقیه، ه. و بهمنش، ج. 1395. لزوم به‌روز رسانی سند ملی آب. دومین کنفرانس هیدرولوژی مناطق نیمه‌خشک، سنندج، جهاد دانشگاهی کردستان.

فقیه، ه. و شهابی‌فر، م. 1393. برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی عمده قروه. دومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه. کرج: مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

فقیه، ه. 1394. ارزیابی شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های فیزیکی تجربی تخمین تبخیر- تعرق گیاه مرجع در آب‌وهوای نیمه‌خشک. نشریه دانش آب‌وخاک, 25(4/2), 137-152.

فولادمند، ح. 1388 ب. برآورد نیاز آبیاری چغندرقند در مناطق گوناگون استان فارس در شرایط بحرانی و سطوح مشخص احتمال. مجله چغندرقند، 25(2)، ص 162-153.

فولادمند، ح. 1389. تخمین نیاز آبیاری میانگین و بحرانی گیاهان زراعی مهم استان فارس. دانش آب‌وخاک، 20(2)، ص 196-187.

Allen, R.G., Pereira, L. S. and Smith, D.R. 1998. Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements). Rome, Italy: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.

Faghih, H. 2018. Water requirement estimation of main field crops in Kurdistan. Karaj, Iran: Soil and Water Research Institute (In Persian).

Faghih, H., Behmanesh, J., Rezaie, H. and Khalili, K. 2021. Changes in Climatic Variables and Their Effect on Wheat Water Requirement in Urmia Lake Basin. Journal of Agricultural Science and Technology, 23(5), 1179-1191.

Faghih, H., Behmanesh, J., Rezaie, H. and Khalili, K. 2022. Application of artificial intelligence in agrometeorology: a case study in Urmia Lake basin, Iran. Theoretical and Applied Climatology. doi:10.1007/s00704-022-04104-6

مقایسه آب کاربردی گندم با نیاز آبیاری آن در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه

مهدی جوزی [1]، نیازعلی ابراهیمی پاک [2]، فرشید تاران [3]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، m.jovzi@areeo.ac.ir

[2] دانشیار، بخش آبیاری، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] استادیار، بخش تحقیقات مهندسی زهکشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

یکی از راهکارهای سازگاری با کمبود آب، مدیریت بهینه منابع آب و بهبود کمی و کیفی تولید در بخش کشاورزی، آگاهی از مقدار آب کاربردی توسط کشاورزان و مقایسه آن با نیاز آبیاری گیاه تحت کشت آن‌ها می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش مقایسه و تحلیل آب کاربردی گندم توسط کشاورزان با نیاز آبیاری این گیاه در اقلیم‌های سرد (سنقر)، معتدل (کرمانشاه) و گرم (سرپل ذهاب) استان کرمانشاه می‌باشد. به‌منظور انجام پژوهش حاضر تعداد 34 مزرعه تحت شرایط زارعین انتخاب و در طول فصل رشد اندازه‌گیری‌های میدانی انجام شد. برای مقایسه آب کاربردی گندم توسط کشاورزان با نیاز آبیاری آن از صفت راندمان کاربرد آب در مزرعه استفاده گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد در 24 درصد از مزارع منتخب گندم، کشاورزان آب کمتری از مقدار نیاز آبیاری این گیاه به کار می‌بردند و مزارع آن‌ها قطعاً کم آبیاری می‌شد. اما در مابقی مزارع منتخب، میانگین راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در روش آبیاری بارانی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه، سرپل ذهاب و میانگین 3 شهرستان به ترتیب 94/6، 95/5، 87/8 و 91/1 درصد و در روش آبیاری سطحی به ترتیب 80/8، 75/3، 62/8 و 73/3 درصد حاصل شد.

کلمات کلیدی: راندمان کاربرد، نیاز آبی، کرمانشاه، گندم

مقدمه

در سال‌های اخیر کمبود آب به یکی از مهم‌ترین مشکلات کشور و بخش کشاورزی و مخصوصاً استان کرمانشاه تبدیل شده است. یکی از راهکارهای سازگاری با کمبود آب، مدیریت بهینه منابع آب و بهبود کمی و کیفی تولید در بخش کشاورزی آگاهی از مقدار آب کاربردی توسط کشاورزان و مقایسه آن با نیاز آبیاری گیاه تحت کشت آن‌ها می‌باشد. برای مقایسه و تحلیل آب کاربردی کشاورزان با نیاز آبیاری گیاه، از صفت راندمان کاربرد آب در مزرعه استفاده می‌شود (علیزاده، 1386؛ سلامتی و همکاران، 1399). راندمان کاربرد آب در مزرعه یکی از اجزای مهم در تعیین راندمان آبیاری می‌باشد. راندمان کاربرد آب در مزرعه، بستگی به مدیریت آبیاری دارد و با شناخت و بهبود آن می‌توان راندمان آبیاری را افزایش داد (عباسی و همکاران، 1394). ازآنجایی‌که شناخت وضع موجود از اساسی‌ترین گام‌های برنامه‌ریزی برای ارتقا هر دستگاهی است؛ لذا در این پژوهش به بررسی و تعیین راندمان کاربرد آب در مزرعه به‌عنوان یکی از اجزای مهم در تعیین راندمان آبیاری در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه پرداخته شد.

گندم با نام علمی .Triticum aestivum L می‌باشد که به‌عنوان محصول زراعی اول جهان است که توسط 35 درصد از جمعیت جهان به‌عنوان منبع غذایی اصلی مصرف می‌شود (Bhandari et al., 2021; Shewry and Hey, 2015;). بر اساس آخرین آمار فائو که مربوط به سال 2022 میلادی است مساحت کشت و میزان تولید این محصول در جهان به ترتیب 219153830 هکتار و 808441568 تن می‌باشد (FAOSTAT, 2024). حدود 48 درصد از کل سطح زیر کشت گندم در جهان تحت آبیاری قرار دارد (Bhandari et al., 2024).

بر اساس آخرین آمارنامه کشاورزی که مربوط به سال زراعی 1401-1400 است مساحت کشت و میزان تولید گندم در ایران نیز به ترتیب 6908545 هکتار و 13283733 تن می‌باشد (معاونت آمار مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات، 1402). حدود 34/3 درصد از کل سطح زیر کشت گندم در ایران تحت آبیاری قرار دارد (معاونت آمار مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات، 1402). بر اساس آمار دریافتی از سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه مساحت کشت و مقدار تولید محصولات آبی این استان در سال زراعی 1401-1400 به ترتیب 216178 هکتار و 3418083 تن می‌باشد. بر اساس این آمار بیشترین مساحت کشت مربوط به محصول گندم آبی به میزان 102236 هکتار با تولید 498325 تن می‌باشد بر اساس آخرین آمارنامه کشاورزی منتشر شده تا زمان‌نگارش این مقاله که مربوط به سال زراعی 1401-1400 است استان کرمانشاه به لحاظ میزان سطح کشت، تولید و عملکرد گندم آبی به ترتیب جایگاه ششم، چهارم و سوم را در کشور دارد (معاونت آمار مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات، 1402).

گندم باتوجه‌به این‌که از جمله محصولات راهبردی کشور و استان کرمانشاه است در سطح وسیعی از اراضی آن‌ها به‌صورت فاریاب کشت می‌شود؛ لذا این محصول بخش قابل‌توجهی از آب تجدیدپذیر را به خود اختصاص داده است؛ لذا آگاهی از راندمان کاربرد آب از اهمیت خاصی جهت استفاده بهینه از منابع آب دارد؛ بنابراین هدف از انجام این پژوهش مقایسه و تحلیل آب کاربردی گندم توسط کشاورزان با نیاز آبیاری این گیاه در اقلیم‌های سرد، معتدل و گرم استان کرمانشاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

استان کرمانشاه در موقعیت جغرافیایی 45 درجه و 25 دقیقه تا 48 درجه و 6 دقیقه طول شرقی و 33 درجه و 41 دقیقه تا 35 درجه و 17 دقیقه عرض شمالی واقع شده است. به‌طورکلی استان کرمانشاه دارای سه اقلیم سرد (نواحی شرق استان)، گرم (نواحی غرب استان) و معتدل (مابین نواحی غربی و شرقی استان) می‌باشد. استان کرمانشاه با مساحتی معادل 24434/25 کیلومترمربع حدود 1/5 درصد از مساحت کشور را در بر داشته و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا 1200 متر می‌باشد (کریمی و همکاران، 1398).

در پروژه حاضر ابتدا بر اساس آمار سال زراعی 1400-1399 سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و سرپل ذهاب به‌ترتیب در اقلیم‌های سرد، معتدل و گرم استان دارای بیشترین سطح زیر کشت محصول گندم در استان بوده به‌عنوان مناطق آزمایشی انتخاب شدند. در این شهرستان‌ها با کمک کارشناسان معاونت تولیدات گیاهی، مدیریت هماهنگی ترویج و مدیریت آب و خاک سازمان جهاد کشاورزی استان مجموعاً 34 مزرعه به طور تصادفی انتخاب شدند (جدول 1).

جدول 1- تعداد مزارع انتخاب شده گندم در شهرستان‌های استان کرمانشاه

نام شهرستان	روش آبیاری		مجموع
	بارانی	سطحی	
سنقر	6	5	11
کرمانشاه	6	5	11
سرپل ذهاب	7	5	12
مجموع	19	15	34

مزارع منتخب در طول فصل رشد مورد پایش زراعی قرار گرفت و مواردی نظیر تاریخ کاشت، تاریخ برداشت، مدت‌زمان هر کدام از مراحل چهارگانه رشد، نوع رقم به‌کاررفته یادداشت‌برداری شد. همچنین مشخصات عمومی مزارع از قبیل مساحت، موقعیت دقیق مکانی با GPS، روش آبیاری، منبع آب آبیاری (سطحی، زیرزمینی)، زمان برداشت از منبع آبی و تغییرات دبی برداشتی در طول سال، مشخصات بهره‌برداران در فرم‌های ثبت اطلاعات عمومی مزارع منتخب درج شد.

برای تعیین میزان آب کاربردی، ابتدا مقدار دبی ورودی آب به مزارع منتخب که از منابع آب مختلف (کانال، چاه، قنات و یا چشمه) برداشت می‌شد با وسیله مناسب (فلوم، کنتور، سرریز، دبی‌سنج التراسونیک، میکرومولینه و .....) اندازه‌گیری شد. پس از تعیین میزان دبی آب ورودی به مزرعه با پایش دقیق برنامه آبیاری مزرعه (زمان آبیاری، دور آبیاری، تعداد دفعات آبیاری در طول دوره رشد) و همچنین اندازه‌گیری سطح زیر کشت محصول، حجم آب کاربردی توسط کشاورزان، برای هر کدام از مزارع منتخب از رابطه زیر تعیین شد.

$$VI = \sum_{i=1}^{n} \frac{Q_i \times T_i}{A} \quad (1)$$

که در آن، Q دبی ورودی به مزرعه (مترمکعب در ثانیه)، Ti مدت‌زمان هر آبیاری (ثانیه)، A مساحت مزرعه (هکتار) و n تعداد آبیاری می‌باشد.

برای تعیین بارش مؤثر در طول دوره رشد گندم از رابطه USDA به‌صورت زیر استفاده شد (Chapagain and Hoekstra, 2011).

$$Pe = \begin{cases} \frac{P_t \times (125\text{-}0.2\ P_t)}{125} & \text{if } P_t < 250 \text{ mm} \\ (125+0.1\ P_t) & \text{if } P_t \geq 250 \text{ mm} \end{cases} \quad (2)$$

که در آن Pt بارش (میلی‌متر) و Pe بارندگی مؤثر در طول فصل کشت (میلی‌متر) می‌باشد. مقدار Pt نیز با استفاده از داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه اجرای طرح تعیین شد. از ضرب نمودن مقدار Pe برحسب میلی‌متر در عدد 10 نیز، مقدار Pe بر حسب مترمکعب در هکتار به دست آمد.

برای تعیین نیاز آبی گندم یا تبخیر تعرق گیاهی (ET_C) از رابطه زیر استفاده شد (Allen et al, 1998).

$$ET_C = Kc \times ET_o \quad (3)$$

که در آن ET_o تبخیر تعرق گیاه مرجع برحسب میلی‌متر در روز، Kc ضریب گیاهی است که عددی بدون بعد بوده و مقدار آن از سامانه نیاز آبی گیاهان کشور تعیین شد (مؤسسه تحقیقات خاک و آب، 1402) و ET_C تبخیر تعرق (نیاز آبی) گیاه مورد پژوهش برحسب میلی‌متر در روز می‌باشد. تبخیر تعرق گیاه مرجع نیز با استفاده از آمار نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (سینوپتیک) به مناطق مورد پژوهش که شامل ایستگاه‌های سنقر، کرمانشاه و سرپل ذهاب می‌باشد و روش فائو پنمن مانتیث (Allen et al., 1998) تعیین شد.

برای مقایسه و تحلیل آب کاربردی کشاورزان با نیاز آبیاری گیاه موردبررسی، از صفت راندمان کاربرد آب استفاده شد (علیزاده، 1386؛ سلامتی و همکاران، 1399).

$$Ea = \frac{IR+ LR}{VI} \times 100 = \frac{ET_c - P_e + LR}{VI} \times 100 \quad (4)$$

که در آن، ETc نیاز آبی هر مزرعه (مترمکعب در هکتار)، Pe بارندگی مؤثر در طول فصل کشت (مترمکعب در هکتار)، LR نیاز آبشویی (مترمکعب در هکتار)، VI حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)، IR نیاز آبیاری خالص (مترمکعب در هکتار) و Ea راندمان کاربرد آب در مزرعه (درصد) می‌باشد.

کسر آبشویی موردنیاز برای آبشویی مزارع موردمطالعه بر اساس نشریه فائو 29 در آبیاری سطحی و بارانی از رابطه زیر برآورد شد (Ayers and Westcot, 1976):

$$LF=100(\frac{ECw}{5ECe-ECw}) \quad (5)$$

که در آن، ECw هدایت الکتریکی آب آبیاری و ECe آستانه تحمل محصول به هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک است. مقدار ECe برای محصول گندم 6 دسی زیمنس بر متر از نشریه فائو 29 استخراج شد (Ayers and Westcot, 1976).

در مواردی که کسر آبشویی کمتر از 10 درصد باشد تلفات نفوذ عمقی آبیاری، نیاز آبشویی را تأمین می‌کند و در این شرایط از لحاظ‌کردن نیاز آبشویی در محاسبات راندمان کاربرد صرفه نظر شد در غیر این موارد، مقدار نیاز آبشویی از رابطه زیر، تعیین گردید و در محاسبات راندمان کاربرد آب در مزرعه لحاظ شد.

$$LR = LF \times ETc \quad (6)$$

که در آن LF کسر آبشویی (اعشار)، و ETc نیاز آبی محصول (مترمکعب در هکتار) و LR نیاز آبشویی (مترمکعب در هکتار) می‌باشد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها و محاسبات مربوط به هر صفت موردمطالعه، اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند و با استفاده از پس‌آزمون‌های آن (Post Hoc)، این صفات در مناطق موردپژوهش استان کرمانشاه مورد مقایسه میانگین قرار گرفتند.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین حجم کل آب کاربردی توسط کشاورزان، بارش مؤثر، کسر آبشویی و نیاز آبی گندم در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و سرپل ذهاب در جدول (2) ارائه شده است.

جدول 2- مقایسه میانگین حجم کل آب کاربردی، بارش مؤثر، کسر آبشویی و نیاز آبی گندم در شهرستان‌های مورد مطالعه‌ی استان کرمانشاه

روش آبیاری مزارع	مناطق موردپژوهش	تعداد مزارع منتخب	حجم کل آب کاربردی	بارش مؤثر در طول فصل رشد	کسر آبشویی	نیاز آبی گندم
		-	$m^3\ ha^{-1}$	$m^3\ ha^{-1}$	%	$m^3\ ha^{-1}$
میانگین هر دو روش آبیاری	سنقر	11	5204a	1090c	1/66a	6500b
	کرمانشاه	11	5795a	1940a	2/05a	7270a
	سرپل ذهاب	12	4236a	1610b	1/99a	4830c
	کل	34	5053	1550	1/90	6160
آبیاری بارانی	سنقر	6	3686a	1070c	1/28a	6383b
	کرمانشاه	6	4505a	1930a	2/50a	7199a
	سرپل ذهاب	7	3464a	1630b	2/21a	4826c
	کل	19	3863	1550	2/01	6067
آبیاری سطحی	سنقر	5	7025ab	1120c	2/12a	6650b
	کرمانشاه	5	7343a	1960a	1/50a	7359a
	سرپل ذهاب	5	5316b	1580b	1/68a	4836c
	کل	15	6562	1550	1/77	6282

- در هر ستون و برای هر روش آبیاری اعدادی که دارای حروف یکسان هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد با یکدیگر ندارند.

نتایج نشان داد بیشترین میانگین حجم کل آب کاربردی گندم با 5795 متر مکعب در هکتار مربوط به شهرستان کرمانشاه بود و کمترین آن با 4236 متر مکعب در هکتار به شهرستان سرپل ذهاب اختصاص داشت هرچند که تفاوت آن‌ها غیرمعنی‌دار بود. میانگین حجم کل آب کاربردی گندم در سه منطقه موردمطالعه در استان کرمانشاه نیز 5053 متر مکعب در هکتار به‌دست آمد. نوری خواجه بلاغ و همکاران (1399) حجم کل آب کاربردی محصول گندم را در دشت اردبیل 4605 متر مکعب در هکتار گزارش نمودند که مقدار آن با مقدار میانگین حاصل از نتایج این پژوهش در منطقه سردسیر استان کرمانشاه (سنقر با 5204 مترمکعب در هکتار) تفاوت چندانی نداشته و تقریبا هم‌خوانی دارد. کریمی و جلینی (1396) مقدار میانگین حجم کل آب کاربردی گندم را در دشت مشهد 5956 مترمکعب در هکتار برآورد نمودند که با میانگین نتایج پژوهش حاضر (5053 مترمکعب در هکتار) همخوانی چندانی ندارد. به‌نظر می‌رسد تفاوت دو پژوهش علاوه بر تفاوت اقلیم و مدیریت آبیاری کشاورزان، به‌علت عدم اندازه‌گیری آب آبیاری و لحاظ نمودن راندمان آبیاری گندم برابر 50/2 درصد در دشت مشهد و برآورد حجم کل آب کاربردی از تقسیم نیاز آبی گندم (2990 مترمکعب در هکتار برآورد شده از

NETWAT) به این راندمان توسط آن‌ها باشد که باعث شده است حجم کل آب کاربردی گندم احتمالا بیش از مقدار واقعی آن در شرایط کشاورزان باشد.

بر اساس نتایج جدول (2) بیشترین میانگین حجم کل آب کاربردی گندم در روش آبیاری بارانی با 4505 مترمکعب در هکتار مربوط به شهرستان کرمانشاه بود و کمترین آن با 3464 مترمکعب در هکتار به شهرستان سرپل ذهاب اختصاص یافت هرچند که تفاوت آن‌ها غیرمعنی‌دار بود. میانگین حجم کل آب کاربردی گندم در روش آبیاری بارانی در سه منطقه موردمطالعه نیز 3863 مترمکعب در هکتار به‌دست آمد.

بیشترین میانگین حجم کل آب کاربردی گندم در روش آبیاری سطحی با 7343 مترمکعب در هکتار مربوط به شهرستان کرمانشاه بود و کمترین آن با 5316 مترمکعب در هکتار به شهرستان سرپل ذهاب تعلق داشت که تفاوت معنی‌داری با شهرستان کرمانشاه داشت. به‌عبارت دیگر در روش آبیاری سطحی حجم کل آب کاربردی گندم در شهرستان سرپل ذهاب نسبت به شهرستان‌های کرمانشاه و سنقر به‌ترتیب 27/6 و 24/3 درصد کمتر بود. میانگین حجم کل آب کاربردی گندم در روش آبیاری سطحی در سه منطقه موردمطالعه نیز 6562 مترمکعب در هکتار به‌دست آمد.

مقایسه حجم کل آب کاربردی گندم در روش آبیاری بارانی با روش آبیاری سطحی نشان داد مقدار حجم کل آب کاربردی گندم در روش آبیاری بارانی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه، سرپل ذهاب و میانگین سه شهرستان موردمطالعه به ترتیب 48، 39، 35 و 41 درصد کمتر از مقادیر متناظر حجم کل آب کاربردی گندم در روش آبیاری سطحی این شهرستان‌ها بود.

مقایسه میانگین کسر آبشویی مزارع گندم در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و سرپل ذهاب در جدول (2) ارائه شده است. نتایج نشان داد به‌طور کلی میانگین کسر آبشویی مزارع گندم در هر سه شهرستان مورد بررسی کمتر از 10 درصد بود. بیشترین میانگین کسر آبشویی مزارع گندم با 2/05 درصد مربوط به شهرستان کرمانشاه بود و کمترین آن با 1/66 درصد به شهرستان سنقر اختصاص داشت. مقدار این عامل در شهرستان سرپل ذهاب 1/99 درصد بدست آمد که تفاوت آن با دو شهرستان دیگر موردمطالعه غیرمعنی‌دار بود. میانگین کسر آبشویی مزارع گندم در سه منطقه موردمطالعه در استان کرمانشاه نیز 1/90 درصد به‌دست آمد.

بر اساس نتایج جدول (2) بیشترین میانگین کسر آبشویی مزارع گندم در روش آبیاری بارانی با 2/50 درصد مربوط به شهرستان کرمانشاه بود و کمترین آن با 1/28 درصد به شهرستان سنقر اختصاص یافت. مقدار این عامل در شهرستان سرپل ذهاب 2/21 درصد بدست آمد که تفاوت آن با دو شهرستان دیگر از لحاظ آماری غیرمعنی‌دار بود. میانگین کسر آبشویی مزارع گندم در سه منطقه موردمطالعه نیز در روش آبیاری بارانی 2/01 درصد به‌دست آمد.

بیشترین میانگین کسر آبشویی مزارع گندم در روش آبیاری سطحی با 2/12 درصد مربوط به شهرستان سنقر بود و کمترین آن با 1/50 درصد به شهرستان کرمانشاه تعلق داشت. مقدار این عامل در شهرستان سرپل ذهاب 1/68 درصد بدست آمد که تفاوت آن با دو شهرستان دیگر از لحاظ آماری غیرمعنی‌دار بود. میانگین کسر آبشویی مزارع گندم در روش آبیاری سطحی در سه منطقه موردمطالعه نیز 1/77 درصد به‌دست آمد.

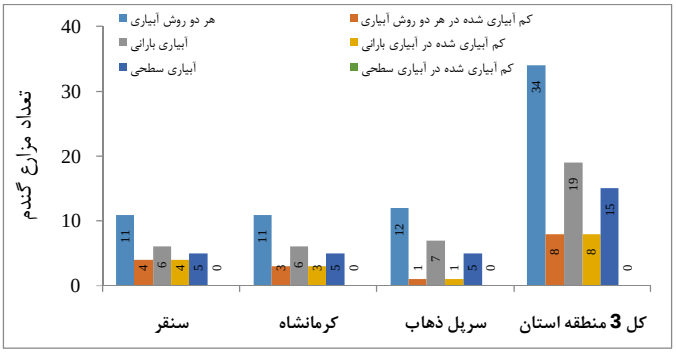
مقایسه کسر آبشویی مزارع گندم در روش آبیاری بارانی با روش آبیاری سطحی نشان داد مقدار کسر آبشویی مزارع گندم در روش آبیاری بارانی در شهرستان‌های کرمانشاه، سرپل ذهاب و میانگین سه شهرستان موردمطالعه به ترتیب 67، 32 و 14 درصد کمتر از مقادیر متناظر کسر آبشویی مزارع گندم در روش آبیاری سطحی این شهرستان‌ها بود. اما مقدار آن در شهرستان سنقر 40 درصد بیشتر از مقادیر متناظر کسر آبشویی مزارع گندم در روش آبیاری سطحی این شهرستان بود.

مقایسه میانگین تبخیر تعرق (نیاز آبی) گندم در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و سرپل ذهاب در جدول (2) ارائه شده است. نتایج نشان داد بیشترین میانگین تبخیر تعرق (نیاز آبی) گندم با 7270 مترمکعب در هکتار مربوط به شهرستان کرمانشاه بود و کمترین آن با 4830 مترمکعب در هکتار به شهرستان سرپل ذهاب اختصاص داشت. مقدار این عامل در شهرستان سنقر 6500 مترمکعب در هکتار بدست آمد که تفاوت آن با دو شهرستان دیگر موردمطالعه از لحاظ آماری معنی‌دار بود. میانگین تبخیر تعرق (نیاز آبی) گندم در سه

منطقه موردمطالعه در استان کرمانشاه نیز 6160 مترمکعب در هکتار به‌دست آمد. لذا مقدار میانگین تبخیر تعرق (نیاز آبی) گندم در شهرستان‌های کرمانشاه و سنقر به‌ترتیب 18 و 6 درصد بیشتر و در شهرستان سرپل ذهاب 22 درصد کمتر از مقدار میانگین آن در سه منطقه موردمطالعه استان کرمانشاه بود. سلامتی و همکاران (1399) طی پژوهشی در شرایط کشاورزان در بهبهان، مقدار تبخیر تعرق (نیاز آبی) گندم در مزارع را بین 3734 تا 5170 مترمکعب در هکتار گزارش نمودند که با نتایج این پژوهش در منطقه گرمسیر سرپل ذهاب همخوانی دارد. براتی و همکاران (1397) طی پژوهشی با استفاده از آمار هواشناسی 1365 تا 1395 در دشت کرمانشاه تبخیر تعرق (نیاز آبی) گندم را 5990 مترمکعب در هکتار گزارش نمودند که با نتایج حاصل از این پژوهش در کرمانشاه (7270 مترمکعب در هکتار) تا حدودی تفاوت دارد. فرشی و همکاران (1376) مقدار تبخیر تعرق (نیاز آبی) گندم را در شهرستان‌های کرمانشاه و کنگاور به‌ترتیب 5580 و 5220 مترمکعب در هکتار گزارش نمودند. مقادیر حاصل از نتایج پژوهش حاضر برای این عامل (کرمانشاه و سنقر به‌ترتیب 7270 و 6500 مترمکعب در هکتار) بیشتر از مقادیر ذکر شده آن‌ها می‌باشد. از جمله دلایل این امر را می‌توان به تغییرات اقلیمی که در سالیان اخیر در استان کرمانشاه رخ داده است، اشاره نمود. عباسی و همکاران (1399) نیز بیان می‌دارند تغییرات اقلیمی و افزایش درجه‌حرارت هوا در چند ده اخیر باعث تغییر تبخیر تعرق (نیاز آبی) گیاهان شده است.

بیشترین میانگین تبخیر تعرق (نیاز آبی) گندم در روش آبیاری سطحی با 7359 مترمکعب در هکتار مربوط به شهرستان کرمانشاه بود و کمترین آن با 4836 مترمکعب در هکتار به شهرستان سرپل ذهاب تعلق داشت. مقدار این عامل در شهرستان سنقر 6650 مترمکعب در هکتار بدست آمد که تفاوت آن با دو شهرستان دیگر موردمطالعه از لحاظ آماری معنی‌دار بود. میانگین تبخیر تعرق (نیاز آبی) گندم براساس داده‌های هواشناسی سال زراعی جاری در روش آبیاری سطحی در سه منطقه موردمطالعه نیز 6282 مترمکعب در هکتار به‌دست آمد. لذا مقدار میانگین تبخیر تعرق (نیاز آبی) گندم در روش آبیاری سطحی در شهرستان‌های کرمانشاه و سنقر به‌ترتیب 17 و 6 درصد بیشتر و در شهرستان سرپل ذهاب 23 درصد کمتر از مقدار میانگین آن در سه منطقه موردمطالعه استان کرمانشاه بود.

باتوجه‌به رابطه ارائه شده به‌منظور محاسبه راندمان کاربرد آب در مزرعه، در مواردی که مقدار حجم آب کاربردی (VI) کمتر از مقدار مجموع نیاز آبی بعلاوه نیاز آبشویی منهای بارندگی مؤثر (ET_c+LR-P_e) باشد آنگاه راندمان کاربرد بیش از 100 درصد می‌شود که در این موارد مزرعه کم‌آبیاری می‌شود یعنی آب کمتر از مقدار موردنیاز، به مزرعه داده می‌شود. نتایج حاصل از این پژوهش در شکل (1) نشان داد که در بین مزارع موردمطالعه گندم در 8 مزرعه از 34 مزرعه انتخابی (4 مزرعه در سنقر، 3 مزرعه در کرمانشاه و 1 مزرعه در سرپل ذهاب که همه آن‌ها در روش آبیاری بارانی بودند) کم‌آبیاری صورت می‌گرفت که این امر می‌تواند باعث کاهش عملکرد محصول گردد.



شکل 1- تعداد مزارع گندم انتخابی پژوهش و کم‌آبیاری شده در روش‌های آبیاری بارانی، سطحی و هر دو روش آبیاری در شهرستان‌های مورد مطالعه‌ی استان کرمانشاه

مقایسه میانگین راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و سرپل ذهاب در جدول (3) ارائه شده است.

نتایج نشان داد بیشترین میانگین راندمان کاربرد آب در مزارع گندم با 84/8 درصد مربوط به شهرستان سنقر بود و کمترین آن با 76/4 درصد به شهرستان سرپل ذهاب اختصاص داشت. مقدار این عامل در شهرستان کرمانشاه 82/9 درصد بدست آمد که تفاوت آن با دو شهرستان دیگر موردمطالعه غیرمعنی‌دار بود. میانگین راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در سه منطقه موردمطالعه در استان کرمانشاه نیز 80/7 درصد به‌دست آمد. لذا مقدار میانگین راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در شهرستان سرپل ذهاب 3 درصد کمتر و در شهرستان‌های سنقر و کرمانشاه به‌ترتیب 5 و 3 درصد بیشتر از مقدار میانگین آن در سه منطقه موردمطالعه استان کرمانشاه بود. حداقل راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و سرپل ذهاب به‌ترتیب 64، 57 و 47 درصد بود و حداکثر آن نیز در شهرستان‌های موردمطالعه به‌ترتیب 99، 98 و 99 درصد حاصل شد. سلامتی و همکاران (1399) طی پژوهشی در شرایط کشاورزان در بهبهان، مقدار راندمان کاربرد آب در مزارع گندم را بین 22/7 تا 99/7 درصد گزارش نمودند که با نتایج این پژوهش در منطقه گرمسیر سرپل ذهاب 47 تا 99 درصد همخوانی دارد.

بر اساس نتایج جدول (3) بیشترین میانگین راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در روش آبیاری بارانی با 95/5 درصد مربوط به شهرستان کرمانشاه بود و کمترین آن با 87/8 درصد به شهرستان سرپل ذهاب اختصاص یافت. مقدار این عامل در شهرستان سنقر 94/6 درصد بدست آمد که تفاوت آن با دو شهرستان دیگر از لحاظ آماری غیرمعنی‌دار بود. میانگین راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در سه منطقه موردمطالعه نیز در روش آبیاری بارانی 91/1 درصد به‌دست آمد. لذا مقدار میانگین راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در روش آبیاری بارانی در شهرستان سرپل ذهاب 4 درصد کمتر و در شهرستان‌های سنقر و کرمانشاه به‌ترتیب 4 و 5 درصد بیشتر از مقدار میانگین آن در سه منطقه موردمطالعه استان کرمانشاه بود. حداقل راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در روش آبیاری بارانی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و سرپل ذهاب به‌ترتیب 94، 90 و 63 درصد بود و حداکثر آن نیز در شهرستان‌های موردمطالعه به‌ترتیب 95، 98 و 99 درصد به‌دست آمد.

جدول 3- مقایسه میانگین و آماره‌های توصیفی راندمان کاربرد آب در مزارع گندم (برحسب درصد) در شهرستان‌های مورد مطالعه‌ی استان کرمانشاه

روش آبیاری	منطقه	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	فاصله اطمینان 95% برای میانگین		حداقل	حداکثر
						حد پایین	حد بالا		
هر دو روش آبیاری	سنقر	7	84/8a	14/1	5/3	71/8	97/8	64	99
	کرمانشاه	8	82/9a	14/5	5/1	70/8	95/0	57	98
	سرپل ذهاب	11	76/4a	17/5	5/3	64/7	88/2	47	99
	کل سه منطقه	26	80. 7	15/6	3/1	74/4	87/0	47	99
آبیاری بارانی	سنقر	2	94/6a	0/7	0/5	88/3	101/0	94	95
	کرمانشاه	3	95/5a	4/4	2/5	84/7	106/4	90	98
	سرپل ذهاب	6	87/8a	12/8	5/2	74/4	101/2	63	99
	کل سه منطقه	11	91/1	10/0	3/0	84/4	97/9	63	99
آبیاری سطحی	سنقر	5	80/8a	15/1	6/8	62/1	99/6	64	99
	کرمانشاه	5	75/3a	12/9	5/8	59/3	91/4	57	90
	سرپل ذهاب	5	62/8a	11/6	5/2	48/4	77/3	47	72
	کل سه منطقه	15	73/0	14/6	3/8	64/9	81/1	47	99

در ستون میانگین و برای هر عامل اعدادی که دارای حروف یکسان هستند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد با یکدیگر ندارند.

بیشترین میانگین راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در روش آبیاری سطحی با 80/8 درصد مربوط به شهرستان سنقر بود و کمترین آن با 62/8 درصد به شهرستان سرپل ذهاب تعلق داشت. مقدار این عامل در شهرستان کرمانشاه 75/3 درصد بدست آمد که تفاوت آن با

دو شهرستان دیگر از لحاظ آماری غیرمعنی‌دار بود. میانگین راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در روش آبیاری سطحی در سه منطقه موردمطالعه نیز 73/0 درصد به‌دست آمد. لذا مقدار میانگین راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در روش آبیاری سطحی در شهرستان‌های سنقر و کرمانشاه به‌ترتیب 11 و 3 درصد بیشتر و در شهرستان سرپل ذهاب 14 درصد کمتر از مقدار میانگین آن در سه منطقه موردمطالعه استان کرمانشاه بود. حداقل راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در روش آبیاری سطحی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه و سرپل ذهاب به‌ترتیب 64، 57 و 47 درصد بود و حداکثر آن نیز در شهرستان‌های موردمطالعه به‌ترتیب 99، 90 و 72 درصد به‌دست آمد. در این راستا نتایج مامن‌پوش و همکاران (1380) در اصفهان نشان داد که راندمان کاربرد آب در آبیاری سطحی اکثر مزارع موردمطالعه وابسته به نوع مدیریت، روش آبیاری، نوع محصول و عوامل دیگر است. آن‌ها مقدار حداقل و حداکثر راندمان کاربرد آب در مزارع موردمطالعه را به‌ترتیب 7/8 و 87/7 درصد در کشت محصولاتی نظیر گندم، جو، ذرت، هویج و سیب‌زمینی گزارش نمودند.

مقایسه راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در روش آبیاری بارانی با روش آبیاری سطحی نشان داد مقدار راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در روش آبیاری بارانی در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه، سرپل ذهاب و میانگین سه شهرستان موردمطالعه به ترتیب 17، 27، 40 و 25 درصد بیشتر از مقادیر متناظر این عامل در روش آبیاری سطحی این شهرستان‌ها بود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای مقایسه آب کاربردی گندم توسط کشاورزان با نیاز آبیاری آن از صفت راندمان کاربرد آب در مزرعه استفاده گردید. باتوجه‌به تعریف راندمان کاربرد در این پژوهش، در مواردی که مقدار حجم آب کاربردی کمتر از مقدار مجموع نیاز آبی بعلاوه نیاز آبشویی منهای بارندگی مؤثر باشد آنگاه راندمان کاربرد بیش از 100 درصد می‌شود که در این موارد قطعا مزرعه کم‌آبیاری می‌شود. بنابراین نتایج کلی حاصل از این پژوهش نشان داد در 24 درصد از مزارع منتخب گندم، کشاورزان آب کمتری از مقدار نیاز آبیاری این گیاه به کار می‌بردند و مزارع آن‌ها کم‌آبیاری می‌شد. اما در مابقی مزارع منتخب، میانگین راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در هر دو روش آبیاری (بارانی و سطحی) در شهرستان‌های سنقر، کرمانشاه، سرپل ذهاب و میانگین 3 شهرستان به‌ترتیب 84/8، 82/9، 76/4 و 80/7 درصد حاصل شد. میانگین راندمان کاربرد آب در مزارع گندم در روش آبیاری بارانی در شهرستان‌های ذکر شده و میانگین 3 شهرستان به‌ترتیب 94/6، 95/5، 87/8 و 91/1 درصد و در روش آبیاری سطحی به‌ترتیب 80/8، 75/3، 62/8 و 73/3 درصد حاصل شد. مقدار حداکثر کارایی توسط Solomon (1988) برای آبیاری بارانی و سطحی به‌ترتیب 75 و 60 بیان شده است. بنابراین مقایسه میانگین راندمان کاربرد آب در 3 شهرستان با حداکثر کارایی برای آبیاری بارانی و سطحی نشان می‌دهد به‌ترتیب 16 و 13 درصد بیشتر می‌باشد که این امر نیز نشان‌دهنده احتمال کم‌آبیاری در مزارع منتخب باشد.

منابع

براتی، خ.، عابدی کوپایی، ج.، درویشی، ا.، آذری، آ. و یوسفی، ع. 1397. برآورد نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت دشت کرمانشاه و مقایسه آن با داده‌های سند ملی آب. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، 32 (4): 554-543.

سلامتی، ن.، باغانی، ج. و عباسی، ف. 1399. مقایسه حجم آب مصرفی و بهره‌وری آب گندم در روش‌های مختلف آبیاری در شهرستان بهبهان. مجله علوم و مهندسی آبیاری، 43 (1): 42-29.

عباسی، ف.، جلینی، ف.، خرمیان، م.، دهقانیان، س.، ا.، مقبلی دامنه، ا.، زارع مهرانی، ا.، نوروزی، م.، گمرکچی، ا.، کیانی، ع.، طاهری، م.، بیات، پ. و سلامتی، ن. 1399. تعیین آب کاربردی گوجه‌فرنگی در کشور. انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران. 82 ص.

عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. 1394. راندمان‌های آبیاری تغییرات زمانی و مکانی آن در ایران. انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران. 51 ص.

علیزاده، ا. 1386. طراحی سیستم‌های آبیاری، طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد، ایران. 452 ص.

فرشی، ع.ا.، شریعتی، م.ر.، جاراللهی، ر.، قائمی، م.ر.، شهابی‌فر، م. و تولائی، م.م. 1376. برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد اول گیاهان زراعی. چاپ اول، انتشارات آموزش کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران، 900 ص.

کریمی، م. و جلینی، م. 1396. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات مهم زراعی، مطالعه موردی: دشت مشهد. مجله آب و توسعه پایدار، 4 (1): 138-133.

کریمی، م.، شاه‌زیدی، س. و جعفری، ا. 1398. بررسی تأثیر توپوگرافی بر دفاع سرزمینی مطالعه موردی: محور استراتژیک قصرشیرین-کرمانشاه. نشریه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، 28 (109): 257-239.

مامن‌پوش، ع.، عباسی، ف. و موسوی، س.ف. 1380. ارزیابی بازده کاربرد آب در روش‌های آبیاری سطحی در برخی از مزارع استان اصفهان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، 2 (9): 58 – 42.

معاونت آمار مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات، 1402. آمارنامه کشاورزی، سال 1401، جلد اول، محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز آمار، فناوری و اطلاعات و ارتباطات، تهران، ایران. 95 ص.

مؤسسه تحقیقات خاک و آب، 1402. سامانه نیاز آبی گیاهان کشور. http://niwr.ir/Login.aspx

نوری خواجه بلاغ، ر.، خالدیان، م. وکاوسی کلاشمی، م. 1399. مقایسه شاخص‌های بهره‌وری آب محصولات عمده زراعی در دشت اردبیل. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، 14 (3): 904-894.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop 616water requirements., FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy.

Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1976. Water quality for agriculture. FAO. Irrigation and drainage paper No 29. Rome. Italy.

Bhandari, R., Gnawali, S., Nyaupane, S., Kharel, S., Poudel, M. and Panth, P. 2021. Effect of drought & irrigated environmental condition on yield & yield attributing characteristic of bread wheat-a review. Reviews in Food and Agriculture, 2, 59–62.

Bhandari, R., Paudel, H., Nyaupane, S. and Poudel, M.R. 2024. Climate resilient breeding for high yields and stable wheat (Triticum aestivum L.) lines under irrigated and abiotic stress environments. Plant Stress, 11, 100352.

Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. 2011. The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. Ecological Economics, 70(4), 749-758.

FAOSTAT. 2024. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

Shewry, P.R. and Hey, S.J. 2015. The contribution of wheat to human diet and health. Food Energy Security, 4, 178-202.

Solomon, K.H. 1988. Irrigation water systems and water application efficiencies. Center for Irrigation Technology, Irrigation Notes. California State University, Fresno, California, USA.

مقایسه آب مصرفی و بهره‌وری آب گیاه چغندرقند بهاره و پائیزه با استفاده از سامانه نیاز آب

نیاز علی ابراهیمی پاک[1]، آرش تافته[2]، فاطمه کیخایی [3]سید نرگس حسینی[4]، آزاده صداقت[5] و میترا صمصامی‌پور [6]

[1] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، nebrahimipak@yahoo.com

[2] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] مربی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[4] محقق موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[5،6] کارشناس موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

هدف مقایسه و ارزیابی مقدار آب مصرفی گیاه چغندرقند بهاره و پائیزه در سامانه نیاز آب و تحلیلی بر نیاز آبی، آب مصرفی در سطح کشور با استفاده از اطلاعات خروجی سامانه نیاز آب می‌باشد. مقاله حاضر متوسط ده‌ساله اخیر آب مصرفی گیاه چغندرقند در بازه آمار ده‌ساله می‌باشد. بر اساس آمار سطح زیر کشت وزارت جهاد کشاورزی، سطوح زیر کشت گیاه چغندرقند بر حسب هکتار استخراج گردید و برای تمام شهرستان نیاز خالص و آب مصرفی، بهره‌وری آب با استفاده از سامانه نیاز آب برآورد گردید. نتایج حاصل نشان داد که برای حدود 94 هکتار از اراضی آبی تحت کشت گیاه چغندرقند بهاره، نیاز آبی خالص برابر با 866/2، نیاز آب آبیاری خالص برابر با 823/2، نیاز آبی واقعی برابر با 649/1، نیاز آب آبیاری واقعی برابر با 608 میلیون مترمکعب در سطح کشور شده و مقدار آب مصرفی خالص با متوسط راندمان کاربرد در مزرعه 54/9 درصد برابر 1487 و مقدار آب مصرفی ناخالص با متوسط راندمان کاربرد در مزرعه 54/9 درصد برابر 1096 میلیون مترمکعب در سطح کشور شد. هم چنین نتایج حاصل نشان داد که برای حدود 49 هزار هکتار از اراضی آبی تحت کشت گیاه چغندرقند پائیزه، نیاز آبی خالص برابر با 202/2، نیاز آب آبیاری خالص برابر با 128/2، نیاز آبی واقعی برابر با 137/1، نیاز آب آبیاری واقعی برابر با 77 میلیون مترمکعب و مقدار آب مصرفی خالص با متوسط راندمان کاربرد در مزرعه 54/3 درصد برابر 239 و مقدار آب مصرفی ناخالص با متوسط راندمان کاربرد در مزرعه 54/3 درصد برابر 143/9 میلیون مترمکعب شد.

واژگان کلیدی: آب مصرفی، بهره‌وری آب، چغندرقند، سامانه نیاز آبی

مقدمه

چغندرقند یکی از گیاهان زراعی است که در سطح وسیعی به‌صورت آبی کشت می‌شود و تأمین آب موردنیاز گیاه یکی از عوامل ضروری تولید است (Mountonnet, 2002). نیاز آبی گیاه چغندرقند بر اساس واریته‌های مختلف و مناطق گوناگون، متفاوت است (Kochaki, 1996). نیاز آبی گیاه چغندرقند در مناطق مختلف جهان‌بین 250 تا 2700 میلی‌متر گزارش شده است (ابراهیمی پاک 1389) و هم چنین نیاز آبی گیاه چغندرقند در شرایط آب‌وهوای ایران متغیر بوده و مقدار آن با طول دوره رشد 150 روزه بین 850 تا 2100 میلی‌متر گزارش شده است (ابراهیمی پاک، 1389). میزان تبخیر تعرق گیاه چغندرقند با استفاده از لایسیمتر زهکش‌دار در مشهد 1221 میلی‌متر (Rahimiayan, 2007)، در کرج 1296 میلی‌متر (Khajenori, 1992)، در کبوتر آباد اصفهان 1066 میلی‌متر (Panahi et al., 2006)، در ماهیدشت کرمانشاه 1635 میلی‌متر (Taheri, 1982)، در همدان 1096 میلی‌متر (Rahimi, 1997)، در ارومیه

1705 میلی‌متر (Razavi, 1995)، در اصفهان1130 میلی‌متر (Aghdayi, 1999)، در شهرکرد 1016 میلی‌متر (Ebrahimipak, 2010)، در غرب ایتالیا 670 میلی‌متر (Caliandro et al., 1990)، در جنوب ایتالیا 650 میلی‌متر (Barbier, 1982)، در دیویس کالیفرنیا برابر با 975/4 میلی‌متر (Pruitt et al., 1978)، در منطقه کالیفرنیا در یک خاک لومی- رسی برابر با 1045 میلی‌متر (English and Raja, 1996) گزارش شده است.

مقدار آب آبیاری گیاه چغندرقند بر اساس مناطق مختلف، واریته‌های گوناگون، مدیریت آبیاری و روش آبیاری بسیار متفاوت است، مقدار آب آبیاری گیاه چغندرقند در مناطق مختلف ایران بین 7500 تا 35000 مترمکعب در هکتار گزارش شده است (Mohammadian et al, 2011). سیدان و منصور (2019) در ارزیابی بهره‌وری آب در زراعت چغندرقند در روش‌های آبیاری استان همدان نشان دادند که مقدار نیاز آبی گیاه چغندرقند برابر با 910 میلی‌متر و میزان آب مصرفی چغندرقند در روش آبیاری نشتی در همدان 12251، در نهاوند 9461، تویسرکان 9723، اسدآباد 13476 و فامنین 9969 مترمکعب در هکتار می‌باشد و عملکرد محصول غده چغندرقند در روش آبیاری نشتی در همدان 57798، در نهاوند 58305، تویسرکان 57774، اسدآباد 57162 و فامنین برابر با 59995 کیلوگرم در هکتار بوده است. مقدار آب مصرفی گیاه چغندرقند در روش آبیاری بارانی در همدان برابر با 9954، در نهاوند 7687، در تویسرکان 7900، در اسدآباد 10950 و در فامنین 8100 مترمکعب در هکتار شد و مقدار عملکرد غده چغندرقند در روش آبیاری بارانی در همدان برابر با 68202، نهاوند 68799، تویسرکان 68173، اسدآباد 69737 فامنین 73193 کیلوگرم در هکتار شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه مبتنی بر رویکرد سامانه محور (سامانه نیاز آب) در مقیاس ملی برای برآورد مقدار آب آبیاری چغندرقند انجام شد. متغیرهای اصلی و مراحل اجرای این مطالعه به شرح گام‌های زیر است. به‌منظور برآورد مقدار نیاز آبی گیاهان، اولین سامانه نیاز آبیاری گیاهان زراعی و باغی کشور (نیاز آب) به‌صورت چندهسته‌ای به‌منظور تعیین نیاز خالص و آب آبیاری و آب آبیاری گیاهان در مؤسسه تحقیقات خاک و آب توسعه‌یافته است، سامانه نیاز آب متشکل از چندین بانک‌های اطلاعاتی منحصربه‌فرد در سطح کشور و چندین لایه محاسباتی، توانایی آن را دارد که تغییرات نیاز آبی و آب آبیاری گیاهان مختلف را در سطح کشور برآورد و ارائه نماید. سامانه نیاز آب بر اساس آخرین روش‌های علمی روز مطابق گام‌های زیر، مقدار نیاز آبی آب آبیاری، گیاهان را در سطوح مختلف کشت برآورد نموده و در اختیار کاربران قرار می‌دهد.

گام اول: برآورد میزان تبخیر تعرق مرجع از سامانه نیاز آب بر اساس روش پنمن- مانتیث استاندارد شده (ASCE-EWRI, 2005).

گام دوم: مراحل فنولوژی گیاه چغندرقند در سامانه نیاز آب، بر مبنای روش فائو با استفاده از داده‌های واقعی گیاه جمع‌آوری شده

گام سوم: تعیین مقدار بارش مؤثر از روش بارش قابل‌اطمینان در سامانه نیاز آب. **گام چهارم:** تعیین نیاز خالص آب آبیاری گیاه چغندرقند توسط سامانه نیاز آب، **گام پنجم:** نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه چغندرقند، **گام ششم:** نیاز آب آبیاری واقعی چغندرقند و **گام هفتم**: تعیین آب مصرفی چغندرقند بر اساس راندمان کاربرد مزرعه.

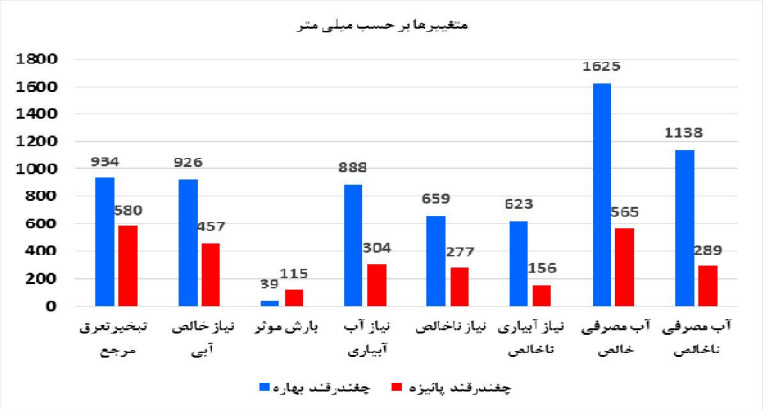
نتایج و بحث

جدول شماره 1 و شکل شماره 1 متوسط متغیرهای برآورد چغندرقند بهاره و پائیزه بر حسب میلی‌متر را در سطح کشور نشان می‌دهد. باتوجه‌به جدول مشاهده می‌شود که متوسط میزان تبخیر تعرق مرجع، نیاز آبی خالص، بارش موثر، نیاز آبیاری، نیاز ناخالص، نیاز آبیاری ناخالص، راندمان کاربرد آب در مزرعه، آب مصرفی ناخالص گیاه چغندرقند بهاره، در سطح کشور به ترتیب برابر با 934، 926، 39، 888، 659، 623، 55، 1625، 1138 میلی بوده که از سامانه نیاز آب برآورد شده است و همچنین متوسط میزان تبخیر تعرق مرجع، نیاز آبی خالص، بارش موثر، نیاز آبیاری، نیاز ناخالص، نیاز آبیاری ناخالص، راندمان کاربرد آب در مزرعه، آب مصرفی

خالص و آب مصرفی ناخالص گیاه چغندرقند پائیزه، در سطح کشور به ترتیب برابر با 580، 457، 115، 304، 276، 156، 54، 565 و 289 میلی بوده که از سامانه نیاز آب برآورد شده است باتوجه‌به جدول شماره 1 مشاهده می‌شود که مقدار نیاز خالص آب چغندرقند پائیزه حدود 50 درصد چغندرقند بهاره است و میزان آب مصرفی ناخالص چغندرقند پائیزه حدود 25 درصد چغندرقند بهاره است لذا توصیه می‌شود که در مناطقی که امکان کشت چغندرقند پائیزه وجود داشته باشد در جهت توسعه آن اقدام شود.

جدول 1- متغیرهای مربوط به چغندرقند

عنوان	چغندرقند بهاره بر حسب میلی‌متر	چغندرقند پائیزه بر حسب میلی‌متر
تبخیرتعرق مرجع	934	580
نیاز خالص آبی	926	457
بارش مؤثر	39	115
نیاز آب آبیاری	888	304
نیاز ناخالص	659	277
نیاز آبیاری ناخالص	623	156
راندمان کاربرد	54/9	54/3
آب مصرفی خالص	1625	565
آب مصرفی ناخالص	1138	289

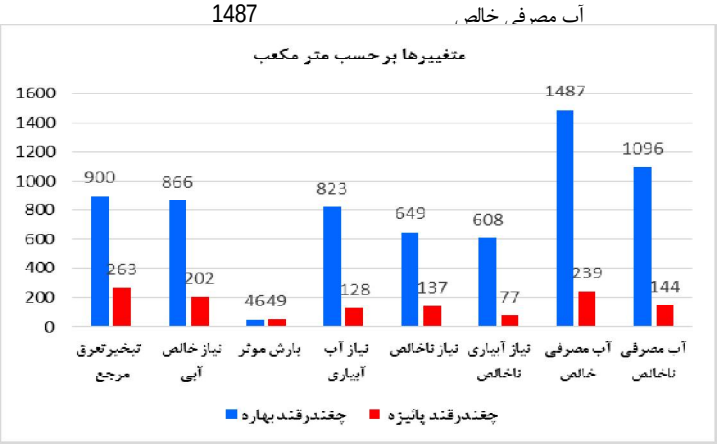


شکل 1- متغیرهای گیاه چغندرقند

جدول 2- متغیرهای چغندرقند

عنوان	چغندرقند بهاره بر حسب میلیون مترمکعب	چغندرقند پائیزه میلیون مترمکعب
تبخیرتعرق مرجع	900	263
نیاز خالص آبی	866	202
بارش مؤثر	46	49
نیاز آب آبیاری	823	128
نیاز ناخالص	649	137
نیاز آبیاری ناخالص	608	77
راندمان کاربرد	55	54

آب مصرفی خالص	1487
آب مصرفی ناخالص	239
	144



شکل 2- متغیرهای گیاه چغندرقند

جدول شماره 2 و شکل شماره 2 متوسط متغییرهای برآورد چغندرقند بر حسب میلیارد مترمکعب را در سطح کشور نشان می‌دهد. باتوجه‌به جدول مشاهده می‌شود که متوسط میزان تبخیر تعرق مرجع، نیاز آبی خالص، بارش موثر، نیاز آبیاری، نیاز ناخالص، نیاز آبیاری ناخالص، راندمان کاربرد آب در مزرعه، آب مصرفی خالص و آب مصرفی ناخالص گیاه چغندر قند بهاره، در سطح کشور به ترتیب برابر با 900، 866، 46، 823، 649، 608، 55، 1487 و 1096 میلیون متر مکعب بوده که از سامانه نیاز آب برآورد شده است و متوسط میزان تبخیر تعرق مرجع، نیاز آبی خالص، بارش موثر، نیاز آبیاری، نیاز ناخالص، نیاز آبیاری ناخالص، راندمان کاربرد آب در مزرعه، آب مصرفی خالص و آب مصرفی ناخالص گیاه چغندرقند پائیزه، در سطح کشور به ترتیب برابر با 263، 202، 49، 128، 137، 77، 54، 239 و 144میلیون مترمکعب بوده که از سامانه نیاز آب برآورد شده است.

نتیجه‌گیری

می‌توان نتیجه گرفت برای سطح 94 هزار هکتار اراضی تحت کشت چغندرقند بهاره حجم آب مصرفی واقعی برای تولید 4/6 میلیون تن چغندرقند بهاره در سطح کشور برآورد شده توسط سامانه نیاز آب برابر با 1096 میلیون مترمکعب با بهره‌وری 4/38 کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی بود و برای سطح 49 هزار هکتار اراضی تحت کشت چغندرقند پائیزه حجم آب مصرفی واقعی برای تولید 2/4 میلیون تن چغندرقند پائیزه در سطح کشور برآورد شده توسط سامانه نیاز آب برابر با 144 میلیون مترمکعب با بهره‌وری 21/2 کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی شد.

منابع

ابراهیمی پاک، ن.ع. 1389. گزارش نهایی تعیین تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه چغندرقند با استفاده از لایسیمتر در شهرکرد: گزارش نهایی به شماره 89/909 مورخ 1389/8/9 مرکز اسناد علمی کشاورزی، 105 صفحه، موسسه تحقیقات خاک و آب.

محمدیان، ر. و باغانی، ج. 1396. آبیاری قطره‌ای- نواری در زراعت چغندرقند. نشریه ترویجی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، 27 ص.

Aghdayi, M. and Faizi, M. 1999. Determination of evapotranspiration of sugar beet by lysimeters method. Proceedings of Eighth Seminar on Irrigation and reducing evaporation in Kerman. Page 27. (In Persian).

Barbier, G. 1982. Effect of irrigation and harvesting dates on the yield of spring, sown sugar beet; Agricultural Water management; 5:4; 354-357.

Caliandro, A., Tarantion, E. and Rubino, P. 1990. Water consumption of sugar beet sown in the spring under the environmental conditions of southern ltaly: Rivista di Agronomia. 1990, 14:3; 178-193.

Ebrahimipak, N.A. 2010. Determination of yield response factor (Ky) of sugar beet to deficit irrigation at different growth stages. Journal of sugar beet; 2010. 26 (1):67-79. (In Persian, abstract in English).

English, M. and Raja, S.N. 1996. Perspectives on deficit irrigation. Agricultural Water Management.1996.32: 1-14.

Khajenori, A. 1992. Determines potential evapotranspiration of sugar beet plants by lysimeter method. Agricultural Scientific Information and Documentation Center, Iran. Publisher, Institute of Soil and Water Research;. (In Persian, abstract in English).

Kochaki, A. 1996. caltivation of sugar beet. Translated by Publications of Mashhad University Jihad; 1996.

Mohammadian, R., Fatollah Taleghani, D., and Sadeghzadeh hemayati, S. 2011. Effect of different irrigation managements on quantity and quality of sugar beet. J. Sugar Beet. 26: 2. 139-156. (In Persian)

Moutonnet, P. 2002. Yield response factors of field crops to deficit Irrigation F.A.O Irrigatices and drain age paper 22"Rome Italy.

Panahi, M., Aghdayi, M. and Rezayi, M. 2006. Determination of sugar beet standard evapotranspiration by lysimeter method in Kabotar-Abad, Esfahan. Journal of sugarbeet.22 (1):25-37. (In Persian,).

Pruitt, W.O., Fereres, E., Kaita, K. and Snyder, R.L. 1987. Reference evapotranspiration (ET_0) for California. Agriculture and Experiment Station Bulletin 1922, University of California. 16 pp. and 12 maps; 1987.

Rahimi, H. 1997. Determines water demand of sugar beet plants by lysimeters method. Agricultural Scientific Information and Documentation Center, Iran. Publisher, Institute of Soil and Water Research; 1997. (In Persian).

Razavi, R. 1995. Final Report of Determine the water requirements of sugar beet by lysimeter. Agricultural Scientific Information and Documentation Center, Iran. Publisher, Institute of Soil and Water Research; 1995. (In Persian,)

Seyedan, S.M and Mansouri, H. 2019. Water Productivity in Sugar Beet Cultivation under Classical and FurrowIrrigation System in Hamedan Province. Journal of Agroecology, 11(2):673-686.

محور 2
بهره‌وری آب در کشاورزی

اثر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی میزان بهره‌وری آب و عملکرد نیشکر

علی شینی‌دشتگل[1]، عبدعلی ناصری[2]، جلیل کرمان‌نژاد[3]، مجید حمودی[3]

[1] دکتری آبیاری و زهکشی و مدیر گروه تحقیقاتی آبیاری و زهکشی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، Sheinidasht1971@gmail.com

[2] استاد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

[3] کارشناس تحقیقاتی سابق آبیاری و زهکشی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان

[4] کارشناس تحقیقاتی سابق آبیاری و زهکشی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان

چکیده

پژوهشی به‌منظور اثر اعماق کارگذاری 15، 20 و 30 و فواصل50، 60 و 75 سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها، بر بهره‌وری آب و عملکرد نیشکر در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در ایستگاه تحقیقات مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان انجام شد. بررسی شاخص بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی، نشان داد که تیمارهای آزمایش از نظر فاصله بین قطره‌چکان‌ها، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده ولی از نظر اعماق کارگذاری و اثرات متقابل فاصله و عمق کارگذاری، اختلاف معنی‌داری ندارند. بیشترین عملکردهای کمی در فاصله 50 و عمق کارگذاری 20 سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها و بیشترین عملکردهای کیفی در فواصل 60 و 50 و عمق کارگذاری 15 و 20 سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها مشاهده شد. در فاصله 60 سانتی‌متری و عمق کارگذاری 20 سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها، بیشترین بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی، به‌ترتیب میزان 7/18 و 0/87 و در فاصله 75 سانتی‌متری و عمق کارگذاری 20 سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها، کمترین بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی، به‌ترتیب میزان 5/17 و 0/61 کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. باتوجه به نتایج به‌دست آمده و در نظر گرفتن سایر شرایط اجرایی و آب و هوایی، به‌نظر می‌رسد که عمق 20 سانتی‌متری کارگذاری لوله آبده و فاصله 50 سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها روی لوله فرعی، مناسب‌تر باشند.

کلمات کلیدی: آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، بهره‌وری آب، عملکرد نیشکر، قطره‌چکان

مقدمه

در اراضی شرکت توسعه نیشکر، بافت خاک عمدتاً سنگین بوده و بادهای گرم و خشک در فصل‌های بهار و تابستان جریان دارند. برای تأمین آب مزارع به‌موازات طولی آنها، لوله‌های دریچه‌دار هیدروفلوم به کار می‌رود. آبیاری در این اراضی، به روش جوی و پشته صورت‌گرفته و طراحی‌ها بر اساس حداکثر هدایت الکتریکی آب آبیاری 1/1 دسی‌زیمنس بر متر در نظر گرفته شده است (1). ازآنجایی‌که نیشکر گیاهی آب‌دوست بوده و به شرایط ماندابی ناشی از بالا آمدن سطح ایستابی نیز حساس است، آبیاری آن نیازمند وجود یک شبکه آبیاری و زهکشی دقیق از نظر طراحی و اجراست و رسیدن به چنین شرایطی همواره تحت‌تأثیر محدودیت‌های انسانی (در بخش طراحی و اجرا) و لوازم و تجهیزات است، لذا انتخاب روش‌های مناسب آبیاری نیشکر جهت مصرف بهینه آب و انرژی، حائز اهمیت است (2). لئوناردو و همکاران (2016)، باهدف ارزیابی میزان ذخیره آب در خاک در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، در دو عمق 20 و 40 سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها و دو نوع آب فاضلاب تصفیه شده و آب شیرین در دو دوره داشت نیشکر در برزیل، پژوهشی انجام دادند و نتایج نشان داد که نصب لوله قطره‌چکان دار در عمق 20 سانتی‌متری، باعث توزیع بهتر آب در منطقه توسعه ریشه و کاهش تلفات تبخیر و نفوذ عمقی شده و کیفیت آب تأثیری در توزیع آب در خاک ندارد (4). کاندلوس و همکاران (2017)، پژوهشی به‌منظور ارزیابی روابط آب، رشد

رویشی، بهره‌وری و عملکرد کیفی نیشکر در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در راتون دوم و دو عمق 20 و 40 سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها و دو منبع آب (فاضلاب و آب تازه از مخزن) در برزیل انجام دادند و نتایج نشان داد که رطوبت خاک باتوجه‌به عمق نصب قطره‌چکان‌ها تغییر می‌کند و پتانسیل برگ، کلروفیل، تبادل گاز و غلظت نیتروژن و منیزیم در برگ‌ها نیز برای تیمارهای آبی بیشتر بود. تیمارهای آبیاری با فاضلاب و عمق کارگذاری 20 سانتی‌متر، دارای بیشترین عملکرد ساقه و شکر بودند. میزان تولید 233/69 و 37/06 میلی‌گرم در هکتار به ترتیب برای ساقه و کل شکر قابل‌استحصال بود؛ بااین‌وجود تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آبی وجود نداشت (3). باتوجه‌به عوامل محدودکننده آبیاری نیشکر در خوزستان، امکان استفاده از روش‌های نوین آبیاری مرسوم در دیگر مناطق نظیر روش‌های آبیاری بارانی و یا قطره‌ای، با مشکلات عدیده‌ای مواجه خواهد شد. باتوجه‌به ساختار آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، پیش‌بینی می‌شود که این روش بتواند با اعمال برخی شرایط از جمله طراحی خوب شبکه از نظر هیدرولیکی، فیلتراسیون باکیفیت آب و اجرای مناسب شبکه موفق عمل نماید؛ لذا این پژوهش به‌منظور ارزیابی اثر فواصل و اعماق مختلف کارگزاری قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و اثرات آن بر بهره‌وری آب و خصوصیات کمی و کیفی نیشکر انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش، در مزرعه‌ای به مساحت حدود 1/2 هکتار شامل 27 جوی و پشته به طول 237 و فواصل 1/83 متر در ایستگاه تحقیقاتی شماره یک مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان واقع در کیلومتر 30 جاده اهواز – آبادان و در فصل زراعی 96-1395 انجام شد. موقعیت مزرعه آزمایشی در 48 درجه و 33 دقیقه طول شرقی و 30 درجه و 59 دقیقه عرض شمالی قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا 7/63 متر می‌باشد. مراحل آماده سازی زمین جهت کشت نیشکر شامل شخم عمیق، دیسک سنگین به‌منظور خرد کردن کلوخه‌ها و آماده کردن بستر، ماله زنی، شیار زنی (تهیه جوی و پشته) و عملیات کود پاشی (سوپرفسفات تریپل 250 کیلوگرم در هکتار) قبل از کشت انجام شد. پس از انتخاب رقم موردنظر (رقم CP69-1062 به‌دلیل رقم تجاری منطقه)، کشت قلمه به‌صورت دو ردیفه و با فاصله ردیف‌های کشت 40 سانتی‌متر، به روش دستی مستقیماً روی پشته انجام و لوله‌های آبده با دستگاه لوله گذار در وسط دو ردیف کشت قرار گرفتند.

قبل از عملیات کشت، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، در اعماق 30-0، 60-30 و 90-60 سانتی‌متری، نمونه-برداری خاک انجام و آنالیز خاک (EC، pH، کاتیون‌ها و آنیون‌ها، بافت و جرم مخصوص ظاهری) صورت گرفت. برای تعیین درصد رطوبت خاک در نقاط ظرفیت زراعی (FC)[1] و پژمردگی دائم (PWP)[2] از دستگاه صفحات فشاری استفاده شد (به‌ترتیب 25/1 و 12/9 درصد جرمی به‌دست آمد). آزمایش‌ها به‌صورت خرد شده و هر دو عامل عمق و فاصله قطره‌چکان‌ها، در قالب طرح قطعه کامل تصادفی پیاده شدند. تیمارها شامل سه ترکیب فاصله قطره‌چکان‌ها روی لوله فرعی و سه عمق قرارگیری قطره‌چکان‌ها بود. قطره‌چکان‌ها از نوع تنظیم شونده فشار و به‌صورت آنتی سیفون[3] (PC, AS) و پمپ انتخابی از نوع پمپ‌های سه طبقه فشار قوی شرکت پمپیران (WKL65/3) با دبی اسمی 31 لیتر در ساعت بود. فشار در ایستگاه پمپاژ 43 متر و لوله‌های قطره‌چکان‌دار از شرکت سان استریم[4] و با دبی 1/2 و 2/2 لیتر در ساعت بودند. فاصله قطره‌چکان‌های روی لوله‌ها 50 و 60 سانتی‌متر (برای دبی خروجی از قطره‌چکان‌ها، 1/2 لیتر در ساعت) و 75 سانتی‌متر (برای دبی خروجی از قطره‌چکان‌ها، 2/2 لیتر در ساعت) و عمق کارگذاری لوله‌ها 15، 20 و 30 سانتی‌متر از سطح خاک بودند. منبع تأمین آب، از کانال اصلی کشت و صنعت حکیم فارابی بوده که توسط ایستگاه پمپاژ به محل مزرعه منتقل و طراحی و اجرای

[1] Field Capacity
[2] Permanent Wilting Point
[3] Pressure controlled dripper, anti-syphon
[4] Sunstream

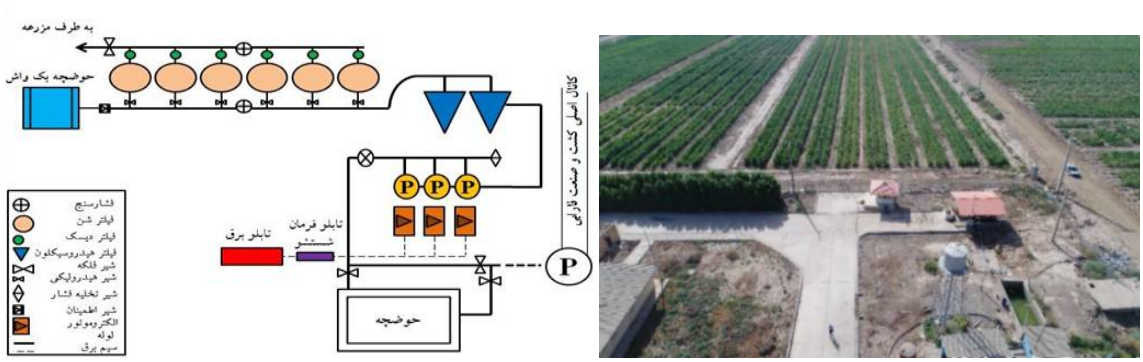
ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون باتوجه‌به آنالیز اولیه آب آبیاری انجام شد. دور آبیاری در پیک آبیاری به‌صورت روزانه (12 ساعت آبیاری در روز) و در سایر روزها براساس عمق خالص آب ذخیره شده در منطقه ریشه و تبخیر و تعرق گیاه محاسبه شد که در مجموع دور آبیاری بین محدوده 3-1 روز متغیر بود. جهت کنترل رطوبت خاک در دوره داشت نیشکر، تعدادی حسگر رطوبتی در مزرعه نصب و با استفاده از دستگاه TDR[1]، رطوبت خاک اطراف قطره‌چکان‌ها و توزیع آن کنترل شد. بسته به میزان دفعات آبیاری و اسیدیته آب آبیاری، جهت جلوگیری از انسداد قطره‌چکان‌ها، مقداری اسید به آب آبیاری تزریق و پس از مدت زمان مشخص از شبکه تخلیه شد. باتوجه‌به وجود جلبک در آب آبیاری، گاز کلر در اسیدشویی نیز مانند تزریق کود (کود آبیاری)، قبل از شروع عملیات آبیاری و در رطوبت ظرفیت زراعی انجام شد.

پس از قطع آبیاری و تنش خشکی اعمال شده، روند رسیدگی نی آغاز می‌شود. برای این منظور، از هر تیمار به‌صورت هفتگی نمونه‌های 20 ساقه به‌صورت تصادفی انتخاب و کیفیت شربت نی اندازه‌گیری شد تا پس از تکمیل روند رسیدگی نیشکر، برداشت صورت گیرد. سه تکرار 10 متری از هر تیمار آزمایشی انتخاب نموده و تعداد ساقه شمارش و با اندازه‌گیری وزن 20 ساقه، تراکم ساقه، عملکرد کل و عملکرد خالص نیشکر، به تن در هکتار و تعداد ساقه در هکتار تعمیم داده شد. پس از تعیین عملکرد، باتوجه‌به حجم آب مصرفی در طول دوره رشد نیشکر (آبیاری و بارندگی)، بهره‌وری آب (نسبت عملکرد به حجم آب مصرفی)، محاسبه شد. هم‌چنین در هر تیمار و در سه تکرار طولی، تعداد 60 ساقه به‌طور تصادفی انتخاب شد و پس از اندازه گیری وزن و ارتفاع ساقه‌ها، عوامل کیفی نیز در آزمایشگاه اندازه‌گیری و محاسبه شدند. یکی از شاخص‌های مدیریت آب در مزرعه، شاخص بهره‌وری آب[2] است که برای محاسبه آن، رابطه (1)، استفاده می‌شود.

$$WP = \frac{Yield}{V_{IRR}} \qquad (1)$$

WP: بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m^3)، Yield: عملکرد بیولوژیکی (Kg/ha) و VIRR: حجم آب آبیاری (m^3/ha)، است.

در نهایت، جهت برازش داده‌ها، از نرم‌افزار EXCEL و جهت آنالیز آماری، از نرم‌افزار SAS استفاده شد.



شکل 1- نمایی از ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و نمایی از مزرعه طرح آزمایشی

نتایج و بحث

حجم آب آبیاری و بارندگی و در نهایت حجم کل آب مصرفی در طول دوره داشت نیشکر، در تیمارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و همچنین در آبیاری مرسوم منطقه، در جدول شماره (1)، ارائه شده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود، منبع اصلی تأمین آب

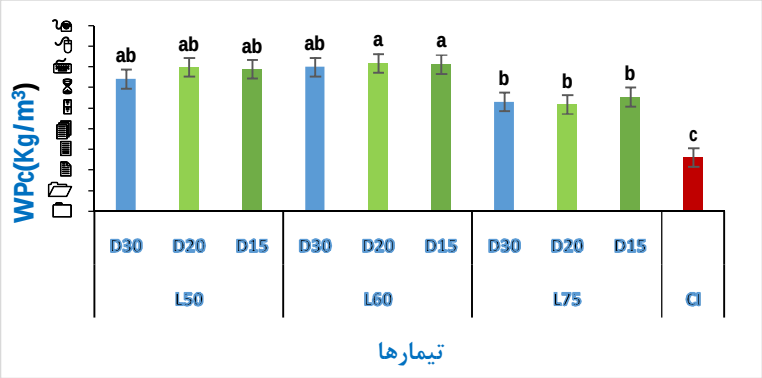
[1] Time Domain Refrectometery
[2] Water Productivity

موردنیاز گیاه، ناشی از آبیاری است و حجم بارندگی ناچیز است. در تیمارهای مربوطه، با فاصله قطره‌چکان‌های 50، 60 و 75 سانتی‌متری به‌ترتیب مقدار آب آبیاری برابر با 100، 85 و 115 درصد نیاز آبی تأمین شده است. در مجموع حجم کل آب مصرفی ناشی از آبیاری در میانگین تیمارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، حدود 50 درصد آبیاری مرسوم است و این موضوع نشان می‌دهد که با اجرای این روش آبیاری، صرفنظر از اعمال عمق یا فاصله مشخص، به‌طور متوسط حدود 50 درصد در مصرف آب آبیاری صرفه جویی خواهد شد.

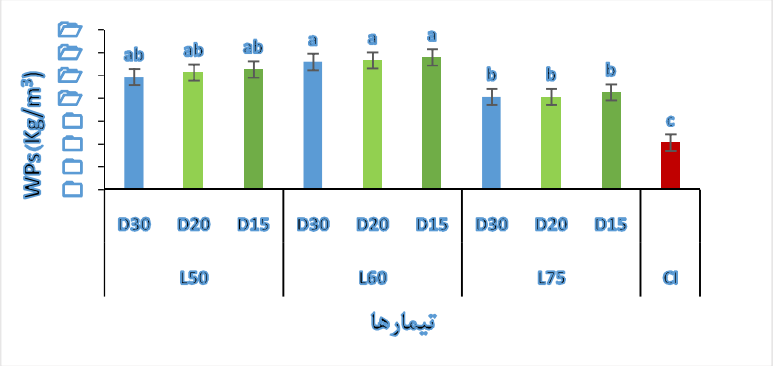
جدول 1- حجم آب آبیاری، بارندگی و حجم کل آب مصرفی در تیمارهای مختلف و آبیاری مرسوم

تیمارها		حجم آب مصرفی (m^3/ha)		
فاصله (cm)	عمق (cm)	آب آبیاری	آب بارندگی	کل آب مصرف شده
L_{50}	D_{30} D_{20} D_{15}	18318	883	19201
L_{60}	D_{30} D_{20} D_{15}	15277	883	16160
L_{75}	D_{30} D_{20} D_{15}	21149	883	22032
آبیاری مرسوم (شاهد)		36000	883	36883

در شکل‌های (2) و (3)، بهره‌وری آب باتوجه‌به عملکرد نیشکر و شکر تولیدی و حجم آب مصرفی، نشان داده شده است. کاهش آب مصرفی، باعث افزایش خصوصیات کیفی نیشکر گردیده و این موضوع منجر به افزایش بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی شده است، به‌طوری‌که در فاصله 60 و عمق کارگذاری 20 سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها، بیشترین بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی، به میزان 7/18 کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شده و با عمق کارگذاری 15 سانتی‌متری، در یک گروه قرار دارند و تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. بهره‌وری آب به ازای شکر تولیدی نیز در فاصله 60 سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها و عمق کارگذاری 15 سانتی‌متری، دارای بیشترین عملکرد به میزان 0/87 کیلوگرم بر مترمکعب بوده که با اعماق کارگذاری 20 و 30 سانتی‌متری در یک گروه قرار دارند و تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. کمترین بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی در عمق کارگذاری 75 سانتی‌متری، به‌ترتیب به میزان 5/17 و 0/61 کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد که با اعماق کارگذاری 20 و 30 سانتی‌متری در یک گروه قرار دارند و تفاوت معنی‌داری با هم ندارند (صرف‌نظر از تیمار شاهد). هم‌چنین بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی، در تیمار شاهد، به ترتیب معادل 2/6 و 0/31 کیلوگرم بر مترمکعب بوده است که حدود 64 درصد کمتر از تیمار شاخص آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (فاصله 60 و عمق کارگذاری 20 سانتی‌متر) و حدود 59 درصد کمتر از میانگین تیمارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، صرف‌نظر از اعماق و فواصل مختلف قطره‌چکان‌ها، می‌باشد.



شکل 2- بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی در تیمارهای مختلف آزمایش



شکل 3- بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی در تیمارهای مختلف آزمایش

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی در این پژوهش، صرف‌نظر از اعمال هرگونه تیمار، روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به روش آبیاری مرسوم، کاهش حدود 50 درصدی آب مصرفی را به دنبال داشت و این در حالی است که میانگین محصول تولیدی نیز بیش از 25 درصد افزایش داشته است. هم‌چنین روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، نسبت به سیستم آبیاری مرسوم، افزایش حدود 60 درصدی بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی را به دنبال داشت. باتوجه‌به نتایج حاصل و با در نظرگرفتن یکنواختی توزیع رطوبت، شوری سطح خاک، عدم ایجاد رواناب، حفاظت از لوله آبده، حذف تبخیر سطحی و توسعه ریشه نیشکر، عمق 20 سانتی‌متری کارگذاری لوله آبده و فاصله 50 سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها روی لوله فرعی پیشنهاد می‌شوند، ولی باتوجه‌به بالا بودن تبخیر و طولانی بودن زمان یک دور آبیاری به‌دلیل پایین بودن دبی قطره‌چکان‌ها، دبی دو لیتر بر ساعت با فاصله 50 سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها، می‌تواند گزینه مناسبی باشد.

منابع

بی‌نام، 1370. مهندسین مشاور یکم، مطالعات مرحله اول طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی، جلد هفتم، مطالعات نیشکر.

عباسی، ف. و شینی‌دشتگل، ع. 1395. ارزیابی و بهبود مدیریت آبیاری جویچه‌ای در اراضی تحت کشت نیشکر خوزستان. نشریه دانش آب و خاک، جلد 26، شماره 2، 109- 121.

Kandelous, M. M. and J. Simunek., 2010. Numerical simulations of water movement in a subsurface drip irrigation system under field and laboratory conditions using HYDRUS-2D. Agricultural Water Management. 97: 1070–1076.

Leonardo N.S. d S., Edson E. M., Ivo Z. G., Eduardo A.A. B., Aline A. Nazário, Natalia F. T., Marcelo C.L. E., Daniel R.C. F. and Allan C.M. d S. 2016. Water storage in the soil profile under subsurface drip irrigation: Evaluating two installation depths of emitters and two water qualities, Agricultural Water Management, n170, 91-98.

اثر شیب و دبی ورودی بر عملکرد و بهره‌وری آب در آبیاری جویچه‌ای اراضی نیشکر

مجید حمودی [1]، عباس ملکی [2]، علی شینی دشتگل [3]، عبدعلی ناصری [4]

[1] دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز و رئیس اداره آب و خاک کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر، majid.hamoodi@yahoo.com

[2] استادیار گروه مهندسی آب- دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان

[3] مدیر گروه تحقیقات بخش آبیاری و زهکشی مؤسسه تحقیقات نیشکر

[4] استاد گروه آبیاری و زهکشی – دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر شیب و دبی ورودی بر بهره‌وری آب، در آبیاری جویچه‌ای اراضی نیشکر انجام شد، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب قطعه‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تابستان سال 1398 در اراضی ایستگاه تحقیقاتی شماره یک مؤسسه تحقیقات نیشکر اجرا گردید. عامل اصلی شیب طولی در سه سطح 0/2 در هزار ($S_{0.2}$) 0/4 در هزار ($S_{0.4}$) و 0/6 در هزار ($S_{0.6}$) و عامل فرعی دبی ورودی در سه سطح 1/5 ($Q_{1.5}$)، 2 (Q_2) و 2/5 ($Q_{2.5}$) لیتر بر ثانیه بود. نتایج نشان داد که اثر متقابل دو عامل شیب طولی و دبی ورودی در شاخص بهره‌وری آب به‌ازای نیشکر و شکر تولیدی در سطح یک درصد معنی‌دار است. بیشترین بهره‌وری آب به‌ازای نیشکر و شکر تولیدی به ترتیب به میزان 4/97 و 0/56 کیلوگرم در مترمکعب در تیمار شیب طولی 0/2 در هزار و دبی ورودی 1/5 لیتر بر ثانیه به دست آمد.

کلمات کلیدی: دبی ورودی، شیب طولی، بهره‌وری و نیشکر

مقدمه

در سال‌های اخیر، در زمینهٔ آبیاری جویچه‌ای پیشرفت‌های زیادی حاصل شده است که می‌توان به‌سهولت استفاده از لوله‌های دریچه‌دار (هیدروفلوم) در این روش آبیاری اشاره کرد. این روش، در سطح بیش از 100 هزار هکتار از اراضی زیر کشت نیشکر در استان خوزستان مورداستفاده قرار می‌گیرد. علی‌رغم تجهیز و نوسازی اراضی، این کشت و صنعت‌ها همچنان متهم به پایین‌بودن بازده آبیاری و تولید حجم زیادی از زهاب‌های کشاورزی هستند، بنابراین، اعمال مدیریت صحیح آبیاری باهدف صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش عملکرد نیشکر از اهمیت خاصی برخوردار است (Abbasi and sheini dasghtegol, 2016). برای بهبود راندمان آبیاری جویچه‌ای تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در دنیا صورت‌گرفته است که در اینجا به چند مورد مختصر از آن‌ها اشاره می‌شود. یک طرح آزمایشی در قالب کرت‌های خرد شده با دبی‌های ورودی 0/3، 0/4 و 0/5 لیتر بر ثانیه در طول فاروهای 24، 35 و 50 متری در باتو دیگاگا موردمطالعه قرار گرفت و نتایج نشان داد که میانگین بهره‌وری روش آبیاری برای طول فارو 24، 35 و 50 متر به ترتیب 93/35، 86/9 و 99/2 درصد می باشد (Mekonen, 2006). تحقیق دیگری در منطقه یلمانا دنسا در غرب ناحیه گوجام اتیوپی صورت گرفت، تأثیر شدت‌جریان ورودی 0/4، 0/6 و 0/8 لیتر بر ثانیه و طول فارو 10، 25 و 40 متر بر کارایی مصرف آب بررسی شد و نتایج نشان داد که بیشترین کارایی روش آبیاری در حالتی که طول فارو 40 متر و دبی ورودی 0/4 لیتر بر ثانیه باشد؛ یعنی در بیشترین طول فارو و کمترین دبی ورودی حاصل می‌گردد (Eshetu, 2007). تحقیقی، باهدف ارزیابی اثرات شیب، طول جویچه و دبی جریان آبیاری بر کارایی آبیاری و عملکرد نیشکر در اتیوپی

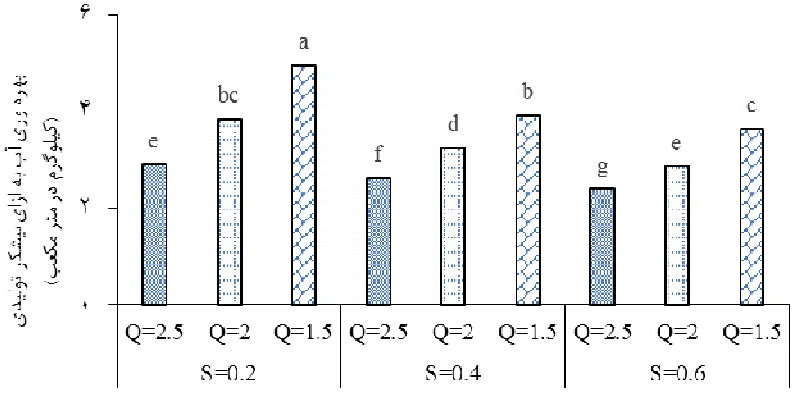
انجام شد و نتایج نشان داد که اثر متقابل طول 200 متری و دبی جریان 6 لیتر بر ثانیه، یکنواختی توزیع آب و عملکرد بهتری داشته و شیب 0/08 درصد برای کشت نیشکر توصیه می‌شود (Assefa et al., 2017). باتوجه‌به تحقیقات انجام شده و با عنایت به اینکه در روش‌های آبیاری اجرا شده، انتخاب مناسب دبی ورودی و زمان آبیاری از عوامل مهم در افزایش بازده روش آبیاری است، این مطالعه باهدف بررسی اثر دبی ورودی و زمان قطع جریان بر راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب در روش آبیاری جویچه‌ای اراضی نیشکر جنوب اهواز انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی 99-1398 در یک مزرعه کشت جدید (پلنت) گیاه نیشکر، واقع در ایستگاه شماره یک مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشگر و صنایع جانبی خوزستان است، به اجراء در آمد. ایستگاه شماره یک مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر مساحت 170 هکتار در فاصله حدود 40 کیلومتری جنوب اهواز بین رودخانه کارون و جاده اهواز– آبادان و در مرکز محدوده با مختصات ۰ 33 °48 طول و ۰ 00°31 عرض و در 6/8 متری ارتفاع از سطح دریا قرار گرفته است. بافت خاک مزرعه موردمطالعه لومی رسی سیلتی است. طرح آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شیب طولی جویچه است که در سه سطح 0/2، 0/4و 0/6 در هزار و عامل فرعی دبی ورودی به جویچه‌ها است که در سه سطح 1/5، 2 و 2/5 لیتر بر ثانیه اعمال گردید. روش آبیاری، جویچه‌ای انتها بسته بود و آب از طریق لوله‌های دریچه‌دار وارد جویچه‌ها می‌شد. مزرعه موردمطالعه، دارای ساختار زهکشی زیرزمینی است و طول جویچه‌ها 240 متر و فواصل جویچه‌ها 183 سانتی‌متر می‌باشد. در پایان فصل رشد نیشکر از هر تیمارآزمایشی حدود 100 متر مربع برداشت دستی صورت گرفت و تعداد ساقه در این محدوده نیز شمارش و به تن در هکتار و تعداد ساقه در هکتار تعمیم داده شد. هم‌چنین نمونه‌های 20 ساقه‌ای جهت تعیین خصوصیات کمی و کیفی نیشکر از تیمارهای آزمایشی در موقع برداشت تهیه و پس از توزین و اندازه‌گیری ارتفاع آن‌ها، با استفاده از دستگاه عصاره‌گیری بصورت پرس از آن‌ها عصاره گیری و با استفاده از دستگاه‌های ساکاری‌متر و پلاری‌متر مدل سوما، عوامل کیفی چون POL و Brix آن‌ها اندازه‌گیری و باتوجه‌به این عوامل، خصوصیات کیفی دیگر محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به‌کمک نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون LSD و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

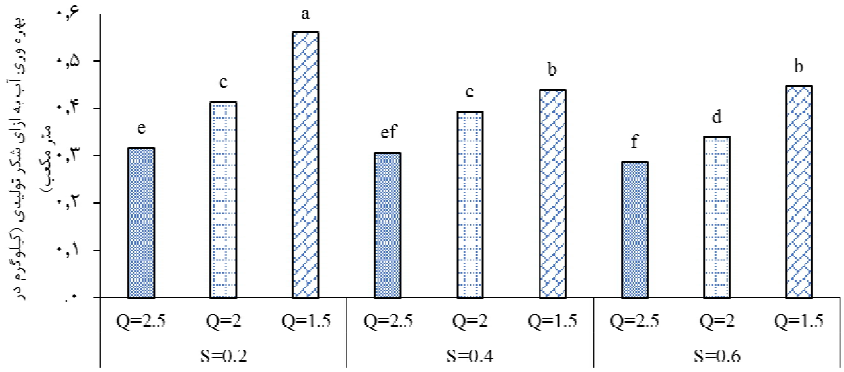
نتایج و بحث

در شکل‌های (1) و (2)، مقایسه میانگین اثرمتقابل دو عامل (دبی ورودی x شیب طولی)، بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی، آمده است.



شکل 2- مقایسه میانگین بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی در اثرمتقابل دو عامل (دبی ورودی×شیب طولی)

همان‌طوری که در شکل 2 مشاهده می‌شود، تفاوت معنی‌داری بین فاکتورها وجود دارد. عامل بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی در عامل اصلی شیب طولی (S) و عوامل فرعی دبی ورودی (Q) تفاوت معنی‌دار شد. بیشترین بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی در عامل اصلی شیب طولی (S) 0/2 در هزار ($S_{0.2}$)، عامل فرعی دبی ورودی 1/5 لیتر بر ثانیه ($Q_{1.5}$)، به میزان 4/97 کیلوگرم در مترمکعب آب است و کمترین میزان بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی در تیمار شیب طولی (S) 0/6 در هزار ($S_{0.6}$) و دبی ورودی 2/5 لیتر بر ثانیه ($Q_{2.5}$)، به میزان به میزان 2/40 کیلوگرم در مترمکعب آب به دست آمد. نتایج بیانگر آن است که بین بیشترین و کمترین بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی حدود 52 درصد است. کاهش دبی ورودی از 2/5 به 1/5 لیتر بر ثانیه در کاهش آب مصرفی و افزایش بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی کمک قابل‌توجهی کرده است. لذا افزایش آب مصرف در هکتار در طول دوره رشد، با اینکه کمک به افزایش تولید نمی‌کند بلکه منجر به با کاهش راندمان کاربرد آب و افزایش تلفات عمقی می‌گردد. بنابراین در انتخاب دبی ورودی مناسب، در افزایش بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی و کاهش مصرف آب کمک کرد.



شکل3- مقایسه میانگین بهره‌وری آب به ازای شکری تولیدی در اثرمتقابل دو عامل (دبی ورودی×شیب طولی)

همان‌طوری که در شکل 3 مشاهده می‌شود، تفاوت معنی‌داری بین عوامل وجود دارد. عامل بهره‌وری آب به ازای شکر تولیدی در عامل اصلی شیب طولی (S) و عوامل فرعی دبی ورودی (Q) تفاوت معنی‌دار شد. بیشترین بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی در عامل اصلی شیب طولی (S) 0/2 در هزار ($S_{0.2}$)، عامل فرعی دبی ورودی 1/5 لیتر بر ثانیه ($Q_{1.5}$)، به میزان 0/56 کیلوگرم در مترمکعب آب است و کمترین میزان بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی در تیمار شیب طولی (S) 0/6 در هزار ($S_{0.6}$) و دبی ورودی 2/5 لیتر بر ثانیه ($Q_{2.5}$)، به میزان به میزان 0/29 کیلوگرم در مترمکعب آب به دست آمد. نتایج بیانگر آن است که بین بیشترین و کمترین بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی حدود 48 درصد است. کاهش دبی ورودی از 2/5 به 1/5 لیتر بر ثانیه در کاهش آب مصرفی و افزایش بهره‌وری آب به ازای شکر تولیدی کمک قابل‌توجهی به افزایش بهره‌وری کرده است. لذا افزایش آب مصرفی در هکتار در طول دوره رشد، با اینکه کمک به افزایش تولید نمی‌کند، بلکه منجر به کاهش راندمان کاربرد آب و افزایش تلفات عمقی می‌گردد. بنابراین در انتخاب دبی ورودی مناسب، در افزایش بهره‌وری آب به ازای شکر تولیدی و کاهش مصرف آب کمک کرد.

نتیجه‌گیری

در عامل عملکرد نیشکر، بیشترین عملکرد نیشکر در تیمار، شیب طولی 0/2 در هزار ($S_{0.2}$)، دبی ورودی 2 لیتر بر ثانیه (Q_2) و دبی ورودی 1/5 لیتر بر ثانیه ($Q_{1.5}$)، به ترتیب به میزان 109 و 106 تن در هکتار به‌دست آمد. هم‌چنین در عامل بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی، بیشترین بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی در تیمار، شیب طولی 0/2 در هزار ($S_{0.2}$)، دبی ورودی 1/5 لیتر بر ثانیه ($Q_{1.5}$) به

میزان 4/97 کیلوگرم در مترمکعب آب به‌دست آمد. لذا در کشت و صنعت‌های نیشکری استفاده از شیب طولی و دبی ورودی متناسب توصیه می‌گردد. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود برای بررسی دیگر اثرات مثبت روش آبیاری با دبی ورودی و زمان قطع جریان متفاوت، آزمایش‌های مشابهی در مزارع نیشکر، با بافت خاک متفاوت انجام شود.

منابع

Abbasi, F. and. Sheinidashtegol, A. 2016. Assess and improve the management of furrow irrigation in irrigated fields of sugarcane in Khuzestan. Journal of Water and Soil Science, (2)4, 109-121. (In Farsi).

Assefa, S. Kedir, Y. and Alamirew, T. 2017. Effects of slopes, furrow lengths and Inflow rates on irrigation performances and yield of sugarcane plantation at metehara, Ethiopia. Journal of Irrigation & Drainage Systems Engineering. (6) 179.

Elliott, R.L., Walker, W.R. and Skogerboe, G.V. 1983. Infiltration parameters from furrow irrigation advance data. Trans. ASAE, 26(6), 1726-1731.

Eshetu, S. 2007. Evaluation of the effect of flow rate and furrow length on irrigation efficienes and water use. Haramaya university.

Malano, H.M. and Patto, M. 1992. Automation of border irrigation in southeast Australia. Irrigation and drainage system. 6: 9-23.

Mekonen, M. 2006. Performance evaluation of Bato Degaga surface irrigation system. Alemaya University.

اثر کم آبیاری بر کارایی و بهره‌وری مصرف آب محصول گندم در شهرکرد

بیژن حقیقتی [1]، علی مرشدی [2]، عاطفه صیادی شهرکی [3]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، Bhaghighati@yahoo.com

[2] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد

[3] محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد

چکیده

کم آبیاری یا صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند به‌عنوان یک روش مؤثر مدیریت آب در مزرعه موجب استفاده بهینه از آب گردیده و به تعیین الگوی کشت بهینه کمک نماید. کم آبیاری یک استراتژی سودمند اقتصادی در وضعیت محدودیت منابع آب است که می‌تواند باهدف حداکثر استفاده از واحد حجم آب یا ارتقای راندمان آب مصرفی مطرح باشد. پژوهش حاضر باهدف بررسی اثر کم آبیاری بر کارایی و بهره‌وری مصرف آب محصول گندم طی سال زراعی 1399، در ایستگاه تحقیقاتی چهار تخته واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش در این تحقیق شامل سه سطح مدیریت کم‌آبیاری به میزان تأمین (FI)100، (RDI_{80})80 و (RDI_{65})65 درصد کمبود رطوبت خاک می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب به‌ترتیب برابر 1/87 و 1/67 کیلوگرم در مترمکعب مربوط به تیمار مدیریت کم آبیاری FI بود و کمترین کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب به‌ترتیب برابر 1/35 و 1/20 کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار مدیریت کم آبیاری RDI_{65} حاصل شد. به طور کلی نتایج نشان داد، روش قطره‌ای نواری می‌تواند از مهم‌ترین راه‌کارهای صرفه‌جویی در مصرف آب و یکی از گزینه‌های مؤثر در مدیریت آبیاری تحت شرایط کم آبی و تنش برای کشت این محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران باشد.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی مصرف آب، قطره‌ای نواری، کم آبیاری

مقدمه

بر اساس آمارهای سازمان ملل، بیش از 2/1 میلیارد نفر معادل 20 درصد جمعیت کره زمین از دست‌یابی به آب کافی محروم هستند و تا سال 2025 به بیش از 3 میلیارد نفر خواهند رسید. گرچه عوامل متعددی مانند تغییرات جوی و عدم ثبات در الگوهای بارندگی، افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی منجر به افزایش سرانه مصرف شده است اما در این میان عوامل دیگری همچون مدیریت سنتی در بهره‌برداری و مصرف آب در بخش کشاورزی و مصرف غیراقتصادی منابع آب موجود نیز تأثیر قابل ملاحظه‌ای در بحران آب ایفا نموده است. باتوجه‌به محدودیت دسترسی به منابع آب شیرین جهان، تقاضا برای این منابع محدود روز به روز افزایش می‌یابد. به همین منظور برای اطمینان از تأمین امنیت غذایی جمعیت رو به رشد، چاره‌ای جز ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی نیست (حیدری، 1388). تاکنون مطالعات بسیار گسترده‌ای بمنظور بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد محصولات زراعی بویژه گندم در سراسر دنیا و از جمله در ایران انجام شده است. از میان تنش‌های محیطی غیر زنده، شاید بتوان گفت تنش خشکی مهم‌ترین عاملی است که از طریق بستن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش میزان فتوسنتز منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد دانه گندم می‌گردد. خلاصه

اینکه این تنش اغلب در طی دوره زایشی گندم رخ می‌دهد (Rebtzke et al., 2008) .کم‌آبیاری یا صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند بعنوان یک فن موثر مدیریت آب در مزرعه موجب افزایش کارایی مصرف آب گردیده و به تعیین الگوی کشت بهینه کمک نماید. کم‌آبیاری یک راهبرد سودمند اقتصادی در وضعیت محدودیت آب است که می‌تواند با هدف حداکثر استفاده از واحد حجم آب یا ارتقای راندمان آب مصرفی مطرح باشد (فرداد و گلکار، 1380). در مناطق کم باران مثل اغلب نقاط ایران تنش خشکی عمدتاً در طی دوره زایشی رشد گندم حادث شده و در بیشتر اوقات منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه می‌شود (سعیدی و همکاران، 1389). رجبی و همکاران (1400)، اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب گندم را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که که حداکثر تولید در تیمار آبیاری کامل به‌دست می‌آید و در حالت محدودیت آب با کاهش 15 درصدی آب مصرفی، بهره‌وری آب حداکثر می‌شود. شیر شاهی و همکاران (1398)، به بررسی حد بهینه آب مصرفی، زمان بهینه اعمال آن و بهره‌وری اقتصادی مدیریت کم‌آبیاری گندم در شهرکرد پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که تیمار 70 درصد تبخیر و تعرق و اعمال کم‌آبیاری در دوره رسیدن گیاه، حالت بهینه مصرف آب و کسب درآمد است. Guttieri و همکاران (2001) با اعمال تیمار تنش خشکی بصورت قطع آبیاری یک هفته بعد از گرده افشانی تا آخر فصل، اثر تنش بر عملکرد دانه را بسیار معنی دار گزارش کردند. در آزمایش آنها کاهش تعداد دانه در سنبله مهم‌ترین دلیل افت عملکرد در شرایط تنش بوده است.

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر کم آبیاری بر کارایی و بهره‌وری مصرف آب محصول گندم در ایستگاه تحقیقاتی چهار تخته واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال‌وبختیاری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش: تحقیق حاضر به مدت یک سال (1399) در ایستگاه تحقیقاتی چهارتخته شهرکرد واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری در 5 کیلومتری شرق شهرکرد با مختصات جغرافیایی ′32°,18 عرض شمالی و ′50°, 55 طول شرقی با ارتفاع 2090 متر از سطح دریا و با اقلیم منطقه‌ای نیمه مرطوب با تابستان معتدل و زمستان بسیار سرد به اجرا درآمد. شکل 1 موقعیت مزرعه تحقیقاتی موردنظر را نشان می‌دهد.



شکل 1- موقعیت مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری

خصوصیات اقلیمی محل اجرای آزمایش: ایستگاه سینوپتیک شهرکرد در 2 کیلومتری جنوب شهرکرد (مرکز استان چهارمحال و بختیاری) واقع شده است. میانگین ماهانه دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط و میزان بارندگی این ایستگاه در طول مدت 30 سال (1390-1360) در جدول 1 ارائه شده است. عوامل هواشناسی موردنیاز این تحقیق از ایستگاه هواشناسی کشاورزی واقع در مرکز

تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان که در مجاور طرح بود گرفته شده است.

جدول 1- میانگین 30 ساله برخی عوامل هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهرکرد (1390-1360)

عامل	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
دمای حداقل (°c)	0/7	4/4	7/1	11/6	11/3	7/4	2/7	-0/1	-4/8	-9/6	-7	-2/9
دمای حداکثر(°c)	16/8	22/2	29/2	33/6	33/1	30/4	25/2	16/5	9/5	5/8	7	13
دمای متوسط (°c)	8/7	13/3	18/2	22/6	22/2	18/9	14	8/2	2/3	-1/9	0	5/1
میزان بارندگی (mm)	64/6	16/7	2/2	0/9	0/1	0/9	0/6	47/5	60/7	48/4	60/5	37/6
رطوبت نسبی (%)	48	44	32	29	27	30	34	51	62	64	62	47

مراحل آماده‌سازی و اجرای طرح

برای آماده‌سازی زمین در اوایل مهرماه عملیات شخم و دیسک بر روی زمین محل اجرای آزمایش انجام شد. قبل از کاشت به‌منظور تسطیح زمین، عملیات ماله‌کشی انجام شد. در هر سال قبل از کاشت، بر اساس نتایج نمونه‌های مرکب خاک، مقدار کودهای موردنیاز و طبق روش آزمون خاک تعیین شد. مقادیر و نوع کودهای مورداستفاده در هر دو سال آزمایش باتوجه‌به آزمون خاک به زمین اضافه شد. فسفر و پتاسیم موردنیاز به ترتیب از منبع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم و قبل از کشت به زمین داده شد. نیتروژن موردنیاز از منبع اوره و در چهار مرحله: قبل از کشت، مرحلهٔ پنجه‌زنی، ساقه رفتن و قبل از ظهور سنبله در اختیار گیاه قرار گرفت. عناصر ریزمغذی آهن، روی، مس و منگنز به ترتیب از منبع سولفات آهن، سولفات روی، سولفات مس و سولفات منگنز تهیه و قبل از کاشت مصرف شد.

بذور گندم قبل از کاشت ضدعفونی شدند. در دهه اول آبان هر سال عملیات کاشت انجام شد. پس از کاشت لوله‌ها و تجهیزات آبیاری قطره‌ای نواری در مزرعه نصب شد.

طرح آزمایشی: این پژوهش به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب قطعه‌های کامل تصادفی در سه تکرار در زمینی به مساحت 1000 مترمربع به مدت یک سال زراعی (99-1398) در ایستگاه تحقیقاتی چهارتخته شهرکرد اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل تنش خشکی و کم آبیاری که عبارت‌اند از :

FI= تأمین 100 درصد کمبود رطوبت خاک (در زمان 50 درصد تخلیه آب قابل استفاده گیاه) (بدون تنش)، RDI_{80} = تأمین 80 درصد کمبود رطوبت خاک تیمار آبیاری کامل برای این تیمار در هر آبیاری (تنش ملایم)، RDI_{65} = تأمین 65 درصد کمبود رطوبت خاک تیمار آبیاری کامل برای این تیمار در هر آبیاری (تنش شدید) در دهه اول آبان ماه هر سال بذور با تراکم 450 بذر در مترمربع پس از ضدعفونی در کرت‌هایی به مساحت 10 مترمربع به‌صورت خطی با فاصله خطوط 15 سانتی متر کشت شد. کلیه عملیات آماده سازی زمین، کاشت و داشت البته به استثنای دور آبیاری برای همه کرت‌ها طبق عرف منطقه و به‌صورت یکنواخت انجام خواهد شد.

روش آبیاری در این تحقیق قطره‌ای نواری (تیپ) می‌باشد که پس از کاشت نوارهای تیپ به فاصله 50 سانتی‌متر بر روی زمین نصب گردید. در روش آبیاری قطره‌ای نواری، از نوارهای قطره‌ای به طول 36 متر با قطر 16 میلی‌متر و فاصله مجاری خروج آب 20 سانتی‌متر برای هر ردیف کشت استفاده شد. اندازه‌گیری و کنترل مقدار آب آبیاری در هر تیمار توسط شیرهای قطع و وصل و کنتور حجمی که روی لوله‌های پلی‌اتیلن انتقال آب تعبیه شده بود، انجام گرفت.

برنامه‌ریزی آبیاری

برای تعیین عمق خالص آبیاری برای تیمار تأمین 100 درصد کمبود رطوبت خاک (FI)، در هر نوبت آبیاری با هدف جایگزین نمودن رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه تا حد ظرفیت زراعی از رابطه زیر استفاده شد.

$$dn = (\theta_{fc} - \theta_i) \times \rho_b \times Z_r \qquad (1)$$

دراین‌رابطه dn : عمق خالص آبیاری (mm)، θ_i : رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری، θ_{fc}: رطوبت وزنی خاک در ظرفیت زراعی، ρ_b: وزن مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3) و z_r : عمق ریشه (mm) است.

زمان‌بندی آبیاری بر اساس محاسبات کاهش رطوبت در منطقه ریشه در حد رطوبت سهل‌الوصول انجام شد. مرز پایین رطوبت سهل‌الوصول (تخلیه مجاز) از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\theta_m = [\theta_{fc} - MAD(\theta_{fc} - \theta_{pwp})] \quad (2)$$

که در آن : θ_m مرز پایین رطوبت سهل‌الوصول، θ_{fc}و θ_{PWP} : به‌ترتیب رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی و پژمردگی و MAD: ضریب حداکثر تخلیه مجاز است که برای گیاه سیب‌زمینی 50 درصد گزارش شده است.

در این تحقیق میزان آب آبیاری در هر نوبت آبیاری با اندازه‌گیری رطوبت خاک در زمان آبیاری و بر اساس رابطه 1 در تیمار آبیاری کامل باتوجه‌به مساحت هر کرت و اعمال راندمان آبیاری حجم آب مصرفی برای هر روش به‌دست آمد. میزان آب مصرفی برای تیمارهای مدیریت کم‌آبیاری تنظیم شده ضریبی از مقدار آن در تیمار آبیاری کامل بود. دور آبیاری برای همه تیمارها ثابت در تیمار آبیاری کامل و حداکثر میزان تبخیر و تعرق روزانه محل آزمایش 7 روزه در نظر گرفته شد به طوری‌که در تیمار آبیاری کامل، تنشی به گیاه وارد نشود.

نتایج و بحث

خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی

به‌منظور تعیین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از مراحل آماده‌سازی زمین، در اوایل مهرماه دو سال آزمایش نمونه‌های مرکب از خاک محل اجرای طرح از اعماق 30-0 و 60-30 سانتی‌متری خاک تهیه شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب منتقل و خصوصیات مختلف آن‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج این اندازه‌گیری‌ها در جدول 2 و 3 ارائه شده است.

جدول 2- خصوصیات فیزیکی خاک محل اجرای آزمایش در سال‌های 93-92

سال	عمق خاک (cm)	بافت خاک خاک	ρ_b $gr.cm^{-3}$	F.C θ_m%	P.W.P θ_m%
1398	0 - 30	لوم	1/34	26/8	9/1
	30 -60	لوم سیلتی	1/39	23/5	8/2

جدول 3- خصوصیات شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در سال‌های 98-97

سال	عمق نمونه خاک (cm)	E.C $dS.m^{-1}$	pH	O.C %	P ava. $mg.kg^{-1}$	K ava. $mg.kg^{-1}$	N %
1398	0 - 30	0/801	7/77	0/912	9/1	284	0/086

خصوصیات آب آبیاری

آب مورداستفاده در مزرعه تحقیقاتی از یک حلقه چاه تأمین می‌شد. به‌منظور تعیین کیفیت آب آبیاری، نمونه آب از محل خروجی آب از چاه گرفته و برای اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه شیمیایی آب در جدول 4 آمده است.

جدول 4- برخی خصوصیات شیمیایی آب مورداستفاده در آزمایش

Zn^+	Cu^+	Fe^{2+}	Cd	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	Na^+	EC	pH

(mg/L)				(meq/L)								cm/µs	
0/01	0/01	0/03	0	0/01	0	7/35	0/52	2/81	5/01	0/05	0/17	325	7/20

مقدار آب کاربردی

مقادیر نیاز خالص آب آبیاری برای تیمار تأمین 100 درصد کمبود رطوبت خاک (FI) در هر نوبت آبیاری با هدف جایگزین نمودن رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه تا حد ظرفیت زراعی محاسبه و اعمال گردید.

جدول 5- حجم آب کاربردی تیمارهای مختلف کم‌آبیاری در طول فصل رشد گندم در سال زراعی 1399

مدیریت کم آبیاری	FI	RDI_{80}	RDI_{65}
حجم آب خالص آبیاری (m^3/ha)	3783	3026	2459
حجم آب مصرفی (m^3/ha)	4250	3400	2763

مقادیر آب آبیاری برای تیمارهای مدیریت کم آبیاری تنظیم شده (65 و 80 درصد تأمین کمبود رطوبت خاک) بر اساس ضریبی از مقادیر به دست آمده برای تیمار آبیاری کامل محاسبه گردید. برای محاسبه نیاز ناخالص آب آبیاری راندمان کاربرد به‌طور متوسط در روش آبیاری قطره‌ای نواری باتوجه‌به ضریب یکنواختی پخش آب و عامل کاهش بازده، راندمان کاربرد آب 89% به‌دست آمد. مقادیر حجم آب مصرفی برای تیمارهای کم‌آبیاری در طول فصل رشد برای گیاه گندم در جدول 5 ارائه شده است.

تأثیر کم آبیاری بر روی کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب

خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و کم آبیاری بر روی کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب در سال زراعی 1397-1398 در جدول 6 ارائه شده است. نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 6) نشان داد اثر کم آبیاری بر کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

جدول 6- نتایج تجزیه واریانس کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب محصول گندم در سال زراعی 1399

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		کارایی مصرف آب	بهره‌وری آب
قطعه	2	$^{ns}0/03$	$^{ns}0/02$
کم آبیاری	2	$1/47^{**}$	$1/18^{**}$

ns * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

به طور کلی نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب به‌ترتیب برابر 1/87 و 1/67 کیلوگرم در مترمکعب مربوط به تیمار کم آبیاری **FI** بود و کمترین کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب به‌ترتیب برابر 1/35 و 1/20 کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار کم آبیاری **RDI65** حاصل شد (جدول 7).

جدول 7- میانگین کارایی و بهره‌وری مصرف آب محصول گندم در سال زراعی 1399

تیمار		کارایی مصرف آب (kg/m^3)	بهره‌وری آب (kg/m^3)
کم آبیاری	FI	**a**1/82	**a**1/62

	a1/85	RDI_{80}	a1/64
	c1/16	RDI_{65}	c1/02

منا و همکاران (2019)، نشان دادند که انجام آبیاری 45 میلی‌متری در کلیه مراحل رشد محصول گندم می‌تواند باعث افزایش کارایی مصرف آب بدون کاهش عملکرد شود. هم‌چنین نخجوانی مقدم و قهرمان (1384)، عدم اعمال تنش در مراحل مختلف رشد گندم به‌خصوص مراحل دانه‌بندی و گل‌دهی را توصیه نمودند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که مدیریت کم آبیاری می‌تواند نقش مؤثری در بهبود بهره‌وری مصرف آب گندم در شرایط اقلیمی شهرکرد ایفا کند. به‌طورکلی نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب به ترتیب برابر 1/87 و 1/67 کیلوگرم در مترمکعب مربوط به تیمار مدیریت کم آبیاری FI بود و کمترین کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب به‌ترتیب برابر 1/35 و 1/20 کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار مدیریت کم آبیاری RDI_{65} حاصل شد. در واقع در شرایط تنش ملایم آبی (تأمین 80٪ نیاز آبی)، عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در سطح مطلوبی باقی ماند، در حالی‌که کاهش شدیدتر آبیاری (تأمین 65٪ نیاز آبی) منجر به افت معنی‌دار در هر دو شاخص شد. بالاترین کارایی مصرف آب (87/1 کیلوگرم در مترمکعب) و بهره‌وری آب (67/1 کیلوگرم در مترمکعب) در تیمار آبیاری کامل (FI) مشاهده شد که نشان‌دهنده اهمیت تأمین کامل نیاز آبی گیاه در دستیابی به حداکثر عملکرد می‌باشد. با این حال، در شرایط محدودیت منابع آبی، می‌توان با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای نواری و اعمال کم‌آبیاری هدفمند، به بهینه‌سازی مصرف آب بدون کاهش شدید عملکرد دست یافت. بنابراین، به‌کارگیری راهبردهای مدیریت آبیاری هوشمند و مبتنی بر داده‌های منطقه‌ای، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، می‌تواند گامی مؤثر در راستای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی و پایداری منابع آبی باشد. همچنین باتوجه‌به بحران کمبود آب، استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار، برای کشت محصول گندم توصیه می‌شود.

منابع

پاشا خواه، پ.، پیرمرادیان، ن.، خزدوز، ن.، نشاگر، ح. و مشفق، م. 1393. واسنجی و ارزیابی سه روش تجربی برآورد تبخیر و تعرق مرجع در برخی از شهرهای ایران. نیوار، 86-87: 39-50.

حقی‌زاده، ع.، یوسفی، ح.، ابراهیمیان، ط. و یاراحمدی، ی. 1398. مقایسه مدل هیبریدی ANFIS- PSO و مدل تجربی تورک در تخمین تبخیر و تعرق مرجع (مطالعه موردی: پلدختر-لرستان). مجله اکوهیدرولوژی، 6 (3): 685-694.

صیادی شهرکی، ع.، ناصری، ع.ع.، برومندنسب، س. و سلطانی‌محمدی، ا. 1399. برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از مدل‌های تجربی، مدل‌سازی آن با شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آن‌ها با داده‌های لایسیمتری (مطالعه موردی: کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی). نیوار، 44 (111): 146-156.

صیادی، ح.، اولاد غفاری، ا.، فعالیان، ا. و صدرالدینی، ع.ا. 1388. مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی RBF و MLP در برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع. مجله دانش آب‌وخاک، 1 (19): 1-12.

علیزاده، ا. 1385. طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات آستان قدس رضوی، جلد اول، 450 صفحه.

کوچک‌زاده، م.و. و بهمنی، ع. 1384. ارزیابی عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در کاهش پارامترهای موردنیاز جهت برآورد تبخیر و تعرق مرجع. مجله علوم کشاورزی، 11 (4): 87-96.

هژبر، ح.، معاضد، ه. و شکری کوچک، س. 1393. برآورد تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از مدل‌های تجربی، مدل‌سازی آن با شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آنها با داده‌های لایسیمتری در ایستگاه کهریز ارومیه. فصلنامه مهندسی آبیاری و آب، سال 4 شماره 15: 13-25.

Adebayo, J. and Kariyama, D. 2012. Neural computing modeling of the reference crop evapotranspiration. Environmental Modelling & Software. 29: 61–73.

Allen, R.G., Pereira, L.S. Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements). FAO irrigation and drainage Paper No. 56. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, 300p.

Dayhoff, J. E. 1990. Neural Network Principles. Prentice-Hall International, U.S.A.

Fathi, P. and M. KochakZadeh. 2004. Estimate of greenhouse cucumber transpiration by artificial neural networks. Journal of Soil and Water Science, 18 (2): 213-220.

Haghighatjou, P. and Shahroudi, ZMZA. 2017. Comparison of gene expression programming (GEP) and neuro-fuzzy methods for estimation of pan evaporation (case study: south Khorasan province). Water Soil Resource Conservation, 6(4):107–17.

Khanna, T. 1990. Foundation of neural networks. Addison-Wesley Publishing Company

اثر میزان آب آبیاری بر خصوصیات کمی، کیفی و فیزیولوژیک هندوانه

ام‌لیلا رشیدی [1]، نیاز علی ابراهیمی‌پاک [2]، جواد سرحدی [3]، احمد آیین [4]، سیب‌گل خوشکام [5]

[1] محقق، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ol_rashidi@yahoo.com

[2] دانشیار، بخش تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

[4] دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

[5] مربی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثرات مقادیر مختلف آب آبیاری (115، 100، 85، 65، 55 و 45 درصد نیاز آبی) بر خصوصیات کمی، کیفی و فیزیولوژیک هندوانه پژوهشی در قالب طرح پایه قطعه کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. بر اساس نتایج این پژوهش، کم‌آبیاری موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ (RWC)، افزایش نشت الکترولیت‌ها (EL) از برگ و افزایش کل مواد جامد محلول (TSS) آب میوه شد. بیشترین مقدار RWC در تیمار 115 درصد نیاز آبی مشاهده شد. تفاوت مقدار RWC در تیمار 85 درصد نیاز آبی و شاهد (100 درصد نیاز آبی) معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار EL (59/94 درصد) و TSS (9/96 درصد) به تیمار 45 درصد نیاز آبی اختصاص داشت. مقدار TSS در تیمار 85 درصد نیاز آبی 6 درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. عملکرد در تیمارهای 115 و 85 درصد نیاز آبی به ترتیب افزایش 4/7 درصدی و کاهش 13/5 درصدی را نسبت به شاهد نشان داد. بر اساس نتایج این پژوهش، در مناطقی که آب به‌عنوان عامل محدود کننده می‌باشد، تیمار 85 درصد نیاز آبی از لحاظ صفات بررسی شده قابل توصیه می‌باشد.

کلمات کلیدی: کل مواد جامد محلول، کم آبیاری، هندوانه

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کاهش بارندگی و مصرف بی‌رویه آب موجب تغییر اساسی در استراتژی‌های مدیریت کشاورزی شده است (Rashidi et al., 2023). در این مناطق صرفه‌جویی در مصرف آب و مصرف بهینه آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کم آبیاری به‌عنوان یکی از راهکارهای صرفه‌جویی در مصرف آب شناخته می‌شود که می‌تواند اثرات منفی بر عملکرد و برخی صفات کیفی گیاه داشته باشد. هندوانه گیاهی آب‌بر معرفی شده است (تافته و همکاران، 1402) که اعمال کم‌آبیاری در رابطه با این محصول می‌تواند نقش مهمی در کاهش مصرف آب داشته باشد. پرخیده و همکاران (1397) تأثیر تنش کم‌آبیاری را بر خصوصیات هندوانه پیوندی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد با اعمال کم‌آبیاری درصد مواد جامد محلول کل افزایش یافت. افزایش نشت الکترولیت‌ها و کاهش محتوای نسبی آب برگ نیز با اعمال کم‌آبیاری مشاهده شد. خرمیان و ظریفی‌نیا (1397) کاهش معنی‌دار عملکرد هندوانه را با اعمال کم‌آبیاری

نشان دادند. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر خصوصیات کمی، کیفی و فیزیولوژیک هندوانه انجام شد تا بتوان در شرایط کم‌آبی، میوه با کیفیت و کمیت مطلوب تولید و در مصرف آب نیز صرفه‌جویی نمود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی 1401-1400 در شرایط مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان اجرا شد. تحقیق در قالب طرح قطعه کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شش سطح (115 درصد، 100 درصد (شاهد)، 85 درصد، 65 درصد، 55 درصد و 45 درصد نیاز آبی) بود. نیاز آبی، پس از محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل به روش پنمن- مانتیث فائو و ضرب ضریب گیاهی در آن، محاسبه شد. کاشت بذر در دی‌ماه به‌صورت مستقیم و در دو طرف جوی صورت گرفت و آبیاری به روش قطره‌ای نواری انجام شد. محتوای نسبی آب (RWC) بر اساس روش Barrs and Weatherley (1962) و میزان نشت الکترولیت‌ها از برگ بر اساس روش Hu et al. (2010) اندازه‌گیری شد. درصد مواد جامد محلول کل (TSS) توسط رفرکتومتر تعیین شد. pH آب میوه توسط دستگاه pHسنج تعیین شد. درصد پوست میوه، درصد گوشت میوه و عملکرد هر تیمار نیز اندازه‌گیری شد. در پایان داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان می‌دهد که تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ در سطح پنج درصد و بر درصد نشت الکترولیت‌ها از برگ، درصد مواد جامد محلول کل و عملکرد در سطح یک درصد معنی‌داری شد؛ اما تأثیر آن بر pH آب‌میوه، درصد پوست و گوشت میوه معنی‌دار نبود (جدول 1).

جدول 1- تجزیه واریانس اثر تیمار آبیاری بر صفات موردمطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	RWC	EL	TSS	pH	درصد پوست میوه	درصد گوشت میوه	عملکرد
تکرار	2	8/97**	17/81	1/22	0/04	1/23	1/23	37/6**
آبیاری	5	72/93*	154/58**	2/9**	0/02	1/11	1/1	487/2**
خطا	10	20/44	15/8	0/31	0/01	2/9	2/9	3/16
CV (%)	-	5/72	8/4	6/7	2/04	7/02	2/24	4/83

باتوجه‌به نتایج مقایسه میانگین (جدول 2)، کم‌آبیاری موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ شد که با نتایج Abdelkhalik و همکاران (2019) مطابقت دارد. محتوای نسبی آب برگ در تیمار 115 درصد نیاز آبی، بیشترین مقدار و در تیمار 45 درصد نیاز آبی کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. تفاوت مقدار این صفت در تیمارهای 115، 100 و 85 درصد نیاز آبی معنی‌دار نبود. وضعیت رطوبتی برگ یک شاخص مهم تنش رطوبتی در برگ‌ها است که با میزان آب خاک رابطه مستقیمی دارد (Soltys-Kaline et al., 2016). کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط کم‌آبیاری در این تحقیق می‌تواند به دلیل کاهش رطوبت خاک و در پی آن کاهش پتانسیل آب برگ باشد. این کاهش باعث محدودیت در رشد و بروز برخی تغییرات فیزیولوژیک و متابولیک در گیاه می‌گردد (حیدری و همکاران، 1393).

جدول 2- مقایسه میانگین صفات موردمطالعه

تیمار (درصد نیاز آبی)	RWC (%)	EL (%)	عملکرد (تن در هکتار)	TSS (%)
45	72/89 c	59/94 a	21/65 d	9/96 a
55	75/72 bc	51/5 b	24/36 d	9/12 ab
65	75/57 bc	46/03 bc	31/5 c	8/1 bc
85	82/44 ab	44/67 bc	42/52 b	8/1 bc
100	82/3 ab	42/83 c	49/04 a	7/65 c
115	85/25 a	40/1 c	51/55 a	7/26 c

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح 5% فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

نشت الکترولیت‌ها از برگ در تیمار 45 درصد نیاز آبی بیشترین مقدار (50/37) و در تیمار 115 درصد نیاز آبی کمترین مقدار (40/22) بود (جدول 2). در شرایط تنش آبی، بسته شدن روزنه‌ها موجب کاهش تثبیت گاز دی‌اکسید کربن می‌گردد اما واکنش‌های نوری و انتقال الکترون ادامه دارد. در چنین شرایطی اکسیژن به‌عنوان گیرنده الکترون جایگزین عمل می‌کند که موجب تجمع گونه‌های سمی اکسیژن می‌گردد (جباری و همکاران، 1385) و در نتیجه موجب آسیب به غشای سلولی می‌گردند.

اعمال کم آبیاری موجب افزایش TSS آب‌میوه شد (جدول 2). بیشترین مقدار مواد جامد محلول در تیمار 45 درصد نیاز آبی (10/66) و کمترین آن در تیمار 115 درصد نیاز آبی (7/71) مشاهده شد. برزگر و همکاران (1397) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. Kuscu و همکاران (2015) تنش کم‌آبیاری را در مراحل مختلف رشد هندوانه اعمال کردند و مشاهده کردند اعمال تنش کم‌آبیاری در مراحل رشد رویشی و گلدهی بیشترین درصد مواد جامد محلول را باعث می‌شود. گیاه در شرایط تنش کم‌آبی با تجمع مواد محلول مانند قندها، از طریق تنظیم اسمزی آماس سلول را حفظ می‌کند و موجب ذخیره کربوهیدرات‌ها در میوه می‌شود (Blume, 1988).

نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از اثر منفی کم آبیاری بر عملکرد میوه است (جدول 2). تیمارهای 85، 65، 55 و 45 درصد نیاز آبی به ترتیب کاهش 13، 36، 51 و 57 درصدی عملکرد کل را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. یکی از دلایل کاهش عملکرد در این آزمایش، کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط کم‌آبیاری است که نتیجه آن کاهش آماس سلول‌های محافظ روزنه و افزایش مقاومت روزنه‌ای خواهد بود که در نهایت موجب کاهش فتوسنتز می‌گردد.

منابع

برزگر، ط.، پرخیده، ج. نکونام، ف. و نیکبخت، ج. 1397. بررسی واکنش‌های رشدی، عملکردی و فیزیولوژیک برخی توده‌های هندوانه (Citrullus lanatus L) به تنش کم‌آبی. زیست‌شناسی گیاهی ایران، 10: 88-73.

پرخیده، ج.، برزگر، ط. و نکونام، ف. 1397. واکنش رشد، عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی هندوانهٔ رقم چارلستون‌گری پیوند شده روی پایهٔ هندوانهٔ ابوجهل به تنش کم آبیاری. علوم باغبانی ایران، 49 (2): 550-539.

تافته، آ.، صفر پور حقیقی، ش.، رشیدی ا. ل. و عبدزادگوهری، ع. 1402. بررسی توابع تولید آب مصرفی در تعیین عملکرد دو رقم هندوانه در تنش آبی. مدل‌سازی و مدیریت آب‌وخاک، 3 (3): 307-296.

جباری، ف.، احمدی، ع.، پوستینی، ک. و علیزاده، ه. 1385. بررسی ارتباط برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت با پایداری غشای سلولی و کلروفیل در ارقام گندم نان مقاوم و حساس به تنش خشکی. علوم کشاورزی ایران 37: 316-307.

حیدری، ن.، پور سیدی، م. و توکلی، ا. 1393. تأثیر تنش خشکی بر فتوسنتز، پارامترهای وابسته به آن و محتوای نسبی آب برگ گیاه آنیسون. پژوهش‌های گیاهی (زیست شناسی ایران) 27: 839-829.

خرمیان، م. و ظریفی‌نیا، ن. 1397. اثر مقادیر آبیاری قطره‌ای تیپ و آبیاری سطحی برنامه‌ریزی‌شده بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب دو رقم هندوانه در خوزستان. علوم و مهندسی آبیاری، 41 (1): 84-73.

Abdelkhalik, A., Pascual-Sevaa, N., Inmaculada N., Ginerd A., Baixaulid, C. and Pascual, B. 2019. Yield response of seedless watermelon to different drip irrigation strategies under Mediterranean conditions. Agricultural Water Management, 212: 99–110.

Barrs, H.D. and Weatherley, P.E. 1962. A Re-Examination of the Relative Turgidity Technique for Estimating Water Deficits in Leaves. Aust. J. Biol. Sci, 15: 413-428.

Blum A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press, Inc., pp. 45-56.

Hu, L., Wang, Z., Du, H. and Huang, B. 2010. Differential Accumulation of Dehydrins in Response to Water Stress for Hybrid and Common Bermudagrass Genotypes Differing in Drought Tolerance. J Plant Physiol, 167: 103–109.

Kuscu, H., Turhan, A., Ozmen, N., Aydınol, P., Büyükcangaz, H. and Demir, A.O., 2015. Deficit irrigation effects on watermelon (Citrullus vulgaris) in a sub-humid environment. Journal of Animal and Plant Sciences, 25 (6): 1652-1659.

Rashidi,O.L., Hajabbasi, M.A., Naghavi, H., Gheysari, M. and Razmjoo, J. 2023. Introducing a suitable strategy to improve wheat properties and water productivity under moisture stress conditions in a sandy loam soil. Journal of Agricultural Science and Technology, 25 (6): 1455-1467.

Soltys-Kalina, D., Plich, J., Strzelczyk, D., liwka, J. and Marczewski, W. 2016. The effect of drought stress on the leaf relative water content and tuber yield of ahalf-sib family of 'Katahdin'-derived potato cultivars. Breed. Sci. 66: 328–331 .

ارزیابی عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در کم آبیاری موجی

اکبر مهری [1]، امیر سلطانی‌محمدی [2]، حامد ابراهیمیان [3]، سعید برومند [4]

[1] دانش‌آموخته مقطع دکتری تخصصی علوم و مهندسی آب - آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، akbarmehri1357@gmail.com

[2] استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز

[3] دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[4] استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

به‌منظور ارزیابی عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای (رقم سینگل‌کراس 704) در کم‌آبیاری موجی، پژوهشی در سال 1400 در شهرستان پلدختر انجام شد. طرح آماری پژوهش، طرح خرد شده در قالب قطعه کامل تصادفی با دو عامل بود: عامل A (سه روش آبیاری جویچه‌ای) شامل آبیاری معمولی یا سنتی (C)، آبیاری موجی با نسبت‌های قطع و وصل جریان یک به یک (S_1) و دو به یک (S_2) تا زمان تکمیل پیشروی و همچنین عامل B (سه رژیم آبیاری) شامل 100 درصد نیاز آبی (I_{100})، 80 درصد نیاز آبی (I_{80}) و 60 درصد نیاز آبی (I_{60}). تعداد تیمارهای آزمایشی 9 تیمار و تعداد تکرارها نیز 3 تکرار بود. نتایج نشان داد در مقایسه با تیمار شاهد (CI_{100})، بیشترین و کمترین صرفه‌جویی در مصرف آب مربوط به تیمارهای آبیاری S_1I_{60} و S_2I_{100} برابر 32/4 و 9/6 درصد بود. بیشترین عملکرد محصول (وزن دانه بلال‌ها) مربوط به تیمار آبیاری S_2I_{100} با مقدار 6202 کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شد که نسبت به تیمار شاهد 4/97 درصد افزایش یافت. بیشترین بهره‌وری آب مربوط به تیمار آبیاری S_1I_{60} برابر 0/75 کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه شد که نسبت به تیمار شاهد 47 درصد افزایش داشت و به‌عنوان مناسب‌ترین روش کم‌آبیاری ذرت در منطقه موردمطالعه پیشنهاد شد.

کلمات کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، آبیاری موجی، بهره‌وری آب، کم آبیاری

مقدمه

کم آبیاری راهبردی بهینه برای استفاده بهینه از آب و تولید محصولات کشاورزی در شرایط کمبود آب می‌باشد که با اعمال زمان مناسب تنش آبی، حذف آبیاری‌های کم‌بازده و کاهش میزان حجم آبیاری در هر نوبت آبیاری بدون اثر منفی بر سود خالص باعث افزایش بهره‌وری آب می‌شود (ناصری و دهقانی سانیج، 1396). یکی از جدیدترین روش‌های نوین آبیاری سطحی برای مدیریت مصرف آب، روش موجی است که در آن به‌جای انتقال پیوسته آب به زمین از جریان منقطع آب استفاده می‌شود (پرندین، 1398). در آبیاری موجی، در صورت استفاده از دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت، ممکن است امواج در یکدیگر ادغام شده و سبب کاهش تأثیرات ناشی از پیشرفت موج شوند و مرحله پیشروی تکمیل نشود و همچنین دوره‌ای که بسیار طولانی باشد سبب آبیاری بیش از حد مزرعه در طی مرحله پیشروی خواهد شد، بالاخره اینکه زمان‌بندی امواج باید به نحوی صورت گیرد که امواج مجزا در مرحله پیشروی به روی‌هم نیفتاده؛ ولی در مرحله بعد از پیشروی این ادغام صورت گیرد (ناظمی و همکاران، 1398). ذرت در بین محصولات زراعی از نظر سطح زیر کشت، پس از گندم و برنج رتبه سوم و از نظر عملکرد، رتبه اول را داراست. (احمدوند و همکاران، 1400). ناظمی و همکاران (1398) در تحقیقی اثر آبیاری موجی بر بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای را موردبررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که در آبیاری

موجی، بهره‌وری آب بر اساس وزن دانه مقدار 0/54 کیلوگرم در مترمکعب بوده و بهره‌وری را نسبت به آبیاری سنتی (معمولی) 0/06 کیلوگرم در مترمکعب افزایش داد. Giordano و همکاران (2019) با بررسی رژیم‌های مختلف کم آبیاری ذرت در آمریکا نشان دادند با اعمال 67 درصد نیاز آبی نسبت به شرایط آبیاری کامل، بیشترین بهره‌وری (1/53 کیلوگرم بر مترمکعب) حاصل شده و هفت درصد بیشتر از بهره‌وری تیمار آبیاری کامل بوده است. آبیاری کامل با 1/42، تیمار 33 درصد نیاز آبی با 1/21 و شرایط دیم با 0/43 کیلوگرم بر مترمکعب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. Spencer و همکاران (2019) در بررسی تأثیر آبیاری موجی بر مقدار آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب در مزرعه ذرت با خاک رسی در دره می‌سی‌سی‌پی آمریکا به این نتیجه رسیدند که برنامه‌ریزی آبیاری موجی با حساس سنجی رطوبتی باعث کاهش تقاضای آب زیرزمینی، بهبود عملکرد ذرت، افزایش بهره‌وری مصرف آب و افزایش بازده خالص هزینه‌های آبیاری می‌شود. Zou و همکاران (2021) در پژوهشی با بررسی اثر آبیاری بر ذرت نتیجه گرفتند که با افزایش آبیاری، عملکرد دانه افزایش یافت؛ ولی بهره‌وری آبیاری کاهش یافت. باتوجه‌به اهمیت کشت ذرت دانه‌ای و مصارف آن در تولید روغن‌مایع خوراکی و تأمین خوراک دام و طیور و نظر به چالش‌های موجود در کشور و منطقه دررابطه‌با محدودیت منابع آب، این تحقیق باهدف ارزیابی عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای (رقم سینگل کراس 704) در کم آبیاری موجی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در شهرستان پلدختر واقع در جنوب‌غربی استان لرستان و در موقعیت طول جغرافیایی 47 درجه و41 دقیقه و عرض جغرافیایی33 درجه و 6 دقیقه و ارتفاع 686 متر از سطح دریا انجام گرفت. میانگین بلندمدت بارندگی در منطقه 415 میلی‌متر است. پس از شخم، دیسک و تسطیح زمین، با فاروئر جوی و پشته ایجاد شد و ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس 704 به‌میزان 20 کیلوگرم در هکتار و تراکم حدود 80 هزار بوته در هکتار با عمق کاشت 6-4 سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در ردیف 20 سانتی‌متر با بذرکار پنوماتیک کشت شد. طرح آماری پژوهش، طرح خرد شده در قالب قطعه کامل تصادفی با دو عامل بود: عامل A (سه روش آبیاری جویچه‌ای) شامل آبیاری معمولی یا سنتی (C)، آبیاری موجی با نسبت‌های قطع و وصل جریان یک به یک (S_1) و دو به یک (S_2) تا زمان تکمیل پیشروی و همچنین عامل B (سه رژیم آبیاری) شامل 100 درصد نیاز آبی (I_{100})، 80 درصد نیاز آبی (I_{80}) و 60 درصد نیاز آبی (I_{60}). تعداد تیمارهای آزمایشی 9 تیمار و تعداد تکرارها نیز 3 تکرار بود. به‌منظور رشد یکنواخت مزرعه، آبیاری اول تا سوم تمام تیمارها به‌صورت معمولی انجام شد. کم‌آبیاری تیمارها (7 نوبت کم‌آبیاری) یک ماه پس از کاشت بذر و در زمان هفت‌برگی شدن تیمارها (آبیاری چهارم) اعمال شد. شیب طولی و عرضی مزرعه به‌ترتیب برابر 0/0085 و 0/0022 بوسیله دوربین نقشه‌برداری تعیین گردید. بافت خاک مزرعه در دو عمق 30-0 و 60-30 سانتی‌متری، لوم رسی بود. آب توسط لوله پلی‌اتیلن از یک حلقه چاه عمیق به ابتدای مزرعه منتقل و به‌منظور کنترل دقیق حجم آب آبیاری تیمارها از کنتور سه اینچ استفاده شد. در هر رویداد آبیاری، ابتدا نیاز خالص آب آبیاری تیمار 100 درصد نیاز آبی، محاسبه و سپس برای هر یک از تیمارهای دیگر با سطوح مختلف آب، نیاز آبیاری محاسبه شد. نسبت تناوب و مدت زمان قطع و وصل جریان در تیمارهای مختلف آبیاری موجی در جدول (1) ارائه شده است. هنگام برداشت محصول، با حذف ردیف‌های کناری در هر تکرار به منزله اثر حاشیه، نمونه‌برداری فقط از وسط خط کاشت میانی هر جویچه انجام شد. باتوجه‌به خطای نمونه‌برداری و عدم قطعیت مزرعه‌ای، چهار نمونه تصادفی در هر تیمار ملاک و مبنای نمونه‌گیری محسوب گردید که بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه و پس از اندازه‌گیری رطوبت و کم کردن 14 درصد آن (ناظمی و همکاران، 1398) که مبنای محاسبه عملکرد محصول ذرت است عملکرد واقعی محصول (وزن دانه بلال‌ها) و بهره‌وری آب بدست آمد و محاسبات مربوط به هر تیمار به کل مزرعه تعمیم داده شد.

شاخص بهره‌وری آب به شرح ذیل محاسبه شد:

$$WP = \frac{Y}{I} \quad (1)$$

در این رابطه WP بهره‌وری آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، Y عملکرد محصول (وزن دانه بلال‌ها) بر حسب کیلوگرم در هکتار و I

مقدار آب مصرفی در طول فصل زراعی بر حسب متر مکعب در هکتار است.

جدول 1- نسبت تناوب و مدت زمان قطع و وصل جریان در تیمارهای آبیاری موجی

تیمار آبیاری	مدت‌زمان وصل جریان (دقیقه)	مدت‌زمان قطع جریان (دقیقه)	نسبت وصل جریان به قطع جریان	زمان تناوب جریان (دقیقه)	نسبت تناوب	تعداد موج	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	زمان هر نوبت آبیاری (دقیقه)
	6	6	1 به 1	12	1:2	3	8717	36
	6	12	1 به 2	18	1:3	3	8769	54
	6	6	1 به 1	12	1:2	4	7400	48
	6	12	1 به 2	18	1:3	5	7403	90
	6	6	1 به 1	12	1:2	6	6273	72
	6	12	1 به 2	18	1:3	7	6277	126

نتایج و بحث

در این پژوهش تیمار CI_{100} به‌عنوان تیمار شاهد محسوب شد. بر اساس جدول (2)، در بین تیمارهای طرح، کمترین و بیشترین حجم آب آبیاری در تیمارهای آبیاری S_1I_{60} و S_2I_{100} با مقادیر 7373 و 9869 مترمکعب در هکتار است که نسبت به تیمار شاهد (10916 مترمکعب در هکتار)، 32/4 و 9/6 درصد کاهش داشت. مقادیر بیشتر آب استفاده شده در تیمارهای آبیاری کامل و کم‌آبیاری معمولی، به‌علت تلفات نفوذ عمقی آب در مرحله پیشروی است. در تجزیه واریانس تیمارهای آبیاری، وزن دانه بلال‌ها و بهره‌وری آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج آزمون مقایسه میانگین عوامل عملکرد و بهره‌وری آب تیمارهای مختلف آبیاری در سطح پنج درصد (جدول 3)، بیشترین عملکرد محصول (وزن دانه بلال‌ها) ، مربوط به تیمار S_2I_{100} با مقدار 6202 کیلوگرم در هکتار است که نسبت به تیمار شاهد (CI_{100})، عملکرد محصول 294 کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. بیشترین بهره‌وری آب برابر 0/75 کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار آبیاری S_1I_{60} است که نسبت به تیمار شاهد 0/24 کیلوگرم بر مترمکعب (47 درصد) افزایش یافت و مناسب‌ترین روش کم‌آبیاری ذرت در منطقه موردمطالعه است. کمترین بهره‌وری آب برابر 0/60 کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمارهای آبیاری S_1I_{100} است. ناظمی و همکاران (1398) در پژوهش اثر آبیاری موجی بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای، نشان دادند که بهره‌وری آب در آبیاری معمولی 0/48 و در آبیاری موجی 0/54 کیلوگرم بر مترمکعب است که نشان‌دهنده برتری آبیاری موجی نسبت به آبیاری معمولی است و با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

جدول 2- میانگین حجم آب آبیاری تیمارهای طرح در طول دوره رشد محصول

تیمار آبیاری									
حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	10916	9817	9869	9409	8500	8503	8152	7373	7377

جدول3- نتایج آزمون مقایسه میانگین عوامل عملکرد، بهره‌وری آب تیمارهای مختلف آبیاری در سطح پنج درصد

تیمار آبیاری	CI_{100}	S	CI_{80}			CI_{60}			
وزن دانه بلال (Kg/ha)	E5908	C6125	A6202	B6153	E5912	D6088	G5717	F5738	H5275

بهره‌وری آب (Kg/m^3)	J0/51	HI0/60	H0/61	G0/63	DE0/67	BC0/69	CD0/68	A0/75	BC0/69

حروف غیرمشترک در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن می‌باشد.

نتیجه‌گیری

کمترین حجم آب آبیاری تیمارهای طرح، مربوط به تیمار S_1I_{60} بود که نسبت به تیمار شاهد 32/4 درصد کاهش داشت. وزن دانه بلال‌ها و بهره‌وری آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد محصول (وزن دانه بلال‌ها) مربوط به تیمار آبیاری S_2I_{100} بود که نسبت به تیمار شاهد 4/97 درصد افزایش یافت. بیشترین بهره‌وری آب مربوط به تیمار آبیاری S_1I_{60} برابر 0/75 کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد که نسبت به تیمار شاهد 47 درصد افزایش داشت و به‌عنوان مناسب‌ترین روش کم‌آبیاری ذرت در منطقه موردمطالعه پیشنهاد شد. باتوجه‌به استمرار خشکسالی در کشور، الگوبرداری از این پژوهش به‌منظور استفاده بهینه از منابع آب توصیه می‌شود.

منابع

احمدوند، م.، شریفی‌پور، م. و نصر الهی، ع.ح. 1400. اثر کم‌آبیاری تنظیم‌شده و آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر بهره‌وری ذرت علوفه‌ای در شرایط اقلیمی خرم آباد. مجله علوم مهندسی آبیاری دانشگاه شهید چمران اهواز. 44 (3): 143-129.

پرندین، م.ا. 1398. تأثیر برهم‌کنش استراتژی‌های کم آبیاری و آبیاری موجی بر عملکرد ذرت دانه‌ای در منطقه اسلام‌آباد غرب. پایان‌نامه دکتری، رشته مهندسی آب گرایش آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، 199 صفحه.

ناصری، ا. و دهقانی‌سانیچ، ح. 1396. راهنمای مدیریت آبیاری ذرت دانه‌ای در شرایط اقلیمی مغان. نشریه شماره 52748 مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی.

ناظمی، ا.ح.، پرندین، م.ا.، صدرالدینی، ع.ا. و قمرنیا، ه. 1398. اثرات آبیاری موجی بر راندمان کاربرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در ایستگاه اسلام‌آباد غرب. پژوهش آب در کشاورزی. 33 (3): 369-353.

Giordano, M., Scheierling, S.M., Tréguer, D.O., Turral, H. and McCornick, P.G. 2019. Moving beyond 'more crop per drop': insights from two decades of research on agricultural water productivity. International Journal of Water Resources Development,1-25.

Spencer, G.D., Krutz, L.J., Falconer, L.L., Henry, W.B., Henry, C.G., Larson, E.J., Pringle III, H.C., Bryant, C.J. and Atwill, R.L. 2019. Technologies for Furrow Irrigated Corn that Decrease Water Use and Improve Yield and On Farm Profitability. Crop Management. Published May 23, 2019.

Zou, Y., Saddique, Q., Ali, A., Xu, J., Khan, M.I., Qing, M., Azmat, M., Cai, H. and Siddique, K.H.M. 2021. Deficit irrigation improves maize yield and water use efficiency in a semi-arid environment. Agricultural Water Management, 243, 106483.

ارزیابی و آنالیز حساسیت روش‌های مؤثر بر بهره‌وری نسبی اقتصادی آب

حسین جعفری[1]

[1]استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، Jafari52_h@yahoo.com

چکیده

برای تصمیم‌گیری و مدیریت در کشاورزی داشتن آگاهی از شاخص‌های بهره‌وری آب لازم است. مشخص‌کردن حساسیت شاخص بهره‌وری آب به اجزای آن، نزدیک‌ترین و سریع‌ترین راه ارتقا آن است. شاخص بهره‌وری آب باعث تمرکز و دقت بیشتر در برآورد عوامل موثر و چشم‌پوشی از خطای عامل/ عواملی که تأثیر کمی بر شاخص بهره‌وری آب دارند، می‌شود. در بین شاخص‌های مرسوم بهره‌وری، شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب (KWP_e) با بیشترین عوامل موثر از دقت بیشتری برخوردار است. در این مطالعه، آنالیز حساسیت شاخص KWP_e نسبت به اجزای آن برای سه گیاه چغندرقند، گندم و زیتون انجام شد. نتایج نشان داد که شاخص KWP_e در هر سه محصول گندم، چغندرقند و زیتون بیشترین حساسیت را به حداکثر عملکرد داشت به طوری‌که با 30% خطای کم‌برآورد در حداکثر عملکرد در این سه محصول به‌ترتیب 55%، 69% و 54% و با همین مقدار خطا در حجم آب آبیاری در هر سه محصول، 43% تغییر در شاخص KWP_e ایجاد شد.

کلمات کلیدی: چغندرقند، حجم آب آبیاری، زیتون، عملکرد پتانسیل و گندم

مقدمه

شاخص‌های مختلف بهره‌وری از اجزاء مختلفی تشکیل می‌شوند. برخی شاخص‌ها فقط عملکرد و مقدار آب آبیاری برای محاسبه بهره‌وری را در نظر می‌گیرند و برخی قیمت محصول و هزینه تمام شده را هم لحاظ می‌کنند. در بین روابط مختلف بهره‌وری، شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب (KWPe) عوامل بیشتری از جمله آب، خاک، گیاه، اقلیم، اقتصاد و مدیریت را در بر می‌گیرد و هم از دقت بیشتری برخوردار است (جعفری و عباسی، 1402). از طرف دیگر مقدار تاثیرگذاری هر یک از اجزاء شاخص بهره‌وری آب برای تعیین اولویت در دقت برآورد هر یک از اجزاء یا چشم‌پوشی از خطای برخی از اجزاء مدل ضروری است. از این موضوع به‌عنوان آنالیز حساسیت یاد می‌شود. در آنالیز حساسیت تغییرات عوامل ورودی مدل و تأثیر آن بر نتایج خروجی بررسی می‌شود و از این طریق مشخص می‌شود که کدام عامل ورودی بیشترین اثر را بر نتایج خروجی مدل دارد (عباسی، 1396).

ژانگ و همکاران ویژگی‌های توزیع مکانی- زمانی و عوامل موثر بر بهره‌وری آب غلات در حوزه رودخانه زرد در چین را موردبررسی قرار دادند. آنها برای آشکارکردن رابطه بین مصرف منابع آب کشاورزی و تولید غلات در حوزه رودخانه زرد، بهره‌وری آب آبیاری (WPI)، بهره‌وری آب محصول (WPC)، بهره‌وری کل آب ورودی (WPT) و یازده عامل تأثیرگذار را بررسی کردند. نتایج نشان داد که حداقل میانگین WPI، WPC و WPT در چینگ‌های به ترتیب 0/22، 0/35 و 0/18 کیلوگرم بر مترمکعب، حداکثر میانگین WPI در همان 2/11 کیلوگرم بر مترمکعب و در شاندونگ حداکثر میانگین مقادیر WPC و WPT به ترتیب 0/71 و 0/61 کیلوگرم بر مترمکعب بودند. در حوزه رودخانه زرد عوامل تأثیرگذار اصلی و مقدار تأثیر آنها بر WPI عبارت بودند از سطوح آبیاری (8/98%)، آب کشاورزی (15/55%)، مدیریت تغذیه (12/06%) و مصرف سموم شیمیایی (9/77). همچنین در این منطقه، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار و میزان تأثیر آنها بر

شاخص WPC، مدیریت تغذیه (13/25%)، متوسط تبخیر سالانه (12/94%)، سطح آبیاری (10/49%) و نیروی انسانی (10/19%) بود و در شاخص WPT، مساحت آبیاری مؤثر (14/26%)، متوسط بارش سالیانه (12/30%)، مدیریت تغذیه شیمیایی (10/49%) و مالچ پلاستیکی (9/69%) در WPT بودند (Zhang et al., 2023). نظری و لیاقت (1397) در گزارشی برای اتاق بازرگانی، راهبردهای بهبود بهره‌وری آب بر اساس روش FAHP را ارزیابی کردند. در آن گزارش حساسیت بهره‌وری آب به قیمت‌گذاری آب با امتیاز 0/802 دارای بیشترین حساسیت و بعد از آن راهبردهای نصب کنتور و تحویل حجمی آب و ایجاد بازار آب به ترتیب با امتیازهای 0/79 و 0/77 در رتبه‌های دوم و سوم دانستند. همچنین راهبرد مبارزه با آفات و بیماری گیاهی نیز با امتیاز 0/076 پایین‌ترین حساسیت را در بین 33 راهبرد بهبود بهره‌وری آب کشاورزی اعلام کردند (نظری و لیاقت، 1397).

در بررسی اثر مدیریت آبیاری بر بهره‌وری آب در مزرعه یونجه، کاهش 49/5 درصدی در حجم آب آبیاری، بهره‌وری آب را 72 درصد افزایش داد (اوجاقلو و همکاران الف، 1402). ایزدی و داوری در ارزیابی شاخص‌های بهره‌وری آب برای محصولات مختلف زراعی، حداکثر تولید هر محصول را عامل اول در میزان بهره‌وری آب هر محصول معرفی کردند و پرداختن به سایر فعالیت‌های مدیریتی را در گام‌های بعدی اعلام نمودند (ایزدی و داوری، 1394). در آنالیز حساسیت، برآورد مقدار منفی مدل، نشان‌دهنده تاثیرپذیری معکوس مدل از عوامل تشکیل دهنده آن است. کریمی اورگانی و همکاران (1397) در تحلیل حساسیت بهره‌وری آب در گیاه جو با مدل اکواکراپ نتیجه گرفتند که مدل در برآورد بهره‌وری آب، نسبت به تبخیر و تعرق گیاه مرجع بیشترین حساسیت را دارد و مقدار ضریب حساسیت این عامل برای تیمارهای آبیاری کامل،60 و 80 درصد آبیاری کامل به ترتیب برابر 1/1-، 1/2- و 2/3- به دست آمد که علامت منفی نشان می‌دهد، درصورتی که مقدار تبخیر و تعرق مرجع بیش از مقدار واقعی وارد مدل شود، عملکرد محصول کمتر از مقدار واقعی شبیه‌سازی می‌شود و در این میان هر قدر درجه کم‌آبیاری بیشتر شود، حساسیت مدل بیشتر می‌شود (کریمی اورگانی و همکاران، 1398).

با عنایت به تحقیقات صورت‌گرفته، آنالیز حساسیت جامعی در مورد شاخص‌های بهره‌وری آب به‌ویژه شاخص جدید KWPe انجام نشده است. از سوی دیگر در بین شاخص‌های مورداستفاده، شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب ضمن برآورد دقیق‌تری از بهره‌وری آب، بیشتر عوامل مؤثر بر تولید محصولات را در محاسبات دخالت می‌دهد؛ لذا، آنالیز حساسیت این شاخص نسبت به عوامل آن در گیاهان چغندرقند، گندم و زیتون انجام شد.

مواد و روش

اجزاء شاخص KWPe شامل: درآمد، هزینه و قیمت محصول بر حسب ریال، WCI[1] و NWI[2] به ترتیب حجم آب آبیاری و نیاز خالص آب آبیاری بر حسب مترمکعب در هکتار و عملکرد در شرایط واقعی یا حداکثر تولید بر حسب کیلوگرم در هکتار برای گیاهان چغندرقند، گندم و زیتون به ترتیب در مناطق پیرانشهر، اهواز و طارم زنجان برآورد (جدول 1) سپس شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب برای این گیاهان بر اساس رابطه (1) محاسبه و آنالیز حساسیت این شاخص نسبت به این عوامل محاسبه شد.

$$KWP_e = \frac{\frac{(Income - Cost)_a}{WCI}}{\frac{(Income - Cost)_p}{NWI}} \quad (1)$$

a و p به ترتیب نشان‌دهنده شرایط واقعی و پتانسیل می‌باشند.

عملکرد در شرایط استاندارد یعنی حداکثر عملکردی که در شرایط بدون محدودیت از مزرعه با ویژگی منحصربه‌فرد، قابل‌دستیابی است. برای این منظور برای دستیابی به حداکثر عملکرد، از داده‌های سلطانی و همکاران (1398) که حداکثر تولید اراضی (LPP) برای

[1] Water Content Irrigation
[2] Net Water Irrigation

گیاهان گندم، چغندرقند و زیتون برآورد شده بود، استفاده گردید. هم‌چنین نیاز خالص آب آبیاری (NWI) گیاهان موردمطالعه برای برآورد بهره‌وری در شرایط استاندارد که وابسته به اقلیم منطقه و خاک مزرعه است، از سامانه نیازآب محاسبه گردید (ابراهیمی‌پاک و همکاران، 1401). هزینه واقعی از طریق پرسشنامه از بهره‌بردار دریافت شد. محاسبه درآمد و سود خالص بر مبنای قیمت هر یک از محصولات، در سال زراعی 1402-1401 بود. برای برآورد مقادیر عملکرد و حجم آب آبیاری گیاهان گندم، چغندرقند و زیتون به‌ترتیب از داده‌های میدانی باغانی و همکاران (1397الف و ب) و عباسی و همکاران (1399) استفاده شد.

به‌طورکلی، آنالیز حساسیت به دو روش کیفی و کمی انجام می‌شود (عباسی، 1396). در روش کمی، ضریب‌های حساسیت با استفاده از یک رابطه ریاضی تعیین می‌شوند. به این ترتیب که مدل با مقادیر واقعی و یک درصد تغییر در مقدار عوامل ورودی اجراء می‌شود، سپس ضریب‌های حساسیت برای هر یک از عوامل ورودی مدل تعیین می‌شوند (رابطه 2).

$$S(s,w,c,m,\dots) = \frac{|Y(b+\Delta b) - Y(b)|}{Y(b)} \qquad (2)$$

دراین‌رابطه؛ S(s, w, c, m) ضریب حساسیت یا تغییر در شاخص بهره‌وری آب به‌ازای درصد مشخصی تغییر در پارامتر b، s، w، c و m به‌ترتیب عوامل عملکرد، آب، قیمت و هزینه و ... می‌باشد.

نتایج و بحث

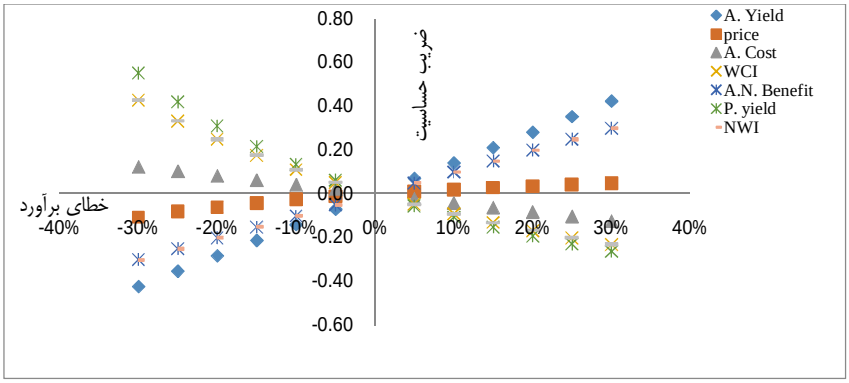
نتایج برآورد عوامل عملکرد، قیمت، هزینه تمام شده، حجم آب آبیاری (WCI) و بهره‌وری اقتصادی آب (WPEa) در شرایط واقعی و عملکرد، نیاز خالص آب آبیاری (NWI)، هزینه، بهره‌وری اقتصادی آب (WPEp) در شرایط حداکثر تولید و شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب (KWPe) و شکاف بهره‌وری اقتصادی آب (GWPe) برای گندم، چغندرقند و زیتون به ترتیب در اهواز، پیرانشهر و طارم زنجان در جدول (1) ارائه گردیده است.

جدول 1- داده‌های پایه برای آنالیز حساسیت شاخص KWP_e و GWP_e درگندم، چغندرقند و زیتون

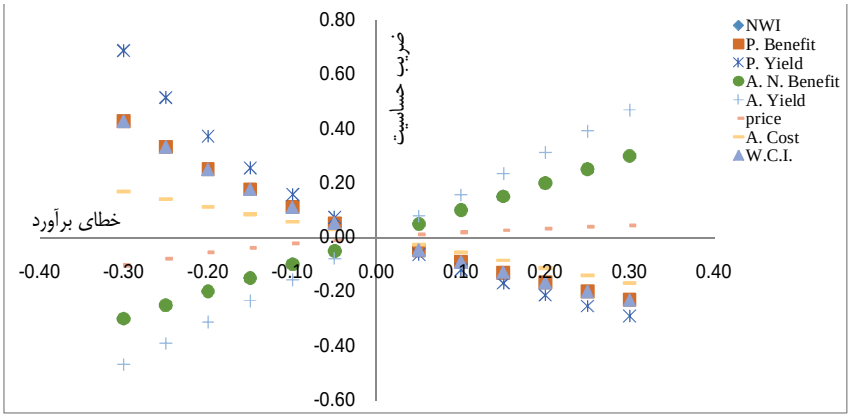
پارامتر / محصول	شرایط واقعی				شرایط استاندارد				KWP_e
	عملکرد (kg)	قیمت (ریال)	هزینه ×1000 (ریال)	WCI (m^3)	WPE_a ($Rial/m^3$)	عملکرد (kg)	NWI (m^3)	هزینه ×1000 (ریال)	WPE_p ($Rial/m^3$)	(بی‌بُعد)
گندم	3096	155000	140000	4580	74210	7028	3560	170000	258240	0/29
چغندرقند	56017	28000	565000	9526	105340	98926	7438	730000	274250	0/38
زیتون	5434	700000	1134000	17604	151660	11600	7170	1300000	951180	0/16

باتوجه‌به جدول (1) نتایج نشان داد که روند حساسیت شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی برای هر سه محصول یکسان بود و علاوه بر اینکه نشان از صحت و دقت این شاخص داشت، نشان داد که این شاخص به جز عملکرد که از ویژگی بارز گیاهان است، در سایر عوامل وابسته به نوع محصول نبود. به‌عنوان مثال، در هر سه محصول شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب کمترین حساسیت را به قیمت محصول داشت. این از ویژگی مثبت شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب است. اگر شاخصی به قیمت محصول حساس باشد، بدان معنی است که مطابق نرخ تورم که معمولا هر ساله و با نرخ‌های متفاوت تغییر می‌کند، حساسیت شاخص بهره‌وری هم تغییر نماید.

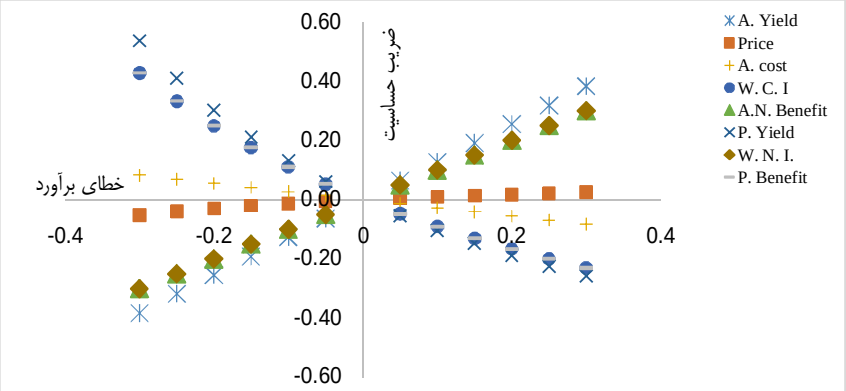
شاخص KWPe نسبت به حداکثر تولید و عملکرد واقعی و نیاز خالص آب آبیاری و حجم آب آبیاری بیشترین و به قیمت محصول کمترین حساسیت را داشت؛ بنابراین، در استفاده از این شاخص دقت بیشتر در اندازه‌گیری یا برآورد این چهار عامل نسبت به عوامل دیگر توصیه می‌گردد. حساسیت شاخص KWPe جز در عملکرد که از ویژگی ذاتی هر گیاه است، نسبت به سود خالص و حجم آب آبیاری و نیاز خالص آب آبیاری مستقل از گیاه بود و ضرایب به‌دست‌آمده در این پژوهش می‌تواند در تحقیقات آتی استفاده شود. حساسیت شاخص KWPe نسبت به قیمت محصول و هزینه تمام شده، حداقل بود؛ لذا، افزایش بهره‌وری آب با استفاده از محصولات باارزش اقتصادی بالا موجب افزایش بهره‌وری قابل‌توجه نمی‌شود، بلکه راه‌های افزایش بهره‌وری را در حجم آب آبیاری و عملکرد جستجو نمود. حساسیت شاخص KWPe به خطای منفی یا برآورد کمتر از مقدار واقعی عامل، نسبت به خطای مثبت یا بیش‌برآورد کردن عامل بیشتر بود و گاها در برخی عوامل در خطای بالا (30-%)، بیش از دوبرابر بود؛ بنابراین توصیه می‌شود که عوامل از مقدار واقعی کمتر برآورد نشوند.



شکل 1- ضرایب حساسیت شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب گندم نسبت به اجزای آن



شکل 2- ضرایب حساسیت شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب چغندرقند نسبت به اجزای آن



شکل 3- ضرایب حساسیت شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب زیتون نسبت به اجزای آن

منابع

ابراهیمی پاک، ن.ع.، تافته آ.، حسینی، س.ن. و کیخا، ف. 1401. سامانه نیاز آب. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. http://niwr.ir.

اوجاقلو، ح.، اوجاقلو، ف.، جعفری، م. م.، میثاقی، ف.، نظری، ب. و کرمی دهکردی، م. 1402. اثر مدیریت آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب محصول یونجه. نشریه آب‌وخاک . 37(2): 185-165.

ایزدی، ع. و داوری، ک. 1394. ارزیابی شاخص‌های بهره‌وری آب در شرکت‌های تحت نظارت آستان قدس‌رضوی. نشریه آب و توسعه پایدار. 5 (2): 14-9.

باغانی، ج.، احمدآلی، ج.، اسلامی، ا.، بهراملو، ر.، قدمی‌فیروزآبادی، ع.، اخوان، ک.، معیری، م.، کریمی، م.، دهقانیان، س.ا.، اسلامی، ع.ر.، عباسی، ف.، اکبری، م.، عباسی، ن.، خسروی، ح.، غفاری، ز.، حسین‌زاده، ص.، نعمتی، ش.، سپهری، س.، آقایی، م.ج. و نخجوانی-مقدم، م.م. 1397الف. تعیین آب مصرفی چغندرقند در کشور. گزارش پژوهشی نهایی شماره 54633، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.

جعفری، ح. و عباسی، ف. 1402. معرفی و ارزیابی شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. 6 (54): 1114-1095. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.358941.669495

سلطانی، ا.، نه بندانی، ع.ر.، زینلی، ا.، ترابی، ب.، زند، ا.، قاسمی، ث.، الستی، ا.، دادرسی، ا.، حسینی، ر. س.، عالی‌مقام، س. م.، زاهد، م.، فیاضی، ح.، کمری، ک.، عرب عامری، ر.، محمدزاده، ز.، رهبان، س.، پورشیرازی، ش.، محمدی، س. و کرامت، ص. 1398. تهیه اطلس خلأ عملکرد و توان تولید گیاهان زراعی مهم در کشور در شرایط اقلیمی فعلی و آینده. انتشارات واژگان سیرنگ. 268 صفحه.

عباسی، ف. 1400. فیزیک خاک پیشرفته. موسسه انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم. 352 صفحه.

عباسی، ن.، طاهری، م.، کیانی، ع.ر.، یوسف گمرکچی، ا.، دهقانیان، س.ا.، شاهین‌رخسار، پ.، موسوی‌فضل، س.ح.، ناصری، ا.، عباسی، ف.، باغانی، ج.، اکبری، م.، نخجوانی، م.م.، سپهری، س.، غفاری، ز.، یوسفی، ز.، غیاثی، ع.ا.، فریدونی، ح.، بهارلو، ا.، عباسی، م.، گلمحمدی، م.، مرادی، پ.، واحدی س.، و طبرسا، ر. 1399. تعیین آب مصرفی زیتون در کشور. گزارش پژوهشی نهایی شماره 57724، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.

کریمی اورگانی، ح.، رحیمی خوب، ع. و نظریفر، م. ه. 1398. تحلیل حساسیت مدل آکواکراپ برای محصول جو در منطقه پاکدشت. نشریه علوم آب‌وخاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). 23(3): 63-52.

نظری، ب. و لیاقت، ع.م. 1397. گزارش نهایی اولویت‌بندی استراتژی‌های بهبود بهره‌وری آب کشاورزی، اتاق بازرگانی و معادن ایران. 176 صفحه.

Zhang, Y., Wang, F., Du, Z., Dou, M., Liang, Z., Gao, Y. and Li, P. 2023. Spatio-Temporal Distribution Characteristics and Driving Factors of Main Grain Crop Water Productivity in the Yellow River Basin. Plants. 12(3): 21P. https://doi.org/10.3390/plants12030580.

افزایش نسبی بهره‌وری اقتصادی آب کشاورزی جهت کاهش مصرف آب

محمدمهدی مقیمی [1]، عاطفه مقدم [2]

[1] دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه فسا، moghimi@fasau.ac.ir

[2] دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه فسا

چکیده

امروزه در سراسر جهان کاهش دسترسی به منابع آب شیرین (متعارف) و همچنین کم‌بودن بهره‌وری آب کشاورزی یکی از مشکلات اساسی بخش کشاورزی به‌عنوان عمده‌ترین مصرف‌کننده منابع آب است. در تحقیق حاضر اثرات دو گزینه کم آبیاری بر نسبت بهره‌وری اقتصادی آب گیاه گوجه‌فرنگی بررسی گردیده است. در گزینه اول کسرهای کاهش آب در مقدار آب آبیاری اعمال شد و در گزینه دوم کسرهای کاهش آب در تعداد وقایع آبیاری اعمال گردید. طبق نتایج این تحقیق، در هیچ‌یک از گزینه‌ها حداکثر مقدار نسبت بهره‌وری اقتصادی آب در حالت آبیاری کامل اتفاق نیفتاد. بالاترین مقدار نسبت بهره‌وری اقتصادی آب بود که در روش دوم اعمال کم آبیاری، راندمان کاربرد آب 90 درصد و کسر کاهش آب 0/2 به دست آمد. کمترین مقدار نسبت بهره‌وری اقتصادی آب (0/46) در راندمان کاربرد آب 90 درصد و کسر کاهش آب 0/8 و در روش اول اعمال کم آبیاری اتفاق افتاد. تأثیر کاهش راندمان کاربرد آب بر کاهش نسبی بهره‌وری اقتصادی آب کمتر از تأثیر افزایش کسر کاهش آب بود. در هر دو روش اعمال کم آبیاری، با افزایش کسر کاهش آب، مقدار نسبت بهره‌وری اقتصادی آب ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد که با کاهش راندمان کاربرد آب، عدد حداکثر نسبی بهره‌وری اقتصادی آب در کسرهای کاهش آب بالاتر رخ می‌دهد. بنابراین نحوه اعمال کم آبیاری نقش قابل ملاحظه‌ای در میزان افزایش اثرگذاری این راهبرد دارد.

کلمات کلیدی: راندمان کاربرد آب در مزرعه، کسر کاهش آب، کم آبیاری، گوجه‌فرنگی، بهره‌وری آب

مقدمه

کم‌آبی و تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده پایداری عملکرد در زیرساخت‌های کشاورزی سراسر دنیا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که هر ساله به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان مطرح می‌باشد. مهم‌ترین موضوع در آماده‌سازی به‌منظور مقابله با خشکی مدیریت صحیح منابع آب و افزایش سطح کارایی استفاده از آب در کشاورزی است. در شرایط محدودیت منابع آب و فراوانی نسبی اراضی قابل‌کشت (شرایط حاکم بر اکثر مناطق ایران) هدف اصلی بایستی بیشتر متمرکز بر بالابردن تولید به‌ازای واحد آب مصرفی (افزایش بهره‌وری آب) و استفاده بهینه از این منابع باشد. کم آبیاری یک راهبرد بهینه‌سازی است که در آن آگاهانه به گیاهان اجازه داده می‌شود با دریافت آب کمتر از نیاز، محصول خود را کاهش دهند (English et al., 1990). اکبری نودهی و همکاران (1392)، به‌منظور بررسی تأثیر کم آبیاری بر عملکرد گوجه‌فرنگی، تعیین تابع تولید و بازده مصرف آب، آزمایشی بر پایه طرح قطعه‌های کامل تصادفی، در سه تکرار و به مدت دو سال بر روی گوجه‌فرنگی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بایع کلاء (نکا) اجرا کردند. مقدار بازده مصرف آب (WUE) و بازده مصرف آب آبیاری (IWUE) به ترتیب بین 2/9-5 و 6/14-2/9 کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. نوشادی و شهرکی مجاهد (1393)، اثر روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی را تحت شیوه‌های مدیریتی آبیاری متناوب یک‌درمیان و متناوب نیم در میان با شوری‌های مختلف بر خاک و عملکرد گوجه‌فرنگی بررسی کردند. نتایج نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی کاهش می‌یابد که بیشترین عملکرد مربوط به تیمار آبیاری متناوب نیم در میان و شوری آب 0/68 دسی زیمنس بر متر (52/437 تن بر هکتار) و کمترین عملکرد مربوط به تیمار آبیاری متناوب یک‌درمیان و شوری آب 8 دسی زیمنس بر متر

(23/363 تن بر هکتار) بود. همچنین شیوه مدیریتی یک‌درمیان نسبت به مدیریت نیم در میان 17/77 درصد عملکرد کمتری داشت و میزان آب کاربردی با افزایش سطح شوری کاهش و در نتیجه بازدهی مصرف آب افزایش یافت. شاهرخ نیا و رحیمی (1395)، تأثیر مقادیر مختلف آب بر عملکرد و کارایی مصرف آب سه رقم گوجه‌فرنگی که با روش آبیاری قطره‌ای آبیاری می‌شدند را بررسی کردند. در این تحقیق مقادیر 60%، 80%، 100% و120 درصد نیاز آبی گوجه‌فرنگی بر اساس روش پنمن مانتیث محاسبه و به مزرعه داده شد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان آب آبیاری میزان عملکرد افزایش و کارایی مصرف آب کاهش می‌یابد که این تغییرات فقط بین تیمارهای 60% و 120% نیاز آبی از نظر آماری معنی‌دار گردید. برزگر و همکاران (1398) به‌منظور بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گوجه‌فرنگی رقم ریوگرند به کاربرد مگافول تحت تنش کم‌آبی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی با 3 تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام دادند. تیمارهای آزمایشی شامل 3 سطح آبیاری (50، 75 و 100 درصد نیاز آبی گیاه) و 4 سطح مگافول (0، 0/1، 0/2 و 0/3 درصد) بود. نتایج نشان داد تنش کم‌آبی به طور معنی‌داری محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل و هدایت روزنه‌ای را کاهش داد و باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، نشت یونی و مقدار پرولین گردید. امیری و رستمی اجیرلو (1397)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه قطعه‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار در دو سال 1394 و 1395 بر روی گوجه‌فرنگی در دشت مغان در شرایط مزرعه‌ای اجرا کردند. تیمارها شامل چهار سطح آبیاری (IR1 (100 درصد نیاز آبی)، IR2 (80 درصد نیاز آبی)، IR3 (70 درصد نیاز آبی) و IR4 (50 درصد نیاز آبی)) به‌عنوان عامل اصلی و ارقام تجاری گوجه‌فرنگی (Cul1، سوپربیتا؛ Cul2، 08 و Cul3، متین) به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کم آبیاری موجب کاهش عملکرد، اجزاء و بهره‌وری آب و افزایش صفات کیفی (مواد جامد محلول، ویتامین ث و pH میوه) در تمامی ارقام می‌شود. در تحقیق حاضر اثرات گزینه‌های مختلف کم آبیاری بر نسبت بهره‌وری اقتصادی آب گیاه گوجه‌فرنگی بررسی گردیده است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

این مطالعه در دشت حاصلخیز قره‌بلاغ واقع در شهرستان فسا واقع در 200 کیلومتری جنوب شرق شیراز انجام شد. مساحت قابل کشت در این دشت بالغ بر 33 هزار هکتار است. محدوده طول جغرافیایی دشت بین 28 درجه و 48 دقیقه تا 29 درجه و 1 دقیقه شمالی و محدوده عرض جغرافیایی دشت بین 53 درجه و 55 دقیقه تا 54 درجه و 14 دقیقه شرقی و میانگین ارتفاع دشت از سطح دریا 1326 متر می‌باشد. بافت خاک غالب در این دشت لوم رسی می‌باشد. میانگین دمای ماهانه در این دشت 19/2 درجه سانتی گراد و میانگین بارندگی سال زراعی در این دشت 291 میلی‌متر است.

برنامه بندی آبیاری

گوجه‌فرنگی یکی از محصولات مهم کشاورزی در کشور می‌باشد و آبیاری بی‌رویه آن، علاوه بر تهدید جدی منابع آب، ممکن است بر کمیت و کیفیت محصول گوجه‌فرنگی نیز تأثیرگذار باشد. مراحل مختلف رشد گوجه‌فرنگی عبارت‌اند از: مرحله اولیه رشد از 20 فروردین تا 9 اردیبهشت، مرحله توسعه گیاه از 10 اردیبهشت تا 3 خرداد، مرحله میانی رشد گیاه از 4 خرداد تا 2 تیر و مرحله پایانی رشد گیاه از 3 تیر تا 20 تیر. در این مطالعه عامل نسبت بهره‌وری اقتصادی آب در گزینه‌های مختلف اعمال کم آبیاری در سال آبی خشک بررسی گردید. جهت انتخاب سال آبی مذکور از شاخص خشکسالی SPEI[1] استفاده شد. پس از محاسبه این شاخص در مقیاس زمانی سالانه و در طول دوره 48ساله آماری موجود، باتوجه‌به جدول تعیین وضعیت خشکسالی مربوط به این شاخص، سال آبی خشک انتخاب شد.

[1] Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index

جهت برنامه بندی آبیاری کامل و در راندمان کاربرد آب 100 درصد، مقدار آب آبیاری برابر با تبخیر تعرق گیاه در نظر گرفته شد و آبیاری زمانی اعمال می‌شد که رطوبت سهل الوصول خاک تخلیه شده باشد. برای محاسبه ی تبخیر تعرق (ET_c) از روش پنمن مانتیث فائو (Allen et al., 1998) استفاده شد.

گزینه‌های مختلف اعمال کم آبیاری که شامل دو روش اعمال کم آبیاری و کسرهای مختلف کاهش آب (WRF[1]) (صفر تا 0/8) نسبت به آبیاری کامل بودند عبارتند از:

روش 1: در این روش آب کاربردی نسبی (1-WRF) یعنی ضرایب 0/8، 0/6، 0/4 و 0/2 در مقدار هر واقعه‌ی آبیاری بعد از مرحله ابتدایی گیاه ضرب می‌شود.

روش 2: آب کاربردی نسبی (1-WRF) در تعداد وقایع آبیاری بعد از مرحله ابتدایی گیاه ضرب می‌شود.

ضمناً راندمان‌های مختلف کاربرد آب در این مطالعه برابر با 30، 50، 70 و 90 درصد در نظر گرفته شد.

محاسبه عوامل مدیریتی بهره‌وری اقتصادی نسبی آب

بهره‌وری اقتصادی نسبی آب (EWPR)، به‌صورت نسبت ارزش محصول به هزینه آب آبیاری مورداستفاده به‌صورت زیر تعریف می‌شود (Rodrigues and Pereira, 2009):

$$EWPR = \frac{Value(Y_a)}{Cost(IWU)} \quad (1)$$

که در آن Value (Ya) ارزش محصول (برحسب ریال) و Cost (IWU) هزینه آب آبیاری (برحسب ریال) می‌باشد. استفاده از EWPR امکان مقایسه اثرات هزینه فعلی و واقعی آب و تصمیمات بهتر در شرایط مختلف را فراهم می‌کند .

در منطقه موردمطالعه از آب زیر زمینی جهت آبیاری مزارع استفاده می‌شود. هزینه آب که همان هزینه استحصال آب از چاه می‌باشد شامل دو قسمت است: هزینه ثابت (هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه) و هزینه‌های متغیر (هزینه‌های جاری یا بهره‌برداری). هزینه ثابت، نسبت هزینه‌های سرمایه‌گذاری به کل آب استحصال شده بر حسب ریال بر مترمکعب تعریف می‌شود. هزینه متغیر نسبت جمع هزینه‌های مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری به کل آب مورداستفاده، برحسب ریال به مترمکعب تعریف می‌شود. هزینه‌های سرمایه‌گذاری شامل هزینه‌های حفر چاه، خرید و نصب موتورپمپ و تأمین برق است. هزینه‌های مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری شامل هزینه‌های مصرف برق، تعمیرات و نگهداری می‌باشد. هزینه کل (هزینه واقعی آب) برابر با جمع هزینه ثابت و متغیر در نظر گرفته شد. هزینه استحصال هر مترمکعب آب در سال 1395، 645 ریال محاسبه گردید.

تخمین مقدار محصول واقعی (Ya)

برای تخمین مقدار محصول واقعی در واحد سطح در مقادیر مختلف آب آبیاری از تابع تولید زیر (Meyer et al., 1993) استفاده گردید:

$$\frac{Y_a}{Y_p} = \prod_{i=1}^{n}\left(1 - Ky_i\left(1 - \frac{W_a}{W_p}\right)_i\right) \quad (2)$$

که در آن Y_p، حداکثر محصول تولیدی در شرایط بدون تنش آبی؛ Y_a ، مقدار محصول تولیدی در شرایط واقعی (شرایط تنش آبی)؛ i، مرحله مشخص از رشد؛ n، تعداد مراحل رشد؛ Ky_i، ضریب واکنش عملکرد گیاه به آب در مرحله رشد؛ W_{pi}، حداکثر آب موردنیاز گیاه در دوره‌های مختلف رشد و W_{ai}، مقدار آب موردنیاز گیاه در دوره‌های مختلف رشد است.

[1] Water Reduction Fraction

در این تحقیق حداکثر محصول (Y_m) با روش AEZ[1] که توسط دورنباس و کاسام (1979) پیشنهاد شده است، تخمین زده شد. روش AEZ علی‌رغم قدیمی بودن آن یکی از کامل‌ترین مدل‌هایی است که همه عوامل تأثیرگذار روی حداکثر محصول در آن در نظر گرفته شده است. نتایج به‌دست‌آمده از این روش با مقایسه آن‌ها با بهترین نتایج محصولات به‌دست‌آمده در منطقه اعتبارسنجی شد. اگرچه تعداد زیادی مدل تولید محصول در دسترس برای تخمین محصول واقعی وجود دارد؛ اما این مدل‌ها تعداد زیادی عامل ورودی نیاز دارند که در منطقه موردمطالعه در دسترس نیست. ازاین‌گذشته، آنها ابتدا باید واسنجی شوند که در این مطالعه ممکن نبود. در این تحقیق از Ky_i ارائه شده در تحقیق تافته و همکاران (1392) برای محصول گوجه‌فرنگی استفاده شد (جدول 1). قیمت خرید محصول گوجه‌فرنگی در سال زراعی 1395، 10028 ریال بر کیلوگرم بود.

جدول 1- ضرایب حساسیت به کم آبی در دوره‌های مختلف رشد گوجه فرنگی

دوره‌های رشد	طول دوره (روز)	Ky_i
ابتدایی	25	0/7
توسعه گیاه	35	1/1
میانی	60	1/14
نهایی	30	0/40

نتایج و بحث

مقدار آب آبیاری

باتوجه‌به نتایج محاسبه شاخص SPEI در مقیاس زمانی سالانه و در طول دوره 48ساله آماری موجود و باتوجه‌به جدول تعیین وضعیت خشکسالی مربوط به این شاخص، سال آبی 1379-1378 به‌عنوان سال آبی خشک انتخاب شد. لازم به ذکر است که مقدار بارندگی در این سال 144 میلی‌متر بوده و مقدار تبخیر تعرق گیاه در این سال 1314 میلی‌متر محاسبه گردید. ضریب گیاهی پایه برای گیاه گوجه فرنگی در مراحل اولیه، میانی و پایانی رشد به ترتیب برابر با 0/8، 1/1 و 0/6 در نظر گرفته شد. ضریب تبخیر نیز برای مراحل اولیه، میانی و پایانی رشد به ترتیب برابر با 0/4، 0/14 و 0/12 در نظر گرفته شد. این مقادیر در تعیین مقدار آب آبیاری موردنیاز در مراحل مختلف رشد گیاه مورداستفاده قرار گرفت. مقادیر خالص آب آبیاری محاسبه شده برای سال آبی در نظر گرفته شده و در گزینه‌های مختلف اعمال کم آبیاری که شامل روش‌های مختلف و کسرهای کاهش آب مختلف است در جدول 2 آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود روش اول و دوم (آبیاری کامل در دوره گلدهی) از روش‌های اعمال کم آبیاری منجر به بیشترین و کمترین مقادیر عمق آبیاری گردیده است.

جدول 2- مقادیر خالص آب موردنیاز گیاه گوجه فرنگی در سال آبی خشک در نظر گرفته شده در گزینه‌های مختلف اعمال کم آبیاری

روش اعمال کم آبیاری	مقدار خالص آب آبیاری (میلی‌متر) در کسرهای مختلف کاهش آب				
	0/0	0/2	0/4	0/6	0/8
1	1862	1569	1276	984	691
2	1862	1479	1190	816	544

مقدار محصول

با استفاده از معادله 2 مقدار محصول برای گزینه‌های مختلف اعمال کم‌آبیاری به دست آمد (جدول 3). همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد؛ کمترین محصول در روش 1 به دست آمده در حالی‌که با تغییر روش اعمال کم‌آبیاری به روش 2، مقدار محصول به طور

[1] Agro-ecological Zone

چشم‌گیری افزایش پیدا می‌کند. دلیل بیشتر بودن مقدار محصول در روش دوم از روش اول، این است که در روش دوم تا کسر کاهش آب 0/6 در واقع هم در مرحله گلدهی و هم در مرحله تشکیل محصول آبیاری کامل انجام شده است.

جدول 3- مقادیر محصول گیاه گوجه فرنگی در گزینه‌های مختلف اعمال کم آبیاری در راندمان کاربرد آب 100 درصد

روش اعمال کم آبیاری	مقدار محصول (کیلوگرم بر هکتار) در کسرهای مختلف کاهش آب				
	0/0	0/2	0/4	0/6	0/8
1	55000	30469	14074	4491	395
2	55000	49337	34870	13209	1926

بهره‌وری اقتصادی نسبی آب

بهره‌وری اقتصادی نسبی آب (EWPR) برای گزینه‌های مختلف اعمال کم آبیاری و در سال آبی انتخاب شده محاسبه گردید (جدول 4). نتایج نشان می‌دهد که بالاترین مقدار بهره‌وری اقتصادی نسبی آب 17/37 بوده که مربوط به روش دوم اعمال کم آبیاری (ضرب ضریب آب کاربردی نسبی در تعداد وقایع آبیاری مربوط به مراحل رشد بعد از مرحله رشد رویشی)، راندمان کاربرد آب 90 درصد و کسر کاهش آب 0/2 می‌باشد (البته توجه شود که مقدار نسبت بهره‌وری به دست آمده در کسر کاهش آب 0/4 (16/79) تفاوت معنی‌داری با مقدار به دست آمده در کسر کاهش آب 0/2 ندارد). کمترین مقدار بهره‌وری اقتصادی نسبی آب (0/46) در راندمان کاربرد آب 90 درصد و کسر کاهش آب 0/8 و در روش اول اعمال کم آبیاری اتفاق افتاده است. با کاهش راندمان کاربرد آب، حتی در کسرهای کاهش آب بالا، به دلیل مصرف آب زیاد مقدار بهره‌وری اقتصادی نسبی آب کاهش یافته است.

در روش اول اعمال کم آبیاری بیشترین مقادیر EWPR در کسرهای کاهش آب صفر (آبیاری کامل)، 0/2، 0/4، 0/6 و 0/8 به ترتیب در راندمان‌های کاربرد آب 90%، 70%، 50%، 30% و 30% به دست آمد. این در حالی است که در روش دوم اعمال کم‌آبیاری بیشترین مقادیر EWPR در کسرهای کاهش آب صفر (آبیاری کامل)، 0/2، 0/4، 0/6 و 0/8 به ترتیب در راندمان‌های کاربرد آب 90%، 90%، 90%، 50% و 30% به دست آمد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در روش دوم اعمال کم آبیاری می‌توان کسرهای کاهش آب بالاتری را در راندمان‌های بالاتر نیز اعمال کرد.

ضمناً در روش اول اعمال کم آبیاری بیشترین مقادیر EWPR در راندمان‌های کاربرد آب 30%، 50%، 70% و 90% به ترتیب در کسرهای کاهش آب 0/6، 0/4، 0/2 و صفر (آبیاری کامل) به دست آمد. در روش دوم اعمال کم‌آبیاری بیشترین مقادیر EWPR در راندمان‌های کاربرد آب 30%، 50%، 70% و 90% به ترتیب در کسرهای کاهش آب 0/6، 0/6، 0/4 و 0/2 به دست آمد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در روش دوم اعمال کم آبیاری علیرغم افزایش راندمان کاربرد آب، می‌توان کسرهای کاهش آب بالاتر را اعمال کرد.

جدول 4- مقادیر بهره‌وری اقتصادی نسبی آب (EWPR) گیاه گوجه‌فرنگی در راندمان‌های مختلف کاربرد آب و گزینه‌های مختلف اعمال کم-آبیاری

راندمان کاربرد آب	روش اعمال کم آبیاری	بهره‌وری اقتصادی نسبی آب در کسرهای مختلف کاهش آب				
		0/0	0/2	0/4	0/6	0/8
30	1	4/96	5/90	7/27	9/49	4/65
	2	4/96	6/15	8/13	11/86	7/84
50	1	8/26	9/83	12/12	8/76	1/86
	2	8/26	10/24	13/55	14/03	4/86
70	1	11/56	13/76	11/29	4/96	0/91
	2	11/56	14/34	16/28	11/72	3/45
90	1	14/87	12/95	7/42	3/16	0/46
	2	14/87	17/37	16/79	10/14	2/48

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین مقادیر عمق آبیاری به ترتیب در روش‌های اول و دوم اعمال کم آبیاری و بیشترین و کمترین مقدار محصول دانه به ترتیب در روش‌های دوم و اول به دست آمد. در هیچ یک از گزینه‌ها حداکثر مقدار بهره‌وری نسبی اقتصادی آب در حالت آبیاری کامل اتفاق نیفتاد. بالاترین مقدار بهره‌وری نسبی اقتصادی آب 17/37 بود که در روش دوم اعمال کم آبیاری، راندمان کاربرد آب 90 درصد و کسر کاهش آب 0/2 به دست آمد که البته مقدار بهره‌وری نسبی به دست آمده در کسر کاهش آب 0/4 (16/79) تفاوت معنی‌داری با مقدار به دست آمده در کسر کاهش آب 0/2 نداشت. کمترین مقدار نسبت بهره‌وری اقتصادی آب (0/46) در راندمان کاربرد آب 90 درصد و کسر کاهش آب 0/8 و در روش اول اعمال کم آبیاری اتفاق افتاد. تأثیر کاهش راندمان کاربرد آب بر کاهش نسبت بهره‌وری اقتصادی آب کمتر از تأثیر افزایش کسر کاهش آب بود. در هر دو روش اعمال کم آبیاری، با افزایش کسر کاهش آب، مقدار نسبت بهره‌وری اقتصادی آب ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد که با کاهش راندمان کاربرد آب، عدد حداکثر نسبت بهره‌وری اقتصادی آب در کسرهای کاهش آب بالاتر رخ می‌دهد. بنابراین نحوه اعمال کم آبیاری نقش قابل ملاحظه‌ای در میزان افزایش اثرگذاری این راهبرد دارد.

منابع

اکبری نودهی، د.، عزیزی زهان، ع. ا. و رضایی سوخت آبندانی، ر. 1392. بررسی رابطه میزان مصرف آب و عملکرد گوجه فرنگی در استان مازندران. مجله پژوهش آب در کشاورزی، سال بیست و هفتم، شماره 4، صفحات 503 تا 512.

امیری، 1. و رستمی اجیرلو، ا. 1397. ارزیابی تأثیر کم آبیاری بر عملکرد، صفات کیفی و بهره‌وری آب ارقام متفاوت گوجه‌فرنگی در دشت مغان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، سال چهل و نهم، شماره 2، صفحات 261 تا 268.

برزگر، ت.، اصفهانی، ز.، قهرمانی، ز. و نیکبخت، ج. 1398. بررسی برخی پاسخ های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گوجه فرنگی رقم ریوگرند (Lycopersicon esculentum cv. Rio Grande) به محلول پاشی ماده زیست-محرک تحت تنش کم آبی. فصلنامه فرایند و کارکرد گیاهی، سال هشتم، شماره 1، صفحات 229 تا 239.

تافته، آ.، ابراهیمی پاک، ن. ع.، بابازاده ح. و کاوه، ف. 1392. ارزیابی توابع تولید برای برآورد عملکرد گوجه‌فرنگی در تیمارهای مختلف آبیاری در دشت قزوین. مجله پژوهش آب در کشاورزی، جلد 27، شماره 3، صفحات 315 تا 328.

شاهرخ نیا، م. ع. و رحیمی، ه. ا. 1395. بررسی اقتصادی کم آبیاری ارقام گوجه فرنگی در کشت نشایی. مجله پژوهش آب در کشاورزی، سال سی‌ام، شماره 4، صفحات 483 تا 495.

نوشادی، م. و شهرکی مجاهد، ر. 1393. تأثیر مدیریت آب شور بر خاک و عملکرد گوجه فرنگی در آبیاری قطره ای زیرسطحی. مجله پژوهش آب در کشاورزی، جلد 28، شماره 2، صفحات 375 تا 384.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration Guideline for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper, No. 56 Rome.

English, M.J., Musick, I.J. and Murty, V.V. 1990. Deficit irrigation, Journal of farm irrigation systems, ASAE, 12(3): 222-230.

Doorenbos, J. and Kassam, A.H. 1979. Yield Response to Water. FAO, Rome, Italy. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. FAO,Rome, Italy.

Meyer J.P., Allen, N.J. and Smith, C. 1993. Commitment to Organizations and Occupations: Extension and Test of a Three-component Conceptualization. Journal of Applied Psychology, Vol. 78, pp. 538-551.

Rodrigues, G.C. and Pereira, L.S. 2009. Assessing economic impacts of deficit irrigation as related to water productivity and water costs. Biosystems Engineering; 103: 536-551.

بررسی اثر میزان آبیاری و تاریخ کشت بر عملکرد و بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی تحت شرایط شوری منابع آب‌وخاک

مهرداد نوروزی [1]، داود کیانی [2]، زینب نادری زاده [3]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، nowroozi50@yahoo.com

[2] استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر

[3] محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر

چکیده

به‌منظور بررسی اثر میزان آبیاری و تاریخ کشت بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گوجه‌فرنگی تحت شرایط شوری آب آبیاری 7 dS/m، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی با 3 تکرار و به مدت سه سال زراعی (1402-1398) در مرکز تحقیات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر اجرا شد. آرایش تیمارها تحت روش آبیاری قطره‌ای نواری شامل 1- تاریخ کشت (15 شهریور، 15 مهر و 15 آبان) و 2- میزان آب آبیاری (75، 100 و 125 درصد نیاز آبی محاسبه شده با معادله فائو- پنمن- مانتیث) اعمال گردید. طبق نتایج، بیشترین عملکرد (77/4 تن در هکتار) مربوط به تاریخ کشت 15 مهر و 100 درصد آب آبیاری بود. هم‌چنین، بیشترین میانگین بهره‌وری آب (14/2 کیلوگرم در مترمکعب) مربوط به تاریخ کشت 15 مهر و 75 درصد آب آبیاری بود. به طور کلی کشت زود هنگام (15 شهریور) یا دیر هنگام (15 آبان) منجر به کاهش عملکرد و بهره‌وری آب گردید. آبیاری بیش از 100 درصد نیاز آبی برآورد شده به روش پنمن مانتیث باعث کاهش عملکرد و بهره‌وری آب شد. لذا تاریخ کشت 15 مهر و تأمین 100 درصد آب آبیاری به‌عنوان تیمار برتر شرایط آزمایش پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: آبیاری قطره‌ای، بهره‌وری آب، گوجه‌فرنگی، شوری

مقدمه

آبیاری قطره‌ای نواری (tape) یکی از روش‌های مورد استقبال کشاورزان استان بوشهر می‌باشد که عموماً در مزارع گوجه‌فرنگی استفاده می‌شود. گوجه‌فرنگی از مهم‌ترین محصولات زراعی استان بوشهر محسوب می‌شود که سالانه حدود 12000 هکتار از اراضی آبی این استان را به خود اختصاص می‌دهد (احمدی و همکاران، 1399) و اهمیت اقتصادی- اجتماعی آن هم عمدتاً ناشی از عرضه خارج از فصل محصول آن به بازار می‌باشد. در دهه‌های اخیر استفاده از آب‌های شور در کشاورزی رشد چشمگیری داشته است (Schleiff, 2005) و در آینده نه‌چندان دور نیز افزایش پیدا خواهد کرد. Wan و همکاران (2007) گزارش کردند که در مناطق نیمه‌مرطوب شمال چین می‌توان از آب‌شور با هدایت الکتریکی 2/2 تا 4/9 دسی‌زیمنس بر متر بدون اینکه کاهش قابل‌توجهی در عملکرد اتفاق بیفتد، برای آبیاری مزارع گوجه‌فرنگی استفاده نمود. آنها تأکید کردند که استفاده بی‌خطر و کارآمد از منابع آب‌شور برای تولید کشاورزی پایدار نیازمند مدیریت صحیح آبیاری است. علاوه بر مدیریت آبیاری، عوامل دیگری مانند مدیریت زراعی، شرایط اقلیمی و تاریخ کشت، نوع خاک و حاصلخیزی آن نیز تأثیر بسزایی در تولید پایدار کشاورزی در شرایط شوری منابع آب دارد. مدیریت صحیح آبیاری به همراه انتخاب تاریخ کشت

مناسب، میزان مصرف آب و میزان ماده خشک تولیدی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (Soler et al., 2007). تاریخ کشت مناسب، موجب بهره‌گیری بهینه از عوامل اقلیمی نظیر دما، رطوبت، طول روز و تطبیق درست زمان گلدهی با دمای مناسب می‌شود. Chisanga و همکاران (2015) گزارش کردند که تأخیر تاریخ کشت از اوایل آذر به اوایل دی باعث می‌شود عملکرد ذرت از 10/7 به 7/6 تن در هکتار کاهش پیدا کند. تاریخ کشت در غالب مدیریت‌های زراعی، به‌خصوص در مناطق با نوسان بالای عوامل اقلیمی تأثیر عمده بر سرعت و طول دوره رشد و عملکرد محصول دارد. کاشت زودهنگام و دیرهنگام هر دو باعث تلاقی اول و آخر دوره رشد با شرایط تنش خشکی می‌شود. به‌عنوان‌مثال، عملکرد بالای گندم با کشت زودهنگام حاصل می‌شود (Sial et al., 2005) اما تأخیر در کشت و یا کشت زودهنگام در ذرت، باعث افت شدید محصول می‌شود (Barros et al., 2004). همچنین گزارش شده است که اگر جو دیر کشت شود، به دلیل اینکه در مرحله پر شدن دانه در معرض تنش گرمایی و کمبود رطوبت قرار می‌گیرد، عملکرد آن کاهش پیدا می‌کند ولی کشت زودهنگام باعث فرار از تنش‌های فوق می‌شود (Yau and Ryan, 2013). کلانکی و همکاران (1396) تأثیر توأمان تاریخ کشت و میزان آبیاری بر کارایی مصرف آب ذرت را بررسی و گزارش کردند که میزان آبیاری و تعدیل تاریخ کشت باعث 1/6 تا 22/8 درصد صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری می‌شود. تنش رطوبتی در طول فصل رویش گوجه‌فرنگی به‌خصوص در مراحل حساس به تنش خشکی (زمان گلدهی و رشد میوه‌ها)، عملکرد محصول را به میزان زیادی کاهش می‌دهد. طبق گزارش نورجو و همکاران (1380) اثر سطوح مختلف تیمارهای آبیاری (50، 75، 100 و 125 درصد نیاز آبی) بر عملکرد گوجه‌فرنگی بسیار معنی‌دار بود. به‌طوری‌که افزایش آب آبیاری به میزان 25 درصد مازاد بر نیاز آبی موجب افزایش سه‌درصدی عملکرد و کاهش آن به میزان 25 و 50 درصد به ترتیب موجب کاهش 30 و 40 درصدی عملکرد شد. Mitchell و همکاران (1991) نیز نشان دادند که کم آبیاری، عملکرد و آب ذخیره شده در گوجه‌فرنگی را کاهش داده؛ اما میزان مواد جامد محلول، درصد قند، میزان اسیدسیتریک و پتاسیم را افزایش می‌دهد.

اثرات توأم تنش‌های خشکی و شوری باعث تشدید افت عملکرد می‌شود. محمدی و همکاران (1390) در پژوهشی با بررسی اثرات توأم تنش‌های شوری و خشکی شامل چهار سطح شوری آب آبیاری (0/7، 4، 8 و 12 دسی زیمنس بر متر) و سه سطح آب آبیاری (100، 75 و 50 درصد نیاز آبی) بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه گزارش کردند که اثرات اصلی و متقابل شوری و کم‌آبیاری بر عملکرد، تبخیر تعرق، وزن خشک اندام هوایی، قطر میوه و طول ریشه بسیار معنی‌دار بود. فعالیان و همکاران (1394) نیز در پژوهش مشابه، با بررسی اثر تنش‌های شوری و خشکی شامل 4 سطح آب آبیاری (50، 75، 100 و 125 درصد نیاز آبی) و 6 سطح شوری آب آبیاری (0/1، 1/3، 3، 5، 7 و 9) بر عملکرد گوجه‌فرنگی در کشت بدون خاک گزارش کردند که بیشترین کارایی مصرف آب (34/6 کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به تیمار S1W4 (کمترین سطوح شوری و حجم آبیاری) و کمترین آن (6/4 کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به تیمار S5W1 (شوری 5 دسی زیمنس بر متر و کمترین تیمار آبیاری) بود. در گزارش آن‌ها، منحنی‌های هم محصول نشان می‌دهند که با افزایش میزان آبیاری می‌توان از آب‌های با شوری بیشتر بدون تغییر در عملکرد محصول استفاده کرد. با تغییر مدیریت آبیاری می‌توان بر بخشی از مشکلات ناشی از تنش شوری فائق آمد. در همین زمینه، نوشادی و شهرکی مجاهد (1393) در پژوهش خود اثر توأم تنش شوری و مدیریت آبیاری شامل 5 سطح شوری آب آبیاری (0/68، 2، 4، 6 و 8 دسی‌زیمنس بر متر) و 2 روش مدیریت آبیاری (آبیاری متناوب یک در میان و آبیاری متناوب نیم در میان) بر شوری خاک و عملکرد گوجه‌فرنگی در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی گزارش کردند که با افزایش شوری آب آبیاری عملکرد محصول به طور معنی‌دار کاهش پیدا کرد، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد (52 تن در هکتار) مربوط به کمترین سطح شوری و کمترین آن (23 تن در هکتار) مربوط به بیشترین سطح شوری بود. هم‌چنین میزان عملکرد در شیوه آبیاری یک در میان نسبت به شیوه آبیاری نیم در میان حدود 18% کمتر بود. در شیوه مدیریتی یک در میان آبیاری یک بار با آب شور و بار دیگر با آب متعارف و در شیوه مدیریتی نیم در میان در هر بار آبیاری نیمی از نیاز آبی با آب شور و نیم دیگر با آب متعارف صورت می‌گیرد. اقدام گوجه‌کاران استان بوشهر در کشت زود هنگام گوجه‌فرنگی که عموماً به‌منظور استفاده حداکثر از ظرفیت بازار مصرف و سود و بهره اقتصادی بیشتر و آن هم در شرایطی که هنوز قدرت تبخیر کنندگی هوا بالاست و تلاقی تنش‌های

ناشی از گرمی هوا و شوری آب می‌تواند منجر به مصرف بی‌رویه آب و کاهش عملکرد کمی و کیفی محصول شود، در حالی صورت می‌گیرد که مطالعه‌ای در خصوص اثر این رویکرد بر عملکرد محصول و بهره‌وری مصرف آب انجام نشده است.

لذا پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر میزان آبیاری و تاریخ کشت بر عملکرد و بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی تحت شرایط شوری منابع آب‌وخاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه سطح تاریخ کاشت (شامل 15 شهریور، 15 مهر و 15 آبان) به‌عنوان کرت‌های اصلی و 3 سطح میزان آب آبیاری بر اساس 75، 100 و 125 درصد تبخیر تعرق گیاه برآورد شده به روش پنمن مانتیث فائو به‌عنوان کرت‌های فرعی و با سه تکرار و به مدت سه سال زراعی (1402-1398) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی برازجان وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر انجام گرفت. باتوجه‌به تیمارهای موردبررسی و اهداف آزمایش یک سامانه آبیاری قطره‌ای نواری طراحی، نصب و راه‌اندازی شد. برای تأمین آب با شوری حدود 7 دسی زیمنس بر متر از کلرید سدیم استفاده شد.

قبل از استقرار روش آبیاری، عملیات خاک‌ورزی شامل شخم و دیسک انجام شد. کشت نشاهای گوجه‌فرنگی در طرفین نوارهای قطره‌ای انجام شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف 50 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. اعمال تیمارهای سطوح آبیاری بعد از استقرار کامل نشاها (حدود 20 روز) شروع شد. کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک شامل کود سوپر فسفات تریپل (100 کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (150 کیلوگرم) همراه با کود حیوانی کاملاً پوسیده (20 تن در هکتار) در داخل شیارها با خاک مخلوط شد. کود اوره (380 کیلوگرم در هکتار) به‌صورت محلول در آب طی سه مرحله (بعد از کاشت نشاها، شروع گلدهی و شروع میوه‌دهی) مصرف شد.

برای محاسبه نیاز آبیاری از معادله زیر استفاده شد (Doorenbos and Pruitt, 1977):

$$IW = \frac{Kc \times ET0}{1 - LR} - P_{eff} \quad (1)$$

که در آن IW نیاز آبیاری بر حسب میلی‌متر، Kc ضریب گیاهی، ET0 تبخیر تعرق مرجع، LR نیاز آبشویی و P_{eff} بارندگی مؤثر است. ET0 با روش فائو- پنمن- مانتیث تعیین شد (Allen et al., 1998). ضریب گیاهی با استفاده از روش چهارمرحله‌ای فائو و نیاز آبشویی با استفاده از معادله زیر تعیین شد (Doorenbos and Pruitt, 1977):

$$LR = \frac{EC_W}{2(Max\ EC_e)} \quad (2)$$

که در آن ECw شوری آب آبیاری بر حسب $dS.m^{-1}$ و Max ECe سطحی از شوری خاک که عملکرد محصول به صفر می‌رسد و برای گوجه‌فرنگی $12/5\ dS.m^{-1}$ تعیین شده است (Ayers and Westcott, 1985). از روش وزارت کشاورزی آمریکا (USDA) برای تخمین باران مؤثر ده‌روزه استفاده شد:

$$P_{eff} = Pt(125 - 0.6Pt)/125 \quad (3)$$

که در آن Pt بارندگی کل در ده روز (mm) است.

اندازه‌گیری عوامل عملکرد کمی و کیفی محصول بعد از برداشت محصول انجام شد. تجزیه واریانس دوطرفه داده‌ها (ANOVA) و بررسی معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها ($P\leq0.05$) به روش چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

مقادیر نیاز آبی محاسبه شده به‌وسیله معادله پنمن- مانتیث- فائو بر حسب مترمکعب در هکتار در تاریخ‌های کشت مختلف به تفکیک سه سال زراعی در جدول (1) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین میانگین تبخیر تعرق در تاریخ کشت 15 شهریور اتفاق افتاده است که با تاریخ کشت 15 آبان تفاوت قابل‌توجهی ندارد.

جدول 1- مقادیر نیاز آبی (مترمکعب در هکتار) در تاریخ‌های کشت مختلف به تفکیک سال‌های مختلف

سال زراعی	تاریخ کشت		
	15 شهریور	15 مهر	15 آبان
1400-1399	4750	4499	4472
1401-1400	4680	4900	5081
1402-1401	4850	4600	4560
میانگین	4833	4573	4784

عملکرد محصول (Y)، بهره‌وری آب آبیاری (IWP)

با تجزیه واریانس دوطرفه داده‌ها مشخص گردید اثرات اصلی میزان آبیاری و تاریخ کشت و نیز اثرات متقابل آنها بر عملکرد محصول و بهره‌وری مصرف آب آبیاری در سطح احتمال 5% معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات اصلی تیمارهای موردبررسی با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول 2) بر عملکرد محصول (Y) نشان می‌دهد که بیشترین میانگین عملکرد (68/6 تن در هکتار) مربوط به سطح آبیاری 100 درصد بوده است. کمترین میزان عملکرد محصول (55/3 تن در هکتار) مربوط به سطح آبیاری 125% بوده که با سطح آبیاری 75% تفاوت قابل‌توجهی نداشته است. از طرف دیگر، بیشترین میزان عملکرد (69/6 تن در هکتار) مربوط به تاریخ کشت 15 مهر بوده است. بررسی اثرات متقابل سطح آبیاری و تاریخ کشت نیز نشان می‌دهد که بیشترین میزان عملکرد (77/4 تن در هکتار) مربوط به سطح آبیاری 100% و تاریخ کشت 15 مهر بوده است. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات اصلی تیمارهای مورد بررسی با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول 2) بر بهره‌وری آب آبیاری (IWP) نشان می‌دهد که بیشترین میانگین بهره‌وری آب آبیاری (11/4 کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به سطح آبیاری 75 درصد بوده که با افزایش میزان آبیاری به دلیل ماهیت کسری آن، کاهش داشته است. از طرف دیگر، بیشترین میانگین بهره‌وری آب آبیاری (11/7 تن در هکتار) مربوط به تاریخ کشت 15 مهر بوده است و تاریخ‌های کشت اول و سوم تفاوت قابل‌توجهی با یکدیگر نداشته‌اند. بررسی اثرات متقابل سطوح آبیاری و تاریخ کشت نیز نشان می‌دهد بیشترین میانگین بهره‌وری آب آبیاری (14/2 کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به سطح آبیاری 75% و تاریخ کشت 15 مهر بوده است.

جدول 2- مقایسه مقادیر میانگین مربوط به اثرات تاریخ کشت و میزان آبیاری بر عملکرد محصول (Y)، بهره‌وری مصرف آب آبیاری (IWP) با آزمون دانکن (α=5%).

میزان آبیاری (%)	تاریخ کشت			میانگین
	15 شهریور	15 مهر	15 آبان	
	Y ($t.ha^{-1}$)			
75	49i*	65/8d	55/7g	56/8B
100	70c	77/4a	58/5f	68/6A
125	70/9b	64/6e	51/8h	55/3B
میانگین	63/3B	69/6A	51/8C	
	IWP ($kg.m^{-3}$)			
75	8/7f	14/2a	11/4c	11/4A

100	9/3d	12/5b	9/0e	10/3B
125	7/5h	8/3g	6/4i	7/4C
میانگین	8/5C	11/7A	8/9B	

*- میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون با حروف لاتین بزرگ یا کوچک یکسان مشخص شده‌اند در سطح احتمال 5% تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

اثر تیمارها بر خصوصیات کیفی میوه (pH، Brix، Vit.C و وزن میوه)

با تجزیه واریانس دوطرفه داده‌ها مشخص گردید اثرات اصلی میزان آبیاری و تاریخ کشت و نیز اثرات متقابل آنها بر برخی خصوصیات کیفی میوه (pH، Brix، Vit.C و وزن میوه) در سطح احتمال 5% معنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات اصلی تیمارهای مورد بررسی با آزمون چند دامنه‌ای دانکن بر شاخص pH میوه (جدول 3) بیانگر آن است که کمترین میزان آن (4/21) مربوط به سطح آبیاری 75% بوده است. این بدان معنی است که با افزایش تنش رطوبتی pH میوه کاهش پیدا کرده است. لطفی و همکاران (1395) در تحقیقات خود گزارش کردند که تنش رطوبتی باعث افزایش جزئی pH میوه می‌شود. هم‌چنین، کمترین میزان این شاخص (4/30) مربوط به تاریخ کشت 15 مهر بوده است.

مقایسه میانگین‌های مربوط به Brix میوه نشان می‌دهد که به‌طورکلی با افزایش میزان آب آبیاری و نیز کشت زودهنگام این شاخص افزایش پیدا کرده است. بیشترین مقدار این شاخص (3/7) مربوط به سطح آبیاری 75% و تاریخ کشت 15 شهریور بوده است. این نتیجه نشان می‌دهد با افزایش تنش رطوبتی تحت شرایط شوری آب میزان Brix افزایش پیدا کرده است.

مقایسه میانگین‌های مربوط به ویتامین ث (Vit. C) میوه نشان می‌دهد که بیشترین مقدار این شاخص مربوط به سطح آبیاری 100% و تاریخ کشت 15 مهر بوده است. افزایش یا کاهش میزان آبیاری از حد 100% آب آبیاری تأثیری بر میزان ویتامین ث میوه نداشته است.

مقایسه میانگین‌های مربوط به وزن میوه نشان می‌دهد که بیشترین وزن میوه (116 گرم) مربوط به سطح آبیاری 100 درصد و تاریخ کشت 15 مهر بوده است.

جدول 3- مقایسه مقادیر میانگین خصوصیات کیفی میوه pH، Brix، Vit.C و وزن میوه با آزمون دانکن (α=5%).

میزان آبیاری (%)	تاریخ کشت			میانگین
	15 شهریور	15 مهر	15 آبان	
	pH			
75	4/32^{d*}	4/13^{f}	4/17^{e}	4/21^{C}
100	4/41^{bc}	4/43^{b}	4/40^{c}	4/41^{A}
125	4/34^{d}	4/32^{d}	4/48^{a}	4/38^{B}
میانگین	4/36^{A}	4/30^{B}	4/35^{A}	
	Brix			
75	3/7^{a}	3/3^{c}	3/2^{d}	3/4^{A}
100	3/2^{d}	3/3^{c}	3/1^{d}	3/2^{B}
125	3/5^{b}	3/2^{d}	3/0^{e}	3/2^{B}
میانگین	3/5^{A}	3/3^{B}	3/1^{C}	
	Vit. C			
75	1/5^{d}	1/6^{bc}	1/6^{bc}	1/6^{A}
100	1/4^{e}	1/7^{a}	1/7^{a}	1/6^{A}
125	1/6^{bc}	1/4^{e}	1/6^{bc}	1/6^{A}
میانگین	1/5^{B}	6^{A}	1/6^{A}	
	وزن میوه (گرم)			
75	83/1^{h}	112/6^{c}	81/9^{h}	92/5^{C}

104/7[A]	59/9[f]	116/2[a]	101/9[d]	100
99/8[B]	86/1[g]	114/2[b]	99/0[e]	125
	88/0[C]	114/3[A]	94/7[B]	میانگین

*- میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون با حروف لاتین بزرگ یا کوچک یکسان مشخص شده‌اند در سطح احتمال 5% تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

نتیجه‌گیری

طبق نتایج، بیشترین میانگین عملکرد (77/4 تن در هکتار) مربوط به تاریخ کشت 15 مهر و 100 درصد آب آبیاری بود. از طرف دیگر، بیشترین میانگین بهره‌وری آب (14/2 کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به تاریخ کشت 15 مهر و 75 درصد آب آبیاری بود. لذا کشت زود هنگام (15 شهریور) یا دیر هنگام (15 آبان) گوجه‌فرنگی و نیز آبیاری بیشتر یا کمتر از 100 درصد نیاز آبی برآورد شده منجر به کاهش عملکرد گردید ولی با کاهش آب آبیاری بهره‌وری آب افزایش پیدا کرد. باتوجه‌به اینکه مناسب‌ترین خصوصیات کیفی میوه شامل وزن میوه، ویتامین ث، pH مربوط به تاریخ کشت 15 مهر و تأمین 100 درصد آب آبیاری بود، این تیمارها به‌عنوان تیمار برتر شرایط آزمایش پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

بخشی از هزینه‌های این پژوهش در قالب قرارداد شماره 153 مورخ 1398/01/06 توسط سازمان جهاد کشاورزی استان بوشهر تأمین گردید که بدینوسیله از مساعدت به عمل آمده تشکر و قدردانی می‌شود.

فهرست منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.، حاتمی، ف.، عبدشاه، ه. و کاظمیان، ا. 1399. آمارنامه کشاورزی سال زراعی 98-1397، جلد اول (محصولات زراعی)، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، 89 صفحه.

فعالیان، ا.، انصاری، ح.، کافی، م.، علیزاده، ا. و مقدسی، م. 1394. اثر تنش‌های هم‌زمان شوری و خشکی بر اقتصاد تولید کشت بدون خاک گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد 29. شماره 3. صفحات 317 تا 330.

کلانکی، م.، کاراندیش، ف.، صابرعلی، س. ف. 1396. اثر تلفیق مدیریت آبیاری و تاریخ کاشت بر کارایی مصرف آب ذرت با استفاده از مدل DSSAT. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد 31. شماره 4. صفحات 509 تا 522.

محمدی، م.، لیاقت، ع. و مولوی، ح. 1390. اثر توأم تنش شوری و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه فرنگی در شرایط مزرعه‌ای. علوم و مهندسی آبیاری (مجلهی علمی کشاورزی). جلد 34. شماره 1. صفحات 15 تا 23.

نوشادی، م. و شهرکی مجاهد، ر. 1393. تأثیر مدیریت آب شور بر خاک و عملکرد گوجه فرنگی در آبیاری قطره ای زیرسطحی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد 28. شماره 2. صفحات 375 تا 384.

نورجو، ا. زمردی، ش. و امامی، ع. 1380. بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری در زراعت گوجه‌فرنگی. مجموعه‌مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، جلد سوم.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evaportranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage paper No. 56, Room, Italy.

Ayers, RS. and Westcott, D.W. 1985. Water quality for agriculture: Irrigation and Drainage Paper, No. 29. FAO. Rome. Italy. 174p.

Barros J.F., de Carvalho, M. and Basch, G. 2004. Response of sunflower (Helianthus annuus L.) to sowing date and plant density under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy 21(3): 347-356.

Chisanga, C.B., Phiri, E., Shepande, C. and Sichingabula, H. 2015. Evaluating CERES Maize Model Using Planting Dates and Nitrogen Fertilizer in Zambia. Journal of Agricultural Science, 7(3): p79.

Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. 1977. Crop Water Requirement. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, Rome, 144p.

Mitchell, J.P., Shannan, C., Grattan, S.R. and May, D.M. 1991. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. Journal of American Horticultural Science, 16: 215-221.

Pereira, L.S., Cordery, I. and Iacovos, I. 2012. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. Agricultural Water Management, 108: 39-51.

Sial, M.A., Arain, M.A., Khanzada, S., Naqvi, M.H., Dahot, M.U. and Nizamani, N.A. 2005. Yield and quality parameters of wheat genotypes as affected by sowing dates and high temperature stress. Pakistan Journal of Botany 37(3): 575.

Soler, C.M.T., Sentelhas, P. C. and Hoogenboom, G. 2007. Application of the CSMCERES-Maize model for planting date evaluation and yield forecasting for maize grown off-season in a subtropical environment. European Journal of Agronomy. 27(2):165-177.

Schleiff, U. 2005. Research aspects for crop salt tolerance under irrigation with special reference to root environment. In: S. Haneklaus, R. M. Rietz J. Rogasik and S. Schroetter (eds.). Research Accents in Agricultural Chemistry: 83–94.

Wan, S., Kang, Y., Wang, D., Liu, S.P. and Feng, L.P. 2007. Effect of drip irrigation with saline water on tomato (Lycopersicon esculentum Mill) yield and water use in semi-humid area. Agricultural Water Management. 90: 63–74 66.

Yau, S.K. and Ryan, J. 2013. Differential impacts of climate variability on yields of rainfed barley and legumes in semi-arid Mediterranean conditions. Archives of Agronomy and Soil Science 59(12): 1659-1674.

بررسی اثر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با لوله‌های سوراخ‌دار بر بهره‌وری مصرف آب در نخیلات

مهرداد نوروزی [1]، زینب نادری‌زاده [2]، پرویز بیات [3]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، nowroozi50@yahoo.com

[2] محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر

[3] استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر

چکیده

به‌منظور بررسی مزیت روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با لوله‌های سوراخ‌دار نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی در نخیلات، آزمایشی به‌صورت خرد شده در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت 3 سال (1401-1398) در ایستگاه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری استان بوشهر اجرا شد. تیمارها شامل روش آبیاری (1- آبیاری قطره‌ای سطحی 2- آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با لوله‌های سوراخدار عمودی) و میزان آب آبیاری (بر اساس 100، 75 و 50 درصد نیاز آبی محاسبه شده با معادله فائو- پنمن- مانتیث) اعمال گردید. طبق نتایج، در شرایط تأمین 100 درصد نیاز آبی و با تغییر روش آبیاری از قطره‌ای سطحی به قطره‌ای زیرسطحی با لوله‌های سوراخدار، عملکرد محصول، بهره‌وری مصرف آب و وزن میوه به ترتیب 9، 8 و 9 درصد افزایش داشت. در شرایط تأمین 75 درصد نیاز آبی و تحت روش زیرسطحی با لوله‌های سوراخ‌دار، نه تنها عملکرد کمی و کیفی محصول کاهش معنی‌داری نداشت، بلکه بهره‌وری مصرف آب نیز به میزان 20 درصد افزایش داشت.

کلمات کلیدی: آبیاری قطره‌ای، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، بهره‌وری آب، خرما

مقدمه

آبیاری زیرسطحی روشی است که در آن منطقه ریشه گیاه بدون خیس شدن سطح خاک یا تلفات عمقی مرطوب می‌شود. این روش از زمان‌های قدیم (بیش از 2000 سال) به‌صورت کوزه‌های سفالی (آبیاری کوزه‌ای) در چین مورداستفاده بوده است (Payero et al., 2007; Li et al., 2008). از حدود دهه 1960 به بعد با پیدایش پلی اتیلن و پی وی سی، روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی(Subsurface Drip Irrigation; SDI) به‌صورت لوله‌ها و قطره‌چکان‌های مدفون در زیر خاک توسعه پیدا کرد و در دهه 1970، برای گیاهانی مانند مرکبات، نیشکر، آناناس، پنبه، درختان میوه، ذرت، سیب زمینی، سبزیجات و آووکادو و غیره استفاده شد. ابداع آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در واقع تلاشی در جهت رفع برخی چالش‌های روش آبیاری قطره‌ای سطحی مانند تلفات تبخیر و کاهش راندمان آبیاری، شور شدن لایه سطحی خاک و ... بوده است (Fan and Li, 2018; Martinez, 2014). امروزه پس از سال‌ها تحقیق در مناطق مختلف دنیا روش SDI به‌عنوان روشی با راندمان و کارآمدی بالا گزارش شده است (Al Amoud, 2010; Lamm, 2016). البته در مسیر توسعه این روش هم برخی چالش‌ها وجود دارد که باعث شده سطح اراضی کشاورزی تحت پوشش آن ناچیز باشد (باستانی، 1396). ایجاد فشار مثبت در مجاورت قطره‌چکان‌ها که باعث کاهش آبدهی قطره‌چکان‌ها و عدم یکنواختی می‌شود، اشباع سریع خاک که

باعث تلفات عمقی یا سطحی آب می‌شود و از همه مهمتر عدم امکان رؤیت قطره‌چکان‌های زیر خاک و رفع گرفتگی آن‌ها و ... از مشکلاتی است که مزیت نسبی آن را کاهش می‌دهد (Gil et al., 2011). در سال‌های اخیر، نوعی روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مخصوص درختان ابداع شده است که ضمن داشتن مزایای روش SDI تا حد زیادی مشکلات فوق را نخواهد داشت. این روش مشابه روش آبیاری قطره‌ای سطحی رایج است با این تفاوت که آب خروجی از قطره‌چکان‌ها از طریق لوله‌های سوراخ‌دار که به طور عمودی در خاک قرار گرفته‌اند، به زیر سطح خاک هدایت می‌شود. اگر چه در این روش نصب لوله‌های سوراخ‌دار مقداری هزینه‌ها را در مقایسه با روش قطره‌ای معمولی افزایش می‌دهد، ولی نصب آن بسیار آسان و اقتصادی است و از طرفی هزینه نصب زیر خاکی لوله‌ها و قطره‌چکان‌ها در روش SDI حذف خواهد شد. ضمناً مراقبت و نگهداری از سیستم خیلی ساده‌تر از روش SDI خواهد بود، زیرا قطره‌چکان‌های مسدود شده به راحتی قابل تشخیص و تعویض هستند. Martínez و Reca (2014) در یک باغ زیتون دو روش آبیاری قطره‌ای معمولی و روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی با لوله‌های pvc سوراخ‌دار را با یکدیگر مقایسه کردند. آنها روش زیرسطحی را به لحاظ عملکرد محصول، کارایی مصرف آب و غلبه بر مشکل گرفتگی قطره‌چکان‌ها مناسب‌ترین روش گزارش کردند. در همین راستا، محققین در یک باغ انگور 6 روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی شامل آبیاری قطره‌ای معمولی (DI)، آبیاری قطره‌ای معمولی با مالچ پلاستیکی (DIPM)، آبیاری قطره‌ای معمولی با مالچ آلی (DIOM)، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با ستون شنی (SISC)، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با کوزه گلی (SIMP) و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با بطری‌های پلاستیکی (SIPB) بررسی کردند. آنها روش DIPM را به دلیل حفظ رطوبت به میزان 30-25 درصد بهترین روش در میان روش‌های مورد بررسی و روش SIPB به دلیل حفظ رطوبت به میزان 20-15 درصد و ارزان بودن آن در جایگاه دوم گزارش کردند (Kadbhane and Manekar, 2016). در پژوهش حاضر کارایی روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با لوله‌های سوراخ‌دار در باغ خرما به لحاظ عملکرد محصول، کارایی مصرف آب و صرفه‌جویی احتمالی در مصرف آب مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر با میانگین بارندگی سالانه 250 میلی‌متر و حداکثر دمای 51 درجه سانتی‌گراد در مردادماه و حداقل دمای 1- درجه سانتی‌گراد در بهمن‌ماه، طی 3 سال (1401-1398) اجرا شد. در یک قطعه باغ نخل رقم کبکاب با آرایش کاشت 8×8 متر، تعداد 18 اصله نخل بالغ و ثمری، یکنواخت، هم سن و سالم انتخاب گردید. متناسب با اهداف آزمایش و آرایش تیمارها، لوله‌های آبیاری و قطره‌چکان‌ها مستقر شدند. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه میزان آب آبیاری (100، 75 و 50 تبخیر تعرق پتانسیل نخل) به‌عنوان کرت‌های اصلی و روش آبیاری در 2 سطح شامل (1- آبیاری قطره‌ای سطحی 2- آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با لوله‌های سوراخ‌دار عمودی) به‌عنوان کرت‌های فرعی با سه تکرار در نظر گرفته شد.

در هر دو روش آبیاری استقرار قطره‌چکان‌ها به‌صورت حلقه‌ای و به شعاع 1/0 متر از مرکز تنه درخت بود و از 6 عدد قطره‌چکان با آبدهی 24 لیتر در ساعت استفاده شد. در روش استفاده از لوله‌های سوراخ‌دار، لوله‌های پلی‌اتیلن با قطر 63 میلی‌متر و طول 40 سانتی‌متر تهیه و روی آن‌ها ازیک‌طرف تا حد وسط آن‌ها با استفاده از دریل برقی حدود 30 عدد سوراخ تعبیه شد. برای هر درخت به تعداد 6 عدد از این لوله‌ها به‌صورت عمودی و به فاصله حدود 1 متر از تنه درخت (در موقعیت قطره‌چکان‌ها) در داخل خاک قرار گرفت تا از طریق آن‌ها آب قطره‌چکان‌ها به زیر سطح خاک هدایت شود. حجم آب آبیاری روزانه هر درخت (V_w) بر حسب (l/tree) در تیمارهای مختلف آبیاری با معادله زیر تعیین شد:

$$V_w = \frac{K \times ET_c \times A_p}{1 - LR} \quad (1)$$

که در آن ET_c حداکثر تبخیر تعرق درخت نخل (میلی‌متر) است که با استفاده از روش پنمن- مانتیث فائو برآورد شد (Allen et al., 1998). K ضرایب مربوط به سطوح آبیاری (100%، 70% و 50%) و A_p حداکثر سطح سایه انداز گیاه (بر مترمربع) که با اندازه‌گیری قطر

سایه انداز تاج درخت قابل محاسبه است (de Azvedo et al., 2003). LR نیاز آبشویی نمک است که برای روش آبیاری قطره‌ای با استفاده از معادله 2 برآورد شد (Pruitt and Doorenbos, 1977):

$$LR = \frac{EC_W}{2(Max\ EC_e)} \quad (2)$$

که در آن EC_w شوری آب آبیاری ($dS.m^{-1}$) و Max ECe سطحی از شوری خاک که عملکرد محصول به صفر می‌رسد و برای نخل 32 $dS.m^{-1}$ تعیین شده است (Ayers and Westcott, 1985). اندازه‌گیری عوامل رشد و عملکرد کمی و کیفی محصول در طول اجرای آزمایش و بعد از برداشت محصول انجام شد. تجزیه واریانس دوطرفه داده‌ها (ANOVA) و بررسی معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها ($P\leq0.05$) به روش چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

مقادیر نیاز آبی محاسبه شده به‌وسیله معادله پنمن- مانتیث- فائو بر حسب مترمکعب در هکتار در تیمارهای مختلف سطوح آبیاری به تفکیک سه سال آزمایش در جدول (1) ارائه شده است.

جدول 1- مقادیر نیاز آبی در تیمارهای آبیاری بر حسب مترمکعب در هکتار به تفکیک سال‌های مختلف

سال زراعی	سطح آبیاری (%)		
	100	75	50
99-1398	12482	11611	9446
400-1399	11535	9500	7667
401-1400	13410	11115	8820
میانگین	12475	10742	8644

عملکرد محصول (Y)، بهره‌وری آب آبیاری (IWP) و وزن میوه (FW)

با تجزیه واریانس دوطرفه داده‌ها مشخص گردید اثرات اصلی میزان آبیاری و روش آبیاری و نیز اثرات متقابل آنها بر عملکرد محصول و بهره‌وری مصرف آب آبیاری در سطح احتمال 5% معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات اصلی تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول 2) نشان می‌دهد که با 25 درصد و 50 درصد کم‌آبیاری، مقادیر میانگین عملکرد به ترتیب 11 و 33 درصد کاهش داشتند. همچنین با تغییر روش آبیاری از قطره‌ای سطحی به قطره‌ای زیرسطحی عملکرد محصول بیش از 9 درصد افزایش داشت. این نتایج بیانگر آن است که عدم آبیاری کامل منجر به کاهش قابل توجه عملکرد و تغییر روش آبیاری از قطره‌ای سطحی به قطره‌ای زیرسطحی باعث افزایش عملکرد می‌شود. مقایسه اثرات متقابل تیمارهای مورد بررسی بر عملکرد محصول بیانگر آن است که دو روش مورد بررسی در شرایط آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. از طرفی، تحت روش قطره‌ای زیرسطحی با 25 درصد کم‌آبیاری کاهش معنی‌داری در عملکرد محصول اتفاق نیفتاد ولی تحت روش قطره‌ای سطحی کاهش عملکرد معنی‌دار بود. در شرایط کم‌آبیاری 50 درصد هم تفاوت معنی‌داری بین دو روش آبیاری مشاهده نشد. این نتایج بدان معنی است که تحت روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با 25 درصد صرفه‌جویی در مصرف آب، می‌توان به عملکردی

مشابه شرایط آبیاری کامل دست یافت ولی تحت روش آبیاری قطره‌ای سطحی کاهش 25 درصدی آب آبیاری باعث افت قابل توجه در میزان عملکرد محصول می‌شود. این نتایج با نتایج تحقیقات دیگر مانند صداقتی و همکاران (1391)، دهقانی سانیج و همکاران (1395) و مارتینز و رکا (2014) مطابقت دارد.

جدول 2- مقایسه مقادیر میانگین مربوط به اثرات میزان آبیاری و روش آبیاری بر عملکرد محصول (Y)، بهره‌وری مصرف آب آبیاری (IWUE) و وزن میوه (FW) با آزمون دانکن (α=5%).

روش آبیاری	سطوح آبیاری (%)			میانگین
	100	75	50	
	Y (kg.ha-1)			
قطره‌ای سطحی	7249a*	5859b	4741c	5949B
قطره‌ای زیرسطحی	7346a	7160a	4995c	6501A
میانگین	7297/3A	6509/5B	4868/1C	
	IWP ($kg.m^{-3}$)			
قطره‌ای سطحی	b0/49	b0/48	b0/49	0/49B
قطره‌ای زیرسطحی	b0/52	a0/59	b0/50	0/53A
میانگین	0/50B	0/53A	0/49C	
	FW (g)			
قطره‌ای سطحی	8/31ab	7/80bc	7/10c	7/74B
قطره‌ای زیرسطحی	8/94a	8/67a	7/81bc	8/47A
میانگین	8/63A	8/23AB	7/46B	

*- میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون با حروف لاتین بزرگ یا کوچک یکسان مشخص شده‌اند در سطح احتمال 5% تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

باتوجه‌به جدول 2 و مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات اصلی تیمارها بر بهره‌وری مصرف آب (IWP) نشان می‌دهد که این کمیت با 25 درصد کاهش آب آبیاری 6 درصد افزایش و با 50 درصد کاهش آب آبیاری 2 درصد کاهش داشته است. هم‌چنین با تغییر شیوه آبیاری از قطره‌ای سطحی به قطره‌ای زیرسطحی IWP بیش از 8 درصد افزایش داشته است. این روند تغییرات بهره‌وری مصرف آب تحت‌تأثیر ماهیت کسری بودن آن و نسبت عملکرد به آب مصرفی است و بیانگر آن است که با کاهش 50 درصدی آب آبیاری، عملکرد به قدری کاهش داشته است که منجر به افت قابل توجه بهره‌وری مصرف آب نسبت به شرایط آبیاری کامل شده است. بااین‌وجود، با 25 درصد صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری نه تنها کاهش نداشته بلکه افزایش هم یافته است. بررسی اثرات متقابل این تیمارها بیانگر آن است که با 25 درصد صرفه‌جویی در مصرف آب و تغییر شیوه آبیاری از قطره‌ای سطحی به قطره‌ای زیرسطحی بهره‌وری مصرف آب به میزان 20 درصد افزایش داشته است. مزیت روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر آبیاری قطره‌ای سطحی به لحاظ تأثیر بر بهره‌وری مصرف آب در سایر پژوهش‌ها نیزگزارش شده است (Al-Amoud, 2012; Dhehibi et al., 2018).

مقایسه مقادیر میانگین وزن میوه (FW) با آزمون دانکن (جدول 2) نشان می‌دهد که به طور کلی با کاهش آب آبیاری، وزن میوه کاهش پیدا کرده است ولی در سطوح آبیاری 100 و 75 درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند. با تغییر روش آبیاری از قطره‌ای سطحی به قطره‌ای زیرسطحی، وزن میوه به طور معنی‌داری افزایش داشته است. بررسی اثرات متقابل تیمارها نیز نشان می‌دهد که در شرایط آبیاری کامل تغییر شیوه آبیاری بر وزن میوه تأثیری نداشته است. از طرفی، تحت روش قطره‌ای زیرسطحی و با صرفه‌جویی 25 درصد در مصرف آب، وزن میوه نسبت به آبیاری کامل کاهش معنی‌داری نداشته است. این نتیجه نشان می‌دهد که بین وزن میوه

خرما و تنش رطوبتی رابطه مستقیم وجود دارد و با کاهش آب آبیاری وزن میوه کاهش پیدا کرده است. البته در درختان خزان شونده و مرکبات تحت شرایط تنش رطوبتی به دلیل ریزش میوه و تنک شدن، وزن میوه افزایش پیدا می‌کند (Perez-Pastor et al., 2009; Ebel et al., 1995).

اثر تیمارها بر خصوصیات کیفی میوه (pH، TSS، رطوبت، نسبت طول به قطر میوه)

با تجزیه واریانس دوطرفه داده‌ها مشخص گردید اثرات اصلی میزان آبیاری و روش آبیاری و نیز اثرات متقابل آنها بر درصد رطوبت میوه و نسبت طول به قطر میوه در سطح احتمال 5% معنی‌دار بود. اثرات اصلی و متقابل تیمارها بر pH و TSS معنی‌دار نبوده است. برخی تحقیقات دیگر بیانگر آن است که تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار TSS گیاهانی مانند پرتقال می‌شود (Nagaz et. al., 2020).

جدول 3- مقایسه مقادیر میانگین pH، درصد رطوبت میوه و نسبت طول به قطر میوه با آزمون دانکن (α=5%).

روش آبیاری	سطوح آبیاری بر حسب درصد			میانگین
	100	75	50	
	pH			
قطره‌ای سطحی	$5/58^{b*}$	$5/62^{ab}$	$5/76^{a}$	$5/65^{A}$
قطره‌ای زیرسطحی	$5/59^{ab}$	$5/67^{ab}$	$5/66^{ab}$	$5/64^{A}$
میانگین	$5/58^{A}$	$5/64^{A}$	$5/71^{A}$	
	درصد رطوبت میوه			
قطره‌ای سطحی	$14/48^{b}$	$12/49^{c}$	$10/92^{d}$	$12/63^{B}$
قطره‌ای زیرسطحی	$15/71^{a}$	$14/02^{b}$	$11/39^{d}$	$13/71^{A}$
میانگین	$15/09^{A}$	$13/26^{B}$	$11/16^{C}$	
	نسبت طول به قطر میوه			
قطره‌ای سطحی	$1/76^{c}$	$1/79^{c}$	$2/01^{a}$	$1/85^{A}$
قطره‌ای زیرسطحی	$1/62^{d}$	$1/61^{d}$	$1/89^{b}$	$1/71^{B}$
میانگین	$1/69^{B}$	$1/7^{B}$	$1/95^{A}$	

*- میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون با حروف لاتین بزرگ یا کوچک یکسان مشخص شده‌اند در سطح احتمال 5% تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات اصلی تیمارهای موردبررسی بر pH میوه با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (جدول 3) نشان می‌دهد که به طور کلی بیشترین pH مربوط به تیمار 50 درصد با روش قطره‌ای سطحی بوده است. این بدان معنی است که با افزایش تنش رطوبتی و خشک تر شدن میوه pH آن افزایش پیدا کرده است. تحت شرایط تنش رطوبتی (سطح آبیاری 50 درصد) با تغییر روش آبیاری از قطره‌ای سطحی به قطره‌ای زیرسطحی pH میوه کاهش داشته است. این نتیجه با نتایج تحقیقات دیگر محققان مطابقت دارد (Mousavi et al., 2009). لطفی و همکاران (1395) نیز در تحقیقات خود گزارش کردند که تنش رطوبتی باعث افزایش جزئی pH میوه می‌شود.

مقایسه میانگین‌های درصد رطوبت میوه با آزمون دانکن (جدول 3) نشان می‌دهد که با کاهش آب آبیاری درصد رطوبت میوه نیز به طور معنی‌دار کاهش پیدا کرده است. همچنین با تغییر روش آبیاری از قطره‌ای سطحی به قطره‌ای زیر سطحی درصد رطوبت میوه به طور معنی‌دار افزایش داشته است. بر این اساس می‌توان گفت با افزایش تنش رطوبتی درصد رطوبت میوه‌ها کم شده است که نتیجه دور از انتظاری نیست. افزایش مقدار رطوبت میوه به بیش از 30 درصد و یا کاهش آن به کمتر از 10 درصد، منجر به کاهش کیفیت محصول خواهد شد. رطوبت بالا در ایجاد فساد و رطوبت پایین در خشکی محصول و عدم پذیرش آن توسط مصرف کننده نقش دارد (خدابخشیان

کارگر و عمادی، 1392). بررسی میانگین‌ها نشان می‌دهد در سطح آبیاری 50 درصد و در هر دو روش آبیاری رطوبت میوه به حدی از خشکی رسیده است که باعث عدم پذیرش آن توسط مصرف کننده می‌شود. ولی در سطح آبیاری 75 درصد و روش قطره‌ای زیرسطحی درصد رطوبت میوه با سطح آبیاری 100 درصد و روش آبیاری قطره‌ای سطحی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند. لذا با کاهش 25 درصدی آب آبیاری و استفاده از روش قطره‌ای زیرسطحی نه تنها عملکرد محصول، بلکه کیفیت میوه نیز افت پیدا نکرده است.

مقایسه میانگین‌های نسبت طول به قطر میوه با آزمون دانکن (جدول 3) نشان می‌دهد که این نسبت با کاهش میزان آب آبیاری به طور معنی‌دار افزایش و با تغییر روش آبیاری از قطره‌ای سطحی به قطره‌ای زیرسطحی به طور معنی‌دار کاهش پیدا کرده است. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات متقابل تیمارها نیز نشان می‌دهد که بیشترین نسبت طول به عرض میوه مربوط به تیمار 50 درصد با روش قطره‌ای سطحی می‌باشد. این نتیجه نشان می‌دهد که به طور کلی با افزایش تنش رطوبتی نسبت طول به عرض میوه افزایش می‌یابد. زیرا شرایط خشکی باعث لاغر و چروکیده شدن میوه و کم شدن قطر آن می‌شود. در مطابقت با این نتیجه، غلامی و همکاران (1396) در بررسی اثر کم‌آبیاری بر خصوصیات کیفی میوه زیتون روغنی گزارش کردند که تنش رطوبتی باعث کاهش نسبت طول به قطر میوه می‌گردد.

نتیجه‌گیری

با تغییر روش آبیاری از قطره‌ای سطحی به قطره‌ای زیرسطحی عملکرد محصول بیش از 9 درصد افزایش داشت. عدم آبیاری کامل (کم‌آبیاری) منجر به کاهش قابل توجه عملکرد محصول و تغییر روش آبیاری از قطره‌ای سطحی به قطره‌ای زیرسطحی باعث افزایش آن شد. از طرفی، عملکرد محصول تحت روش قطره‌ای زیرسطحی با تیمار آبیاری 75 درصد، با عملکرد محصول تحت آبیاری قطره‌ای سطحی با تیمار آبیاری 100 درصد تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین، با به کارگیری روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و 25 درصد صرفه‌جویی در مصرف آب، می‌توان با اندکی اختلاف به عملکردی مشابه عملکرد تحت روش آبیاری قطره‌ای سطحی با آبیاری کامل دست یافت. هم‌چنین، با 25 درصد صرفه‌جویی در مصرف آب و تغییر شیوه آبیاری از قطره‌ای سطحی به قطره‌ای زیرسطحی، بهره‌وری آب به میزان 20 درصد افزایش می‌یابد ولی در سطوح بالاتر کاهش آب آبیاری به دلیل ماهیت کسری آن و اثر منفی تنش رطوبتی بر عملکرد محصول، کاهش می‌یابد.

با کاهش آب آبیاری، وزن میوه کاهش پیدا کرد؛ ولی سطوح آبیاری 100 و 75 درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. لذا بین وزن میوه خرما وتنش رطوبتی رابطه مستقیم وجود دارد و با کاهش آب آبیاری وزن میوه کاهش پیدا می‌کند. هم‌چنین تحت روش قطره‌ای زیرسطحی و با صرفه‌جویی 25 درصد در مصرف آب وزن میوه نسبت به آبیاری کامل کاهش معنی‌داری نداشت.

تشکر و قدردانی

بخشی از هزینه‌های این پژوهش در قالب قرارداد شماره 72 مورخ 1397/01/05 توسط سازمان جهاد کشاورزی استان بوشهر تأمین گردید که بدینوسیله از مساعدت به عمل آمده تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

خدابخشیان کارگر، ر. و عمادی، ب. 1392. ارزیابی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه خرمای مضافتی در مراحل مختلف رسیدگی. هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون. مشهد. ایران.

دهقانی سانیج، ح.، کنعانی، ا. و حمامی، م. 1395. کاربرد سیستم آبیاری قطرهای زیرسطحی و پارامترهای مدیریت آن در زراعت ذرت. نشریه مدیریت آب در کشاورزی. 3(2): 52-39.

صداقتی، ن.، حسینی‌فرد، س. ج. 1400. آشنایی با سیستم آبیاری زیرسطحی کم فشار با لوله‌های پی وی سی و اصول علمی اجرای آن در باغهای پسته. مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی و پژوهشکده پسته. نشریه شماره 60210 مورخ 17/6/1400 در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی. 26 صفحه

صداقتی، ن.، حسینی‌فرد، س. ج. و محمدی محمدآبادی، ا. 1391. مقایسه اثرات دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر رشد و عملکرد درختان بارور پسته. نشریه آب‌وخاک. 26(3): 585-575.

غلامی، ر.، ساری‌خانی، ح. و ارجی، ع. 1396. تأثیر کم آبیاری بر ویژگی‌های رویشی، عملکرد و کیفیت میوه سه رقم زیتون روغنی، علوم باغبانی ایران. 48(1): 201-191.

Al-Amoud, A.I., Bacha, M.A.and Al- Dorby, A.M. 2000. Seasonal water use of date palms in the centeral region of Saudi Arabia. International Agricultural Engineering Journal, 9(2): 51-62

Allen, L, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for camputing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper 56, 301P.

Ayers, R.S., and Westct, D.W. 1985. Water quality for agriculture: Irrigation and Drainage Paper No. 29, FAO, Rome, Italy, 174p.

Dhehibi, B., Ben Salah, M., Frija, A. and Aw-Hassan, A. 2018. Economic and Technical Evaluation of Different Irrigation Systems for Date Palm Farming System in the GCC Countries: Case of Oman. Environment and Natural Resources Research. 8(3):55-68.

Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. 1977. Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome, 144 p.

Fan, W. and Li, G. 2018. Effect of soil properties on hydraulic characteristics under subsurface drip irrigation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 121, 052042.

Gil, M., Rodríguez-Sinobas, L., Sánchez, R. and Juana, L. 2011. Determination of maximum emitter discharge in subsurface drip irrigation units. Journal of Irrigation and Drainage Engineering (ASCE), 137(3): 325-33.

Kadbhane, S. J. and Manekar, V. L. 2016. An experimental study of the surface and subsurface irrigation methods with respect to soil moisture on grape yard. Journal of Water and Land Development 31(1): 73-85.

Lamm, F.R. 2016. Cotton, tomato, corn, and onion production with subsurface drip irrigation: A review. Transactions of the ASABE, 59(1):263- 278.

Li, J., Chen, L., Li, Y. and Liu, Y. 2008. Field Evaluation of Emitter Clogging in Subsurface Drip Irrigation Systems. In Proceedings of the ASABE Annual International Meeting, Providence, RI, USA, 29 June–2 July.

Martínez J. and Reca J. 2014. Water use efficiency of surface drip irrigation versus an alternative subsurface drip irrigation method. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 745(1): 733–743.

Nagaz, K., El Mokh, F., Ben Hassen, N., Masmoudi, M. M., Ben Mechlia, N., Babasy, M. O., Belkheiri, O. and Ghiglieri, G. 2020. Impact of Deficit Irrigation on Yield and Fruit Quality of Orange Trees (Citrus sinensis, L.) in Southern Tunisia Irrigation and Drainage. 69: 186–193.

Payero, J.O., Yonts, C.D. and Irmak, S. 2007. Advantages and Disadvantages of Subsurface Drip Irrigation; Nebraska Extension, Institute of Agriculture and Extension, University of Nebraska Lincoln: Lincoln, NE, USA.

بررسی اثرات بر همکنش کاربرد سلنیوم و کم آبیاری بر بهره‌وری آب و برخی خصوصیات گیاه نعناع فلفلی

وحید شمس آبادی [1]، محمدناصر مودودی [2]

[1] استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، v_shamsabadi@tjamcaas.ac.ir

[2] استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات کم آبیاری و فرم‌های مختلف کاربرد سلنیوم بر بهره‌وری آب و برخی خصوصیات گیاه نعناع فلفلی، آزمایشی به‌صورت خرد شده و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال 1400 در گلخانه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی تربت جام انجام شد، اثرات تنش رطوبتی شامل دو سطح 100 (I1) و 50 (I2) درصد نیاز آبی و کاربرد سلنیوم شامل چهار سطح (عدم کاربرد (صفر)، اختلاط با آب آبیاری به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم (I)، محلول‌پاشی برگی سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم قبل از اعمال تنش رطوبتی (Leafbefore) و محلول‌پاشی برگی سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم بعد از اعمال تنش رطوبتی(Leafafter)) بر گیاه نعناع فلفلی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش سطح تنش رطوبتی از 100 درصد نیاز آبی به 50 درصد نیاز آبی، وزن تر، وزن خشک و درصد اسانس گیاه نعناع فلفلی به ترتیب 34/95، 33/64 و 34/53 درصد کاهش و بهره‌وری آب 30/69 درصد افزایش یافت. همچنین در تیمارهای سلنیوم شامل Leafbefore، Leafafter و I نسبت به عدم کاربرد سلنیوم، بهره‌وری آب به ترتیب 66/87، 41/79 و 29/25 درصد افزایش یافت. در بین تیمارهای سلنیوم، تیمار Leafbefore بیشترین میزان افزایش وزن تر، وزن خشک، بهره‌وری آب و درصد اسانس گیاه نعناع فلفلی را داشت. نتایج نشان داد که سلنیوم در غلظت مورداستفاده در این پژوهش موجب افزایش بعضی خصوصیات گیاه نعناع فلفلی شد و در کاهش اثرات کم‌آبیاری در این گیاه، موثر واقع گردید.

کلمات کلیدی: درصد اسانس، عملکرد، کم آبیاری، محلول‌پاشی برگی

مقدمه

آب و رطوبت موجود در خاک یکی از عوامل اصلی در تعیین سطح زیر کشت و در نتیجه تولید محصولات کشاورزی بوده که در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران با محدودیت مواجه است، این محدودیت و کمبود منابع آبی بر عملکرد گیاهان و به‌ویژه گیاهان دارویی اثرگذار می‌باشد؛ بنابراین به دلیل محدودیت در منابع آبی، اتخاذ راهکارهایی جهت افزایش میزان بهره‌وری آب و همچنین بهبود در مواد مؤثره گیاهان زراعی، امری اجتناب‌ناپذیر است (جمالی و همکاران، 1401 الف). با عنایت به وقوع خشکسالی‌های دهه‌های اخیر در کشور و افزایش تقاضای آب و مواد غذایی، اعمال روش‌هایی برای به حداکثر رساندن بهره‌وری آب بیش‌ازپیش ضروری است (جمالی و همکاران، 1401 ب). استفاده از شیوه‌های کم آبیاری و ترویج مفهوم بهره‌وری آب در تولید محصولات کشاورزی، روشی عملی و رایج در نقاط مختلف دنیا برای نگهداری و استفاده بهینه از منابع آب است، بهره‌وری در واقع بیان‌کنندهٔ مقدار محصول یا درآمد به‌دست‌آمده از واحد مصرف آب می‌باشد. (شمس‌آبادی و همکاران، 1401). بررسی امکان کشت گیاهان دارویی در مناطق مختلف که با کمبود بارش مواجه هستند از اهمیت خاصی برخوردار است (نظامی و همکاران، 1395). گیاهان در طی دوران رشد خود ممکن است با تنش‌های محیطی متعددی روبه‌رو شوند که بر اساس حساسیت و مرحله رشد گیاه اثرات متفاوتی بر رشد و عملکرد آنها داشته باشد (ضیایی و همکاران، 1395). تنش آبی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد فیزیولوژیک و تغذیه‌ای گیاهان محسوب می‌شود که کاهش زیست‌توده

و عملکرد را در پی خواهد داشت (ایهوما و مادراموتو، 2017). اکبرزاده و شاه نظری (2021) به‌منظور بررسی اثر آبیاری بخشی ریشه بر روی گیاه دارویی نعناع فلفلی، پژوهشی را انجام دادند و بیان کردند که اعمال کم آبیاری بخشی ریشه به میزان 55، 40 و 25 درصد نیاز آبی نسبت به آبیاری کامل منجر به کاهش در عملکرد خشک شد. جهانی و همکاران (2021) نشان دادند که با اعمال تنش آبی بر روی گیاه نعناع فلفلی، تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک بوته و محتوای کلروفیل کاهش پیدا نمود؛ ولی تنش ملایم منجر به بهبود درصد اسانس گردید. شمس‌آبادی و همکاران (1401) نشان دادند که با اعمال تنش خشکی به میزان 75 و 50 درصد نیاز آبی، وزن تر و خشک، ارتفاع، تعداد برگ و تعداد گره در گیاه نعناع فلفلی کاهش و بهره‌وری آب افزایش پیدا کرد. همچنین با اعمال تنش ملایم (75 درصد نیاز آبی) درصد اسانس افزایش و با اعمال تنش شدید (50 درصد نیاز آبی) درصد اسانس کاهش یافت. همواره شناخت ترکیب یا ترکیباتی که منجر به تخفیف اثرات تنش خشکی در گیاه می‌شود امری ضروری و مهم می‌باشد. اگرچه سمیت سلنیوم در غلظت‌های بالا بر روی گیاهان محرز است و نوعی تنش محسوب می‌شود، بااین‌وجود اثرات سودمند غلظت‌های پایین آن در حفاظت از گیاهان در برابر تنش‌های غیرزنده از طریق مکانیسم‌های تقریباً پیچیده، مشخص شده است (جعفری و مقدم، 1401). سلنیوم عنصر غذایی ضروری برای گیاهان نیست، ولی می‌تواند نقش یک عنصر مفید را برای گیاهان ایفا نماید (پیلون و کوین، 2010). غلظت سلنیوم در خاک اکثر نقاط دنیا نسبتاً پایین بوده و در بیشتر گیاهان غلظت سلنیوم پایین‌تر از 0/1 میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه است (بیکر و پیبیم، 2007). سلنیوم عمدتاً به‌صورت سلنات سدیم توسط گیاهان جذب می‌شود، نمک‌های سلنات بسیار محلول بوده و به‌آسانی جذب گیاه می‌شوند. سلنیوم در ساختار برخی از آنزیم‌ها و ترکیبات موجود در گیاه وجود دارد و با اثرگذاری بر فعالیت آنزیمی، می‌تواند رادیکال‌های آزاد به وجود آمده را مهار کند (نامدار و همکاران، 1398). سلنیوم در ترکیب با پروتئین‌ها موادی به نام سلنوپروتئین تولید می‌کند که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله آنها می‌باشند (ژو و همکاران، 2001). سلنیوم دارای اثر آنتی‌اکسیدانی بوده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و تحمل گیاه در شرایط تنش خشکی را افزایش می‌دهد (کیانگ-یون، 2008). اکثر ویژگی‌های رشدی و رویشی گیاهان باتوجه‌به غلظت سلنیوم افزایش می‌یابد (جعفری و مقدم، 1401). خادمی آستانه و همکاران (1396) نشان دادند که کاربرد سلنیوم در غلظت 8 میلی‌گرم بر لیتر در کلم تکمه‌ای سبب افزایش وزن تر و خشک برگ و ساقه شد؛ ولی در غلظت‌های بیشتر از 8 میلی‌گرم بر لیتر، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه آن را کاهش داد که به دلیل آثار سمی ایجاد شده در غلظت زیاد سلنیوم در این گیاه بود. شمس‌آبادی و همکاران (1401) نشان دادند که محلول‌پاشی برگی سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم موجب افزایش وزن تر و خشک، بهره‌وری آب، درصد اسانس، ارتفاع گیاه، تعداد برگ و تعداد گیاه نعناع فلفلی گردید. امروزه گیاهان دارویی و معطر در زمینه‌های مختلف از جمله کشاورزی و صنایع دارویی موردتوجه زیادی قرار گرفته‌اند. گیاه نعناع فلفلی گیاهی علفی و چند ساله است که به‌عنوان یک گیاه دارویی و معطر در نظر گرفته شده است و به طور گسترده‌ای در صنایع دارویی کاربرد دارد (حداد و همکاران، 1395). هدف اصلی این پژوهش، مقایسه و بررسی تأثیر سلنیوم در حالات مختلف کاربرد آن (همراه با آب آبیاری و نیز محلول‌پاشی قبل و بعد از اعمال تنش رطوبتی) بر بهره‌وری آب و بعضی خصوصیات گیاه نعناع فلفلی (Mentha piperita L.) در شرایط تنش رطوبتی بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال 1400 بر پایه کشت گلدانی در گلخانه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی تربت جام واقع در استان خراسان رضوی انجام گردید. آزمایش فوق به‌صورت خرد شده و در قالب طرح کاملاً تصادفی با عوامل تنش رطوبتی که شامل دو سطح (100 (I_1) و 50 درصد (I_2) نیاز آبی) و کاربرد سلنیوم در چهار سطح (عدم کاربرد (صفر)، اختلاط با آب آبیاری به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم (I)، محلول‌پاشی برگی سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم قبل از اعمال تنش رطوبتی (Leafbefore) و محلول‌پاشی برگی سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم بعد از اعمال تنش رطوبتی (Leafafter)) و در سه تکرار، اجرا شد.

در این پژوهش از آب مقطر با pH برابر با 6/05 و EC برابر با 0/055 میکرو زیمنس بر سانتی‌متر استفاده گردید. جهت تعیین مقدار آب موردنیاز از تشت تبخیر کلاس A استفاده شد و تیمارهای آبی براساس آن اعمال شدند. همانند یوآن و همکاران (2001)، نیاز آبی

براساس مقدار تجمعی آب تبخیر شده از تشت تبخیر، پس از اعمال ضریب تشت محاسبه شده از روش پیشنهاد شده در نشریه فائو 56 باتوجه‌به موقعیت استقرار آن در محل (به طور میانگین 0/7) تعیین شد (یوآن و همکاران، 2001). مقدار نیاز آبی از رابطه (1) بدست آمد:

$$ETa = Kc \times Kp \times Epan \quad (1)$$

که در آن ET_a: میلی‌متر بر روز (تبخیر تعرق روزانه) ،K_p: ضریب تشت، E_{pan}: تبخیر از سطح تشت (میلی‌متر در روز) و K_c: ضریب گیاهی می‌باشند. به‌منظور محاسبه نیاز آبی، ضرایب گیاهی منفرد نعناع فلفلی از نتایج شهریاری (1390) استفاده گردید. ضرایب گیاهی نعناع فلفلی برای مراحل رشد ابتدایی، توسعه و میانی به ترتیب 0/3، 0/8 و 0/5 در نظر گرفته شدند. در این پژوهش، میزان نیاز تغذیه‌ای گیاهان (محلول غذایی هوگلند) در ابتدای آزمایش بر اساس منابع علمی معتبر (روستا، 1395) برآورد شده و به‌صورت محلول در آب آبیاری و به مقدار یکسان در اختیار گیاهان قرار داده شد به‌طوری‌که هر گیاه در پایان دوره رشد عناصر غذایی موردنیاز خود را دریافت نمود، به عبارت ساده‌تر، مقدار عناصر دریافتی مشابه گردید. پس از برداشت در هر تیمار، بهره‌وری آب، وزن تر، وزن خشک، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، وزن تر ریشه و درصد اسانس اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری بهره‌وری آب: برای محاسبه بهره‌وری آب از معادله پیشنهادی فائو (2) استفاده شد:

$$WP = \frac{\Upsilon}{ET} \times 100 \quad (2)$$

که WP بهره‌وری آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب آب، Y عملکرد بر حسب تن بر هکتار و ET تبخیر تعرق گیاه بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

اندازه‌گیری وزن تر و خشک: برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک نمونه‌ها، ابتدا بوته‌ها جدا شده و وزن تر آنها اندازه‌گیری گردید، سپس جهت تعیین وزن خشک، بوته‌ها به مدت 48 ساعت در آون در دمای 70 درجه خشک شده و سپس توزین گردیدند.

اندازه‌گیری درصد اسانس: برای تعیین درصد اسانس با استفاده از 30 گرم از برگ‌های خشک شده (در شرایط سایه در دمای 22 درجه سانتی‌گراد) از دستگاه کلونجر [1] و از روش تقطیر استفاده شد. در این روش، 30 گرم برگ‌های خشک نعناع فلفلی در 400 میلی‌لیتر آب مقطر در بالن به مدت 120 دقیقه جوشانده شد و سپس حرارت دادن متوقف و مقدار اسانس اندازه‌گیری شد (کروتو و همکاران، 2006).

آنالیز داده‌های آماری: جهت تجزیه داده‌ها از برنامه آماری SAS استفاده شد. برای رسم نمودارها و شکل‌ها از برنامه اکسل استفاده گردید. میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال 5 و 1 درصد مقایسه شد.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک: علاوه بر اثرات ساده سلنیوم و کم آبیاری ، اثر بر همکنش دوگانه آنها نیز بر وزن تر و خشک گیاه نعناع فلفلی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین نشان داد (جدول 2) که با افزایش سطوح کم آبیاری از 100 به 50 درصد نیاز آبی وزن تر و خشک به ترتیب 34/95 و 33/64 درصد کاسته شد. همچنین در تیمارهای سلنیوم شامل Leafbefore (کاربرد سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی برگی به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر قبل از اعمال تیمار تنش رطوبتی)، Leafafter (کاربرد سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی برگی به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر بعد از اعمال تیمار تنش رطوبتی) و I (اختلاط سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم همراه با آب آبیاری) نسبت به عدم کاربرد سلنیوم، وزن تر به ترتیب 65/62، 38/55 و 27/22 درصد افزایش و وزن خشک

[1] Clevenger

به ترتیب 69/76، 41/89 و 30/41 درصد افزایش یافت. نتایج اثرات متقابل کم آبیاری و سلنیوم بر وزن تر نیز نشان داد (شکل 1) کاربرد سلنیوم در حالات Leafbefore، Leafafter و I نسبت به عدم کاربرد آن در مواجهه گیاه نعناع فلفلی با کم آبیاری به میزان 50 درصد نیاز آبی، به ترتیب موجب افزایش 58/10، 38/96 و 25/42 درصدی وزن تر گردید. همچنین نتایج اثرات متقابل کم آبیاری و سلنیوم بر وزن خشک گیاه نعناع فلفلی نیز حاکی از این بود که کاربرد سلنیوم در حالات Leafbefore، Leafafter و I نسبت به عدم کاربرد آن در مواجهه گیاه نعناع فلفلی با تنش رطوبتی به میزان 50 درصد نیاز آبی، به ترتیب موجب افزایش 60/25، 42/26 و 27/20 درصدی وزن خشک شد (شکل 2). نتایج این پژوهش حاکی از این است که در صورت کاربرد سلنیوم در گیاه نعناع فلفلی، تیمار Leafbefore بیشترین میزان افزایش را در وزن تر و خشک گیاه نعناع فلفلی نسبت به تیمار Leafafter و تیمار I همزمان با تیمارهای مختلف کم آبیاری، داشت. نتایج این پژوهش حاکی از افزایش خصوصیات مورفولوژیک گیاه نعناع فلفلی تحت‌تأثیر تیمارهای سلنیوم بود. تحریک رشد گیاه در اثر کاربرد سلنیوم به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیدانی است، گزارش شده است که سلنیوم در غلظت‌های پایین به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل کرده و موجب افزایش رشد گیاه می‌گردد، سلنیوم بر سنتز کلروفیل اثر گذاشته و با تثبیت کربن، سنتز و هیدرولیز نشاسته سبب تحریک تقسیم سلولی و موجب افزایش ویژگی‌های رشدی گیاه می‌شود (توراکاینن، 2007). نتایج پژوهش‌های دیگر با این پژوهش همخوانی داشت. شمس‌آبادی و همکاران (1401) نشان دادند که تنش خشکی موجب کاهش وزن تر و خشک گیاه نعناع فلفلی گردید و محلول‌پاشی برگی سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر قبل از اعمال تیمارهای کم آبیاری موجب افزایش وزن تر و خشک این گیاه گردید. ابراهیمی اسبورزی و همکاران (1400) نشان دادند که تنش کم‌آبی شدید (تخلیه 55 درصد آب قابل‌استفاده در منطقه ریشه) موجب کاهش 44 درصدی عملکرد خشک گیاه نعناع فلفلی گردید.

جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح مختلف سلنیوم و کم آبیاری بر بهره‌وری آب و برخی خصوصیات گیاه نعناع فلفلی

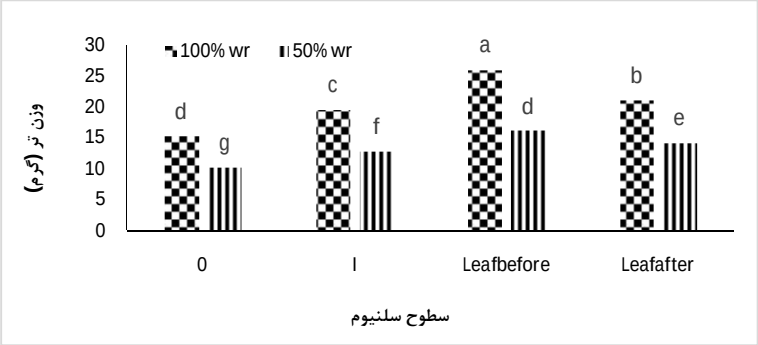
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
(S.O.V)	(df)	وزن تر	وزن خشک	بهره‌وری آب	درصد اسانس
سلنیوم	3	**71/55	**4/35	**5/204	0/502 **
آبیاری	1	** 306/97	**17/11	**8/54	1/939 **
آبیاری × سلنیوم	3	**6/05	** 0/394	**0/052	0/036 **
خطا	16	0/598	0/047	0/0620	0/0065
ضریب تغییرات (درصد)		4/58	5/41	5/51	5/69

ns،*و**: به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

جدول 2- مقایسه اثر ساده سلنیوم و آبیاری بر بهره‌وری آب و برخی خصوصیات گیاه نعناع فلفلی

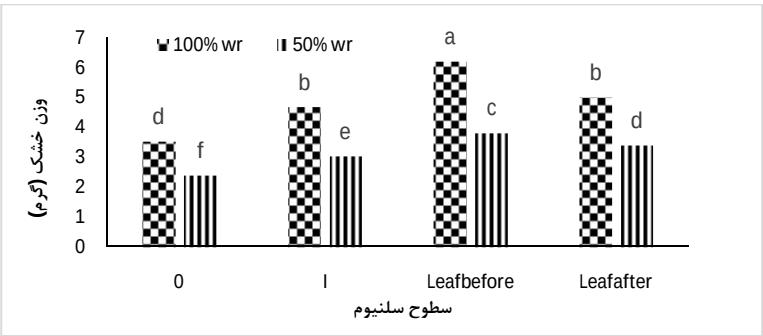
تیمارها		وزن تر (گرم در گلدان)	وزن خشک (گرم در گلدان)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	درصد اسانس (درصد)
سطوح سلنیوم	0	12/71 d	2/96 d	3/35 d	1/06 d
	I	16/17 c	3/86 c	4/34 c	1/38 c
	$Leaf_{before}$	21/05 a	5/025 a	5/59 a	1/76 a
	$Leaf_{after}$	17/61 b	4/20 b	4/75 b	1/47 b
سطوح آبیاری (درصد نیاز آبی)	100	20/46 a	4/85 a	3/91 b	1/70 a
	50	13/31 b	3/17 b	5/11 a	1/13 b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل 1- مقایسه اثر برهمکنش کم‌آبیاری و سلنیوم بر وزن تر گیاه نعناع فلفلی

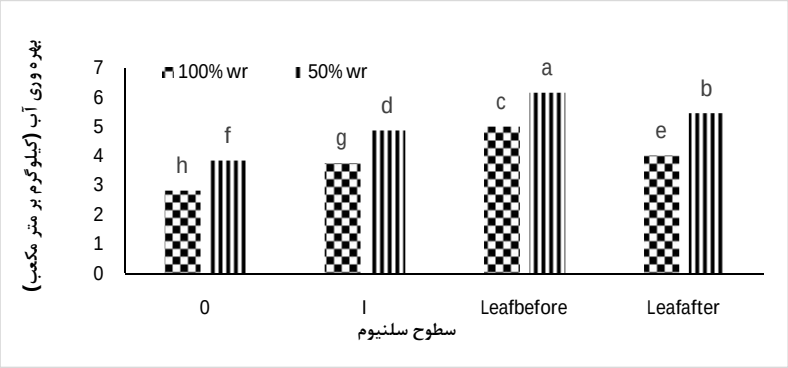
(I: سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر همراه با آب آبیاری، $Leaf_{before}$: سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر به‌صورت محلول‌پاشی قبل از اعمال تنش رطوبتی، $Leaf_{after}$: سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر به‌صورت محلول‌پاشی بعد از اعمال تنش رطوبتی، wr 100%: 100 درصد نیاز آبی، wr 50%: 50 درصد نیاز آبی)



شکل 2- مقایسه اثر برهمکنش کم‌آبیاری و سلنیوم بر وزن خشک گیاه نعناع فلفلی

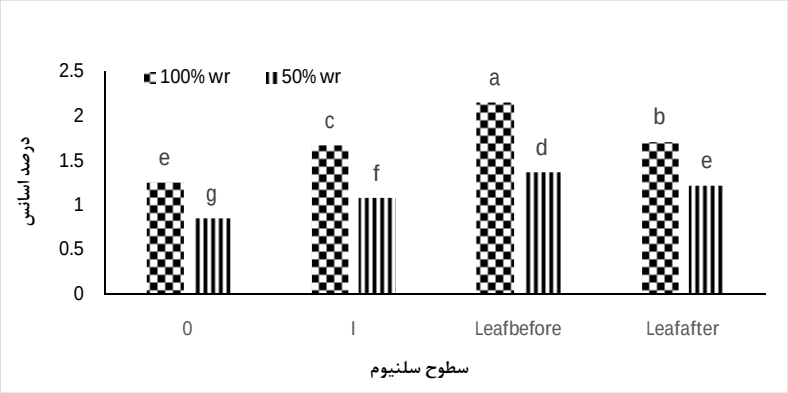
بهره‌وری آب: علاوه بر اثرات ساده سلنیوم و کم آبیاری، اثر بر همکنش دوگانه آنها نیز بر بهره‌وری آب گیاه نعناع فلفلی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین نشان داد (جدول 2) که با افزایش سطوح کم‌آبیاری از 100 به 50 درصد نیاز آبی، بهره‌وری آب گیاه نعناع فلفلی 30/69 درصد افزایش یافت. هم‌چنین در تیمارهای سلنیوم شامل Leafbefore (کاربرد سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی برگی به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر قبل از اعمال تیمار تنش رطوبتی)، Leafafter (کاربرد سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی برگی به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر بعد از اعمال تیمار تنش رطوبتی) و I (اختلاط سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم همراه با آب آبیاری) نسبت به عدم کاربرد سلنیوم، بهره‌وری آب به ترتیب 66/87، 41/79 و 29/25 درصد افزایش یافت. نتایج اثرات متقابل کم‌آبیاری و سلنیوم بر بهره‌وری آب نیز نشان داد (شکل 3) کاربرد سلنیوم در حالات Leafbefore، Leafafter و I نسبت به عدم کاربرد آن در مواجهه گیاه نعناع فلفلی با کم‌آبیاری به میزان 50 درصد نیاز آبی، به ترتیب موجب افزایش 60/10، 41/96 و 26/94 درصدی بهره‌وری آب گردید. نتایج این پژوهش حاکی از این است که در صورت کاربرد سلنیوم در گیاه نعناع فلفلی، تیمار Leafbefore بیشترین میزان افزایش را در بهره‌وری آب گیاه نعناع فلفلی نسبت به تیمار Leafafter و تیمار I همزمان با تیمارهای مختلف کم‌آبیاری، داشت. دلیل افزایش میزان بهره‌وری آب در صورت کاربرد سلنیوم را می‌توان نقش سلنیوم در افزایش عملکرد تر و خشک گیاه نعناع فلفلی دانست. شمس آبادی و همکاران (1401) نشان دادند که تنش خشکی موجب افزایش بهره‌وری آب گیاه نعناع فلفلی گردید،

هم‌چنین محلول‌پاشی برگی سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر قبل از اعمال تیمارهای تنش خشکی، نسبت به عدم کاربرد سلنیوم، موجب افزایش بهره‌وری آب در این گیاه شد. دلیل افزایش بهره‌وری آب در کاربرد سلنیوم، افزایش خصوصیات رشدی گیاه می‌باشد. شهریاری و همکاران (1392) نشان دادند که تنش خشکی به میزان 60 درصد نیاز آبی موجب افزایش بهره‌وری آب در گیاه نعناع فلفلی گردید.



شکل 3- مقایسه اثر برهمکنش تنش رطوبتی و سلنیوم بر بهره‌وری آب گیاه نعناع فلفلی

درصد اسانس: علاوه بر اثرات ساده سلنیوم و کم آبیاری، اثر بر همکنش دوگانه آنها نیز بر درصد اسانس گیاه نعناع فلفلی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین نشان داد (جدول 2) که با افزایش سطوح کم‌آبیاری از 100 به 50 درصد نیاز آبی، درصد اسانس گیاه نعناع فلفلی 34/53 درصد کاهش یافت. دلیل این کاهش در درصد اسانس، کاهش وزن تر و خشک گیاه نعناع فلفلی در اثر کم‌آبیاری می‌باشد. هم‌چنین در تیمارهای سلنیوم شامل $Leaf_{before}$ (کاربرد سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی برگی به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر قبل از اعمال تیمار تنش رطوبتی)، $Leaf_{after}$ (کاربرد سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی برگی به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر بعد از اعمال تیمار تنش رطوبتی) و I (اختلاط سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر سلنات سدیم همراه با آب آبیاری) نسبت به عدم کاربرد سلنیوم، درصد اسانس به ترتیب 66/04، 38/68 و 30/19 درصد افزایش یافت. نتایج اثرات متقابل کم‌آبیاری و سلنیوم بر درصد اسانس نیز نشان داد (شکل 4) کاربرد سلنیوم در حالات $Leaf_{before}$، $Leaf_{after}$ و I نسبت به عدم کاربرد آن در مواجهه گیاه نعناع فلفلی با تنش رطوبتی به میزان 50 درصد نیاز آبی، به ترتیب موجب افزایش 61/18، 43/53 و 27/06 درصدی درصد اسانس گردید. نتایج این پژوهش حاکی از این است که در صورت کاربرد سلنیوم در گیاه نعناع فلفلی، تیمار $Leaf_{before}$ بیشترین میزان افزایش را در درصد اسانس گیاه نعناع فلفلی نسبت به سایر تیمارهای سلنیوم، داشت. ابراهیمی اسبورزی و همکاران (1400) نشان دادند که تنش شدید آبی (تخلیه 55 درصد آب قابل استفاده در منطقه ریشه) موجب کاهش درصد اسانس گیاه نعناع فلفلی گردید. گارسیا و همکاران (2019) نشان دادند که تنش خشکی به میزان 70 درصد نیاز آبی موجب کاهش عملکرد اسانس گیاه نعناع فلفلی گردید. شمس آبادی و همکاران (1401) نشان دادند که محلول‌پاشی برگی سلنیوم به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر قبل از اعمال تیمارهای تنش خشکی، نسبت به عدم کاربرد سلنیوم، موجب افزایش درصد اسانس در این گیاه شد.



شکل 4- مقایسه اثر برهمکنش کم‌آبیاری و سلنیوم بر درصد اسانس گیاه نعناع فلفلی

نتیجه‌گیری

آب یکی از عوامل اساسی در عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی از جمله گیاه نعناع فلفلی می‌باشد. سلنیوم نیز در غلظت‌های پایین در افزایش خصوصیات رشدی گیاه و افزایش مقاومت آن در برابر تنش رطوبتی مؤثر است. پژوهش حاضر نشان داد که اعمال کم آبیاری به میزان 50 درصد نیاز آبی، موجب کاهش صفات موردبررسی شامل وزن تر، وزن خشک، درصد اسانس، ارتفاع گیاه، تعداد برگ و وزن تر ریشه آن و همچنین موجب افزایش بهره‌وری آب در این گیاه گردید. همچنین نتایج کاربرد سلنیوم نشان داد که سلنیوم در حالات مختلف کاربرد آن، بر صفات موردبررسی تأثیر معنی‌داری داشت. نتایج نشان داد که بیشترین میزان بهره‌وری آب، وزن تر، وزن خشک و درصد اسانس گیاه نعناع فلفلی در تیمار $Leaf_{before}$ (کاربرد سلنیوم به‌صورت محلول‌پاشی برگی به میزان پنج میلی‌گرم بر لیتر قبل از اعمال تیمار تنش رطوبتی) رخ داد. نتایج اثرات متقابل کم آبیاری و سلنیوم نیز حاکی از آن بود که در تمام حالات کاربرد سلنیوم، سلنیوم موجب افزایش خصوصیات اندازه‌گیری شده و کاهش اثرات کم آبیاری، گردید. به‌طورکلی نتایج نشان داد که سلنیوم در غلظت مورداستفاده در این پژوهش موجب افزایش بعضی خصوصیات گیاه نعناع فلفلی شد و در کاهش اثرات کم آبیاری در این گیاه، مؤثر واقع گردید. در این راستا می‌توان از محلول‌پاشی برگی سلنیوم به‌عنوان یک راهکار در کاهش اثرات تنش رطوبتی و نیز افزایش بیشتر محصول، استفاده نمود.

منابع

ابراهیمی اسبورزی، ح.، مدرس ثانوی، س.ع.م.، باغبانی، ا. و کرمی، ر. 1400. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و کوددهی بر عملکرد و ترکیبات اسانس نعناع فلفلی. نشریه علوم باغبانی ایران. 52 (3): 675-663.

جعفری، ح. و مقدم، م. 1401. اثر سطوح مختلف سلنات و سلنیت سدیم بر ویژگی‌های مورفولوژیک و غلظت عناصر غذایی در نعناع فلفلی. نشریه روابط خاک و گیاه. 13 (3): 16-1.

جمالی، ص.، انصاری، ح.، نادریان فر، م. و صفری‌زاده ثانی، ع. 1401 الف. بررسی تغییرات صفات مورفوفیزیلوژیکی و اسانس گیاهان دارویی نعنا فلفلی تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری. نشریه آبیاری و زهکشی. 16 (4): 862-852.

جمالی، ص.، بانژاد، ح.، صفری‌زاده ثانی، ع. و هادی، ب. 1401 ب. بررسی اثر سطوح آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گیاه دارویی نعنا فلفلی تحت تنش شوری. نشریه علوم آب و خاک. 26 (1): 146-131.

حداد، ر.، رستمی‌نیا، ب. و اصغری، ب. 1395. بررسی تأثیر رژیم‌های رطوبتی بر روی گیاه نعنا فلفلی. سومین کنفرانس ملی علوم زیستی ایران. مرکز پژوهشی زمین کاو. تهران. ایران.

خادمی آستانه، ر.، طباطبایی، س. ج. و بلندنظر، ص. 1396. تأثیر سلنیوم بر روی عملکرد و ویژگی‌های رویشی کلم تکمه‌ای کشت شده در هیدروپونیک. نشریه علوم باغبانی. 31 (1): 179-167.

روستا، ح.ر. 1395. تغذیه گیاه در آبکشت (هیدروپونیک). دانشگاه ولیعصر رفسنجان. 577 صفحه.

شمس‌آبادی، و.، بانژاد، ح.، انصاری، ح. و نعمتی، س. ح. 1401. بررسی بهره‌وری آب و خصوصیات گیاه نعناع فلفلی در شرایط تنش آبی و شوری در حضور سلنیوم. نشریه مدیریت آب در کشاورزی. 9 (2).

شهریاری، س. 1390. بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و انواع خاکپوش بر خصوصیات رویشی، میزان، عملکرد و اجزاء اسانس نعناع فلفلی. پایانامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.

شهریاری، س.، عزیزی، م.، آرویی، ح. و انصاری، ح. 1392. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و انواع خاکپوش بر خصوصیات رویشی و میزان اسانس نعنا فلفلی. نشریه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. 29 (3): 582-568.

ضیایی، ع.، مقدم، م. و کاشفی، ب. 1395. تأثیر پلیمرهای سوپر جاذب بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه رزماری در شرایط تنش خشکی. نشریه علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. 7 (2): 110-99.

کوشکی، ا.، عالی نژادیان، ا. و ملکی، ع. 1400. بررسی اثر بیوچار پوسته برنج و رژیم‌های مختلف آبیاری بر رشد، درصد اسانس و غلظت برخی عناصر غذایی در نعناع فلفلی. نشریه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. 37 (5): 752-732.

گرگینی شبانکاره، ح.، فاخری، ب. و محمدپور وشوایی، ر. 1394. تأثیر سطوح مختلف تنش‌های شوری و خشکی بر شاخص‌های رشدی و اسانس بادرنجبویه. نشریه علوم گیاهان زراعی ایران. 46 (4): 673-686.

نامدار، م.، آروین، س. م. ج. و بهره‌مند، ن. 1398. اثر سلنیوم بر شاخص‌های رشد، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه سیر در شرایط سمیت کادمیوم. نشریه فرایند و کارکرد گیاهی. 8 (30): 153-137.

نظامی، س.، نعمتی، س. ح.، آرویی، ح. و باقری، ع. ر. 1395. تأثیر رژیم‌های رطوبتی خاک در شرایط کنترل شده روی خصوصیات رشدی و زیست‌توده گونه‌های نعناع. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی. 23 (2): 72-51.

Akbarzadeh, A. and Shahnazari, A. 2021. The Effect of Deficit Irrigation Strategies on the Efficiency from Plant to Essential Oil Production in Peppermint (Mentha piperita L.). Frontiers in Water. 66: 1-10.

Baker, A.V.and Pilbeam, D.M.J. 2007. Handbook of Plant Nutrition. Taylor and Francis Group Press, Boca Raton, FL.

Croteau, R., Ketchum, R., Long, R., Kaspera, R. and Wildung, M. 2006. Taxol biosynthesis and molecular genetics. Phytochemistry reviews. 5(1): 75-97.

Garcia-Caparris, P., Romero, M., Lianderal, A., Cemeno, P., Teresa, L. and Segura, M. 2019. Effects of Drought Stress on Biomass, Essential Oil Content, Nutritional Parameters, and Costs of Production in Six Lamiaceae Species. Water (MDPI). 11: 1-12.

Han-Wens, S., Jing, H., Shu-Xuan, L. and Wei-Jun, K. 2010. Protective role of selenium on garlic growth under cadmium stress. Commun. Soil Science and Plant Analysis 41: 1195–1204.

Ihuoma, S.O. and Madramootoo, C.A. 2017. Recent advances in crop water stress detection. Computers and Electronics in Agriculture. 141: 267-275.

Jahani, F., Tohidi-Moghadam, H. R., Larijani, H. R., Ghooshchi, F. and Oveysi, M. 2021. Influence of zinc and salicylic acid foliar application on total chlorophyll, phenolic components, yield and essential oil composition of peppermint (Mentha piperita L.) under drought stress condition. Arabian Journal of Geosciences. 14(8): 1-12.

Pilon-Smits, E.A. and Quinn, C.F. 2010. Selenium Metabolism in Plants. Cell Biology of Metals and Nutrients. Springer, Berlin Heidelberg.

Qiang-yun, Sh., Turakainen, M., Seppanen, M. and Makela, P. 2008. Effects of selenium on maize ovary developement at pollination stage under water deficits. Agricultural Sciences in China. 7(11): 1298-1307.

Turakainen, M. 2007. Selenium and its effects on growth, yield and tuber quality in potato. Julkaisuja/Helsingin Yliopisto, Soveltavan Biologian Laitos. 50–55.

Xue, T.L., Hartikainen, H. and Piironen, V. 2001. Antioxidative and growth-promoting effects of selenium on senescing lettuce. Plant and Soil. 273: 55-61.

Yuan, B. Z., Kang, Y. and Nishiyama, S. 2001. Drip irrigation scheduling for tomatoes in unheated greenhouse. Irrigation Science 20: 149 – 154.

بررسی بهره‌وری آب برخی محصولات زراعی در استان اصفهان

یسرا سادات خیام [1]، مهدی قبادی نیا [2]

[1] دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، yasrakhaiam81@gmail.com

[2] دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد

چکیده

بهره‌وری آب کشاورزی یکی از راهکارهای اساسی در مدیریت منابع آبی به شمار می‌رود و باتوجه‌به محدودیت‌های منابع آبی و افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی، بهبود بهره‌وری آب یک ضرورت می‌باشد. این پژوهش به بررسی وضعیت کنونی بهره‌وری آب محصولات مختلف کشاورزی در استان اصفهان می‌پردازد. در این پژوهش شش گروه محصول (حبوبات، غلات، گیاهان صنعتی، گیاهان جالیزی، سبزی‌ها و گیاهان علوفه‌ای) موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بهره‌وری محصولات مختلف زراعی در استان اصفهان بین 0/69 تا 5/13 قرار دارد و متوسط بهره‌وری 2/97 می‌باشد. باتوجه‌به اینکه بر اساس برنامه قرار بوده تا سال 1404 متوسط بهره‌وری آب محصولات کشاورزی به عدد 2 برسد؛ لذا به نظر می‌رسد هنوز نیازمند اقدامات اساسی برای افزایش بهره‌وری است.

کلمات کلیدی: بهره‌وری آب در کشاورزی، محصولات جالیزی، غلات، حبوبات

مقدمه

ایران به‌عنوان کشوری با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، همواره با چالش کمبود آب همراه بوده است. باتوجه‌به محدودیت‌های روزافزون منابع آبی و افزایش تقاضا در بخش‌های مختلف، به‌ویژه کشاورزی، بهبود بهره‌وری آب به یک ضرورت تبدیل شده است. در دهه‌های اخیر، با کاهش منابع آب در دسترس و افزایش نیاز بخش کشاورزی به‌عنوان اصلی‌ترین مصرف‌کننده آب، توجه به شاخص‌های بهره‌وری آب در برنامه‌ریزی‌های ملی اهمیت ویژه‌ای یافته است (بشردوست و رضایی 1394).

بهره‌وری مصرف آب یکی از شاخص‌های مصرف بهینهٔ آب آبیاری است. بهره‌وری آب در کشاورزی به طور مستقیم با میزان حجم آب مصرفی و تولید به‌ازای واحد حجم آب مصرفی ارتباط دارد. باتوجه‌به اهمیت موضوع، شناخت عوامل مؤثر بر بهره‌وری آب و ارائه راهکارهای مناسب برای افزایش آن در بخش کشاورزی ضروری است. تا سال 1384 بهره‌وری آب اراضی آبی در مقیاس کلان کشوری به طور متوسط 0/8 کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی برآورد شد باتوجه‌به رشد جمعیت در کشور و پیشرفت بخش کشاورزی این رقم تا سال 1404 باید به دو کیلوگرم بر مترمکعب برسد (پورغلام آمیجی و همکاران 1400).

این مقاله به بررسی بهره‌وری آب محصولات مختلف زراعی در استان اصفهان می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش آمار تولید محصولات زراعی مربوط به سال 1399-1400 ارایه شده در آمارنامه جهاد کشاورزی استان اصفهان استفاده شد. برای محاسبه بهره‌وری در این پژوهش از رابطه 1 استفاده شد.

$$WUE = \frac{M}{W} \quad (1)$$

در رابطه فوق WUE کارایی یا بهره‌وری مصرف آب (kg/m^3)، M میزان محصول تولیدی (kg) و W میزان نیاز آبی (آب خالص) بر حسب مترمکعب بر هکتار است؛ بنابراین کارایی مصرف آب بر اساس نیاز خالص است. میزان نیاز آبی محصولات از نرم‌افزار "netwat " استخراج گردید.

نتایج و بحث

پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به تولید و محاسبه بهره‌وری برای همه دشت‌های استان متوسط و محدوده بهره‌وری هر محصول محاسبه شد که در جدول یک آمده است. در این مطالعه 18 محصول که در 6 گروه حبوبات، غلات، گیاهان صنعتی، گیاهان علوفه‌ای، سبزیجات و محصولات جالیزی طبقه‌بندی شده، موردمطالعه قرار گرفت. جدول 1 اسامی محصولات مورد بررسی، متوسط بهره‌وری آب و محدوده بهره‌وری محاسبه شده هر محصول در استان را نشان می‌دهد. در جدول 2 محصولات در شش گروه دسته‌بندی شده و مقادیر متوسط بهره‌وری، محدوه بهره‌وری در استان و جهان آمده است. نکته قابل ذکر اینست که در محاسبات این مقاله مخرج کسر نیاز آبی است اما در مطالعات جهانی مخرج کسر، آب مصرفی یا نیاز آبی بوده است بنابراین برخی محصولات محدوده خیلی وسیعی دارند.

جدول 1 - محصولات موردمطالعه و مقادیر حداقل و حداکثر بهره‌وری در استان اصفهان

نام محصول	گروه	متوسط بهره‌وری (kg/m^3)	محدوده بهره‌وری در استان اصفهان (kg/m^3)
برنج	غلات	0/69	0/57 تا 0/82
پنبه	گیاهان صنعتی	0/27	0/25 تا 0/28
پیاز	سبزی‌ها	7/69	3/28 تا 13/28
جو	غلات	0/91	0/31 تا 1/46
خربزه	محصولات جالیزی	5/97	5/14 تا 7/39
سیب‌زمینی	سبزی‌ها	5/29	2/88 تا 8/34
گندم	غلات	0/89	0/44 تا 1/69
گوجه‌فرنگی	سبزی‌ها	5/87	4/23 تا 7/71
نخود	حبوبات	0/44	0/33 تا 0/51
هندوانه	محصولات جالیزی	7/27	5/85 تا 8/69
یونجه	گیاهان علوفه‌ای	1/61	0/56 تا 5/38

جدول 2– محصولات موردمطالعه و مقادیر بهره‌وری جهانی و حداقل و حداکثر بهره‌وری در استان اصفهان

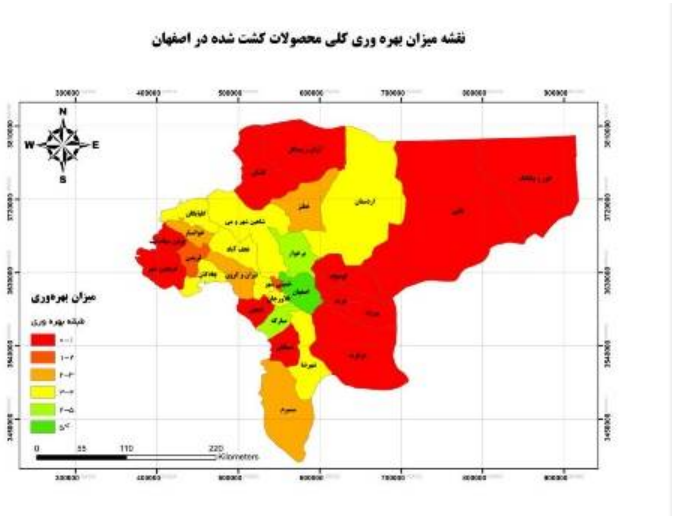
نام محصول	بهره‌وری جهانی (Kg/m^3)	بهره‌وری متوسط (Kg/m^3)	محدوده بهره‌وری (Kg/m^3)
حبوبات	0/9 تا 3	0/39	0/27 تا 0/47
غلات	0/46 تا 2/31	0/79	0/44 تا 1/18
گیاهان صنعتی	0/23 تا 11	2/64	2/04 تا 3/3
گیاهان علوفه‌ای	0/76 تا 20	3/60	2/4تا 5/39
محصولات جالیزی	2 تا 4/3	6/70	4/74 تا 8/47
سبزی‌ها	5 تا 9/52	6/28	3/46 تا 9/77

باتوجه‌به جدول یک و دو متوسط بهره‌وری آب محصولات کشاورزی بر اساس نیاز آبی گیاه 3/5 کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. و در صورتی که مقدار آب مصرفی در محاسبات لحاظ شود عدد بهره‌وری کمتری حاصل خواهد شد بااین‌وجود عدد کلی بالاتر از میزان

هدف‌گذاری شده در افق 1404 می‌باشد که می‌توان بیان داشت از این نظر اصفهان در زمینه بهره‌وری اقدامات موثری انجام داده و به اهداف بهره‌وری در سال 1404 رسیده است.

با مقایسه متوسط و محدوده بهره‌وری حاصل شده در اصفهان و سایر نقاط جهان به نظر می‌رسد افزایش بهره‌وری محصولات هنوز نیازمند مدیریت و بهبود در سطح استان است. در میان گروه‌های محصولات کشاورزی، حبوبات دارای کمترین بهره‌وری و گروه محصولات جالیزی دارای بیشترین بهره‌وری آب است. در میان محصولات موردبررسی ذرت علوفه‌ای بالاترین بهره‌وری را به خود اختصاص داده است.

بررسی وضعیت بهره‌وری در شهرستان‌های اصفهان، در گروه گیاهان جالیزی شهرستان شاهین‌شهر و اصفهان به ترتیب حداقل و حداکثر بهره‌وری، در دسته گیاهان علوفه‌ای شهرستان نطنز و نجف‌آباد به ترتیب حداقل و حداکثر، در دسته گیاهان صنعتی شهرستان نایین و فلاورجان به ترتیب حداقل و حداکثر، در دسته‌بندی غلات شهرستان خور و بیابانک و چادگان، به ترتیب حداقل و حداکثر، در دسته‌بندی سبزی‌ها شهرستان نجف‌آباد و اصفهان به ترتیب حداقل و حداکثر و در دسته‌بندی حبوبات شهرستان گلپایگان و شهرضا به ترتیب حداقل و حداکثر مقدار بهره‌وری را دارند. نکته قابل‌تأمل اینکه بر اساس نقشه متوسط بهره‌وری شهرستان‌های شهرضا و گلپایگان نزدیک هم می‌باشد (شکل 1)؛ اما در مورد حبوبات نتیجه بسیار متفاوتی دارند که باید به مسائلی مانند اقلیم در کاشت یک محصول توجه نمود و در الگوی کشت، مناطق با بهره‌وری بالاتر در یک محصول اجازه کشت آن محصول را داشته باشند.



شکل 1 - نقشه بهره‌وری متوسط استان اصفهان

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به بررسی‌های انجام‌شده در این مقاله، نتایج زیر به‌دست‌آمده است:

- بخش کشاورزی سهم قابل‌توجهی از این منابع را مصرف می‌کند. ارتقای بهره‌وری آب در کشاورزی یکی از مهم‌ترین راهبردها برای کاهش برداشت از منابع آبی کشور و مقابله با بحران کم‌آبی است. استفاده از روش‌های آبیاری هوشمند که با اندازه‌گیری رطوبت خاک و بررسی وضعیت آب‌وهوا به‌صورت خودکار اقدام به آبیاری می‌کنند، می‌تواند به کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری کمک کند. این فناوری‌ها همچنین باعث کاهش هزینه‌های مربوط به آبیاری، افزایش بازده محصول، و صرفه‌جویی در انرژی و منابع انسانی می‌شوند. این روش‌ها نشان داده‌اند که با به‌کارگیری فناوری‌های نوین و مدیریت بهینه، می‌توان به نتایج قابل‌توجهی در بهره‌وری آب‌دست یافت.

ارزیابی‌ها نشان داده‌اند که وضعیت بهره‌وری آب در برخی مناطق ضعیف است. این نتایج نشان می‌دهند که نیاز به برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری دقیق‌تر برای بهبود بهره‌وری آب در این مناطق وجود دارد.

- باتوجه‌به نتایج می‌توان راهکارهایی برای افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی پیشنهاد داد: تدوین و اجرای سیاست‌های مناسب برای مدیریت منابع آبی و افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی ضروری است. سرمایه‌گذاری در پژوهش و توسعه برای شناسایی و به‌کارگیری روش‌های جدید و کارآمد در مدیریت آب کشاورزی باید در اولویت قرار گیرد.

منابع

بشردوست، ف، رضایی، ع. 1394. بهره‌وری آب کشاورزی، اولین کنفرانس سالانه تحقیقات کشاورزی ایران، شیراز، ایران

پورغلام آمیجی، م، لیاقت، ع. و خوش‌روش، م. 1400. روش‌های ارتقای بهره‌وری آب محصولات کشاورزی، چاپ اول، انتشارات آینده‌سازان-شهر آب

عباسی، ف، عباسی، ن. و توکلی، ع. 1396. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم اندازها .آب و توسعه پایدار (1)4 ، 144-141.

قربانی مینائی، ل. و حسام، م. 1400. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب در کشاورزی، دومین کنفرانس بین المللی و پنجمین کنفرانس ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست، اردبیل، ایران

وزارت جهاد کشاورزی، 1399. گزارش سالانه آمار زراعی در استان اصفهان، اصفهان: وزارت جهاد کشاورزی

بررسی تأثیر پساب فاضلاب شهری بر برخی ویژگی‌های هیدرولیکی خاک

محسن دهقانی [1]، پریسا مشایخی [2]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، mdehqani@gmail.com

[2] عضو هیئت‌علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی اصفهان، mashayekhi_enj@yahoo.com

چکیده

باتوجه‌به کاهش کمی و کیفی منابع آب کشور و خشکسالی‌های چند سال اخیر، استفاده از پساب‌ها و فاضلاب‌ها از سوی کشاورزان به‌منظور آبیاری مزارع و باغات موردتوجه قرار گرفته است. این تحقیق با استفاده از پساب فاضلاب شهری و به‌صورت طرح آماری خرد شده با پایه قطعه کاملاً تصادفی با سه سطح تیمار آبیاری (آبیاری با پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب، آبیاری به‌صورت تناوبی با پساب و آب چاه و آبیاری با آب چاه)، در منطقه شمال اصفهان، انجام گردید میزان هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده در تیمار آبیاری با پساب در حدود 20 درصد بیشتر از تیمار آبیاری با آب چاه بود. همچنین بیشترین میزان اختلاف بین زمان پیشروی و پسروی در تیمار آبیاری با پساب (68/4 دقیقه) و کمترین آن مربوط به آبیاری با آب چاه (50/8 دقیقه) بود. نشان داد فرصت نفوذ آب به خاک در تیمار پساب بیشتر از تیمار آبیاری شده با آب چاه بوده است.

کلمات کلیدی: آبیاری سطحی، پساب، نفوذ

مقدمه

فاضلاب‌ها و پساب‌ها از طریق مختلف ویژگی‌های فیزیکی خاک را تغییر می‌دهند. نتایج تحقیقات متعددی نشان داد که استفاده از فاضلاب به‌عنوان آب آبیاری سبب بهبود بیشتر ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند نفوذپذیری، تخلخل و پیدایش ساختمان اسفنجی خاک می‌گردد (Nadav et al., 2012). در پژوهشی اثر 15 سال آبیاری با فاضلاب بر ویژگی‌های هیدرولیکی یک خاک رسی موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در هر سه عمق موردمطالعه شدت نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی در خاک تحت آبیاری با فاضلاب در مقایسه آبیاری با آب معمولی کمتر است (Assouline and Narkis, 2011). در یک پژوهش تأثیر آبیاری بلندمدت با فاضلاب تصفیه شده شهری کرمانشاه بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک موردمطالعه قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد مقادیر اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک اراضی تحت آبیاری با پساب نسبت به آب چاه، هدایت هیدرولیکی خاک را به‌صورت قابل‌ملاحظه‌ای افزایش داد (109% در عمق 0 تا 30 سانتی‌متری). اضافه بر این به‌کارگیری پساب باعث افزایش محتوای رطوبتی خاک در نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم شد، اما مقدار آب در دسترس را کاهش داد. با انجام یک تحقیق با کاربرد به‌منظور آبیاری، جرم مخصوص ظاهری لایه سطحی خاک کاهش و جرم مخصوص حقیقی آن افزایش یافت (Farmanifard et al., 2017). اثر آبیاری با پساب‌های شهری و صنعتی (به مدت هشت سال) و آب رودخانه (بیست سال) بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک در زمین‌های کشاورزی منطقه زرین‌شهر لنجان بررسی شد. نتایج مبین این بود که آبیاری با پساب‌های شهری و صنعتی موجب افزایش جرم مخصوص ظاهری و همچنین، باعث کاهش هدایت هیدرولیکی خاک، نفوذپذیری و دوکوهانه شدن منحنی رطوبتی خاک گردید (Khodadadi et al., 2015). نتایج یک تحقیق نشان داد که

مصرف استفاده از پساب فاضلاب شهری باعث افزایش نفوذ آب به خاک شد. این محقق دلیل این امر را به افزایش جزئی مواد آلی خاک، افزایش غلظت کلسیم و منیزیم خاک، افزایش فعالیت میکروبی خاک و بهبود رشد ریشه نسبت داد (Kabusi, 2014). در پژوهش انجام شده دیگری میزان نگهداشت آب در خاک با مصرف پساب تصفیه شده فاضلاب شهری در عمق سطحی خاک (15-0 سانتی‌متری) افزایش یافت (Loy et al., 2018). در مطالعه انجام شده دیگری میزان رطوبت خاک در نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم، در تیمار آبیاری با پساب فاضلاب، افزایش داشت (Tunc and Sahin, 2015). نتایج یک تحقیق نشان داد میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در لایسیمترهای مورد آبیاری با فاضلاب خام، بالاتر از میانگین آن در لایسیمترهای آبیاری شده با پساب تصفیه شده ثانویه و این مورد نیز بالاتر از میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در لایسیمترهای آبیاری شده با آب چاه قرار دارد (Hasan Oqli et al., 2005). در چند سال اخیر، خشکسالی باعث شده کشاورزان به استفاده از پساب‌ها و فاضلاب‌ها روی بیاورند. از طرفی کاربرد فاضلاب و پساب آن به دلیل افزودن نمک‌ها و مواد معلق (آلی و معدنی) به خاک سبب می‌شود که ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و هیدرولیکی خاک به‌مرورزمان دستخوش تغییرات قرار گیرد. ازآنجائی‌که ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک یک عامل مهم در کشاورزی و از عوامل تعیین‌کننده در برنامه‌ریزی آبیاری است؛ لذا آگاهی از تأثیر آبیاری با پساب بر ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک به‌عنوان امری اجتناب‌ناپذیر در استفاده از آب‌های نامتعارف مطرح می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی 98-1397 در یک مزرعه مجاور تصفیه خانه فاضلاب شهری شمال شرق اصفهان اجرا شد. این تحقیق به‌صورت طرح آماری خرد شده با پایه قطعه کاملاً تصادفی با سه سطح تیمار آبی (آبیاری با پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب و آبیاری به‌صورت تناوبی با پساب و آب چاه و آبیاری با آب چاه) در سه تکرار و چهار نوبت نمونه‌برداری انجام گردید. در زمین موردنظر، در ابتدا با استفاده از دوربین نقشه‌برداری شیب‌بندی زمین انجام گردید و جویچه‌ها ایجاد شد. فاصله پشته‌ها در جویچه‌های ایجاد شده 75 سانتی‌متر و طول جویچه‌ها 50 متر در نظر گرفته شد. در هر قطعه چهار مرتبه آبیاری با تیمارهای موردنظر انجام گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری دبی ورودی و خروجی و میزان نفوذ به زمین و تحت کنترل بودن شرایط آزمایش در ابتدا و انتهای جویچه‌ها فلوم‌ها کارگذاشته و تراز گردید. فلوم‌ها از تیپ WSC2 انتخاب گردید. به‌منظور اندازه‌گیری زمان پیشروی و پسروی فاصله بین فلوم‌ها توسط میخ چوبی به ده قسمت مساوی تقسیم شد. به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی خاک از هر مزرعه نمونه‌برداری به‌صورت نمونه دست‌نخورده در سه تکرار و بعد از انجام هر نوبت آبیاری (پس از رسیدن رطوبت خاک به حد تقریبی ظرفیت زراعی) انجام گردید. برای نمونه‌برداری از حلقه‌های فلزی با قطر داخلی 72 میلی‌متر و ارتفاع 40 میلی‌متر استفاده گردید. در این پژوهش برای بررسی تاثیر پساب بر ویژگی‌های هیدرولیکی خاک، نفوذ، راندمان، پیشروی و پسروی در آبیاری جویچه‌ای از روش دو نقطه‌ای الیوت واکر (Elliott and Walker, 1982) استفاده شد. این روش با تعیین نفوذ پایه (f_0) از هیدروگراف دبی ورودی- خروجی، شروع می‌شود. سپس با استفاده از اندازه‌گیری سرعت پیشروی در دو نقطه وسط و انتهای جویچه متغیرهای معادله نفوذ تعیین می‌گردد. در اواخر آبیاری، خاک به سرعت نفوذ پایه f_0 رسیده است. f_0 را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد.

$$f0 = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{l} \quad (1)$$

در رابطه Q_{in} دبی هیدروگراف ورودی و Q_{out} دبی هیدروگراف خروجی و l طول جویچه می‌باشد.

آزمایش با واردکردن دبی به جویچه شروع شده و همان لحظه دبی ورودی (ارتفاع آب در فلوم ورودی)، زمان رسیدن آب به میخ‌ها (زمان پیشروی) و دبی خروجی (ارتفاع آب در فلوم خروجی) قرائت گردید. همچنین در بین مدت آزمایش ارتفاع فلوم ورودی و خروجی قرائت گردید. زمانی که دبی هیدروگراف ورودی و خروجی هر دو هم زمان ثابت (حداقل سه قرائت با هم مساوی) شود، دبی ورودی قطع گردید و زمان پسروی (زمان محوشدن آب از سطح زمین) قرائت شد.

نتایج و بحث

جدول 1 نتایج آنالیز فیزیکی خاک منطقه موردمطالعه و نیز آنالیز شیمیایی آب و پساب استفاده شده در این پژوهش به ترتیب در جداول 1 و 2 ارائه شده است.

جدول 1- میانگین ویژگی‌های فیزیکی خاک مزارع موردمطالعه (قبل از آزمایش)

ویژگی‌های موردمطالعه	شن %	سیلت %	رس %	رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی (%)	رطوبت حجمی در ظرفیت زراعی (%)	وزن مخصوص ظاهری $gr.cm^{-3}$
خاک مزرعه	16	34	50	14	23/9	1/27

جدول 2- میانگین ویژگی‌های شیمیایی آب‌های استفاده شده برای آبیاری

	EC ds.m-1	pH	HCO3-	Cl	So42-	Ca+Mg	Na+	SAR Mmoll-1
			mEql-1					
آب چاه	2/8	7/0	3/0	13/7	12	14	14/1	5/3
پساب	1/5	7/5	4/7	7/2	21	8	7/5	3/8

همان‌طور که مشخص است pH پساب بالاتر از آب چاه بود که این امر به علت بالابودن غلظت یون بی‌کربنات در پساب بوده است. از سوی دیگر شوری آب چاه بالاتر از پساب بود.

جدول 3 نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف آبی را بر ویژگی‌های مختلف فیزیکی خاک در پایان انجام پروژه (پس از نوبت چهارم آبیاری) نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است تیمارهای مختلف آبی تأثیر معنی‌داری بر روی میزان رطوبت خاک در ظرفیت زراعی (FC) نداشتند. تأثیر تیمارهای مختلف آب مصرفی بر روی میزان رطوبت خاک در نقطه پژمردگی و همچنین وزن مخصوص ظاهری در حد 5 درصد و بر روی هدایت هیدرولیکی خاک در سطح 1 درصد معنی‌دار بوده است.

جدول3- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف آبیاری بر روی برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	FC	PWP	Ks	ρb
		میانگین مربعات			
تیمار(نوع آب آبیاری)	2	0/41ns	1/94*	502×106**	0/009*
تکرار	2	0/003ns	0/141ns	61/4×106ns	0/000ns
خطا	4	0/151	0/25	2/73×106	0/001
ضریب تغییرات	-	1/60	3/46	4/62	2/62

ns، *، ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد را نشان می‌دهد

جدول 4 نتایج مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده در خاک پس از اعمال تیمارهای مختلف آبیاری (آبیاری با آب چاه، پساب و مصرف متناوب آب چاه و پساب) را نشان می‌دهد.

جدول 4- میانگین نتایج برخی ویژگی‌های فیزیکی پس از اعمال تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار	FC (%)	PWP (%)	Ks (cmsec-1)	bρ (grcm-3)
آب چاه	23/9a	14b	87×10-6c	1/37a
پساب	24/6a	15/6a	109×10-6a	1/26b

تناوب آب چاه و پساب	24/3a	14/5b	91×10-6b	1/32a

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

باتوجه‌به نتایج ارائه شده در جدول 4، میانگین جرم مخصوص ظاهری در انتهای انجام آزمایش برای تیمارهای آبیاری شده با آب چاه، پساب و آبیاری متناوب با آب چاه و پساب معادل 1/37، 1/20 و 1/32 گرم بر سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد. جرم مخصوص ظاهری خاک مزرعه ای که با پساب آبیاری می‌شود کمتر از جرم مخصوص ظاهری خاک مزرعه‌ای که به‌صورت تناوبی با آب چاه و پساب آبیاری می‌شد، بدست آمد. یون سدیم موجود باعث تخریب ساختمان خاک و انسداد منافذ درشت شده و در کل باعث کم شدن حجم خلل و فرج موجود در خاک و متراکم‌تر شدن آن و در نهایت افزایش وزن مخصوص ظاهری در خاک شده است. در تیمار آبیاری با پساب وجود کلسیم و منیزیم بالاتر موجب بهبود وضعیت ساختمان خاک و پایداری خاکدانه‌ها شده و همین امر باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک شده است. جرم مخصوص حقیقی خاک در پایان آزمایش در هر سه تیمار بدون تغییر نسبت به قبل از اعمال تیمارها و معادل 2/2 گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. این نتایج با تحقیقات محققین دیگر مطابقت دارد. محمودی و حکیمیان (1379) بیان کردند، جرم ویژه حقیقی در یک خاک همواره ثابت بوده و با تغییر مقدار خلل و فرج خاک هیچ تغییری نمی‌کند. میانگین هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف پس از نوبت چهارم آبیاری به ترتیب زیاد به کم به‌صورت تیمار آبیاری با پساب (10^{-6}×109 سانتی‌متر بر ثانیه)، تیمار آبیاری شده با آب چاه و پساب به‌صورت متناوب (10^{-6}× 91 سانتی‌متر بر ثانیه) و تیمار آبیاری با آب چاه (10^{-6}×87 سانتی‌متر بر ثانیه) بوده است.

همچنین پیشروی آب بر روی سطح خاک عامل مهمی در مدیریت روش‌های آبیاری سطحی می‌باشد. زمانی که طول می‌کشد تا آب به انتهای مزرعه برسد تقریب خوبی از زمان قطع جریان آب ورودی است که بیانگر زمان پایاب مزرعه یا غرقابی شدن انتهای مزرعه می‌باشد.

جدول 5- پیشروی، پسروی آبیاری اول آب چاه، پساب و تناوبی

فاصله (m)	(تیمار تناوبی)		(تیمار آب پساب)		(تیمار آب چاه)	
	زمان پیشروی (min)	زمان پسروی (min)	زمان پیشروی (min)	زمان پسروی (min)	زمان پیشروی (min)	زمان پسروی (min)
0	0	41/2	0	44/8	0	62/7
5	3/1	51/1	2/8	67/8	1/3	72/3
10	4/5	54/0	4/7	72/9	2/5	74/8
15	5/9	65/0	6/8	75/8	5/3	78/1
20	6/5	67/2	7/8	80/2	12/2	81/5
25	6/5	68/3	8/5	84/1	16/2	83/2
30	10/5	69/8	12/5	85/7	22/5	85/1
35	12/1	71/5	15/9	87/3	28/4	87/6
40	13/7	73/1	17/3	88/1	32/3	90/4
45	14/8	75/3	19/5	88/9	38/6	94/1
50	16/3	77/1	21/4	89/8	45/3	96/1

باتوجه‌به نتایج ارائه شده در جدول 5، بیشترین میزان اختلاف بین زمان پیشروی و پسروی در تیمار آبیاری با پساب بود (68/4 دقیقه) و کمترین آن مربوط به آبیاری با آب چاه (50/8 دقیقه)، که این امر نشان می‌دهد فرصت نفوذ آب به خاک در تیمار پساب بیشتر

از تیمار آبیاری شده با آب چاه بوده است. فرصت نفوذ آب به خاک از زیاد به کم به ترتیب شامل تیمار آبیاری با پساب، آبیاری متناوب با پساب و آب چاه و در نهایت آبیاری با آب چاه بود.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میانگین هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری‌شده در تیمارهای مختلف به ترتیب زیاد به کم به‌صورت تیمار آبیاری با پساب، تیمار آبیاری شده با آب چاه و پساب به‌صورت متناوب و تیمار آبیاری با آب چاه بوده است. میزان هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری‌شده در تیمار آبیاری با پساب در حدود 20 درصد بیشتر از تیمار آبیاری با آب چاه بود. علت این امر را می‌توان به افزایش مواد آلی خاک در اثر مصرف پساب و نیز افزایش غلظت کلسیم و منیزیم خاک، افزایش فعالیت میکروبی خاک و بهبود ساختمان خاک نسبت داد. بیشترین میزان اختلاف بین زمان پیشروی و پسروی در تیمار آبیاری با پساب و کمترین آن مربوط به آبیاری با آب چاه که این امر نشان می‌دهد فرصت نفوذ آب به خاک در تیمار پساب بیشتر از تیمار آبیاری شده با آب چاه بوده است.

منابع

Assouline, S. and Narkis, K. 2011. Effects of long-term irrigation with treated wastewater on the hydraulic properties of a clayey soil. Water Resources Research, 47(8), 1-12.

Farmanifard, M., Qamarnia, H., Pirsaheb, M. and Fatahi, N. 2017. The effect of long-term irrigation with treated wastewater of Kermanshah city on some soil physical characteristics. Journal of Water Research in Agriculture, 31 (3), 493-508. In Persian.

Hasan Oqli, A., Liaqat, A., Mirabzadeh, M., Vothoqi, M. and tomorrow, AH . 2005. Investigating the effects of irrigation with domestic wastewater on the transfer of substances to the depth of the soil and the quality of drainage water coming out of the lysimeter. Proceedings of the 11th Conference of Iran's National Irrigation and Drainage Committee. Tehran, January 3 and 4, 2012, 317-334. In Persian.

Kabusi, K. 2014. Evaluation of medium-term effects of irrigation with treated wastewater on physical and chemical properties of soil (case study: Wastewater treatment plant of Bandar Gaz city). Journal of Land Management, 2(2), 110-95. In Persian.

Khodadadi, N., Ghorbani Dashtaki, Sh. and Kayani, Sh. 2015. The effect of irrigation water quality on some physical characteristics of the soil in the lands cultivated with rice (Oryza Sativa) 15-28. Journal of Water and Soil Resources Protection, 4(3), 15-28. In Persian.

Loy, S., Amjad, T. Assi., Rabi, H., Morgan, M. and Jantrania, A. 2018 .The effect of municipal treated wastewater on the water holding properties of a clayey, calcareous soil. Science of the Total Environment, 643, 807–818.

Nadav, I., Arye, G., Tarchitzky J. and Chen, Y. 2012. Enhanced infiltration regime for treated-wastewater purification in soil aquifer treatment (SAT). Journal of Hydrology, 421, 275–283.

Tunc, T. and Sahin, U. 2015. The changes in the physical and hydraulic properties of a loamy soil under irrigation with simpler-reclaimed wastewaters. Agricultural Water Management, 158, 213–224.

بررسی تأثیر رژیم‌های آبیاری بر ویژگی‌های کمّی میوه هندوانه

ام‌لیلا رشیدی [1]، نیاز علی ابراهیمی پاک [2]، جواد سرحدی [3]

[1] محقق، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ol_rashidi@yahoo.com

[2] دانشیار، بخش تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

چکیده

این مطالعه به‌منظور ارزیابی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری (115، 100، 85، 65، 55 و 45 درصد نیاز آبی) بر اجزای عملکرد هندوانه در قالب طرح پایه قطعه کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد بیشترین تعداد میوه در بوته (1/1) متعلق به تیمار 100 درصد نیاز آبی (شاهد) بود که نسبت به تیمارهای 115 و 85 درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌داری نداشت. میانگین وزن میوه در تیمار 45 درصد نیاز آبی (2/6 کیلوگرم) کاهش 36 درصدی نسبت به شاهد را نشان داد. بیشترین و کمترین مقدار طول میوه به ترتیب در تیمارهای 115 درصد نیاز آبی (23/6 سانتی‌متر) و 55 درصد نیاز آبی (18/3 سانتی‌متر) مشاهده شد. عرض میوه در تیمار 45 درصد نیاز آبی (15/66 سانتی‌متر) نسبت به شاهد کاهش 12 درصدی را نشان داد. باتوجه‌به نتایج مطالعه، در رابطه با ویژگی‌های مورد بررسی تیمارهای 115 و 85 درصد نیاز آبی با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند، لذا مصرف آب بیش از نیاز گیاه توصیه نمی‌شود و در شرایط کمبود آب، کم‌آبیاری تا حد 85 درصد نیاز آبی قابل توصیه می‌باشد.

کلمات کلیدی: تعداد میوه در بوته، کم آبیاری، میانگین وزن میوه، هندوانه

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود آب موجب محدودیت توسعه کشاورزی می‌شود. در این مناطق، کاهش بارندگی به دلیل شرایط اقلیمی از یک سو و مصرف بی‌رویه آب از سوی دیگر، تغییر اساسی در راهبردهای مدیریت کشاورزی را ایجاب می‌کند (Rashidi et al., 2023). کم آبیاری یکی از راهکارهای کاهش مصرف آب شناخته می‌شود؛ اما این روش می‌تواند اثرات منفی بر کمیت محصول داشته باشد. باتوجه‌به اینکه هندوانه به‌عنوان یک گیاه آب‌بر شناخته شده است (تافته و همکاران، 1402) بنابراین اعمال کم‌آبیاری، درحدی که اثرات منفی کمتری بر محصول داشته باشد، نقش مهمی در کاهش مصرف آب خواهد داشت. هرچند اعمال کم‌آبیاری موجب کاهش عملکرد و اجزای آن در این محصول می‌شود (پرخیده و همکاران، 1397) اما با شناخت مقدار واکنش خصوصیات گیاه به مقادیر مختلف کم‌آبیاری، می‌توان میزان آب آبیاری را تا حدی کاهش داد تا ضمن کاهش مصرف آن، کمترین تأثیر منفی را بر خصوصیات میوه داشته باشد. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر خصوصیات کمّی میوه هندوانه انجام شد تا تیمار مناسب کم‌آبیاری که کمترین اثر منفی را بر خصوصیات کمّی میوه داشته باشد، تعیین شود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی 1401-1400 در شرایط مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان اجرا شد. تحقیق در قالب طرح قطعه کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شش سطح (115

درصد، 100 درصد (شاهد)، 85 درصد، 65 درصد، 55 درصد و 45 درصد نیاز آبی) بود. نیاز آبی، پس از محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل به روش پنمن- مانتیث فائو و ضرب ضریب گیاهی در آن، محاسبه شد. کاشت بذر در دی‌ماه به‌صورت مستقیم و در دو طرف جوی صورت گرفت و آبیاری به روش قطره‌ای با استفاده از نوار تیپ (برای هر دو خط کشت، یک خط نوار تیپ) انجام شد. در پایان دوره رشد، تعداد میوه در بوته، میانگین وزن میوه، طول و عرض میوه و ضخامت پوست میوه اندازه‌گیری شد. در پایان داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان می‌دهد که سطوح آبیاری بر تعداد میوه در بوته در سطح 5 درصد و در سطح یک درصد بر صفات میانگین وزن میوه، طول و عرض میوه تأثیر معنی‌داری داشت اما تأثیر آن بر ضخامت پوست میوه معنی‌دار نشد (جدول 1).

جدول 1- تجزیه واریانس اثر تیمار آبیاری بر صفات موردمطالعه

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد میوه در بوته	میانگین وزن میوه	طول میوه	عرض میوه	ضخامت پوست میوه
تکرار	2	0/01	0/36	7/06	0/92	0/27
آبیاری	5	0/06*	1/56**	15/11**	4/95**	0/51
خطا	10	0/02	0/2	2/43	0/68	0/34
CV (%)	-	13/25	13	7/5	4/8	5/1

بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول 2) بیشترین تعداد میوه در بوته متعلق به تیمار 100 درصد نیاز آبی است و کمترین آن در تیمار 45 درصد نیاز آبی مشاهده شد. تعداد میوه در بوته در تیمار 85 درصد نیاز آبی، 6 درصد کمتر از شاهد بود که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. تیمار 115 درصد نیاز آبی نیز در رابطه با این صفت با شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. Katerji et al. (1993) دلیل کاهش تعداد میوه در شرایط کم‌آبیاری را افزایش سقط گل در پی کاهش پتانسیل آب برگ در مرحله زایش گیاه عنوان کردند. در واقع کاهش پتانسیل آب باعث کاهش جذب عناصر غذایی توسط گیاه شده و سقط گل و در نتیجه کاهش تولید میوه را منجر می‌شود.

جدول 2- مقایسه میانگین صفات موردمطالعه

تیمار نیاز آبی	تعداد میوه در بوته	میانگین وزن میوه (kg)	طول میوه (cm)	عرض میوه (cm)
45 درصد	0/76 ^{c}	2/6 ^{c}	18/7 ^{c}	15/66 ^{c}
55 درصد	0/84 ^{bc}	2/71 ^{c}	18/3 ^{c}	15/86 ^{c}
65 درصد	0/9 ^{abc}	3/23 ^{bc}	22/01 ^{bc}	17/6 ^{ab}
85 درصد	1/03 ^{ab}	3/74 ^{ab}	22/01 ^{ab}	17/16 ^{bc}
100 درصد	1/1 ^{a}	4/08 ^{ab}	22/63 ^{a}	17/82 ^{ab}
115 درصد	1/09 ^{a}	4/34 ^{a}	23/6 ^{a}	19/1 ^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح 5% فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

باتوجه‌به جدول مقایسه میانگین (2)، میانگین وزن میوه در تیمارهای 115، 100 و 85 درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت و میانگین این صفت در سه تیمار 65، 55 و 45 درصد نیاز آبی نیز با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌آبیاری در مرحله رشد میوه، رشد میوه را محدود کرده و موجب کاهش وزن آن شده است. جعفری و جلالی (1394) نیز کاهش تعداد میوه در بوته و میانگین وزن میوه هندوانه را در شرایط کم‌آبیاری گزارش کردند.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول 2) اعمال کم‌آبیاری موجب کاهش طول میوه شد. بیشترین طول میوه (23/11 سانتی‌متر) متعلق به تیمار 115 درصد نیاز آبی بود که نسبت به شاهد افزایش 1/5 درصدی را نشان داد. کمترین مقدار این صفت در تیمار 45 درصد نیاز آبی (18/11 سانتی‌متر) با کاهش 20 درصدی نسبت به شاهد مشاهده شد. عرض میوه نیز با اعمال کم‌آبیاری کاهش یافت به طوریکه تیمار 45 درصد نیاز آبی کاهش 12 درصدی را نسبت به شاهد نشان داد (جدول 2). برزگر و همکاران (1395) کاهش طول و عرض میوه خربزه را با اعمال کم‌آبیاری مشاهده کردند.

منابع

برزگر، ط.، لطفی، ه.، ربیعی، و.، قهرمانی ز. و نیکبخت، ج. 1395. بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر صفات کمی و کیفی میوه برخی از توده‌های خربزه ایرانی. به‌زراعی کشاورزی، 18 (1): 171-157.

پرخیده، ج.، برزگر ط. و نکونام، ف. 1397. واکنش رشد، عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی هندوانهٔ رقم چارلستون‌گری پیوند شده روی پایهٔ هندوانهٔ ابوجهل به تنش کم آبیاری. علوم باغبانی ایران، 49 (2): 550-539.

تافته، آ.، صفر پور حقیقی، ش.، رشیدی ا. ل. و عبدزادگوهری، ع. 1402. بررسی توابع تولید آب مصرفی در تعیین عملکرد دو رقم هندوانه در تنش آبی. مدل‌سازی و مدیریت آب‌وخاک، 3 (3): 307-296.

جعفری، پ. و جلالی، ا. ه. 1394. تأثیر کم آبیاری بر عملکرد، اجزاء عملکرد و تولید بذر سه رقم هندوانه. تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، 5 (16): 22-15.

Katerji, M., Mastorilli, M. and Hamedi, A. 1993. Effect of water stress on the different growth stages on pepper yield. Acta Horticulturae, 355: 165-171.

Rashidi,O.L., Hajabbasi, M.A., Naghavi, H., Gheysari, M. and Razmjoo J. 2023. Introducing a suitable strategy to improve wheat properties and water productivity under moisture stress conditions in a sandy loam soil. Journal of Agricultural Science and Technology, 25 (6): 1455-1467.

بررسی تغییرات حداکثر بهره‌وری آب برنج در استان مازندران

محمد اسماعیل کمالی [1]، مرضیه باقری خانقاهی [2]

[1] استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی گرگان، Kamalipasha@yahoo.com،

[2] دانشجوی دکتری مهندسی آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، Marziehb67@yahoo.com

چکیده

کشت برنج و امنیت غذایی آن در کشور ما به‌خصوص در استان‌های شمالی، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. پژوهش حاضر باهدف بررسی نیاز آبی، بهره‌وری آب و عملکرد محصول برنج باتوجه‌به وضعیت اقلیم در شهرهای بهشهر، ساری، بابلسر و نوشهر واقع در استان مازندران می‌پردازد. به همین منظور اطلاعات موردنیاز شامل داده‌های اقلیمی روزانه، اطلاعات سطح زیر کشت، میزان تولید محصولات سالانه برای یک دوره 10ساله 1392 الی 1401 جمع‌آوری شد. نیاز آبی به روش دومرحله‌ای فائو و تبخیر تعرق مرجع به روش فائو پنمن- مانتیث برآورد گردید. نیاز خالص آبیاری نیز باتوجه‌به میزان بارش مؤثر، میزان آب موردنیاز برای عملیات پادلینگ و غرقاب اولیه به دست آمد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، بیشترین نیاز آبی و نیاز آبیاری خالص مربوط به شهر بهشهر بوده است. درحالی‌که کمترین مقدار آن مربوط به شهر نوشهر (مناطق غربی استان) بوده است. همچنین بیشترین میزان حداکثر بهره‌وری آب و حداکثر بهره‌وری آب آبیاری در شهر بهشهر به‌دست‌آمده است.

کلمات کلیدی: برنج، حداکثر بهره‌وری آب، عملکرد، نیاز آبیاری

مقدمه

برنج یکی از مهم‌ترین غلات بعد از گندم و غذای عمده بیش از نصف مردم دنیا است. در سال زراعی 2020 حدود 164/19 میلیون هکتار سطح زیرکشت برنج در سراسر جهان وجود داشت (FAO, 2020). برنج بیشترین نیاز آبی را در بین تمام محصولات کشاورزی دارد. استان مازندران دارای بیش از 215 هزار هکتار سطح زیر کشت برنج است و اکثر این اراضی به‌صورت غرقابی و با نگهداشتن تقریباً 5 سانتی‌متر آب روی خاک آبیاری می‌شوند که مقدار زیادی از آن به‌صورت تبخیر، نشت و نفوذ آب از بین می‌رود. هم‌چنین آماده سازی بستر کشت برای برنج نیز آب زیادی را مصرف می‌کند که تقریباً بیست درصد از مصرف آب در کشت این محصول را شامل می‌شود. لذا در این پژوهش تغییرات نیاز آبیاری و بهره‌وری آب محصول برنج در سال‌های زراعی مختلف بررسی شد. بررسی‌ها نشان داد که خشکسالی و یا رطوبت زیاد ناشی از بارندگی بیش از حد، تأثیر منفی بر برنج دارد و عملکرد محصول کاهش می‌یابد (Lavane et al., 2023). هم‌چنین نتایج تحقیق فیض‌بخش و فرجی (1401) نشان داد که بیشترین بهره‌وری آب برنج به تاریخ کشت به موقع برنج، تعلق دارد.

مواد و روش‌ها

همان‌طور که در معادله 1 مشاهده می‌شود، حداکثر بهره‌وری آب برابر با نسبت عملکرد محصول به نیاز آبی محصول است. نیاز آبی گیاهان برابر است با مقدار تبخیر تعرق گیاه در شرایط بهینه رطوبتی که هیچ محدودیتی از نظر خاک، آب، آفات و بیماریهای گیاهی نباشد (Allen et al., 1990). برای برآورد نیاز آبی گیاهان در این پژوهش از سامانه نیاز آب (http://niwr.ir) استفاده شده است. در این سامانه نیاز آبی گیاهان از حاصل‌ضرب ضریب گیاهی در تبخیر تعرق مرجع بدست آمده است و تبخیر تعرق مرجع نیز به روش فائو پنمن- مانتیث محاسبه شده است. باید توجه داشت که با استفاده از این سامانه نیاز آبیاری خالص برنج محاسبه می‌شود. اما برای محاسبه میزان نیاز آبیاری ناخالص باید میزان آب مورداستفاده جهت تهیه بستر کشت (پادلینگ یا گل آب کردن) نیز در نظر گرفته شود. تحقیقات نشان داده است که به طور میانگین 2000 مترمکعب آب برای عملیات پادلینگ استفاده می‌شود. لذا این مقدار نیز باید به میزان نیاز آبیاری برنج اضافه شود. هم‌چنین برنج عموماً به‌صورت غرقابی و با نگهداشتن تقریباً 5 سانتی‌متر آب روی خاک آبیاری می‌شوند. لذا این مقدار آبیاری اولیه نیز باید به میزان نیاز آبیاری برنج اضافه شود. لذا برای محاسبه حداکثر بهره‌وری آب آبیاری در این پژوهش، مقدار نیاز آبیاری ناخالص برنج به‌صورت معادله 1 محاسبه شده است. شایان ذکر است که نیاز آبیاری خالص حاصل کسر بارش موثر از نیاز آبی در دوره رشد محصول است.

(1) آب موردنیاز جهت غرقاب نمودن اولیه+ آب موردنیاز جهت عملیات پادلینگ+ نیاز آبیاری خالص (از سامانه نیاز آب)= نیاز آبیاری ناخالص

در این پژوهش، تغییرات نیاز آبی، نیاز آبیاری، حداکثر بهره‌وری آب و پتانسیل بهره‌وری آب آبیاری برای محصول برنج در دوره 10ساله 1392 الی 1401 در استان مازندران بدست آمده است. به دلیل تفاوت در مقادیر شاخص‌های اقلیمی در نقاط جغرافیایی مختلف استان مازندران، 4 شهر بهشهر، ساری، بابلسر و نوشهر جهت بررسی انتخاب شدند. باتوجه‌به اطلاعات منطقه‌ای، تاریخ کشت برای برنج 10 اردیبهشت در نظر گرفته شد. آمار و اطلاعات سطح زیرکشت و میزان تولید محصول برنج در مناطق مطالعاتی از سازمان جهاد کشاورزی تهیه شد (www.maj.ir). حداکثر بهره‌وری آب و حداکثر بهره‌وری آب آبیاری برنج نیز با استفاده از معادلات 2 و 3 بدست می‌آید.

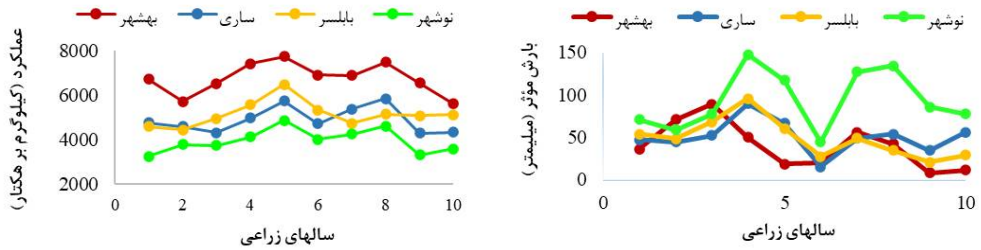
(2)

(3)

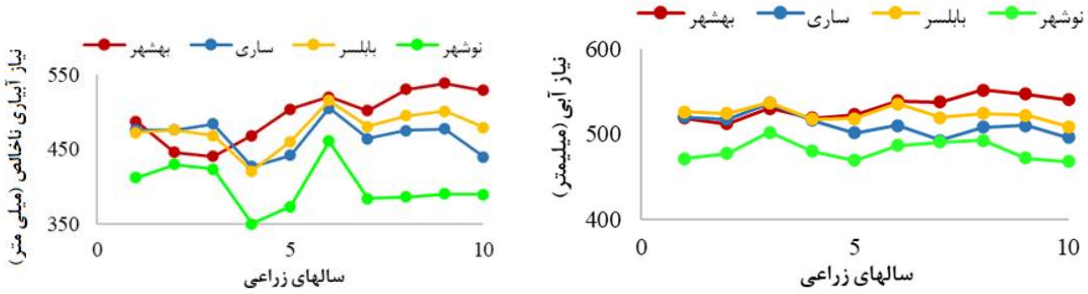
نتایج و بحث

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، بیشترین نیاز آبی و نیاز آبیاری خالص و ناخالص مربوط به شهر بهشهر بوده است. درحالی‌که کمترین مقدار آن مربوط به شهر نوشهر (مناطق غربی استان) بوده است (شکل 1 و 2). این به دلیل آن است که در مناطق غربی استان به دلیل نزدیکی رشته کوه‌های البرز به دریا، تراکم ابرها بیشتر بیشتر بوده و لذا دما کاهش پیدا کرده و بارش افزایش می‌یابد. این امر میزان نیاز آبی را در مناطق غربی استان کاهش می‌دهد. از طرفی دیگر بیشترین میزان بهره‌وری حداکثر آب و بهره‌وری حداکثر آب آبیاری متعلق به شهر بهشهر بوده است (شکل 4). بررسی مقادیر عملکرد برنج در شهرهای مذکور (شکل 1) نشان می‌دهد که میزان عملکرد برنج در شهر بهشهر بیشتر از شهرهای دیگر است. لذا با وجود اینکه نیاز آبی و آبیاری برنج در بهشهر بیشتر از شهرهای دیگر است ولی عملکرد آن نیز بیشتر از شهرهای دیگر است و این افزایش عملکرد به حدی است که موجب افزایش مقدار بهره‌وری حداکثر آب

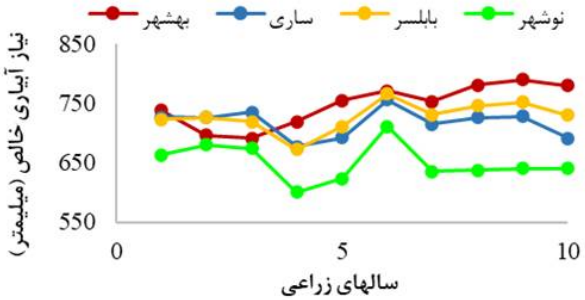
و بهره‌وری حداکثر آب آبیاری آن نسبت به شهرهای دیگر شده است. شهر نوشهر نیز کمترین مقدار بهره‌وری حداکثر آب و بهره‌وری پتانسیل آب آبیاری را دارا بوده است.



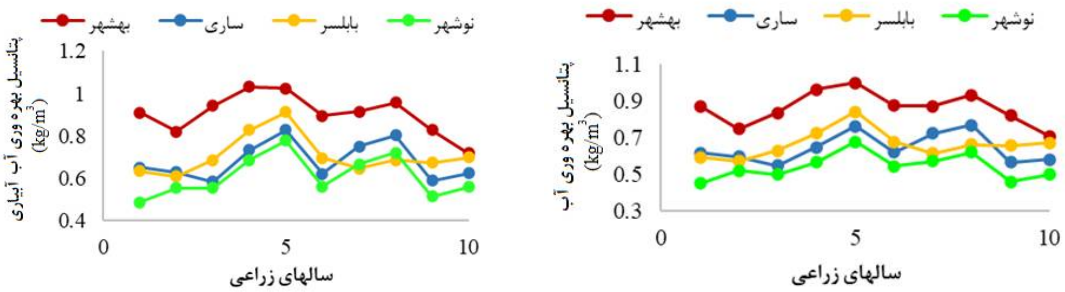
شکل 1- روند تغییرات بارش مؤثر و عملکرد برنج در طی سال‌های زراعی 1401-1392



شکل 2- روند تغییرات نیاز آبی و نیاز آبیاری ناخالص برنج در طی سال‌های زراعی 1401-1392



شکل 3- روند تغییرات نیاز آبیاری خالص برنج در طی سال‌های زراعی 1401-1392



شکل 4- روند تغییرات حداکثر بهره‌وری آب و حداکثر بهره‌وری آب آبیاری برنج در طی سال‌های زراعی 1401-1392

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تغییرات نیاز آبی و بهره‌وری حداکثر آب محصول برنج در مناطق مختلف استان مازندران بررسی شده است. شایان‌ذکر است برای به‌دست‌آوردن نیاز آبی و آبیاری در این پژوهش از سامانه نیاز آب استفاده شده است. اما با استفاده از این سامانه نیاز آبی و آبیاری خالص برنج محاسبه می‌شود. اما باید توجه داشت که برای محاسبه میزان نیاز آبی و آبیاری ناخالص باید میزان آب مورداستفاده جهت تهیه بستر کشت (پادلینگ یا گل آب‌کردن) نیز در نظر گرفته شود. همچنین برنج عموماً به‌صورت غرقابی آبیاری می‌شوند؛ لذا آب موردنیاز جهت غرقاب نیز باید به میزان نیاز آبی و آبیاری برنج اضافه شود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، بیشترین نیاز آبی و نیاز آبیاری خالص و ناخالص مربوط به شهر بهشهر بوده است. درحالی‌که کمترین مقدار آن مربوط به شهر نوشهر بوده است. از طرفی دیگر بیشترین میزان بهره‌وری حداکثر آب و بهره‌وری حداکثر آب آبیاری متعلق به شهر بهشهر استان بوده است. بررسی مقادیر عملکرد برنج در شهرهای مذکور نشان می‌دهد که میزان عملکرد برنج در شهر بهشهر بیشتر از شهرهای دیگر است؛ لذا باوجوداینکه نیاز آبی و آبیاری برنج در بهشهر بیشتر از شهرهای دیگر است؛ ولی عملکرد آن نیز بیشتر از شهرهای دیگر است و این افزایش عملکرد به حدی است که موجب افزایش مقدار بهره‌وری حداکثر آب و بهره‌وری حداکثر آب آبیاری آن نسبت به شهرهای دیگر شده است. شهر نوشهر نیز کمترین مقدار بهره‌وری حداکثر آب و بهره‌وری حداکثر آب آبیاری را دارا بوده است.

منابع

فیض‌بخش، م.ت. و فرجی، ا. 1401. آثار تاریخ کاشت بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب برنج به روش کشت مستقیم در بستر خشک. نشریه به‌زراعی کشاورزی؛ 24(2): 437-447.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. FAOSTAT–Food and Agriculture Data. Available online:http://www.fao.org/faostat/en/#data (accessed on 5May 2020).

Lavane, K., Kumar, P., Meraj, G., Han, T.G., Ngan, L.H.B., Lien, B.T.B., Van Ty, T., Thanh, N.T., Downes, N.K., Nam, N.D.G.,et al. 2023. Assessing the Effects of Drought onRice Yields in the Mekong Delta.Climate 2023, 11(13). https://doi.org/10.3390/cli11010013.

World Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2007. Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements), FAOIrrigation and Drainage Paper No.56.

بررسی تغییرات نیاز آبی و بهره‌وری آب محصول گندم در استان مازندران با استفاده از سامانه نیاز آب

محمد اسماعیل کمالی [1]، مرضیه باقری خانقاهی [2]

[1] استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی گرگان، Kamalipasha@yahoo.com

[2] دانشجوی دکتری مهندسی آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، Marziehb67@yahoo.com

چکیده

استان مازندران یکی از قطب‌های کشاورزی در ایران است؛ لذا بررسی تغییرات نیاز آبی و بهره‌وری آب و شاخص‌های کمی و کیفیت تولیدات زراعی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. به همین منظور پژوهش پیشرو به ارزیابی تغییرات نیاز آبی، عملکرد و بهره‌وری آب پتانسیل محصول گندم در استان مازندران در دوره 10ساله 1392 الی 1401 می‌پردازد. ازآنجایی‌که اقلیم مازندران از غرب به شرق متفاوت است، این ارزیابی در سه منطقه شرقی، مرکزی و غربی انجام پذیرفت. نیاز آبی به روش دومرحله‌ای فائو و تبخیر تعرق مرجع به روش فائو پنمن- مانتیث برآورد گردید که از سامانه نیاز آب مستخرج شد. نتایج نشان داد در طی سال‌های مختلف، بیشترین و کمترین مقدار نیاز آبی گندم در شهرهای بهشهر و بابلسر به‌دست‌آمده است. همچنین بیشترین و کمترین بهره‌وری آب پتانسیل به ترتیب در شهرهای بابلسر و نوشهر به‌دست‌آمده است. باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده، به‌منظور بهبود بهره‌وری آب، برآورد دقیق نیاز آبی و آبیاری، تهیه برنامه آبیاری منطبق با دوره رشد گیاه و انجام آبیاری بر اساس نیاز آبی و منطبق با تقویم آبیاری محصول امری ضروری است.

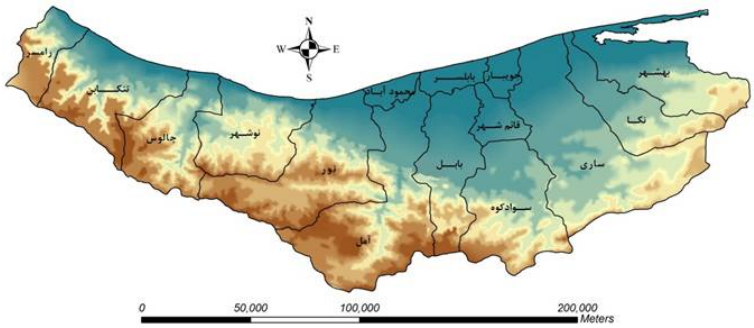
کلمات کلیدی: بهره‌وری آب پتانسیل، عملکرد، گندم، نیاز آبی

مقدمه

شرایط آب‌وهوایی استان‌های حاشیه دریای خزر مانند مازندران، توان‌های محیطی مناسبی برای توسعه کشاورزی و کشت محصولات راهبردی نظیر گندم فراهم کرده است (صادقی و همکاران، 1401). لذا ازآنجاکه تغییر مؤلفه‌های اقلیمی نظیر بارش، دما، فراوانی و شدت پدیده‌های حدی مانند خشکسالی، سیلاب و طوفان‌ها به شیوه‌های مختلف بر رشد و تولید محصولات کشاورزی مناطق شمالی ایران تأثیر می‌گذارد، بررسی نیاز آبی، بهره‌وری آب و عملکرد محصولات راهبردی مانند گندم در گذر زمان بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در سال زراعی 1403-1402 استان مازندران بیش از 58 هزار هکتار سطح زیر کشت گندم دارا بوده است. بیشترین سطح زیر کشت گندم در استان مازندران در مناطق شرقی بویژه شهرستان‌های بهشهر، نکا و گلوگاه است. نتایج تحقیق جوزی و ابراهیمی‌پاک (1403)، نشان داد که میانگین نیاز آبی گندم در شهرهای سنقر، کرمانشاه و سرپل ذهاب به‌ترتیب 650، 727 و 483 میلی‌متر بدست آمد. همچنین طبق مطالعات عابدی و همکاران (1400)، به‌منظور افزایش بهره‌وری آب، می‌بایست برنامه‌ریزی آبیاری به درستی انجام شود و مقادیر آب آبیاری در زمان‌های بارش، کاهش یابد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه در این پژوهش استان مازندران بوده است. ازآنجایی‌که شاخص‌های اقلیمی برای مناطق شرق و غرب استان متفاوت می‌باشد، این پژوهش در چهار شهر بهشهر، ساری، بابلسر و نوشهر در بخش‌های شرقی، مرکزی و غربی استان انجام گردید (شکل 1).



شکل 1- مناطق موردمطالعه و نقشه رقومی ارتفاع در این مناطق

برای به‌دست‌آوردن مقادیر نیاز آبی و نیاز آبیاری گندم از سامانه نیاز آب استفاده شد (www.niwr.ir). نیاز آبی گیاه در شرایط استاندارد (ETc) عبارت است از تبخیر تعرق گیاه در شرایط خاک حاصلخیز، عاری از امراض، در شرایط بهینه رطوبتی که شرایط آب‌وهوای موجود دارای بازدهی کامل باشد. در این سامانه نیاز آبی بر اساس روش دومرحله‌ای فائو به‌دست‌آمده است که از حاصل‌ضرب تبخیر تعرق مرجع در ضریب گیاهی (معادله 1) بدست می‌آید (Allen et al., 1990).

E (1)

که در آن ETc تبخیر و تعرق گیاه (میلیمتر بر روز)، Kc ضریب گیاهی و ETo تبخیر-تعرق مرجع (میلیمتر بر روز) می‌باشد. تبخیر-تعرق مرجع نیز با استفاده از روش فائو- پنمن- مانتیث برای تمام شهرهای موردمطالعه محاسبه شد (معادله 2).

E (2)

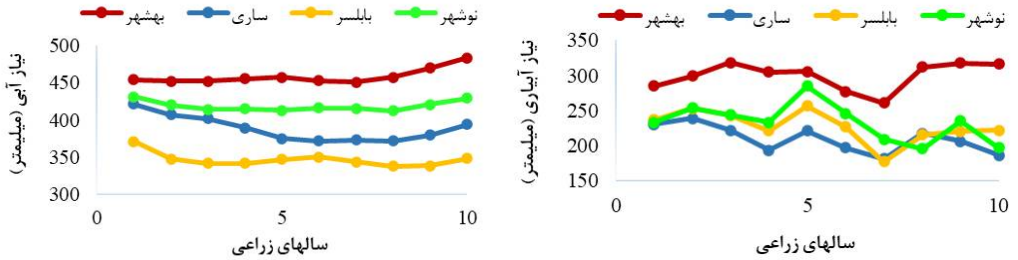
که در آن؛ ETo تبخیر و تعرق مرجع ($\frac{mm}{day}$)، Rn تابش خالص ورودی به سطح گیاه ($\frac{MJ}{m^2.day}$)، G شار گرمای خاک ($\frac{MJ}{m^2.day}$)، T میانگین روزانه دمای هوا در ارتفاع دو متری (C^0)، U2 میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع دو متری ($\frac{m}{s}$)، es فشار بخاراشباع (KPa)، ea فشار بخار واقعی (KPa)، es – ea کمبود فشار بخاراشباع (KPa)، Δ شیب منحنی فشار بخار ($\frac{KPa}{C^0}$)، γ ضریب ثابت سایکرومتری ($\frac{KPa}{C^0}$) می‌باشد (Allen et al., 1990). با استفاده از داده‌های هواشناسی، نیاز آبی به‌صورت روزانه برای همه شهرها بدست آمد و در انتها نیاز آبی سالانه محاسبه گردید. در طول فصل زراعی مقدار بارش موثر نیز محاسبه گردید و از کسر بارش مؤثر از مقدار نیاز آبی، نیاز آبیاری گندم بدست آمد. باتوجه‌به اطلاعات منطقه‌ای، تاریخ کشت گندم برای مناطق مطالعاتی، 16 آبان در نظر گرفته شد و نیاز آبی بر این اساس محاسبه شد. اطلاعات سطح زیرکشت و میزان تولید محصولات مناطق مطالعاتی از گزارشات سامانه وزارت جهاد کشاورزی (www.maj.ir) تهیه شد. شاخص بهره‌وری آب پتانسیل و بهره‌وری آب آبیاری پتانسیل با استفاده از داده‌های عملکرد محصول، مقادیر نیاز آبی و نیاز آبیاری و از طریق معادلات 3 و 4 بدست می‌آید.

((3)

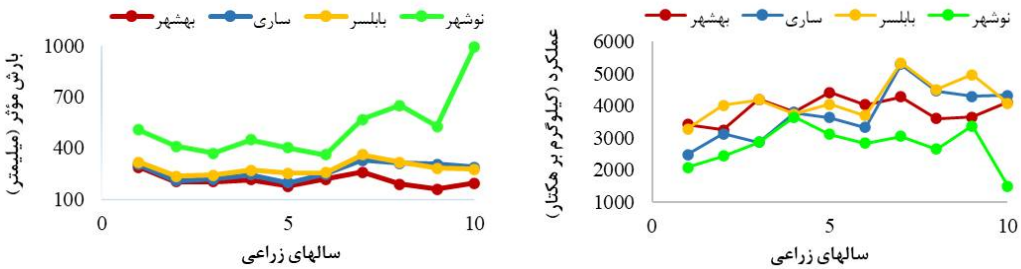
((4)

نتایج

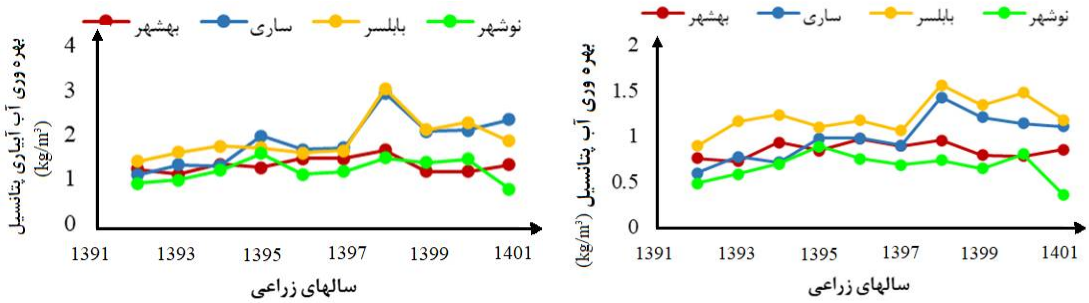
بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، بیشترین نیاز آبی و نیاز آبیاری گندم متعلق به شهر بهشهر در طی سال‌های زراعی است و کمترین نیاز آبی و نیاز آبیاری به ترتیب متعلق به شهرهای بابلسر و ساری است (شکل 2). از طرفی دیگر بیشترین بارش مؤثر و کمترین عملکرد محصول متعلق به شهر نوشهر می‌باشد (شکل 3). همچنین بیشترین بهره‌وری آب پتانسیل و بهره‌وری آب آبیاری پتانسیل گندم متعلق به شهر بابلسر و کمترین آن متعلق به شهر نوشهر می‌باشد (شکل 4).



شکل2- روند تغییرات نیاز آبی و نیاز آبیاری گندم در طی سال‌های زراعی 1401-1392



شکل 3- روند تغییرات بارش مؤثر و عملکرد محصول گندم در طی سال‌های زراعی 1401-1392



شکل 4- روند تغییرات بهره‌وری آب پتانسیل و بهره‌وری آب آبیاری پتانسیل گندم در طی سال‌های زراعی 1401-1392

نتیجه‌گیری

ارتقای بهره‌وری آب در بخش کشاورزی مستلزم برنامه‌ریزی صحیح و اجرای دقیق آن می‌باشد؛ لذا در این تحقیق روند تغییرات نیاز آبی و بهره‌وری آب برای محصول گندم در استان مازندران در سال‌های 1403-1402 موردبررسی قرار گرفت. بر اساس یافته‌های این پژوهش بیشترین میزان نیاز آبی و آبیاری را بهشهر (مناطق شرقی) و کمترین میزان را شهرهای بابلسر و ساری (مناطق مرکزی) دارند. همچنین شهرهای بابلسر و ساری (مناطق مرکزی) بیشترین میزان بهره‌وری پتانسیل آب و بهره‌وری پتانسیل آب آبیاری گندم را دارند. مناطق غربی (نوشهر) نیز کمترین بهره‌وری پتانسیل آب را دارد. یکی از دلایل بهره‌وری پایین آب در مناطق غربی، پایین‌بودن عملکرد آن است. دلیل آن این است که باتوجه‌به میانگین بارش سالیانه تقریباً مناسب مناطق غربی استان، کشاورزان اغلب گندم را به‌صورت دیم تولید می‌کنند. اما باید توجه نمود که میانگین بارش سالیانه معیار مناسبی برای حصول تولید پایدار نیست و به‌منظور بهبود عملکرد و در نتیجه بهره‌وری آب، آبیاری باید بر اساس نیاز آبی و منطبق با تقویم آبیاری محصول انجام گردد و اگر در برخی از مراحل رشد، بارندگی مناسب اتفاق افتاد، در مراحل دیگر از آبیاری تکمیلی استفاده شود.

منابع

جوزی، م و ابراهیمی پاک، ن. 1403. تعیین نیاز آبی گندم در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه و مقایسه آن با سند ملی آب. فصلنامه پیشرفت و توسعه استان کرمانشاه، 2(3). 144-121.

صادقی، ح.، محمدی، ح.، شمسی‌پور، ع.، بازیگر، س.، کریمی، م. و صوفی‌زاده، س. 1401. تحلیل آماری-فضایی تغییرات عملکرد برنج، گندم و جو در سواحل جنوبی خزر. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران؛ 53(3). 645-627.

عابدی، م.، اگدرنژاد، ا. و ابراهیمی پاک، ن.ع. 1400. تعیین تاریخ مناسب کاشت گندم در شبکه آبیاری کوثر به‌منظور کاهش اثرات تنش آبی با استفاده از مدل AquaCrop. فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی، 17(1): 63-77.

http://niwr.ir
https://maj.ir

بررسی حجم آب مصرفی و بهره‌وری آب در مزارع جو استان خراسان رضوی

محمد کریمی [1]، سید ابوالقاسم حقایقی مقدم [2]، محمد جلینی [3]

[1] استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، karimi.irri@gmail.com

[2] استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد

[3] دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد

چکیده

باتوجه‌به سطح زیر کشت و اهمیت اقتصادی تولید جو در استان خراسان رضوی، بررسی حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب برای تولید این محصول استراتژیک لازم بود. در این تحقیق، 24 مزرعه در دو منطقه سبزوار و نیشابور به‌گونه‌ای انتخاب شدند که عوامل مختلف از جمله روش آبیاری، سطح مالکیت، پراکنش مناسب و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. با پایش دقیق برنامه آبیاری مزارع منتخب، میزان آب آبیاری در طول فصل رشد اندازه‌گیری گردید. در انتهای فصل رشد و پس از تعیین میزان عملکرد محصول، مقدار بهره‌وری آب آبیاری تعیین شد. نتایج نشان داد که حجم آب آبیاری جو در مناطق موردمطالعه از 2393 تا 7911 متغیر و میانگین وزنی آن (بر اساس مساحت کشت مناطق) 4593 مترمکعب در هکتار بود. در حالیکه میانگین نیاز ناخالص آب آبیاری جو در مناطق موردمطالعه به روش پنمن- مانتیث با استفاده از داده‌های هواشناسی ده سال اخیر و سند ملی آب به‌ترتیب 9111 و 8489 مترمکعب درهکتار بود. میانگین عملکرد جو در مزارع منتخب از 1600 تا 5600 متغیر و میانگین وزنی آن 2310 کیلوگرم در هکتار بود. بهره‌وری آب آبیاری نیز در مزارع منتخب از 0/24 تا 2/34 متغیر و میانگین وزنی آن 0/58 کیلوگرم‌برمترمکعب تعیین شد.

کلمات کلیدی: آب مصرفی، استان خراسان رضوی، بهره‌وری آب، عملکرد، زراعت جو

مقدمه

استان خراسان رضوی یکی از قطب‌های تولید جو در کشور است. بر اساس آخرین آمارهای منتشر شده وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت جو در مناطق نیشابور و سبزوار به ترتیب 13800 و 11000 هکتار و عملکرد در واحد سطح در دو منطقه مذکور به ترتیب 3500 و 2900 کیلوگرم در هکتار بوده است (سالنامه آماری بخش کشاورزی استان خراسان رضوی سال 1401). باتوجه‌به محدودیت منابع آب در مناطق مختلف کشور که عمدتاً دارای شرایط آب‌وهوایی خشک و نیمه‌خشک می‌باشند، لذا توجه به آب مصرفی گیاه و برنامه‌ریزی برای آن لازم است. مهم‌ترین عامل برای بهتر کردن کارایی و بهره‌وری آب، شناخت و تعیین نیاز آبی گیاه و سپس برنامه‌ریزی آبیاری و اعمال روش مناسب آبیاری است. در تحقیقی تأثیر سطوح مختلف آبیاری و ازت بر رشد و عملکرد جو (رقم ریحان) در دو سال پیاپی موردبررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که بالاترین بهره‌وری آب دانه جو از تیمار تأمین 75% نیاز آبی در سال اول و دوم به ترتیب به میزان 1/34 و 1/27 کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. مقدار مصرف آب آبیاری در تیمارهای تأمین 100% نیاز آبی این آزمایش، به ترتیب در سال اول و دوم برابر 4400 و 4800 مترمکعب در هکتار برآورد گردیده است (نقیب‌زادگان و همکاران، 2016).

پاردو و همکاران (2020) اثر اعمال کم آبیاری بر عملکرد جو و بهره‌وری آب را موردبررسی قرار دادند. عمق آب کاربردی بین تیمارهای مختلف بین 175/2 تا 329/0 میلی‌متر بود. عملکرد جو بین 6/34 تا 9/05 تن بر هکتار و بهره‌وری آب آبیاری بین 2/78 تا 3/63 کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد.

هدف اصلی این پروژه اندازه‌گیری حجم آب مصرفی، عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع جو در استان خراسان رضوی (شهرستان‌های سبزوار و نیشابور) و مقایسه میزان آب مصرفی با نیاز آبی ناخالص جو با ارقام سند ملی و نیز محاسبه شده با داده‌های هواشناسی 10ساله بود.

مواد و روش‌ها

برای اجرای پروژه، 12 مزرعه جو در منطقهٔ سبزوار و 12 مزرعه دیگر در منطقهٔ نیشابور انتخاب شد. مزارع جو موردمطالعه با در نظر گرفتن تنوع عوامل مختلف مانند بافت خاک، رقم و کیفیت آب آبیاری به گونه‌ای انتخاب شدند که بازه گسترده‌ای را پوشش دهند. در طول فصل رشد حجم آب آبیاری بدون دخالت در برنامهٔ آبیاری کشاورزان با فلوم یا کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. برای محاسبهٔ تبخیر تعرق گیاه مرجع از داده‌های اداره کل هواشناسی استان خراسان رضوی (ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سبزوار و نیشابور) استفاده شد. برای این منظور از داده‌های هواشناسی ده ساله (1391-1400) که شامل سال اجرای پروژه (سال زراعی 1400-1399) نیز بوده است، استفاده گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزار ETCalculator تبخیر تعرق گیاه مرجع محاسبه شد. نیاز آبی خالص جو بر اساس ضریب گیاهی جو و تبخیر تعرق محاسبه شده برای گیاه مرجع، تعیین شد. ضریب گیاهی برای گیاه جو در مراحل مختلف رشد با استفاده از کتاب برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، 1376) استخراج گردید. با اعمال بارش موثر، نیاز خالص آبی به نیاز خالص آبیاری تبدیل شد. بارندگی مؤثر به روش SCS برآورد شد (SCS, 1972). مقادیر نیاز خالص آبیاری با مقادیر سند ملی آب برای مناطق موردمطالعه مقایسه شدند. مقادیر نیاز خالص با استفاده از راندمان کاربرد آب آبیاری به مقادیر ناخالص تبدیل شدند. متوسط راندمان کاربرد آب آبیاری در روش‌های آبیاری بارانی، قطره‌ای و سطحی در کشور به ترتیب 62/1، 71/1 و 53/6 درصد گزارش شده است (عباسی و همکاران، 1395). عملکرد محصول در پایان فصل زراعی نیز اندازه‌گیری و بهره‌وری آب آبیاری در هر یک از مناطق موردمطالعه، با تقسیم عملکرد محصول بر حجم آب آبیاری تعیین شد.

نتایج و بحث

در جدول 1 برخی از داده‌های اندازه‌گیری شده در مزارع منتخب ارائه شده است. دامنهٔ تغییرات عمق آب آبیاری بین 34 تا 199 میلی‌متر با متوسط 99 میلی‌متر و انحراف معیار 45 میلی‌متر بود. حداقل و حداکثر تعداد آبیاری در دورهٔ آبیاری 3 و 13 و انحراف معیار 1/98 بود. باتوجه‌به عمق آب آبیاری‌ها و تعداد آبیاری‌ها دامنهٔ تغییرات عمق آب داده شده بین 239 تا 791 میلی‌متر با متوسط 456 میلی‌متر و انحراف معیار 153 میلی‌متر به‌دست آمد. میانگین حجم آب آبیاری 4559 مترمکعب در هکتار با انحراف معیار 1531 مترمکعب در هکتار حاصل شد. میانگین عملکرد جو در مزارع برابر با 2/71 تن در هکتار و انحراف معیار آن 1/11 تن در هکتار به دست آمد که از متوسط عملکرد جو در استان (بر اساس آمارنامه کشاورزی محصولات زراعی 1401-1400، به‌میزان 3/43 تن در هکتار) حدود 18/86 درصد کمتر است. بهره‌وری آب آبیاری 0/69 کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌روری آب و بارش موثر برابر با 0/47 کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شده است.

جدول 1- دامنهٔ تغییرات برخی عوامل اندازه‌گیری شده در مزارع منتخب

		متوسط عمق آب آبیاری (میلی‌متر)	تعداد کل آبیاری	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	عملکرد جو (تن در هکتار)	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم در مترمکعب)
کل مزارع	حداقل	34/45	3	2393/20	1/60	0/24
	حداکثر	198/68	13	7911/10	5/60	2/34
	میانگین	99/10	5	4559/02	2/71	0/69

انحراف معیار	45/70	2	1531/03	1/11	0/48

در جدول 2، نیاز ناخالص آبیاری جو محاسبه شده با استفاده از روش پنمن- مانتیث و بر اساس آمار و اطلاعات هواشناسی ده سالهٔ اخیر و نیاز ناخالص آبیاری جو استخراج شده بر اساس سند ملی آب و کتاب "برآورد آب موردنیاز گیاهان باغی" ارائه شده است.

جدول 2- نیاز ناخاص آبیاری جو محاسبه شده و برآورد شده بر اساس داده‌های سند ملی آب و کتاب

منطقه	نیاز خالص آبیاری جو بر اساس سند ملی	نیاز خالص آبیاری جو بر اساس کتاب	نیاز ناخالص آبیاری جو محاسبه شده			نیاز ناخالص آبیاری جو بر اساس سند ملی آب کشور			نیاز ناخالص آبیاری جو بر اساس کتاب "برآورد آب موردنیاز گیاهان زراعی"		
			آبیاری بارانی	آبیاری قطره‌ای	آبیاری سطحی	آبیاری بارانی	آبیاری قطره‌ای	آبیاری سطحی	آبیاری بارانی	آبیاری قطره‌ای	آبیاری سطحی
سبزوار	5430	4925	-	-	10243	8744	7637	10131	7931	6927	9188
نیشابور	3670	4258	4959	7304	8465	5910	5162	6847	6857	5989	7944
میانگین			4959	7304	9481	7327	6400	8489	7394	6458	8566

نیاز ناخالص آبیاری جو از تقسیم نیاز خالص آبیاری محاسبه شده، استخراج شده بر اساس سند ملی آب و کتاب "برآورد آب موردنیاز گیاهان باغی" بر راندمان کاربرد آب آبیاری به‌دست‌آمده است. باتوجه‌به نتایج درج شده در جدول 2، متوسط حجم آب آبیاری استفاده شده توسط کشاورزان در مزارع جو (4559 مترمکعب در هکتار) کمتر از میانگین نیاز ناخالص آبیاری محاسبه شده، برآورده شده با استفاده از سند ملی آب و کتاب "برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور" می‌باشد. ازاین‌رو به اندازهٔ نیاز گیاه جو به آب در دورهٔ آبیاری، آب در اختیار این گیاه قرار نگرفته است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این تحقیق، در دو منطقه سبزوار و نیشابور میانگین وزنی (بر اساس سطح زیر کشت جو در دو منطقه) حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری در مزارع جو به ترتیب 4593 مترمکعب در هکتار و 0/58 کیلوگرم در مترمکعب به دست آمد. میزان آب آبیاری در تولید جو در این دو منطقه حدود 5/8 درصد از متوسط کشوری آن کمتر و بهره‌وری آب کاربردی حدود 35/6 درصد از متوسط کشوری آن کمتر بوده است. نیاز ناخالص آبیاری محاسبه شده، برآورده شده با استفاده از سند ملی آب و کتاب "برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور" به ترتیب 9111/3، 8489 و 8566 مترمکعب در هکتار به دست آمد. حجم آب آبیاری استفاده شده توسط کشاورزان در مزارع جو نسبت به نیاز ناخالص آبیاری محاسبه شده، برآورده شده با استفاده از سند ملی آب و کتاب "برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور به ترتیب 50، 42/3 و 46/8 درصد کاهش داشته است. با مقایسه حجم آب آبیاری استفاده شده توسط کشاورزان در مزارع جو با نیاز ناخالص آبیاری این نتیجه حاصل شد که کشاورزان به دلیل در اختیار نداشتن آب کافی و به طور ناخواسته در مزارع جو کم آبیاری انجام داده و در واقع کشاورزان به اندازه‌ای که آب در اختیار داشته‌اند، آبیاری انجام داده‌اند.

منابع

بی‌نام، 1402. سالنامه بخش کشاورزی استان خراسان رضوی سال 1401. سازمان جهادکشاورزی خراسان رضوی، معاونت برنامه ریزی و اموراقتصادی، اداره آمارو اطلاعات کشاورزی.

عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. 1395. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی 17(67)، 128-113.

فرشی، ع. ا.، شریعتی، م. ر.، جارالهی، ر.، قائمی، م. ر.، شهابی‌فر، م. و تولائی، م. م.1376. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد اول: گیاهان زراعی. نشر آموزش کشاورزی، 900 صفحه.

Naghdyzadegan, M., Razzaghi, F. and Zand-Parsa, Sh. 2016. Barley water and nitrogen requirement to increase its sustainable production in semi-arid region. 2nd World Iirrigation Forum, Chiang Mai, Thailand.

Pardo, J.J., Martínez-Romero, A., Léllis, B.C., Tarjuelo, J.M. and Domínguez, A. 2020. Effect of the optimized regulated deficit irrigation methodology on water use in barley under semiarid conditions. Agricultural Water Management, 228: 105925.

SCS. 1972. U.S. Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, Hydrology Section 4.

بررسی هدفمند روند بهره‌وری آب گیاه گندم دو دهه اخیر

آزاده صداقت[1]، نیازعلی ابراهیمی پاک [2]، سید مجید موسوی[3]

[1] کارشناس بخش آبیاری موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، Azadehsedaghat65@gmail.com

[2] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج،

[3] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

ارتقای بهره‌وری آب در تولید مواد غذایی از مسائل اساسی در کشورهای مختلف جهان و به‌ویژه کشورهای کم آب نظیر ایران است. هدف از این پژوهش بررسی روند باهدف برجسته‌کردن عوامل مؤثر بر بهره‌وری آب در گیاه گندم آبی طی دو دهه اخیر می‌باشد. این بررسی شامل مقالاتی با تمرکز بر کلمات کلیدی"water productivity"، "irrigated areas" و"wheat" که به زبان انگلیسی نوشته شده و از پایگاه‌داده Scopus استخراج شده‌اند، می‌باشد. بر اساس این کلمات کلیدی بین سال‌های 2024- 2000، 210 سند علمی (مقاله، کتاب و ...) به چاپ رسیده، موردبررسی قرار گرفت. این پژوهش نشان داد که ایران از نظر تحقیق در زمینه بهره‌وری آب در رتبه هفتم جهان قرارداد. این مطالعه عوامل متعددی را شناسایی کرد که بر رفتار و کارایی بهره‌وری آب کشاورزی تأثیر می‌گذارد که مهم‌ترین عوامل کلیدی در بررسی بهره‌وری آب در ارتباط با شاخص‌های ویژگی آب: آب مصرفی، تبخیر تعرق، کارایی مصرف آب و آبیاری قطره‌ای؛ شاخص ویژگی‌های خاک: کشت بدون شخم، شوری و خشکی و شاخص گیاه: تناوب کشت و نوع گندم و همچنین عوامل مربوط به تغییر اقلیم می‌باشد. نتایج این پژوهش می‌تواند به ذی‌نفعان، سیاست‌گذاران و کشاورزان در تصمیم‌گیری در مورد بهره‌وری آب کمک کند و در نهایت منجر به استفاده پایدار از منابع آب کمیاب شود.

کلمات کلیدی: بررسی هدفمند، بهره‌وری آب، گندم

مقدمه

بهره‌وری مصرف آب[1](WP) یکی از شاخص‌های مصرف بهینه آب آبیاری است که به‌عنوان شاخصی مناسب برای سنجش مصرف بهینه آب و تولیدات کشاورزی محسوب می‌شود (عباسی و همکاران، 1396). WP را می‌توان به‌طورکلی به‌عنوان نسبت عملکرد محصول (kg/m^2) به‌عنوان خروجی نسبت به آب مصرفی (m^3/m^2) به‌عنوان ورودی برای تولید مقدار معینی محصول تعریف کرد (Cai et al., 2009). در واقع مطابق با تعریف کلی، بهره‌وری آب نسبتی است که در مخرج کسر آن آب کاربردی (آب آبیاری، بارش) و در صورت آن موارد متنابهی از مفاهیم کمی قرار می‌گیرد. این موارد مشتمل بر عملکرد محصول، میزان درآمد (سود) خالص، میزان انرژی تولیدی، میزان کالری تولیدی، میزان ارزش افزوده و ....می‌شود (عباسی و همکاران، 1396). افزایش بهره‌وری آب محصول برای تطابق با کاهش دسترسی به آب و زمین برای تولید مواد غذایی حیاتی است. تصمیم‌گیری در مورد بهبود WP نیاز به اطلاعاتی در مورداستفاده و کارایی آب دارد (Brauman et al., 2013). این اطلاعات ما را قادر می‌سازد «محصول بیشتری در هر قطره آب» تولید کنیم، بنابراین به افزایش تولید غذا

[1] Water Productivity

از کاهش تخصیص زمین و آب کمک می‌کند. بهبود WP یک جزء اصلی از توسعه اجتماعی و اقتصادی را تشکیل خواهد داد که دسترسی به آب را برای استفاده‌های شهری افزایش می‌دهد (Molden et al., 2010). WP همچنین یک عنصر کلیدی برای افزایش تولید مواد غذایی در کشورهای درحال‌توسعه خواهد بود که در آن 80% افزایش جمعیت موردانتظار رخ خواهد داد و در آنجا تنوع CWP بالا در داخل و بین مزارع وجود دارد (Cai and Rosegrant, 2003). باتوجه‌به مصرف بیش از 90 ٪ آب قابل‌بهره‌برداری کشور در کشاورزی (مرزبان و همکاران، 1397)، مقابله با چالش کمبود آب و زمینه‌سازی برای توسعه پایدار جامعه، به طور عمده مستلزم توجه کافی به فعالیت‌های کشاورزی، از جمله مدیریت خاک، بهینه‌سازی روش‌های آبیاری، اصلاح نباتات، مدیریت محصول، توسعه اقدامات به زراعی، و مدیریت صحیح منابع طبیعی می‌باشد (گرجی، 1400)؛ بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی بهره‌وری جهانی آب گیاه گندم در شرایط آبی، در بیش از دو دهه (2000-2024) می‌باشد.

مبانی و روش

در پژوهش حاضر جهت به‌دست‌آوردن مهم‌ترین عوامل مؤثر مدیریت پایداری کشاورزی بر بهره‌وری منابع آب در کشاورزی از مقالاتی که در 24 سال گذشته (2000-2024) در جهان به چاپ رسیده‌اند، بکارگرفته شد. در این تحقیق از پایگاه داده "Scopus" استفاده شد. با استفاده از کلمات کلیدی "water productivity"، "irrigated areas " و"wheat" در این پایگاه 210 مقاله استخراج شد. سپس با تحلیل اطلاعات پایگاه داده Scopus و نرم‌افزار VOSviewer. 1 .6.20 آنالیز انجام شد.

بحث و نتایج

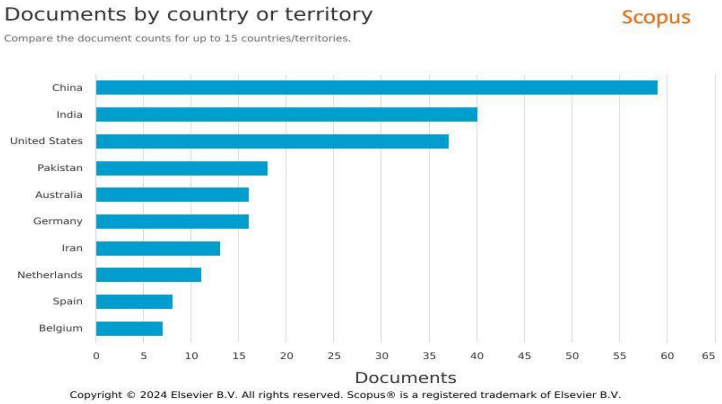
بعد از آنالیز اطلاعات 220 مقاله‌ای که از پایگاه داده Scopus بدست آمده بود، مشاهده شد که از سال 2000 تا سال 2024 روند انتشار مقاله در این زمینه افزایش یافته است، که این می‌تواند دلیل اهمیت موضوع این تحقیق باشد.



شکل 1- انتشار مقالات از سال 2000 تا 2024

همان‌طور که در شکل 1 مشاهده می‌شود تعداد مقالات منتشر شده در سال 2000 زیر 5 مقاله بوده است ولی در سال های 2021 و 2022 به بیش از 20 مقاله رسیده است. نتایج نشان داد (شکل 2) که چین به‌عنوان کشور پیشرو در مطالعات بهره‌وری آب می‌باشد. همانطور که در شکل (2) مشاهده می‌شود ایران در زمینه مطالعه بهره‌وری آب جایگاه هفتم را در جهان دارد. کشور ایران به دلیل قرارگرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان در زمره کشورهای با محدودیت آب قلمداد می‌شود (یوسفی نژاد و همکاران، 1401). بنابراین چالش‌های فراوانی در ارتباط با تامین، توزیع، و مصرف آب در مصارف شهری، صنعتی، و بویژه در بخش کشاورزی دارد. خشکسالی و کم آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و باتوجه‌به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، این مشکل در سال‌های آینده حادتر نیز خواهد شد. راه‌کار اساسی برای مدیریت آب و رفع کمبودها در کشور ما، برنامه‌ریزی برای کاهش مصرف و افزایش بهره‌وری آب در بخش‌های مختلف و هم‌چنین افزایش منابع قابل دسترس می‌باشد.

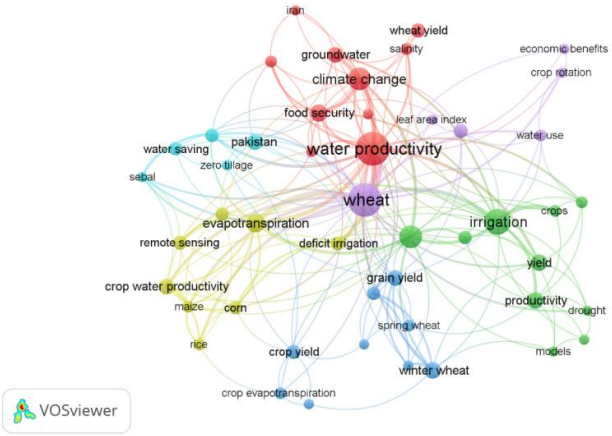
بنابراین، افزایش بهره‌وری آب و رفع کامل بحران در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نمی‌تواند فقط از طریق ایجاد روش‌های آبیاری تحت‌فشار و پیشرفته صورت گیرد، بلکه این مهم باید به‌صورت جامع و با استفاده از علوم و روش‌های مختلف، و همچنین بررسی عوامل تأثیرگذار مختلف در ایران و جهان در افزایش بهره‌وری آب، پیگیری شود. در این پژوهش کلمات کلیدی شاخص 210 مقاله‌ای که از پایگاه داده Scopus به دست آمد، بررسی شد (شکل 3)، تا مشخص شود بیشترین دغدغه محققین جهان در زمینه بهره‌وری آب گیاه گندم در چه مواردی می‌باشد که در آن زمینه بیشترین تحقیق را انجام داده‌اند؛ بنابراین 50 تا از مهم‌ترین موضوعات (کلمات کلیدی) که در زمینه بهره‌وری جهانی آب گیاه گندم در شرایط آبی مورد تحقیق قرار گرفت (210 مقاله) موردبررسی قرار گرفت.



شکل 2- مقالات منتشر شده بر اساس کشورهای جهان

باتوجه‌به شکل (3) مهم‌ترین کلمات کلیدی که بر بهره‌وری آب گیاه گندم می‌تواند تاثیرگذار باشد شامل: تغییر اقلیم (change climate)،صرفه‌جویی در مصرف آب و آب مصرفی (water saving وwater use)، تبخیر تعرق (evapotranspiration)، آبیاری قطره‌ای (drip irrigation)، کارایی مصرف آب (water use efficiency)، شاخص سطح برگ (leaf area index)، تناوب کشت (crop rotation)، کشت بدون شخم (zero tillage)، شوری (salinity)، خشکی (drought) و نوع گندم (winter wheat و spring wheat) می‌باشد. هم‌چنین می توان گفت بهره‌وری آب می‌تواند بر عملکرد گیاه (crop yield)، عملکرد دانه (grain yield) و امنیت غذایی (food security) اثر بگذارد. در جهان از روش‌هایی که برای تحقیق در این زمینه بیشتر استفاده شده است روش‌های سنجش‌ازدور و الگوریتم سبال می‌باشد. Foley et al., (2020) به مطالعه‌ای به بررسی هدفمند بهره‌وری جهانی آب محصول سه محصول پیشرو جهان (گندم، ذرت و برنج) پرداخت، گزارش کرد که در مناطق آبی طی سه دهه در سطح جهانی، حداکثر افزایش WP برای هر سه محصول عالی است. اگر WP کم و متوسط سه محصول (گندم، ذرت و برنج) افزایش یابد (به‌عنوان مثال 10٪، 20٪ یا 30٪)، مشارکت در افزایش تولید جهانی غذا و صرفه‌جویی در آب به طور بالقوه گسترده خواهد بود. بر اساس داده‌های این پژوهش، بیشترین مصرف‌کنندگان آب نیز بیشترین صرفه‌جویی در مصرف آب را دارند. این کشورها برای گندم ایالات متحده، هند و چین، برای ذرت ایالات متحده، چین و برزیل، برای برنج هند، چین و پاکستان می‌باشند. هم‌چنین آنها گزارش کردند افزایش 10٪، 20٪ و 30٪ در WP برای محصول گندم در هند می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در آب به ترتیب 6974 یا 12750 یا 17653 دریاچه از هر 100 مترمکعب (یا یک میلیارد لیتر برای هر دریاچه) شود. بنابراین تمرکز بر بهبود WP در مناطقی که بیشترین مصرف آب را دارند، به بیشترین صرفه‌جویی در مصرف آب منجر می‌شود. بنابراین، با درک این واقعیت که بیشتر کشورها از جمله ایران از بحران مدیریت آب رنج می‌برند تا کمبود منابع آب، و قبول این اصل که دوران دست‌یابی به منابع آبی جدید قابل ملاحظه برای توسعه کشاورزی، سپری شده است و باید چرخشی اساسی در سیاست‌ها و

برنامه‌های مصرف آب ایجاد کرد و سیاست‌های جدیدی در راستای انتخاب و تحقق هدف بهره‌وری آب در تولیدات کشاورزی در پیش گرفت. باید تمامی اقدامات و فعالیت‌ها در این راستا قرار گیرند و به جای بهره‌وری زمین، بهره‌وری آب ملاک کلیه تصمیم‌ها، رفتارها و اقدامات در بخش کشاورزی قرار گیرد.



شکل 3- کلمات کلیدی شاخص در تحقیق بهره‌وری آب بر گیاه گندم در شرایط آبی

نتیجه‌گیری

در این مطالعه یک بررسی هدفمند از بهره‌وری جهانی آب گیاه گندم در دو دهه اخیر انجام شد. این مطالعه عواملی را شناسایی کرد که بر بهره‌وری آب تأثیر می‌گذارد. عوامل متعددی مانند ویژگی‌های مربوط به تغییرات آب‌وهوایی، خصوصیات آب، شرایط کشت، خصوصیات گیاه و خاک می‌باشد که هر عامل نقش منحصربه‌فردی در تصمیم‌گیری کشاورزان و نحوه استفاده آنها از آب در تولید محصولات کشاورزی ایفا می‌کنند. این مطالعه نشان داد که کشور ایران در زمینه مطالعه بهره‌وری آب جایگاه هفتم را در جهان دارد، از طرفی دیگر ایران در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار گرفته و چالش‌های فراوانی در ارتباط با تأمین آب بخش کشاورزی دارد؛ بنابراین نیاز به مطالعه و تلاش بیشتر در زمینه صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی در ایران می‌باشد.

منابع

عباسی، ف؛ عباسی، ن، و توکلی، ع.الف. 2017. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم‌اندازها .آب و توسعه پایدار ,4 (1)، 144-141

مرزبان،ح.، صدرایی جواهری،ا.، زیبایی، م.، ناظم‌السادات، س.م. ج.، کریمی، ل. 1398. بررسی وضعیت ایران و منابع و مصارف آب در راهکارهای بهبود وضعیت. مجله آب و فاضلاب،30(4)، 16-32.

یوسفی‌نژاد، م؛ لاریجانی، م؛ شبیری، س.م، و رضایی،م. 1401. طراحی الگوی آموزش آب مجازی در بخش کشاورزی با رویکرد اقتصاد مقاومتی و توسعه پایدار (مطالعه موردی: استان تهران). پایداری، توسعه و محیط‌زیست. (2)3، 87-112

Brauman, K.A., Siebert, S. and Foley, J. A. 2013. Improvements in Crop Water Productivity Increase Water Sustainability and Food Security – A Global Analysis. Environmental Research Letters 8 (2): 1–7.

Cai, X. and Rosegrant, M.W. 2003. 10 World Water Productivity: Current Situation and Future Options. Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement 1: 163–178.

Foley, D. J., Thenkabail, P. S., Aneece, I. P., Teluguntla, P. G. and Oliphant, A. J. 2020. A meta-analysis of global crop water productivity of three leading world crops (wheat, corn, and rice) in the irrigated areas over three decades. International Journal of Digital Earth, 13(8), 939-975

Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M.A. and Kijne, J. 2010. Improving Agricultural Water Productivity: Between Optimism and Caution. Agricultural Water Management 97 (4): 528–535.

بررسی نیاز آبی و مصرف کود نیتروژن بر عملکرد ذرت

غلامحسین جوانمرد کلده[1]، سیروس بیدریغ [2]

[1] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، Javanmardmasoud@gmail.com

[2] دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان

چکیده

مدیریت مناسب نیتروژن و آب، یکی از اصلی‌ترین عوامل در بهره‌وری مناسب از این منابع مهم، در اغلب گیاهان زراعی می‌باشد. به‌منظور بررسی نیاز آبیاری و عملکرد ذرت در شرایط مصرف کود نیتروژن، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده با طرح قطعه کامل تصادفی در 3 تکرار در سال 1401 در شهرستان آستانه‌اشرفیه واقع در استان گیلان اجرا شد. عامل اصلی شامل بدون آبیاری و تأمین 50 و 100 درصد نیاز آبی و عامل فرعی شامل مقادیر کود نیتروژن شامل صفر، 60، 90 و 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. نتایج نشان داد که اثر آبیاری، اثر کود نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد بر عملکرد بیولوژیک و دانه معنی‌دار بود. در اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک و دانه در تیمار کودی 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تیمار 100 درصد نیاز آبی به ترتیب با میانگین 17540 و 7453 کیلوگرم در هکتار به دست آمد.

کلمات کلیدی: آب مصرفی، ذرت سینگل کراس، عملکرد بیولوژیک

مقدمه

ذرت یکی از سه محصول اصلی غله‌ای جهان به شمار می‌رود (خشائی و همکاران، 1398). آب مهم‌ترین عامل محدودیت تولید محصولات کشاورزی در جهان می‌باشد. تنش آب میزان رشد را محدود می‌کند و به طور معمول غلظت عناصر غذایی است که از اثر مستقیم تنش آبی بر رشد گیاه، اهمیت بیشتری دارد (Pugnair et al., 1999). در پژوهشی تیمارهای آبیاری 100 درصد و 60 درصد نیاز آبی را مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که عملکرد دانه در این دو تیمار به ترتیب 13/6 و 10/6 تن در هکتار بود (Karam et al., 2004). نیتروژن به‌عنوان یک عنصر مهم در ساختمان بسیاری از ترکیب‌های موجود در سلول‌های گیاهی شرکت می‌کند، دسترسی به نیتروژن برای گیاهان زراعی از عوامل مهم محدودکننده تولیدات کشاورزی است. اثر کود نیتروژن در گیاه ذرت نشان داد که کود چنانچه در دو یا سه نوبت مصرف شود، عملکرد دانه را به طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد (عباسدخت و عارف‌بیکی، 1394). در پژوهشی بیان شد که حداکثر و حداقل عملکرد بیولوژیک به ترتیب با مصرف 200 کیلوگرم کود نیتروژن و بدون مصرف کود حاصل می‌شود (Sheafer et al., 2006).

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده با طرح قطعه کامل تصادفی در 3 تکرار در سال 1401 در شهرستان آستانه‌اشرفیه واقع در استان گیلان اجرا شد. عامل اصلی شامل بدون آبیاری و تأمین 50 و 100 درصد نیاز آبی و عامل فرعی شامل مقادیر کود نیتروژن شامل صفر، 60، 90 و 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. بارش در طول دوره رشد 85 میلی‌متر بود. خصوصیات هواشناسی و مشخصات خاک منطقه موردمطالعه به ترتیب در جداول 1 و 2 ارائه شده است. رقم مورداستفاده سینگل کراس بود. فاصله بین پشته‌ها 60 سانتی‌متر و فاصله روی پشته‌ها 20 سانتی‌متر بود. بعد از رسیدن محصول، اندازه‌گیری صفات عملکرد دانه، عملکرد

بیولوژیک و ارتفاع بوته با انتخاب 15 بوته و با حذف اثرات حاشیه‌ای از خطوط میانی برداشت شد. پس از خشک‌شدن نمونه‌ها در آون به مدت 48 ساعت و با درنظرگرفتن رطوبت چهارده درصد، با ترازوی دقیق 0/01 توزین گردیدند. ارتفاع بوته توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد. برای تعیین آب مصرفی از کنتور استفاده شد. میزان آب مصرفی در 100 و 50 درصد نیاز آبی به ترتیب 620 و 352 میلی‌متر بود. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC (آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد) و رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

جدول 1- خصوصیات هواشناسی منطقه مورد آزمایش در طول دوره رشد

ماه	حداکثر دما (سانتی‌گراد)	حداقل دما (سانتی‌گراد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	حداکثر رطوبت (درصد)	حداقل رطوبت (درصد)
اردیبهشت	23/7	13/2	1/1	79	62
خرداد	30/7	16/3	1/6	87	67
تیر	31/3	24/6	1/3	84	58
مرداد	32/9	20/5	1/2	89	46

جدول 2- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت خاک	هدایت الکتریکی ($ds\ m^{-1}$)	کربن آلی (%)	ازت کل (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
0-30		0/176	1/7	0/149	7/4	138	43	37	20
30-60		0/175	0/8	0/084	3/4	99	45	30	25

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک

اثر آبیاری، اثر کود نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول 3). در اثر متقابل، بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار کودی 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تیمار 100 درصد نیاز آبی با مقدار 17540 کیلوگرم در هکتار به دست آمد. کمترین آن در شرایط بدون آبیاری و بدون کود با میانگین 3323 کیلوگرم در هکتار بود (شکل1).

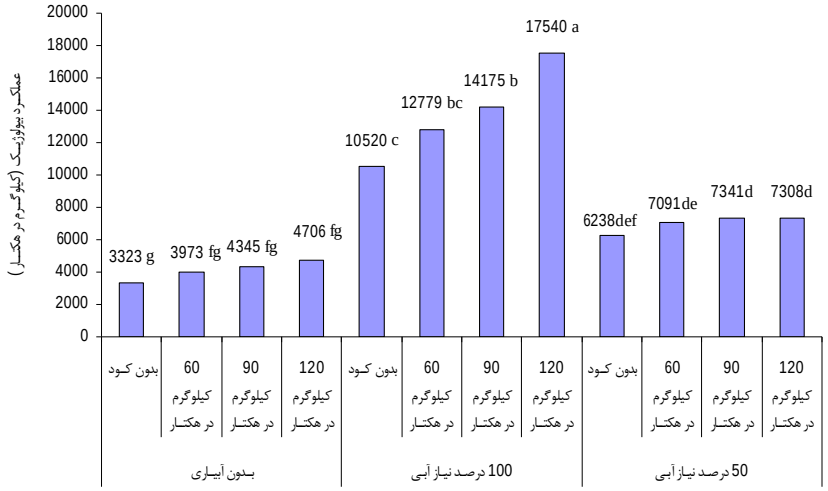
جدول 3- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در شرایط نیاز آبی و کود نیتروژن

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	ارتفاع بوته
تکرار	2	$2076245/47^{ns}$	$140783/54^{ns}$	$6619/18^{ns}$
آبیاری	2	$590329982/40^{**}$	$98785839/53^{**}$	$84621/88^{*}$
خطا	4	2887365/84	238143/86	3225/123
نیتروژن	3	$46901738/83^{**}$	$8843491/11^{**}$	$1140/66^{*}$
اثر متقابل	6	$6064257/30^{**}$	$1379392/34^{**}$	$83/45^{ns}$
خطا	18	1971737/43	309346/17	84/077
ضریب تغییرات (درصد)		7/9	7/5	5/7

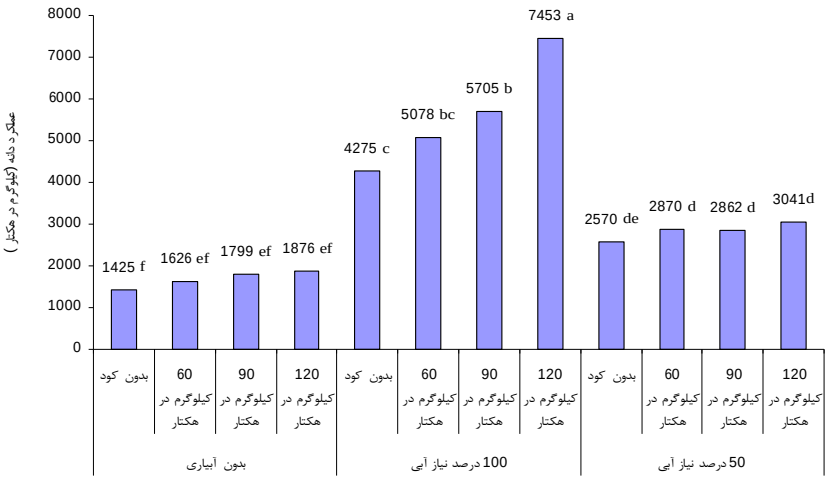
ns بی‌معنی، ** و * ارتباط معنی‌داری در سطح 1 و 5 درصد.

عملکرد دانه

اثر آبیاری، اثر کود نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول 3). در اثر متقابل، بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار کودی 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تیمار 100 درصد نیاز آبی با مقدار 7453 کیلوگرم در هکتار، و کمترین آن متعلق به اثر متقابل بدون آبیاری و بدون کود نیتروژن با میانگین 1425 کیلوگرم در هکتار بود (شکل1). در تحقیقی گزارش شد که عملکرد دانه با افزایش نیتروژن افزایش‌یافته و حداکثر عملکرد دانه با مصرف 225 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (Subedi et al., 2006).



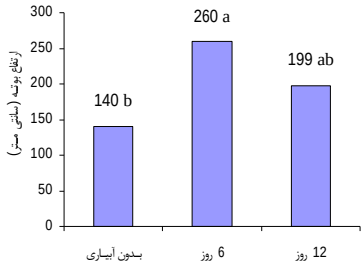
شکل 1- اثر متقابل مدیریت آبیاری و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک در گیاه ذرت



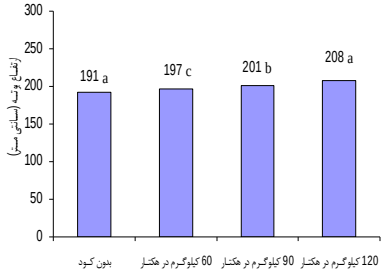
شکل 2- اثر متقابل مدیریت آبیاری و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد دانه در گیاه ذرت

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری و اثر کود نیتروژن در سطح 1 درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول 3).



شکل 3- تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر ارتفاع بوته



شکل 4- تاثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر ارتفاع بوته

حداکثر ارتفاع بوته در تیمار 100 درصد نیاز آبی با میانگین 260 سانتی‌متر بود (شکل 3). بیش‌ترین ارتفاع بوته با میانگین 208 سانتی‌متر مربوط به مصرف 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین ارتفاع بوته با میانگین 191 سانتی‌متر در شرایط بدون مصرف کود به دست آمد (شکل 4).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که اثر آبیاری، اثر کود نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد بر عملکرد بیولوژیک و دانه معنی‌دار بود. به‌طورکلی، هر چه میزان آب و کود نیتروژن افزایش یابد به همان نسبت نیز شاهد افزایش عملکرد خواهیم بود. علاوه بر این، وجود نیتروژن کافی در شرایط بدون آبیاری می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود. ذرت‌های پرورش‌یافته در شرایط آبیاری کامل، نیاز به نیتروژن کمتری برای رسیدن به حداکثر عملکرد نسبت به تیمارهای تنش دارند.

منابع

خشائی، ف. بهمنش، ج. وردی‌نژاد، و. و آزاد، ن. 1398. تأثیر مقدار آبیاری و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی. پژوهش آب در کشاورزی. 33(4). 601-612.

عباسدخت، ح. و عارف‌بیکی، م. 1394. تأثیر هیدروپرایمینگ، تقسیط کود نیتروژن و عمق کاشت بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه هیبرید دابل‌کراس 370 ذرت در منطقه خشک. پژوهش‌های تولید گیاهی. 55(1). 125-143.

Pugnair, F. I., Serrano, L. and Pardos, J. 1999. Constraints by water stress on plant growth. P: 271-280. In: Handbook of plant and crop stress. 2ed edition. New York, Marsel Deker INC. 1254 P.

Karam, F., Breidy, J., Stefan, C. and Rouphael, J. 2004. Evaportranspiration, Yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Beka valley of lebonon. Agricultural Water Management, 63(2), 125-137.

Sheafer, C.C., Halgerson, J. L. and Jung, H.G. 2006. Hybrid an N fertilization affect corn silage yield and quality. Journal of Agronomy and Crop Science, 192, 278-283.

Subedi, K.D., Ma, B.L. and Smith, D.L. 2006. Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. Crop Science, 46,1860-1869.

برنامه‌ریزی آبیاری گندم در روش‌های مختلف آبیاری در سامانه نیاز آب

حسین جعفری[1]، نیاز علی ابراهیمی پاک[2]، آرش تافته[3]

[1]استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، Jafari52_h@yahoo.com

[2] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

[3] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

برنامه‌ریزی آبیاری یا تعیین دور و عمق آبیاری در طول فصل رشد یک گیاه، مهم‌ترین بخش در مدیریت مصرف آب کشاورزی است. براین‌اساس تأثیر پنج عامل اقلیم، خاک، گیاه، روش آبیاری و آب اقلیم (بارش)، بر دور و مقدار آب آبیاری گندم در استان البرز موردبررسی قرار گرفت. نتایج برنامه‌ریزی آبیاری گندم نشان داد که در هر هکتار 7537، 4951 و 4959 مترمکعب آب در روش آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای به ترتیب در 8، 14 و 17 نوبت آبیاری در اختیار گندم قرارگیرد. مطابق انتظار حجم آب آبیاری در روش آبیاری سطحی 30 درصد بیشتر از دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای بود. نکته قابل توجه در برنامه‌ریزی آبیاری گندم در استان البرز برآورد حجم آب آبیاری مشابه در روش آبیاری بارانی و قطره‌ای علی‌رغم پایین بودن راندمان کاربرد آب آبیاری در روش آبیاری بارانی نسبت به قطره‌ای بود. دلیل آن در دسترس‌تر بودن رطوبت خاک (زیاد بودن رطوبت) در مزرعه تحت پوشش آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری بارانی برای تبخیر تعرق به دلیل دور آبیاری کم است.

کلمات کلیدی: آب مصرفی، برنامه‌ریزی آبیاری، دور آبیاری، گیاهان زراعی و باغی

مقدمه

به زبان ساده برنامه‌ریزی آبیاری یک گیاه زراعی یا باغی در هر روش آبیاری پاسخ به دو سؤال کی (با چه تناوب) و چقدر آبیاری نمودن آن گیاه زراعی یا باغی است. صنوبر و همکاران (1390) بهترین دور آبیاری برای گیاه گندم در استان یزد را بین 8 تا 10 روز اعلام نمودند آنها نتیجه گرفتند افزایش دور آبیاری به 14 روز باعث کاهش معنی‌دار در عملکرد گندم می‌شود. در این تحقیق مقدار آب آبیاری در هر نوبت آبیاری برای دور 8، 10، 12 و 14 روز به‌ترتیب 561، 584، 612 و 640 مترمکعب در هکتار برآورد کردند. دهقان و همکاران (1392) در بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب در مزارع تحت آبیاری گندم در دشت نیشابور نتیجه گرفتند که در صورت اصلاح برنامه-ریزی آبیاری، عملکرد محصول به میزان 14 درصد افزایش می‌یابد. هم‌چنین نتیجه گرفتند که در صورت برنامه‌ریزی صحیح آبیاری، ضمن کاهش آب مصرفی، شاخص کارایی مصرف آب آبیاری 21 درصد افزایش می‌یابد. منتجبی (1388) در مدیریت مصرف آب آبیاری گندم در گلپایگان نتیجه گرفت که آبیاری پس از 75 میلی‌متر تبخیر با مصرف حدود 6430 مترمکعب آب در هکتار در 9 نوبت آبیاری با تولید 7825 کیلوگرم دانه و 13625 کیلوگرم کاه در هکتار مناسب‌ترین دور آبیاری است. نیاز آبی گندم برای کل دوره رشد در منطقه هنام الشتر استان لرستان 318/1 میلی‌متر، میانگین عمق آب آبیاری گندم 60/8 میلی‌متر و میانگین دور آبیاری در خرداد ماه 11 روز محاسبه شد (پناهی و همکاران، 1400). جعفری و غالبی (1397) در قالب یک سکو کاربردی برنامه‌ریزی آبیاری گیاه گندم را در سراسر کشور محاسبه کردند. این برنامه بر اساس داده‌های کتاب نیاز آبی گیاهان عمده زراعی و باغی کشور و به‌صورت غیربرخط (Off line) تهیه شد که پیشنهاد کردند برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان زراعی و باغی به‌صورت برخط انجام شود. این سکو تاریخ آبیاری، عمق آب آبیاری و مدت زمان آبیاری را ارئه می‌داد و در صورت داشتن حقابه، توصیه‌های لازم را به بهره‌بردار انجام می‌داد.

با عنایت به تحقیقات صورت‌گرفته برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان زراعی و باغی باعث استفاده بهینه از آب و افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب می‌شود. ازاین‌رو به دلیل کمبود آب، تعیین برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان زراعی و باغی در سراسر کشور از اهمیت بالایی برخوردار است. براین‌اساس در این پژوهش برنامه‌ریزی آبیاری گندم در استان البرز در سه روش آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای، از اهداف این گزارش بود.

روش تحقیق

در این پژوهش برنامه‌ریزی آبیاری گندم در شرایط بهینه بر اساس شرایط حاکم بر مزرعه از قبیل کیفیت آب آبیاری، خاک مزرعه، اقلیم منطقه و مدیریت آبیاری، برای سه روش آبیاری (ثقلی، بارانی و قطره‌ای) در استان البرز تعیین گردید. داده‌های موردنیاز بر اساس میانگین داده‌های درازمدت (مثلاً 10ساله) از بانک داده سامانه نیاز آب فراخوان شد (ابراهیمی پاک و همکاران، 1400). بر اساس عمق توسعه ریشه عمق خالص آب آبیاری و بر اساس مقدار تبخیر تعرق واقعی در مزرعه گندم، دور آبیاری محاسبه گردید. با مشخص شدن برنامه‌ریزی آبیاری از زمان کاشت تا برداشت، با جمع نمودن مقدار آب آبیاری در هر نوبت آبیاری، مقدار آبی که سالیانه در اختیار گیاه قرار گیرد محاسبه شد برای ارزیابی نوع مدیریت آبیاری در مقدار مصرف آب گندم در استان البرز در طول فصل رشد، برنامه‌ریزی آبیاری در روش‌های آبیاری قطره‌ای، بارانی و ثقلی به طور جداگانه برای خاک با ویژگی اعلام شده در سامانه نیاز آب انجام شد.

نتایج و بحث

برنامه‌ریزی آبیاری شامل دور و مقدار آب آبیاری در هر نوبت و مقدار آب مصرفی در کل طول فصل رشد گندم در استان البرز برای خاک لوم در روش آبیاری ثقلی، بارانی و قطره‌ای با آب آبیاری باکیفیت مطلوب (بدون نمک) به شرح جدول 1، 2 و 3 برآورد شد. نتایج برنامه‌ریزی آبیاری در طول فصل رشد نشان داد که در ابتدای فصل رشد به دلیل پایین‌بودن تبخیر تعرق و عمق توسعه ریشه، نیاز ناخالص آب آبیاری در هر آبیاری کم و با افزایش درجه‌حرارت در مراحل انتهایی رشد و افزایش عمق ریشه مقدار آن افزایش یافت. حجم آب آبیاری و تعداد آبیاری در روش ثقلی، بارانی و قطره‌ای به ترتیب $7537m^3$ و 8 مرتبه، $4737m^3$ و 13 مرتبه و $4959m^3$ و 17 مرتبه حاصل شد. مطابق انتظار حجم آب آبیاری در روش آبیاری ثقلی 30 درصد بیشتر از دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای بود. نکته قابل‌توجه در برنامه‌ریزی آبیاری گندم در استان البرز برآورد حجم آب آبیاری مشابه در روش آبیاری بارانی و قطره‌ای علی‌رغم پایین‌بودن راندمان کاربرد آب آبیاری در روش آبیاری بارانی نسبت به قطره‌ای بود. مساوی بودن حجم آب آبیاری در این دو روش آبیاری به دو دلیل عمده است: اولاً در روش آبیاری قطره‌ای بر خلاف دو روش آبیاری دیگر، در مراحل ابتدایی رشد گندم، به دلیل دور آبیاری کم، مقدار تبخیر تعرق واقعی، در هر بار آبیاری، کمتر از گنجایش رطوبتی مزرعه بود و برای عدم تنش آبی گیاه گندم، ظرفیت گنجایش رطوبتی خاک به‌جای تبخیر تعرق واقعی مبنای محاسبه برنامه‌ریزی آبیاری قرار گرفت. ثانیاً مقدار رطوبت در دسترس خاک مزرعه برای تبخیر تعرق در این روش بیشتر از روش آبیاری بارانی است در روش آبیاری قطره‌ای به دلیل دور پایین آبیاری، خاک مزرعه همواره مرطوب است؛ لذا رطوبت برای تبخیر تعرق همواره در دسترس است؛ اما در روش آبیاری بارانی به دلیل طولانی‌تر بودن فاصله بین دو آبیاری، مقدار رطوبت خاک در روزهای قبل از هر آبیاری کمتر بوده (خاک مزرعه خشک‌تر است) و لذا مقدار تبخیر تعرق در این روش در این روزها کمتر است. هر چند افزایش مقدار آب مصرفی ناشی از این تفاوت‌ها در هر آبیاری اندک بود؛ اما در طول فصل رشد باعث تفاوت قابل‌توجه در مقدار آب مصرفی در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به بارانی شد و تفاوت راندمان کاربرد آب آبیاری در این دو روش آبیاری جبران می‌شود. یکی از دلایل بالابودن عملکرد در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری بارانی، دردسترس‌تر بودن رطوبت برای گیاه است. این موضوع یکی از دلایل عدم کاهش مصرف آب در کشاورزی علی‌رغم توسعه روش آبیاری قطره‌ای در کشور (حدود 2/5 میلیون هکتار) است که توجهی به آن نمی‌شود. شاید به‌کارگیری روش آبیاری قطره‌ای بر اساس

شرایط آب، خاک، گیاه و اقلیم هر منطقه راه‌گشای این مشکل باشد. منتجبی (1388) در آزمایشی در گلپایگان برای گیاه گندم 9 بار آبیاری با حجم آب آبیاری6430 مترمکعب در هکتار توصیه نمود. همچنین در آزمایشی که توسط قوچانیان و همکاران (1398) در خراسان رضوی انجام شد دور آبیاری گندم را 10 روز و عمق آب آبیاری در هر آبیاری را 600 مترمکعب در هکتار، صنوبر و همکاران (1390) دور آبیاری گندم در یزد را بین 8 تا 10 روز و مقدار آب آبیاری بین 561 تا 584 مترمکعب در هکتار و عزیزآبادی و فراهانی و میرزایی (1400) در قزوین دور آبیاری گندم را 10 روز با مقدار آب آبیاری 960 مترمکعب در هکتار برای هر آبیاری پیشنهاد کردند؛ اما در مورد تغییر درجه‌حرارت و عمق توسعه ریشه در طول فصل رشد و تأثیر آن بر مدار و مقدار آب آبیاری گندم توضیحی ارائه ندادند. از بین عوامل مؤثر بر برنامه‌ریزی آبیاری، انتخاب یا تغییر روش آبیاری برای آبیاری مزارع گندم جزء عواملی هستند که هم بر روی دور آبیاری و هم مقدار حجم آب آبیاری تأثیرگذار است. خاک مزرعه فقط دور آبیاری و بارش مؤثر و نیاز آبشویی فقط حجم آب آبیاری را تغییر می‌دهند.

به دلیل تراکم زیاد گندم، فرض شده است که در هر سه روش آبیاری تمام سطح مزرعه به طور کامل خیس شده است و در بخشی از طول فصل رشد گندم که تبخیر تعرق واقعی کمتر از 1 میلی‌متر در روز داشت به‌عنوان خواب زمستانه تلقی شد و همچنین زمانی که مقادیر بارش مؤثر مخصوصاً در ابتدای فصل رشد، کفایت آبیاری کرد برنامه‌ریزی آبیاری انجام نشد. به این دلایل برنامه‌ریزی آبیاری از 10 اسفند شروع و تا 20 روز قبل از برداشت ادامه یافت. آبیاری اول برای سبز نمودن و استقرار جوانه گندم به دلیل طولانی بودن زمان آبیاری و راندمان پایین آبیاری در محاسبات وارد نشد.

جدول 1- برنامه‌ریزی آبیاری گیاه گندم در استان البرز در روش آبیاری سطحی در سامانه نیازآب

تاریخ آبیاری	عمق آبیاری (میلی‌متر)	دور آبیاری (روز)	عمق ریشه (سانتی‌متر)	تاریخ آبیاری	عمق آبیاری (میلی‌متر)	دور آبیاری (روز)	عمق ریشه (سانتی‌متر)
	بارش کفایت آبیاری			26 اردیبهشت	1077	9	37/5
1فروردین	613	20*	26	5خرداد	1134	9	40
16 فروردین	752	15	29	15خرداد	1239	10	42
27 فروردین	800	11	31	20 روز قبل از برداشت آبیاری نمی‌شود			
7 اردیبهشت	912	10	33	**کل آب مصرفی**		**تعداد آبیاری**	
17اردیبهشت	1010	10	35/5	**7537** m^3/ha		**8**	

*اصلاح شده

جدول 2- برنامه‌ریزی آبیاری گیاه گندم در استان البرز در روش آبیاری بارانی در سامانه نیازآب

تاریخ آبیاری	عمق آبیاری (میلی‌متر)	دور آبیاری (روز)	عمق ریشه (سانتی‌متر)	تاریخ آبیاری	عمق آبیاری (میلی‌متر)	دور آبیاری (روز)	عمق ریشه (سانتی‌متر)
	بارش کفایت آبیاری			22 اردیبهشت	426	6	36
22 اسفند	265	12*	24	27 اردیبهشت	415	5	38
4 فروردین	224	11	26	3 خرداد	488	6	39
13 فروردین	269	9	28	9 خرداد	478	6	40
21 فروردین	297	8	30	15 خرداد	485	6	42
28 فروردین	305	7	32	20 روز قبل از برداشت آبیاری نمی‌شود			
4 اردیبهشت	330	6	33				
10 اردیبهشت	365	6	34	**کل آب مصرفی**		**تعداد آبیاری**	
16 اردیبهشت	390	6	35	**4737** m^3/ha		**13**	

*اصلاح شده

جدول 3- برنامه‌ریزی آبیاری گیاه گندم در استان البرز در روش آبیاری قطره‌ای در سامانه نیازآب

تاریخ آبیاری	عمق آبیاری (میلی‌متر)	دور آبیاری (روز)	عمق ریشه (سانتی‌متر)	تاریخ آبیاری	عمق آبیاری (میلی‌متر)	دور آبیاری (روز)	عمق ریشه (سانتی‌متر)
	بارش کفایت آبیاری			17 اردیبهشت	325	5	35
17 اسفند	214	7*	23	22 اردیبهشت	335	5	36
24 اسفند	205	7*	25	26 اردیبهشت	360	4	37
2 فروردین	201	7*	26	1خرداد	370	4	38
9 فروردین	211	7	28	6 خرداد	370	5	39
16 فروردین	225	6	28	11 خرداد	386	5	41
22 فروردین	234	5	30	16 خرداد	411	5	42
27 فروردین	236	5	31	20 روز قبل از برداشت آبیاری نمی‌شود			
2 اردیبهشت	264	5	32	**کل آب مصرفی**		**تعداد آبیاری**	
7 اردیبهشت	300	5	33	**4959** m^3/ha		**17**	
12 اردیبهشت	312	5	34				

*اصلاح شده

منابع

ابراهیمی پاک، ن.ع.، تافته آ.، حسینی، س.ن. و کیخا، ف. 1401. سامانه نیاز آب. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. .http:// swri.ir

پناهی، م.، ملاح، س. غالبی، س. و امداد، م.ر. 1400. تعیین برنامهٔ مناسب آبیاری گیاهان عمدهٔ زراعی و باغی در شبکهٔ سنتی آبیاری دشت هنام لرستان. مجله پژوهش آب ایران. 15(1). ص. 95-87.

جعفری، ح. و غالبی، س. 1397. برنامه‌ریزی آبیاری برای گندمیان مهم در مناطق مختلف کشور. شماره ثبت، 55-اپ. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. تالار ترویج.

دهقان، ه.، علیزاده، ا.، انصاری، ح. و حقایقی مقدم، س.ا. 1392. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب در مزارع تحت آبیاری گندم (مطالعه موردی: دشت نیشابور). مجله آبیاری و زهکشی ایران. 2(5). ص. 275-263.

صنوبر، ع.، طباطبایی، س.ع. و دهقانی، ف. 1390. اثر دور آبیاری بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های گندم نان در منطقه یزد. 3(2). ص. 104-95.

عزیزآبادی فراهانی، م. و میرزایی، ف. 1400. بهینه‌سازی برنامه‌ریزی آبیاری در شرایط مختلف تأمین آب با استفاده از الگوریتم مورچگان . مجله پژوهش آب ایران. 15(1). ص. 64-55.

قوچانیان، م.، انصادی، ح. و فشائی، م. 1398. ارتقای بهره‌وری مصرف آب در محصول گندم زمستانه تحت گزینه‌های آبیاری مختلف با استفاده از مدل Aquacrop (مطالعه موردی مشهد). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. 13(3). ص. 666-657.

منتجبی، ن. 1388. مدیریت مصرف آب آبیاری برای افزایش عملکرد و کارایی آب مصرفی گندم در گلپایگان. چهارمین همایش منطقه‌ای ایده‌های نو در کشاورزی. 29 و 30 مهرماه. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، دانشکده کشاورزی.

بهبود بهره‌وری اقتصادی با بهینه‌سازی الگوی کشت در استان یزد

بیتا مروج الاحکامی [1]، محمد اکرامی [2]، شجاعت زارع [3]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، Bita.moravej@gmail.com،

[2] استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد،

[3] استادیار بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد

چکیده

در این مطالعه مناسب‌ترین الگوی کشت باهدف ایجاد بیشترین بهره‌وری اقتصادی در استان یزد ارائه شده است. در گام اول اطلاعات پایه شامل اطلاعات هواشناسی، ضرایب گیاهی، ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک، مدیریت آبیاری و اطلاعات مربوط به فنولوژی گیاهان جمع‌آوری شد. بر پایه اطلاعات جمع‌آوری شده، تبخیر تعرق مرجع، تخمین و اصلاح و سپس نیاز آبی گیاه بر پایه تبخیر تعرق گیاهی و بارش مؤثر در شهرستان‌های استان یزد تعیین شد. برنامه‌ریزی آرمانی به‌منظور دستیابی به الگوی کشت بهینه باهدف کاهش آب مصرفی و افزایش درآمد در محیط GAMS ارائه شد. گزینه‌های در نظر گرفته شده برای بهینه‌سازی الگوی کشت شامل گزینه اول: صرفاً مبتنی بر افزایش درآمد، گزینه‌های دوم و سوم: بر اساس افزایش درآمد و برنامه 5ساله اول، گزینه‌های چهارم و پنجم: مبتنی بر افزایش درآمد و برنامه 10ساله اول، و گزینه ششم: مبتنی بر افزایش درآمد و کاهش 50 درصدی سطح زیر کشت بودند. بر اساس نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌شود که بهینه‌سازی الگوی کشت مبتنی بر ایجاد حداکثر درآمد و لحاظ برنامه سازگاری با کم‌آبی مطابق با برنامه 10ساله اول لحاظ گردد.

کلمات کلیدی: بهره‌وری، الگوی کشت، راندمان، تبخیر تعرق

مقدمه

در راستای اهداف برنامه چهارم توسعه مبتنی بر افزایش در تولید محصولات کشاورزی، طراحی صحیح الگوی کشت به‌منظور دستیابی به بیشترین تولید و افزایش درآمد ضروری است (جعفرزاده و همکاران، 1395). طراحی الگوی کشت باید به نحوی صورت پذیرد تا علاوه بر استفاده بهینه از ظرفیت‌های موجود، بخشی از نیازهای منطقه‌ای و ملی را نیز تأمین نماید. سیاسر و هنر (1396) به بهینه‌سازی تخصیص آب و الگوی کشت محصولات غالب کشاورزی با استفاده از الگوریتم ژنتیک در دشت سیستان پرداختند. بر اساس نتایج این مطالعه الگوی منطقه بهینه نبوده و با اجرای الگوی پیشنهادی، سود حاصل به‌ازای هر هکتار زمین کشت شده افزایش می‌یابد. همچنین در این مطالعه محصول مؤثر اقتصادی برای کشت اول گندم و در کشت دوم هندوانه ارائه شد. Zeng و همکاران (2010) به‌منظور اعمال الگوی کشت بهینه محصولات زراعی در چین از روش برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی استفاده کردند. اهداف مدل بهینه‌سازی در این مطالعه دستیابی به بیشینه سود خالص، کمینه تبخیر تعرق و بیشینه تولید غلات بود. بر اساس نتایج این مدل بهینه‌سازی سطح زیر کشت آبی، سود خالص و بهره‌وری اقتصادی آب افزایش یافت. بر اساس نتایج مطالعه وفابخش و همکاران (1398) برنامه اصلاح الگوی کشت به‌عنوان یکی از راهکارهای احیای دریاچه ارومیه و استفاده پایدار از منابع طبیعی به‌ویژه آب و زمین در این حوضه موردبررسی قرار گرفت. اهداف مدل ارائه شده در این مطالعه بیشینه‌سازی درآمد خالص، بهره‌وری اقتصادی آب و کمینه‌سازی

مصرف آب و ارزیابی تناسب اراضی برای کشت محصولات زراعی و باغی عمده در حوزه آبریز دریاچه ارومیه بود. نتایج این مطالعه نشان داد که اجرای بهینه‌سازی الگوی کشت با درنظرگرفتن تناسب اراضی و محدودیت‌های منطقه‌ای برای محصولات کشاورزی، منجر به کاهش مصرف آب به میزان 11/7 درصد و افزایش در آمد کل منطقه و شاخص بهره‌وری اقتصادی آب در مقایسه با الگوی کشت فعلی به میزان 27/1 و 43/9 درصد شد. طباطبائی و شهیدی (1396) با تغییر الگوی کشت در روستای مزرعه نو در اردکان یزد به بررسی افزایش بهره‌وری اقتصادی آب پرداختند. بر اساس نتایج این مطالعه تغییر الگوی کشت مطابق با گزینه تعریف شده باعث افزایش درآمد خالص اقتصادی به میزان سه برابر در مقایسه با الگوی کشت موجود شد. بر اساس مطالعه شاه نظری و صادقی (1402) در خصوص بهینه‌سازی معیارهای الگوی کشت بر اساس توسعه پایدار در حوزه آبریز تجن، اولویت‌بندی بر مبنای معیارهای زیست‌محیطی و اقتصادی و افزایش توسعه پایدار منجر به افزایش بهره‌وری فیزیکی به میزان 148 درصد، افزایش بهره‌وری زمین به میزان 95 درصد و افزایش بهره‌وری اقتصادی به میزان 130 درصد شد.

مطالعه حاضر باهدف افزایش بهره‌وری آب کشاورزی و بهره‌وری اقتصادی انجام شده است که در آن نقش مدیریت مصرف آب با تغییر الگوی کشت بر افزایش درآمد خالص کشاورزی موردبررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

استان یزد با وسعتی معادل 74650 کیلومترمربع در قسمت مرکزی فلات ایران قرار دارد. این استان در بین عرض‌های جغرافیایی 29 درجه و 3 دقیقه تا 35 درجه و 7 دقیقه عرض شمالی و طول جغرافیایی 52 درجه و50 دقیقه تا 58 درجه و 16 دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار مبدأ قرار گرفته است. لازمه رسیدن به اهداف این مطالعه، تخمین نیاز آبی گیاهان باتوجه‌به تبخیرتعرق محاسبه شده در هر منطقه است. براین‌اساس، روش تحقیق در این مطالعه مبتنی بر تهیه اطلاعات پایه شامل اطلاعات هواشناسی و تخمین تبخیر تعرق مرجع، اطلاعات ضریب گیاهی، ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک، اطلاعات مدیریت آبیاری و اطلاعات مربوط به مراحل فنولوژی گیاه است. 15 گونه زراعی و 30 گونه باغی غالب در نظر گرفته شد. به‌منظور تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی تبخیر تعرق مرجع (تخمینی با روش فائو پنمن مانتیث) و مقادیر بارش مؤثر در نظر گرفته شد. برنامه‌ریزی آرمانی در قالب مدل بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از نرم‌افزار GAMS نوشته شد. مدل ارائه شده در این مطالعه شامل یک بخش فنی و یک بخش اقتصادی است. مهم‌ترین بخش مدل، بخش فنی است که بر اساس اطلاعات هر چه دقیق‌تر این بخش مدل قادر به تصمیم دقیق‌تر خواهد بود. بخش اقتصادی مدل شامل عوامل هزینه تولید، قیمت فروش و بحث بازار است. در مرحله اول مدل‌سازی بر اساس شرایط موجود و محصولات غالب در هر شهرستان، تولید و مصرف آب بهینه شده و تفاوت مقادیر بهینه شده با مقادیر اولیه به‌صورت درصد محاسبه می‌گردد. محصول انتخاب شده توسط مدل بر اساس میزان مصرف آب و درآمد خالص تولیدی است. هر محصولی که از نظر درآمد خالص قادر به رقابت با محصولات دیگر نباشد از گردونه انتخاب حذف می‌شود؛ بنابراین در مدل ارائه شده در این مطالعه، عامل سطح زیر کشت به‌عنوان متغیر تصمیم و تولید، درآمد و آب مصرفی به‌عنوان تابع هدف لحاظ شده است.

گزینه‌های بررسی شده در مدل ارائه شده این مطالعه به شرح زیر است:

گزینه اول: ایجاد حداکثر درآمد با لحاظ محدودیت منابع و باهدف رسیدن به 50 درصد سطح زیر کشت فعلی

گزینه دوم: ایجاد حداکثر درآمد با محدودیت منابع، لحاظ برنامه 5ساله اول در حداقل سطح زیر کشت محصولات اصلی، تغییر در منابع آبی و مصرف و عملکرد

گزینه سوم: ایجاد حداکثر درآمد با محدودیت منابع لحاظ برنامه 5ساله اول در حداقل سطح زیر کشت محصولات اصلی بدون لحاظ سبزی و صیفی‌جات

گزینه چهارم: ایجاد حداکثر درآمد با محدودیت منابع با حداقل سطح زیر کشت محصولات اصلی و تغییر در منابع آبی و مصرف و

عملکرد مطابق با برنامه 10ساله اول (به جز کاهش آب در دسترس)

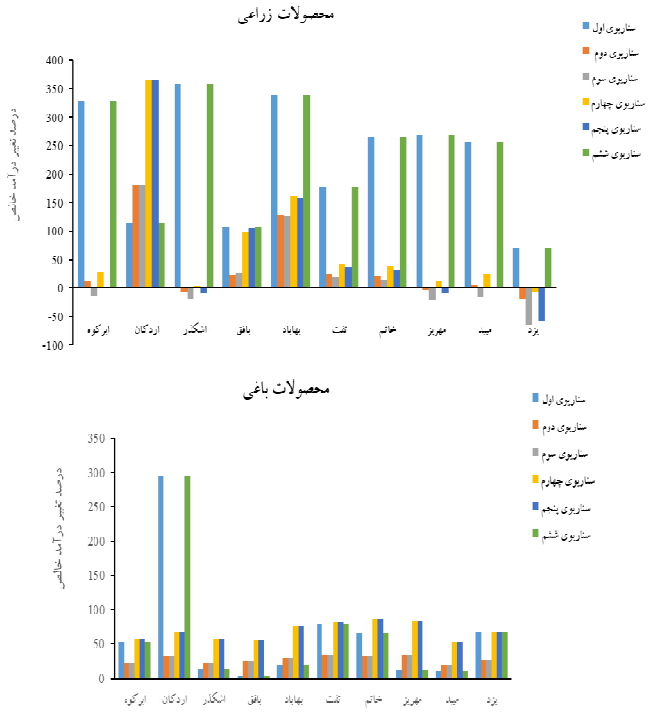
گزینه پنجم: ایجاد حداکثر درآمد با محدودیت منابع با حداقل سطح زیر کشت محصولات اصلی و تغییر در منابع آبی و مصرف و عملکرد مطابق با برنامه 10ساله اول (به جز کاهش آب در دسترس) بدون لحاظ سبزی و صیفی‌جات

گزینه ششم: ایجاد حداکثر درآمد با لحاظ محدودیت منابع

نتایج و بحث

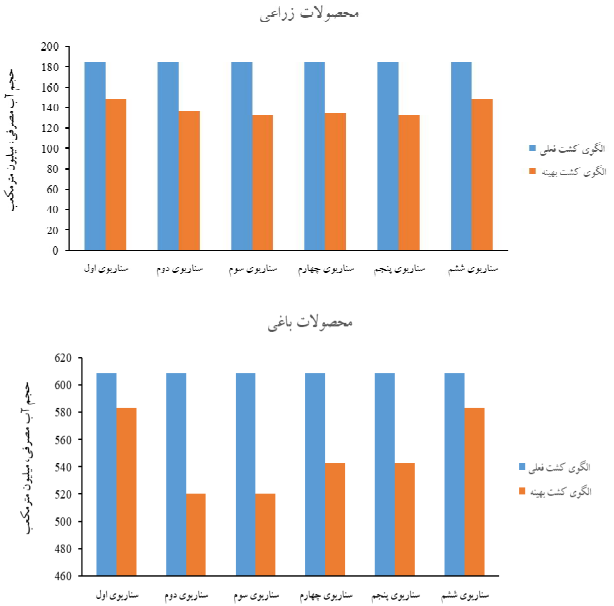
با بررسی مدل بهینه‌سازی الگوی کشت برای گزینه اول، تولید محصولات زراعی و باغی به ترتیب 0/8 درصد کاهش و 119/1 درصد افزایش خواهد یافت. هم‌چنین افزایش درآمد در این گزینه 43/24 درصد و کاهش آب مصرفی معادل 3/9 درصد بوده است.

در گزینه دوم، تولید محصولات زراعی 11/9 درصد افزایش و تولید محصولات باغی 10.1 درصد افزایش خواهد یافت. هم‌چنین افزایش درآمد در این گزینه 32/7 درصد و میزان کاهش آب مصرفی به میزان 17/4 درصد خواهد بود. اعمال گزینه سوم منجر به افزایش تولید محصولات زراعی و باغی به میزان 10 درصد خواهد شد. هم‌چنین در این گزینه افزایش درآمد 31/87 درصد و میزان کاهش آب مصرفی 17/75 درصد است. در گزینه چهارم با تغییرسطح زیرکشت پیشنهادی، میزان افزایش تولید محصولات زراعی و باغی به ترتیب 21/2 و 59/3 درصد و افزایش درآمد 78 درصد و میزان کاهش آب مصرفی 14/7 درصد خواهد بود. در گزینه پنجم با تغییرات سطح زیرکشت ارایه شده، میزان افزایش تولید محصولات زراعی و باغی به ترتیب 19/1 و 59/3 درصد و میزان افزایش درآمد 77/2 درصد و کاهش آب مصرفی به میزان 15/05 درصد خواهد بود. در گزینه ششم با اعمال تغییرات سطح زیرکشت ارایه شده، تولید محصولات زراعی به میزان 1/6 درصد کاهش، تولید محصولات باغی به میزان 238/7 درصد افزایش خواهد یافت. هم‌چنین این گزینه به میزان 86 درصد درآمد را افزایش و منجر به کاهش 7/9 درصدی مصرف آب خواهد شد. در شکل (1) تغییر درآمد خالص تحت گزینه‌های متفاوت در شهرستان‌های متفاوت در استان یزد ارایه شده است. بر اساس این شکل بیشترین درآمد خالص در گزینه ششم ایجاد خواهد شد.



شکل 1- نمایی از تغییر درآمد خالص ناشی از محصولات زراعی و باغی ناشی از گزینه‌های متفاوت تغییر الگوی کشت

همچنین در شکل (2) تغییر حجم آب مصرفی در استان یزد با اجرای بهینه‌سازی الگوی کشت در استان یزد ارایه شده است. باتوجه‌به این شکل بیشترین کاهش آب مصرفی به گزینه‌های دوم و سوم بوده است.



شکل2- نمایی از تغییر حجم آب مصرفی محصولات زراعی و باغی ناشی از گزینه‌های متفاوت تغییر الگوی کشت در استان یزد

درصد تغییرات بهره‌وری اقتصادی (نسبت درآمد خالص به میزان آب مصرفی) در استان یزد، برای گزینه‌های اول، دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم به ترتیب 49/61، 55/27، 54/34، 99/74، 98/8 و 94/32 درصد به دست آمد. بنابراین بر اساس نتایج این مطالعه بیشترین افزایش در بهره‌وری اقتصادی در گزینه چهارم ایجاد شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج بهینه‌سازی گزینه‌های متفاوت در مطالعه حاضر نشان داد که در گزینه اول و ششم تولید محصولات زراعی کاهش و تولید محصولات باغی به‌صورت قابل‌توجهی نسبت به سایر گزینه‌ها افزایش‌یافته است. میزان افزایش درآمد در گزینه اول 43/24 درصد و در گزینه ششم 86 درصد بوده است. همچنین کاهش آب مصرفی در گزینه اول 3/9 درصد و در گزینه ششم 7/9 درصد بوده است. لازم به ذکر است که گزینه اول مبتنی بر افزایش درآمد با کاهش 50 درصدی سطح زیر کشت و گزینه ششم مبتنی بر افزایش درآمد با لحاظ محدودیت منابع بوده است. در گزینه چهارم و پنجم میزان افزایش تولید محصولات زراعی و باغی و در نتیجه درصد افزایش درآمد بیشتر از گزینه دوم و سوم (درصد افزایش درآمد در گزینه دوم، سوم، چهارم و پنجم به ترتیب 32/7، 31/87، 78 و 77/2 درصد بود) تعیین شد. درصد کاهش آب مصرفی در گزینه دوم و سوم بیشتر از گزینه چهارم و پنجم بوده است (درصد کاهش آب مصرفی در گزینه دوم، سوم، چهارم و پنجم به ترتیب 17/4، 17/75، 14/7 و 15/05 درصد بود). بر اساس نتایج این مطالعه گزینه پیشنهادی که منجر به بهبود بهره‌وری اقتصادی در استان یزد خواهد شد گزینه چهارم می‌باشد که منجر به بهبود بهره‌وری اقتصادی به میزان 99/8 درصد خواهد شد. بنابراین پیشنهاد می‌شود بهینه‌سازی الگوی کشت با در نظر داشتن تابع هدف ایجاد حداکثر درآمد و لحاظ برنامه سازگاری با کم آبی

مطابق با برنامه 10 ساله اول لحاظ گردد.

منابع

جعفرزاده، ا.، خاشعی سیوکی، ع. و شهیدی، ع. 1395. طراحی یک مدل تصمیم‌گیری چندهدفه به‌منظور تعیین الگوی کشت بهینه تأثیر پدیده تغییر اقلیم (مطالعه موردی: دشت بیرجند). تحقیقات آب‌وخاک ایران. 47(4)، 849-859.

شاه نظری، ع. و صادقی، س. 1402. بهینه سازی معیارهای الگوی کشت مبتنی بر توسعه پایدار و افزایش بهره‌وری آب کشاورزی در حوزه آبریز تجن. نشریه علوم آب و خاک، 27(2)، 163-177.

طباطبایی، س. م. و شهیدی، ع. 1396. بررسی افزایش بهره‌وری اقتصادی آب با تغییر الگوی کشت در روستای مزرعه نو در اردکان یزد، نشریه پژوهش آب در کشاورزی، 31 (1)، 119-128.

وفابخش، ج.، محمدزاده، آ.، بازرگان، ک. و نویدی، م. ن. 1398. مطالعه تطبیقی الگوی کشت و تناسب اراضی محصولات زراعی و باغی عمده در حوزه آبریز ارومیه. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 3(11)، 779-805.

یاسر، ه. و هنر، ت. 1396. بهینه‌سازی تخصیص آب و الگوی کشت محصولات غالب کشاورزی با استفاده از الگوریتم ژنتیک. سومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی. تهران.

Zeng, X., Kang, S., Li, F., Zhang, L. and Guo, P. 2010. Fuzzy multi-objective linear programming applying to crop area planning. Agricultural Water Management 98, 134-142.

بهره‌وری مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی زراعت یونجه

سید حسن موسوی فضل [1]

[1] عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سمنان (شاهرود)، Hmousavifazl@yahoo.com

چکیده

این پژوهش باهدف بررسی اثر روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر عملکرد، حجم آب کاربردی، بهره‌وری مصرف آب محصول یونجه و تعیین فاصله و عمق مناسب لوله‌های فرعی انجام شد. نتایج نشان داد، اثر فاصله لوله‌های فرعی بر عملکرد ماده خشک و بهره‌وری آب (مجموع آب آبیاری و بارندگی مؤثر) در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر عمق نصب لوله‌ها بر عملکرد و بهره‌وری آب معنی‌دار نشد. اثر متقابل فاصله و عمق لوله‌های فرعی بر عملکرد و بهره‌وری آب معنی‌دار شد. بین عملکرد تیمارها بافاصله لترال 80 و 100 سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. اما با افزایش فاصله لترال‌ها از 80 به 120 سانتی‌متر، مقدار عملکرد کل 2303 کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (12 درصد). براساس تحلیل اقتصادی، فاصله 100 سانتی‌متر برای لوله‌های فرعی در خاک‌ها با بافت متوسط به سنگین مقرون به صرفه بوده و کاهش عملکرد آن در مقایسه با تیمار 80 سانتی‌متری قابل چشم پوششی است (545 کیلوگرم در هکتار معادل 3 درصد). باتوجه‌به عملکرد تیمارها و هزینه‌های روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، تیمار با فاصله لترال‌های 100 و عمق 45 سانتی‌متر به‌عنوان تیمار برتر پیشنهاد شد. بهره‌وری مصرف آب در همه تیمارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از روش آبیاری سنتی بیشتر بود.

کلمات کلیدی: مدیریت آبیاری، بهره‌وری آب، آبیاری قطره‌ای، علوفه

مقدمه

یونجه گیاهی است چندساله با ریشه‌های قوی و عمودی که به علت طویل بودن ریشه، رطوبت اعماق را جذب نموده و مدت زیادی در مقابل خشکی و گرما مقاومت می‌نماید. ریشه یونجه در شرایط مناسب گاهی تا 7 متر به طور عمودی در خاک نفوذ می‌کند. سرعت رشد یونجه زیاد و در فصل اول رویش به 50 تا 60 سانتی‌متر می‌رسد و پس از یک سال تا 100 سانتی‌متر رشد می‌کند. عمر مفید و اقتصادی یونجه در مواردی 5 تا 7 سال است. یونجه در خاک‌های خیلی مرطوب عملکرد خوبی ندارد، زیرا ریشه آن به اکسیژن زیادی نیاز دارد. خاک‌ها با زهکش ضعیف و تهویه نامناسب برای گیاه یونجه مناسب نیستند (Attram Jeremiah and et al., 2016). براساس منابع موجود روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) بیشتر از 30 سال است که در جهان و مخصوصا کالیفرنیای امریکا مورداستفاده قرار می‌گیرد. این روش برای اولین بار در محصولات یک ساله ردیفی با ارزش مورداستفاده قرار گرفت. با ساخت و توسعه لوازم و تجهیزات روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، استقبال از این روش افزایش یافت. این روش برای محصولات چند ساله نیز مورداستفاده قرار گرفت. تحقیقات زیادی توسط لامم و همکاران (2007) و کمپ (1998) در روش آبیاری زیرسطحی صورت گرفته است (Ayars and et al., 2015). در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی لوله‌های آبده و قطره‌چکان‌ها در زیرسطح خاک قرار می‌گیرند و آب و عناصر غذایی را به طور مستقیم در ناحیه ریشه در اختیار گیاه قرار می‌دهند. این روش برای محصولات باغی و زراعی (پسته، انگور، زیتون، خرما، مرکبات و درختان سیاه ریشه، سیب‌زمینی، ذرت، پنبه و یونجه) کاربرد دارد (Palacios-Díaz et al., 2009).

در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، هزینه‌های لوله‌گذاری (بسته به فاصله لوله‌های فرعی) 33 تا 60 درصد هزینه‌های خرید لوازم و نصب سامانه را شامل می‌شود. فاصله لوله‌های فرعی مستقیما بر هزینه‌های سامانه تأثیر زیادی دارد. انتخاب فاصله زیاد برای

لوله‌های فرعی ممکن است باعث شود که آب و مواد غذایی کافی در اختیار گیاه قرار نگیرد، در نتیجه عملکرد محصول کاهش یابد. بنابراین برای دست‌یابی به بازده بهینه در این روش بایستی بین سرمایه‌گذاری‌های روش آبیاری و کاهش عملکرد توازن برقرار نمود (Dallerr and et.al., 2013). چنانچه در روش آبیاری زیرسطحی عمق نصب لوله‌ها و فاصله بین آن‌ها به طور مناسب تعیین و انتخاب شود، می‌تواند عملکرد محصول و کارایی مصرف آب را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد (Finger and et.al., 2015).

فرید لاما (2016) معتقد است چون یونجه نیاز آبی بیشتری نسبت به اکثر گیاهان زراعی دارد، بنابراین روش آبیاری کارآمدی مانند آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند در تولید و مصرف بهینه آب برای این محصول نقش مهمی ایفا نماید. این روش می‌تواند عملکرد و کیفیت محصول را نیز نسبت به سایر روش‌های آبیاری افزایش دهد. اما یکی از مخاطرات این روش، آثار تخریبی جوندگانی مانند موش است. بیشترین پژوهش‌ها در مورد روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در کالیفرنیای امریکا بوده است (Hutmacher et al. 1996؛ Kandelous et al. 2012). بزرگترین مشکل در تولید یونجه در دره امپریال کالیفرنیا، سوختگی در قسمت طوقه‌ی گیاه در روش آبیاری سطحی به علت گرمای زیاد هواست که در هنگام آبیاری در روزهای تابستان ایجاد می‌شود. بررسی‌ها نشان داده که این مشکل با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی کاهش یافته است.

مقاله حاضر برگرفته از نتایج طرح پژوهشی باهدف بررسی اثر روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر عملکرد، حجم آب کاربردی، بهره‌وری مصرف آب محصول یونجه و تعیین فاصله و عمق مناسب لوله‌های فرعی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دامغان در سال‌های زراعی 1398 تا 1400 انجام شد. طرح در قالب نوارهای خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل و چهار تکرار انجام شد. عوامل شامل: 1- فاصله لوله‌های فرعی (لترال‌ها) از همدیگر در سه سطح (80، 100 و 120 سانتی‌متر) 2- عمق نصب لوله‌های فرعی در دو سطح 30 و 45 سانتی‌متر زیرسطح خاک). عمق نصب لوله‌ها به‌عنوان عامل اصلی و فاصله لوله‌ها به‌عنوان عامل فرعی انتخاب شد.

برای اجرای این پژوهش، زمینی به طول 60 (طول لوله‌های فرعی 60 متر در نظر گرفته شد) و عرض 120 متر انتخاب شد. تیمارها و تکرارها در داخل این قطعه زمین قرار گرفتند. طول هر کرت آزمایشی 60 متر و عرض کرت‌ها برای فواصل لوله‌های 80، 100 و 120 سانتی‌متر به‌ترتیب 4، 5 و 6 متر انتخاب شد (در داخل هر کرت 5 خط لوله فرعی جاگذاری شد). در این پژوهش 24 کرت آزمایشی با عرض 4، 5 و 6 در طول60 متر وجود داشت (تیمار و تکرار). نمونه‌برداری‌ها از محصول در زمان انجام پژوهش از 3 خط (لوله فرعی) وسط هرکرت و در سه نقطه از طول 60 متر انجام شد. لوله‌های فرعی از نوع لوله‌های قطره‌چکان‌دار به قطر 20 میلی‌متر با آبدهی 1/6 لیتر در ساعت و با فاصله هر قطره‌چکان 60 سانتی‌متر انتخاب شد. لوله‌های زیرسطحی پس از آماده‌سازی زمین و کاشت بذر در دو عمق 30 و 45 سانتی‌متر مطابق تیمارها با استفاده از دستگاه (ساخته شده برای همین پروژه) جایگذاری شدند.



شکل 1- لوله گذاری آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (زمان اجرا) و سطح سبز مزرعه در سال دوم

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثر جداگانه فاصله لوله‌های فرعی بر عملکرد محصول (ماده خشک) در سطح یک درصد معنی‌دار است. جدول 1 اثر فاصله لوله‌های فرعی بر عملکرد را نشان می‌دهد. براساس نتایج ، بین عملکرد تیمارها با فاصله لترال 80 و 100 سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هرچند با افزایش فاصله لترال‌ها از 80 به 100 سانتی‌متر، عملکرد کمی کاهش یافت. عملکرد محصول در تیمارها با فاصله لترال 120 سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری با دو تیمار 80 و 100 سانتی‌متری داشت. با افزایش فاصله لترال‌ها از 80 به 120 سانتی‌متر، عملکرد محصول به شدت کاهش یافت. آلما و همکاران (2002) نیز در پژوهشی در ایالت کانزاس امریکا، فواصل نوارهای آبیاری (75 ، 100 و 150 سانتی‌متر) و دو عمق نصب 30 و 45 سانتی‌متر برای لوله‌های فرعی در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای یونجه بررسی نمودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که فاصله نوارهای آبیاری 150 سانتی‌متر بر سبز شدن بذر و عملکرد تأثیر منفی دارد و عملکرد محصول را کاهش می‌دهد (Mahbub Alam et al., 2002). نتایج پژوهش با یافته‌های آلما و همکاران (2002) همخوانی دارد. براساس نتایج این پژوهش فاصله 100 سانتی‌متر برای لوله‌های فرعی در خاک‌های با بافت متوسط تا سنگین از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر بوده و کاهش عملکرد آن در مقایسه با فاصله 80 سانتی‌متری قابل چشم پوششی است.

جدول 1- اثر فاصله لترال‌ها بر عملکرد ماده خشک

فاصله لترال‌ها	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)		
(سانتی‌متر)	سال اول	سال دوم	تجزیه مرکب
80	19409 [a]	18865 [a]	19137 [a]
100	18792 [a]	18392 [a]	18592 [a]
120	16986 [b]	16683 [b]	16834 [b]

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و حروف غیرمشابه بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار

حجم آب کاربردی

جدول 2، طول دوره رشد، تعداد آبیاری، تبخیر تعرق، بارندگی و حجم آب کاربردی را در سال‌های انجام پژوهش نشان می‌دهد. میانگین حجم آب کاربردی در طول فصل زراعی سال‌های انجام پژوهش، برابر 8870 مترمکعب در هکتار شد.

جدول2- حجم آب آبیاری در سال‌های انجام پژوهش

سال	طول دورهٔ آبیاری	تعداد آبیاری	تبخیر تعرق	بارندگی	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	
	(روز)		(میلی‌متر)	(میلی‌متر)	قطره‌ای زیرسطحی	سنتی (شیاری)
1398	کشت در اول شهریور	5	2080	112	1560	2650
1399	206	41	2090	99	8640	14380
1400	211	43	2115	93	9100	15100

ستون‌های مربوط به تبخیر و تعرق و بارندگی (سالیانه) بر اساس آمار هواشناسی منطقه است.

بهره‌وری فیزیکی آب کاربردی

برای محاسبه بهره‌وری فیزیکی آب در تیمارهای مختلف، عملکرد خشک محصول بر حجم آب کاربردی (آب آبیاری به‌اضافه بارندگی مؤثر) تقسیم شد. جدول 3 بهره‌وری فیزیکی آب را نشان می‌دهد. حداکثر بهره‌وری آب از تیمارها با فواصل نوار 80 و 100 سانتی‌متر در

اعماق 30 و 45 سانتی‌متر بدست آمد. تیمار فاصله نوار آبیاری 120 سانتی‌متر، کمترین مقدار بهره‌وری فیزیکی آب را به خود اختصاص داد.

بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی

بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی در تیمارهای مختلف از تقسیم سود ناخالص محصول در هر تیمار، بر حجم آب کاربردی محاسبه شد (ملارضا قصاب و همکاران، 1399). بر اساس قیمت یونجه خشک در بازار، 8000 تومان (میانگین دو سال) برای هر کیلو در نظر گرفته شد. جدول 3 بهره‌وری اقتصادی آب کاربردی را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. تیمار فواصل لوله‌های فرعی 80 و 100 سانتی‌متر در دو عمق 30 و 45 سانتی‌متری اختلاف معنی‌داری نداشتند؛ بنابراین تیمار با فواصل لوله‌های 100 و عمق 45 سانتی‌متر پیشنهاد می‌گردد.

جدول3- بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب کاربردی در تیمارها

ردیف	تیمار	بهره‌وری فیزیکی (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار)	بهره‌وری اقتصادی (تومان برای هر مترمکعب)
1	فاصله لوله‌ها 80 و عمق 30 سانتی‌متر	2/15 [a]	17200 [a]
2	فاصله لوله‌ها 80 و عمق 45 سانتی‌متر	2/17 [a]	17360 [a]
3	فاصله لوله‌ها 100 و عمق 30 سانتی‌متر	2/07 [ab]	16560 [ab]
4	فاصله لوله‌ها 100 و عمق 45 سانتی‌متر	2/12 [ab]	16960 [ab]
5	فاصله لوله‌ها 120 و عمق 30 سانتی‌متر	1/88 [c]	15040 [c]
6	فاصله لوله‌ها 120 و عمق 45 سانتی‌متر	1/90 [c]	15200 [c]

مقایسه با روش سنتی

در این پژوهش برای بررسی و مقایسه حجم آب کاربردی و عملکرد محصول در دو روش آبیاری سنتی (سطحی) و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، در مجاور مزرعه آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، کرتی به ابعاد 80 ×30 با مدیریت کشاورز به‌عنوان شاهد، (مدیریت آبیاری معمول منطقه) در نظر گرفته شد. در این کرت، حجم آب کاربردی و عملکرد محصول در طول سال‌های انجام پژوهش اندازه‌گیری شد (جدول 4). میانگین حجم آب کاربردی در روش آبیاری سطحی (شیاری) 14740 مترمکعب در هکتار و متوسط عملکرد ماده خشک در این روش برابر 16925 کیلوگرم در هکتار بدست آمد. میانگین بهره‌وری فیزیکی آب کاربردی در این روش برابر 1/15 کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار شد.

جدول 4- عملکرد و حجم آب کاربردی یونجه در روش آبیاری شیاری (سنتی)

تیمار	سال			
	1399		1400	
	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	حجم آب کاربردی (مترمکعب در هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	حجم آب کاربردی (مترمکعب در هکتار)
آبیاری شیاری (سنتی)	17100	14380	16750	15100

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، حجم آب کاربردی در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به روش آبیاری سنتی (با مدیریت زارع)، 40 درصد کاهش نشان داد که رقم قابل‌توجهی است. از طرف دیگر، تداخل نداشتن آبیاری در این روش، با تردد ماشین‌های کشاورزی مخصوصاً در زمان‌های برداشت) بر توانایی و قابلیت این روش می‌افزاید. اما از مشکلات این روش، آسیب‌های جوندگان به لوله‌های فرعی در زیر سطح خاک است که مشخص‌کردن محل‌های آسیب و ترمیم آنها دشوار است. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، برای

جلوگیری از آسیب‌های جوندگان، مبارزهٔ به‌موقع با آنها و نیز افزایش عمق نصب لوله‌های فرعی تا 45 سانتی‌متر توصیه می‌شود. اجرای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در خاک‌های با بافت متوسط تا سنگین، به دلیل ممکن بودن انتخاب فاصله‌های 100 سانتی‌متر برای لوله‌های فرعی، باصرفه است و در مناطق گرم و خشک باقدرت تبخیر زیاد توصیه می‌شود.

منابع

ملارضا قصاب، ف.، عبدشاهی، ع.، و مرزبان، ا. 1399. تعیین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب کشاورزی (مطالعه موردی شهرستان دزفول). مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، جلد 12، شماره 3. ص 79-42.

Ayars, J.E., Fulton, A. and Taylor, B. 2015. Subsurface drip irrigation in California-Here to stay?. Agricultural Water Management. (157) 39–47.

Attram, J., Acharya, S., Smith, E. and Thomas, J. 2016. Yield and net return from alfalfa cultivars under irrigation in south. Canadian Journal of Plant Science. 96(2): 165-175.

Darrell, J., Bosch, L., powell, A. and Scott, W. 2013. Investment Returns from Three Sub-surface Micro irrigation Tubing Spacing. Agricultural Economics.

Finger, L., Wang, J., Malano, H., Chen, D. and Morris, M. 2015. Productivity and water use of grazed subsurface drip irrigated perennial pasture in Australia. Irrigation Science. 33(2):141-152.

Hutmacher, R.B., Davis, K.R., Schoneman, R.A., Vail, S.S. and Mead, R.M. 1996. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management. Agric. Water Manage.42, 1–27.

Kandelous, MM., Kamai, T., Vrugt, JA., Hanson, B., and Hopmans, JW. 2012. Evaluation of subsurface drip irrigation design and management parameters for alfalfa. Agricultural Water Management. 109 (9): 81-93.

Kazumba, S., Gillerman, L., Demalach, Y. and Oron, G. 2010. Sustainable domestic effluent reuse via subsurface drip irrigation (SDI): alfalfa as a perennial model crop. Water Science & Technology A Journal of the International Association on Water Pollution Research. 61(61): 625-632.

Lamm, F.R., Ayars, J.E. and Nakayama, F.S. 2007. Micro irrigation for Crop Production –Design, Operation, and Management. Elsevier, Amsterdam, pp. 618.

Lamm, F.R. 2016. Subsurface drip irrigation and possibilities in alfalfa. Proceedings, California Alfalfa and Forage Symposium, November, Reno, Nevada.

Mahbub, A., Trooien, T. P., Dumler, T. J. and Danny, Rogers. 2002. Using subsurface drip irrigation for alfalfa. Journal of the American Water Resources Association. 38(6), 1715- 1721.

Palacios-Díaz M.P. Mendoza-Grimón V. Fernández-Vera J.R. Rodríguez-Rodríguez, F. Tejedor-Junco M.T. Hernández-Moreno J.M. 2009. Subsurface drip irrigation and reclaimed water quality effects on phosphorus and salinity distribution and forage production. Agric. Water Manage. 96 (11), 1659–1666.

پیش‌بینی کمبود فشار بخار برای مدیریت مصرف آب در مزرعه به کمک فنون یادگیری ماشین در مناطق گرم و خشک

الهام قوچانیان حقوردی [1]، علیرضا مقری فریز [2]، امید خراشادیزاده [3]

[1] کارشناس تحقیقات بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران، elhamhaghverdi@gmail.com

[2] هیئت علمی بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

[3] کارشناس ارشد مهندسی منابع آب، شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، شرکت مدیریت منابع آب، بیرجند، ایران

چکیده

برآورد دقیق تبخیر تعرق برای مدیریت مصرف آب در مزرعه، به‌ویژه در کشورهای خشک و نیمه‌خشک که با تنش آبی مواجه‌اند امری مهم است. کمبود فشار بخار یکی از عوامل تبخیر تعرق است که تأثیر قابل‌توجهی بر محاسبه آن دارد. در این مقاله به پیش‌بینی کمبود فشار بخار با استفاده از فنون مبتنی بر یادگیری ماشین شامل روش‌های رگرسیون خطی، مدل افزودنی تعمیم‌یافته، زیرمجموعه تصادفی، جنگل تصادفی و مدل M5P در چهار منطقه مختلف استان خراسان جنوبی پرداخته شد. جهت برآورد کمبود فشار بخار از داده‌های بازتحلیل بانک اطلاعاتی JRA-55 بین سال‌های 1958 الی 2023 استفاده شد. این بانک اطلاعاتی شامل انبوهی از دیتاهای باز تحلیل هواشناسی و کشاورزی است که به‌صورت نقطه‌ای و رستری قابل‌دسترس بوده و مزیت مهم این بانک اطلاعاتی کاربرد آن در مناطقی است که دارای فقدان اطلاعات ایستگاه‌های زمینی است. برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها در هر دو مرحله آموزش شامل (70% داده) و تست (30 % داده) از چهار شاخص آماری ضریب همبستگی، میانگین خطای مطلق، ریشه میانگین مربعات خطا و ریشه نسبی میانگین مربعات خطا استفاده شد. عملکرد مدل افزودنی تعمیم‌یافته به ترتیب در مرحله آموزش و تست بهتر از سایر مدل‌ها بود [CC=0.9994؛ MAE=0.027؛ RMSE=0.0365 و RRMSE= 0.0004]، [CC=0.9989؛ MAE=0.0282؛ RMSE=0.0382 و RRMSE=0.0008]، این مقاله استفاده از مدل GAM را برای مطالعات آبی- اقلیم‌شناسی و به‌ویژه برای مطالعات مدل‌سازی و پیش‌بینی کمبود فشار بخار توصیه می‌کند.

کلمات کلیدی: کمبود فشار بخار، مدل افزودنی تعمیم‌یافته، مدیریت آب مزرعه، یادگیری ماشین، سازگاری اقلیمی

مقدمه

کشاورزی بیشترین سهم را در مصرف منابع آبی دارد و به طور متوسط 70٪ برداشت از منابع آبی در اختیار بخش کشاورزی است. برای تامین امنیت غذایی در آینده، باید بهره‌وری آبیاری را افزایش دهیم تا محصول بیشتر با آب کمتری تولید کنیم. در صورت عدم وجود آب کافی یا عدم مدیریت صحیح محصولات و خاک، حتی فن‌آوری‌های بیوتکنولوژی پیشرفته و فنون اصلاح نژادی مرسوم که برای ایجاد انواع محصولات جدید استفاده می‌شوند، نیز نمی‌توانند بازدهی قابل‌توجهی داشته باشند. یکی از مهم‌ترین عوامل مدیریت دقیق آب کشاورزی، کمبود فشار بخار[1] نام دارد که در اقلیم‌شناسی، سنگ‌شناسی، کشاورزی و سایر رشته‌های مرتبط به دلیل تأثیر آن بر جریان

[1] vapor pressure deficit

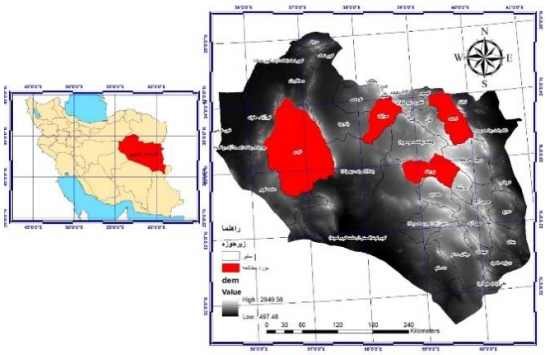
رطوبت از سطح به اتمسفر و بیلان آب در سطح کشور و جهان استفاده می‌شود. کمبود فشار بخار نه تنها مؤلفه مهمی است که بر فیزیولوژی گیاه تأثیر می‌گذارد، بلکه تأثیر قابل‌توجهی نیز بر نیاز آبی گیاهان دارد (Grossiord et al., 2020). مطالعات متعدد نشان می‌دهد که کمبود فشار بخار تأثیر قابل‌توجهی بر تبخیر تعرق دارد (Yuan et al., 2019) و هم‌چنین عاملی مهم در تعیین نیازهای آبی گیاهان است. اختلاف بخار آب بین فشارهای اشباع و واقعی با مقدار کمبود فشار بخار نشان داده می‌شود. طبق معادله کلازیوس-کلاپیرون، فشار بخار آب اشباع به ازای هر درجه کلوین افزایش دما در جو تقریباً 7 درصد افزایش می‌یابد. اگر افزایش فشار بخار اشباع با افزایش غلظت واقعی بخار آب اتمسفری واقعی مطابقت نداشته باشد، کمبود فشار بخار افزایش خواهد یافت. رطوبت نسبی که اختلاف بین فشار بخار آب واقعی و اشباع را اندازه می‌گیرد، نه تنها در مناطق مرطوب بلکه در زمین‌های دور از ساحل نیز به شدت نوسان دارد (Wijngaarden and Vincent, 2004). علیرغم این واقعیت که روند بلند مدت میانگین جهانی رطوبت نسبی سطح زمین کم است. کاهش عمده پس از سال 2000 مشاهده شده است، که نمایان‌گر افزایش شدید کمبود فشار بخار در سطح زمین است. تحقیقات اخیر نشان داد که افزایش کمبود فشار بخار، به جای تغییر در بارندگی، تأثیر قابل‌توجهی بر محصولات گیاهی و تبخیر و تلفات گیاهی دارد (Ding, 2018). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود فشار بخار جوی کیفیت و بهره‌وری منابع کشاورزی را در فصل‌های رشد بهار و تابستان، به ویژه در گلخانه‌ها، کاهش می‌دهد. طبق مطالعات، افزایش رطوبت هوا مساحت سطح و ضخامت برگ را کاهش می‌دهد (Dai et al., 2018). اگر سطح کمبود فشار بخار بالا باشد، رشد برگ را به تاخیر می‌اندازد و اگر اتمسفر مرطوب باشد، ممکن است خشکی برگ و اختلال در عملکرد آوند چوبی در طول دوره رشد درخت رخ دهد. از فشار بخار واقعی و فشار بخار اشباع به طور گسترده برای تعیین سطح کمبود فشار بخار استفاده می‌شود. یافته‌های مطالعه حاضر برای هدایت تحقیقات آینده در این زمینه‌ها و جلب‌توجه سیاست‌گذاران به تأثیر کمبود فشار بخار بر پوشش گیاهی و چرخه کلی هیدرولوژیکی ضروری است. در حالی که مطالعات Nhu و همکاران (2020) و Rahmanو همکاران (2021) برخی از آثار اخیراً منتشر شده‌ای هستند که از مدل‌های یادگیری ماشینی مشابه مدل مطالعه حاضر برای پیش‌بینی سایر متغیرهای آبی- اقلیمی استفاده می‌کنند، این امر بر اهمیت بهبود دقت و صحت پیش‌بینی آنها تاکید دارد. در خراسان جنوبی، بیش از 90 درصد آب برای کشاورزی مصرف می‌شود. بنابراین، برآورد دقیق میزان تبخیر تعرق برای محصولات کشاورزی به‌منظور دست‌یابی به پایداری تحت شرایط تغییر اقلیم و سهم آب محدود ایران ضروری است. کمبود فشار بخار ماهانه می‌تواند ابزاری مفید برای زمان‌بندی آبیاری باشد، زیرا نمایان‌گر تقاضای جوی گیاهان برای آب است. هدف از زمان‌بندی آبیاری استفاده از مقدار آب مناسب در زمان مناسب برای رفع نیازهای آبی محصولات و بهینه‌سازی بازدهی ضمن به حداقل رساندن مصرف آب است. همانطور که گفته شد، کمبود فشار بخار شاخص تفاوت بین میزان رطوبت هوا و حداکثر میزان رطوبتی است که هوا می‌تواند نگه دارد. این شاخص تحت‌تأثیر دما و رطوبت نسبی است و می‌توان آن را با استفاده از داده‌های هواشناسی محاسبه کرد. مقادیر بالای کمبود فشار بخار نیاز اتمسفری بالا به آب را نشان می‌دهند، یعنی گیاهان سریع‌تر آب را به جو می‌دهند و ممکن است به آب بیشتری نیاز داشته باشند. به طور کلی، کمبود فشار بخار ماهانه پیش‌بینی شده می‌تواند ابزاری مفید برای زمان‌بندی آبیاری باشد، و به کشاورزان امکان بهینه‌سازی مصرف آب و افزایش میزان محصولات را ضمن به حداقل رساندن هدر رفت آب دهد. مطالعه حاضر به ارزیابی پنج سیستم یادگیری ماشین[1] General Linear regression (LR), additive model(GAM), Random SubSpace (RSS), Random Forest(RF), m5p و هم‌چنین قابلیت پیش‌بینی بلند مدت آنها برای مقادیر کمبود فشار بخار در چهار محدوده مطالعاتی استان خراسان جنوبی (طبس، بیرجند، اسفدن و سرایان) و انتخاب بهترین مدل یادگیری ماشین در پیش‌بینی کمبود فشار بخار بر اساس شاخص‌های آماری (دقت و عملکرد بالا و همچنین خطاهای آماری کمتر) می‌پردازد.

مواد روش‌ها

منطقه موردمطالعه

[1] machine learning

استان خراسان جنوبی با مساحت حدود 150 هزار کیلومتر مربع دارای اقلیم گرم و خشک و منابع آبی محدود است این استان دارای 35 محدوده مطالعاتی تحت آن است که از این تعداد محدوده مطالعاتی 8 محدوده ممنوعه بحرانی، 18 محدوده بحرانی و 9 محدوده آزاد است و با متوسط بارندگی درازمدت 113 میلی‌متر گویای کمبود شدید منابع آبی می‌باشد. شکل 1 محدوده‌های موردمطالعه در این مقاله را نشان می دهد.



شکل 1- محدوده موردمطالعه

داده‌ها

داده‌ها در قالب فرمت NetCDF از پایگاه‌داده JRA-55 در بین سال‌های 1958 تا 2023 به دست آمد (1). JRA-55 طولانی‌ترین روش مشاهده کامل نتایج بازتحلیل فعلی است، که کل داده‌های زمانی و جغرافیایی را ارائه می‌دهد. این بانک اطلاعاتی شامل انبوهی از داده‌های باز تحلیل هواشناسی و کشاورزی است که به‌صورت نقطه‌ای و رقومی قابل دسترسی بوده و مزیت مهم این بانک اطلاعاتی کاربرد آن در مناطقی است که دارای فقدان اطلاعات ایستگاه‌های زمینی است. استخراج پایگاه داده‌ها در نرم‌افزار ARCGIS با انتخاب ابزار «Make NetCDF file» از «Multi-dimension Tools» در «Arc-Toolbox» برای خواندن تصاویر رستری و دریافت داده‌ها به‌صورت جدول انجام شده است.

مدل‌های مورد استفاده

رگرسیون خطی[1]

مدل LR یکی از فنون یادگیری ماشین است که برای تولید مدل یادگیری با ایجاد رابطه بین متغیرهای وابسته و مستقل توسعه داده شده است که y متغیر وابسته/خروجی و xi=(i =1, 2, 3,…) متغیر مستقل است. LR را می‌توان به‌صورت زیر نمایش داد:

$$y = a_0 + a_1 x + \varepsilon$$

که در آن a_0 عبارت ثابت، a_1 ضریب رگرسیون، ε_i نشاند دهنده خطا تصادفی از عوامل تصادفی مرتبط با متغیرهای وابسته در سیستم است. معادله بالا y را پیش‌بینی می‌کند. الگوریتم LR برای شناسایی بهترین برازش خطی از طریق داده‌های ورودی است. LR عملکرد رضایت بخشی برای مجموعه نمونه‌های کوچک دارد.

مدل افزودنی تعمیم‌یافته[2]

GAM ترکیبی از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته با مدل‌های افزودنی دانست. این مدل‌ها باهدف ساخت یک روش واحد برای مدل‌های آماری متفاوت مانند رگرسیون خطی، رگرسیون لجستیک، رگرسیون پواسون ارائه شد. ایده کلی این روش این است که به‌جای فرض بر

[1] Linear regression
[2] Gneral additive model

روی توابع مختلف در رگرسیون‌های ذکر شده با دانستن توزیع داده‌ها که عموماً یک فرض منطقی از مسئله به دست می‌آید، تخمین خود برای مدل را به دست آورد. این مدل از سه جز تشکیل شده است:

توزیعی برای متغیر هدف y که معمولاً از خانواده نمایی با پیش‌پراکندگی d(t) انتخاب می‌شود.

$$f_1 \qquad (1)$$

پیش‌پراکندگی برای مدل‌سازی واریانس‌های بالا و پایین به کار می‌رود.

2-پیش‌بینی خطی بر اساس متغیرهای کنترل: x

$$\eta \qquad (2)$$

3-تابع پیوند g که یک تابع اکیدا یکنواست و دو مولفه بالا را به هم ارتباط می‌دهد:

$$\eta \qquad (3)$$

زیرمجموعه تصادفی[1]

مدلRSS چند دسته در فضاهایی با ویژگی مختلف را آموزش و ادغام می‌کند. این چارچوب چند زیرمجموعه از داده‌ها را برای آموزش دسته‌بندی می‌کند که بعداً به‌عنوان اساس آموزش عمل می‌کند، و رویکردهای گروه‌بندی و خود راه‌اندازی را در نظر می‌گیرد. این چارچوب ضمن استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، درختان تصمیم یا سایر مدل‌ها روابط غیرخطی را نشان می‌دهد. در این روش، توسعه دسته‌بندی باتوجه‌به چارچوب RSS مربوط به ویژگی داده‌های مشخص انجام می‌شود. خروجی همه دسته‌بندها به‌سادگی توسط روش رأی‌گیری در مدل ترکیب می‌شود. این روش توانایی تک تک دسته‌بندهای ضعیف را بهبود می‌دهد. اسکاریچینا و دووین (2002) الگوریتم RSS را به شکل زیر ارائه کردند.

$$\gamma \qquad (4)$$

که در این فرمول، $c^d(s)$ دسته‌بند را نشان می‌دهد (d = 1,2…D)،$\delta_{i,j}$ نماد کرونکر را نشان می‌دهد و y =(-1,1) به معنی برچسب دسته یا تصمیم دسته‌بندی است.

جنگل تصادفی[2]

جنگل تصادفی نوعی مدل یادگیری گروهی است که چندین درخت تصمیم را برای پیش‌بینی ترکیب می‌کند. هر درخت تصمیم در جنگل تصادفی بر روی یک زیر مجموعه تصادفی از داده‌های آموزشی و یک زیر مجموعه تصادفی از فیچرها آموزش داده می‌شود. سپس خروجی جنگل تصادفی با تجمیع پیش‌بینی‌های همه درخت‌های تصمیم تعیین می‌شود. این رویکرد به جنگل تصادفی اجازه می‌دهد تا بسیار دقیق و مقاوم در برابر مشکل بیش برازش، یک مشکل رایج در یادگیری ماشین که در آن مدل در داده‌های آموزشی خوب عمل می‌کند؛ اما در داده‌های جدید ضعیف است، باشد.

$$d \qquad (5)$$

تکنیک RF می‌تواند به طور چشمگیری کارایی تخمین سیستم را با حداقل خطاهای ممکن و کمترین نویز افزایش دهد. RF می‌تواند به طور مؤثر با مجموعه‌داده‌های گسترده با ابعاد بالا کار کند.

[1] Random Subspace
[2] Random Forest

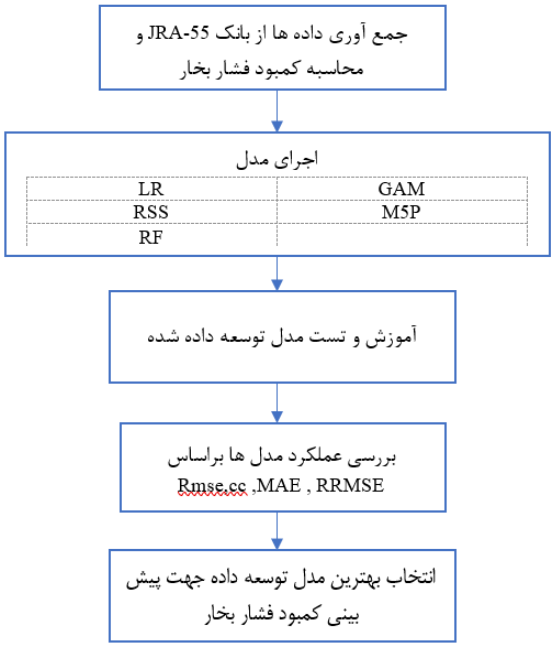
مدل M5p

بازسازی مدل M5 کوییلان به تولید درخت مدل M5P کمک می‌کند (1). مدل M5P با یک درخت تصمیم محاسباتی و تابع رگرسیون خطی به گره‌های برگ‌ها بازسازی می‌شود (2). الگوریتم مدل M5P بر اساس سیستم پیش‌بینی عددی است. مدل رگرسیون خطی در هر برگ ذخیره می‌شود که این به شناسایی مقدار دسته نقطه مربوطه که به برگ می‌رسد کمک می‌کند. معیار تقسیم بهترین ویژگی برای تقسیم بخش خاص (T) از داده‌های آموزشی مرتبط با گره خاص را تشخیص می‌دهد. انحراف معیار دسته مربوط به T به‌عنوان خطایی برای آن گره اندازه‌گیری می‌شود. علاوه بر این، کاهش خطای احتمالی با انجام تخمین در هر گره مشخص می‌شود. انتخاب ویژگی‌های مورداستفاده برای تقسیم کاهش خطای احتمالی گره مرتبط را افزایش می‌دهد. محاسبه حداقل‌سازی خطای موردانتظار با کاهش انحراف معیار (SDR) به شکل زیر انجام می‌شود.

$$S \qquad (6)$$

در این فرمول T_i به T1، T2، T3، و... به‌دست‌آمده از تقسیم گره‌ها باتوجه‌به ویژگی‌های انتخابی اشاره دارد.

شکل 2 نمودار جریان کار مربوط به جمع‌آوری داده‌ها، پردازش و مدل‌سازی کمبود فشار بخار بر اساس الگوریتم‌های یادگیری ماشین از سال 1955 تا 2023 را نشان می‌دهد.



شکل 2- نمودار جریان کار مربوط به جمع‌آوری داده‌ها، پردازش و مدل‌سازی کمبود فشار بخار بر اساس الگوریتم‌های یادگیری ماشین

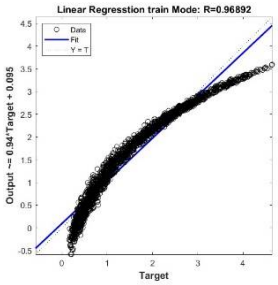
ارزیابی عملکرد مدل‌ها

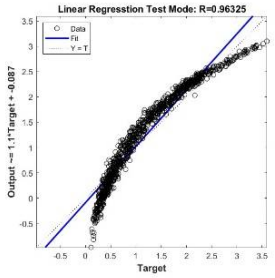
عملکرد مدل‌های یادگیری ماشینی با استفاده از چهار شاخص عملکرد زیر ارزیابی شده است: ضریب همبستگی (CC)، میانگین خطای مطلق (MAE)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، خطای مطلق نسبی (RAE)، و ریشه نسبی میانگین مربعات خطا (RRMSE).

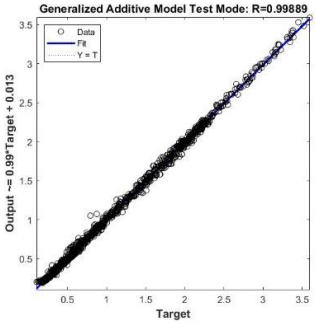
در مدل‌های یادگیری اشاره شده % 70 داده‌ها در آموزش و %30 داده‌ها برای تست مدل استفاده شد. نتایج مدل‌های در شکل‌های 3 الی 15 و جدول 3 قابل مشاهده است.

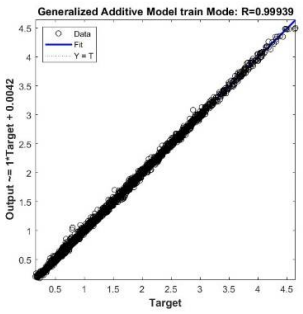
جدول 3- عملکرد مدل‌ها در شرایط آموزش و تمرین

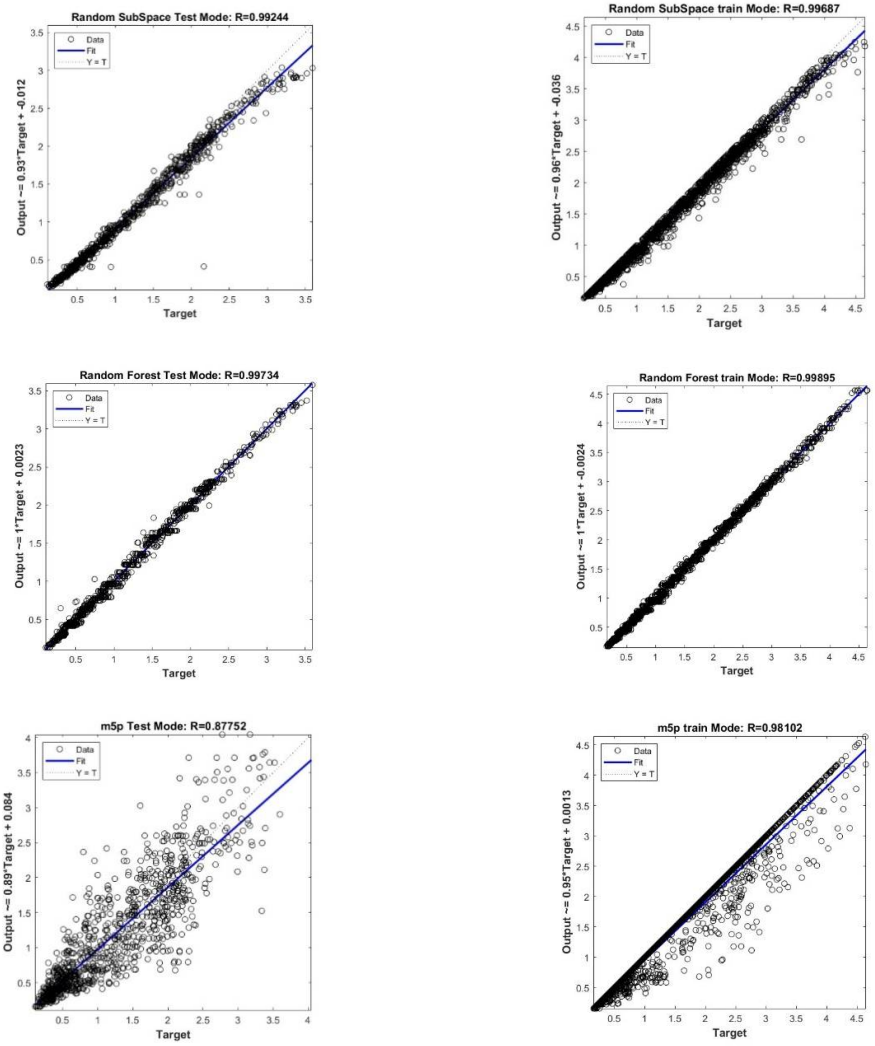
مدل	عملکرد آموزش				عملکرد تست			
	RMSE	MAE	RRMSE	CC	RMSE	MAE	RRMSE	CC
LR	0.2584	0.2029	0.003	0.9689	0.2693	0.2286	0.0054	0.9633
MAG	0.0365	0.027	0.0004	0.9994	0.0382	0.0282	0.0008	0.9989
RSS	0.1319	0.0969	0.0016	0.9969	0.1319	0.0969	0.0016	0.9924
RF	0.048	0.0369	0.0005	0.9989	0.048	0.0369	0.0005	0.9973
M5P	0.2153	0.0723	0.0026	0.9810	0.2153	0.0723	0.0026	0.8775











شکل 3- مقایسه نتایج واقعی و محاسبه شده در شرایط آموزش و تمرین

نتایج و بحث

پیش‌بینی کمبود فشار بخار بر اساس عملکرد آماری مدل‌های LR، GAM، RSS، RF و M5P انجام شد. برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها، از چهار شاخص آماری CC، MAE، RMSE و RRMSE (جدول 3)، برای محدوده‌های بیرجند، اسفدن، سرایان و طبس در هر دو مرحله آموزش و تمرین استفاده می‌شود. در مرحله آموزش (1958-2003)، یافته‌ها نشان داد مدل GAM بهترین عملکرد را برای تمام عوامل آماری داشت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار برای CC و کمترین مقدار برای MAE، RMSE و RRMSE به دست آمد [CC=0/9994؛ MAE=0/027؛ RMSE= 0/0365 و RRMSE= 0/0004]. عملکرد RF از نظر (آن آماره) از بقیه مدل‌ها بهتر بود و پس از آن مدل RSS عملکرد بهتری داشتند. از سوی دیگر، عملکرد M5P و LR خوب نبود. در مرحله آزمایش (2003-2023)، یافته‌ها دوباره نشان داد که مدل GAM بهترین عملکرد را برای تمام عوامل آماری داشت بود [CC=0/9989؛ MAE=0/0282؛ RMSE=0/0382و RRMSE=0/0008]. پس از مدل RF مدل RSS عملکرد بهتری داشتند، در حالی که عملکرد مدل‌های M5P و LR عملکرد خوبی نداشت. در خلاصه‌سازی یافته‌های آماری، شاخص‌های آماری معمولاً نتایج بهتری در مرحله آموزش نسبت به مرحله تمرین دارند،

به‌طوری‌که هر شاخص آماری عدم بهبود را برای هر مدل نشان می‌دهد. بااین‌وجود، تمام مدل‌ها عملکرد آماری مناسبی را در مراحل آموزش و تمرین نشان می‌دهند، برای متمایزکردن عملکرد مدل‌ها، مدل GAM مسلماً بهترین عملکرد را در مراحل آموزش و تمرین برای پیش‌بینی کمبود فشار بخار داشت. بنابراین، این مطالعه به محققان توصیه می‌کند که از مدل GAM برای مطالعات آبی- اقلیمی و بویژه پیش بینی فشار بخار برای اهداف مدل‌سازی استفاده کنند. علاوه بر این مدل RF باتوجه‌به عملکرد بهتر در مرحله آزمایش دومین مدل برتر است؛ بااین‌وجود، عملکرد آن در مرحله آموزش متوسط است. مدل RSS به‌عنوان سومین مدل برتر در نظر گرفته شده است زیرا عملکرد آن در هر دو مرحله آموزش و تمرین مشابه و کمی بهتر از سایر مدل‌ها است و در نهایت مدل‌های M5P , LR که نتایج نامطلوبی در مرحله آموزش و تمرین داشتند.

منابع

بهمنش، ج.، آزاد طلاتیه، ن.، منتصری، م.، رضایی، ح. و خلیلی، ک. 1394. اثر تغییر اقلیم بر تبخیر- تعرق مرجع، کمبود بارندگی و کمبود فشار بخار هوا در ارومیه. نشریه دانش آب و خاک (دانش کشاورزی). 25(2).97-91.

رضوانی، م.، زارع ابیانه، ح. و گودرزی، م. 1398. توزیع تعرق و کمبود فشار بخار در گلخانه تجاری. مجله آبیاری و زهکشی ایران.13(5).1203-1191.

Dai, A., Zhao, T. and Chen, J. 2018. Climate change and drought: a precipitation and evaporation perspective. Curr. Clim. Change Rep. 4 (3), 301–312

Ding, J., Yang, T., Zhao, Y., Liu, D., Wang, X., Yao, Y., Peng, S., Wang, T. and Piao, S. 2018. Increasinglyimportant role of atmospheric aridity on Tibetan alpine grasslands. Geophys. Res. Lett. 45, 2852–2859.

Grossiord, C., Buckley, T.N., Cernusak, L.A., Novick, K.A., Poulter, B., Siegwolf, R.T.W., Sperry, J.S. and McDowell, N.G. 2020. Plant responses to rising vapor pressure deficit. N. Phytol. 226 (6), 1550–1566.

Nhu, V.H., Shahabi, H., Nohani, E., Shirzadi, A., Al-Ansari, N., Bahrami, S. and et al. 2020. Daily water level prediction of Zrebar Lake (Iran): a comparison between M5P, random forest, random tree and reduced error pruning trees algorithms. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 9 (8), 479

Rahman, M., Chen, N., Elbeltagi, A., Islam, M.M., Alam, M., Pourghasemi, H.R. and et al. 2021. Application of stacking hybrid machine learning algorithms in delineating multi-type flooding in Bangladesh. J. Environ. Manag. 295, 113086

Wang, J., Raza, A., Hu, Y., Buttar, N.A., Shoaib, M., Saber, K. and Ray, R.L. 2022. Development of monthly reference evapotranspiration machine learning models and mapping of Pakistan—a comparative study. Water 14 (10), 1666.

Yuan, W., Zheng, Y., Piao, S., Ciais, P., Lombardozzi, D., Wang, Y. and Yang, S. 2019b. Increased atmospheric vapor pressure deficit reduces global vegetation growth. Sci. Adv., 5(8), eaax1396.

تأثیر روش‌های مختلف کم آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای

اکبر مهری[1]، امیر سلطانی‌محمدی[2]، حامد ابراهیمیان[3]، سعید برومندنسب[4]

[1] دانش‌آموخته مقطع دکتری تخصصی علوم و مهندسی آب - آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، akbarmehri1357@gmail.com

[2] استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز

[3] دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[4] استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف کم آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای (رقم سینگل کراس 704)، پژوهشی در سال زراعی 1400-1399 در شهرستان پلدختر انجام شد. طرح آماری پژوهش، طرح خرد شده در قالب قطعه کامل تصادفی با دو عامل بود: عامل A (سه روش آبیاری جویچه‌ای) شامل آبیاری معمولی یا سنتی (C)، آبیاری یک در میان ثابت (FF) و آبیاری یک در میان متغیر (AF) و همچنین عامل B (سه رژیم آبیاری) شامل 100 درصد نیاز آبی (I_{100})، 80 درصد نیاز آبی (I_{80}) و 60 درصد نیاز آبی (I_{60}). تعداد تیمارهای آزمایشی 9 تیمار و تعداد تکرارها نیز 3 تکرار بود. نتایج نشان داد در مقایسه با تیمار شاهد (CI_{100})، بیشترین و کمترین صرفه‌جویی در مصرف آب مربوط به تیمارهای آبیاری AFI_{60} و CI_{80} برابر 50/2 و 13/8 درصد بود. بیشترین عملکرد محصول (وزن دانه بلال‌ها) مربوط به تیمار آبیاری CI_{80} با مقدار 6153 کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شد که نسبت به تیمار شاهد 4/1 درصد افزایش یافت. بیشترین بهره‌وری آب مربوط به تیمار آبیاری AFI_{100} برابر 0/72 کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد که نسبت به تیمار شاهد 41/2 درصد افزایش داشت و به‌عنوان مناسب‌ترین روش کم آبیاری ذرت در منطقه موردمطالعه پیشنهاد شد.

کلمات کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، بهره‌وری آب، راندمان کاربرد آب، کم آبیاری

مقدمه

کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده و احتمال وقوع خشکسالی در آن فراوان است. بنابراین اجرای فنون کم آبیاری به‌منظور بهره‌وری بیشتر از منابع محدود آب راهکاری علمی به‌منظور کاهش مصرف آب به شمار می‌رود. آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان از فنون کم آبیاری و از راهکارهای مدیریت مصرف آب در اراضی آبی است که با آبیاری نیمی از جویچه‌ها به طور ثابت یا متغیر قابل اجراست. در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت، جویچه‌های آبیاری شده در طول فصل رشد ثابت می‌ماند؛ ولی در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متناوب (متغیر)، جویچه‌ها به‌صورت یک‌درمیان آبیاری می‌شوند (دهقانی و پناهی، 1396). ذرت در بین محصولات زراعی از نظر سطح زیر کشت، پس از گندم و برنج رتبه سوم و از نظر عملکرد، رتبه اول را داراست. ذرت گیاهی است آب‌دوست و در مراحل مختلف رشد نسبت به تنش آبی حساس است (احمدوند و همکاران، 1400). دهقانی و پناهی (1396) در تحقیقی نشان دادند که بهره‌وری مصرف آب ذرت دانه‌ای در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان و آبیاری معمولی به ترتیب 1/1 و 0/93 کیلوگرم بر مترمکعب بوده است، لذا روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان روشی کارآمد و مؤثر در جهت افزایش عملکرد و بهره‌وری آب می‌باشد. میرشکار نژاد و همکاران (1399) به بررسی تأثیر تاریخ کاشت و رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و راندمان مصرف آب در ذرت دانه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد که انتخاب تاریخ کاشت زودهنگام و پرهیز از آبیاری‌های مازاد بر نیاز گیاه برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد بهینه و بهبود راندمان مصرف آب حائز اهمیت می‌باشند. Giordano و همکاران (2019) با بررسی رژیم‌های مختلف کم آبیاری ذرت در آمریکا نتیجه گرفتند که

با اعمال 67 درصد نیاز آبی نسبت به شرایط آبیاری کامل، بیشترین بهره‌وری (1/53 کیلوگرم بر مترمکعب) حاصل شده و هفت درصد بیشتر از بهره‌وری تیمار آبیاری کامل بوده است. آبیاری کامل با 1/42، تیمار 33 درصد نیاز آبی با 1/21 و شرایط دیم با 0/43 کیلوگرم بر مترمکعب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. Zou و همکاران (2021) در پژوهشی با بررسی اثر آبیاری بر ذرت نتیجه گرفتند که با افزایش آبیاری، عملکرد دانه افزایش یافت؛ ولی بهره‌وری آبیاری کاهش یافت. باتوجه‌به اهمیت کشت ذرت دانه‌ای و مصارف آن در تولید روغن‌مایع خوراکی و تأمین خوراک دام و طیور و نظر به چالش‌های موجود در کشور و منطقه دررابطه‌با محدودیت منابع آب، این تحقیق باهدف بررسی تأثیر فنون مختلف کم آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای (رقم سینگل کراس 704) انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در شهرستان پلدختر واقع در جنوب‌غربی استان لرستان و در موقعیت طول جغرافیایی 47 درجه و41 دقیقه و عرض جغرافیایی33 درجه و 6 دقیقه و ارتفاع 686 متر از سطح دریا انجام گرفت. منطقه دارای آب و هوای گرم و خشک است. میانگین بلندمدت بارندگی در منطقه 415 میلی‌متر است. پس از شخم زدن زمین توسط گاوآهن و زدن دو دیسک عمود بر هم و خرد شدن کلوخه‌ها، زمین توسط ماله تسطیح و با فاروئر جوی و پشته ایجاد شد و ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس 704 به میزان 20 کیلوگرم در هکتار و تراکم حدود 80 هزار بوته در هکتار با عمق کاشت 6-4 سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در ردیف 20 سانتی‌متر با بذرکار پنوماتیک کشت شد. تنک‌کردن گیاه به‌صورت دستی صورت گرفت. طرح آماری پژوهش، طرح خرد شده در قالب قطعه کامل تصادفی بود که شامل دو عامل بود: عامل A (سه روش آبیاری جویچه‌ای) شامل آبیاری معمولی یا سنتی (C)، آبیاری یک در میان ثابت (FF) و آبیاری یک در میان متغیر (AF) و همچنین عامل B (سه رژیم آبیاری) شامل 100 درصد نیاز آبی (I_{100})، 80 درصد نیاز آبی (I_{80}) و 60 درصد نیاز آبی (I_{60}) است. لذا تعداد تیمارهای آزمایشی 9 و تعداد تکرارها نیز 3 تکرار بود. به‌منظور رشد یکنواخت مزرعه، آبیاری اول تا سوم تمام تیمارها به‌صورت معمولی انجام شد. کم آبیاری یک ماه پس از کاشت بذر و در زمان هفت‌برگی شدن تیمارها (آبیاری چهارم) اعمال شد. از زمان کاشت بذر تا برداشت محصول ده نوبت مزرعه آبیاری شده که تعداد آبیاری بدون اعمال تنش‌خشکی (کم‌آبیاری) سه نوبت و هفت نوبت کم‌آبیاری تیمارها اعمال شد. شیب طولی و عرضی مزرعه به ترتیب برابر 0/0085 و 0/0022 بوسیله دوربین نقشه‌برداری نیوو تعیین گردید. بافت خاک مزرعه در دو عمق 30-0 و 60-30 سانتی‌متری، لوم رسی بود. متوسط هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک مزرعه 1 دسی‌زیمنس بر متر بود. آب توسط لوله پلی‌اتیلن از یک حلقه چاه عمیق به ابتدای مزرعه منتقل و به‌منظور کنترل دقیق حجم آب آبیاری تیمارها از کنتور سه اینچ استفاده شد. در هر رویداد آبیاری، ابتدا نیاز خالص آب آبیاری تیمار 100 درصد نیاز آبی، محاسبه و سپس برای هر یک از تیمارهای دیگر با سطوح مختلف آب، نیاز آبیاری محاسبه شد. هنگام برداشت محصول، با حذف ردیف‌های کناری در هر تکرار به منزله اثر حاشیه، نمونه‌برداری فقط از ردیف‌های وسط انجام شد و برای اطمینان بیشتر، گیاهان ابتدا و انتهای ردیف‌های وسطی در آمارگیری، نمونه‌برداری و محاسباتی منظور نشدند و نمونه‌برداری از وسط خط کاشت میانی هر جویچه انجام شد. باتوجه‌به خطای نمونه‌برداری و عدم قطعیت مزرعه‌ای، چهار نمونه تصادفی در هر تیمار ملاک و مبنای نمونه‌گیری محسوب گردید که بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه و پس از اندازه‌گیری رطوبت و کم کردن 14 درصد آن (ناظمی و همکاران، 1398) که مبنای محاسبه عملکرد محصول ذرت است عملکرد واقعی محصول (وزن دانه بلال‌ها) و بهره‌وری آب بدست آمد و محاسبات مربوط به هر تیمار به کل مزرعه تعمیم داده شد.

شاخص بهره‌وری آب به شرح ذیل محاسبه شد:

$$WP = \frac{Y}{I} \quad (1)$$

در این رابطه WP بهره‌وری آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، Y عملکرد محصول (وزن دانه بلال‌ها) بر حسب کیلوگرم در هکتار و I مقدار آب مصرفی در طول فصل زراعی بر حسب مترمکعب در هکتار است.

نتایج و بحث

در این پژوهش تیمار CI_{100} به‌عنوان تیمار شاهد محسوب شد. بر اساس جدول (1)، در بین تیمارهای طرح، کمترین و بیشترین حجم آب آبیاری در تیمارهای AFI_{60} و CI_{80} با مقادیر 5442 و 9409 مترمکعب در هکتار است که نسبت به تیمار شاهد (10916 مترمکعب در هکتار)، 50/2 و 13/8 درصد کاهش داشت. مقادیر بیشتر آب استفاده شده در تیمارهای آبیاری کامل و کم‌آبیاری معمولی، به‌علت تلفات نفوذ عمقی آب در مرحله پیشروی است. در تجزیه واریانس تیمارهای آبیاری، وزن دانه بلال‌ها و بهره‌وری آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج آزمون مقایسه میانگین عوامل عملکرد و بهره‌وری آب تیمارهای مختلف آبیاری در سطح پنج درصد (جدول 2)، بیشترین عملکرد محصول (وزن دانه بلال‌ها)، مربوط به تیمار CI_{80} با مقدار 6153 کیلوگرم در هکتار است که نسبت به تیمار شاهد (CI_{100}) عملکرد محصول 245 کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. بیشترین بهره‌وری آب برابر 0/72 کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار آبیاری AFI_{100} است که نسبت به تیمار شاهد 0/21 کیلوگرم بر مترمکعب (41/2 درصد) افزایش یافت و مناسب‌ترین روش کم‌آبیاری ذرت در منطقه موردمطالعه است. کمترین بهره‌وری آب برابر 0/51 کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمارهای آبیاری FFI_{60} است. دهقانی و پناهی (1396) در پژوهشی نشان دادند که آب مصرفی ذرت دانه‌ای در آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت نسبت به آبیاری کامل 66 درصد بوده است و بهره‌وری مصرف آب در آبیاری جویچه‌ای یک در میان بیشتر از روش معمولی است. لذا روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت روشی موثر و کارآمد برای افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب است. احمدوند و همکاران (1400) در پژوهشی به‌منظور بررسی کم‌آبیاری ذرت، افزایش بهره‌وری آب در روش جویچه‌ای یک در میان متناوب را نسبت به روش معمولی گزارش نمودند. این نتایج همگی یافته‌های این تحقیق را تایید می‌کند.

جدول 1- میانگین حجم آب آبیاری تیمارهای طرح در طول دوره رشد محصول

تیمار آبیاری	(	F	A	(	I	(	ا	F	C	ا
حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	10916	6979	6804	9409	6174	6036	8152	5508	5442	

جدول2- نتایج آزمون مقایسه میانگین عوامل عملکرد، بهره‌وری آب تیمارهای مختلف آبیاری در سطح پنج درصد

تیمار آبیاری	CI_{100}	FFI_{100}	AFI_{100}	CI_{80}	FFI_{80}	AFI_{80}	CI_{60}	FFI_{60}	AFI_{60}
وزن دانه بلال (Kg/ha)	E5908	J4579	I5067	B6153	L3683	K4218	G5717	N2927	M3364
بهره‌وری آب (Kg/m^3)	J0/51	F0/63	B0/72	G0/63	I0/58	EF0/68	CD0/68	J0/51	I0/59

حروف غیرمشترک در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن می‌باشد.

نتیجه‌گیری

کمترین حجم آب آبیاری تیمارهای طرح، مربوط به تیمار AFI_{60} بود که نسبت به تیمار شاهد 50/2 درصد کاهش داشت. وزن دانه بلال‌ها و بهره‌وری آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد محصول (وزن دانه بلال‌ها) مربوط به تیمار آبیاری CI_{80} بود که نسبت به تیمار شاهد 4/1 درصد افزایش یافت. بیشترین بهره‌وری آب مربوط به تیمار آبیاری AFI_{100} برابر 0/72 کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد که نسبت به تیمار شاهد 41/2 درصد افزایش داشت و به‌عنوان مناسب‌ترین روش کم آبیاری ذرت در منطقه موردمطالعه

پیشنهاد شد. باتوجه‌به بحران فزاینده آب در کشور، الگوبرداری از این پژوهش به‌منظور استفاده بهینه از منابع آب توصیه می‌شود.

منابع

احمدوند، م.، شریفی‌پور، م. و نصرالهی، ع.ح. 1400. اثر کم‌آبیاری تنظیم‌شده و آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر بهره‌وری ذرت علوفه‌ای در شرایط اقلیمی خرم آباد. مجله علوم مهندسی آبیاری دانشگاه شهید چمران اهواز. 44 (3): 143-129.

دهقانی، م. و پناهی، م. 1396. اثر آبیاری یک در میان جویچه‌ای ثابت برروی ذرت در اصفهان. پانزدهمین کنکره علوم خاک ایران، اصفهان.

میرشکارنژاد، ب.، پاکزاد، ف.، امیری، ا.، اردکانی، م.ر. و ایلکایی، م.ن. 1399. تأثیر تاریخ کاشت و رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و راندمان مصرف آب در ذرت دانه‌ای .نشریه تنش‌های محیطی در علوم زراعی. 1302: 557-547.

ناظمی، ا.ح.، پرندین، م.ا.، صدرالدینی، ع.ا. و قمرنیا، ه. 1398. اثرات آبیاری موجی بر راندمان کاربرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در ایستگاه اسلام‌آباد غرب. پژوهش آب در کشاورزی. 33 (3): 369-353.

Giordano, M., Scheierling, S.M., Tréguer, D.O., Turral, H. and McCornick, P.G. 2019. Moving beyond 'more crop per drop': insights from two decades of research on agricultural water productivity. International Journal of Water Resources Development,1-25.

Zou, Y., Saddique, Q., Ali, A., Xu, J., Khan, M.I., Qing, M., Azmat, M., Cai, H. and Siddique, K.H.M. 2021. Deficit irrigation improves maize yield and water use efficiency in a semi-arid environment. Agricultural Water Management, 243, 106483.

تأثیر عمق و روش آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب خرما رقم هلیلی در میناب

یعقوبعلی کرمی [1]، سعید تدین [2]

[1] استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، Mfm_karamigsa@yahoo.com

[2] دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر روش آبیاری بر آب موردنیاز خرما رقم هلیلی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اول روش آبیاری به دو صورت (سطحی و قطره‌ای) به‌عنوان کرت اصلی و عامل دوم عمق آب آبیاری در دو سطح (75 و 100 درصد تبخیر از تشتک کلاس A) به‌عنوان کرت فرعی بود. هر کرت آزمایشی شامل دو درخت شش‌ساله با فاصلهٔ هشت در هشت متر بود. صفات موردبررسی شامل عملکرد و بهره‌وری آب بود. نتایج نشان داد، تیمار 75 درصد قطره‌ای با بالاترین متوسط بهره‌وری آب به مقدار 0/89 کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب مصرفی در مدت چهار سال و میانگین چهارساله 7036 مترمکعب آب مصرفی در هکتار در سال، باتوجه‌به چالش خشکسالی در سال‌های اخیر، در راستای اهداف کشاورزی پایدار بوده و قابل‌توصیه در منطقه است.

کلمات کلیدی: آبیاری سطحی و قطره‌ای، بهره‌وری آب، عملکرد، نیاز آبی

مقدمه

بر اساس گزارش FAO (2008)، بیشترین مقدار بهره‌وری آب نخل با مقادیر 1/3 تا 3/3 کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی در مصر به‌دست‌آمده که به طور معنی‌داری بیش از دیگر کشورهای خرماخیز است. نتایج آزمایشی روی خرمای پیارم در شمال استان هرمزگان نشان داد که بیشترین بهره‌وری مصرف آب، در استفاده از تیمار آبیاری 75 درصد قطره‌ای به دست آمد (علیحوری و تیشه زن 1391). هدف این تحقیق، بررسی تأثیر عمق و روش آبیاری بر بهره‌وری آب و عملکرد خرمای هلیلی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت کرت‌های خرد شده با دو عامل روش آبیاری به دو صورت (سطحی و قطره‌ای) به‌عنوان پلات اصلی و عامل عمق آب آبیاری در 2 سطح (75 و 100 درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) بر روی 24 اصله نخل هلیلی 6 ساله به فواصل 8×8 متر در یک نخلستان یک‌هکتاری خرمای هلیلی بدون هر نوع محدودیت خاکی و آبی به مدت 4 سال به اجرا درآمد. دور آبیاری در روش قطره‌ای یک‌روز در میان و در روش سطحی 7 روزه بود.

نحوه محاسبه آب آبیاری بر اساس تبخیر تعرق پتانسیل توصیه شده توسط F.A.O (Doorenbos & Pruit, 1988) بود.

نتایج و بحث

آب مصرفی: به طور میانگین آب مصرفی در تیمارهای 100 درصد سطحی و قطره‌ای و 75 درصد سطحی و قطره‌ای به ترتیب 15741، 8536، 12798 و 7036 مترمکعب در هکتار بود (جدول 1).

جدول 1- میانگین مقدار آب ناخالص آبیاری، درصد رطوبت وزنی خاک (قبل و بعد از آبیاری)، آب مصرفی "آب ناخالص آبیاری + بارندگی"، بهره‌وری آب، تعداد آبیاری در سال، متوسط برخی داده‌های هواشناسی چهار سال آزمایش

تیمار	میانگین مقدار آب ناخالص آبیاری (m^3/ha)	درصد رطوبت وزنی خاک (قبل و بعد از آبیاری) در اعماق مختلف			آب مصرفی "آب ناخالص آبیاری + بارندگی" (m^3/ha)	بهره‌وری آب (kg/m^3)	تعداد آبیاری در سال	متوسط برخی داده‌های هواشناسی			
		Depth (Cm)	After irrigation	Before irrigation				رطوبت نسبی (%)	دما (C)	بارندگی (mm)	تبخیر از تشتک کلاس A در سال (mm)
%100 سطحی	13083	0-30	14/16	9/12	15741	0/56	48				
		30-60	11/75	10/33							
		60-90	12/28	11/33							
		90-120	11/21	11/0							
%75 سطحی	10136	0-30	15/69	9/97	12798	0/67		57	/7 23	266	2531
		30-60	12/37	11/63							
		60-90	11/47	12/33							
		90-120	11/15	10/57							
%100 قطره‌ای	5875				8536	0/81	167				
%75 قطره‌ای	4374				7036	0/89					

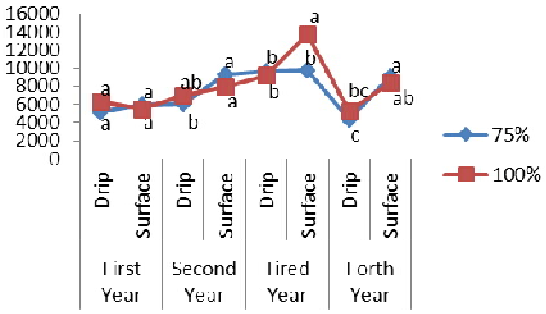
در صفات موردبررسی تفاوت معنی‌داری بین سال‌های آزمایش وجود داشت. اثرات انفرادی سطوح مختلف روش و عمق آب آبیاری بر هر دو صفت معنی‌دار شد. اثرات متقابل روش و عمق آبیاری بر عملکرد معنی‌دار، اما بر بهره‌وری آب معنی‌دار نشد. اثرات متقابل سال، روش و عمق آبیاری بر هر دو صفت معنی‌دار شد (جدول 2).

جدول 2- تجزیه واریانس مرکب داده‌های مربوط به اثر سال، روش و مقدار آب آبیاری بر عملکرد، و بهره‌وری آب

منابع تغییرات	درجه ازادی	عملکرد	بهره‌وری آب
سال	3	52258146 **	0/80577528**
خطای سال	8	58174	0/22623300
روش آبیاری	1	50898483 **	4/03100208**
روش آبیاری× سال	3	7839956 **	0/25364292**
خطای روش آبیاری	8	61042	0/00207608
عمق آبیاری	1	299600 ns	0/58565008**
عمق آبیاری×سال	3	2324483 **	0/01426114**
عمق آبیاری×روش آبیاری	1	387361 **	0/00000833ns
سال×روش آبیاری×عمق آبیاری	3	7561440 **	0/09867050**
خطا	16	34806	0/001136679
ضریب تغییرات		2/44	3/495995

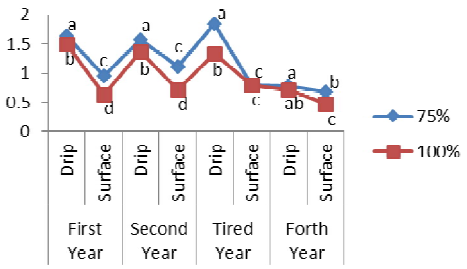
** و ns: به‌ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد و نبود اختلاف معنی‌دار

عملکرد: عامل عمق آب آبیاری در هر دو روش آبیاری، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد محصول نداشت. اما با افزایش عمق آب آبیاری در روش آبیاری سطحی بجز سال سوم مقدار محصول کاهش و در روش آبیاری قطره‌ای مقدار محصول افزایش یافت، هر چند این تغییرات از نظر آماری معنی دار نبودند (شکل 1). نتایج این آزمایش از نظر عدم تأثیر عمق آب آبیاری بر عملکرد، منطبق با نتایج محبی و علیحوری بود (محبی و علیحوری، 1392).



شکل 1- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال، روش و عمق آب آبیاری بر مقدار عملکرد (kg/ha)

بهره‌وری آب گیاه (WP): بیشترین مقدار WP به ترتیب با ارقام 1/84، 1/63، 1/57 و 0/78 کیلوگرم بر مترمکعب در سال‌های سوم، اول، دوم و چهارم در تیمار 75 درصد قطره‌ای و کمترین مقدار WP به ترتیب با ارقام 0/47، 0/64، 0/71 و 0/80 کیلوگرم بر مترمکعب در سال‌های چهارم، اول، دوم و سوم در تیمار 100 درصد سطحی مشاهده شد (شکل 2). نتایج این آزمایش نشان داد، با کاهش عمق آب آبیاری شاخص WP افزایش می‌یابد. شاخص WP به مقدار زیادی در صورت کاهش مقدار آب آبیاری و عامل کم آبیاری می‌تواند افزایش یابد (Zwart & Bastiaanssen, 2004).



شکل 2- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال، روش و عمق آبیاری بر بهره‌وری آب (kg/m^3)

نتیجه‌گیری

میانگین آب مصرفی در تیمارهای 100 درصد سطحی و قطره‌ای به ترتیب 15740 8536 مترمکعب در هکتار بود. این مقادیر در تیمارهای 75 درصد سطحی و قطره‌ای به ترتیب به 12797 و 7036 مترمکعب در هکتار کاهش یافت. در کل مقدار مصرف آب در آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی حدود 54 تا 55 درصد تقلیل یافت؛ بنابراین به نظر می‌رسد تیمار 75 درصد قطره‌ای با بالاترین متوسط بهره‌وری آب به مقدار 0/89 کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب مصرفی در مدت چهار سال و میانگین چهار سالهٔ 7036 مترمکعب آب مصرفی در هکتار در سال باتوجه‌به خشکسالی سال‌های اخیر قابل‌توصیه در منطقه است.

منابع

علی حوری، م. و تیشه زن، پ. 1391. مسایل، چالش ها و راهبردهای ارتقای بهره‌وری آب در نخلستان‌های کشور. اولین همایش ملی خرما و امنیت غذایی.خوزستان. اهواز. 10-16.

محبی، ع. و علی حوری، م. 1392. اثرعمق و روش آبیاری بر میزان بهره‌وری، عملکرد و صفات رویشی نخل پیارم. پژوهش آب در کشاورزی، 25(4)، 455-464.

Doorenbos, J. and pruit, W. D. 1988. Guidines for predicting crop water Requirments, No. 24. F.A.O. 145.

F. A. O. 2008. Irrigated date palm production in the Near East, Chapter 1. In: Proceedings of Workshop on Irrigation of Date Palm and Associated Crops. 2007, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Cairo, Egypt, 1–15.

Zwart, S. J. and Bastiaanssen, W. G. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. Agricultural water management, 69(2), 115-133.

تأثیر فاصله نوارهای آبیاری قطره‌ای تیپ بر افزایش کارایی مصرف آب گندم

محمدحسین رحیمیان [1]

[1] عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، mhrahimian45@yahoo.com

چکیده

به‌منظور تعیین فاصله بهینه نوارها در آبیاری قطره‌ای نواری در جهت افزایش کارایی مصرف آب گندم آزمایشی در شهرستان فریمان اجرا گردید. مزرعه‌ای به مساحت 4000 مترمربع به کاشت گندم جهت این طرح اختصاص یافت و طرح در قالب بلوک کامل تصادفی با 4 تیمار و سه تکرار تجزیه‌وتحلیل گردید. تیمارهای طرح عبارت از فواصل مختلف نوار از یکدیگر شامل 60، 75، 90 و 100 سانتی‌متر بود. قبل از کاشت نمونه خاک از مزرعه گرفته و بر اساس آزمون خاک کود موردنیاز به زمین داده شد. رقم کاشت گاسکوژن بود که از ارقام متداول و برتر منطقه است. نتایج نشان داد که استفاده از نوارهای آبیاری قطره‌ای نواری با فاصله 75 سانتی‌متر بالاترین کارایی مصرف آب به میزان 1/65 کیلوگرم گندم در مترمکعب آب را داشته است. از لحاظ عملکرد دانه نیز فاصله 75 و 60 سانتی‌متر در رقابتی نزدیک با هم بالاترین عملکرد را به ترتیب 7200 و 7600 کیلوگرم در هکتار دارا بودند.

کلمات کلیدی: نوار، آبیاری قطره‌ای، تیپ، کارایی مصرف آب، گندم

مقدمه

باتوجه‌به محدودیت منابع آب در مناطق مختلف کشور که عمدتاً دارای شرایط آب‌وهوایی خشک و نیمه‌خشک می‌باشند، توجه به کارایی مصرف آب آبیاری لازم است. ازآنجاکه عوامل گیاهی و مدیریتی بر افزایش تولید محصول و به عبارتی افزایش کارایی مصرف آب آبیاری مؤثر می‌باشند، لذا با انتخاب روش مناسب آبیاری و مدیریت صحیح بر آن، می‌توان مقدار تولید محصول را به‌ازای آب مصرفی افزایش داد.

پاندا و بهرا کارایی مصرف آب در گندم را به دو طریق بیان داشته‌اند:

1) کارایی مصرف آب گیاه، 2) کارایی مصرف آب مزرعه. کارایی مصرف آب گیاه عبارت است از نسبت عملکرد دانه به تبخیر تعرق گیاه درصورتیکه کارایی مصرف آب مزرعه عبارت است از نسبت عملکرد دانه به واحد حجم آب داده شده به مزرعه (آبیاری+ بارندگی).

باتوجه‌به میزان کنونی تولیدات کشاورزی در اراضی آبی کشور که بالغ بر 57 میلیون تن می‌باشد و نیز با عنایت به اینکه از کل منابع آب قابل‌استفاده کشور حدود 83 میلیارد مترمکعب در بخش کشاورزی مصرف می‌گردد، بنابراین با صرف‌نظر از ترکیب محصولات زراعی و تفاوت ریزش جوی در مناطق مختلف کشور تقریباً به‌ازای هر واحد حجم آب (مترمکعب) مصرف شده، معادل 0/7 کیلوگرم محصول تولید شده است که در مقایسه با ارقام متناظر کشورهای پیشرفته بسیار پایین است. درصورتی‌که میزان تولیدات کشاورزی اراضی آبی در افق 25 سال آینده کشور بایستی به حداقل 186 میلیون تن بالغ گردد که اگر با کارایی مصرف آب فعلی یعنی تولید 0/7 کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب آب بخواهیم به اهداف فوق دست یابیم در افق بیست و پنج‌ساله آینده باید بالغ بر 266 میلیارد مترمکعب آب مصرف شود که باتوجه‌به کل آب قابل‌استحصال کشور، امکان حصول آن به‌هیچ‌وجه میسر نیست. جهت نیل به اهداف تولیدات کشاورزی در بیست و پنج سال آینده چاره دیگری غیر از افزایش کارایی مصرف آب در اراضی فاریاب کشور به میزان 1/8 تا 2 کیلوگرم تولید به ازاء هر مترمکعب نیست. در مورد اهمیت بهینه‌سازی کارایی مصرف آب همین بس که اگر این شاخص فقط 5 درصد افزایش یابد مقدار آب صرفه‌جویی

شده معادل با کل نیاز فعلی بخش‌های صنایع و معادن و آب مشروب شهرها و روستاها خواهد شد.

در این طرح علاوه بر بررسی عملکرد گندم در آبیاری قطره‌ای تیپ با فواصل مختلف، کارایی مصرف آب (WUE) نیز بررسی گردیده است و بهترین فاصله نوار تیپ که بالاترین کارایی مصرف آب را به دنبال داشته است معرفی گردیده است.

مواد و روش

به‌منظور تعیین فاصله بهینه نوارها در آبیاری قطره‌ای نواری در جهت افزایش کارایی مصرف آب گندم آزمایشی در شهرستان فریمان اجرا گردید. مزرعه‌ای به مساحت 4000 مترمربع به کاشت گندم جهت این طرح اختصاص یافت و طرح در قالب بلوک کامل تصادفی با 4 تیمار و سه تکرار تجزیه‌وتحلیل گردید. تیمارهای طرح عبارت از فواصل مختلف نوار از یکدیگر شامل 60، 75، 90 و 100 سانتی‌متر بود.



شکل 1- نمایی از تیمار فواصل 60 سانتی‌متری نوارها در مزرعه گندم



شکل 2- نمایی از تیمار فواصل 90 سانتی‌متری نوارها در مزرعه گندم

قبل از کاشت نمونه خاک از مزرعه گرفته و بر اساس آزمون خاک کود موردنیاز به زمین داده شد. رقم کاشت گاسکوژن بود که از ارقام متداول و برتر منطقه است. در ابتدای مزرعه یک دستگاه کنتور حجمی نصب گردید و آب ورودی به مزرعه در طول فصل رشد به طور دقیق یادداشت گردید. مقادیر بارندگی در طول رشد گیاه ثبت گردید و به آب مصرفی تیمارها افزوده شد. عملیات کاشت شامل آبیاری و وجین و سم‌پاشی و... به‌موقع انجام شد. در طول فصل رشد اندازه‌گیری‌های لازم جهت تعیین عوامل مهم رشد گندم و تأثیر

فاصله نوارها بر آنها انجام شد.

نتایج

در جدول 1 عملکرد دانه وکارایی مصرف آب در تیمارها آورده شده است.

جدول 1- عملکرد دانه وکارایی مصرف آب درتیمارهای مورد آزمایش

تیمار	عملکرد دانه در هکتار	WUE(kg/m3)
100سانتی‌متر-تکرار1	4800	1/22
100سانتی‌متر-تکرار2	6480	1/64
100سانتی‌متر-تکرار3	5280	1/34
75سانتی‌متر-تکرار1	6520	1/49
75سانتی‌متر-تکرار2	8480	1/94
75سانتی‌متر-تکرار3	6600	1/51
60سانتی‌متر-تکرار1	8000	1/68
60سانتی‌متر-تکرار2	8400	1/76
60سانتی‌متر-تکرار3	6480	1/36
90سانتی‌متر-تکرار1	7080	1/73
90سانتی‌متر-تکرار2	6480	1/59
90سانتی‌متر-تکرار3	3960	0/97

در جدول 2 تجزیه واریانس جهت عملکرد دانه و کارایی مصرف آب تیمارها بوسیله نرم‌افزار **Mstatc** تهیه شد که نتایج آن بشرح ذیل است:

عملکرد دانه

جدول ذیل تجزیه واریانس عملکرد دانه را نشان می‌دهد:

جدول 2- تجزیه واریانس عملکرد دانه تیمارهای مورد آزمایش

منبع	D.F درجه آزادی	S.S مجموع مربعات	M.S میانگین مربعات	F	Prob	K
Replication تکرار	2	7085866	3542933	4.8243	0.0564	1
Factor A	3	9440000	3146666	4.2847	0.0615	2
Error خطا	6	4406400	734400			3
مجموع	11	20932266				

C.V=13/09%

از جدول ملاحظه می‌شود عملکرد دانه در تیمارها در سطح 10درصد آماری اختلاف معنی‌دار وجود دارد که جهت مشاهده این اختلاف از آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن استفاده می‌کنیم که نتایج به شرح ذیل است:

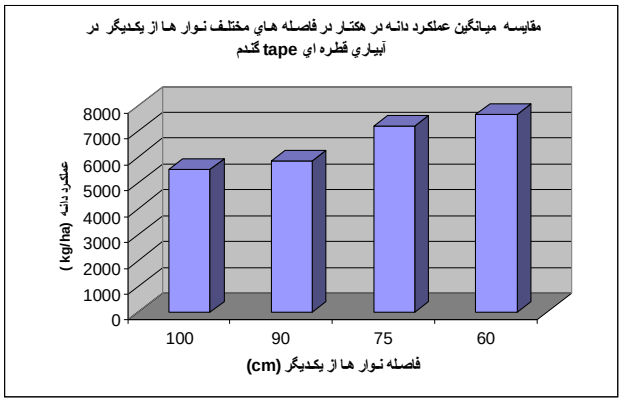
جدول 3- آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن برای عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم تیمارهای مورد آزمایش

Ranked order	Orginal order
A 7627 -60سانتی‌متر	5520 -100سانتی‌متر
AB 7200 -75سانتی‌متر	5840 -90سانتی‌متر
B 5840 -90سانتی‌متر	7200 -75سانتی‌متر

5520**B** -100سانتی‌متر	7627 -60سانتی‌متر

Lsd=1712

جهت مشاهده اختلاف از نمودار استفاده کردیم:



نمودار 1: مقایسه میانگین عملکرد دانه تیمارهای مختلف مورد آزمایش

کارایی مصرف آب WUE

جدول ذیل تجزیه واریانس کارایی مصرف آب را نشان می‌دهد:

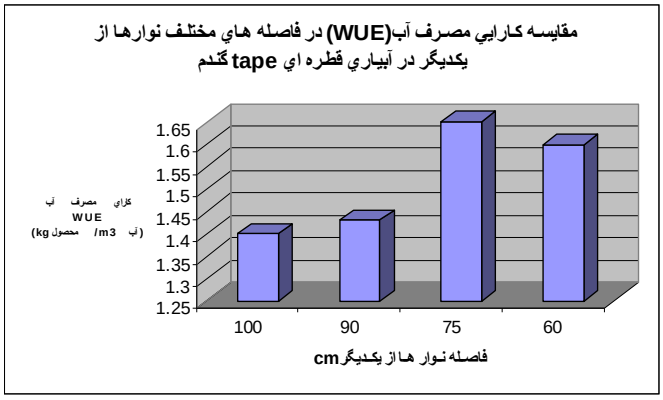
از جدول ملاحظه می‌شود در تیمارها از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار وجود ندارد که جهت مشاهده اختلافات تیمارها و تعیین تیمار برتر از آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن استفاده کردیم که نتایج به شرح ذیل است:

جدول 4- آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن برای کارایی مصرف آب تیمارهای مورد آزمایش

Ranked order	Orginal order
1/65**A** -60سانتی‌متر	1/4 -100سانتی‌متر
1/6**A** -75سانتی‌متر	1/43 -90سانتی‌متر
1/43**A** -90سانتی‌متر	1/65 -75سانتی‌متر
1/4**A** -100سانتی‌متر	1/6 -60سانتی‌متر

Lsd=0/4143

در نمودار 2 اختلاف تیمارها قابل مشاهده است:



نمودار 2: مقایسه میانگین کارایی مصرف آب تیمارهای مختلف مورد آزمایش

این نتایج نشان داد که استفاده از نوارهای آبیاری قطره‌ای تیپ بافاصله 75 سانتیمتر بالاترین کارایی مصرف آب را به میزان 1/65 کیلوگرم گندم بر مترمکعب آب را دارد. از لحاظ عملکرد دانه نیز فاصله 75 و 60 سانتی‌متر در رقابتی نزدیک با هم‌بالاترین عملکرد را به ترتیب 7200 و 7600 کیلوگرم در هکتار دارا بودند.

نتیجه‌گیری کلی

فواصل لوله‌های فرعی در زراعت بسیار مهم است و تأثیر بسزایی در کارایی مصرف آب دارد. فاصله لوله‌های فرعی اگر بیش از حد از یکدیگر دور باشند باعث ایجاد تنش آبی به گیاه شده و عملکرد کاهش خواهد یافت. برعکس اگر فواصل لوله‌های فرعی بسیار به یکدیگر نزدیک باشند آب بیش از حد به گیاه می‌رسد و به علت مصرف زیاد قطره‌چکان در واحد سطح، توجیه اقتصادی نداشته و کارایی مصرف آب نیز کاهش خواهد یافت؛ لذا یک نقطه بهینه در فاصله لوله‌های فرعی وجود دارد که در صورت رعایت آن علاوه بر افزایش کارایی مصرف آب، عملکرد نیز بهینه بوده و راندمان اقتصادی طرح نیز افزایش می‌یابد. این تحقیق به این نتیجه رسیده که جهت گیاه راهبردی گندم فواصل نوارهای آبیاری بهتر است 75 سانتی‌متر بوده که در این حالت حداکثر کارایی مصرف آب حاصل خواهد شد.

تشکر و قدردانی

از آقای توکلی سیب‌زمینی‌کار نمونه استان خراسان رضوی و همچنین از مدیریت هماهنگی ترویج استان خراسان رضوی که در اجرای این پروژه کمال همکاری را داشتند تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

باغانی، ج. و علوی شهری، ح. 1385. بررسی تأثیر آرایش کاشت و مقادیر آب در آبیاری قطره‌ای بر عملکرد سیب‌زمینی. شماره ثبت 85/792. شماره طرح 157-81-20-12-100. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی. کرج

رضوی، ر. و نیک مرام، م. ص. 1374. گزارش نهایی طرح «تعیین میزان حساسیت گندم به آب در مراحل مختلف رشد». مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی. نشریه 74/451، 38 صفحه.

صادق‌زاده، ک. و کشاورز، ع. 1379. توصیه‌هایی بر بهینه‌سازی کارایی مصرف آب در اراضی زراعی کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، 32 صفحه.

قدسی، م. 1383. جنبه‌های اکوفیزیولوژیک کمبود آب بر رشد و نمو ارقام گندم. رساله دکتری زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.

228 صفحه.

کشاورز، ع. و صادق‌زاده، ک. 1379. مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی، برآورد تقاضا برای آینده، بحران‌های خشکسالی، وضعیت موجود، چشم‌اندازهای آینده و راهکارهایی جهت بهینه‌سازی مصرف آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی،27 صفحه.

کشاورز، ع. و صادق‌زاده، ک. 1379. توصیه‌هایی بر بهینه‌سازی کارایی مصرف آب در اراضی زراعی کشور. دفتر تولید برنامه‌های ترویجی و انتشارات فنی. معاونت ترویج سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. 29 صفحه.

نادری، ا. 1381. کم آبیاری، روشی برای افزایش بهره‌وری آب. مجله خشکی و خشکسالی کشاورزی. 76-84 .

Carefoot, jack, M. and David, J. Major. 1994. Effect of irrigation application on grain yield of wheat. Irrigation Science. Vol. 15 (1).PP: 9-16.

Corbeels, M., G. Hofman. And D. Van Cleemput. 1998. Analysis of water use by wheat grown in cracking clay soil in semi-arid Mediterranean environment weather and nitrogen effects. Agr. Water Management. Vol. 38 (2).PP: 147-163

Panda R. K. and S. K. Behera. 2003. "Effective management of irrigation water for wheat under stressed conditions". Agric. Water Manage. 63: 37-56.

Zhang, H. and T. Oweis. 1999. Water yield relation and optimal scheduling of wheat in Mediterranean region. Agr. Water Management. Vol.38(3):195-211.

تأثیر کم آبیاری بر درختان گردو

احمد فهادان [1]

[1] عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، Ah_fahadan@yahoo.com

چکیده

یکی از مشکلات عمده در کشت و پرورش درختان میوه از جمله درختان گردو، خسارت ناشی از سرمای بهاره است. باهدف القای مقاومت به سرما از طریق کاهش آبیاری، این پروژه با استفاده از نهال‌های 5ساله، در قالب طرح آماری قطعه‌های کامل تصادفی در سه تکرار و چهار تیمار آبیاری (شاهد و قطع یک نوبت آبیاری در سه زمان مختلف اواسط تیر، مرداد و شهریورماه) در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی انجام شد. صفاتی همچون تغییرات اسیدآمینه پرولین، زمان برگ‌دهی، میانگین رشد شاخه، درصد خسارت سرمای بهاره و عملکرد میوه بررسی شدند. نتایج نشان داد که قطع آبیاری در تیر (T1) و مرداد (T2) موجب افزایش اسیدآمینه پرولین و اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها می‌شود درحالی‌که تیمار قطع جریان آبیاری در شهریورماه (T3) باوجود افزایش نسبی پرولین، نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نداشت. بررسی درصد خسارت سرمای بهاره طی دو سال آزمایش، نشان داد که باوجود بالاتر بودن درصد خسارت در تیمار T1، نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود ندارد؛ اما بررسی عملکرد میوه نشان داد که بین تیمار T1 و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بیشترین عملکرد مربوط به شاهد و کمترین آن مربوط به T1 می‌باشد.

کلمات کلیدی: القا تحمل به یخزدگی، خسارت سرمای بهاره، پرولین، قطع آبیاری، عملکرد

مقدمه

افزایش تحمل به سرما و یخزدگی در درختان میوه در نواحی معتدله و سردسیر که در معرض خسارت می‌باشند دارای اهمیت زیادی است. در برخی از مطالعات، تنش آب به‌صورت قطع آبیاری در افزایش مقاومت به سرما مؤثر بوده است؛ اما بررسی اثر شدت، دوره و زمان شروع تنش روی مقاومت به سرما نیز دارای اهمیت می‌باشد و مطالعات انجام شده دراین‌خصوص به‌ویژه در مورد درختان گردو بسیار محدود است. ازدست‌دادن آب در دوره خوگیری سرمایی یک مکانیسم مهم سازگاری است که موجب افزایش بقا در زمان یخزدگی می‌شود. تنش آب علی‌رغم القای کاهش آب در گیاه، موجب افزایش تحمل به سرما می‌شود. این واقعیت وجود دارد که در برخی موارد آبیاری‌های مکرر در طی پاییز و اوایل زمستان منجر به تحریک رشد جدید و افزایش خطر خسارت یخزدگی می‌شود. امروزه نوآوری و استفاده گسترده از زیر ساخت‌های مجهز، امکان اعمال آبیاری‌های با کنترل بیشتر از گذشته را فراهم آورده است. این تفکر وجود دارد که تنش‌های آبی کنترل شده در درختان گردو موجب مقاوم شدن شاخه‌های جدید شده و به کاهش حساسیت این شاخه‌های جوان نسبت به خسارت سرمای زودرس بهاره کمک می‌کند (Culumber, 2015). کاهش آبیاری تنظیم شده (Regulated deficit irrigation, RDI) یک روش مهم ذخیره‌کردن آب است که توسط Chalmers و همکاران (1981) بیان شد. اثرات RDI بر ذخیره‌سازی آب، عملکرد، کارایی استفاده آب و کیفیت در درختان میوه و محصولات مختلف از 1980 به طور وسیع گزارش شده است (Dong et al., 2006). این روش به طور موفقیت‌آمیز برای درختانی همچون هلو (Chalmers et al., 1981)، گلابی (Chalmers et al., 1986; Mitchell et al., 1986)، گلابی آسیایی (Behboudian et al., 1994) و گریپ‌فروت (Cohen and Goell, 1988) بکار گرفته شده است. روش RDI در درختان زیتون در کالیفرنیا، حدود 25 درصد از آب آبیاری تابستانه مورداستفاده را ذخیره نمود؛ اما عملکرد نهایی را کاهش نداد (Goldhamer, 1999). Li (1993) گزارش کرد کاهش آبیاری در مراحل نمو میوه و پس از برداشت در درختان هلو، موجب کاهش رشد رویشی شد؛ اما تولید

میوه را تا چهار سال بعد از آن تحت‌تأثیر قرار نداد. Marsal و همکاران (2004) دریافتند که رسیدن ارقام دیررس هلو با استفاده از این روش تا یک هفته تسریع می‌شود که برای بازار اهمیت دارد. سرمای دیررس بهاره یک عامل محدودکننده برای کشت و کار درختان گردو است؛ بنابراین مقاومت به خسارت سرما و کیفیت محصول گردو بهترین خصوصیاتی است که محققین به دنبال آن هستند (Solar, 1990). تعدادی از محققین اشاره نموده‌اند که برخی از گیاهان با در معرض قرارگرفتن نسبت به تنش آب در شرایط کنترل شده، مقاومت به یخزدگی را افزایش داده‌اند (Stephen et al., 1993). تنش خشکی می‌تواند تا حدودی باعث مقاوم شدن گیاهان به سرما و کاهش ظرفیت آب آنها و در نتیجه کاهش شدت آسیب‌های ناشی از یخزدگی شود (میرمحمدی میبدی و ترکش اصفهانی، 1383). افزایش مقاومت به یخزدگی با تجمع قند در پاسخ به دمای پایین همراه بود. تنش آب موجب القای تحمل یخزدگی و تجمع قندها در دماهایی گردید که خوگیری سرمایی را القا نکرد (Sasaki et al., 2000). مشخص شده است که تنش آب به طور مؤثر می‌تواند تحمل یخزدگی را در گونه‌های متحمل افزایش دهد اما تأثیر کمی روی تحمل گیاهان گواوا که در دمای پایین به‌سختی بقا می‌یابند داشته است. این‌گونه نتیجه‌گیری شده است که تا زمانی که دما کاهش نیابد و رشد گیاه متوقف نشود، تنش آب در افزایش مقاومت سرمایی مؤثر نیست (Utsunomiya, 1988). Scartazza و همکاران (2001) نهال‌های بذری دوساله گردو را از آگوست تا پایان فصل رشد در معرض کمبود آب قرار دادند. فتوسنتز، رشد و ذخیره کربوهیدرات در فصل رشد بررسی شد. فنولوژی و میزان رشد شاخه در بهار به طور قوی با محتویات نشاسته‌ای در آغاز فصل مرتبط است. درخت گردو به تنش‌های محیطی بسیار حساس است. تغییرات در رژیم آبی، هم افزونی و هم کمبود آب روی عوامل فیزیولوژیکی رشد تأثیر می‌گذارد. از نقطه‌نظر مراحل رشد از جنبه این دو تنش، به نظر می‌رسد پاسخ‌ها یکسان باشد. برگ‌های پژمرده در درختانی که در معرض دو تنش باشند دیده می‌شوند که به کاهش تبادلات گازی برگ برمی‌گردد. در تنش غرقاب‌شدن، قطعه شدن انتقال آب در زایلم در خلال چند ساعت رخ می‌دهد و در تنش خشکی، کاهش رو به پیشرفت در انتقال آب در زایلم را به دنبال دارد که نتیجه‌ای از کاهش آب خاک می‌باشد (Belloni and Mapelli, 2001). مقالات کمی در مورد روابط آبی در گردو وجود دارد که همه آنها حساس‌بودن گردو به خشکی را گزارش می‌کنند. درختان هشت تا ده‌ساله سه رقم سر، هارتلی و فرانکت و دو رقم انتخابی در اسپانیا پیوند شده روی پایه سر تحت دو دوره خشکی قرار گرفتند. پس از دوره طولانی از خشکی فقط فرانکت که حساس به بارندگی نیست سطح پایینی از هدایت روزنه‌ای و پتانسیل آب برگ را حفظ کردند (Cohen et al., 1997).

این پژوهش باهدف القای مقاومت به سرما و کاهش خسارت ناشی از سرمای بهاره در درختان گردو از طریق قطع آبیاری (withholding irrigation) انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی از نهال‌های بذری 5ساله گردو در محل ایستگاه تحقیقاتی وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی واقع در طرق مشهد استفاده شد. تیمارهای مورداستفاده عبارت بودند از: C: تیمار شاهد یا آبیاری متداول (آبیاری هر 15 روز یکبار)، T1: قطع یک نوبت آبیاری در نیمه تیر ماه، T2: قطع یک نوبت آبیاری در نیمه مرداد ماه، T3: قطع یک نوبت آبیاری در نیمه شهریور ماه

باتوجه‌به اینکه دور آبیاری 15 روزه در نظر گرفته شده بود با قطع یک نوبت آبیاری، طول مدت قطع آبیاری برای هر یک از تیمارهای T3, T2, T1 یک ماه به طول انجامید. قطع آبیاری با استفاده از روش حذف قطره‌چکان‌ها از سیستم آبیاری قطره‌ای در زمان‌های مقرر صورت گرفت. به این ترتیب تیمارها شامل تیمار تنش (S) در سه سطح T3, T2, T1 و تیمار شاهد (C) با دور آبیاری متداول بودند. با انجام نمونه‌گیری از خاک در تیمارهای مختلف آبیاری، یک ماه پس از قطع آبیاری، درصد رطوبت خاک مشخص شد که تفاوت در تیمارهای آبیاری را نیز بیان می‌کند. صفات مورد ارزیابی شامل: اسید آمینه پرولین، زمان برگ‌دهی، میانگین رشد شاخه فصل جاری،

خسارت سرمای بهاره و عملکرد میوه بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT- C انجام شد و رسم نمودارها توسط برنامه اکسل صورت گرفت.

نتایج و بحث

میزان پرولین اندازه‌گیری شده در T1 در سال اول، در مقایسه با شاهد، 2/75 برابر افزایش نشان داد که با بسیاری از گزارش‌ها در ارتباط با افزایش پرولین پس از اعمال تنش‌های رطوبتی هماهنگی دارد. با اعمال تنش آب در تیمار T2 اختلاف معنی‌دار بین این تیمار و بقیه تیمارها مشاهده می‌شود. با این حال اعمال تنش در شهریور ماه (T3) با وجود افزایش نسبی میزان پرولین در این تیمار، هیچ اختلاف معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارها نشان نداد که با روند کاهش دمای محیط از تیر ماه تا مهر ماه قابل توجیه است. باتوجه‌به روند تغییرات فصلی مقادیر پرولین از T1 تا T3 مشخص می‌شود که مقادیر مذکور روند افزایشی داشته و تجمع پرولین در راستای افزایش مقاومت گیاه توام با شروع دوره خوگیری (acclimation) می‌باشد. پاسخ گردو به تنش آبیاری در افزایش پرولین، بیان‌گر قابلیت این گیاه معتدله در افزایش تحمل یخزدگی است. با وجود نتایج مشابه در سال دوم آزمایش می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری کرد که با اعمال قطع آبیاری در تیر ماه و اندازه‌گیری مقدار اسیدآمینه پرولین پس از تأثیر کم آبی، گیاه با افزایش چند برابری از آن مواجه خواهد بود اما شدت این افزایش تا پایان فصل کاهش می‌یابد.

جدول 1- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده تحت تیمارهای مختلف قطع آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		پرولین برگ (T1)	پرولین برگ(T2)	پرولین برگ (T3)	برگ‌دهی 1380	برگ‌دهی 1381
تکرار	2	0/00	0/00	0/001	631/32	572/86
تیمار	3	0/027**	0/018*	0/007	2074/52*	334/58
خطا	6	0/00	0/002	0/004	414/38	453/24

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		طول شاخه 1380	طول شاخه 1381	سرمازدگی 1380	سرمازدگی 1381	عملکرد میوه 82-79
تکرار	2	31/85	20/36*	73/61	77/58	138/08**
تیمار	3	19/98	0/62	76	151/19	4032/7**
خطا	6	47/84	2/85	64/39	89/69	8/75

نتایج حاصل از بررسی عملکرد تجمعی (تعداد میوه) نشان داد که مجموع تعداد میوه در یک دوره سه‌ساله در هر تیمار حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در این تیمارها است. کمترین تعداد میوه مربوط به تیمار T1 و بیشترین آن مربوط به تیمار شاهد بود. کاهش القا شده از خشکی ممکن است با کاهش مقدار کربوهیدرات ذخیره‌ای همراه شود (لویت، 1980) بنابراین در شرایطی که تنش‌های ناشی از آبیاری شدید بوده یا در اوج نیاز به آب در گیاه اعمال شود کاهش عملکرد میوه می‌تواند موردانتظار باشد. بررسی درصد خسارت سرمای بهاره درختان گردو در سال اول آزمایش در تیمارهای مختلف که میانگین دامنه تغییرات آن بین 3/3 تا 13/70 درصد بود باوجود بالاتر بودن درصد خسارت در تیمار T1 نسبت به سایر تیمارها، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. بررسی این صفت در سال دوم نیز نتایجی مشابه با سال اول را به دنبال داشت. نکته قابل‌توجه این است که باوجود تاخیر برگدهی در تیمارها در مقایسه با شاهد، خسارت سرمای بهاره علیرغم عدم معنی‌داری افزایش نسبی داشته است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از اعمال تیمار تنش آبیاری وابسته به زمان است. در این بررسی از مقایسه نتایج حاصل از تأثیر تنش‌های آبیاری در زمان‌های مختلف بر زمان برگ‌دهی، خسارت سرمای بهاره و عملکرد درختان گردو می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که تنش آبیاری در تیرماه باوجود تأخیر در شکوفایی برگ موجب افزایش نسبی خسارت سرمای بهاره و کاهش عملکرد می‌شود و این تیمار قابل‌توصیه نیست. از تیرماه تا شهریور ماه این روند تعدیل می‌گردد به‌طوری‌که اعمال تنش آبیاری کنترل شده در شهریور ماه موجب تاخیر در برگ‌دهی، کاهش نسبی خسارت سرمای بهاره و کاهش عملکرد می‌شود اما این کاهش عملکرد نسبت به تنش آبیاری در تیر ماه کمتر است. با وجود کاهش عملکرد، ارزش این تیمار در کاهش مصرف آب می‌باشد.

منابع

میر محمدی میبدی، س.ع.م. و ترکش اصفهانی، س. 1383. مدیریت تنش های سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی و باغی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. 336.

Behboudian, M.H., Lawes, G.S. and Griffiths, K.M. 1994. The Influence of Water Deficit on Water Relations, Photosynthesis and Fruit Growth in Asian Pear (Pyrus serotina Rehd.). Scientia. Horticulturae, 60: 89-99.

Belloni, V. and Mapelli S. 2001. Effects of drought or flooding stresses on photosynthesis xylem flux and stem radial growth. ISHS Acta Horticulturae, 544. 327-333.

Chalmers, D. J., Burge, G., Jerie, P. H. and Mitchell, P. D. 1986. The Mechanism of Regulation of 'Bartlett' Pear Fruit and Vegetative Growth by Irrigation Withholding and Regulated Deficit Irrigation. Journal of the American Society for Horticultural Science, 111(6): 904-907.

Chalmers, D. J., Mitchell, P. D. and van Heek, L. 1981. Control of Peach Tree Growth and Productivity by Regulated Water Supply, Tree Density and Summer Pruning. Journal of the American Society for Horticultural Science, 106: 307- 12.

Cohen, M., Comas, M. and Aletà, N. 1997. Water behaviour of three commercial cultivars and two preselected clones of J. regia trees. Proceedings of the 3rd Intern. Walnut Congress, Alcobaça (Portugal), 13-16 June 1995. Acta Horticulturae, 442: 143-152.

Cohen, A. and Goell, A. 1988. Fruit Growth and Dry Matter Accumulation in Grapefruit during Periods of Water with Holding and after Reirrigation. Australian Journal of Plant Physiology, 15: 633-639.

Dong, G.F., Cheng, Z.Y., Zhang, Z. H., Wang, X. J., Liu, X.R. and Zhang, R. 2006. Effects of RDI on Water Use Efficiency and Quality of Alfalfa. Trans. CSAE, 22(5): 201–203.

Goldhamer, D.A. 1999. RDI for California Canning Olives. Acta Horticulturae. Sinica, 474: 369– 372.

Levit, J. 1980. Responses of plant to environmental stresses: Vol. 1. Chilling, freezing and high temperature stresses. 2nd ed.497pp. Academic press.

Li, S.H. 1993. The Response of Sensitive Periods of Fruit Tree Growth, Yield and Quality to Water Stress and Water Saving Irrigation. Plant Physiology Communicatios, 29(1): 10–16.

Mae Culumber C. 2019. Fall and Winter Irrigation Management for Nut Crops. https://www.sjvtandv.com/blog/u9hr7o6dtyudtx0wfjkiv0i90q1jo3

Marsal, J., Areade, T. and Fruticola, U. 2004. Effects of Stage II and Post-harvest Deficit Irrigation on Peach Quality during Maturation and after Cold Storage. Journal of The Science of Food and Agriculture, 84(6): 561–568.

Mitchell P.D., Chalmers, D.J. and Jerie, P H. 1986. The Use of Initial Withholding of Irrigation and Tree Spacing to Enhance the Effect of Regulated Deficit Irrigation on Pear Tree. Journal of the American Society Horticultural Science, 111: 858-861.

Sasaki, H., Ichimura, K., Oda, M. and Imada, S. 2000. Effects of Light during Low Temperature Treatment and Water Stress on Freezing Tolerance and Sugar Contents in Cabbage Seedlings. Japan Agricultural Research Quarterly, 34(4), 261-264.

Scartazza, A., Proietti, S., Moscatello, S. and Augusti, A. 2001. Effect of shortage on photosynthesis, growth and storage carbohydrate accumulation in walnut (Juglans regia L.). ISHS Acta Horticulturae, 544. 227-232

Solar, A. 1990. Phenological and pomological characteristics of walnut cultivars in northeastern slovenia. Acta horticulturae, 284:167-173.

Stephen P. and et al. 1993. Molecular biology of plant cold hardiness development in Advances in plant cold hardiness. Eds. P. H. Li and L. Cristersson, PP: 1-29.

Utsunomiya, N. 1988. Increase in cold hardiness induced by water stress in young psidiums seedlings. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 57(1): 28-33.

تعیین بهره‌وری آب در مزارع گوجه‌فرنگی استان خراسان رضوی

محمد جلینی [1]، فریبرز عباسی [2]، محمد کریمی [3]

[1] دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، mjolaini_re@yahoo.com

[2] استاد پژوهشی بخش آبیاری و زهکشی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد

چکیده

هدف اصلی از اجرای این پروژه اندازه‌گیری حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی در استان خراسان رضوی بود. بر اساس نتایج این پروژه، میزان آب آبیاری، میزان عملکرد و بهره‌وری آب در منطقهٔ تربت‌جام به ترتیب 13424 مترمکعب در هکتار، 50629 کیلوگرم در هکتار و 3/825 کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد. در منطقهٔ چناران میزان آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب به ترتیب 10782 مترمکعب در هکتار، 67700 کیلوگرم در هکتار و 6/266 کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب در منطقهٔ مشهد نیز به ترتیب 12262 مترمکعب در هکتار، 63686 کیلوگرم در هکتار و 4/410 کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. در کل، میانگین آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب در استان خراسان رضوی در مزارع انتخابی گوجه‌فرنگی به ترتیب برابر با 12245 مترمکعب در هکتار، 60219 کیلوگرم در هکتار و 5/096 کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. میانگین حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب در روش آبیاری سطحی به ترتیب برابر با 13379 مترمکعب در هکتار، 52682 کیلوگرم در هکتار و 4/042 کیلوگرم بر مترمکعب و در روش آبیاری قطره‌ای به ترتیب 11621 مترمکعب در هکتار، 64365 کیلوگرم در هکتار و 5/656 کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد.

کلمات کلیدی: آب کاربردی، استان خراسان رضوی، بهره‌وری آب، عملکرد، گوجه‌فرنگی

مقدمه

گوجه‌فرنگی یکی از مهم‌ترین سبزی‌های دنیا می‌باشد. کشت و کار گوجه‌فرنگی در ایران سابقه 150ساله دارد (پیش‌بین، 1384؛ دانشور، 1389). امروزه وجود محدودیت در منابع آبی، ایجاد راه‌هایی جهت افزایش بهره‌وری آب را ضروری کرده است. این امر دلیلی بر اهمیت پیداکردن استفاده از روش‌های مختلف آبیاری و برنامه‌ریزی دقیق برای افزایش بهره‌وری آب است (سپاسخواه و همکاران، 1384). باغانی (1389) در مطالعه‌ای نشان داد میزان بهره‌وری آب در روش آبیاری شیاری برابر با 3/92 کیلوگرم بر مترمکعب و در روش آبیاری قطره‌ای برابر با 7/06 کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست‌آمده است. رامون و همکاران (2003) بیان داشتند که بهترین آبیاری برای گوجه‌فرنگی در مقدار 75 درصد نیاز آبی است؛ زیرا بعد این مقدار شاخص برداشت چندان افزایش نخواهد داشت همچنین پوسیدگی میوه کمتر بوده و اندازه و کیفیت میوه نیز بهتر می‌باشد. سان و همکاران (2012) با مقایسه اثرات روش خشکی موضعی ریشه با روش آبیاری معمولی پوسیدگی انتهایی گوجه‌فرنگی نتیجه گرفتند که روش خشکی موضعی سبب کاهش پوسیدگی گوجه‌فرنگی می‌شود. باریوس و جکسون (2016) با بررسی بر روی گیاه گوجه‌فرنگی بیان کردند که با کاهش حجم آب آبیاری به میزان 25 درصد نسبت به آبیاری کامل و استفاده از روش خشکی موضعی ریشه، کارایی مصرف آب به میزان 29 درصد افزایش پیدا می‌کند. درحالی‌که کیفیت میوه نسبت به آبیاری

کامل، تغییری نمی‌کند. آیرانسی و آلتانلو (2016) با بررسی سه تیمار آبیاری جویچه‌ای با دور آبیاری 3، 6 و 9 روزه و یک تیمار آبیاری قطره‌ای با دور آبیاری 3 روزه روی گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه‌ای به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان محصول در تیمار آبیاری جویچه‌ای با دور آبیاری 3 روزه به میزان 3/81 کیلوگرم در بوته به دست آمد. کمترین مقدار آن نیز در تیمار جویچه‌ای با دور آبیاری 9 روز به میزان 3/10 کیلوگرم در بوته مشاهده شد. همچنین این میزان در آبیاری قطره‌ای3/60 کیلوگرم بر بوته به دست آمد. با بررسی منابع مذکور مشخص شد که میزان آب مصرفی در محصول گوجه‌فرنگی در مناطق مختلف و با روش‌های آبیاری گوناگون متغیر می‌باشد.

هدف اصلی از اجرای این پروژه اندازه‌گیری حجم آب مصرفی، عملکرد و بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی در استان خراسان رضوی (شهرستان‌های تربت‌جام، چناران و مشهد) و مقایسه میزان آب مصرفی با نیاز آبی خالص گوجه‌فرنگی در این سه دشت (شهرستان) با ارقام سند ملی و نیز محاسبه با داده‌های هواشناسی 10ساله بود.

مواد و روش‌ها

این پروژه به‌صورت میدانی و به‌منظور تعیین آب کاربردی گوجه‌فرنگی در مزارع تحت مدیریت کشاورزان در فصل زراعی 1398 اجرا شد. در استان خراسان رضوی سه شهرستان تربت جام، چناران و مشهد انتخاب شد که بیشترین سطح زیرکشت گوجه‌فرنگی را داشتند. در ابتدا بر اساس داده‌های موردنیاز پروژه، پرسشنامه‌ای حاوی اطلاعات لازم برای بررسی و نتیجه‌گیری منطقی تنظیم شد. داده‌های موردنیاز مزارع انتخابی در هر شهرستان با اندازه‌گیری یا از طریق مصاحبهٔ حضوری با کشاورز تکمیل گردید. متوسط دما در فصل زراعی در سه شهرستان تربت‌جام، چناران و مشهد به ترتیب 24/9، 21/2 و 29/9 درجه سانتی‌گراد و میزان بارش موثر نیز در فصل زراعی در سه شهرستان به ترتیب 14، 30 و 23 میلی‌متر بود.

مزارع طوری انتخاب شدند که عوامل مختلفی مانند مدیریت آبیاری، روش آبیاری، بافت خاک و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. در شهرستان تربت‌جام 11، شهرستان چناران 9 و شهرستان مشهد 11 مزرعه (جمعا 31 مزرعه) انتخاب شد. در شهرستان تربت جام 6 مزرعه به روش نشتی و 5 مزرعه به روش قطره‌ای، در شهرستان چناران 1 مزرعه به روش نشتی و 8 مزرعه به روش قطره‌ای و در شهرستان مشهد 4 مزرعه به روش نشتی و 7 مزرعه به روش قطره‌ای آبیاری می‌شدند. مزارع مذکور با پیشنهاد و توصیهٔ کارشناسان آب و خاک و مدیریت زراعت سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی و نیز کارشناسان آب و خاک و تولیدات گیاهی مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان‌های تربت‌جام، چناران و مشهد انتخاب شدند.

روش تعیین حجم آب کاربردی برای اجرای آزمایش‌ها به این صورت بود که ابتدا مقدار دبی خروجی از منبع آبی انتخاب شده (در این تحقیق تمام منابع آبی چاه عمیق بود) اندازه‌گیری شد. حجم آب کاربردی در مزارع تحت مطالعه بدون دخالت در برنامهٔ آبیاری کشاورزان اندازه‌گیری شد. مقادیر نیاز خالص آبی در مناطق مختلف با مقادیر سند ملی و نیز نیاز آبی خالص محاسبه شده به روش پنمن - مانتیث با استفاده از اطلاعات هواشناسی مناطق منتخب شامل متوسط روزانه مقادیر دمای حداکثر و حداقل هوا، درصد رطوبت نسبی حداکثر و حداقل هوا، سرعت باد در ارتفاع 2 متری (متر بر ثانیه) و تعداد ساعات آفتابی در شبانه‌روز در یک دورهٔ آماری 10ساله (از سال 1389 تا 1398) استفاده گردید. تبخیر تعرق مرجع با استفاده از نرم‌افزار ETo-Calculator در مناطق به روش پنمن- مانتیث فائو برآورد گردید (Raes, 2012). ارتفاع تبخیر تعرق بالقوه یا پتانسیل گوجه‌فرنگی در مناطق منتخب با استفاده از رابطه (1) به دست آمد. بارندگی مؤثر به روش SCS برآورد شد.

$$ETc = Kc \times ETo \quad (1)$$

نتایج و بحث

تغییرات حجم آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی

جدول 1، اطلاعات حجم آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب را در دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای و کل مزارع نشان می‌دهد. حداقل، حداکثر و میانگین حجم آب کاربردی در روش آبیاری سطحی به ترتیب 11642، 14818 و 13379 مترمکعب در هکتار و در روش قطره‌ای به ترتیب 9324، 14220 و 11621 مترمکعب در هکتار بود. این امر بیانگر آن است که با تغییر روش آبیاری از سطحی (ردیفی) به قطره‌ای نواری (تیپ)، میزان آب کاربردی در مزارع گوجه‌فرنگی استان به طور متوسط 15 درصد کاهش یافته است. متفاوت بودن حجم آب آبیاری، علاوه بر تأثیر روش آبیاری مورداستفاده در مزارع منتخب می‌تواند به این دلیل باشد که در مزارع آزمایشی عوامل مختلف از جمله اقلیم منطقه، بافت خاک، نوع مالکیت و حقابه کشاورز، شوری آب و خاک، تاریخ کاشت، رقم کاشت، تعداد دفعات آبیاری، تاریخ برداشت، طول دورهٔ رشد، و ... متغیر بوده است، ضمن اینکه مدیریت آبیاری کشاورزان در هر مزرعه با مزرعه دیگر تفاوت داشته است. هدف از اجرای این تحقیق نیز تعیین میزان آب کاربردی تحت مدیریت کشاورزان بوده است.

جدول 1- محدوده تغییرات حجم آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع موردمطالعه بر اساس سامانه آبیاری

سامانه آبیاری	عامل	حجم آب کاربردی	عملکرد	بهره‌وری آب
آبیاری سطحی	حداقل	11642	20000	1/415
	حداکثر	14818	93000	7/418
	میانگین	13379	52682	4/042
	انحراف معیار	1017	23597	2/015
آبیاری قطره‌ای نواری	حداقل	9324	20000	1/758
	حداکثر	14220	97000	10/403
	میانگین	11621	64365	5/656
	انحراف معیار	1431	23815	2/343
کل مزارع منتخب	حداقل	9324	20000	1/415
	حداکثر	14818	97000	10/403
	میانگین	12245	60219	5/096
	انحراف معیار	1541	24022	2/337

حداقل، حداکثر و میانگین عملکرد در روش آبیاری سطحی به ترتیب 20000، 93000 و 52682 کیلوگرم در هکتار و در روش قطره‌ای به‌ترتیب 20000، 97000 و 64365 کیلوگرم در هکتار بود. این امر بیان‌گر آن‌است که با تغییر روش آبیاری از سطحی به قطره-ای، میانگین عملکرد محصول در مزارع گوجه‌فرنگی استان بیش از 22 درصد افزایش یافته‌است. این دامنهٔ وسیع مقادیر عملکرد محصول در استان بیش از هر چیز دیگری بیان‌گر پتانسیل بالای منطقه برای افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی است. میانگین عملکرد در مزارع برابر 60219 کیلوگرم بر هکتار با انحراف معیار 24022 کیلوگرم بر هکتار بود (جدول 3). پس از تعیین میزان حجم آب کاربردی و عملکرد گوجه‌فرنگی، بهره‌وری آب برای هر مزرعه، از تقسیم عملکرد بر حجم آب کاربردی محاسبه شد. حداقل، حداکثر و میانگین بهره‌وری آب در روش آبیاری سطحی به ترتیب 1/415، 7/418 و 4/042 کیلوگرم بر مترمکعب و در روش قطره‌ای به ترتیب 1/758، 10/403 و 5/656 کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. این امر بیان‌گر آن است که با تغییر روش آبیاری از سطحی به قطره‌ای، بهره‌وری آب در مزارع گوجه‌فرنگی استان بیش از 40 درصد افزایش یافته است. دامنهٔ تغییرات بهره‌وری آب در کل مزارع انتخابی بین 1/415 تا 10/403 کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود. متوسط بهره‌وری آب در مزارع برابر 5/096 کیلوگرم بر مترمکعب آب به دست آمد (جدول 3). دلیل اصلی این تفاوت متغیر بودن حجم آب کاربردی و عملکرد محصول در مزارع منتخب است. به عبارتی، همان عواملی که سبب تغییرات در حجم آب کاربردی و عملکرد در مزارع منتخب شده است، روی میزان بهره‌وری آب نیز اثر گذاشته است. به طور کلی، بهبود بهره‌وری آب

در سطح مزرعه نیازمند هماهنگی بهتر استفاده از آب بر حسب نیاز محصولات در زمان و مقدار استفاده از آن است که سرانجام سبب بهبود عملکرد محصول و مقدار آب مصرف شده در سطح مزرعه می‌شود. این عمل با بهره‌گیری از فناوری نوین و به کار بستن روش‌های بهتر مدیریتی ممکن خواهد شد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، نتایج بررسی‌ها نشان داد میانگین آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در کل مزارع گوجه‌فرنگی موردبررسی به ترتیب 12245 مترمکعب در هکتار، 60219 کیلوگرم در هکتار و 5/096 کیلوگرم بر مترمکعب آب است. متوسط میزان آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع گوجه فرنگی کشور بر اساس آخرین تحقیقات به ترتیب 7729 مترمکعب در هکتار، 60600 کیلوگرم در هکتار و 7/390 کیلوگرم در مترمکعب گزارش شده است. با مقایسهٔ این نتایج با نتایج کشوری، این نتیجه حاصل شد که میزان آب آبیاری در مزارع استان خراسان رضوی حدود 58/5 درصد از متوسط میزان آب آبیاری کشوری بیشتراست، عملکرد تقریبا برابر و بهره‌وری آب حدود 45/0 درصد از متوسط کشوری کمتر است.

مراجع

باغانی، ج. 1389. اثربخشی سیستم های جدید آبیاری بر منابع آب زیرزمینی، عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری گیاهان زراعی در دشت مشهد (مطالعه موردی). گزارش پژوهشی نهایی. مرکز اسناد و مدارک کشاورزی. شماره ثبت 89/880. انتشارات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. 111 صفحه.

پیش‌بین، الف. 1384. سبزیکاری در وبلا. انتشارات آییژ، 128 صفحه.

دانشور، م. 1389. پرورش سبزی. جلد اول، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز صفحات 187- 161.

سپاسخواه ع ر، توکلی ع ر، و موسوی س ف .1384. اصول و کاربردهای کم آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، چاپ اول.

Ayranci, Y. and Altuntu, H. 2016. Portable canal irrigation compared to drip irrigation for tomatoes (Lycopersicum EsculentumMill) production in greenhouse condition. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 22 (No 4): 665–672.

Barrios-Masiasa, F. and Jacksonb, L. 2016. Increasing the effective use of water in processing tomatoes through alternate furrow irrigation without a yield decrease. Agricultural Water Management. 177: 107–117.

Raes, D. 2012. Reference manual-ETO calculator, version 3.2. Food and Agriculture Organization of the United Nations Land and Water Division. Rome, Italy.

Rummun, K., Teeluck, M., Muthy, N.K. and Ahkoon, P.D. 2003. Yeild response of fresh market tomato (Lycopersicon esculentum mill) to deficit irrigation. AMAS 2003. Food and Agriculture Research Council, Reduit , Mauritius. Pp: 103- 108.

Sun, Y., Feng, H. and Liu, F. 2012. Comparative effect of partial root-zone drying and deficit irrigation on incidence of blossom-end rot in tomato under varied calcium rates. Journal of Experimental otany, Vol. 64, No. 7, pp. 2107–2116.

تعیین میزان آب کاربردی، عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع پنبه استان خراسان رضوی

محمد جلینی [1]، سید ابوالقاسم حقایقی مقدم[2]، محمدمهدی نخجوانی [3]

[1] استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، mjolaini_re@yahoo.com

[2] استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد

[3] استادیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج

چکیده

هدف از این پژوهش، اندازه‌گیری حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع پنبه تحت مدیریت کشاورزان در استان خراسان رضوی است. مزارع آزمایشی طوری انتخاب شدند که عوامل مختلف از جمله روش آبیاری، بافت خاک و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. در کل استان جمعاً 51 مزرعهٔ پنبه در شهرستان‌های سبزوار، بردسکن، نیشابور، خواف، رشتخوار و سرخس انتخاب شدند. مزارع منتخب در سال 1397 مورد پایش زراعی و آبی قرار گرفتند. برداشت اطلاعات از مزارع منتخب با مراجعهٔ حضوری به مزارع، تکمیل پرسشنامه، نمونه‌برداری از خاک و منبع آبی مزارع، ثبت برنامهٔ آبیاری و اندازه‌گیری دبی منبع آب صورت گرفت. نیاز آبی پنبه در مناطق مختلف محاسبه و با حجم آب آبیاری کشاورزان مقایسه شد. نتایج تحقیق نشان داد که دامنهٔ تغییرات مقدار آب آبیاری در مزارع استان بین 4920 تا 17620 مترمکعب بر هکتار متغیر است و متوسط حجم آب آبیاری در مزارع برابر 9830 مترمکعب بر هکتار برآورد گردید. دامنهٔ تغییرات عملکرد پنبه نیز بین 1000 تا 6300 کیلوگرم بر هکتار متغیر بود و متوسط عملکرد محصول برابر 3078 کیلوگرم بر هکتار به‌دست آمد. دامنه تغییرات بهره‌وری آب پنبه بین 0/102 تا 0/957 کیلوگرم بر مترمکعب و متوسط آن برابر با 0/357 کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میانگین بهره‌وری آب در دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای به ترتیب برابر 0/318 و 0/669 کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد که نشان می‌دهد با تغییر روش آبیاری از سطحی به قطره‌ای، بهره‌وری آب در مزارع پنبه استان بیش از 110 درصد قابل افزایش است.

کلمات کلیدی: پنبه، مدیریت آبیاری، آبیاری قطره‌ای، آبیاری سطحی، نیاز آبی

مقدمه

به‌طورکلی میزان آب آبیاری فصلی پنبه تابع اقلیم، رقم، طول دوره رشد و خاک بوده و دامنه تغییرات آن بسته به شرایط از 400 میلی‌متر تا حدود 1000 میلی‌متر در کشور در نوسان است. هم‌چنین طول دوره رشد گیاه پنبه بسته به اقلیم و رقم از 150 تا 180 روز متغیر است (کیانی، 1391). مهرآبادی و همکاران (1395) طی پژوهشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاشمر دریافتند که تنش کمبود آب سبب کاهش اجزاء رشد رویشی پنبه شد. به طور کلی پنبه به روش‌های مختلف آبیاری سطحی و تحت فشار آبیاری می‌گردد. مقایسه آبیاری قطره‌ای با آبیاری سطحی حکایت از برتری قابل توجه اقتصادی به دلیل صرفه‌جویی مناسب آب در این روش آبیاری است (Aujla et al., 2005; Bakhtiyor et al., 2003). در مطالعه‌ای سه روش آبیاری شیاری، بارانی و قطره‌ای مورد مقایسه قرار گرفت. تحقیق در منطقه جنوب شرق ترکیه اجرا گردید و حداکثر عملکردهای وش پنبه 4380، 3630 و 3380 کیلوگرم بر هکتار به ترتیب مربوط به روش‌های آبیاری قطره‌ای، شیاری و بارانی بود. بهره‌وری آب در سه روش فوق به ترتیب 4/87، 3/87 و 2/36 کیلوگرم بر میلی‌متر در

هکتار بود (Cetin and Bilgel, 2002). در تگزاس که منطقه نیمه خشکی است، بیشترین عملکرد پنبه از روش آبیاری قطره‌ای که به میزان 740 میلیمتر آب مصرف کرده بود، بدست آمد (Wanjura et al., 2002).

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت میدانی و به‌منظور تعیین آب کاربردی پنبه در مزارع تحت مدیریت کشاورزان طی یک فصل زراعی (1397) اجرا شد. در استان خراسان رضوی شش شهرستان نیشابور، سبزوار، بردسکن، رشتخوار، سرخس و خواف که بیشترین سطح زیرکشت پنبه را دارند، انتخاب گردید. مزارع موردمطالعه برای محصول پنبه به گونه‌ای انتخاب شدند که بتوان میانگین حجم آب کاربردی محصول را با دقت قابل قبولی برآورد نمود. میزان آب کاربردی در مزارع منتخب، از طریق مراجعه حضوری به مزارع، تکمیل پرسشنامه، ثبت برنامه آبیاری و اندازه‌گیری دبی منبع آب تعیین گردید. دبی منابع آبی در مزارع منتخب با استفاده از فلوم ذوزنقه‌ای (تیپ 4 یا 5) اندازه‌گیری گردید. در مزارعی که روش آبیاری از نوع قطره‌ای بود، اندازه‌گیری دبی خروجی از قطره‌چکان‌ها نیز با روش حجمی انجام شد. پس از اندازه‌گیری و تعیین دبی منبع آب در مزارع منتخب، بر اساس تعداد ساعت آبیاری، حجم آب کاربردی در هر نوبت آبیاری در هر کدام از مزارع منتخب پنبه تعیین شد. هم‌چنین باتوجه‌به سطح زیرکشت پنبه، عمق آب کاربردی نیز بدست آمد. بدین طریق برای هر کدام از نوبت‌های آبیاری در مزارع منتخب، حجم و عمق آب کاربردی برآورد گردید. در پایان فصل رشد با مجموع مقادیر نوبت‌های آبیاری، حجم و عمق کل آب کاربردی پنبه در مزارع منتخب تعیین شد. هم‌چنین عملکرد پنبه در هر مزرعه توزین و باتوجه‌به میزان آن و حجم آب کاربردی، بهره‌وری آب بدست آمد.

نتایج و بحث

تغییرات حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب‌پنبه

جدول 1 اطلاعات حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب را در دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای و کل مزارع نشان می‌دهد. دامنهٔ تغییرات مقادیر آب آبیاری در مزارع استان زیاد و بین 4920 تا 17620 مترمکعب بر هکتار متغیر و با متوسط 9830 مترمکعب بر هکتار است. حداقل، حداکثر و میانگین حجم آب آبیاری در روش آبیاری سطحی به ترتیب 4920، 17620 و 10175 مترمکعب در هکتار و در روش قطره‌ای به ترتیب 6200، 9600 و 7242 مترمکعب در هکتار است. این امر بیانگر آن‌است که با تغییر روش آبیاری از سطحی به قطره‌ای نواری، میزان آب آبیاری در مزارع پنبه استان به طور متوسط 40 درصد کاهش می‌یابد (10175 مترمکعب در هکتار در برابر 7242 مترمکعب در هکتار). دامنه تغییرات مقادیر عملکرد پنبه در مزارع استان زیاد و بین 1000 تا 6300 کیلوگرم بر هکتار متغیر بوده است. این دامنه وسیع مقادیر عملکرد محصول در استان بیش از هر چیز دیگری بیانگر پتانسیل بالای منطقه برای افزایش عملکرد پنبه است. متوسط عملکرد محصول در مزارع استان برابر 3078 کیلوگرم بر هکتار با انحراف معیار 1315 کیلوگرم در هکتار است. حداقل، حداکثر و میانگین عملکرد در روش آبیاری سطحی به ترتیب 1000، 5000 و 2892 کیلوگرم در هکتار و در روش قطره‌ای به ترتیب 1500، 6300 و 4470 کیلوگرم در هکتار است. این امر نیز بیان‌گر آن است که با تغییر روش آبیاری از سطحی به قطره‌ای، میانگین عملکرد محصول در مزارع پنبه استان بیش از 54 درصد افزایش یافته است. سهرابی مشک آبادی (1396) میانگین بهره‌وری آب پنبه در استان خراسان رضوی را 0/3 کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب گزارش کرده است. حداقل، حداکثر و میانگین بهره‌وری آب در روش آبیاری سطحی به ترتیب 0/102، 0/761 و 0/318 کیلوگرم بر مترمکعب و در روش قطره‌ای به ترتیب 0/156، 0/957 و 0/669 کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمده است. این امر بیان‌گر آن است که با تغییر روش آبیاری از سطحی به قطره‌ای نواری، بهره‌وری آب در مزارع پنبه استان بیش از 110 درصد افزایش نشان می‌دهد.

جدول 1- محدودهٔ تغییرات حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع موردمطالعه بر اساس سامانهٔ آبیاری

سامانهٔ آبیاری	عامل	حجم آب آبیاری	عملکرد	بهره‌وری آب
آبیاری سطحی	حداقل	4920	1000	0/102
	حداکثر	17620	5000	0/761
	میانگین	10175	2892	0/318
	انحراف معیار	3226	1148	0/181
آبیاری قطره‌ای	حداقل	6200	1500	0/156
	حداکثر	9600	6300	0/957
	میانگین	7242	4470	0/669
	انحراف معیار	1454	1751	0/264
کل مزارع منتخب	حداقل	4920	1000	0/102
	حداکثر	17620	6300	0/957
	میانگین	9830	3078	0/367
	انحراف معیار	3206	1315	0/218

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی و تحقیق نشان داد که متوسط آب کاربردی در مزارع پنبه استان خراسان رضوی حدود 9830 مترمکعب در هکتار بود. عملکرد محصول پنبه در استان خراسان رضوی بین 1000 تا 6300 کیلوگرم در هکتار متغیر می‌باشد و میانگین عملکرد برابر با 3078 کیلوگرم در هکتار بدست آمد. باتوجه‌به میزان آب کاربردی و عملکرد، میزان بهره‌وری آب به طور متوسط 0/357 کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد. در مزارع تحت روش آبیاری قطره‌ای نواری میزان آب کاربردی 2932 مترمکعب در هکتار کمتر از روش آبیاری سطحی بود ولی عملکرد و بهره‌روی آب به ترتیب 1581 کیلوگرم در هکتار و 0/331 کیلوگرم بر مترمکعب بیشتر از روش آبیاری سطحی بود و این تفاوت‌ها در سطح 1 درصد معنی‌دار بود. به عبارتی تغییر روش آبیاری از سطحی به قطره‌ای سبب کاهش 30 درصد در آب کاربردی، 35 درصد افزایش در عملکرد و بیش از 100 درصد افزایش در بهره‌روری آب اثر داشته است.

منابع

سهرابی مشک‌آبادی، ب. 1396. بهره‌وری آب پنبه کشور. نشریه فنی موسسه تحقیقات پنبه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. 130 صفحه.

کیانی، ع. ر. 1391. برنامه‌ریزی آبیاری پنبه. نشریه ترویجی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

مهرآبادی، ح. ر.، ا. نظامی، م. کافی و م. احمدی‌فرد. 1395. بررسی واکنش عملکرد ارقام پنبه حساس و متحمل به خشکی در شرایط تنش کمبود آب. نشریه آب‌وخاک، جلد 30 شماره 5 صفحات 1415 تا 1425.

Aujla, M.S., Thind, H.S. and Butter, G.S. 2005. Cotton yield and water use efficiency at various levels of water and N through drip irrigation under two methods of planting. Agric. Water Manage. 51:167-179.

Bakhtiyor, K., Nazirbay, I. Yusupbek, E. Stevsn, E. and Lee, H. 2003. Irrigation scheduling study of drip irrigated cotton by use of soil moisture neutron probe. International Water and Irrigation. 23(1): 38-41.

Cetin, O. and Bilgel, L. 2002. Effect of different irrigation methods on schedding and yield of cotton. Agric. Water Manage. 54(1):1-15.

Wanjura, D.F., Upchurch, D.R. Mahan, J.R. and Burke, J.J. 2002. Cotton yield and applied water relationships under drip irrigation. Agric. Water Manage. 55(3): 217-237.

توسعه کشت نشایی کلزا ابزاری کارآمد در ارتقا بهره‌وری آب کشاورزی

افشین یوسف گمرکچی [1]

[1] استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، a.gomrokchi@areeo.ac.ir

چکیده

هدف اصلی از اجرای روش کشت نشایی در محصولی مانند کلزا، ایجاد فرصت کافی برای آماده‌سازی زمین، افزایش کارایی استفاده از منابع (آب آبیاری، کود، سم و بذر) در سطح مزرعه عنوان شده است؛ لذا در طی چند سال اخیر به دلیل محدودیت منابع آبی، محدودیت زمان آماده‌سازی زمین و غیره سیستم کشت نشایی کلزا در برخی مزارع کشاورزی در سطح کشور توسعه داشته است. در پژوهش حاضر به‌منظور بررسی شاخص بهره‌وری آب کشاورزی در کشت نشایی کلزا و مقایسه آن با روش کشت مستقیم کلزا، مقادیر حجم آب مصرفی و عملکرد کلزا در یک مزرعه کشاورز پیشرو در سال زراعی 99-1398 در استان قزوین ثبت و پایش شد. نتایج پژوهش نشان داد بالاترین بهره‌وری مصرف آب در بین قطعات زراعی مرتبط با کشت نشایی کلزا به میزان 1/69 کیلوگرم بر مترمکعب بوده این در حالی است که در روش کشت مستقیم کلزا در روش آبیاری بارانی و سطحی، مقادیر بهره‌وری آب به ترتیب 0/78 و 0/64 کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. به‌طورکلی می‌توان گفت روش کشت نشایی روش کارآمدی در ارتقا بهره‌وری آب در کشت کلزا است.

کلمات کلیدی: بهره‌وری آب، کشت مستقیم، کلزا، حجم آب کاربردی، قزوین

مقدمه

کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است و پس از سویا، دومین گیاه روغنی یک‌ساله جهان است که به‌خاطر روغن خوراکی آن کشت شده و به‌راحتی در تناوب با غلات قرار می‌گیرد. ازآنجاکه کلزا دارای تیپ‌های رشد پاییزه، بهاره و بینابینی است، کشت آن در اقلیم‌های مختلف کشور امکان‌پذیر است (کیانی، 1398). کشت کلزا در ایران عمدتاً پائیزه و به‌جز استان‌های مازندران، گیلان و برخی از مناطق استان گلستان (به دلیل ریزش‌های جوی کافی)، در بقیه استان‌ها به‌صورت آبی است (معیری، 1398). بر اساس آخرین آمار، میزان تولید کلزا در سطح کشور حدود 334 هزار تن و میانگین عملکرد کلزا آبی حدود 1/9 تن در هکتار بوده است (معاونت آمار مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، 1401). این میزان عملکرد کمتر از متوسط جهانی بوده و باتوجه‌به نیاز بیش از 85 درصدی به واردات روغن از خارج، افزایش تولید دانه‌های روغنی (به‌ویژه کلزا) از نیازهای اساسی کشور می‌باشد (زینل‌زاده تبریزی، 1401). بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام شده، میانگین حجم آب کاربردی محصول کلزا در قطب‌های عمده تولید این محصول در سطح کشور، 2807 مترمکعب در هکتار بوده است (معیری و همکاران، 1401). به عبارتی میانگین بهره‌وری آب کشاورزی محصول کلزا در سطح کشور، کمتر از 0/7 کیلوگرم بر هکتار است.

در زمینه افزایش بهره‌وری کلزا، افزون بر برنامه آبیاری و روش مناسب آبیاری، باید به همه عوامل مؤثر بر تولید کلزا، مانند آماده‌سازی زمین، ماشین کاشت و تنظیمات آن، زمان کاشت، نوع رقم، میزان بذر، مدیریت آفات و بیماری‌ها، مهار علف‌های هرز، مدیریت تنش‌های خشکی و گرما، خسارات سرمازدگی، مدیریت مصرف کود (زمان، میزان، منبع و روش مصرف کود)، تنظیم ماشین‌های برداشت و زمان مناسب برداشت توجه نمود. ازاین‌رو باید همه عوامل در شرایط بهینه و متناسب با زمان باشند تا بتوان به بیشینه شاخص بهره‌وری آب،

دست‌یافت (سلطانی و توکلی، 1400). اما عوامل محدودکننده‌ای همچون تأخیر در کاشت کلزا به دلیل دیر برداشت شدن محصول قبلی و در نتیجه دیر آماده‌شدن زمین، محدودیت منابع آب، توزیع غیریکنواخت بذر، عدم تراکم مطلوب بوته و مشکلات مبارزه با علف‌های هرز، مشکلات روش آبیاری غرقابی در هنگام آبیاری اولیه جهت جوانه‌زنی بذر و در نهایت افزایش شدید قیمت نهاده‌های تولید (بذر، کود و سموم کشاورزی)، باعث شده کشت نشایی کلزا موردتوجه برخی کشاورزان پیشرو قرار گیرد. هدف اصلی از اجرای روش کشت نشایی در گیاهی مانند کلزا، ایجاد فرصت کافی برای آماده‌سازی زمین، افزایش کارایی استفاده از منابع (آب آبیاری، کود، سم و بذر)، بالاتر بودن درصد جوانه‌زنی و سبزشدن بذر کلزا به دلیل شرایط بهینه محیطی، تولید گیاهچه‌های قوی و انتقال گیاهچه‌ها در زمان مناسب به زمین اصلی، ایجاد تراکم مناسب در زمین اصلی، کوتاه‌تر کردن دوره رشد گیاه در زمین اصلی و بالابردن عملکرد می‌باشد (فاندازو و همکاران، 2009). نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان‌دهنده آن است که عملکرد دانه در کشت نشایی بیشتر از کشت مستقیم بود و این افزایش به‌خصوص در کشت‌های دیرهنگام بیشتر بود. همچنین کشت نشایی کلزا از زودرسی و افزایش تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین بیشتری نیز برخوردار بود (راهنما و بخشنده، 1384؛ ربیعی و همکاران، 1400؛ اسدی و همکاران، 1401). بااین‌حال کشت نشایی کلزا نیازمند افزایش ضریب مکانیزاسیون و ماشین‌آلات مناسب نشاکار است تا با بهره‌گیری از آنها کارایی اقتصادی نظام مکانیزه کشت نشایی افزایش یابد؛ لذا درصورتی‌که درآمد حاصل از فروش دانه تولید شده در مقایسه با هزینه‌های تولید و انتقال نشا به‌گونه‌ای باشد که ضمن پوشش‌دادن هزینه‌ها، سود معقول و مناسبی برای کشاورز داشته باشد، کشت نشایی کلزا موردتوجه کشاورزان بیشتری قرار خواهد گرفت. توسعه کشت نشایی در محصولات زراعی و صیفی، در آینده نه‌چندان دور اقدامی گریزناپذیر به‌منظور حفظ تولید در شرایط محدودیت منابع آب است. باتوجه‌به آنکه یکی از مباحث موردتأکید در زمینه کشت نشایی صرفه‌جوئی در مصرف آب و به‌تبع آن افزایش بهره‌وری مصرف آب عنوان شده، در مطالعه حاضر به‌منظور تحلیل بهره‌وری آب کشاورزی، مقادیر حجم آب مصرفی و عملکرد محصول در یک مزرعه با کشت نشایی کلزا مورد پایش قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر حجم آب مصرفی بدون دخالت در برنامه آبیاری بهره‌بردار در طول فصل زراعی 99-1398، در یک مزرعه کلزا واقع در استان قزوین اندازه‌گیری شد. در این راستا ابتدا مقدار دبی خروجی از منبع آبی انتخاب شده با وسیله مناسب (دبی‌سنج اولتراسونیک در روش آبیاری بارانی و تیپ و فلوم در روش آبیاری سطحی) در قطعات زراعی منتخب اندازه‌گیری شد. پس از تعیین میزان دبی آب ورودی به مزرعه، با پایش دقیق برنامه آبیاری (زمان آبیاری، دور آبیاری، تعداد دفعات آبیاری در طول دوره رشد) و هم‌چنین اندازه‌گیری سطح زیر کشت محصول، حجم آب مصرفی محصول کلزا اندازه‌گیری گردید. در این مطالعه علاوه بر بررسی بهره‌وری مصرف آب در کشت نشایی، پایش حجم آب مصرفی و مقادیر عملکرد در دو قطعه زراعی دیگر در همان مزرعه انجام شد. مساحت کل مزرعه مورد بررسی 206 هکتار بوده که در روستای قشلاق در شهرستان آبیک استان قزوین با مختصات جغرافیایی، 28/9 00 N36 و 27 E050 18/6 واقع شده است. در جدول 1 مشخصات عمومی قطعات زراعی در مزرعه مورد بررسی نشان داده شده است.

جدول 1- مشخصات عمومی قطعات زراعی در مزرعه مورد بررسی

سطح زیر کشت (هکتار)	روش کشت	بافت خاک	شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	شوری آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)	روش آبیاری	منبع آبی
2	کشت نشا	لوم رسی	2/29	3/20	قطره‌ای نواری	چاه
23	کشت مستقیم	لوم رسی	2/29	3/20	بارانی (کلاسیک)	چاه
20	کشت مستقیم	لوم رسی	2/29	3/20	غرقابی	چاه

تاریخ کاشت کلزا نسبت به سایر عوامل و مدیریت‌های مزرعه‌ای، بیشترین اثر را بر خصوصیات فنولوژیک گیاه زراعی می‌گذارد. تأخیر در کاشت اثرات منفی ناشی از کاهش درجه‌حرارت را به دنبال دارد و علاوه‌برآن، شرایط فیزیکی خاک نیز به دلیل رطوبت بالای ناشی از

بارندگی در فصل پائیز، امکان استفاده از خطی کار برای کشت کلزا را مشکل خواهد نمود. رقم کشت شده کلزا در قطعات زراعی موردبررسی، رقم هیدرومیل بوده است. تاریخ انتقال نشا به زمین اصلی در روش کشت نشایی کلزا، 1398/8/3 و در سایر قطعات با روش کشت مرسوم، از تاریخ 1398/6/25 شروع شده و در تاریخ 1398/7/7 به اتمام رسیده است. بر اساس تاریخ کشت انجام شده، در روش کشت نشایی کلزا محصول تابستانه قبلی در موعد مقرر و بدون تعجیل برداشت شده و عملیات مدیریت بقایا و تهیه بستر در فرصت مناسب انجام شده و کشت نشاءها به‌راحتی انجام شده است. این مسئله یکی از مهم‌ترین مزیت‌های کشت نشایی کلزا می‌باشد. شایان‌ذکر است تاریخ برداشت کلزا در هر سه قطعه زراعی در تاریخ 1399/3/27 بوده است. به عبارتی در روش کشت نشایی طول دوره رشد کلزا در سطح مزرعه، 236 روز و در سایر قطعات زراعی 262 روز بوده است. به عبارتی کوتاه‌تر کردن دوره رشد گیاه در زمین اصلی به‌منظور افزایش بهره‌وری نهاده‌های تولید، در کشت نشایی نسبت به روش کشت مستقیم صورت‌گرفته است.

نتایج و بحث

جهت تحلیل بهره‌وری مصرف آب، مقادیر عملکرد ثبت شده قطعات تحت کشت کلزا در سال زراعی 99-1398 مورد بررسی قرار گرفت (شکل 2).



شکل 2- مقایسه عملکرد کلزا در قطعات زراعی مورد بررسی

همانگونه که اشاره گردید مقادیر حجم آب مصرفی نیز در 3 قطعه زراعی در مزرعه مورد بررسی اندازه‌گیری شد. باتوجه‌به اندازه‌گیری مقادیر عملکرد و حجم آب مصرفی، بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری یا همان تولید به ازای هر مترمکعب آب مصرفی، محاسبه گردید. در شکل 3 مقادیر بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در قطعات زراعی نشان داده شده است.



شکل 3- مقایسه بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در قطعات زراعی موردمطالعه

نتایج مطالعه بیانگر آن است که بیشترین بهره‌وری مصرف آب (1/69 کیلوگرم بر مترمکعب) در مزرعه کلزا با کشت نشایی ثبت شده است. این امر بدان دلیل است که در روش کشت نشایی کلزا هم عملکرد محصول نسبت به روش کشت مستقیم افزایش یافته و هم مقادیر حجم آب مصرفی کاهش داشته است. هم‌چنین محاسبات مقادیر نیاز آبی خالص بر اساس اطلاعات هواشناسی در سال زراعی مورد بررسی نشان داد، نیاز آبی خالص کلزا در روش کشت نشایی 3557 مترمکعب در هکتار و در روش کشت مستقیم 4096 مترمکعب در هکتار بوده است. به عبارتی کوتاه‌تر بودن دوره رشد کلزا در روش کشت نشایی منجر به کاهش مقادیر نیاز آبی خالص کلزا شده است.

منابع

اسدی، ه.، جبّاری, ح.، زارعی سیاه بیدی، ا.، شیرانی‌راد، ا. و شمشادی، ک. 1401. ارزیابی اقتصادی کشت نشایی در مقایسه با کشت مستقیم بذر کلزا در تاریخ‌های مختلف کشت .اقتصاد کشاورزی و توسعه. 30 (2): 85-106.

راهنما، ع.ا. و بخشنده، ع. م. 1384. اثر تاریخ کاشت و شیوه کاشت مستقیم و نشایی بر خصوصیات زراعی و عملکرد دانه کلزا در شرایط اهواز . مجله علوم زراعی ایران، 7(4): 324-336.

ربیعی، م.، مجیدیان، م. و کاوسی، م. 1400. اثر سیستم‌های خاک‌ورزی، روش کاشت و مقدار نیتروژن بر عملکرد کلزا (Brassica napus L.) و برخی از خصوصیات خاک در شرایط شالیزاری. دانش کشاورزی و تولید پایدار. 31 (1): 237-221.

زینل‌زاده تبریزی، ح.، جباری، ح. و پرچمی عراقی، ف. 1401. اثر کشت مستقیم و نشایی کلزای بهاره در تراکم‌های مختلف بوته و در شرایط کشت تأخیری بر رشد و عملکرد دانه در منطقه مغان. تولید گیاهان زراعی. 15 (2): 137-160.

سلطانی، م. و توکلی، ع. 1400. مدیریت آبیاری و ارتقای بهره‌وری آب در زراعت کلزا. نشریه موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی. 86 ص.

کیانی، ع. 1398. تعیین آب موردنیاز چند گیاه دانه روغنی در استان گلستان. مجله ترویجی گیاهان دانه روغنی. 1 (2): 104-94.

معاونت آمار مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی. 1401. آمارنامه کشاورزی سال 1400. جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی. 100ص.

معیری، م. 1398. تعیین نیاز آبی و مدیریت جامع آبیاری مزارع کلزا. نشریه فنی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی. 42 ص.

معیری، م.، ناصری، ا.، احمد آلی، ج.، پرچمی عراقی، ف.، جلینی، م.، خسروی، ح.، سلامتی، ن.، دهقانیان، ا.، کمالی پاشاکلایی، م. ا.، بهراملو، ر.، جوزی، م.، طاهری، م.، نخجوانی‌مقدم، م. و یوسف گمرکچی، ا. 1401. تعیین آب کاربردی کلزا در کشور. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. 110 ص.

Fanadzo, M., Chiduza, S. and Mnkeni, PN. 2009. Comparative response of direct seeded and transplanted maize to nitrogen fertilization at Zanyokwe irrigation scheme, Eastern Cape, South Africa. African Journal of Agricultural Research, 4(8): 689-694.

جایگاه کودهای زیستی در افزایش بهره‌وری آب از طریق ایفای نقش در مدیریت تنش خشکی در محصولات کشاورزی

هوشنگ خسروی [1]

[1] بخش تحقیقات میکروبیولوژی خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران ، hkhosravi@areeo.ac.ir

چکیده

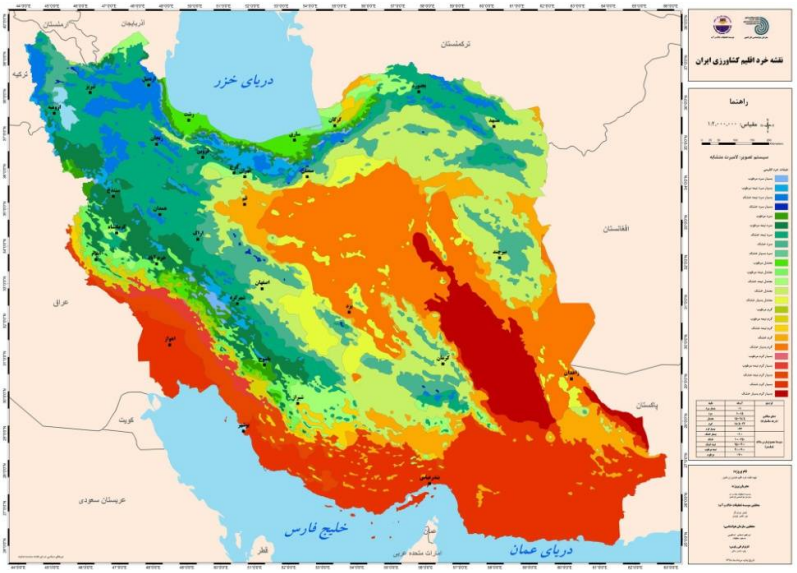
کاربرد فناوری‌های زیستی در مواردی برطرف‌کننده مشکلات بخش کشاورزی بوده است. یکی از مشکلات مهم تولید محصولات کشاورزی به‌واسطهٔ موقعیت جغرافیایی در ایران، کمبود آب و تنش خشکی در پهنه گسترده‌ای از زمین‌های قابل‌کشت است. استفاده از حداکثر ریز جانداران مفید خاک در قالب فرآورده‌های زیستی یکی از گزینه‌های مناسب در این مورد است. این ریز جانداران از راه تولید مواد مختلف خارج سلولی در طی متابولیسم سلولی خود رشد گیاهان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. انواع ریز جانداران بومی مناطق خشک که با شرایط سخت سازگاری پیدا کرده‌اند دارای ویژگی تولید مواد اختصاصی‌تری هستند که قادرند گیاهان را در برابر شرایط تنش خشکی حمایت کنند. پژوهش‌های مختلفی در مراکز علمی‌پژوهشی کشور در این مورد انجام شده است که جمع‌بندی آن‌ها می‌تواند برای ارائه یک نقشه راه برای دست‌یابی به یک فرمولاسیون زیستی مناسب برای محصولات کشاورزی ویژه مناطق خشک راه‌گشا باشد. در این مقاله ضمن ارائه اهمیت مسئله، برخی راهکارها و توصیه‌های لازم در این مورد ارائه شده است.

کلمات کلیدی: محرک رشد، مایه تلقیح، ACC دآمیناز

مقدمه و بیان مسئله

تنش خشکی یکی از عوامل محدودکننده محیطی مهم در تولید محصولات کشاورزی است و بخش عمده سرزمین ایران در کمربند خشک جهان قرار دارد و اقلیم خشکی بر آن حاکم است (شکل 1). هم‌چنین چند سال پی‌درپی است که کشور با خشک‌سالی شدید و کمبود بارش روبرو است؛ گرمایش زمین هم این اثر تنشی را تشدید کرده است؛ بنابراین، ارائه راه‌کارهایی بر اساس کشاورزی پایدار برای مقابله با تنش خشکی در گیاهان پراهمیت است. استفاده از توان بالقوه ریزجانداران مفید خاک‌زی از جمله کاربرد کودهای زیستی یکی از این راه‌کارهاست. این ریزجانداران از طریق سازوکارهای مختلفی رشد گیاهان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. علاوه بر این، برخی ریزجانداران می‌توانند تحمل گیاه به شرایط تنشی از جمله خشکی را افزایش دهند. از مهم‌ترین سازوکارهای ریزجانداران برای مقاومت بخشی گیاه در برابر شرایط تنش خشکی می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه، کمک به تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه از طرق مختلف و تولید متابولیت‌های مفید اشاره کرد. مطالعات نشان می‌دهد که ریزجانداران بومی مناطق تحت تنش خشکی که با شرایط تنشی سازگار شده‌اند می‌توانند گزینه‌های مناسب‌تری برای تهیه کودهای زیستی ویژه مقابله با تنش خشکی در گیاهان باشند. به همین دلیل خاک-های مناطق خشک کشور را می‌توان به‌عنوان ذخایر ژنتیکی مناسبی در این مورد در نظر گرفت. چنانچه همه مؤلفه‌ها، شرایط و الزامات پژوهش، تولید، مصرف و ترویج کودهای زیستی فراهم شود می‌توان به ارائه یک کود زیستی مناسب برای محصولات کشاورزی برای مناطق خشک و نیمه خشک امیدوار بود. لازم به ذکر است نتایج پژوهش‌های انجام شده تاکنون به‌صورت مقالات، گزارش‌های نهایی طرح‌های تحقیقاتی و پایان‌نامه‌های دانشجویی منتشر شده است. علیرغم تلاش‌های انجام شده، تاکنون یک فرآورده زیستی با

فرمولاسیون مناسب برای مقابله با تنش خشکی که مورد قبول بهره‌برداران باشد ارائه نشده است.



شکل 1- نقشه پهنه‌بندی خرد اقلیم کشاورزی ایران*

*** تهیه‌شده با مشارکت سازمان هواشناسی (با استفاده از داده‌های 185 ایستگاه سینوپتیک و 3400 ایستگاه باران‌سنجی) و وزارت نیرو (با 240 ایستگاه)**

کودهای زیستی و راهکارها

کود زیستی ترکیبی حاوی تعداد مناسبی از یک یا چند ریز جاندار مفید که بتواند بخشی از نیازهای غذایی گیاه را تأمین و یا تحمل گیاه در مقابل عوامل تنشی مانند خشکی را افزایش دهد طوری که در نهایت منجر به افزایش عملکرد کمی و یا کیفی گیاه در این شرایط شود. مهم‌ترین باکتری‌های مفید خاک که برای تهیه کودهای زیستی به کار می‌روند شامل Azotobacter، Pseudomonas، Bacillus و Azospirillum است. کودهای زیستی به اشکال جامد (گرانول یا پودری)، مایع یا نیمه‌جامد (ژله‌ای) تهیه می‌شوند که می‌توانند به روش‌های مصرف بر روی بذر (بذر مال)، آغشته کردن نشا، مصرف در آب آبیاری (کودآبیاری)، مصرف در خاک و یا محلول‌پاشی (برگ‌پاشی) در مزارع، گلخانه‌ها و خزانه‌ها استفاده شوند. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که برخی از ریز جانداران علاوه بر تأثیر بر رشد گیاه، دارای قوه افزایش تحمل گیاهان به تنش‌هایی مانند خشکی، شوری و گرما هستند.

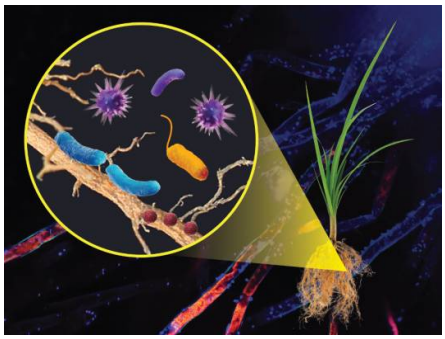
ریز جانداران مفید خاک از طریق سازوکارهای مختلفی شامل تولید هورمون‌های محرک رشد مانند اکسین‌ها و جیبرلین‌ها، تثبیت نیتروژن مولکولی هوا (N_2)، توانایی حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول، تولید سیدروفور و کمک به حلالیت آهن، اکسایش بیولوژیک گوگرد و کاهش pH، تجزیه سیلیکات‌ها و کانی‌های رس و آزادسازی عناصری همچون پتاسیم در مجموع باعث تحریک و افزایش رشد گیاهان می‌شوند. این ویژگی‌ها در میان بسیاری از ریز جانداران خاک و به‌صورت عمومی وجود دارند (شکل 2). علاوه بر این مزیت‌ها، برخی از ریز جانداران خاک از طریق سازوکارهای اختصاصی زیر نیز می‌توانند موجب کاهش اثرات تنشی در گیاهان شوند:

1- تولید آنزیم ACC-دآمیناز که سبب کاهش مقدار اتیلن تنشی در گیاه می‌شود. اتیلن در غلظت‌های کم به‌عنوان یک هورمون گیاهی مهم برای رشد و نمو طبیعی گیاهان عمل می‌کند؛ اما در غلظت‌های زیاد اثر عکس بر رشد گیاهان دارد. در شرایط تنشی مانند خشکی، غلظت اتیلن در گیاه افزایش می‌یابد که به آن اتیلن تنشی می‌گویند که موجب بروز مشکل در رشد گیاهان شده و باعث پیری زودرس آن‌ها می‌شود.

2- تولید پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی (EPS) که موجب افزایش خاصیت نگه‌داری آب شده و هم‌چنین از طریق تشکیل بیوفیلم موجب تشکیل و پایداری خاکدانه‌ها و تنظیم جریان آب و عناصر غذایی به ریشه گیاه می‌شود و از این طریق به تحمل گیاه به تنش خشکی کمک می‌کنند.

3- تولید هورمون سیتوکینین که موجب افزایش تولید اسید آبسیزیک در گیاه شده که نتیجه آن بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تبخیر تعرق گیاه و در نتیجه افزایش تحمل به تنش خشکی می‌شوند.

4- افزایش تولید آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاه که سبب تجزیه رادیکال‌های سوپر اکسید، هیدروکسیل و پروکسید هیدروژن می‌شود. این رادیکال‌ها موجب تخریب اندام‌های فتوسنتزی و کاهش رشد گیاه می‌شوند.



شکل 2- شمایی از برهمکنش ریزجانداران و ریشه گیاه از نمای نزدیک (Lin, 2021)

جمع‌بندی و پیشنهادها

برای توسعه مصرف کودهای زیستی دارای توان مقابله با تنش پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های مرتبط برای دستیابی به دانش فنی کودهای زیستی نوین مبتنی بر مؤلفه‌های زیستی، آلی و شیمیایی متمرکز شوند و از دانش انباشته در این زمینه کمک گرفته شود. خاک ناحیه ریشه گیاهان بومی مناطق خشک به‌عنوان یک ذخیره ژنتیکی غنی و مکان مناسبی برای جداسازی و غربالگری ریز جانداران مؤثر و کارا در این مورد پیشنهاد می‌شود. بررسی اثربخشی کودهای زیستی و تأیید نهایی آن‌ها، از طریق اجرای مزارع تحقیقی- ترویجی و در نهایت مصرف در مزارع کشاورزان پیشنهاد می‌شود.

منابع

خسروی، ه. 1395. نقش باکتری‌های مفید خاکزی در مدیریت تولید محصول در اراضی شور و خشک از طریق کاهش اتیلن تنشی در گیاه. مدیریت اراضی، 4(1)، 33-43.

خسروی، ه. و محمودی ح. 1392. بررسی اثرات مایه تلقیح ازتوباکتر به همراه کود دامی بر رشد گندم دیم. مدیریت خاک و تولید پایدار، 3(2)، 205-219.

خسروی، ه. 1398. واکنش ذرت به تلقیح با ازتوباکتر در شرایط تنش خشکی. پژوهش آب در کشاورزی، 33(1)، 29-38.

خسروی، ه.، علیخانی، ح. و یخچالی، ب. 1390. اثر تلقیح سویه‌های Sinorhizobium meliloti بومی دارای توان تولید آنزیم ACC deaminase بر رشد گندم در شرایط تنش خشکی. پژوهش آب در کشاورزی، 25(2)، 123-131.

Dashadi, M., Khosravi, H., Moezzi, A., Nadian, H., Heidari, M. and Radjabi, R. 2011. Co-Inoculation of Rhizobium and

Azotobacter on Growth of Faba bean under Water Deficit Conditions. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci ، 11(3) :314-319.

Dashadi, M., Khosravi, H., Moezzi, A., Nadian, H., Heidari, M. and Radjabi, R. 2011. Co-Inoculation of Rhizobium and Azotobacter on Growth Indices of Faba Bean under Water Stress in the Green House Condition. Advanced Studies in Biology ،3(8) ،373-385.

Lin, V.S. 2021. Interrogating plant-microbe interactions with chemical tools: Click chemistry reagents for metabolic labeling and activity-based probes. Molecules, 26(1), p.243; (https://www.pnnl.gov/publications/interrogating-plant-microbe-interactions-chemical-tools)

Shirinbayan, S., Khosravi, H. and Malakouti, M.J. 2018. Alleviation of drought stress in maize (Zea mays) by inoculation with Azotobacter strains isolated from semi-arid regions. Applied Soil Ecology ،133(4) ،138-145.

مقایسه بهره‌وری آب و عملکرد هندوانه در سطوح مختلف آب آبیاری در جیرفت

امللیا رشیدی [1]، نیاز علی ابراهیمی پاک [2]، اسماعیل مقبلی دامنه [3]

[1] محقق، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ol_rashidi@yahoo.com

[2] دانشیار، بخش تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری (115، 100، 85، 65، 55 و 45 درصد نیاز آبی) بر بهره‌وری آب و عملکرد هندوانه در منطقه جیرفت پژوهشی در قالب طرح پایه قطعه کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد بیشترین درصد پوسیدگی گلگاه (14/65 درصد) در تیمار 45 درصد نیاز آبی مشاهده شد. عملکرد کل و اقتصادی در تیمار 115 درصد نیاز آبی به ترتیب 4/7 و 4/8 درصد بیشتر از شاهد (100 درصد نیاز آبی) بود و تیمار 85 درصد نیاز آبی به ترتیب کاهش 13/5 و 14 درصدی را نسبت به شاهد نشان داد. بیشترین بهره‌وری آب در رابطه با عملکرد کل (12/65 کیلوگرم بر مترمکعب) و بهره‌وری آب در رابطه با عملکرد اقتصادی (11/95 کیلوگرم بر مترمکعب) در تامین 85 درصد نیاز آبی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. بر اساس نتایج این پژوهش، در صورت عدم محدودیت آب، بهترین تیمار 100 درصد نیاز آبی است، اما در سال‌های با محدودیت آب در منطقه، تامین 85 درصد نیاز آبی از لحاظ عملکرد و بهره‌وری آب قابل توصیه می‌باشد.

کلمات کلیدی: بهره‌وری آب، پوسیدگی گلگاه، کم آبیاری، هندوانه

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود آب موجب محدودیت توسعه کشاورزی می‌شود. در این مناطق، کاهش بارندگی به دلیل شرایط اقلیمی از یک سو و مصرف بی‌رویه آب از سوی دیگر، تغییر اساسی در راهبردهای مدیریت کشاورزی را ایجاب می‌کند (Rashidi et al., 2023)، به همین منظور ارتقای بهره‌وری آب در این مناطق دارای اهمیت فراوان است. هر چندکم آبیاری به‌عنوان یکی از راهکارهای بهبود بهره‌وری آب شناخته می‌شود؛ اما این روش می‌تواند اثرات منفی بر عملکرد محصول داشته باشد. در الگوی کشت ایران، هندوانه به‌عنوان یک گیاه آب‌بر معرفی شده است (تافته و همکاران، 1402) که اعمال کم‌آبیاری در رابطه با این محصول می‌تواند نقش مهمی در کاهش مصرف آب داشته باشد. معیری و همکاران (1400) میزان بهره‌وری آب جهت کشت هندوانه را در جنوب استان کرمان از 6/43 کیلوگرم در مترمکعب تا 11/96 کیلوگرم در مترمکعب گزارش کردند. خرمیان و ظریفی‌نیا (1397) کاهش معنی‌دار عملکرد هندوانه را با اعمال کم‌آبیاری نشان دادند، هم‌چنین بهره‌وری آب در تحقیق ایشان، در تیمار 50 درصد نیاز آبی، بیشترین (17/1 کیلوگرم در مترمکعب) مقدار را به خود اختصاص داد.

پژوهش حاضر باهدف بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر عملکرد هندوانه و بهره‌وری مصرف آب در این گیاه انجام شد تا بتوان در شرایط کم‌آبی، با مصرف آب کمتر در جهت کشاورزی پایدار گام برداشت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی 1401-1400 در شرایط مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان اجرا شد. تحقیق در قالب طرح قطعه کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شش سطح (115 درصد، 100 درصد (شاهد)، 85 درصد، 65 درصد، 55 درصد و 45 درصد نیاز آبی) بود. نیاز آبی، پس از محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل به روش پنمن- مانتیث فائو و ضرب ضریب گیاهی در آن، محاسبه شد. کاشت بذر در دی‌ماه به‌صورت مستقیم و در دو طرف جوی صورت گرفت و آبیاری به روش قطره‌ای نواری انجام شد. در پایان دوره رشد، عملکرد کل، درصد عارضه پوسیدگی گلگاه و عملکرد اقتصادی میوه اندازه‌گیری شد. بهره‌وری آب در رابطه با عملکرد کل و عملکرد اقتصادی نیز برآورد شد. معیار اقتصادی بودن در این آزمایش، فاقد عارضه پوسیدگی گلگاه یا ترک خوردگی در نظر گرفته شد. بهره‌وری آب از تقسیم عملکرد (کل یا اقتصادی) بر مجموع آب آبیاری و بارندگی موثر محاسبه شد. در پایان داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. مجموع آب آبیاری و بارندگی موثر مربوط به هر تیمار در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1- مجموع آب آبیاری و بارندگی موثر ($m^3 ha^{-1}$)

تیمار	%115	%100	%85	%65	%55	%45
	4514	3954	3395	2549	2191	1834

نتایج و بحث

نتایج نشان می‌دهد که سطوح آبیاری بر درصد پوسیدگی گلگاه، عملکرد کل، عملکرد اقتصادی و بهره‌وری آب در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول 2).

جدول 2- تجزیه واریانس اثر تیمار آبیاری بر صفات موردمطالعه

	میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد پوسیدگی گلگاه	عملکرد کل	عملکرد اقتصادی	بهره‌وری آب (مربوط به عملکرد کل)	بهره‌وری آب (مربوط به عملکرد اقتصادی)
تکرار	2	22/56 ns	37/6 ns	55/61 ns	4/1 ns	5/7 ns
آبیاری	5	66/7 **	487/2 **	521/8 **	1/01 *	2/5 **
خطا	10	1/62	3/16	4/01	0/21	0/21
CV (%)	-	13/4	4/83	5/9	3/82	4/3

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق (جدول 3) پوسیدگی گلگاه در تیمار 45 درصد نیاز آبی بیشترین (14/65 درصد) مقدار را داشت که مقدار آن سه برابر تیمار شاهد (100 درصد نیاز آبی) است. Adam et al. (1992) تنش آبی را شایع‌ترین دلیل پوسیدگی گلگاه معرفی و دلیل احتمالی افزایش این عارضه را کاهش غلظت کلسیم در شرایط تنش کمبود آب بیان کردند.

جدول 3- مقایسه میانگین صفات موردمطالعه

درصد نیاز آبی	پوسیدگی گلگاه	عملکرد کل ($ton\ ha^{-1}$)	عملکرد اقتصادی ($ton\ ha^{-1}$)	بهره‌وری آب (عملکرد کل) ($kg\ m^{-3}$)	بهره‌وری آب (عملکرد اقتصادی) ($kg\ m^{-3}$)
45	15/2 a	21/65 d	18/38 d	11/81 ab	10/02 cd
55	14/56 a	24/36 d	20/84 d	11/11 b	9/51 d
65	11/2 b	31/5 c	28/01 c	12/36 a	11 ab
85	5/87 c	42/52 b	40/1 b	12/52 a	11/8 a
100	5/14 c	49/04 a	46/53 a	12/4 a	11/8 a
115	5/21 c	51/55 a	48/95 a	11/43 b	10/85 bc

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح 5% فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)

نتایج حاصل حاکی از اثر منفی کم آبیاری بر عملکرد کل و اقتصادی میوه است (جدول 3). عملکرد تیمار 115 درصد نیاز آبی تنها 5 درصد بیش از تیمار شاهد بود. در شرایط کم‌آبیاری معمولا نسبت ریشه به ساقه افزایش (Chaves et al., 2003)، مقاومت روزنه‌ای افزایش، سطح برگ و جریان مواد غذایی از ریشه به سمت بخش‌های هوایی گیاه کاهش می‌یابد (Rouphael et al., 2008) که نتیجه این عوامل، کاهش عملکرد محصول در شرایط کم‌آبی است. جعفری و جلالی (1394) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. عملکرد اقتصادی در تیمار 115 درصد نیاز آبی و شاهد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت اما سایر تیمارها کاهش معنی‌دار عملکرد اقتصادی را نسبت به شاهد نشان دادند. دلیل این امر علاوه بر کاهش عملکرد کل با اعمال کم‌آبیاری، افزایش عارضه پوسیدگی گلگاه بود که موجب کاهش بیشتر عملکرد اقتصادی در این تیمارها شد که با نتایج Abdelkhalik et al. (2019) مطابقت داشت.

بهره‌وری آب، شاخص کلیدی است که مصرف بهینه آب را برای تولید گیاه‌نشان می‌دهد (Abdelkhalik et al., 2019). جدول 3 مقادیر بهره‌وری آب در رابطه با عملکرد کل و عملکرد اقتصادی در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. در این آزمایش بیشترین بهره‌وری آب مربوط به عملکرد کل (WP_{TY}) در تیمار 85 درصد نیاز آبی (12/6 کیلوگرم بر مترمکعب) و کمترین آن در تیمار 55 درصد نیاز آبی (11/1 کیلوگرم برمترمکعب) مشاهده شد (جدول 3)، زیرا در شرایط کم‌آبیاری مقدار آب مصرفی کاهش یافت اما با اعمال تنش آبی بیشتر، بهره‌وری آب روند نزولی به خود گرفت که دلیل آن کاهش بیشتر عملکرد در اثر تنش کم‌آبی بود. سلطانی و همکاران (1397) افزایش بهره‌وری آب در تیمار 75 درصد نیاز آبی را در رابطه با کشت هندوانه نشان داند ایشان هم‌چنین با اعمال تنش کم‌آبی بیش از 75 درصد (50 و 25 درصد) کاهش بهره‌وری آب را مشاهده کردند. کمترین مقدار بهره‌وری آب مربوط به عملکرد اقتصادی (WP_{EY})، در تیمارهای 55 و 45 درصد نیاز آبی مشاهده شد (جدول 3) زیرا با اعمال کم‌آبیاری تولید میوه‌های دارای پوسیدگی گلگاه افزایش یافت و همین امر کاهش عملکرد اقتصادی را در این تیمارها موجب شد. این شاخص در تیمار 85 درصد نیاز آبی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است.

منابع

تافته، آ.، صفرپور حقیقی، ش.، رشیدی، ا. ل. و عبدزادگوهری، ع. 1402. بررسی توابع تولید آب مصرفی در تعیین عملکرد دو رقم هندوانه در تنش آبی. مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، 3 (3): 307-296.

جعفری، پ. و جلالی، ا. ه. 1394. تأثیر کم آبیاری بر عملکرد، اجزاء عملکرد و تولید بذر سه رقم هندوانه. تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، 5 (16): 22-15.

خرمیان، م. و ظریفی‌نیا، ن. 1397. اثر مقادیر آبیاری قطره‌ای تیپ و آبیاری سطحی برنامه‌ریزی‌شده بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب دو رقم هندوانه در خوزستان. علوم و مهندسی آبیاری، 41 (1): 84-73.

سلطانی، ف.، شجری، م. و نوری، ح. 1397. بررسی رشد، عملکرد، کارایی مصرف آب و میزان تبخیر تعرق برخی توده های هندوانه در شرایط تنش خشکی تحت رژیم های مختلف آبیاری. علوم باغبانی، 49 (2): 363-351.

معیری، م.، مقبلی، ا.، دهقانیان، س. ا. ذوالفقاری، ا. کریمی، م. زارع مهرانی نام، ا. سابکی، ا. عباسی، م. و گودرزی، م. 1400. تعیین آب کاربردی هندوانه در کشور. گزارش نهایی. شماره فروست: 60318.

Abdelkhalik, A., Pascual-Sevaa, N., Inmaculada N., Ginerd A., Baixaulid, C. and Pascual, B. 2019. Yield response of seedless watermelon to different drip irrigation strategies under Mediterranean conditions. Agricultural Water Management, 212: 99–110.

Adam, P. and Ho, L. C. 1992. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom end rot in relation to salinity. Journal of Horticultural Science, 67: 827-839.

Chaves, M. M., Maroco, J. P. and Pereira, J. S. 2003. Understanding plant responses to drought from genes to whole plant. Functional Plant Biology, 30:239-264.

Rashidi,O.L., Hajabbasi, M.A., Naghavi, H., Gheysari, M. and Razmjoo, J. 2023. Introducing a suitable strategy to improve wheat properties and water productivity under moisture stress conditions in a sandy loam soil. Journal of Agricultural Science and Technology, 25 (6): 1455-1467.

Rouphael, Y., Cardarelli, M. and Colla, G. 2008. Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. Hort Science, 43:730-736.

مقایسه کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک‌درمیان و آبیاری جویچه‌ای کامل در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی

بیژن حقیقتی [1]، عاطفه صیادی شهرکی [2]

[1] بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران، Bhaghighati@yahoo.com

[2] بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران

چکیده

کم آبیاری روشی مناسب برای مقابله با کم‌آبی است. این تحقیق باهدف اثر کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک‌درمیان و مقایسه آن با روش آبیاری جویچه‌ای کامل در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال‌وبختیاری در سال 1397 انجام شده است. نتایج این تحقیق نشان داد میزان عملکرد محصول در واحد سطح در مدیریت کم‌آبیاری جویچه‌ای یک در میان و روش آبیاری جویچه‌ای کامل به ترتیب برابر 46/8 و 50/5 تن در هکتار شد. میزان کاهش آب مصرفی در قطعات کم‌آبیاری جویچه‌ای یک در میان نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای به میزان 25/6 درصد بود. بنابراین برای استفاده بهینه از آب، در مناطقی که سیب‌زمینی به روش سطحی آبیاری می‌شود، کم‌آبیاری جویچه‌ای یک در میان می‌تواند یکی از راه‌کارها برای کشت این محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک باشد.

کلمات کلیدی: بهره‌وری، راندمان کاربرد، عملکرد، کم آبیاری

مقدمه

آب نیاز اولیه حیات در کره زمین است که برای برآوردن نیازهای شخصی و خانگی، تولید انرژی و مصارف صنعتی و همچنین حفظ محیط‌زیست و خدمات آن‌ها، به آب وابسته است. علی‌رغم افزایش مصرف آب توسط بخش‌های غیرکشاورزی، بخش کشاورزی همچنان مصرف‌کننده اصلی آب در سطح جهان است و مسئول 70 درصد کل برداشت‌های آب شیرین در سطح جهان می‌باشد؛ لذا بیشترین میزان مصرف آب به بخش کشاورزی اختصاص می‌یابد (Galindo et al., 2017; Micklin, 2000; Webber et al., 2006).

توسعه کشاورزی مبتنی بر آبیاری در کشورهای آسیای مرکزی تقاضای آب را به‌شدت افزایش داده به‌نحوی‌که میزان مصرف سالانه آب به 12000 تا 14000 مترمکعب در هکتار رسیده است (Piri and Naserin, 2020). آبیاری سطحی در 86 درصد از اراضی، روش مرسوم آبیاری محسوب می‌شود و در بسیاری از نقاط دنیا باتوجه‌به محدودیت فنی و مالی، هم‌چنان تنها روش آبیاری است (Qureshi et al., 2008). در سالیان اخیر، افزایش بی‌رویه مصرف آب، به کمبود و یا افت کیفیت آن منجر شده است؛ لذا ضروری است مصرف بهینه آب به ویژه در بخش کشاورزی مد نظر قرار گیرد. یکی از روش‌های بهینه‌سازی مصرف آب در اراضی کشاورزی، کم‌آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان می‌باشد که با آبیاری نیمی از جویچه‌ها به طور ثابت یا متغیر قابل اجرا می‌باشد. کانگ و همکاران (2000)

گزارش کردند کم‌آبیاری جویچه‌ای یک در میان، تا 50 درصد باعث کاهش آب مصرفی در مزارع تحت کشت ذرت مناطق خشک می‌گردد (Kang et al., 2000). دهقانی و همکاران (1398)، تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری جویچه‌ای بر صرفه‌جویی و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در اصفهان را موردمطالعه قرار دادند و نتایج نشان داد که با تغییر آبیاری جویچه‌ای مرسوم به آبیاری جویچه‌ای یک در میان تا مرحله برداشت ذرت علوفه‌ای، 39/12 درصد در آب کاربردی صرفه‌جویی شده و مقدار کارایی مصرف آب آبیاری نیز 37 درصد افزایش یافته است. Ahmadi و همکاران (2014) در تحقیقی اثرات کم‌آبیاری تنظیم شده و خشکی موضعی ریشه را بر روی عملکرد و بهره‌وری مصرف آب برای دو رقم سیب‌زمینی (راموس و اگریا) و پنج تیمار مدیریت آبیاری در روش جویچه‌ای بررسی نمودند. نتایج نشان داد که بین عملکرد و بهره‌وری مصرف آب رژیم‌های آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که کم‌آبیاری تنظیم‌شده ثابت و متغیر به ترتیب باعث افزایش 28 و 34 درصدی بهره‌وری آب نسبت به آبیاری کامل شد و با اعمال بهره‌وری مصرف آب افزایش پیدا کرد. کرسوویچ و همکاران (2016) گزارش کردند، کاهش مقدار آب با استفاده از روش‌های کم‌آبیاری از طریق کاهش شستشوی عناصر غذایی از محل ریشه و دسترسی بیشتر گیاه به غلظت مناسبی از عناصر، باعث افزایش عملکرد محصول می‌گردد.

باتوجه‌به مصرف بالای آب در بخش کشاورزی، کمبود و افت کیفیت آب‌های مصرفی و همچنین کشت عمده محصول سیب‌زمینی در کشور، مصرف بهینه آب برای این محصول ضروری است؛ لذا این تحقیق باهدف اثر کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک‌درمیان در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال‌وبختیاری انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی روش کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک‌درمیان برای محصول سیب‌زمینی در شرایط زارع، آزمایشی از سال 1397 به مدت یک سال در شهرستان شهرکرد واقع در استان چهارمحال‌وبختیاری اجرا گردید. شهرستان شهرکرد دارای اقلیم منطقه‌ای نیمه‌مرطوب با تابستان معتدل و زمستان بسیار سرد و متوسط بارندگی سالیان 320 می‌باشد. در این آزمایش کم آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان به همراه مدیریت کامل آبیاری در دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری در مساحتی حدود دو هزار مترمربع کشت شد. شرایط کشت و کار در منطقه بر اساس اصول فنی کشت محصول بود و مرکز تحقیقات نظارت آن را بر عهده دارد. زمین موردنظر در ابتدای بهار سال 1397در منطقه انتخاب شد. برای آماده‌سازی زمین در اوایل بهار با مناسب شدن رطوبت خاک، عملیات شخم و دیسک بر روی زمین محل اجرای تحقیق انجام شد. قبل از کاشت به‌منظور تسطیح زمین، عملیات ماله‌کشی انجام شد. نمونه‌ای مرکب از خاک محل اجرای طرح از عمق 60-0 سانتی‌متری خاک تهیه شد و بر اساس نتایج نمونه‌ای مرکب خاک، مقدار کودهای موردنیاز و طبق روش آزمون خاک تعیین شد (جدول 1).

جدول 1- نتایج برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش

واکنش گل اشباع	هدایت الکتریکی	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس	نیتروژن کل	کربن آلی	مواد خنثی شونده	رس	سیلت	شن
pH	$dS\ m^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$								%			
7/75	1/51	12/7	264	3/46	0/58	8/31	1/47	0/0062	0/66	24/5	30	40/5	29/5

دوره سبز شدن سیب‌زمینی طولانی و غالباً به 3 تا 4 هفته پس از کشت غده‌ها می‌رسد. باتوجه‌به اینکه اولین آبیاری به‌صورت یکنواخت برای کلیه تیمارها یک روز پس از کاشت صورت گرفت، طی این دوره، علف‌های هرز بدون هرگونه رقابت با محصول می‌توانند سبز شده و در اشغال محیط بر گیاه سیب‌زمینی پیشی گیرند. برای کنترل شیمیایی علف‌های هرز 15 روز پس از اولین آبیاری، مزرعه با سم علف‌کش پاراگوات (تماسی) سم‌پاشی گردید. 40 روز پس از کاشت عملیات خاک‌دهی پای بوته‌های سیب‌زمینی به همراه کود سرک

انجام شد.

آب آبیاری در روش آبیاری جویچه‌ای به‌وسیله لوله پلی‌اتیلن که به سیستم آبیاری تحت‌فشار مزرعه متصل بود، به ابتدای جویچه‌ها هدایت شد. برای آبیاری و کنترل حجم آب ورودی یک والو قطع و وصل روی لوله برای هر جویچه‌ای نصب گردید. دور آبیاری در دو روش کم آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان و آبیاری کامل جویچه‌ای ثابت و بر اساس حداکثر 50 درصد تخلیه رطوبتی مجاز خاک در تیمار آبیاری کامل و حداکثر میزان تبخیر تعرق روزانه محل آزمایش 7 روزه در نظر گرفته شد به‌طوری‌که در تیمار آبیاری کامل، تنشی به گیاه وارد نشود. به این صورت که در تیمار آبیاری کامل همیشه در زمان آبیاری مقدار رطوبت خاک بیشتر از مقدار رطوبت سهل‌الوصول بود.

120 روز پس از کاشت در تاریخ 25 مهرماه، محصول به‌صورت مکانیزه و توسط دستگاه سیب‌زمینی‌کن دو ردیفه، در حالی‌که اندام هوایی گیاه کاملاً زرد و حالت خوابیده داشت، برداشت شد. از کرت‌های مربوط به هر قطعه، دو ردیف میانی که نمایان‌گر عملکرد محصول در شرایط واقعی مزرعه در کشت‌های وسیع بود انتخاب و برداشت به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد صورت گرفت. با هدف تعیین خواص کمی سیب‌زمینی، از تعدادی بوته در هر قطعه نمونه غده تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. هم‌چنین در پایان فصل حجم آب آبیاری کاربردی در مدیریت‌های مختلف آبیاری با هم مقایسه شد.

نتایج و بحث

خلاصه نتایج میزان عملکرد در واحد سطح، عملکرد در بوته، میزان آب کاربردی، بهره‌وری آب در روش کم آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان به همراه آبیاری کامل در جدول (3) و (4) ارائه‌شده است.

جدول 3- میانگین عملکرد در واحد سطح، عملکرد غده در بوته و تعداد غده در بوته

مدیریت آبیاری	عملکرد غده (ton/ha)	عملکرد غده در بوته (gr)	تعداد غده در بوته
جویچه‌ای یک‌درمیان	46/8c	885b	8/ 5 b
جویچه‌ای کامل	50/5 b	930ab	9 b

جدول 4- حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب

مدیریت آبیاری	عملکرد غده (تن در هکتار)	نیاز خالص آبیاری (مترمکعب در هکتار)	راندمان کاربرد (درصد)	آب کاربردی (مترمکعب در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
جویچه‌ای یک‌درمیان	46/8	3680	66/1	5560	8/42
جویچه‌ای کامل	50/5	4707	63	7472	6/76

باتوجه‌به جدول (3)، عملکرد غده در هکتار، مقدار عملکرد غده در بوته و تعداد غده در بوته در روش آبیاری جویچه‌ای کامل بیشتر از آبیاری جویچه‌ای یک در میان بود. همچنین باتوجه‌به جدول (4)، حجم آب کاربردی در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان به میزان 25/6 درصد کمتر از روش آبیاری جویچه‌ای کامل بوده است؛ در صورتی‌که کاهش محصول در این مدیریت نسبت به آبیاری کامل 7/3 درصد می‌باشد. میزان بهره‌وری و راندمان کاربرد هم در روش آبیاری جویچه‌ای کامل بیشتر از روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان بود). کم‌آبیاری بخشی ریشه یکی از فنون نوین آبیاری طی سال‌های گذشته است که نتایج بسیاری از مطالعات حاکی از افزایش میزان بهره‌وری آب و هم‌چنین عدم کاهش معنی‌دار محصول، درنتیجه اعمال این شیوه آبیاری بوده است در این فناوری، تنها نیمی از ریشه در هر نوبت، آبیاری شده و نیم دیگر خشک باقی می‌ماند. بخشی از ریشه که خشک مانده است، به‌عنوان یک عکس‌العمل فیزیولوژیکی در برابر تنش آبی، مقداری هورمون شیمیایی با نام آبسسیک اسید در ریشه تولید می‌کند که انتقال این ماده به شیره گیاهی باعث قلیایی شدن آن و کاهش میزان بازشدگی روزنه شده و موجبات کاهش هدر رفت آب را فراهم می‌آورد روند خاص توزیع زمانی و مکانی رطوبت

در روش کم‌آبیاری ناقص ریشه، با افزایش میزان هدایت هیدرولیکی ریشه‌های قدیمی و توسعه ریشه‌های ثانویه موجب افزایش جذب آب و عناصر غذایی از خاک شده و یکی از دلایل افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب می‌باشد. مقدار حداکثر بهره‌وری آب گزارش شده برای محصول سیب‌زمینی توسط صدرقاین و همکاران (1389) 11/69 کیلوگرم در مترمکعب، بهراملو و همکاران (1389) 2/44 کیلوگرم در مترمکعب، اخوان (1384) 4/68 کیلوگرم در مترمکعب، اسکندری و همکاران (1390) 4 کیلوگرم در مترمکعب، ابراهیمی‌پاک (1390) و شایان‌نژاد (1389) بیشترین کارایی مصرف آب را برای ارقام اگریا و مارفونا در شهرکرد به ترتیب برابر 5/28 و 3/51 کیلوگرم در هکتار به دست آوردند. هم‌چنین پژوهش .Yactayo et al (2013)، در خصوص مقایسه کم آبیاری تنظیم شده و خشکی موضعی ریشه بر روی کار آیی مصرف آب نشان داده شد که خشکی موضعی ریشه با 50 درصد آب مورداستفاده در آبیاری کامل، دارای بیشترین کار آیی مصرف آب بدون کاهش عملکرد است.

نتیجه‌گیری

مقایسه دو روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان و جویچه‌ای کامل بر روی بهره‌وری آب تحقیق نشان داد بیشترین مقدار این شاخص در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان به دست آمد. دلیل این افزایش، اثرگذاری اقدامات و فعالیت‌های افزایش بهره‌وری آب در این مدیریت است که منجر به تغییرات در صورت و مخرج کسر (افزایش صورت و کاهش مخرج) بهره‌وری آب به طور هم‌زمان شده است، چون برای بهبود بهره‌وری آب، باید به‌موازات کاهش مصرف آب (مخرج کسر)، عملکرد یا درآمد محصول (صورت کسر) نیز افزایش یابد؛ لذا توأم دیدن کاهش آب مصرفی و افزایش عملکرد برای بهره‌وری آب، رویکرد علمی‌تر و عملی‌تر برای نیل به اهداف برنامه‌های توسعه در کشور و امنیت غذایی از منابع محدود آب آبیاری می‌باشد که در این تحقیق به آن توجه شده است؛ بنابراین به‌منظور استفاده بهینه از آب و افزایش تولید به‌ازای هر واحد آب مصرفی از طریق انتخاب روش آبیاری و مدیریت کم آبیاری مناسب باتوجه‌به شرایط محیطی رشد گیاه یک امر ضروری می‌باشد

منابع

ابراهیمی‌پاک، ن. ع. 1390. تأثیر کم آبیاری (کاهش آب آبیاری) بر کمیت و کیفیت محصول سیب‌زمینی در شهرکرد. گزارش نهایی شماره 1695. مؤسسه خاک و آب. کرج. ایران.

اخوان، س. 1384. بررسی روش‌های آبیاری قطره‌ای (T-Tap) و شیاری از لحاظ عملکرد و کارایی مصرف آب در زراعت سیب‌زمینی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

اسکندری، ع.، خزاعی، ح.ر.، نظامی، ا. و و. کافی، م. 1390. مطالعه تأثیر رژیم آبیاری بر عملکرد و برخی از خصوصیات کیفی سه رقم سیب‌زمینی (Solanum tuberosum L. ، آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) 25(2)، 240-247.

بهراملو، ر. و ناصری، ا. 1389. تأثیرپذیری کارایی مصرف آب و عملکرد سیب‌زمینی رقم سانته از آبیاری محدود، آبیاری و زهکشی ایران، 4 (1)، 98-90.

دهقانی، م.، نوری امام‌زاده‌ای، م. ر.، شاه نظری، ع. و قیصری، م. 1398. تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری جویچه‌ای بر صرفه‌جویی و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در اصفهان. تحقیقات آب‌وخاک ایران، 50 (8)، 1899-1910.

شایان‌نژاد، م. و محرری، ع. 1389. تأثیر تنش آبی بر خصوصیات کیفی گندم و سیب‌زمینی در شهرکرد. مجله پژوهش آب در کشاورزی. 24 (1)، 71-65.

صدرقاین، س. ح.، نخجوانی‌مقدم، م.م. و باغانی، ج. 1389. اثر آرایش کاشت و سطوح مختلف آب بر عملکرد سیب‌زمینی در روش آبیاری

قطره‌ای (تیپ) در منطقه فیروزکوه. مجله آبیاری و زهکشی ایران، 1 (4)، 99-108.

Ahmadi, S.H., Agharezaee, M., Kamgar-Haghighi, A.A. and Sepaskhah, A.R. 2014. Effects of dynamic and static deficit and partial root zone drying irrigation strategies on yield, tuber sizes distribution, and water productivity of two field grown potato cultivars. Agricultural Water Management, 134, 26-136.

Galindo, A., Calín-Sánchez, A., Rodríguez, P., Cruz, Z.N., Girón, I.F., Corell, M., Martínez-Font, R., Moriana, A., Carbonell-Barrachina, A.A., Torrecillas, A. and Hernández, F. 2017. Water stress at the end of pomegranate fruit ripening produces earlier harvesting and improves fruit quality. Scientia Horticulturae, 226, 68-74.

Kang, S., Liang, Z., Pan, Y., Shi, P. and Zhang, J. 2000. Alternate furrow irrigation for maize production in arid areas. Agricultural Water Management, 45, 267-274.

Kresovic, B., Tapanarova, A., Tomic, Z., Zivotic, L., Vujovic, D., Sredojevic, Z. and Gajic, B. 2016. Grain yield and water use efficiency of maize as influenced by different irrigation regimes through sprinkler irrigation under temperate climate. Agricultural Water Management, 169, 34-43.

Micklin, P. 2000. Managing Water in Central Asia. The Royal Institute of International Affairs, London, England, pp, 72.

Piri, H. and Naserin, A. 2020. Effect of different levels of water, applied nitrogen and irrigation methods on yield, yield components and IWUE of onion. Scientia Horticulturae, 268, 109361.

Qureshi, A.S., McCornick, P.G., Qadir, M. and Aslam, Z. 2008. Managing salinity andwaterlogging in the Indus Basin of Pakistan. Agricultural Water Management, 95, 1-10.

Webber, H.A., Madramootoo, C.A., Bourgault, M., Horst, M.G., Stulina, G. and Smith, D.L. 2006. Water use efficiency of common bean and green gram grown using alternate furrow and deficit irrigation. Agricultural Water Management, 86, 259-268.

Yactayo, W., Ramírez, D.A., Gutiérrez, R., Mares,V., Posadas,A. and Quiroz, R. 2013. Effect of partial root-zone drying irrigation timing on potato tuber yield and water use efficiency. Agric. Water Manage. 123, 65-70.

محور 3 -
بهینه‌سازی الگوی کشت در کشاورزی

ارزیابی اثرات تغذیه‌ای و آلاینده پساب فاضلاب شهری جهت معرفی الگوی کشت جو بذری

حمید ملاحسینی [1]، محسن سیلسپور [2]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، molahoseini_h@yahoo.com،

[2] دانشیار بخش تحقیقات گلخانه، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

چکیده

تحقیق حاضر باهدف بررسی تأثیر پساب بر برخی عناصر غذایی و آلاینده خاک در اراضی با 4 دوره کاربرد زمانی مختلف جهت معرفی الگوی کشت جو بذری اجرا شد. ابتدا در هرکدام از مناطق ده مزرعه انتخاب و به روش مرکب یک نمونه خاک جمع‌آوری و جهت انجام آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شدند. مقایسه نتایج هر منطقه با شاهد (آبیاری با آب چاه) نشان داد که عامل یک بر هیچ‌یک از ویژگی‌های شیمیایی خاک تأثیر معنی‌داری نداشت؛ ولی عامل سه فقط باعث افزایش معنی‌دار فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، مس، روی، سرب و اسیدیته نسبت به شاهد گردید و بر سایر ویژگی‌ها نظیر کربن آلی، نیتروژن، کادمیوم و شوری تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد نداشت. از طرفی بررسی میزان آلایندگی عناصر سنگین کادمیوم و سرب در اراضی تحت کاربرد پساب در دوره‌های زمانی مختلف نشان داد که بر اساس استاندارد داخلی و خارجی بدون آلودگی هستند؛ لذا نتیجه می‌شود که تأثیر کاربرد پساب در منطقه موردمطالعه به طور غالب در تجمع عناصر تغذیه‌ای گیاهان مؤثر بوده و همبستگی مثبت و معنی‌داری بر افزایش عناصر سنگین آلاینده نداشته است و مقایسه نتایج غلظت عناصر غذایی خاک به‌خصوص عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم با نیاز غذایی جو بذری نشان داد که کشت جو بذری در این اراضی علاوه بر صرفه اقتصادی هیچ‌گونه خطری از نظر تجمع عناصر آلاینده برای انسان ندارد.

کلمات کلیدی: الگوی کشت، بذر، پساب، محیط‌زیست

مقدمه

باتوجه‌به اقلیم خشک و نیمه‌خشک بر بخش وسیعی از اراضی کشور و محدودیت روزافزون منابع آب قابل‌استحصال، استفاده بهینه از تمامی منابع آب موجود از جمله آب‌های نامتعارف، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است (جلالی و همکاران، 2008). منطقه موردمطالعه واقع در شمال غربی شهر اصفهان با سطحی حدود 6000 هکتار تحت آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه‌خانه شمال می‌باشد که در صورت عدم آبیاری اراضی فوق با آب پساب، باعث تشدید پدیده فرونشست در منطقه و همچنین کانونی برای تقویت ریزگردها و برداشت خاک توسط کارگاههای آجرپزی می‌شوند از طرفی شرکت آب منطقه‌ای بدون توجه به عوامل تخریب فوق و صرفا به لحاظ درآمد بیشتر و با حمایت محیط زیست در جهت آلوده بودن این منبع آبی برای کشاورزی تلاش برای فروش آن به بخش صنعت دارد و از فروش آب به بخش کشاورزی ممانعت می‌کند در حالیکه براساس تحقیقات طولانی مدت و پیوسته مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان و حمایت فنی موسسه تحقیقات خاک و آب، پساب مذکور از نظر غلظت عناصر سنگین برای کشاورزی بدون محدودیت و اراضی و محصولات تحت آبیاری بلند مدت با آن نیز محدودیت نداشته‌اند ولی پساب مذکور فقط از نظر بار میکروبی فراتر از حد استاندارد بوده است که در این خصوص مطابق نتایج تحقیقات اخیر مرکز این آلودگی سه روز پس از آبیاری در اراضی تحت آبیاری کاهش و درحد صفر خواهد شد لذا تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر پساب بر برخی عناصر غذایی و آلاینده خاک در اراضی با 4 دوره کاربرد زمانی مختلف جهت معرفی الگوی کشت جو بذری انجام تا باتوجه‌به نتایج حاصله بتوان در مورد بهره‌گیری از پساب برای کشت اشاره شده تصمیم‌گیری

نمود. وجه تمایز این تحقیق معرفی الگوی کشت قابل جایگزین با کشت‌های مرسوم تحت آبیاری با پساب و بدون هیچگونه مخاطره زیست‌محیطی و بهداشتی برای انسان و محیط زیست می‌باشد علی رغم اینکه ارزش اقتصادی آن بیش از تولید محصول جو می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پروژه باهدف بررسی تأثیر پساب بر برخی عناصر غذایی و آلاینده خاک در اراضی با 4 دوره کاربرد زمانی مختلف جهت معرفی الگوی کشت جو بذری به‌صورت پایلوت برای توصیه استانی در طی سال‌های 99-1398 انجام شد. اراضی منطقه به 4 دوره زمانی کاربرد پساب فاضلاب شهری شامل اراضی تحت آبیاری بلندمدت با پساب فاضلاب (عامل سه)، اراضی تحت آبیاری بلندمدت با پساب فاضلاب (عامل دو)، اراضی تحت آبیاری متناوب پساب فاضلاب و آب چاه و اراضی تحت آبیاری (عامل یک) با آب چاه (شاهد) تفکیک شدند در هرکدام از مناطق فوق‌الذکر ده مزرعه بر اساس اطلاعات پرسشنامه و بازدیدهای محلی انتخاب و در هر مزرعه به روش مرکب یک نمونه خاک از عمق 20-0 جمع‌آوری شد نمونه‌های خاک برای انجام آنالیز ویژگی‌های شوری، اسیدیته، کربن آلی، غلظت عناصر غذایی مهم موردنیاز گیاهان از قبیل نیتروژن، پتاسیم، فسفر و همچنین غلظت کل عناصر سنگین روی، منگنز، آهن، مس، کادمیوم و سرب به آزمایشگاه ارسال شدند. پس از اتمام مراحل آنالیز نمونه‌های خاک، داده‌های به‌دست‌آمده با روش آماری مقایسه میانگین‌های تیمار با میانگین شاهد در آزمون t مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آزمون t دوطرفه به‌صورت مستقل انجام شد و نمونه‌های مربوط به هر سطح عامل به‌صورت مستقل در نظر گرفته شده است. جهت اجرای آزمون t و برخی تجزیه و تحلیل‌های تکمیلی آمار توصیفی، از نرم‌افزار MSTATC استفاده شد.

نتایج

نتایج آزمون t در سطح متغیر عامل یک، دو و سه با صفر (شاهد) در عمق 20-0 سانتی‌متر نشان داد که عامل یک (آبیاری متناوب با پساب و آب چاه) بر ویژگی‌های شیمیایی در عمق 20-0 سانتی‌متری خاک بر هیچ‌یک از دوازده ویژگی‌های شیمیایی تأثیر معنی‌داری نداشت. عامل دو (آبیاری میان‌مدت با پساب فاضلاب) بر ویژگی‌های شیمیایی بر ویژگی‌های مقدار قابل‌جذب فسفر، پتاسیم و مقدار کل منگنز، روی، مس و سرب تأثیر معنی‌دار ولی بر سایر ویژگی‌ها نظیر مقدار اسیدیته، شوری، کربن آلی، مقدار قابل‌جذب نیتروژن، مقدار کل آهن و کادمیوم تأثیر معنی‌داری نداشت. عامل سه (آبیاری بلندمدت با پساب فاضلاب) بر ویژگی‌های مقدار اسیدیته، مقدار قابل‌جذب فسفر، پتاسیم، مقدار کل آهن، منگنز، روی، مس و سرب تأثیر معنی‌دار ولی بر سایر ویژگی‌ها نظیر مقدار کربن آلی، شوری، مقدار قابل‌جذب نیتروژن و مقدار کل کادمیوم تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین بر اساس نتایج تحقیق حاضر غلظت هیچ‌یک از عناصر سنگین کادمیوم، سرب، روی و مس در دامنه‌های متفاوت کاربرد پساب نسبت به استانداردهای داخلی و خارجی در حد سمیت نبودند.

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در منطقه موردمطالعه اولویت تأثیر عامل (دامنه کاربرد پساب) بر عوامل شیمیایی خاک در عمق سطحی 20-0 سانتی‌متری خاک و به ترتیب اول بر عنصر مس، دوم بر غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، روی، منگنز و آهن و سوم بر پارامتر سرب و اسیدیته بود گزارش‌های متعدد با نتایج این تحقیق مبنی بر تأثیر کاربرد بلندمدت پساب فاضلاب بر برخی عوامل شیمیایی خاک سطحی همخوانی دارد. بررسی تأثیر درازمدت پساب فاضلاب بر روی خاک نشان داد که برخی عوامل شیمیایی خاک نظیر اسیدیته، غلظت عناصر سدیم، بر و فسفر عمق سطحی خاک در اثر کاربرد بلندمدت پساب افزایش یافته‌اند (قیان و مچام، 2005). گزارش دیگری کاربرد درازمدت فاضلاب باعث افزایش عناصر غذائی لایه سطحی خاک شد (روسان و همکاران، 2007). نتایج بررسی اثرات پساب بر

برخی خواص شیمیایی خاک نشان داد که پساب باعث تغییر اسیدیته و عناصر غذائی موردنیاز گیاهان و همچنین افزایش برخی عناصر فلزی سنگین در عمق سطحی خاک شد (باقری، 1379).

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی آماری میزان تأثیر دامنه کاربرد پساب فاضلاب شهری (متغیر عامل) بر برخی عوامل کیفی، تغذیه‌ای و آلاینده خاک سطحی نشان داد که کاربرد متناوب پساب فاضلاب و آب چاه (سطح اول) فقط باعث افزایش معنی‌دار عنصر مس در عمق 20-0 سانتی‌متری خاک نسبت به شاهد شد؛ ولی کاربرد 26 سال پساب فاضلاب (سطح سوم) باعث افزایش معنی‌دار فسفر، پتاسیم، مس، روی، منگنز، آهن، سرب و اسیدیته در عمق 20-0 سانتی‌متری خاک نسبت به شاهد گردید. البته برخی عوامل نظیر کربن آلی، نیتروژن، کادمیوم و شوری در عمق مذکور تغییر معنی‌داری نسبت به شاهد نداشتند. همچنین مقایسه غلظت عناصر سنگین تغذیه‌ای و آلاینده خاک در دو عمق سطحی در دامنه‌های متفاوت کاربرد پساب با استانداردهای داخلی و خارجی نشان داد که در اراضی مذکور غلظت هیچ‌یک از عناصر سنگین فوق نسبت به استانداردهای داخلی و خارجی در حد سمیت نبود در نتیجه تأثیر کاربرد پساب در دوره‌های زمانی مختلف در منطقه موردمطالعه بیشتر در عمق 20-0 سانتی‌متری خاک و به طور غالب در تجمع عناصر تغذیه‌ای گیاهان مؤثر بوده و همبستگی مثبت و معنی‌داری بر افزایش عناصر سنگین آلاینده نداشته است و مقایسه نتایج غلظت عناصر غذایی خاک به‌خصوص عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم با نیاز غذایی جو بذری نشان داد که کشت جو بذری در این اراضی علاوه بر صرفه اقتصادی هیچ‌گونه خطری از نظر تجمع عناصر آلاینده برای انسان ندارد و ضروری است مصرف پساب فاضلاب در منطقه مدیریت و از روش آبیاری متناوب با آب پساب و آب چاه به‌منظور کنترل مقدار تجمع عناصر آلاینده و کاهش خطر آلایندگی پساب استفاده شود.

منابع

باقری، م. 1379. اثرات پساب و سیستم‌های آبیاری بر خواص فیزیکی، شیمیایی و آلودگی خاک تحت کشت چند محصول زراعی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

ملاحسینی، ح. 1381. بررسی شدت و گستردگی آلودگی خاک‌ها به عناصر سنگین و گیاهان آبیاری شده با فاضلاب در جاده ورامین، مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین، گزارش نهائی 81/365.

ملاحسینی، ح. 1383. بررسی اثرات تغذیه‌ای ازت، فسفر و پتاس و تراکم کاشت روی خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای (704) تحت آبیاری با فاضلاب در جاده ورامین، مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین، گزارش نهایی 83/1252 .

ملاحسینی، ح. 1385. بررسی نقش کیفیت فاضلاب در تأمین ازت، فسفر و پتاس در زراعت گندم، مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین، گزارش نهایی 85/1290.

Qian, Y. L and Mecham, B. 2005. Long-Term Effects of Recycled Wastewater Irrigation on Soil Chemical Properties on Golf Course Fairways. Journal of Agronomy. 97

Rusan, M.J., Hinnawi, S. and Rousan, L. 2007. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. Journal of Desalination 215.

ارزیابی اثرات کشت پسته بر منابع آب‌وخاک منطقه زیدآباد کرمان

علی زین‌الدینی میمند [1]، فاطمه ابراهیمی میمند [2]، رسول خوارزمی [3]

[1] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ali_zeinadin@yahoo.com

[2] محقق موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج

[3] محقق موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج

چکیده

آب‌های زیرزمینی یکی از منابع مهم تأمین آب کشاورزی، صنایع و آشامیدن هستند. عدم شناخت صحیح و بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع خسارت جبران‌ناپذیری مانند نامطلوب شدن کیفیت آب‌های زیرزمینی، افت شدید و غیرقابل‌برگشت سطح آب زیرزمینی، پیشروی جبهه‌های آب‌شور و تداخل آب‌های شور به دنبال خواهد داشت. دشت زیدآباد از مناطق مهم کشاورزی شهرستان سیرجان در استان کرمان می‌باشد که قسمت اعظم آن به کشت پسته اختصاص‌یافته است. ولی متأسفانه در دهه‌های اخیر عوامل متعددی منجمله کاهش کمیت و کیفیت آب‌های آبیاری باعث خسارت جدی به اقتصاد منطقه، درآمد و سطح زندگی مردم شده است. این مسئله به دلیل پیشروی جبهه آب‌شور از سمت کفه نمک سیرجان به‌طرف باغات پسته مجاور تشدید شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد حدود 30 درصد از باغات پسته منطقه موردمطالعه یا دارای عملکرد بسیار پائین بوده و عمدتاً رها شده‌اند و یا عملکرد آنها در حد تولید سربه‌سر بوده و عملاً اقتصادی نمی‌باشد. نامطلوب شدن کیفیت آب‌ها، بارندگی کم و تبخیر شدید اثرات سوء زیادی بر شوری خاک‌های تحت کشت گذاشته است.

کلمات کلیدی: خصوصیات خاک، پسته، زیدآباد، استان کرمان، کیفیت آب

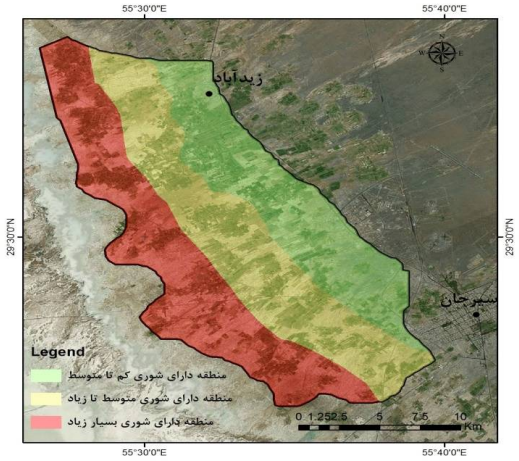
مقدمه

منابع آب‌های زیرزمینی یکی از منابع مهم تأمین آب برای کشاورزی، صنایع و آشامیدن به شمار می‌روند که شناخت صحیح و بهره‌برداری اصولی از آنها می‌تواند در توسعه پایدار فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی یک منطقه، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نقش بسزایی داشته باشد. عدم شناخت صحیح و بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع خسارت جبران‌ناپذیری مانند افت شدید و غیرقابل‌برگشت سطح آب زیرزمینی، کاهش دبی چاه‌ها و قنوات، تغییرات الگوی جریان آب زیرزمینی مانند پیشروی جبهه‌های آب‌شور و تداخل آب‌های شور به دنبال خواهد داشت. بنابراین باتوجه‌به کمبود منابع آب سطحی و نیز رشد سریع جمعیت و گسترش شهرنشینی، این منابع نقش مهمی را در زندگی بشر امروز ایفا می‌نمایند. ازآنجاکه فعالیت‌های انسانی در بسیاری از موارد به توازن موجود در طبیعت آسیب وارد می‌کند، پمپاژ بیش از حد تعادل سفره‌های آب زیرزمینی سبب افت سطح آب و تهی‌شدن سفره‌ها گردیده است. ایران از جمله کشورهایی است که به دلیل کمبود منابع آب سطحی، بیشترین آب مصرفی در کشاورزی را از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌نماید. بنابراین کمبود منابع آب زیرزمینی یکی از بحران‌های حال حاضر کشور محسوب می‌گردد. در سال‌های اخیر مشکل افت سطح آب زیرزمینی و بیلان منفی سفره‌ها در اکثر دشت‌های ایران گزارش شده است. امروزه تحقیقات مختلفی روی آب‌های سطحی و زیرزمینی انجام شده است تا شناختی اصولی‌تر و مدیریت منابع آب حاصل گردد (شریفان و خزینه نژاد،1398؛ تقی‌زاده و همکاران،1396؛ میرزایی و معرفی،1389؛ چراغی و همکاران،1399).

شهرستان سیرجان از مناطق مهم کشاورزی استان کرمان می‌باشد که حدود 90 درصد اراضی تحت کشت آن به پسته اختصاص دارد. قسمت اعظم اراضی منطقه در سه دهه اخیر تغییر کاربری داده و تحت کشت محصولات کشاورزی (به‌ویژه پسته) قرار گرفته‌اند؛ ولی وجود کفه‌نمک سیرجان (اراضی پست) در مجاورت باغات باعث پیشروی آب‌های شور، نامطلوب شدن کیفیت آب‌های آبیاری شده است. بعلاوه خشکسالی‌های مکرر، تبخیر شدید نیز باعث تغییر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مورفولوژیکی خاک‌ها به‌ویژه شورشدن آن‌ها گردیده است. این تغییرات در سال‌های اخیر سبب کاهش شدید تولید محصول شده و از طرف دیگر استفاده از این اراضی را مشکل ساخته است. ضمناً وجود کفه نمک سیرجان در مجاورت اراضی تحت کشت پسته و بهره‌برداری بیش از حد منابع آب‌های زیرزمینی در سال‌های اخیر سبب شده که جهت حرکت آب‌های زیر زمینی برعکس شده و از سمت کفه‌نمک به سمت اراضی بالادست حرکت نماید و این امر سبب شورشدن منابع آب مورداستفاده برای کشاورزی در منطقه گردد و کشاورزی را در این اراضی مشکل ساخته است و باعث به‌وجودآمدن معضلات اجتماعی و اقتصادی شده است. بنابراین باتوجه‌به اهمیت کشت پسته در این منطقه و نقش مهم آن در اقتصاد منطقه آگاهی از روند تغییرات کیفی آب‌های آبیاری و خصوصیات خاک‌ها بسیار مهم بوده و انجام این تحقیق را ضروری می‌نماید.

مواد و روش‌ها

موردمطالعه به وسعت 50000 هکتار به فاصله تقریبی 10 کیلومتری از شهرستان سیرجان در مجاورت کویر نمک سیرجان واقع شده است. از نظر موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی بین طول‌های 200 55 تا 400 55 شرقی و عرض 200 29 تا 400 29 شمالی قرار دارد (شکل1). رژیم حرارتی خاک منطقه Thermic و رژیم رطوبتی خاک منطقه Aridic است (بنایی، 1377). فیزیوگرافی اراضی مطالعه شده شامل دشت‌های سیلابی و دشت‌های دامنه‌ای می‌باشد. در منطقه موردمطالعه عملاً از آب‌های سطحی به‌منظور کشاورزی استفاده نمی‌شود و آب‌های زیرزمینی منبع اصلی آب آبیاری منطقه مطالعاتی می‌باشند.



شکل 1- موقعیت مناطق مطالعاتی

جهت انجام این تحقیق پس از تهیه نقشه‌های خاک، توپوگرافی 1:25000 و تصاویر ماهواره منطقه و نیز اطلاعات تجزیه‌های خاک و آب از محدوده موردمطالعه بازدید صحرایی به عمل آمد. سپس باتوجه‌به اطلاعات جمع‌آوری‌شده و با استفاده از نقشه‌ها و عکس‌های هوایی تهیه شده از کل دشت، 30 باغ متنوع از لحاظ خصوصیات خاک، کیفیت آب و عملکرد پسته در سه منطقه تحت‌تأثیر شوری‌های مختلف جهت نمونه‌برداری و انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی انتخاب شدند. در مرحله بعد برای هر باغ پرسش‌نامه‌های مخصوص در خصوص تغییرات عملکرد، نحوه مدیریت، تغییرات کیفی و کمی آب‌های آبیاری، سابقه کشت و سایر اطلاعات موردنیاز تکمیل گردید. سپس در اراضی تحت آبیاری هر موتورپمپ یک خاک رخ (به عمق 1/5 متر)، حفر، تشریح و نمونه‌برداری انجام گرفت (USDA, 2012).

بر روی نمونه‌های خاک برداشت شده تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی موردنیاز نظیر pH, SAR, EC، بافت خاک، گچ، آهک و آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر اساس روش‌های استاندارد انجام گردید (USDA, 2014).

از اراضی مطالعه شده نمونه‌های آب آبیاری برداشت و تجزیه کامل انجام شد. همچنین آب‌های تجزیه شده با جداول استاندارد مقایسه و کلیه پارامترها تجزیه‌وتحلیل گردید. سپس بین عوامل مختلف خاک و آب روابط رگرسیونی برقرار گردید و تأثیر توسعه کشت بی‌رویه پسته و پیشروی آب‌شور از طرف کفه‌نمک خیرآباد بر خصوصیات آب، ویژگی‌های خاک به‌ویژه شوری و نسبت جذب سدیم مشخص گردید. مرحله بعد برای هر باغ پرسشنامه‌های مخصوص در خصوص تغییرات عملکرد، نحوه مدیریت، تغییرات کیفی و کمی آب-های آبیاری، سابقه کشت و سایر اطلاعات موردنیاز تکمیل گردید و با این اطلاعات تأثیر توسعه بیش از حد کشت پسته بر کیفیت آب‌های آبیاری و خصوصیات اراضی موردبررسی و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج مطالعات انجام شده در خصوص کیفیت آب‌های آبیاری، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌ها و عملکرد پسته در باغات منطقه نشان می‌دهد که اراضی منطقه موردبررسی در سه گروه زیر طبقه‌بندی می‌شوند: (i) باغاتی که تحت‌تأثیر شدید آب‌شور قرار دارند، (ii) باغاتی که تحت‌تأثیر متوسط آب‌شور (کمتر از 3 سال) می باشند، و (iii) باغاتی که هنوز تحت تأثیر آب شور قرار ندارند. بررسی نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌هایی که تحت تأثیر آب شور می‌باشند نشان می‌دهد شوری خاک در این مناطق بیش از 50 دسی زیمنس بر متر بوده، که این میزان شوری یکی از محدودیت‌های عمده باغات این منطقه می‌باشد. همچنین بافت خاک در لایه‌های سطحی و تحتانی از متوسط تا سنگین (رسی و لومی شنی) متغیر می‌باشد. درصد سدیم تبادلی (ESP) در این مناطق نیز بیش از 70 درصد می‌باشد. این عامل نیز بیش از حد مجاز بوده و باعث اثرات نامطلوب زیادی بر خصوصیات خاک می‌شود. pH لایه سطحی در حدود 7/5 و لایه‌های تحتانی از حدود 7/4 تا 8/05 متغیر می‌باشد. مقدار کاتیون‌ها و آنیون‌های خاک لایه سطحی و تحتانی نیز زیاد بوده که زیادی عناصری نظیر سدیم، کلر، بی کربنات و منیزیم می‌تواند خصوصیات خاک و تولید محصول را تحت تأثیر قرار دهد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در اراضی مطالعه شده عوامل مختلف بویژه شوری در لایه دوم بیشترین تجمع را داشته که در برخی نقاط در لایه اول نیز این شرایط وجود دارد.

در اراضی که تحت‌تأثیر متوسط آب‌شور قرار گرفته‌اند؛ متوسط شوری بین 45-20 دسی زیمنس بر متر می‌باشد و درصد سدیم تبادلی این مناطق نیز بین 55-25 درصد متغییر است. هم‌چنین بقیه فاکتورها نیز باتوجه‌به مدت زمانی که تحت تأثیر پیشروی آب شور قرار گرفته‌اند و موقعیت قرار گرفتن اراضی متغیر بوده که اکثرا خصوصیات بویژه شوری نسبتا زیاد بوده و محدودیت متوسطی برای تولید پسته بحساب می‌آید. هم‌چنین بررسی نتایج نشان می‌دهد که قسمتی دیگر از اراضی تحت کشت که هنوز تحت تأثیر آب شور قرار نگرفته‌اند دارای بافت خاک سطحی و عمقی متوسط (لومی و لومی شنی) تا سنگین (رسی و لومی رسی) می‌باشند به‌طوری‌که تقریبا بافت خاک در کلیه اراضی موردمطالعه مشابه است. این اراضی دارای شوری 10-3 دسی زیمنس بر متر و درصد سدیم تبادلی بین 25-8 هستند که با افزایش عمق شوری افزایش می‌یابد به‌طوری‌که نتایج نشان می‌دهند بیشترین شوری در عمق چهارم (90-120 سانتی‌متری) می‌باشد. pH لایه سطحی بین 7/56 تا 8/01 و در لایه تحتانی بین 7/54 تا 8/04 متغیر می‌باشد. اراضی دارای متوسط pH بیشتری هم در لایه سطحی و هم در لایه تحتانی نسبت به بقیه اراضی می‌باشند.

نکته قابل‌توجه در اراضی که تحت‌تأثیر آب‌شور قرار گرفته‌اند معضل شورشدن اراضی است که اثرات مخرب زیادی را بر تولید و خصوصیات شیمیایی خاک‌ها گذاشته است به‌طوری‌که بخش قابل‌توجهی از باغات پسته منطقه خشک شده‌اند.

نتایج بررسی آب‌های آبیاری در سه منطقه فوق نشان می‌دهد که آب‌های آبیاری منطقه‌ای که تحت‌تأثیر پیشروی آب‌شور قرار دارند دارای شوری بیش از 20 دسی زیمنس بر متر، pH آنها اسیدی ضعیف (حدود 6/7)، کلر بیش از 250 میلی اکی والان در لیتر و بی

کربنات بیش از 3 میلی اکی والان در لیتر می‌باشد. موتور پمپ‌هایی که در مناطق تحت تأثیر پیشروی متوسط شوری قرار دارند دارای شوری بین 10 تا 16 دسی زیمنس بر متر و pH حدود 6/9 هستند. میزان بی کربنات حدود 2/5 میلی اکی والان در لیتر و میزان کلر حدود 150 میلی اکی والان در لیتر می‌باشد که نسبت به گروه اول از کیفیت مطلوب‌تری برخوردار هستند. گروه آخر، در مناطق بدون پیشروی جبهه آب شور قرار دارند دارای شوری 7-0 دسی زیمنس بر متر و pH خنثی تا کمی قلیایی (حدود 7/5) می‌باشند و فاقد محدودیت سدیم (SAR کمتر از 5)، کلر و بی‌کربنات می‌باشند.

بررسی عملکرد پسته در اراضی موردمطالعه نشان می‌دهد که در اراضی با پیشرفت شدید آب‌شور، میزان تولید پسته در سال کمتر از 300 کیلوگرم در هکتار می‌باشد که باتوجه‌به هزینه‌های لازم جهت داشت و برداشت، این میزان عملکرد غیر اقتصادی بوده به‌طوری‌که در سال‌های اخیر قسمت عمده‌ای از این اراضی رها شده‌اند. همچنین عملکرد پسته در اراضی تحت تأثیر پیشرفت متوسط شوری بین 700 تا 1400 کیلوگرم در هکتار متغیر است و در اراضی که هنوز تحت تأثیر پیشروی آب شور قرار نگرفته‌اند، میزان محصول در هکتار بیش از 1500 کیلوگرم می‌باشد که در بعضی نقاط حتی تا 3000 کیلوگرم در هکتار نیز مشاهده شده است. همچنین بررسی رابطه بین شوری آب آبیاری و شوری خاک با عملکرد نشان می‌دهد که با افزایش شوری هم در آب آبیاری و هم در خاک، عملکرد پسته کاهش می‌یابد که این رابطه بین شوری آب آبیاری و عملکرد با ضریب اطمینان بیشتری بدست آمد.

منابع

Banai, M. H. 1998. Soil moisture and temperature regime map of Iran.

Sharifan, F. and Khazimenezhad, H. 2019. Zoning and investigation of hazards due to uncontrolled abstraction of groundwater resources case study: Sarayan plain. Journal of Irrigation and water engineering. 10(38):146-162 [Persian].

Taqizade, M., Halabian, A., Alipour, M. and Kiyomarsi, H. 2017. Identification and zoning groundwater salinity by means of GIS case study: Namdan plain. Journal of Geography and Environmental planning. 28(3):133-146 [Persian].

Mirzayi, M. and Moarefi, S. 2010. Investigating the effect of water table loss on groundwater salinity case study: Kabodar ahang plain. National Conference on Water with a Clean Water Approach. [Persian].

Cheraqi, M., Najafi, B., Shajari, Sh. and Javan, M. 2020. Investigating the process of quantitative and qualitative change of groundwater in Sarvestan plain-Fars. Journal of watershed management research.33(2):82-96 [Persian].

USDA. 2012. Field Book for Describing and Sampling Soils. Version 3, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

USDA. 2014. Kellogg Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 5. R. Burt and Soil Survey Staff (ed.). United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

برآورد سطح زیر کشت بهاره با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (دشت الشتر)

آرین حیدری مطلق[1]، شادمان ویسی[2]، الهه ذرتی‌پور[3]

[1] دانشجوی دکتری، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، aryanheidari74@yahoo.com،

[2] استادیار، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، shadman2010@yahoo.com،

[3] دانشجوی دکتری، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

سطح زیر کشت یکی از عوامل مهم تخصیص منابع آب در بخش کشاورزی می‌باشد که اندازه‌گیری آن سخت و هزینه‌بر می‌باشد. استفاده از تصاویر و فناوری سنجش‌ازدور، به علت مقرون‌به‌صرفه بودن از نظر هزینه و زمان و درعین‌حال دارابودن دقت مناسب، می‌تواند در برآورد دقیق سطح زیر کشت در سطح وسیع مورداستفاده قرار گیرد. در این پژوهش، به‌منظور تعیین قابلیت تصاویر سنجنده لندست 8 در برآورد سطح زیر کشت بهاره دشت الشتر در دوره آماری (1392 تا 1402)، پس از اعمال پردازش‌های اولیه تصاویر سنجنده، شاخص گیاهی NDVI تعیین و سطح زیر کشت واقعی محاسبه شد. جهت تعیین سطح زیر کشت بهاره، با استفاده از GPS که در مرداد 1398 با مراجعه به منطقه اقدام به بازدید میدانی و برداشت نقاط تدقیق شد تا محدوده تغییرات شاخص NDVI در کشت بهاره تعیین گردید. نتایج نشان داد شاخص NDVI بر اساس نقاط تدقیق در کشت بهاره در بازه زمانی موردمطالعه بین 0/28 تا 0/59 در نوسان می‌باشد. مقادیر سطح زیر کشت مستخرج از شاخص NDVI در بازه زمانی مذکور روندی افزایشی از خود نشان می‌دهد که در سال 1393 سطح زیر کشت با مقادیر 2895 هزار هکتار در پایین‌ترین مقدار و در سال 1396 با مقدار 6944/4 هزار هکتار بیشترین مقدار را در بازه زمانی موردبررسی در نوسان بوده است.

کلمات کلیدی: سطح زیر کشت، تصاویر ماهواره‌ای، NDVI ، دشت الشتر

مقدمه

رشد جمعیت تقاضا برای غذا و آب را افزایش داده است، در نتیجه مخالفت شدیدی بین امنیت غذایی، توسعه کشاورزی و توسعه اقتصادی ایجاد کرده است (FAO, 2017; Foley et al., 2005) برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار پیشنهاد شده توسط سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (فائو)، اجرای سیاست‌های دقیق کشاورزی برای نظارت بر پویایی ساختارهای کشت محصول به یک ابزار مؤثر برای بخش‌های کشاورزی و دولت‌ها در سراسر جهان تبدیل شده است. همچنین افزایش جمعیت و بلاهای طبیعی مانند خشکسالی، سیل، بر مناطق کشاورزی تأثیر گذاشته و به طور مداوم باعث تغییر سطح زیر کشت و آمار مربوط به آن شده است (Kumar and Jeganathan,2017). برآورد سطح زیر کشت محصولات کشاورزی، مهم‌ترین نیاز برنامه پایش محصول است (Gallego et al., 2008). آگاهی از انواع محصولات و وضعیت سطح زیر کشت آن‌ها به‌عنوان اولین گام در ساماندهی سطح زیر کشت مطرح می‌شود (صدوقی و روحانی، 1400). آمارهای دقیق کشاورزی، ابزار مهی برای درک روند تولید غذا و سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی‌های اقتصادی است (Jain et al., 2017). پایش دوره‌ای شرایط محصول به تولید بهینه و برنامه‌ریزی برای تهیه، توزیع و صادرات کمک می‌کند (Yadav et al., 2002). از سوی دیگر سنجش‌ازدور به‌عنوان یک فناوری مناسب برای نظارت بر کشت محصولات و پویایی مکانی و زمانی محصولات در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی پیشنهاد شده است (Ajadi et al., 2021; d'Andrimont et al., 2021). خوشبختانه، تصاویر سنجش‌ازدور لندست که آزادانه در دسترس هستند، فرصتی بی‌سابقه برای حل این مشکل

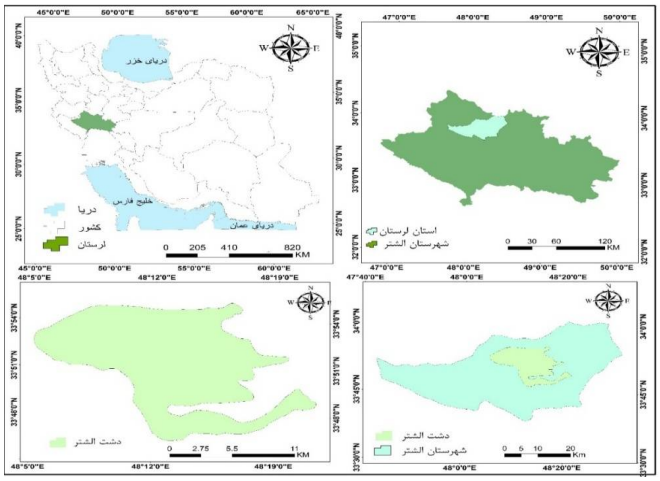
فراهم می‌کنند؛ بنابراین با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور می‌توان بدون مراجعه مستمر به مزارع کشاورزی با صرف زمان و هزینه کم‌تری نسبت به سایر روش‌های معمول، سطح زیر کشت اراضی را بادقت مناسبی برآورد کرد (موسوی و همکاران، 1400). تاکنون پژوهش‌های متعددی دررابطه‌با برآورد سطح زیر کشت محصولات مختلف با انواع روش‌ها و داده‌های سنجش‌ازدور به انجام رسیده است. در پژوهشی در منطقه میاندوآب که توسط کردی و همکاران (1397) انجام شد، امکان طبقه‌بندی محصولات کشاورزی با به‌کارگیری تصاویر سنجنده لندست 8 موردبررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد، GNDVI استفاده از تصاویر سری زمانی در کنار شاخص‌هایی همچون آلبیدو و دمای سطح زمین در کنار الگوریتم ماشین بردار پشتیبان باعث شد نقشه‌هایی بادقت کلی 92 درصد و ضریب کاپای 91 به دست آید. زارع و همکاران (1399) با استفاده از تصاویر سنجنده‌های لندست 8 و سنتینل 2 اقدام به تعیین سطح زیر کشت محصول پسته در استان یزد نمودند. طبق نتایج به‌دست‌آمده توسط ایشان، سنجنده سنتینل 2 بادقت بهتری به شناسایی نواحی تحت کشت پسته پرداخته بود. همچنین ایشان بیان کردند استفاده از فیلتر میانه پس از تهیه نقشه طبقه‌بندی، منجر به افزایش دقت طبقه‌بندی گردید. نوری و همکاران (1402) برآورد تغییرات سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه موردی: حوضه پایین‌دست سد فریمان پرداختند. یافته‌ها نشان می‌دهد سنجنده سنتینل 2 قادر است با معیارهای دقت کلی بیش از 0/97 و ضریب کاپای بیش از 0/94، محصولات زراعی و باغی را در منطقه موردمطالعه شناسایی و از هم تفکیک نماید. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که استفاده از داده‌های سنجنده سنتینل 2 به‌منظور شناسایی، تفکیک و بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی، کارآمد و دارای دقت بالا بوده و می‌توان از نتایج به‌دست‌آمده در سیاست‌گذاری بهینه مصارف آب و مدیریت اراضی بهره برد. عبیات و همکاران (1400) نتایج نشان داد که ضریب کاپا و صحت کلی در روش حداکثر احتمال به ترتیب 90 و 80 درصد، در روش ماشین بردار پشتیبان به ترتیب 92 و 90 درصد و در روش استفاده از شاخصNDVI ، به ترتیب 95 و 93 درصد محاسبه شد. بر اساس نتایج، سطح زیر کشت گندم، جو، برنج و ذرت، در روش حداکثر احتمال، در مقایسه با آمار جهاد کشاورزی به ترتیب خطایی برابر 12/6، 16/4، 8/7 و 6/6 درصد و در روش ماشین بردار پشتیبان به ترتیب خطایی برابر 10/1، 8/3، 5/1، 7/2 درصد داشته است. اما استفاده از شاخص NDVI به‌عنوان بهترین روش برآورد سطح زیر کشت در منطقه، در مقایسه با آمار جهاد کشاورزی به ترتیب دارای خطایی برابر 2/4، 5/1، 4/3 و 4/6 درصد بوده که نشان‌دهنده قابلیت بالای شاخص‌های گیاهی در برآورد سطح زیر کشت محصولات باتوجه‌به مرحله فنولوژی آن‌ها می‌باشد. (Sonobe et al., 2018) با به‌کارگیری 82 شاخص، امکان شناسایی و تفکیک محصولات زراعی را در منطقه‌ای در ژاپن موردبررسی قرار دادند. یافته‌ها نشان داد شاخص‌های گیاهی بیشترین سهم را در شناسایی انواع محصولات کشاورزی داشته است. در مطالعه انجام شده توسط (Gim et al., 2020) تغییر در شروع فصل رشد در کمربند کشت ذرت در غرب ایالات متحده با استفاده از شاخص NDVI سنجنده AVHRR موردبررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که ضریب همبستگی در مرحله کاشت 0/43 تا 0/68 و در گلدهی از 0/51 تا 0/83 متغیر بوده است. مقادیر سالانه RMSE نیز از 3/6 تا 7/4 روز در طول سال‌های 2008 تا 2015 تغییر داشته است. پژوهش حاضر برآورد سطح زیر کشت محصولات کشاورزی شهرستان الشتر در استان لرستان با استفاده از تصاویر سنجنده لندست 8 می‌باشد. شهرستان الشتر یکی از مراکز مهم کشاورزی در استان لرستان به شمار می‌رود، بنابراین آگاهی از وضعیت سطح زیر کشت محصولات بهاره و باغات کشاورزی در این شهرستان می‌تواند کمک شایانی در میزان کمبود یا مازاد محصولات کشاورزی، داشته باشد؛ لذا هدف این مطالعه، استفاده از فناوری سنجش‌ازدور و تصاویر لندست 8 در طول دوره رشد برای شناسایی سطح زیر کشت محصولات کشاورزی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

پژوهش حاضر در دشت الشتر انجام‌گرفته است. دشت الشتر با وسعت حدود 20057 هزار هکتار با ارتفاع 1600متر از سطح که در 48 درجه و 15 دقیقه طول شرقی و 33 درجه و 54 دقیقه عرض شمالی در شمال استان لرستان واقع شده است. الشتر دارای سیمای تقریباً کوهستانی است، به‌طوری که تیپ کوه‌ها و تپه‌ها بیش از 65.39 درصد اراضی را به خود اختصاص داده‌اند. به‌طورکلی این منطقه از

نظر اقلیمی نیمه‌مرطوب با تابستان معتدل و زمستان سرد می‌باشد و مجموعه بارش سالیانه این منطقه حدود 515 میلی‌متر می‌باشد (حیدری مطلق و همکاران، 1401). شکل (1) موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد.



شکل 1- موقعیت منطقه مطالعاتی

اطلاعات مورداستفاده در این پژوهش، شامل تصاویر سنجنده و اطلاعات مربوط به تقویم زراعی کشت بهاره منطقه که شامل یونجه، سیب‌زمینی، چغندر، لوبیا و باغات دشت الشتر است می‌باشد. در جدول 1، تاریخ برداشت تصاویر سنجنده لندست 8 به کار برده شده، ارائه شده است. ازاین‌رو، در هر سال، یک تصویر سنجنده لندست 8 با وضوح 30 متر ارزیابی شد. فرایندهای پیش‌پردازش، از جمله اصلاح‌جوی، اصلاح تصویب سنجی، پوشش ابر، با استفاده از پلت فرم موتور گوگل ارث انجین (GEE[1]) انجام شد. پردازش لازم برای انتخاب زمان مناسب برای تهیه تصاویر بر اساس فنولوژی محصولات، سبزینگی کامل و تصاویر با پوشش بدون ابر در یک ماه مشترک برای همهٔ سال‌ها صورت پذیرفت. جهت تعیین سطح زیر کشت بهاره در شهرستان الشتر، با استفاده از نقشه‌های منطقه و استفاده از GPS که در مرداد 1398 با مراجعه به منطقه اقدام به بازدید میدانی و برداشت نقاط تدقیق (جدول 1) شد تا ضمن آشنایی با مناطق تحت کاشت بهاره، نواحی تعلیمی مناسب جهت طبقه‌بندی تصاویر نیز تعیین گردد. همچنین از کشاورزان و مالکان اراضی نیز اطلاعاتی درباره کشت بهاره و کسب شد. مراحل پردازش داده‌های سنجنده تا دستیابی به تعیین سطح زیر کشت بهاره، صورت می‌پذیرد. برداشت این نقاط جهت مشخص نمودن شاخص NDVI به‌صورت تصادفی برای قطعات زراعی بوده است. به‌منظور ارزیابی سطح زیر کشت، از 11 تصویر سنجنده برداشت شده بدون پوشش ابر، مطابق جدول 2 استفاده شد. در جدول 2، تاریخ برداشت تصاویر سنجنده لندست 8 به کار برده شده، ارائه شده است.

جدول 1- نقاط برداشت شده زمینی (مرداد 1398)

نوع کشت	تعداد نقاط ارزیابی
یونجه	48
چغندر	45
سیب‌زمینی	41
لوبیا	33
باغات	35
گندم	39

[1] Google earth engine

کلزا	37
جو	22
ذرت	4
باقلا	3

جدول 2- تاریخ تصاویر سنجنده برداشت شده

تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	ردیف	گذر
13 آگوست 2013	22 مرداد 1392	36	166
16 آگوست 2014	25 مرداد 1393	36	166
19 آگوست 2015	28 مرداد 1394	36	166
21 آگوست 2016	31 مرداد 1395	36	166
24 آگوست 2017	3 شهریور 1396	36	166
11 آگوست 2018	20 مرداد 1397	36	166
14 آگوست 2019	23 مرداد 1398	36	166
16 آگوست 2020	26 مرداد 1399	36	166
19 آگوست 2021	28 مرداد 1400	36	166
28 آگوست 2022	31 مرداد 1401	36	166
9 آگوست 2023	18 مرداد 1402	36	166

شاخص گیاهی (NDVI)

شاخص‌های گیاهی از پرکاربردترین نمونه‌های محاسبات باندی هستند که به‌منظور محاسبه درصد پوشش گیاهی، بررسی انواع پوشش گیاهی و وضعیت سبزینگی یک منطقه طی دوره‌های مختلف به کار می‌رود (صدوقی و روحانی، 1400). در رویکرد استفاده از شاخص‌های گیاهی جهت برآورد سطح زیر کشت محصولات کشاورزی، از شاخص NDVI استفاده شد. شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده NDVI معروف‌ترین، ساده‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های گیاهی شناخته شده می‌باشد (رحیم‌زادگان و پورغلام، 1396). شاخص پوشش گیاهی از طریق رابطه (1) محاسبه می‌شود:

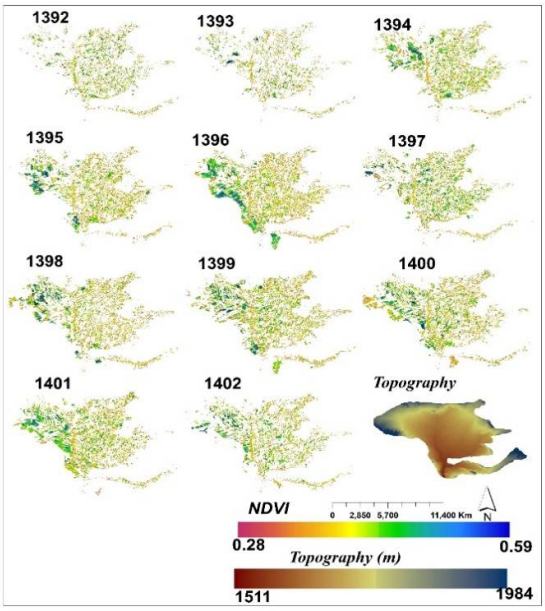
(1)

این شاخص، دارای مقادیر نرمال در دامنه بین 1- و 1+ است که بررسی و نمایش مقادیر را به راحتی امکان‌پذیر می‌سازد (انتظاری و همکاران، 1398). مقادیر منفی در این شاخص حاکی از عدم حضور پوشش گیاهی و مقادیر مثبت مناطقی با پوشش گیاهی را نشان می‌دهد (فیضی زاده و همکاران، 1396). جهت برآورد سطح زیر کشت محصولات منطقه با استفاده از این شاخص، ابتدا با بررسی تقویم زراعی محصولات بهاره دشت الشتر تاریخی با بیش‌ترین سبزینگی مربوط به محصولات با استفاده از اطلاعات زراعی و نقاط تدقیق برداشت شده و نیز تصاویر ماهواره‌ای شناسایی شده انجام گرفت.

نتایج و بحث

به‌منظور تعیین سطح زیر کشت در منطقه موردمطالعه، از تصاویر سنجنده لندست 8 در بازه زمانی 1392 تا 1402 جهت استخراج شاخص NDVI استفاده شد. بدین منظور در این مرحله باتوجه‌به تقویم زراعی محصولات غالب منطقه، نقاط تدقیق در فیلدهای تصادفی در سال 1398 استخراج شد و روند تغییرات شاخص NDVI در بازه زمانی موردنظر ترسیم گردید که نتایج آن در شکل (2) نشان داده شده است. همانگونه که نتایج شکل نشان می‌دهد، زمان اوج سبزینگی تشخیص داده شده با این روش با تقویم زراعی مستخرج از بازدید میدانی تایید می‌شود. در ادامه شاخص NDVI بر روی تصاویر اخذ شده پیاده شد و باتوجه‌به تفاوت دوره رشد محصولات غالب منطقه،

ازاین‌رو کشت بهاره و اوج سبزینگی آنها، اقدام به شناسایی مناطق سطح زیر کشت بهاره شد. استفاده از شاخص NDVI، بهترین برآورد از مساحت زیر کشت محصولات بهاره منطقه را ارائه می‌دهد که بیانگر کارایی مناسب شاخص گیاهی NDVI در برآورد سطح زیر کشت باتوجه‌به فنولوژِی آن‌ها می‌باشد. این موضوع با نتایج مطالعات (Lobell et al., 2003؛ Riahi et al., 2019؛ عبیات و همکاران، 1400) که قابلیت بالاتر شاخص مورد بررسی را در برآورد سطح زیر کشت محصول نشان دادند، مطابقت دارد. شاخص NDVI با داشتن حد آستانه و تشخیص بهتر تراکم پوشش گیاهی، دقت سطح زیر کشت را افزایش داده و میزان خطا را در برآورد سطح زیر کشت به حداقل رسانیده است. در این شاخص گیاهان سالم در محدوده مرئی طیف الکترومغناطیس دارای بازتابندگی کم هستند که این مورد به دلیل جذب توسط کلروفیل و دیگر رنگدانه‌های موجود در گیاه می‌باشد. همچنین در محدوده مادون قرمز نزدیک به دلیل ساختار سلولی برگ دارای بازتابندگی بالا می‌باشند (Arekhi and Fathizad, 2015). تراکم پوشش گیاهی در مزرعه با مقدار NDVI رابطه مستقیم دارد خلف (2010) و صافی (1393) نیز در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که تراکم پوشش گیاهی در مزرعه با مقدار NDVI رابطه مستقیم دارد. شکل زیر نقشه NDVI از بازه زمانی موردنظر سنجنده در تاریخ مورد بررسی در زیر نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که عمده سطح زیر کشت در مرکز و جنوب غربی منطقه موردمطالعه متمرکز شده است. همچنین دشت الشتر در طول دوره مطالعاتی دارای NDVI بین 0/59-0/28 در نوسان می‌باشد.



شکل 2- نقشه سطح زیر کشت با استفاده از شاخص NDVI

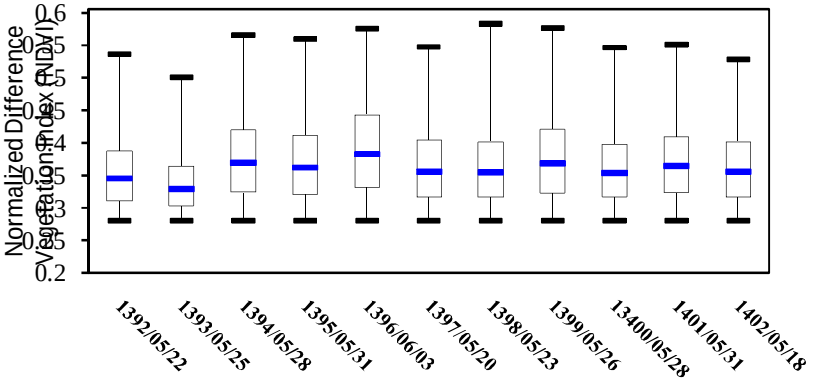
در جدول (3) نیز مقدار برآورد شده سطح زیرکشت بهاره با استفاده از شاخص گیاهی NDVI نشان داده شده است. همانگونه که از جدول مشاهده می‌شود سطح زیرکشت بهاره منطقه موردمطالعه برای 11 سال 1392 تا 1402 بر اساس شاخص گیاهی NDVI روندی افزایشی داشته است که جزئیات بیشتر مقادیر سطح زیرکشت برای این شاخص پوشش گیاهی در جدول 3 آمده است. باتوجه‌به مقادیر سطح زیر کشت مستخرج از شاخص NDVI، در سال 1393 سطح زیر کشت با مقادیر 2895 هزار هکتار در پایین‌ترین مقدار و در سال 1396 با مقدار 6944/4 هزار هکتار بیشترین مقدار را در بازه زمانی مورد بررسی در نوسان بوده است. البته از آنجایی که زارعین به سودآوری نسبی یک محصول نسبت به محصولات دیگر به‌عنوان یک معیار و ملاک بارز در هنگام تصمیم‌گیری در مورد سهم آن محصول

در الگوی کشت توجه دارند و متغیر قیمت نسبی محصول نیز یکی از مولفه‌های مهم درآمد و سود می‌باشد، لذا انتظار می‌رود تغییر قیمت نسبی یک محصول نسبت به محصولات دیگر در سطح زیر کشت تاثیرگذار باشد. همچنین شرایط اقلیمی سال کشت به لحاظ ترسالی و یا خشکسالی نیز از دیگر مولفه‌هایی است که در سطح زیر کشت تاثیرگذار می‌باشد.

جدول 3- برآورد سطح زیر کشت بهاره با استفاده از شاخص NDVI

سال زراعی	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402
سطح زیر کشت (ha)	3443/1	2895	5241/9	5526	6944/4	5218/1	5702/2	6670	6311/3	6532/5	4799/2

شکل (3) میزان تغییرات شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)، براساس بیشترین سبزینگی کشت بهاره را در سال‌های متوالی از سال 1392 تا 1402 نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل مشخص است، NDVI بازه نوسانات قابل‌توجهی داشته است به‌طوری‌که بیشترین میزان تغییرات مربوط به سال 1398 در بازه 0/59-0/28 و کمترین میزان آن مربوط به سال 1393 در بازه 0/5-0/28 می‌باشد. قابل توجه است، 25 تا 75 درصد از محدوده مقادیر شاخص، به طور میانگین معادل با 0/41-0/32 اعلام می‌گردد. قابل بیان است، بیشترین سبزینگی گیاه برابر با 0/59 مربوط به سال‌های ۱۳۹۸،۱۳۹۶ و 1399 بوده و کمترین آن برابر با 0/28 به طور میانگین در سال‌های تحت بررسی حاصل گردید. همچنین به طور میانگین میزان شاخص NDVI حدود 0/38-0/33 متغیر می‌باشد. بیشترین میزان شاخص نیز به طور متوسط برابر با 0/39 و در سال 1396 بوده است. قابل بیان است، میانگین 11 ساله شاخص NDVI از سال 1392 تا 1402 برابر با 0/37 بوده که نشان از پوشش سبز مطلوب کشت بهاره، حاکم بر منطقه مطالعاتی می‌باشد.



شکل 3- روند تغییرات شاخص گیاهی NDVI در هر گذر سنجنده

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، به برآورد سطح زیر کشت بهاره دشت الشتر با استفاده از تصاویر سنجنده پرداخته شده است. استفاده از تصاویر سنجنده برای برآورد سطح زیر کشت از سال1392 تا سال 1402 موردبررسی قرار گرفت. جهت تعیین سطح زیر کشت بهاره در شهرستان الشتر، با استفاده از نقشه‌های منطقه و استفاده از GPS که در مرداد 1398 با مراجعه به منطقه اقدام به بازدید میدانی و برداشت نقاط تدقیق شد تا ضمن آشنایی با مناطق تحت کاشت بهاره، نواحی تعلیمی مناسب جهت سطح زیر کشت تصاویر نیز تعیین گردد. نتایج نشان داد شاخص NDVI بر اساس بازید میدانی در کشت بهاره در بازه زمانی موردمطالعه بین 0/28 تا 0/59 در نوسان بوده که نشان‌دهنده کارایی مناسب شاخص مذکور در برآورد سطح زیر کشت محصولات منطقه می‌باشد. مقادیر سطح زیر کشت مستخرج از

شاخص NDVI در بازه زمانی مذکور روندی افزایشی از خود نشان می‌دهد که در سال 1393 سطح زیر کشت با مقادیر 2895 هکتار در پایین‌ترین مقدار و در سال 1396 با مقدار 6944/4 هکتار بیشترین مقدار را در بازه زمانی موردبررسی داشته است. نتایج تحقیق حاضر و تحقیقات انجام شده حاکی از آن است که فناوری سنجش‌ازدور به دلیل مقرون‌به‌صرفه بودن از نظر زمان و هزینه، می‌تواند نقش مؤثری در تعیین نقشه‌های به هنگام سطح زیر کشت و یافتن راهکارهایی به‌منظور بهبود مدیریت آبیاری ایفا نماید. نتایج پژوهش حاضر نه‌تنها برای پژوهش‌های آینده در زمینهٔ تهیهٔ نقشهٔ سطح زیر کشت کشاورزی، برای متخصصان، سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران حوزه کشاورزی نیز اهمیت دارد. توصیه می‌شود تا از نتایج این مطالعه در فرایندهای تصمیم‌گیری مرتب با کشاورزی، همچون برنامه‌ریزی منطقه‌ای، مدیریت آب و پیش‌بینی تولید محصولات کشاورزی استفاده شود. علاوه بر این، برای پژوهش‌های آینده بهبود دقت و قابلیت پیش‌بینی در تهیهٔ نقشه نوع محصولات، توسعهٔ رویکردهای تحلیل داده، استفاده از داده‌های سنجنده‌های جدید لندست 9 و سنتینل 2، استفاده از ادغام این داده‌ها با یکدیگر پیشنهاد می‌شود.

منابع

انتظاری، ع.، زندی، ر. و خسرویان، م. 1398. ارزیابی تغییرات فضایی پوشش گیاهی و دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست و مادیس، مطالعه موردی: استان فارس 2017-1986. مهندسی و مدیریت آبخیز, 11(4), 929-940.

زارع خورمیزی، ه.، غفاریان مالمیری، ح. و مرتاض، م. 1399. ارزیابی قابلیت طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر ماهواره‌ای لندست-8 و سنتینل-A2 در تعیین محدوده و سطح زیر کشت ارقام پسته. سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در علوم منابع طبیعی)، 11(1 (پیاپی 38))، 84-103.

صدوقی، ح.، رجایی، ط. و روحانی، ن. 1399. شناسایی و بررسی تغییرات سطح زیر کشت محصولات زراعی روستای حسین‌آباد میش‌مست با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای .علوم آب و خاک. 1399; 24 (4) :239-254

صافی، ر. 1393. ارزیابی بهره وری اب در مزارع کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای . LANDSAT8 پایان نامه دوره کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس.

فیضی زاده، ب.، دیده بان، خ. و غلام نیا، خ. 1395. برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست8 و الگوریتم پنجره مجزا(مطالعه موردی: حوضه آبریز مهاباد). فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی « سپهر. 25(98), 171-181.

موسوی، ا، عباس‌زاده طهرانی، ن. و جانعلی‌پور، م. 1399. برآورد سطح زیرکشت گندم دیم با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنتینل2 (مطالعه موردی: منطقه سجاسرود شهرستان خدابنده استان زنجان).پژوهش و فناوری محیط زیست.,7(5),77-90.

نوری، ع.، امیدوار، ج.، مدرسی، ف.، داوری، ک.، نوری، س. و اسدی، ع. 1402. برآورد تغییرات سطح زیرکشت محصولات زراعی و باغی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه موردی: حوضه پایین دست سد فریمان. آب و خاک.

Ajadi, O. A., Barr, J., Liang, S.-Z., Ferreira, R., Kumpatla, S. P., Patel, R. and Swatantran, A. 2021. Large-scale crop type and crop area mapping across Brazil using synthetic aperture radar and optical imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 97, 102294.

Arekhi, S. and Fathizad, H. 2015. Evaluating the Efficiency of Four Artificial Neural Network Methods in Preparing Land Cover/Land Use Map Using ETM+ Data. Geography and Development Iranian Journal, 12(37), 133-146.

d'Andrimont, R., Verhegghen, A., Lemoine, G., Kempeneers, P., Meroni, M. and van der Velde, M. 2021. From parcel to continental scale—A first European crop type map based on Sentinel-1 and LUCAS Copernicus in-situ observations. Remote Sensing of Environment, 266, 112708.

Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M. T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N. and Snyder, P.K. 2005. Global consequences of land use. Science, 309(5734), 570–574.

Gallego, F.J., Kussul, N., Skakun, S., Kravchenko, O., Shelestov, A. and Kussul, O. 2014. Efficiency assessment of using satellite data for crop area estimation in Ukraine, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 29, 22-30.

Gim, HJ., Ho, CH., Jeong, S., Kim, J., Feng, S. and Hayes, M.J. 2020. Improved mapping and change detection of the start of the crop growing season in the US Corn Belt from long-term AVHRR NDVI. Agricultural and Forest Meteorology, 294, 108143.

Jain, M., Mondal, P., Galford, GL., Fiske, G. and Fries, RS. 2017. An approach to map winte cropped area of smallholder farms across large scales using MODIS imagery. Remote Sensing, 9(6), 566

Kumar, P. and Jeganathan, C. 2017. Monitoring Horizontal and Vertical Cropping Pattern and Dynamics in Bihar over a Decade (2001-2012) Based on Time-Series Satellite Data. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 45(3), 485-502.

Khalaf, A. 2010. Spatial and Temporal Distribution of Groundwater Recharge in the West Bank Using Remote Sensing and GIS Techniques. Durham University.

Lobell, D.B., Asner, G.P., Ortiz-Monasterio, J.I. and Benning, T.L. 2003. Remote sensing of regional crop production in the Yaqui Valley, Mexico: estimates and uncertainties. Agriculture, Ecosystems & Environment, 94(2), 205-220

Sonobe, R., Yamaya, Y., Tani, H., Wang, X., Kobayashi, N. and Mochizuki, K.I. 2018. Crop classification from Sentinel-2-derived vegetation indices using ensemble learning. Journal of Applied Remote Sensing, 12(2), 026019-026019

Yadav, I.S., Rao, N.S., Reddy, B.M.C., Rawal, R.D., Srinivasan, V.R., Sujatha, N.T., Bhattacharya, C., Rao, P.P.N., Ramesh, K.S. and Elango, S. 2002. Acreage and production estimation of mango orchards using Indianremote Sensing (IRS) satellite data, Scientia Horticulturae, 93(2), 105-123.

بررسی و ارائه الگوی بهینه بهره‌برداری و نگهداری شبکه آبیاری دشت سیستان

محمود محمد قاسمی[1]، هادی میناب پودینه[2]، عباس رحمتی کهن [3]

[1] استادیار اقتصاد کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران، M.Mghasemi@areeo.ac.ir

[2] کارشناس مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران

[3] کارشناس مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران

چکیده

طرح بزرگ انتقال آب با لوله در دشت سیستان باهدف تأمین آب در سطح 46000 هکتار از اراضی و با صرف هزینه بسیار زیاد در سال 1393 آغاز شده است. این پژوهش به دنبال بررسی شیوه بهره برداری و نگه‌داری شبکه از دیدگاه کشاورزان و کارشناسان منطقه می‌باشد. برای این منظور داده‌های سال زراعی 1402-1401 جمع‌آوری شده است. از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه به روش خاکستری جهت تجزیه و تحلیل برای تعیین الگوی بهینه بهره‌برداری و نگه‌داری شبکه آبیاری استفاده گردیده است. نتایج نشان داد براساس نظر بهره‌بردارن اولویت اول واگذاری مدیریت شبکه‌های آبیاری دشت سیستان 3 تا 5 سال برعهده مجری طرح باید باشد. جهاد کشاورزی و شرکتهای تعاونی در اولویت‌های دوم و سوم قرار دارند. علاوه بر آن نتایج نشان داد اولویت‌بندی مشکلات واگذاری مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری، نبود برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از منابع آب، نبود سابقه شرکت‌های تعاونی در خصوص مدیریت و نگهداری، ایجاد اختلاف خانوادگی بین بهره‌برداران، اطمینان نداشتن بهره‌برداران از برنامه‌های دولت، عدم بضاعت مالی بهره‌بردارن و هزینه‌های بالای اجرای پروژه برای بهره‌برداران می‌باشد. باتوجه‌به این که در حال حاضر نه بهره‌برداران پیشرو و نه شرکت تعاونی‌های ایجاد شده از وظایف‌شان در امر تحویل مدیریت و نگهداری از شبکه و انجام فعالیت‌های موردنظر اطلاع کافی ندارند مهم‌ترین راه‌کار پیشنهادی آموزش کامل و آگاه سازی واقعی بهره‌برداران پیشرو در فرایند واگذاری شبکه آبیاری به گزینه‌های مناسب است.

کلمات کلیدی: شبکه آبیاری، بهره‌برداران، تصمیم‌گیری چند شاخصه، گروه‌های هم آب، دشت سیستان

مقدمه

بخش کشاورزی یکی از اصلی‌ترین بخش‌های متأثر از تغییر اقلیم است. اگرچه به‌تازگی در کشور مطالعاتی دربارهٔ شناخت ماهیت و میزان آثاری که این پدیده بر متغیرهای فیزیکی منابع آب و بخش کشاورزی دارد انجام شده است، بااین‌حال زوایای اقتصادی این پدیده و راهکارهای بالقوهٔ مقابله با آن کمتر موردبررسی تجربی قرار گرفته است. بحران آب در کشاورزی از یک سو و تأمین مواد غذایی موردنیاز جمعیت روبه‌افزایش بشری از سوی دیگر مدیریت آب کشاورزی را با تنگنا و چالش‌های جدی مواجه ساخته است. عدم مدیریت صحیح و عرضه کافی آب سطحی در بخش کشاورزی اثرات زیان‌بار اقتصادی - اجتماعی فراوانی به همراه داشته است (Arab et al., 2018). تعامل انسان و منابع آب یکی از زیربناهای اصلی شکل‌گیری مناسبات اجتماعی و اقتصادی در ایران می‌باشد و درک مفهومی سیر تحولات آن، نقش مهمی در شناخت علل چالش‌های کنونی منابع آب دارد (Beg et al., 2019). مهم‌ترین راه‌های تعامل انسان و منابع آب راه‌های دانستن استفاده بهینه از این منابع است. یکی از راه‌های استفاده بهینه از منابع آب طرح‌های انتقال آب است. ازآنجایی‌که یکی از بهترین روش‌های مصرف بهینه و اصولی آب کشاورزی در دنیا، واگذاری مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از این منابع به بهره‌برداران می‌باشد، این

مطالعه به بررسی پیامدهای واگذاری مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه آبیاری دشت سیستان از دیدگاه کشاورزان و کارشناسان منطقه پرداخته و سعی شده تا پیامدهای مثبت و منفی و مشکلات واگذاری مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی دشت سیستان به گزینه‌های مناسب بر اساس نظرات کارشناسان و بهره‌برداری موردبررسی قرار گیرد و الگوی بهینه برای نظام بهره‌برداری، نگهداری شبکه آبیاری دشت سیستان معرفی شود.

مواد و روش‌ها

در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره و به‌خصوص مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه، داشتن و دانستن وزن‌های نسبی شاخص‌های موجود، گام مؤثری در فرایند حل مسئله بوده و موردنیاز است (محمدقاسمی و همکاران، 2023). از جمله روش‌های تعیین وزن‌های شاخص‌ها، می‌توان به روش‌های استفاده از پاسخ خبرگان، روش لینمپ، روش کمترین مجذورات، روش بردار ویژه و آنتروپی شانون اشاره کرد (سردار شهرکی و همکاران 2023).

در این بررسی فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاره بر اساس نمودار شکل (1) صورت پذیرفته است.



شکل 1- فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاره

بحث

منطقه روستایی سیستان، دارای 930 روستا با 270000 نفر جمعیت بوده، که شغل اکثر آنها کشاورزی، دامپروری و شغل‌های وابسته به این دو حرفه می‌باشد. این جمعیت در پنج شهرستان و توابع آنها می‌باشد که شامل: شهرستان زابل، شهرستان نیمروز، شهرستان هامون، شهرستان زهک (بخش‌های مرکزی و جزینک) و شهرستان هیرمند (مرکزی، قرقری) است.

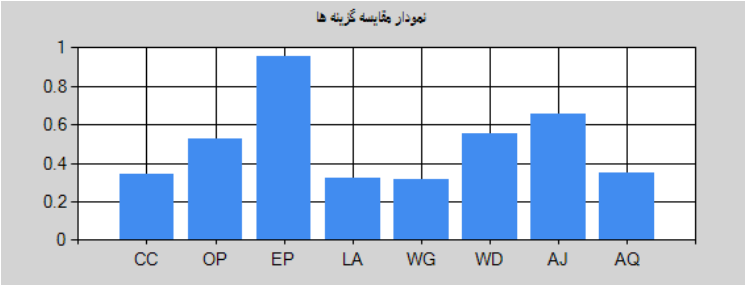
نتایج بررسی خصوصیات اجتماعی بهره‌برداران نشان داد که میانگین سنی آن‌ها 54 سال بوده است که در این بین پیرترین آن‌ها 72 سال و جوان‌ترین آن‌ها 27 سال سن داشته است. همچنین، نتایج بررسی برای سابقه کار کشاورزی نشان می‌دهد که میانگین آن 31 سال بوده است که بیشترین سابقه کار 50 سال و کمترین آن 10 سال می‌باشد.

در سطح منطقه سیستان 16 ناحیه عمرانی برای مدیریت خط انتقال آب با لوله وجود دارد.

جدول 1. اولویت بندی گزینه‌های مناسب به‌منظور واگذاری مدیریت شبکه‌های آبیاری دشت سیستان براساس روش آنتروپی شانون از دید بهره برداران و کارشناسان

الویت	گزینه‌های مناسب	۷
1	3-5 سال مجری طرح	0/26
2	جهاد کشاورزی	0/19
3	شرکت‌های تعاونی	0/17
4	اداره آب	0/15
5	مقامات محلی	0/11
6	آستان قدس	0/08
7	گروه‌های هم آب	0/03
8	قرارگاه طرح عملیاتی	0/01

مأخذ: گردآوری محقق



مأخذ: محاسبات محقق

شکل 2. اولویت بندی گزینه‌های مناسب به‌منظور واگذاری مدیریت شبکه‌های آبیاری دشت سیستان براساس فن آنتروپی شانون از دید بهره برداران و کارشناسان

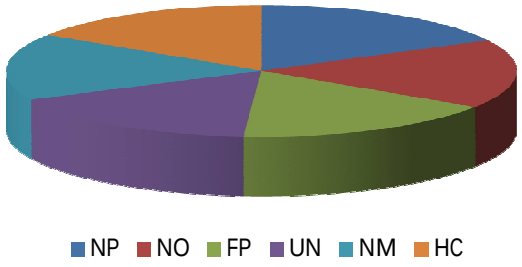
در نمودار مذکورCC شرکت‌های تعاونی، OP قرارگاه طرح عملیاتی، EP 3-5 سال مجری، LA مقامات محلی، WG گروه‌های هم آب، WD اداره آب، AJ جهاد کشاورزی و AQ آستان قدس رضوی می‌باشد.

بر اساس نمودار فوق اولویت اول واگذاری مدیریت شبکه‌های آبیاری دشت سیستان 3 تا 5 سال برعهده مجری باید باشد. جهاد کشاورزی و شرکت‌های تعاونی در اولویت‌های دوم و سوم قرارا دارند.

جدول 2. اولویت بندی مشکلات واگذاری مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری از دیدی بهره‌بردارن و کارشناسان براساس روش آنتروپی

اولویت	فعالیت	
1	نبود برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از منابع آب	0/185
2	نبود سابقه شرکت‌های تعاونی در خصوص مدیریت و نگهداری	0/181
3	ایجاد اختلاف خانوادگی بین بهره‌برداران	0/180
4	اطمینان نداشتن بهره‌برداران از برنامه‌های دولت	0/178
5	عدم بضاعت مالی بهره‌برداران	0/175
6	هزینه‌های بالای اجرای پروژه برای بهره‌برداران	0/169

مأخذ: محاسبات محقق



شکل 3. اولویت بندی مشکلات واگذاری مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری از دید بهره‌بردارن و کارشناسان براساس روش آنتروپی

در جدول فوق NP نبود برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از منابع آب، NO نبود سابقه شرکت‌های تعاونی در خصوص مدیریت و

نگهداری، FP ایجاد اختلاف خانوادگی بین بهره‌برداران، UN اطمینان نداشتن بهره‌برداران از برنامه‌های دولت، NM عدم بضاعت مالی بهره‌برداران، HC هزینه‌های بالای اجرای پروژه برای بهره‌برداران هستند.

بررسی جمع‌بندی کلی نظرات بهره‌برداران و کارشناسان بر اساس جدول و نمودار مذکور حاکی از آن است که از عمده‌ترین مشکلات اجرای برنامه واگذاری مدیریت و نگهداری شبکه آبیاری به گزینه‌های مناسب خصوصاً گزینه‌های غیردولتی نبود برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از منابع آب، نبود سابقه شرکت‌های تعاونی در خصوص مدیریت و نگهداری، ایجاد اختلاف خانوادگی بین بهره‌برداران، اطمینان نداشتن بهره‌برداران از برنامه‌های دولت، عدم بضاعت مالی بهره‌برداران و هزینه‌های بالای اجرای پروژه برای بهره‌برداران می‌باشند.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی چنین می‌توان نتیجه گرفت که بر اساس نظر بهره‌برداران و کارشناسان در حال حاضر نه بهره‌برداران و نه شرکت تعاونی‌های ایجاد شده از وظایفشان در امر تحویل مدیریت و نگهداری از شبکه و انجام فعالیت‌های موردنظر اطلاع کافی ندارند. درصورتی‌که آگاهی لازم برای بهره‌برداران پیشرو و کارشناسان انجام شود اولویت اول واگذاری مدیریت شبکه‌های آبیاری دشت سیستان 3 تا 5 سال برعهده مجری است. جهاد کشاورزی و شرکتهای تعاونی در اولویت‌های دوم و سوم قرارا دارند. اولویت بندی مشکلات واگذاری مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آبیاری: نبود برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از منابع آب، نبود سابقه شرکت‌های تعاونی در خصوص مدیریت و نگهداری، ایجاد اختلاف خانوادگی بین بهره‌برداران، اطمینان نداشتن بهره‌برداران از برنامه‌های دولت، عدم بضاعت مالی بهره‌برداران و هزینه‌های بالای اجرای پروژه برای بهره‌برداران می‌باشد. این نتایج با نتایج مطالعات احسانی و پورکاظمی مطابقت دارد. باتوجه‌به این که در حال حاضر نه بهره‌برداران پیشرو و نه شرکت تعاونی‌های ایجاد شده از وظایف‌شان در امر تحویل مدیریت و نگهداری از شبکه و انجام فعالیت‌های موردنظر اطلاع کافی ندارند مهم‌ترین راهکار پیشنهادی آموزش کامل و آگاه سازی واقعی بهره‌برداران پیشرو در فرایند واگذاری شبکه آبیاری به گزینه‌های مناسب است.

منابع

احسانی، ع. 1391. بررسی علل عدم توفیق در خصوصی سازی شرکتهای بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری- بررسی موردی شرکت بهره برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی گیلان. اولین همایش بررسی مشکلات شبکه‌های آبیاری و زهکشی و مصرف بهینه آب کشاورزی.

ورکاظمی، ا. 1393. اقدامات اخیر برای خصوصی و رقابتی نمودن مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی. اولین همایش بررسی مشکلات شبکه‌های آبیاری و زهکشی و مصرف بهینه آب کشاورزی.

Arab, M., Fatahi ardakani,A., Fehresti,M. and Neshat, A. 2018. Estimate the Value of Adequate Water Supply to Varamin Plain with ContingentValuation Method (Case Study: Latyan and Mamlou Dams). Iranian journal of agricutural economic and development resesrch.(in farsi) 621-634.

Begi, A. and Akbari, M. 2019. Human-water resources interface in agriculture sector of Iran: A historicaltheoretical understanding. Iranian journal of agricutural economic and development resesrch.(in farsi) 361-376.

Mohammadghasemi, M. and Sardar Shahraki, A. 2023. Environmental Energy and Economic Research 2024 8(1): S077.DOI 10.22097/eeer.2024.420248.1301.

Sardar Shahraki, A., Panagopoulos, T., Ashari, H.E. and Bazrafshan, O. 2023. Relationship between indigenous knowledge development in agriculture and the sustainability of water resources, Sustainability.

تعیین تناسب اراضی جهت توسعه کشت دیم در منطقه ایذه و باغ ملک با استفاده از روش ترکیبی فازی-سلسله‌مراتبی (AHP FUZZY)

پیوند پاپن [1]، شیدا شاهین زاده [2]، بیژن نظری [3]

[1] کارشناس سازمان آب و برق خوزستان، payvand_p2006@yahoo.com

[2] کارشناس سازمان آب و برق خوزستان،

[3] استاد دانشگاه بین المللی امام خمینی قزوین

چکیده

شناسایی توان اراضی بر اساس منابع محیطی موجود در هر منطقه نظیر اقلیم، خاک و پستی‌وبلندی اولین گام در توسعه نظام کشاورزی پایدار است. برای این منظور، در این پژوهش تناسب اراضی شهرستان ایذه و باغ ملک، جهت کشت دیم با استفاده از روش فازی-سلسله‌مراتبی در سیستم اطلاعات جغرافیایی موردمطالعه قرار گرفت. ازاین‌رو در ابتدا وزن و اهمیت لایه‌های اطلاعاتی شامل اقلیم (دما، بارش، درجه روز رشد)، توپوگرافی (شیب، ارتفاع)، خاک (شوری، قلیایت و نوع خاک) به همراه دسترسی به منابع آبی، بر اساس روش تحلیل سلسله‌مراتبی، به طور جداگانه جهت کشت دیم به دست آمد. سپس لایه‌های اطلاعاتی مطابق با نیازمندی‌های محیطی محصولات دیم در محیط زیرساخت اطلاعات جغرافیایی طبقه‌بندی و فازی شدند. در نهایت هم‌پوشانی لایه‌ها با ضرب وزن به‌دست‌آمده از روش سلسله‌مراتبی در لایه‌های فازی شده، صورت گرفت. در نهایت نقشه تناسب اراضی توسعه محصولات دیم اراضی شهرستان ایذه و باغ ملک به‌صورت جداگانه تهیه و طبقه‌بندی گردید.

کلمات کلیدی: مکان‌یابی، وزن‌دهی، مناطق مستعد کشت، سیستم اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

یکی از راهکارهای اساسی برای توسعه کشاورزی، استفاده بهینه از اراضی، متناسب با شرایط اقلیمی است و اصولاً لازمه آن شناخت عوامل مختلف تحت عنوان عوامل پایدار (ارتفاع و خاک) و عوامل ناپایدار (بارندگی و دما) می‌باشد (کافی و همکاران، 1379؛ خورشید دوست و همکاران،1390). برای رسیدن به حداکثر توان تولیدی و کاهش هزینه‌های سربار لازم است هرگونه گیاهی در دامنهٔ مطلوب بردباری خود نسبت به عوامل محیطی و اقلیمی کشت شود تا حداقل تنش‌ها و فشارهای محیطی را متحمل گردد. لازم است دامنه مطلوب بردباری هرگونه مشخص و سپس با ابزارهای علمی و مهندسی، مناطق مستعد و با تولید بالا مشخص شود (کاظمی، 1393؛ اشرفی و همکاران، 1392). تنوع آب‌وهوایی کشور ایران، امکانات کم‌نظیری برای تولید محصولات متنوع در کلیه فصول سال را فراهم نموده است. ایجاد ثبات نسبی برای عرضه محصولات کشاورزی به بازار، مستلزم شناخت دقیق وضعیت آب‌وهوایی مناطق و خرد اقلیم‌های مختلف در گوشه‌وکنار کشور است. آگاهی از زمان مناسب کاشت، داشت و برداشت محصولات زراعی مناطق مختلف و شناخت شاخص‌های اقلیمی، این امکان را برای برنامه‌ریزان فراهم می‌سازد تا بتوانند در مورد تخصیص صحیح منابع به محصولات مختلف تصمیم بگیرند. امروزه بررسی اقلیم و عوامل محیطی در تعیین گونه‌های زراعی هر منطقه یک امر اجتناب‌ناپذیر است، همچنین مدیریت زراعی و افزایش تولید در واحد سطح، استفاده بهینه از منابع طبیعی و شناخت هر چه بیشتر از این منابع را می‌طلبد (علوی‌زاده و همکاران، 1392) یکی از روش‌های رایج جهت بررسی تناسب اراضی جهت کشت محصولات

مختلف، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل روش تاپسیس، روش تحلیل سلسله‌مراتبی و ... می‌باشد که در مطالعات مختلف موردمطالعه قرار گرفته است (خورشید دوست و همکاران، 1390؛ حیدرپور و همکاران، 1397).

ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از دستورالعمل فائو مبتنی بر ویژگی‌های کشت و کار و ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی اراضی بوده (FAO, 1976) و از شیوه بولین برای ارزیابی تناسب اراضی بهره می‌گیرد که توسط تعدادی از پژوهشگران ارزیابی و نقشه‌برداران مورد نقد و انتقاد قرار گرفته است (Burrough et al., 1989) و فرض ضمنی در شیوه بولین نبود هیچ‌گونه شک و ابهام در مورد مدل تناسب، نقشه‌های تناسب و بی‌دقتی در مفاهیم مختص اراضی می‌باشد (Van et al., 2010) و روش‌هایی برای غلبه بر مشکلات مرتبط با ابهام در تعریف و سایر بی‌اطمینانی‌ها پیشنهاد شده است که کاربردی‌ترین آن‌ها منطق فازی و واردکردن نظرات کارشناسی در مدل است (Van et al., 2011).

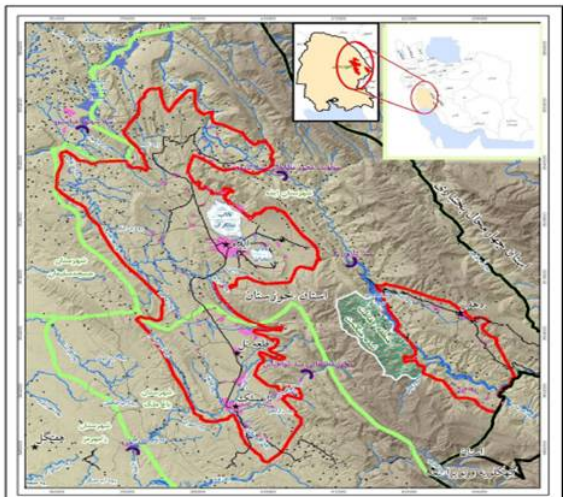
مجموعه‌های فازی بدون مرزهای صلب و مجزا بوده، به‌طوری‌که عبور از یک منطقه عضو به غیرعضو در کلاس، تدریجی می‌باشد. یک مجموعه فازی توسط توابع عضویت فازی تعریف می‌شود که از صفر تا یک متغیر است و نمایانگر افزایش تداومی و پیوسته از غیرعضویت کامل به عضویت کامل می‌باشد (McBratney and Odeh, 1997) استفاده از منطق فازی برای ارزیابی تناسب اراضی گیاهان زراعی اولین‌بار توسط Burrough (1989) مطرح گردید ایشان گزارش نمودند این روش به‌عنوان ابزاری در رفع بی‌دقتی موجود در روش‌های ارزیابی تناسب اراضی بسیار کارا است. همچنین در این روش تنها از اطلاعات خاکی به‌عنوان داده‌های ورودی استفاده می‌شود که وابسته به ساختار مدل است. Joss و همکاران (2008) با ارزیابی تناسب اراضی ایالت پرایر کشور کانادا برای درخت تبریزی، 43/7 درصد اراضی را مناسب، 18/2درصد را بحرانی و بقیه را نامناسب گزارش نمودند. ارزیابی تناسب اراضی به‌صورت یک مسئله تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه مطرح می‌شود که در این حالت الگویی برای کاربری زمین مهیا می‌کند که مناقشات را به حداقل می‌رساند و نظرات دست‌اندرکاران را نیز تا حد زیادی لحاظ می‌کند

Eaalem و همکاران (2011) نظرات کارشناسی را یکی از مهم‌ترین راه کارها در ارزیابی تناسب اراضی با دقت و صحت بالا عنوان کردند. در روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، معیارها مشخص بوده و برای ترکیب معیارهای کمی، کیفی و مشخص نمودن درجه ارتباط بین معیارها استفاده می‌شوند. Voogd (1983) از مهم‌ترین این روش‌ها می‌توان به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی اشاره نمود. این روش برای اولین بار توسط Saaty (1977) مطرح شد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. این فرایند هم‌چنین بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد (Saaty et al., 2008). Eaalem و همکاران (2011) بیان نمودند که ارتباط میان اهداف و معیارها در ساختار سلسله مراتبی وجود دارد. در بالاترین سطوح اهداف تعریف می‌شوند و در سطح پایین‌تر به متغیرها تفکیک می‌شوند که در این میان تصمیم‌گیرنده‌ها نقش مهمی را در مقایسه جفتی بین معیار در هر سطح از رتبه‌بندی و نیز گسترش و بسط وزن‌های مربوطه دارند. جعفری و زارع دار در حوزه آبخیز طالقان از فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده نمودند. نتایج نشان‌دهنده پایین بودن درجات تناسب اراضی پایین تر از 0/5 قسمت‌های عمده منطقه برای کشاورزی بود (Jafari and zaredar, 2010). Hamzehو همکاران (2014) ارزیابی تناسب اراضی جو آبی با روش تلفیقی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی و فائو در استان خوزستان انجام دادند، نتایج ایشان نشان داد که روش تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی و فازی نتایج بهتر و کلاس‌های تناسب بالاتری را نسبت به روش فائو نشان می‌دهد. استان خوزستان یکی از مناطق مستعد کشاورزی در ایران می‌باشد و مطالعه محصولات زراعی دیم باتوجه‌به تأثیر آب و هوا و عوامل فیزیکی زمین در منطقه از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف این مقاله بررسی کارایی مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی به‌عنوان یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی تناسب اراضی بخشی از اراضی منطقه ایذه و باغملک برای توسعه کشت دیم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه در جنوب غربی ایران و در شمال شرق استان خوزستان، در محدوده دو شهرستان ایذه و باغ ملک و هم‌جوار با شهرستان لردگان استان چهارمحال بختیاری واقع گردیده است. این منطقه در بخشی از حوضه آبریز رودخانه‌های کارون بزرگ و مارون-جراحی قرار گرفته است. محدوده مطالعاتی از شرق و شمال شرق به حوضه آبریز رودخانه بازفت واقع در استان چهارمحال‌وبختیاری، از جنوب شرقی به حوضه آبریز مارون-جراحی واقع در استان کهگیلویه و بویراحمد و از جنوب غربی به شهرستان رامهرمز و از غرب به شهرستان مسجدسلیمان محدود شده است. رودخانه‌های مهم واقع در محدوده موردمطالعه شامل رودخانه کارون و سرشاخه‌های آن (رودخانه‌های رمه چر، هلایجان به‌عنوان سرشاخه‌های رودخانه مرغاب)، رودخانه زرد و سرشاخه‌های آن شامل ابوالعباس، آل خورشید، آب گلال و تلخاب می‌باشد. از سدهای مهم در حال بهره‌برداری و مطالعاتی واقع در محدوده طرح می‌توان به سدهای در حال بهره‌برداری کارون 3، کارون 1، سد مسجدسلیمان بر روی رودخانه کارون و سد جره بر روی رودخانه زرد در شمال شهر رامهرمز و سد مطالعاتی ابوالعباس در شمال شرق شهر باغ ملک بر روی رودخانه ابوالعباس اشاره نمود. مساحت محدودهٔ مطالعاتی طرح ایذه - باغ ملک که در برگیرندهٔ اراضی هدف جهت انجام مطالعات شبکهٔ آبیاری و زهکشی، طرح توسعهٔ باغات دیم و سکونتگاه‌های گردشگری می‌باشد برابر با 181217 هکتار می‌باشد.



شکل 1- موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی ایذه و باغملک

روش مطالعه

معیارهای مهم برای جانمایی اراضی دیم شامل کاربری اراضی، توپوگرافی و شکل زمین (ارتفاع، شیب و جهت شیب)، اقلیم (بارندگی، دما، رطوبت، باد، ساعات آفتابی و تبخیر و تعرق)، میزان رواناب و خاک می‌باشد. هر کدام از این معیارها به زیرمعیارهای فرعی تقسیم بندی می‌شوند که همه آنها در جانمایی اراضی دیم منطقه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

الف- معیار توپوگرافی و شکل زمین

ارتفاع، شیب و جهت شیب، سه معیار فرعی (زیر معیاری) است که از نقشه توپوگرافی مقیاس 25000:1 سازمان نقشه‌برداری محاسبه شده و برای مکان‌یابی باغات دیم مورداستفاده قرار گرفته‌اند. در محدوده مطالعاتی توسعه دیم، ارتفاع از سطح دریا بین 370 متر تا 2000 متر می باشد. باتوجه‌به اینکه رابطه مستقیمی بین افزایش ارتفاع و میزان بارندگی وجود دارد، اراضی دارای ارتفاع بالاتر دارای امتیاز بیشتری برای جانمایی هستند. مکان‌هایی با شیب بالا بیشتر برای کاربری توسعه باغات دیم در نظر گرفته شده‌اند. جهات جغرافیایی شیب برای گونه‌های موردنظر در توسعه باغات دیم (آفتاب دوست) جهات جنوب و غرب (یا سایه‌پسند) جهت شمال مهم می‌باشد.

ب- معیار کاربری اراضی

نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده با مقیاس 10000:1 و انجام تصحیح طیفی و هندسی و انجام عملیات زمینی برای گویاسازی تصاویر و در نهایت انتقال به نقشه پایه و تدقیق آن بدست آمده و نقشه کاربری اراضی در سطح 181 هزار هکتار محدوده طرح تهیه شده است. طبقات کاربری‌ها شامل اراضی آبی، اراضی دیم، باغات، نهالستان و گلخانه، کوه و تپه، اراضی بایر، مرتع، جنگل، مسکونی، اراضی طرح جنگل کاری، تأسیسات، تالاب، مخزن سد، رودخانه و مسیل و سایر اراضی می‌باشد. برای تهیه نقشه توسعه باغات دیم مثمر و زراعت علوفه‌ای از اراضی کاربری دیم و برای تهیه نقشه توسعه جنگل کاری از اراضی کوه و تپه استفاده شده است. در نهایت سطحی به وسعت 68403 هکتار در محدوده 13 واحد عمرانی (ابوالعباس، ایذه، باغملک، پیون، چهارتنگ و ناشلیل، دلی، دهدز، رمه چر، سراک، سوسن، قلع هتل، مرغاب و هلایجان) برای انجام مطالعات توسعه اراضی دیم در نظر گرفته شده است.

ج - معیار اقلیم

اقلیم نقش اساسی در مطالعات طرح توسعه دیم دارد. منطقه مطالعاتی از اقلیم‌های مختلفی من‌جمله معتدل و مرطوب در شمال تا گرم و مرطوب در جنوب برخوردار است. انتخاب گونه‌ها برای طرح توسعه دیم باتوجه‌به سازگاری اقلیم منطقه بوده است. معیارهای فرعی (زیر معیارهای) اقلیمی مدنظر در جانمایی دیم شامل بارندگی، دما، رطوبت، تبخیر و تعرق، سرعت باد و ساعات آفتابی است. اطلاعات اقلیمی از ایستگاه‌های سینوپتیک، باران‌سنجی و تبخیرسنجی سازمان هواشناسی و وزارت نیرو استخراج شده است.

د - معیار خاک

یکی از معیارهای مهم در مکان‌یابی اراضی دیم، عامل خاک است. البته در این طرح به علت فقدان اطلاعات مربوط به لایه‌های خاک، از نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی که شامل اطلاعات تیپ خاک (شناسایی تیپ‌های مختلف خاک مانند کوه‌ها و تپه‌ها، فلات‌ها و تراس‌های فوقانی، دشت‌های دامنه‌ای، دشت‌های آبرفتی رودخانه‌ای، اراضی پست و شور، واریزه‌ها و آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگریزه‌دار و اراضی مخلوط و متفرقه) می‌باشد، استفاده شده است. در بین تیپ‌های مختلف خاک، دشت‌های دامنه‌ای و دشت‌های آبرفتی رودخانه‌ای بهترین شرایط را برای توسعه باغات مثمر دارد.

ه - معیار رواناب

به‌منظور استحصال آب باران جهت آبیاری تکمیلی و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، میزان رواناب حوضه داخل و همچنین حوضه‌های مشرف به محدوده طرح مورد محاسبه و ارزیابی قرار گرفته است. مقدار رواناب به میزان بارندگی، نوع خاک و میزان نفوذپذیری خاک بستگی دارد.

روش تهیه نقشه جانمایی اراضی مناسب برای توسعه دیم

برای تهیه نقشه جانمایی اراضی مناسب، روش‌ها و مدل‌های ریاضی مختلفی باتوجه‌به نوع و کیفیت داده‌های اولیه از نظر قطعیت و عدم قطعیت، موجود می‌باشد. اطلاعات موجود از قطعیت کافی برای اجرای دقیق مدل‌های ریاضی برخوردار نبوده، به همین خاطر از روش مدل AHP FUZZY چانگ در این مطالعات استفاده شده که مدل فازی برای کاهش خطاهای احتمالی ایجاد شده به‌خاطر وجود اطلاعات مختلف کارشناسان می‌باشد. این روش در سال 1992 با عنوان روش تحلیل توسعه‌ای توسط چانگ ارائه گردید. بعدها در سال 1996 این روش توسط خود وی بهبود بخشیده شد. روش گسترش‌یافته چانگ بیش از همه روش‌های دیگر برای محاسبات تحلیل سلسه‌مراتبی فازی مورداستفاده قرار گرفته است. مراحل انجام کار بدین صورت بود که نقشه اطلاعات مکانی معیارها تهیه و به روش AHP FUZZY وزن‌دهی شده است (جدول1).

مراحل روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

مرحله اول: تشکیل ماتریس زوجی ($\tilde{A}$) با به‌کارگیری اعداد فازی

ماتریس مقایسه زوجی به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\tilde{A}=\begin{bmatrix}1 & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n}\\ \tilde{a}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n}\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2}\cdots & & 1\end{bmatrix}$$

که این ماتریس حاوی اعداد فازی زیر است:

$$\tilde{a}_{ij}=\begin{cases}1 & i=j\\ \tilde{1},\tilde{3},\tilde{5},\tilde{7},\tilde{9} \quad or \quad \tilde{1}^{-1},\tilde{3}^{-1},\tilde{5}^{-1},\tilde{7}^{-1},\tilde{9}^{-1} & i\neq j\end{cases}$$

اگر کمینه تصمیم‌گیرنده دارای چندین تصمیم‌گیرنده باشد، درایه‌های ماتریس مقایسه زوجی جامع که در روش تحلیلی سلسله‌مراتبی فازی به کار می‌رود، یک عدد فازی مثلثی است. که مؤلفه اول آن حداقل نظرسنجی‌ها، مؤلفه دوم آن میانگین نظرسنجی‌ها و مؤلفه سوم آن حداکثر نظرسنجی‌ها می‌باشد.

مرحله دوم: محاسبه Si برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی

S که خود یک عدد فازی مثلثی است از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S_1=\sum_{j=1}^{m}M_{gi}^{j}\otimes\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}M_{gi}^{j}\right]^{-1}$$

که دراین‌رابطه بیانگر شماره سطر و بیانگر شماره ستون می‌باشد. دراین‌رابطه اعداد فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه زوجی هستند.

مقادیر $\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}M_{gi}^{j}\right]^{-1}$ ، $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}M_{gi}^{j}$ ، $\sum_{j=1}^{m}M_{gi}^{j}$ را می‌توان به ترتیب از روابط زیر محاسبه کرد:

$$\sum_{j=1}^{m}M_{gi}^{j}=\left(\sum_{j=1}^{m}l_j,\sum_{j=1}^{m}m_j,\sum_{j=1}^{m}u_j\right)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}M_{gi}^{j}=\left(\sum_{i=1}^{n}l_i,\sum_{i=1}^{n}m_i,\sum_{i=1}^{n}u_i\right)$$

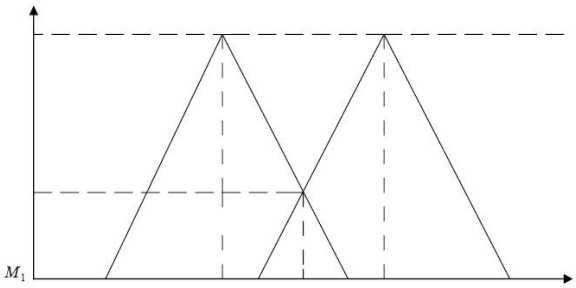
$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}M_{gi}^{j}\right]^{-1}=\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}u_i},\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}m_i},\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}l_i}\right)$$

در روابط بالا l_i ، m_i و u_i به ترتیب مؤلفه‌های اول تا سوم اعداد فازی هستند.

مرحله سوم: محاسبه درجه بزرگی‌ها نسبت به همدیگر

به‌طورکلی اگر $M_1=(l_1,m_1,u_1)$ و $M_2=(l_2,m_2,u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، طبق شکل درجه بزرگی M_1 نسبت به M_2 به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & if\, m_2 \geq m_1 \\ 0 & if\, l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & otherwise \end{cases}$$



از طرف دیگر میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از K عدد فازی مثلثی دیگر از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V(M \geq M_1, M_2, \ldots, M_k) = V[(M \geq M_1) and (M \geq M_2) and .. and (M \geq M_k)] = Min V(M \geq M_i),$$
$$i = 1,2,3,\ldots,k$$

مرحله چهارم: محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی بدین منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$d'(A_i) = Min V(S_i \geq S_k) \qquad k = 1,2,\ldots,n \qquad k \neq i$$

بنابراین بردار وزن نرمالیزه نشده به‌صورت زیر خواهد بود:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \ldots, d'(A_n))^T \qquad A_i (i = 1,2,\ldots,n)$$

مرحله پنجم: محاسبه بردار وزن نهایی

برای محاسبه بردار وزن نهایی باید بردار وزن محاسبه شده در مرحله قبل را نرمالیزه کرد. بنابراین:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \ldots, d(A_n))^T$$

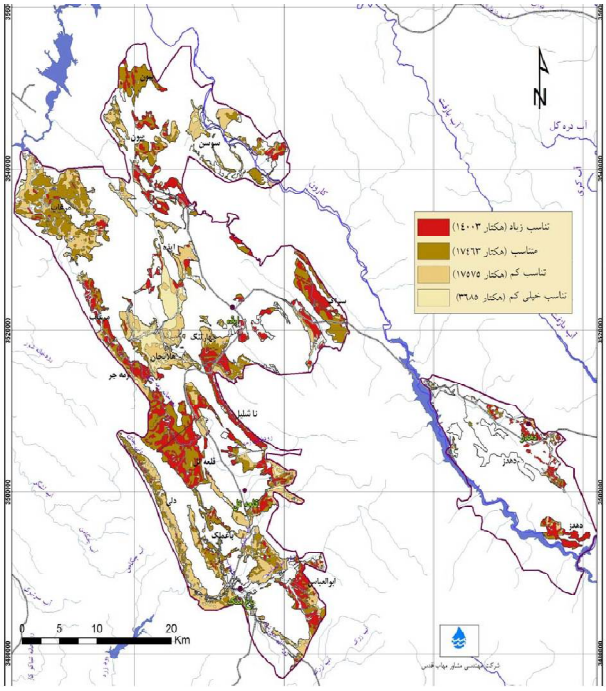
و مقادیر وزن نرمال شده معیارها در نرم‌افزار ARC GIS بر روی لایه‌های مکانی معیارها اعمال شد. پس از تلفیق لایه‌ها، چهار طبقه تناسب اراضی برای توسعه باغات دیم و نباتات علوفه‌ای تعیین شده است (جدول2). در شکل شماره 2 نیز وضعیت تناسب اراضی جهت توسعه دیم در محدوده مطالعاتی ارائه شده است.

جدول 1-تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها برای تهیه نقشه تناسب اراضی دیم به روشAHP-FUZZY



جدول 2- مساحت تناسب اراضی در محدوده مطالعاتی توسعه دیم

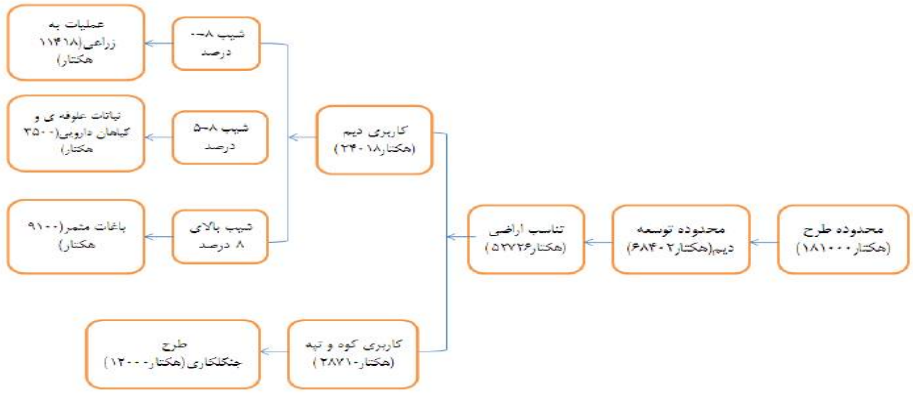
نوع اراضی	سطح به هکتار	درصد
تناسب زیاد	14003	26/6
متناسب	17463	33/1
تناسب کم	17575	33/3
تناسب خیلی کم	3685	7
جمع	52726	100



شکل 2- وضعیت تناسب اراضی در محدوده توسعه دیم

نتیجه‌گیری کلی

پس از مشخص نمودن تناسب اراضی جانمایی گونه‌های موردنظر در گروه باغات مثمر، نباتات علوفه‌ای، گیاهان دارویی و طرح جنگل‌کاری انجام می‌گیرد. روشی که با درنظرگرفتن عوامل اقلیمی و پستی‌وبلندی برای جانمایی گونه‌های دیم بکار برده شد، روش شاخص همپوشانی (Index Overlay) می‌باشد. در شکل شماره 3 تقسیم‌بندی اراضی در شرایط طرح توسعه دیم ارائه شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد با بررسی‌های به‌عمل‌آمده، از کل وسعت محدوده مطالعاتی (68403 هکتار)، سطحی معادل 52726 هکتار جهت توسعه دیم دارای تناسب می‌باشد. همچنین سطحی معادل 24018 هکتار دارای کاربری دیم است که از این میزان، 11418 هکتار دارای شیب0-8 درصد بوده و جهت عملیات به زراعی پیشنهاد شده است. سطحی معادل 3500 هکتار نیز که عمدتاً در شیب 5 تا 8 درصد واقع شده، جهت توسعه نباتات علوفه‌ای و گیاهان دارویی در نظر گرفته شده است. در شیب بالای 8 درصد نیز سطحی معادل 9100 هکتار به توسعه باغات مثمر دیم اختصاص‌یافته است. جهت توسعه طرح جنگل‌کاری دیم نیز اراضی تپه و کوه با وسعت 28710 هکتار موردبررسی قرار گرفته و در نهایت سطحی معادل 12000 هکتار مناسب شناخته شده است. لازم به توضیح است که سطح نهایی توسعه اراضی دیم در شرایط طرح، در جدول شماره 3 ارائه شده است.



شکل 3-تقسیم بندی اراضی در شرایط طرح توسعه دیم

جدول 3- سطح و نسبت اراضی دیم در محدوده مطالعاتی در شرایط طرح

شرایط طرح	سطح (هکتار)	نسبت (درصد)
باغات مثمر	9100	25/3
توسعه جنگل‌کاری	12000	33/3
گیاهان علوفه‌ای و دارویی	3500	9/7
طرح به زراعی	11418	31/7
جمع	36018	100

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دفتر پژوهش‌های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان به واسطه حمایت‌های مالی قدردانی می‌نمایند.

منابع

حیدرپور، ن.، بهرامی، ه.، منصوری، ی. و حجتی س. 1397. امکان‌سنجی تعیین نواحی کاشت محصولات گندم و کلزا در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی حوضه مارون استان خوزستان). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. 0(2). 473-489.

خورشیددوست، ع.، حسینی، س.ا. و محمدپور، ک. 1390. تعیین مکان‌های مناسب برای کشت کلزا در استان کردستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). دانش آب وخاک21(3). 37-48.

علوی زاده، س. اسماعیل‌پور، ع. م. و حسین‌زاده کرمانی، م.1392. امکان‌سنجی نواحی مستعد کشت زعفران در دشت کاشمر با استفاده از (GIS). فصلنامه زراعت و فناوری زعفران. 1(1). 79-95.

کاظمی، ح .1393. پهنه بندی بوم شناختی اراضی کشاورزی شهرستان گرگان جهت کشت آفتابگردان. نشریه پژوهش های تولید گیاهی. 21(1). 25-47.

کافی، م.، گنجعلی. ع.، نظامی ا. و شریعتمدار، ف. 1379. آب و هوا و عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. 11 ص.

Burrough, P.A. 1989 Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. J. Soil Sci. 40: 447–92.

Eaalem, M., Camber, A., and Fisher, P. 2011. A comparison of Fuzzy AHP and ideal point methods for evaluation land suitability. Trans. GIS J. 15: 3. 329-346.

FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. Food and Agricultural Organization. Rome,76p.

Hamzeh, S.M., Mokarram, M. and Alavipanah, S.K. 2014. Combination of Fuzzy and AHP methods to assess land suitability for barley: Case Study of semi-arid lands in the southwest of Iran. Desert. 19: 2. 173-181.

Jafari, S. and zaredar, N. 2010. Land Suitability analysis using multi attribute decision making approach. Inter. J. Environ. Sci. Dev. 1: 5. 441-445.

Joss, B.N., Hall, J., Sidders, D.M. and Kedy, T.J. 2008. Fuzzy-logic modeling of land suitability for hybrid poplar across the prairie province of Canada. Environ Monit Assess. 141: 79-96.

McBratney, A.B. and Odeh, I.O.A. 1997. Application of Fuzzy sets in soil science: Fuzzy logic, fuzzy measurements and fuzzy decisions. Geoderma. 77: 85-113.

Newhall, F. and Berdanier, C.R. 1996. Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. Natural Resources Conversations Service, Soil Survey Investigation Report,13p.

Pontius, R.G.J. and Cheuk, M.L. 2006. A generalized cross-tabulation matrix to compare soft classified maps at multiple resolutions. Inter. J. Geograph. Inf. Sci. 20: 1-30.

Saaty, T.L. 1977 A scaling method for priorities in hierarchical structures. J. Math. Psychol.15: 234-81.

Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. New York, McGraw–Hill, 267p.

Saaty, T.L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences. 1: 83-97.

Tang, H., Debaveye, J., Ruan, D. and Van Ranst, E. 1991. Land suitability classification based on fuzzy set theory. Pedologie. 3: 277-290.

Van Ranst, E. and Tang, H. 2011. Fuzzy reasoning versus Boolean logic in land suitability assessment. Malaysi. J. Soil Sci. 3: 39-58.

Van Ranst, E., Tang, H., Groenemans, R. and sinthurahat, S. 2010. Application of fuzzy logic to land suitability for rubber production in peninsular Thailand. Geoderma. 70: 1. 1-19.

Voogd, H. 1983 Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning. London, Pion, 380p.

Young, A. and Goldsmith, P.F. 1977. Soil survey and land evaluation in developing countries: A case study in Malawi. Geograph. J. 143: 407-431.

مقایسه طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری قطره‌ای و بارانی دشت ارایض استان خوزستان

پیوند پاپن [1]، بیژن نظری [2]، شیدا شاهین زاده [3]

[1] کارشناس سازمان آب و برق خوزستان، payvand_p2006@yahoo.com

[2] استاد دانشگاه بین المللی امام خمینی قزوین

[3] کارشناس سازمان آب و برق خوزستان

چکیده

کاهش منابع آب و محدود بودن مخازن آب پاک نیاز به استفاده کارآمدتر از آب برای تولید غذا دارد. هدف از این تحقیق ارزیابی قابلیت آبیاری اراضی دشت ارایض استان خوزستان در جنوب غربی ایران برای روش‌های آبیاری تحت‌فشار بود. جهت بررسی وضعیت خاک دشت ارایض تعداد 181 پروفیل و 181 مته حفاری تشریح و نمونه‌برداری شد و آزمایش‌های موردنیاز انجام شد. خصوصیات خاک منطقه موردمطالعه شامل بافت خاک، عمق خاک، محتوای کربنات کلسیم خاک، شوری خاک، خصوصیات زهکشی و شیب زمین در مطالعه نیمه تفصیلی دقیق خاک در دشت ارایض استخراج شد. مطالعات انجام شده در این اراضی در مقیاس نیمه تفصیلی بوده و سری‌های خاک در سیزده سری قرار گرفتند پس از تجزیه‌وتحلیل خصوصیات خاک، با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشهٔ قابلیت آبیاری تحت‌فشار اراضی تولید شد. مطالعات و بررسی‌های انجام شده نشان داد که بیش از 80 درصد اراضی منطقه ارایض برای آبیاری قطره‌ای و بارانی در کلاس قابل‌کشت قرار گرفته‌اند و قابلیت کشت بیش از 12 درصد اراضی دارای محدودیت‌هایی برای آبیاری قطره‌ای و بارانی است.

کلمات کلیدی: آبیاری، ارایض، بارانی، قطره‌ای

مقدمه

در حال حاضر کمبود آب یکی از چالش‌های اساسی در اکثر کشورها است که از عوامل اصلی آن می‌توان به افزایش تقاضای آب در اثر افزایش جمعیت، توسعه اقتصادی کشورها، آلودگی و کاهش کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی و نهایتاً کاهش عرضه آب در اثر مدیریت ناپایدار اشاره نمود (طراز کار و همکاران، 1395). معضل کمبود آب در کشورهای خشک و نیمه خشک از جمله ایران نیز عامل اصلی محدودیت کشاورزی است (شاهرخ‌نیا و زارع، 1399). استفاده از روش‌های آبیاری مدرن می‌تواند در افزایش مقدار کارایی مصرف آب محصولات کشاورزی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک نقش موثری داشته باشد (شیرین‌زاده و همکاران، 1401). استان خوزستان در جنوب غربی ایران از قطب‌های کشاورزی کشور است. مطابق آمار سازمان جهاد کشاورزی، مجموع سطح زیر کشت استان در سال 1398، برابر با 1/3 میلیون هکتار بوده که حدود 81 درصد آن به کشت آبی اختصاص دارد. مجموع تولید حاصل از این اراضی نیز برابر 13/7 میلیون تن گزارش شده که حدود 97 درصد آن مربوط به اراضی آبی است (سالاری و همکاران، 1401).

تناسب یک قطعه زمین، توانایی طبیعی آن برای حمایت از یک هدف مشخص می‌باشد. بر اساس روش سازمان خواربار جهانی، این هدف باکیفیت اراضی مانند مقاومت به فرسایش، دسترسی به آب و خطر سیل‌گیری، که قابل‌اندازه‌گیری نمی‌باشند، ارتباط دارد. این کیفیت‌ها تحت‌تأثیر خصوصیات قابل‌اندازه‌گیری اراضی مانند زاویه و طول شیب، بارندگی و بافت خاک می‌باشند (Bond, 2002). سایس و

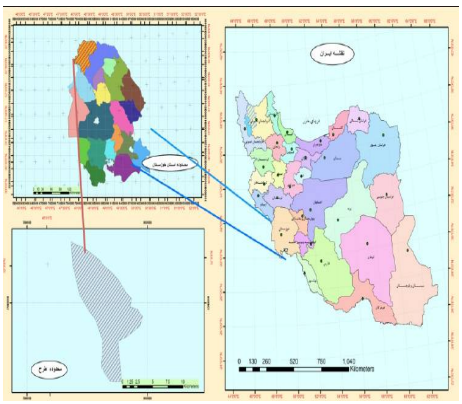
همکاران (1991) یک سیستم همگن بر اساس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک برای اهداف آبیاری ارائه نمودند. در این روش عوامل مؤثر بر تناسب خاک برای آبیاری عبارت‌اند از: خصوصیات فیزیکی مانند قابلیت نفوذ و مقدار آب قابل‌استفاده، خصوصیات شیمیایی مانند شوری، قلیاییت و اسیدیته خاک، خصوصیات زهکشی و توپوگرافی.

تحقیقات متعددی به‌منظور ارزیابی تناسب اراضی برای روش‌های آبیاری از روش ارزیابی همگن سایس استفاده نموده‌اند. خادمی و خدادادی دهکردی (1397) طی پژوهشی 2060 هکتار از اراضی منطقه میانگران شهرستان ایذه در استان خوزستان را برای آبیاری سطحی و تحت‌فشار (قطره‌ای و بارانی) مورد ارزیابی قرار دادند. بامطالعه روش‌های موجود ارزیابی تناسب اراضی و باتوجه‌به اطلاعات موجود، روش همگن (استوری و ریشه دوم) و محدودیت ساده برای مطالعه انتخاب گردیدند. آن‌ها اعلام نمودند نتیجه روش همگن در عمل به واقعیت نزدیک‌تر بود. مهم‌ترین عوامل محدودکننده برای آبیاری سطحی بافت خاک، آهک و عمق خاک و برای آبیاری بارانی و قطره‌ای نیز بافت خاک و آهک بودند. نجفی آقامیرلو و همکاران (1400) از دو روش سیستم استنتاج فازی و همگن برای ارزیابی تناسب اراضی برای کاربرد روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی در منطقه جنوب شهرستان اهر در استان آذربایجان شرقی استفاده نمودند. بر اساس روش همگن، برای آبیاری بارانی حدود 3 درصد از اراضی در رده بسیار مناسب (S1)، حدود 70 درصد در رده نسبتاً مناسب (S2) و حدود 25 درصد نیز در رده تا حدودی مناسب (S3) قرار گرفتند. با استناد به نقشه‌های تهیه شده حدود 5000 هکتار از اراضی موردمطالعه و حاشیه رودخانه اهرچای دارای رده نسبتاً مناسب برای آبیاری قطره‌ای (S2) بودند. نظر به موارد مطرح شده، این پژوهش باهدف ارزیابی قابلیت آبیاری تحت‌فشار اراضی دشت ارایض در استان خوزستان انجام گردید.

مواد و روش‌ها

دشت ارایض به وسعت 7785 هکتار خالص بین عرض جغرافیایی /3201 o تا /3203 o شمالی و طول جغرافیایی /06 48o تا /2648o شرقی قرار دارد. این دشت از شمال به دشت دوسالق، از طرف جنوب به دشت باغه، از طرف شرق به رودخانه کرخه، ازطرف غرب به کانال اصلی دشت‌های پای پل محدود می‌باشد. تپه‌های لخیضر نیز در سطح وسیعی، این دشت را از دشت دوسالق جدا می‌سازد.

دشت ارایض در جنوب غربی ایران واقع در دشت خوزستان می‌باشد. این دشت در جنوب شهر اندیمشک و در ساحل راست رودخانه کرخه و جاده اهواز اندیمشک (حدفاصل پل ناجیان و پل عبدالخان) قرار گرفته و برای دسترسی به آن باید از رودخانه کرخه عبور کرد. در حال حاضر از طریق پل‌های ناجیان (در مسیر جاده شوش- فکه) و عبدالخان (واقع در منتهی‌الیه بخش جنوبی اراضی) امکان عبور از رودخانه کرخه و دسترسی به اراضی دشت ارایض فراهم می‌باشد. بعلاوه در حوالی پل ناجیان و به‌موازات رودخانه کرخه جاده خاکی بین روستایی دشت‌های دوسالق و ارایض احداث گردیده که در مسیر شمال به جنوب امتداد داشته و در انتها به جاده عبدالخان منتهی می‌گردد. طول آن حدود 90 کیلومتر می‌باشد که در حال حاضر بخشی از آن آسفالت شده است. شکل شماره 1 موقعیت محدوده اراضی دشت ارایض در کشور، استان را نشان می‌دهد.



شکل 1- موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی ارایض

به طور کلی منطقه خوزستان از جمله دشت ارایض منطقه‌ای خشک است که از دمای نسبتاً بالایی در طول سال برخوردار بوده و به ندرت دمای آن به زیر صفر می‌رسد. حداکثر و حداقل مطلق درجه‌حرارت هوا در گرمترین روز سال(تیر ماه) به 50 درجه سانتی‌گراد بالای صفر و در سردترین روز سال (دی ماه) به 2 درجه زیر صفر می‌رسد. برای برآورد تبخیر از تشت در دشت از اطلاعات ایستگاه عبدالخان استفاده شده است. متوسط تبخیرسالانه از تشتک تبخیر 3575 میلی‌متر در یک دوره آماری متغیر 16 ساله اندازه گیری شده و حداکثر تبخیر در مرداد ماه حدود 595 میلی‌متر بوده است و متوسط بارندگی 256/8 میلی‌متر می‌باشد.

آب سطحی مورداستفاده در شرایط موجود طرح رودخانه کرخه است. آب این رودخانه در سد مخزنی کرخه ذخیره و به‌وسیله سد تنظیمی، جریان آب تنظیم شده توسط کانال اصلی به دشت‌های پای پل از جمله ارایض انتقال می‌یابد. منطقه موردمطالعه دارای تنوع پوشش گیاهی می‌باشد و گیاهان طبیعی غالب منطقه عبارت‌اند از :گرامینه‌ها، خارشتر، کنگر وحشی، کاسنی، شیرین‌بیان تلخ‌بیان، گون، بومادران و کنار هدف مطالعات حاضر بررسی ارزیابی قابلیت آبیاری ثقلی اراضی و تهیه نقشه پهنه‌بندی آن در محیط GIS است.

منظور از طبقه‌بندی اراضی، تعیین ارزش اراضی از نظر کشاورزی و آبیاری است. این طبقه‌بندی بر اساس راهنمای طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری (نشریه فنی شماره 205 مؤسسه تحقیقات خاک و آب) تهیه و در آن عواملی از قبیل قابلیت نفوذ، بافت خاک سطحی، میزان سنگ‌ریزه در خاک سطحی و تحتانی، میزان شوری و قلیائیت، نوع و عمق طبقه محدودکننده و همچنین عوارض طبیعی از قبیل شیب، پستی‌وبلندی، فرسایش، سیل‌گیری، سطح آب زیرزمینی و وضعیت زهکشی اراضی در نظر گرفته شده است.

در این طبقه‌بندی اراضی به شش کلاس تقسیم می‌شوند:

اراضی کلاس I - قابل‌کشت و مرغوب برای آبیاری و کشاورزی که در روی نقشه به رنگ زرد نشان داده می‌شود.

اراضی کلاس II – قابل‌کشت و مناسب برای آبیاری و کشاورزی که دارای اشکالات و یا محدودیت‌های کمی است این اراضی در روی نقشه به رنگ سبز نشان داده می‌شود.

اراضی کلاس III- قابل‌کشت بر ای زراعت‌های آبی که دارای اشکالات و محدودیت‌های متوسطی می‌باشند و در روی نقشه به رنگ آبی نشان داده می‌شود.

اراضی کلاس IV- فقط در شرایط بخصوص قابل آبیاری است که در روی نقشه به رنگ قهوه‌ای نشان داده می‌شود.

اراضی کلاس V- قابلیت آبیاری این اراضی در حال حاضر تعیین نشده و برای آبیاری دارای اشکالات و محدودیت‌های زیادی است و احتیاج به مطالعات بیشتر و دقیق‌تری برای رفع اشکالات و تعیین قطعی درجه اراضی دارد و در روی نقشه به رنگ صورتی نشان داده می‌شود.

اراضی کلاس VI – اراضی غیرقابل‌کشت که به علت وجود اشکالات و محدودیت‌های بسیار زیاد در شرایط موجود قابل آبیاری و کشاورزی نیست و در روی نقشه به رنگ ارغوانی نشان داده می‌شود.

به استثنا اراضی درجه I که دارای هیچ‌گونه محدودیت زراعی نیست بقیه کلاس‌ها بر حسب محدودیت‌هایی که دارند، به چند تحت کلاس تقسیم می‌شوند که علائم هر یک به شرح زیر می‌باشد:

S- معرف محدودیت خاک از نظر قابلیت نفوذ، بافت خاک سطحی، میزان سنگ‌ریزه خاک سطحی و زیری و عمق مؤثر خاک

A- معرف محدودیت خاک از نظر شوری و قلیائیت

T- معرف محدودیت خاک از نظر وضعیت پستی‌وبلندی، شیب، فرسایش آبی و بادی.

W- معرف محدودیت خاک از نظر آب زیرزمینی، وضع زهکشی، سیل‌گیری و ماندابی.

استاندارد طبقه‌بندی اراضی به طور عمده برای گیاهان معمول زراعی یک‌ساله (غلات و محصولات صنعتی) و تحت آبیاری ثقلی تهیه شده است. این استاندارد برای گیاهان خاص مانند برنج، چای، سبزی‌ها و درختان میوه که نیاز به وضعیت خاصی از اراضی و یا روش‌های

مدیریتی خاص دارند تهیه نشده است. هر چند که در این طبقه‌بندی برای چنین محصولاتی که آبیاری تحت این شرایط را می‌طلبند کلاس IV به‌طورکلی در نظر گرفته شده، اما طبقه‌بندی خاصی به طور جداگانه برای چنین شرایطی در نظر گرفته نشده است.

نتایج و بحث

کلاس و تحت کلاس‌های اراضی برای آبیاری قطره‌ای

جهت بررسی وضعیت خاک دشت ارایض تعداد 181 پروفیل و 181 مته حفاری تشریح و نمونه‌برداری شد و آزمایش‌های موردنیاز انجام شد. مطالعات انجام شده در این اراضی در مقیاس نیمه تفصیلی بوده و سری‌های خاک در سیزده سری قرار گرفتند و مشخص شد که سری خاک‌های گچی و سری خاک‌های با بافت متوسط برای تسطیح مناسب نیستند و سیستم‌های زهکشی باید با مدیریت صحیح طراحی و اجرا شوند. خاک‌های منطقه از رده اریدی‌سول، انتی‌سول و اینسپتی‌سول است. همچنین رژیم رطوبت خاک اریدیک، آکوییک و یوستیک است درحالی‌که رژیم دمای خاک هایپرترمیک است (سازمان آب و برق استان خوزستان، 1392). بر اساس مطالعات خاکشناسی انجام شده در محدوده اراضی ارایض پنج کلاس شامل یازده تحت کلاس و اراضی متفرقه مشخص و در نقشه طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری قطره ای منعکس گردیده که خصوصیات هریک از آنها به شرح زیر است. (جدول شماره 1 و شکل 2 تا 4 مساحت و درصد کلاس و تحت کلاس آبیاری قطره‌ای و شکل 4 پهنه‌بندی طبقه اراضی برای آبیاری قطره‌ای نشان‌داده‌شده است)

اراضی کلاس I -

این اراضی بدون محدودیت‌های چشمگیر بوده و از توان بالایی برخوردار می‌باشند. در اراضی کلاس یک می‌توان طیف وسیعی از گیاهان زراعی را باتوجه‌به شرایط آب‌وهوایی کشت نمود. اراضی کلاس یک از سوددهی بالایی برخوردار هستند. مساحت این اراضی 5223 هکتار یا 67/09 درصد کل اراضی است.

اراضی کلاسII -

این اراضی دارای محدودیت‌هایی با درجه کم می‌باشند که ممکن است مربوط به خاک، شوری، توپوگرافی یا زهکشی باشد. اراضی مذکور گرچه قابل‌کشت است ولی در مقایسه با اراضی کلاس یک و در شرایط مساوی از توان کمتری برخوردار بوده و به همین دلیل انتخاب گیاهان زراعی محدودتر، هزینه‌های مصرفی بیشتر و در نتیجه سود خالص آن نسبت به اراضی کلاس یک کمتر خواهد بود. مساحت این اراضی 1196 هکتار برابر 15/36 درصد کل اراضی است اراضی کلاس دو دارای هفت تحت کلاس است.

اراضی کلاسIII -

درجه محدودیت‌ها در این کلاس متوسط و منشأ آنها ممکن است مربوط به خاک، شوری، توپوگرافی یا زهکشی باشد. در این کلاس تعداد گیاهان زراعی را که می‌توان کشت نمود نسبت به اراضی کلاس دو کمتر، هزینه‌های آماده‌سازی زمین بیشتر و در نتیجه سود خالص نسبت به اراضی کلاس دو کمتر خواهد بود. مساحت این اراضی 164 هکتار برابر 2/11 درصد کل اراضی در محدوده طرح است. اراضی کلاس سه دارای دو تحت کلاس است.

اراضی کلاس V

اراضی با محدودیت‌های نسبتاً شدید برای کشت هر نوع زراعت آبی در شرایط حاضر می‌باشند به‌گونه‌ای که اصلاح آنها در شرایط حاضر به لحاظ فنی یا اقتصادی نیاز به مدیریت شدید دارد. مساحتی بالغ بر 482 هکتار برابر با 6/19 درصد کل اراضی است. شامل یک تحت کلاس می‌باشد.

اراضی کلاسVI

اراضی با محدودیت‌های شدید برای کشت هر نوع زراعت آبی در شرایط حاضر می‌باشند به‌گونه‌ای که اصلاح آنها در شرایط حاضر به لحاظ فنی یا اقتصادی مقدور نمی‌باشد. مساحت این اراضی 525 هکتار برابر 6/74 درصد کل اراضی است. اراضی کلاس چهار دارای یک تحت کلاس است.

اراضی متفرقه

اراضی متفرقه در محدوده طرح شامل سه واحد به شرح زیر است.

IV/U

شامل مناطق مسکونی، شهرک‌های در حال احداث و اراضی تخصیص‌یافته به تأسیسات صنعتی و روستاها می‌باشد. مساحت آن 25 هکتار برابر 0/32 درصد کل اراضی است.

VI/RW

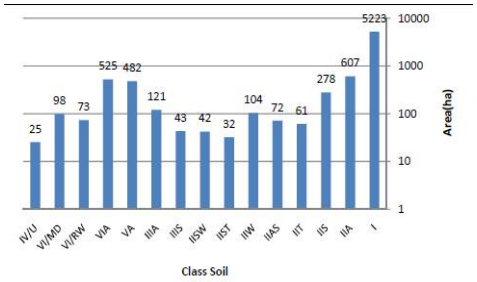
شامل اراضی بستر سنگلاخی رودخانه و مسیل‌ها است. مساحت آن 73 هکتار برابر 0/94 درصد کل اراضی است.

VI/MD

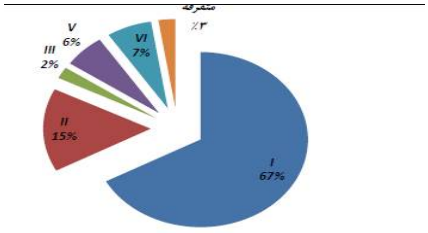
شامل زهکش‌های اصلی و کانال‌های انتقال آب است. مساحت آن 98 هکتار برابر 1/26 درصد کل اراضی است.

جدول 1- مساحت و درصد کلاس و تحت کلاس آبیاری قطره‌ای در محدوده طرح ارایض

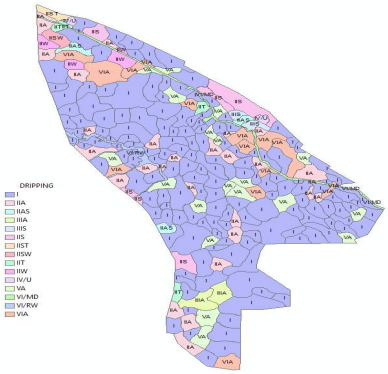
علایم		مساحت (هکتار)		درصد	
کلاس	تحت کلاس	کلاس	تحت کلاس	کلاس	تحت کلاس
I	-	5223	5223	67.09	67.09
II	S	278	1196	3.57	15.36
	A	607		7.80	
	T	61		0.78	
	ST	32		0.41	
	AS	72		0.92	
	W	104		1.34	
	SW	42		0.54	
III	S	43	164	0.55	2.11
	A	121		1.55	
V	A	482	482	6.19	6.19
VI	A	525	525	6.74	6.74
متفرقه	VI/RW	73	196	0.94	2.52
	VI/MD	98		1.26	
	IV/U	25		0.33	
جمع کل		7785	778	100	100



شکل 2- مساحت کلاس و تحت کلاس طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری قطره‌ای



شکل 3- درصد کلاس‌های طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری قطره‌ای



شکل 4- پهنه‌بندی طبقه اراضی برای آبیاری قطره‌ای

کلاس و تحت کلاس‌های اراضی برای آبیاری بارانی

بر اساس مطالعات خاک‌شناسی انجام شده در محدوده مطالعه شامل پنج کلاس، چهارده تحت کلاس و اراضی متفرقه مشخص و در نقشه طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری بارانی منعکس گردیده که خصوصیات هر یک از آنها به شرح زیر است. (جدول شماره 2 و شکل 5 و 6 مساحت و درصد کلاس و تحت کلاس آبیاری بارانی و شکل 7 پهنه‌بندی طبقه اراضی برای آبیاری بارانی نشان‌داده‌شده است)

اراضی کلاس I -

این اراضی بدون محدودیت‌های چشمگیر بوده و از پتانسیل بالایی برخوردار می‌باشند. در اراضی کلاس یک می‌توان طیف وسیعی از گیاهان زراعی را باتوجه‌به شرایط آب‌وهوایی کشت نمود. اراضی کلاس یک از سوددهی بالایی برخوردار هستند.

مساحت این اراضی 3103 هکتار یا 39/86 درصد کل اراضی است.

اراضی کلاس II -

این اراضی دارای محدودیت‌هایی با درجه کم می‌باشند که ممکن است مربوط به خاک، شوری، توپوگرافی یا زهکشی باشد. اراضی مذکور گرچه قابل‌کشت است؛ ولی در مقایسه با اراضی کلاس یک و در شرایط مساوی از پتانسیل کمتری برخوردار بوده و به همین دلیل انتخاب گیاهان زراعی محدودتر، هزینه‌های مصرفی بیشتر و در نتیجه سود خالص آن نسبت به اراضی کلاس یک کمتر خواهد بود. مساحت این اراضی 2550 هکتار برابر 32/76 درصد کل اراضی است اراضی کلاس دو دارای هشت تحت کلاس است.

اراضی کلاس III -

درجه محدودیت‌ها در این کلاس متوسط و منشأ آنها ممکن است مربوط به خاک، شوری، توپوگرافی یا زهکشی باشد. در این کلاس تعداد گیاهان زراعی را که می‌توان کشت نمود نسبت به اراضی کلاس دو کمتر، هزینه‌های آماده‌سازی زمین بیشتر و در نتیجه سود خالص نسبت به اراضی کلاس دو کمتر خواهد بود. مساحت این اراضی 808 هکتار برابر 10/38 درصد کل اراضی در محدوده طرح است. اراضی کلاس سه دارای چهار تحت کلاس است.

اراضی کلاس V

اراضی با محدودیت‌های نسبتاً شدید برای کشت هر نوع زراعت آبی در شرایط حاضر می‌باشند به‌گونه‌ای که اصلاح آن‌ها در شرایط حاضر به لحاظ فنی یا اقتصادی نیاز به مدیریت شدید دارد.

مساحتی بالغ بر 603 هکتار برابر با 7/75 درصد کل اراضی است. شامل یک تحت کلاس می‌باشد.

اراضی کلاس VI

اراضی با محدودیت‌های شدید برای کشت هر نوع زراعت آبی در شرایط حاضر می‌باشند به‌گونه‌ای که اصلاح آن‌ها در شرایط حاضر به لحاظ فنی یا اقتصادی مقدور نمی‌باشد.

مساحت این اراضی 525 هکتار برابر 6/74 درصد کل اراضی است. اراضی کلاس چهار دارای یک تحت کلاس است.

اراضی متفرقه

اراضی متفرقه در محدوده طرح شامل سه واحد به شرح زیر است. مساحت آن 196 هکتار برابر 2/32 درصد کل اراضی است.

IV/U

شامل مناطق مسکونی، شهرک‌های در حال احداث و اراضی تخصیص‌یافته به تأسیسات صنعتی و روستاها می‌باشد. مساحت آن 25 هکتار برابر 0/32 درصد کل اراضی است.

VI/RW

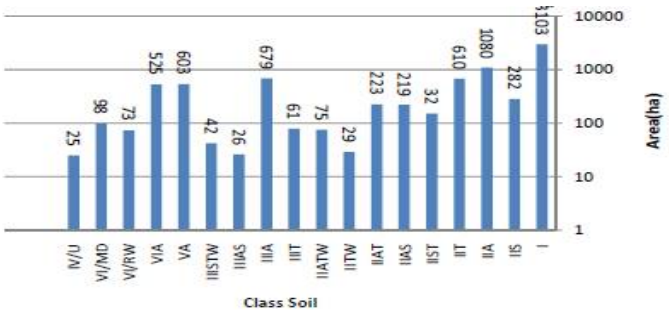
شامل اراضی بستر سنگلاخی رودخانه و مسیل‌ها است. مساحت آن 73 هکتار برابر 0/94 درصد کل اراضی است.

VI/MD

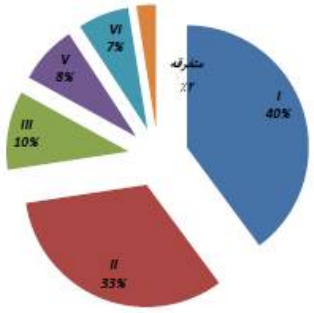
شامل زهکش‌های اصلی و کانال‌های انتقال آب است. مساحت آن 98 هکتار برابر 1/26 درصد کل اراضی است.

جدول 2- مساحت و درصد کلاس و تحت کلاس آبیاری بارانی درمحدوده طرح ارایض

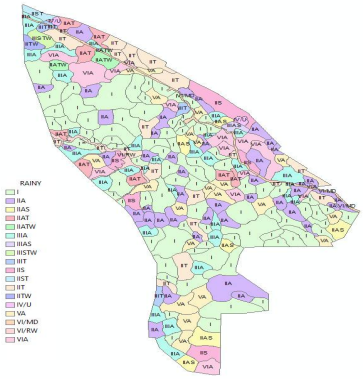
علایم		مساحت (هکتار)		درصد	
کلاس	تحت کلاس	کلاس	تحت کلاس	کلاس	تحت کلاس
I	-	3103	3103	39.86	39.86
II	S	282	2550	3.62	32.76
	A	1080		13.87	
	T	610		7.84	
	ST	32		0.41	
	AS	219		2.81	
	AT	223		2.86	
	TW	29		0.37	
	ATW	75		0.96	
III	T	61	808	0.78	10.38
	A	679		8.72	
	AS	26		0.33	
	STW	42		0.54	
V	A	603	603	7.75	7.75
VI	A	525	525	6.74	6.74
متفرقه	VI/RW	73	196	0.94	2.52
	VI/MD	98		1.26	
	IV/U	25		0.32	
جمع کل		7785	7785	100.00	100



شکل 5- مساحت کلاس و تحت کلاس طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری بارانی



شکل 6- درصد کلاس‌های طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری بارانی



شکل 7- پهنه‌بندی طبقه اراضی برای آبیاری بارانی

نتیجه‌گیری

جهت بررسی وضعیت خاک دشت ارایض تعداد 181 پروفیل و 181 مته حفاری تشریح و نمونه‌برداری شد و آزمایش‌های موردنیاز انجام شد. مطالعات انجام شده در این اراضی در مقیاس نیمه تفصیلی بوده و سری‌های خاک در سیزده سری قرار گرفتند و مشخص شد که سری خاک‌های گچی و سری خاک‌های با بافت متوسط برای تسطیح مناسب نیستند و روش‌های زهکشی باید با مدیریت صحیح طراحی و اجرا شوند. مطالعات و بررسی‌های انجام شده نشان داد که 84/56 درصد اراضی منطقه ارایض برای آبیاری قطره‌ای در کلاس قابل‌کشت قرار گرفته‌اند و قابلیت کشت 12/93 درصد اراضی دارای محدودیت‌هایی برای آبیاری قطره‌ای است و برای آبیاری بارانی83 درصد اراضی منطقه در کلاس قابل‌کشت و 14/49 درصد اراضی دارای محدودیت‌هایی برای آبیاری بارانی هستند.

باتوجه‌به نتایج آزمایشگاهی مقدار کربن آلی و عناصر پر مصرف (K , P , N) در اکثر خاک‌های منطقه در حد بسیار پائین می‌باشد که این امر نشانگر حاصلخیزی بسیار اندک این خاک‌ها است. باتوجه‌به فقیر بودن خاک‌های منطقه از لحاظ مواد آلی و عناصر پر مصرف و قابلیت استفاده اندک عناصر کم‌مصرف به دلیل شرایط pH و غیره توصیه می‌شود که زارعین کاه و کلش حاصل از محصول گندم و جو را بجای تعلیف احشام و یا سوزاندن آنها، با خاک مزرعه‌شان مخلوط کرده تا ضمن بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، میزان مواد آلی خاک نیز افزایش یابد. همین‌طور با استفاده از توصیه‌های بهینه کودی، مصرف متعادل همه عناصر غذایی مدنظر قرار گیرد.

قدردانی

نویسندگان مقاله از دفتر پژوهش‌های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان و دانشگاه شهید چمران اهواز به واسطه حمایت‌های مالی قدردانی می‌نمایند.

منابع

خادمی، ط. و خدادادی دهکردی، د. 1397. ارزیابی تناسب اراضی برای روش های آبیاری سطحی و تحت فشار در منطقه میانگران دشت ایذه. همایش ملی راهبردهای مدیریت منابع آب و چالش های زیست‌محیطی. ساری، ایران.

سازمان آب و برق استان خوزستان. 1392. گزارش نیمه تفصیلی دقیق خاکشناسی دشت ارایض استان خوزستان. ایران.

سازمان آب و برق استان خوزستان. 1394. گزارش هواشناسی دشت ارایض استان خوزستان. ایران.

سالاری، س.، کار اندیش، ف.، حقیقت‌جو، پ. و آلدایا، م. 1401. استفاده کارآمد و پایدار از منابع آبی خوزستان با تدوین بنچ مارک های ردپای آب. فصلنامه حفاظت منابع آب و خاک، 12(1)، 49-35.

شاهرخ نیا، م. و زارع، ح. 1399. تعیین بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آبیاری درختان انجیر دیم استهبان. مجله پژوهش آب در کشاورزی، 34(3)، 335-317.

شیرین زاده، ن.، بیگلویی، م.، اخوان، ک. و محمدی، ع. 1401. تأثیر کم آبیاری و روش آبیاری بر بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد گندم. مجله به زراعی کشاورزی، 24(2)، 296-283.

طرازکار، م.، زیبایی، م. و سلطانی، غ. 1395. بهره برداری بهینه از مخزن سد درودزن با تأکید بر بهره‌وری آب کشاورزی. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، 24(96)، 25.

نجفی آقامیرلو، ف.، شهبازی، ف.، جعفرزاده، ع. و حسن‌پور، ر. 1400. ارزیابی تناسب اراضی برای توسعه آبیاری قطره‌ای و بارانی با استفاده از سیستم استنتاج فازی و روش پارامتریک. هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه تجدید حیات حکیمانه خاک و حکمروائی حکیمانه آب. کرج، ایران.

Bond, W .J. 2002. Assessing site suitability for an effluent plantation. In Mckenzie, N .J., Coughlan, K and Cresswell, H. (Eds). Soil physical Measurement and Interpretation for land Evalution. CSIRO Publishing, pp. 351-359.

Sys, C., Van Ranst, E. and Debaveye, J. 1991. Land Evaluation, Part l, Principles in Land Evaluation and Crop Production Calculations. International Training Centre for Post-graduate Soil Scientists, University Ghent.

محور 4 -

تغییر اقلیم و تأثیر آن بر مدیریت آبیاری

ارزیابی دقت داده‌های بارش مجموعه‌داده‌های ERA5-Land و CHIRPS

رحمان باریده [1]، اصغر فرجنیا [2]، رضا حسن‌پور [3]

[1] محقق مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز، rahman.barideh@gmail.com

[2] محقق مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز

[3] محقق مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز

چکیده

در این مقاله، اهمیت استفاده از مجموعه‌داده‌های بارش جهانی CHIRPS و ERA5-Land موردبررسی قرار گرفت و دقت این دو مجموعه‌داده در بازه زمانی 2010 تا 2020 با داده‌های 13 ایستگاه هواشناسی در محدوده حوضه دریاچه ارومیه مقایسه شد. میانگین شاخص‌های RMSE و R برای داده‌های CHIRPS به ترتیب برابر 9/56 میلی‌متر در ماه و 0/93 و برای داده‌های ERA5-Land برابر 12/64 میلی‌متر در ماه و 0/94 به دست آمد؛ بنابراین، می‌توان بیان کرد که بر اساس RMSE، مجموعه‌داده CHIRPS نسبت به ERA5-Land دقت بالاتری دارد و بر اساس همبستگی (R)، مجموعه‌داده ERA5-Land دارای دقت بهتری است. به‌طورکلی، هر دو مجموعه‌داده دارای دقت قابل‌قبولی هستند و استفاده از هر دو می‌تواند به بهبود دقت و صحت تحلیل‌های اقلیمی کمک کند.

کلمات کلیدی: ایستگاه هواشناسی، بارش، داده‌های شبکه‌بندی شده

مقدمه

داده‌های بارش از اجزاء اساسی در تحلیل‌های علمی و تصمیم‌گیری‌های آگاهانه در بسیاری از زمینه‌ها به شمار می‌روند. نبود داده‌های دقیق و دسترسی محدود به اطلاعات می‌تواند منجر به ناتوانی در پیش‌بینی و مدیریت مسائل مربوط به محیط‌زیست، تغییرات اقلیمی و منابع آب شود. در این زمینه، داده‌های معتبر و به‌روز اهمیت ویژه‌ای دارند. بااین‌حال، این داده‌ها در همه‌جا به‌راحتی در دسترس نیستند، بنابراین استفاده از پایگاه‌های داده‌های جهانی می‌تواند بسیار کمک‌کننده باشد.

یکی از منابع اصلی داده‌های اقلیمی، مجموعه‌داده‌های ERA5-Land است که توسط مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان‌مدت (ECMWF) ارائه می‌شود. ERA5-Land یک مجموعه‌داده است که داده‌های اقلیمی را بادقت بالا و در مقیاس زمانی و مکانی وسیع ارائه می‌دهد. این داده‌ها شامل اطلاعاتی مانند بارش، دما، رطوبت خاک و سایر متغیرهای اقلیمی است که برای تحقیقات و مطالعات گوناگون استفاده می‌شود (Fatolahzadeh Gheysari et al., 2024; Hou et al., 2023; Pelosi et al., 2020, 2021; Pelosi and Chirico, 2021).

مجموعه‌داده دیگر که در تحلیل‌های بارش مورداستفاده قرار می‌گیرد، CHIRPS است. CHIRPS داده‌های بارش را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های ایستگاه‌های زمینی تولید می‌کند و داده‌هایی با رزولوشن و دقت بالا برای مطالعات اقلیمی ارائه می‌دهد. این مجموعه‌داده نیز به دلیل گستردگی و دقت بالا، در تحقیقات مختلفی مانند تحلیل الگوهای بارش و تأثیرات تغییرات اقلیمی استفاده می‌شود (Barideh and Nasimi, 2022; Prakash, 2019).

هدف ما در این مطالعه ارزیابی دقت داده‌های بارش این دو مجموعه‌داده با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی بود. این ارزیابی به ما کمک می‌کند تا دقت و کارایی هر یک از این مجموعه‌داده‌ها را در تحلیل بارش در مناطق مختلف بررسی کنیم و از نتایج آن‌ها در تحقیقات و تصمیم‌گیری‌های آگاهانه بهره‌برداری کنیم.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

این پژوهش در حوزه دریاچه ارومیه واقع در شمال غرب ایران صورت گرفت. این حوضه بین 44 درجه و 13 دقیقه تا 47 درجه و 53 دقیقه طول شرقی و 35 درجه و 40 دقیقه تا 38 درجه و 29 دقیقه عرض شمالی واقع شده است (Barideh et al., 2022).

مجموعه‌داده‌های ERA5-Land

مجموعه‌داده‌های ERA5-Land یکی از جامع‌ترین منابع داده‌های اقلیمی است که توسط مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان‌مدت (ECMWF) تولید و منتشر می‌شود. این مجموعه‌داده‌ها شامل اطلاعات اقلیمی با رزولوشن زمانی ساعتی و مکانی تقریباً 10 کیلومتری است. داده‌های ERA5-Land اطلاعاتی مانند دما، بارش، رطوبت خاک، سرعت باد و سایر متغیرهای اقلیمی را پوشش می‌دهند. این مجموعه داده‌ها از سال 1950 تا به امروز به‌روزرسانی می‌شوند (Fatolahzadeh Gheysari et al., 2024).

مجموعه‌داده‌های CHIRPS

مجموعه‌داده CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data) یکی از منابع معتبر و گسترده برای داده‌های بارش است که توسط گروه مخاطرات اقلیمی (Climate Hazards Group) توسعه داده شده است. این مجموعه‌داده با ترکیب داده‌های بارش ماهواره‌ای و اطلاعات ایستگاه‌های زمینی، داده‌هایی با رزولوشن بالا (5 کیلومتر) و در بازه زمانی گسترده (از سال 1981 تا به امروز) ارائه می‌دهد (Prakash, 2019).

بررسی دقت داده‌های ماهانه بارش

برای بررسی دقت داده‌های ماهانه بارش ERA5-Land و CHIRPS، از داده‌های 13 ایستگاه هواشناسی در حوزه دریاچه ارومیه استفاده شد. این داده‌ها در بازه 10 ساله از سال 2010 تا 2020 جمع‌آوری شدند. برای انجام این مقایسه، از شاخص‌های آماری ضریب همبستگی پیرسون و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد.

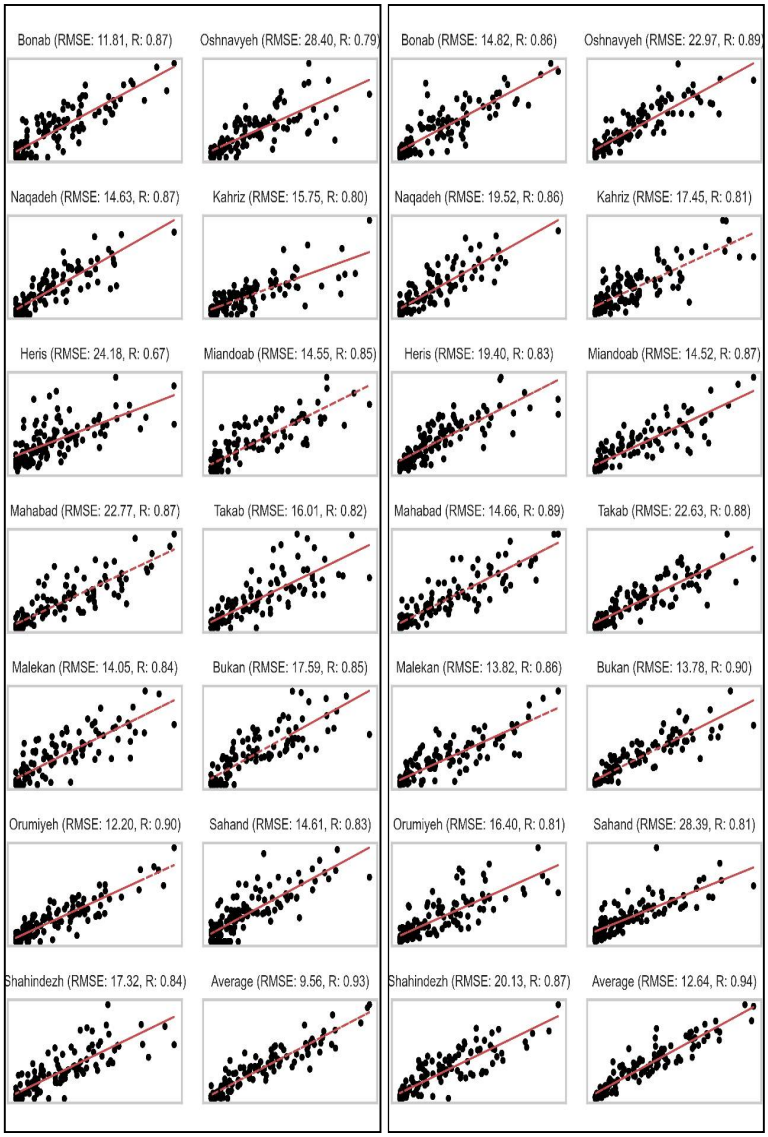
نتایج و بحث

نمودارهای ارائه شده در شکل 1، مقایسه‌ای بین داده‌های بارش ماهانه CHIRPS و ERA5-Land با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی برای 13 منطقه مختلف را نشان می‌دهند.

در مورد داده‌های CHIRPS، مقادیر RMSE بالاتر و همبستگی (R) کمتری نسبت به داده‌های ERA5-Land دیده می‌شود. در بررسی مجموعه‌داده CHIRPS، کمترین و بیشترین مقدار RMSE در ایستگاه‌های بناب و اشنویه با مقادیر 11/81 و 28/4 میلی‌متر در ماه مشاهده گردید. همچنین بیشترین و کمترین مقدار R در ایستگاه‌های ارومیه و هریس با مقادیر 0/9 و 0/67 مشاهده شد. به‌طورکلی میانگین شاخص‌های RMSE و R به ترتیب برابر 9/56 میلی‌متر در ماه و 0/93 به دست آمد.

در بررسی مجموعه‌داده ERA5-Land، کمترین و بیشترین مقدار RMSE در ایستگاه‌های بوکان و سهند با مقادیر 13/78 و 28/39 میلی‌متر در ماه به دست آمد. بیشترین مقدار R در ایستگاه بوکان با مقدار 0/9 و کمترین مقدار R در ایستگاه‌های کهریز، ارومیه و سهند با مقدار 0/91 مشاهده شد. به طور کلی میانگین شاخص‌های RMSE و R به ترتیب برابر 12/64 میلی‌متر در ماه و 0/94 به دست آمد.

به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که بر اساس RMSE مجموعه‌داده CHIRPS نسبت به مجموعه‌داده ERA5-Land دقت بالاتری دارد و بر اساس مقدار R مجموعه‌داده ERA5-Land نسبت به مجموعه‌داده ERA5-Land دارای دقت بهتری است. اما به دلیل اختلاف کم این شاخص‌ها می‌توان نتیجه گرفت که هر دو مجموعه‌داده دارای دقت قابل‌قبولی هستند.



شکل 1- مقایسه‌ای بین داده‌های بارش ماهانه CHIRPS (شکل سمت راست) و ERA5-Land (شکل سمت چپ) با داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی

نتیجه‌گیری

در این مقاله، به اهمیت استفاده از مجموعه‌داده‌های بارش جهانی CHIRPS و ERA5-Land پرداخته شد و دقت این دو مجموعه‌داده در تولید بارش ماهانه با 13 ایستگاه هواشناسی در محدوده حوضه دریاچه ارومیه بررسی گردید. این بررسی‌ها در بازه 10 ساله از 2010 تا 2020 انجام شد. نتایج نشان داد که مجموعه داده CHIRPS مقادیر RMSE بالاتر و همبستگی (R) کمتری نسبت به داده‌های ERA5-Land دارند و بلعکس. در مورد داده‌های CHIRPS به طور کلی میانگین شاخص‌های RMSE و R به ترتیب برابر 9/56 میلی‌متر در ماه و 0/93 به دست آمد. در بررسی مجموعه داده ERA5-Land، میانگین شاخص‌های RMSE و R به ترتیب برابر 12/64 میلی‌متر در ماه و 0/94 به دست آمد. به طور کلی می‌توان بیان کرد که بر اساس RMSE مجموعه داده CHIRPS نسبت به مجموعه داده ERA5-Land

دقت بالاتری دارد و بر اساس مقدار R مجموعه داده ERA5-Land نسبت به مجموعه داده ERA5-Land دارای دقت بهتری است. اما به دلیل اختلاف کم این شاخص‌ها می‌توان نتیجه گرفت که هر دو مجموعه داده دارای دقت قابل قبولی هستند.

منابع

Barideh, R. and Nasimi, F. 2022. Investigating the changes in agricultural land use and actual evapotranspiration of the Urmia Lake basin based on FAO's WaPOR database. Agricultural Water Management, 264, 107509.

Barideh, R., Veysi, S., Ebrahimipak, N. and Davatgar, N. 2022. The challenge of reference evapotranspiration between the WaPOR data set and geostatistical methods. Irrigation and Drainage, 71(5), 1268–1279.

Fatolahzadeh Gheysari, A., Maghoul, P., Ojo, E.R.T. and Shalaby, A. 2024. Reliability of ERA5 and ERA5-Land reanalysis data in the Canadian Prairies. Theoretical and Applied Climatology, 155(4), 3087–3098.

Hou, C., Huang, D., Xu, H. and Xu, Z. 2023. Evaluation of ERA5 reanalysis over the deserts in northern China. Theoretical and Applied Climatology, 151(1–2), 801–816.

Pelosi, A. and Chirico, G. B. 2021. Regional assessment of daily reference evapotranspiration: Can ground observations be replaced by blending ERA5-Land meteorological reanalysis and CM-SAF satellite-based radiation data? Agricultural Water Management, 258, 107169.

Pelosi, A., Bolognesi, S. F., D'Urso, G. and Chirico, G. B. 2021. Assessing crop evapotranspiration by combining ERA5-Land meteorological reanalysis data and visible and near-infrared satellite imagery. 2021 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry, MetroAgriFor 2021 - Proceedings, 285–289.

Pelosi, A., Terribile, F., D'Urso, G. and Chirico, G. B. 2020. Comparison of ERA5-Land and UERRA MESCAN-SURFEX Reanalysis Data with Spatially Interpolated Weather Observations for the Regional Assessment of Reference Evapotranspiration. Water 2020, Vol. 12, Page 1669, 12(6), 1669.

Prakash, S. 2019. Performance assessment of CHIRPS, MSWEP, SM2RAIN-CCI, and TMPA precipitation products across India. Journal of Hydrology, 571, 50–59.

بررسی تغییرات متغیرهای اقلیمی و نیاز آبی در دوره‌های رشد فیزیولوژیک درخت سیب در استان زنجان

سمیرا واحدی [1]، نادر عباسی [2]، ثمر بهروزی‌نیا [3]، حسن شادمان [4]

[1] محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، samva4s@gmail.com

[2] استاد موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی

[3] محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی

[4] محقق بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان

چکیده

درخت سیب یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی است که تغییرات اقلیمی تأثیر قابل‌توجهی بر رشد، نمو و تولید آن دارد. این تغییرات شامل افزایش دما، تغییر الگوهای بارندگی، افزایش فرکانس رخدادهای شدید آب‌وهوایی و افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای می‌شود. در این مقاله، به بررسی تأثیر این تغییرات بر متغیرهای اقلیمی و نیاز آبی درخت سیب در دوره‌های مختلف رشد فیزیولوژیک پرداخته می‌شود. در این راستا از اطلاعات سامانه نیاز آب و اطلاعات اقلیمی 22 سال اخیر (1401-1380) در شهرستان زنجان که بیشترین سطح زیر کشت سیب در استان را دارد استفاده گردید. نیاز آبی درخت سیب در مراحل تشکیل میوه و رشد میوه بیشترین میزان در دوره رشد است که با افزایش دما طی سال‌های اخیر با چالش جدیدی مواجه است. مدیریت آبیاری و اعمال کم‌آبیاری در دوره‌های رشد فنولوژی که کمترین تنش را بر عملکرد درخت دارد راهکار مؤثری در مواجه با این چالش‌ها است.

کلمات کلیدی: تغییرات اقلیمی، درخت سیب، نیاز آبی، آبیاری، آزمون من-کندال

مقدمه

تغییرات اقلیمی می‌تواند به طور مستقیم و غیرمستقیم بر نیاز آبی درخت سیب تأثیر بگذارد. افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی به طور مستقیم باعث افزایش تبخیر تعرق و در نتیجه افزایش نیاز آبی می‌شود. از طرف دیگر، تغییرات در الگوهای بارندگی و افزایش فرکانس رخدادهای شدید آب‌وهوایی می‌تواند به طور غیرمستقیم بر دسترسی درخت به آب و در نتیجه بر نیاز آبی آن تأثیر بگذارد. بررسی تغییرات متغیرهای اقلیمی و نیازهای آب در دوره‌های رشد فیزیولوژیکی درختان سیب، جنبه‌های قابل‌توجهی را نشان می‌دهد. تحقیقات در زمینه تغییرات متغیرهای اقلیمی و نیاز آبی در دوره‌های رشد فیزیولوژیک درخت سیب نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی می‌تواند تأثیرات قابل‌توجهی بر نیاز آبی و رشد فیزیولوژیک این درختان داشته باشد. به‌عنوان‌مثال، مطالعه‌ای در منطقه Loess Plateau چین نشان داد که تقاضای آب درختان سیب در این منطقه بین 500 تا 950 میلی‌متر متغیر است و تغییرات اقلیمی می‌تواند به کاهش غیر قابل‌توجهی در تناسب آب در آینده منجر شود (Gao et.al., 2018). همچنین، مدیریت آبیاری بهینه می‌تواند تأثیرات مثبتی بر رشد فیزیولوژیک و جذب مواد مغذی درختان سیب داشته باشد. تحقیقی در کشمیر هند نشان داد که آبیاری در سطح 100% تبخیر تعرق محصول (ETc) می‌تواند سطح برگ را تا 60% افزایش دهد و تأثیرات مثبتی بر جذب مواد مغذی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم داشته باشد (Mushtaq, 2021). درختان سیب دارای تحمل بالایی به خشکی هستند و می‌توانند در شرایط کم آبی به رشد و فتوسنتز ادامه دهند. این تحمل به دلیل توانایی برگ‌های سیب در حفظ پتانسیل تورگور و تنظیم اسمزی است (Nenko, 2019). گرم شدن هوا یک

تنش جدی در تولید درختان میوه سردسیری مانند سیب است و نواحی مناسب برای کشت سیب در کشور تا سال 2090، حدود 46/7 درصد کاهش می‌یابد. بنابراین برای تأمین نیاز سرمایی، نواحی کشت سیب از دشت‌ها به ارتفاعات کشیده خواهند شد (احمدی و همکاران، 2019). در مجموع، این مطالعات بر تعامل حیاتی بین متغیرهای آب و هوایی و مدیریت آب در کشت درخت سیب تأکید می‌کند.

روش تحقیق

در این تحقیق از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی فرودگاه در شهر زنجان که بیشترین سطح زیر کشت سیب در استان زنجان را دارد استفاده گردید. در یک دوره 22ساله (1401-1380) از اطلاعات دما، بارش و نیاز آبی که با استفاده از سامانه نیاز آب استخراج شده است استفاده گردید. همچنین اطلاعات مراحل فنولوژی با استفاده از بازدیدهای میدانی و نظرات کارشناسان مرتبط گردآوری گردید. متغیرهای هواشناسی تنها عوامل مؤثر بر تبخیر تعرق گیاه مرجع می‌باشند. بنابراین، تبخیر تعرق گیاه مرجع یک نمایه وابسته به اقلیم است و می‌توان آن را بر مبنای داده‌های هواشناسی محاسبه کرد.

برای محاسبه نیاز آبی گیاهان (تبخیر تعرق استاندارد) نیاز به محاسبه تبخیر تعرق مرجع و تعیین ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد است. تبخیر تعرق گیاهان تحت شرایط استاندارد (ETc) مربوط به گیاهان بدون بیماری است که کود کافی دریافت کرده و در سطح وسیع با رطوبت مطلوب خاک کشت شده و بیشترین عملکرد را در شرایط اقلیمی مشخص تولید کرده است و از فرمول (1) محاسبه می‌شود.

$$ET_O \times K_c = ET_C \quad (1)$$

ET_0: تبخیر تعرق گیاه مرجع که از متغیرهای هواشناسی محاسبه می‌شود و K_C: ضریب گیاهی که از جداول فائو تعیین و بر اساس شرایط اقلیمی اصلاح می‌گردد.

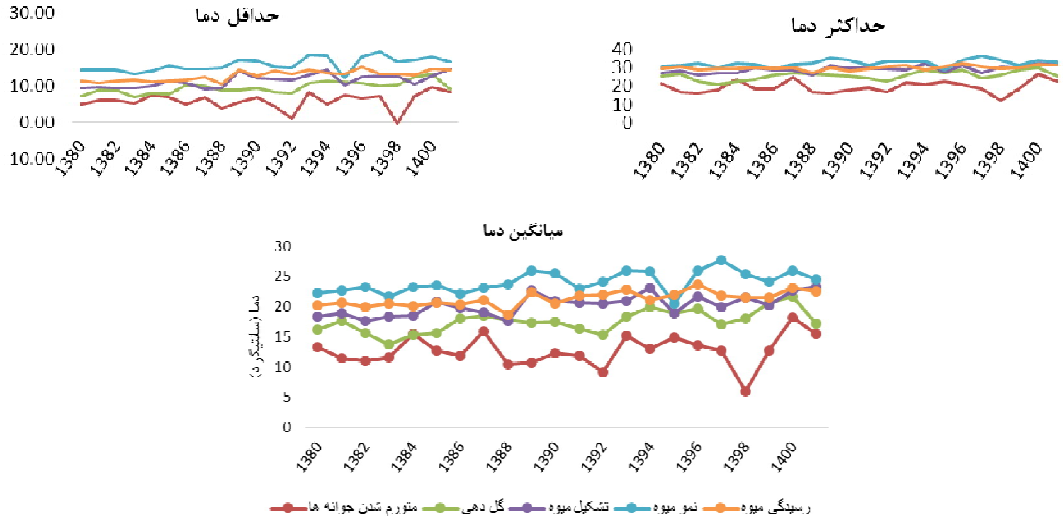
کلیه محاسبات برای دوره‌های رشد فنولوژی سیب به دست آمد. دوره رشد سیب در شهرستان زنجان را مطابق جدول 1 در نظر گرفتیم. و در نهایت با آزمون من- کندال روند تغییرات ویژگی‌ها به دست آمد.

جدول1- تاریخ دوره‌های رشد فنولوژیک درخت سیب در شهرستان زنجان

شروع دوره رشد	متورم‌شدن جوانه‌ها	گل‌دهی	تشکیل میوه	نمو میوه	رسیدگی میوه	پایان دوره رشد
30 فروردین	31 فروردین تا 9 اردیبهشت	28 اردیبهشت تا 10 خرداد	11 خرداد تا 25 خرداد	5 تیر تا 5 مرداد	30 مرداد تا 5 مهر	30 مهر

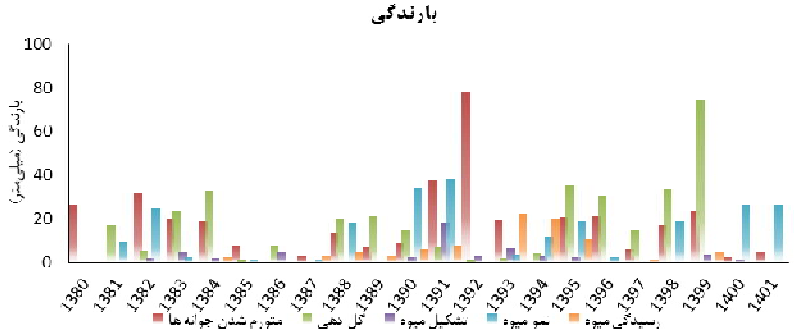
نتایج

تغییرات ویژگی‌های دمایی و بارندگی در طول دوره رشد و مراحل فنولوژی درخت سیب در شهرستان زنجان در شکل 1 و 2 ترسیم شده است.

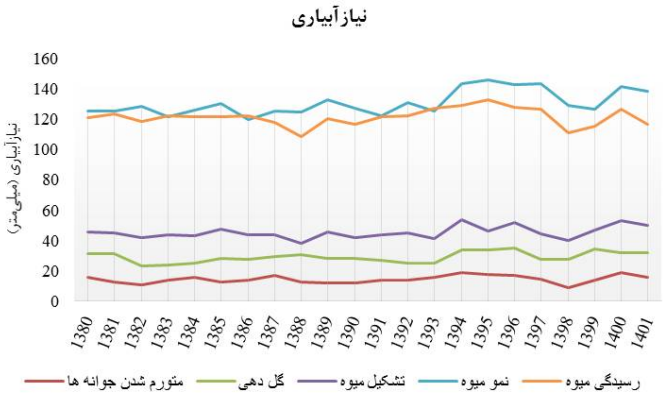


شکل1- تغییرات دما (کمینه، بیشینه و میانگین) در دوره‌های فنولوژی درخت سیب– شهرستان زنجان

بررسی نتایج تغییرات اقلیم طی بازه 22ساله در شهرستان زنجان، بیانگر افزایش دما طی سال‌های اخیر است (شکل 1). با مقایسه این روند با آزمون من-کندال تغییرات میانگین دما به‌جز دوره متورم شدن جوانه‌ها روند مثبت در حد 1 درصد مشاهده گردید. تغییرات بارندگی در طول دوره‌های رشد معنی‌دار نبود. در دوره رشد متورم شدن جوانه‌ها و تشکیل میوه روند کاهشی نشان داد.



شکل2- تغییرات بارندگی در دوره‌های فنولوژی درخت سیب– شهرستان زنجان



شکل3- تغییرات نیاز آبیاری درخت سیب در دوره‌های فنولوژی – شهرستان زنجان

میانگین نیاز آبی خالص درخت سیب در شهرستان زنجان (1401-1380) در حدود 586 میلی‌متر در دوره رشد است و نیاز آبیاری استاندارد آن (با کسر بارش مؤثر) 534 میلی‌متر به دست آمد. باتوجه‌به تغییرات نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد دوره نمو میوه بیشترین نیاز آبی را در طول دوره رشد دارد. بیشترین اثر تغییر اقلیم در دوره نمو میوه مشاهده گردید. تغییرات اقلیمی تأثیر قابل‌توجهی بر نیاز آبی درخت سیب دارد. به نظر می‌رسد تغییرات افزایشی دما و کاهشی بارش موجب تغییر در دوره‌های رشدی درخت سیب و افزایش نیاز آبی درخت سیب گردد. برای مقابله با این تغییرات، کشاورزان باید از روش‌های مدیریت آبیاری دقیق و پایدار استفاده کنند. همچنین، تحقیقات بیشتری برای توسعه ارقام مقاوم به خشکی و روش‌های جدید مدیریت آبیاری در شرایط تغییر اقلیم ضروری است.

منابع

احمدی، ح.، فلاح قالهری، غ.ع. و گودرزی، م. 1397. برآورد و تعیین الگوی فضایی نیاز آبی درخت سیب در ایران. اکوهیدرولوژی، 5(1)، 149-160. doi: 10.22059/ije.2017.237443.665

Bhattacharjee, P., Warang, O., Das, S. and Das, S. 2022. Impact of Climate Change on Fruit Crops:- A Review. Curr World Environ;17(2). DOI:http://dx.doi.org/10.12944/CWE.17.2.4

Gao, X., Wang, A., Zhao, Y., Zhao, X., Sun, M., Du, J. and Gang, C. 2018. Study on Water Suitability of Apple Plantations in the Loess Plateau under Climate Change. International Journal of Environmental Research and Public Health; 15(11):2504. https://doi.org/10.3390/ijerph15112504

Mushtaq, R., Sharma, MK., Mir, JI., Mansoor, S., Mushtaq, K., Popescu, SM., Malik, AR., El-Serehy, HA., Hefft, DI., Bhat, SA. and et al. 2021. Physiological Activity, Nutritional Composition, and Gene Expression in Apple (Malus domestica Borkh) Influenced by Different ETc Levels of Irrigation at Distinct Development Stages. Water; 13(22):3208. https://doi.org/10.3390/w13223208

Nenko, N.I., Kiseleva, G.K.,Ulyanovskaya, E.V.,Yablonskaya, E.K. and Karavayeva, A.V. 2019. Physio-biochemical criteria for apple tree tolerance to summer abiotic stresses. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya. 54. 158-168. 10.15389/agrobiology.2019.1.158eng.

بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی میزان تبخیر تعرق حوزه آبخیز رودخانه میناب

مریم عباس‌زاده[1]، علیرضا زاهدیان[2]، مریم زارع رشکوئیه[3]، الهه مویدی[4]

[1] دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان، M65.abbz@gmail.com،

[2] رئیس اداره بهره‌برداری و نگهداری از سد سرنی،

[3] رئیس گروه تحقیقات کاربردی شرکت آب منطقه‌ای هرمزگان،

[4] رئیس گروه مطالعات آب‌های سطحی شرکت آب منطقه‌ای هرمزگان

چکیده

تغییرات اقلیم میزان بارش، دما و تبخیر تعرق حوزه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. این تغییرات بخصوص در مناطق خشک که فعالیت‌های کشاورزی به‌صورت گسترده انجام می‌شود و تقاضا برای منابع آبی در حال افزایش است، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. در این مطالعه، در مرحله اول اقلیم آینده حوزه آبخیز رودخانه میناب در جنوب ایران با درنظرگرفتن سه گزینه تغییر اقلیم خوش‌بینانه، متوسط و بدبینانه مدل‌های GCM فاز ششم (CanESM5)، در دوره آتی (2021-2050) مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد اثرات تغییرات اقلیم بر روی تبخیر تعرق حوزه با استفاده از مدل هیدرولوژیک SWAT بررسی شد. برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل هیدرولوژیکی از داده‌های آب‌سنجی ایستگاه خروجی حوزه استفاده شد. نتایج نشان داد که به طور متوسط در همه گزینه‌ها میزان بارش، دمای بیشینه و دمای کمینه به ترتیب تا 36 درصد، 8 و 12 درصد نسبت به دوره پایه (1989-2014) روند افزایشی دارد. هم‌چنین نتایج نشان داد، تغییرات افزایشی در دمای کمینه بیشتر از دمای بیشینه است که می‌تواند موضوع مهمی در بخش کشاورزی باشد. تغییرات اقلیم باعث افزایش تبخیر تعرق واقعی تا 12/8 درصد شد که باتوجه‌به افزایش بارش و دما در دوره‌های آتی بسیار محتمل بود. یافته‌های این تحقیق برای توسعهٔ پایدار حوزه آبخیز بسیار ضروری و مثمرثمر است.

کلمات کلیدی: تبخیر تعرق، تغییر اقلیم، گزینه‌های گزارش ششم، مدل هیدرولوژیک

مقدمه

بررسی روند بارش، دما و تبخیر تعرق در یک منطقه می‌تواند تأثیرات بسزایی در چرخه هیدرولوژیکی و میزان منابع آب در دسترس داشته باشد. مدیریت منابع آبی به‌خصوص در مناطق خشک کشورهای درحال‌توسعه به همراه بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی این منابع باارزش بسیار مهم و ضروری می‌باشد. بسیاری از محققان برای پیش‌بینی داده‌های هواشناسی آینده حاصل از تغییرات اقلیمی از مدل‌های گردش عمومی جو (GCM) استفاده می‌نمایند. این مدل‌ها حجم زیادی از داده‌های اقلیمی را در دوره‌های تاریخی، حال حاضر و آینده تحت گزینه‌های مختلف اقلیمی، پیش‌نمایی می‌کنند. مدل‌های گزارش ششم IPCC توسعه‌یافته‌ترین این مدل‌ها هستند.

مدل SWAT یا ابزار ارزیابی آب‌وخاک برای شبیه‌سازی‌های هیدرولوژیک به‌خصوص میزان تبخیر تعرق در حوزه‌های مختلف بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد و بسیاری از محققین برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی متغیرهای هیدرولوژیکی از آن بهره گرفته‌اند. Getachew و همکاران (2021) با استفاده از دما و بارش پیش‌نمایی شده مدل اقلیمی CanESM2 و نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به دوره‌های آینده متغیرهای هیدرولوژیک مانند جریان خروجی از حوزه آبخیز و تبخیر تعرق واقعی در حوزه دریاچه Tana تا انتهای قرن را مورد بررسی قرار دادند. Shashidhar و Tirupathi (2020) تأثیر تغیر اقلیم بر روی متغیرهای هیدرولوژیک

رودخانه کریشنا در هند را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند مدل SWAT کارایی مناسبی در شبیه‌سازی متغیرهای هیدرولوژیک دارد. Samavati و همکاران (2023) تغییرات تبخیر تعرق واقعی و جریان خروجی از حوزه آبخیز را درحوزه خشک کوهستان الوند موردبررسی قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تبخیر تعرق در فصل مرطوب نسبت به فصل خشک در دوره‌های آتی به‌احتمال زیاد افزایش بیشتری پیدا خواهد کرد.

حوزه آبخیز رودخانه میناب در یکی از مناطق خشک در جنوب ایران واقع شده است. این منطقه به‌عنوان قطب صیفی‌جات و دیگر محصولات کشاورزی شناخته شده است. بررسی تغییرات تبخیر تعرق واقعی بسیار ضروری به نظر می‌رسد، در حوزه آبخیز رودخانه میناب تغییرات جریان ورودی به دریاچه سد استقلال توسط غلام‌پور و حسینی (1394)، با استفاده از مدل SWAT بررسی شد. در این تحقیق سعی شده است تغییرات اقلیمی تا سال 2050 و اثر آن بر روی تبخیر تعرق در این حوزه با بهره‌گیری از مدل هیدرولوژیکی SWAT بررسی شود. در این حوزه تقاضا برای منابع آبی به علت تغییرات جمعیت و گستردگی فعالیت‌های کشاورزی در حال افزایش است به همین دلیل انجام مطالعاتی از این قبیل دارای اهمیت ویژه‌ای برای این حوزه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

داده‌های اقلیمی مربوط به زمان‌های آینده از سایت پروژه ISIMIP[1] دانلود شدند. داده‌های مهیا شده در این وب‌سایت تا سی دقیقه (نیم درجه) ریزمقیاس گردیده‌اند. این داده‌ها شامل بارش، دمای بیشینه و کمینه بودند که در سه گزینه خوش‌بینانه (SSP1-2.6)، گزینه متوسط رو به بدبینانه (SSP3-7.0) و گزینه بدبینانه (SSP5-8.5) افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای می‌باشد، ارائه گردیدند. همچنین نقشه خاک منطقه از وب‌سایت سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد[2] استخراج گردیده است و نقشه کاربری اراضی از سنجنده +ETM مربوط به سال 2005 تهیه گردیده است. همچنین مدل ارتفاع رقومی منطقه از داده‌های سنجنده ASTER استخراج گردید.

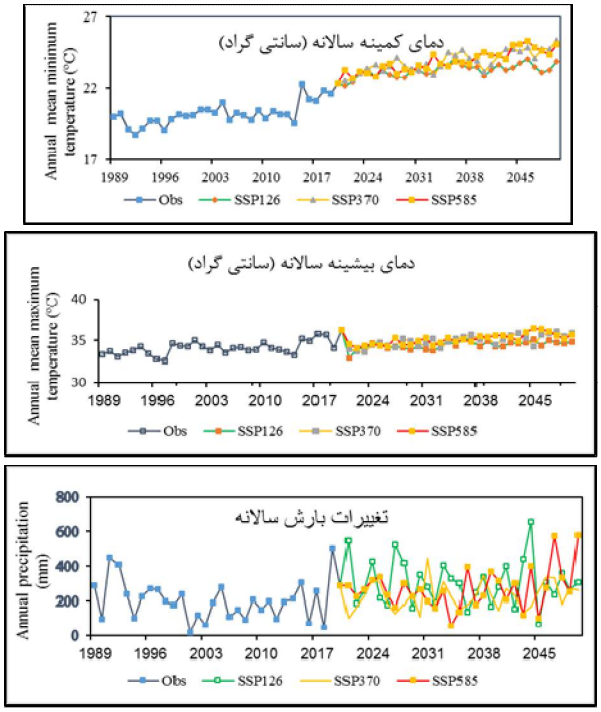
مدل هیدرولوژیکی SWAT برای شبیه‌سازی تبخیر تعرق واقعی در حوزه میناب مورداستفاده قرار گرفت. برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل از داده‌های هیدرومتری ایستگاه برنطین در خروجی حوزه استفاده گردید. واسنجی مدل در طول 16 سال از 1993 تا 2008 و اعتبارسنجی از 2009 تا 2015 برای داده‌های ماهانه جریان انجام گرفت. سپس شبیه‌سازی تبخیر تعرق در گزینه‌های مختلف تا سال 2050 صورت گرفت و با دوره پایه (1989-2014) مقایسه گردید.

نتایج و بحث

به‌طورکلی نتایج نشان می‌دهند دمای حوزه و میزان بارش در طی دوره‌های آتی افزایش خواهد یافت (شکل1). همان‌طور که در جدول 1 نشان‌داده‌شده است، افزایش بارش‌ها به میزان 21 درصد، 48 درصد و 20 درصد، متوسط دمای کمینه سالانه 1.6، 2.5 و 2.6 درجه سانتی‌گراد تا سال 2050، در گزینه‌های SSP1-2.6، SSP3-7.0 و SSP5-8.5 به ترتیب افزایش می‌یابد. همان‌طور که در جدول 1 مشاهده می‌شود تغییرات افزایشی در دمای کمینه بیشتر از دمای بیشینه است که می‌تواند موضوع مهمی در بخش کشاورزی باشد Getachew و همکاران (2021) نشان دادند، ایجاد فاصله بیشتر بین دمای حداکثر و حداقل می‌تواند گونه‌های گیاهی حساس را تحت‌تأثیر قرار دهد. بارش در تمام گزینه‌ها تا سال 2080 روند افزایشی را نشان داد که این افزایش در گزینه SSP5-8.5 بیشتر مشهود

[1] Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison project
[2] FAO

است. نتایج مشابهی را می‌توان در تحقیقات گذشته یافت (Azimi Sardari et al., 2019).



شکل 1- روند تغییرات متغیرهای اقلیمی (بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه) در دوره پایه و دوره آینده

جدول 1- متوسط مقادیر سالانه داده‌های اقلیمی در طی دوره‌های آتی

اطلاعات اقلیمی	متوسط پایه	(نرخ تغییرات) مقادیر متوسط پیش‌بینی‌شده (2021-2050)		
		SSP1-2.6	SSP3-7.0	SSP5-8.5
بارش سالانه (میلی‌متر)	204	248 (+%21)	303 (+%48)	246 (+%20)
دمای بیشینه (°C)	33.8	35 (+%4.5)	36.2 (+%7.3)	36.4 (+%7.5)
دمای کمینه (°C)	21	22.6 (+%8)	23.5 (+%12.9)	23.6 (+%12.6)

نتایج شبیه‌سازی مدل سوات

نتایج واسنجی دارای دقت کافی بود (NSE=0.83، R^2=0.84) دو سال ابتدایی مطالعه برای گرم‌کردن مدل در نظر گرفته شد. نتایج شبیه‌سازی مدل در مرحله اعتبارسنجی شامل مقدار 0.8 و 0.79 برای ضرایب NSE و R^2 بود. این نتایج حاکی از آن است که صحت مراحل شبیه‌سازی قابل اعتماد می‌باشد.

تبخیر تعرق

در هر مرحله نرخ تغییرات متوسط تبخیر تعرق در گزینه‌های مختلف اقلیمی با دوره پایه به‌صورت سالانه مورد سنجش قرار گرفت. همان‌گونه که در جدول 2 نشان داده شده است در همه گزینه‌ها میزان تبخیر تعرق افزایش خواهد یافت. تغییرات در تبخیر تعرق منتج از تغییرات وضعیت تعادلی بین بارش‌ها و نیازهای تبخیری جو می‌باشد (Budyko,1974). بنابراین با افزایش دما و بارش در میزان تبخیر تعرق تغییرات افزایشی مشاهده خواهد شد.

جدول 2- شبیه‌سازی اثرات تغییرات اقلیم بر روی میزان تبخیر تعرق واقعی حوزه آبخیز رودخانه میناب

متغیر	مقادیر متوسط دوره پایه	مقادیر متوسط پیش‌بینی‌شده (2021-2050)		
		SSP1-2.6	SSP3-7.0	SSP5-8.5
تبخیر تعرق سالانه (میلی‌متر)	142.7	151(5.8%)	154.9(8.5%)	149.1(4.5%)

نتیجه‌گیری

در این مطالعه اثرات تغییرات اقلیم تبخیر تعرق حوزه آبخیز رودخانه میناب با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT موردبررسی قرار گرفت. این مدل‌سازی در گزینه‌های مختلف اقلیمی SSP1-2.6، SSP3-7.0 و SSP5-8.5 صورت پذیرفت. میزان بارش، دمای بیشینه و کمینه در مقایسه با دوره پایه در مقیاس متوسط سالانه افزایش پیدا کرد. همچنین نتایج تبخیر تعرق حاصل از شبیه‌سازی مدل با متغیرهای هیدرولوژیکی دوره پایه (1989-2014) مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد میزان تبخیر تعرق در همه گزینه‌ها در طی دوره‌های آتی تا سال 2050 افزایش یابد. یافته‌های این تحقیق برای توسعهٔ پایدار حوزه آبخیز بسیار ضروری و مثمرثمر می‌باشد.

منابع

غلام‌پور، م. و حسینی، م. 1394. مقایسه پیش‌بینی و برآورد رواناب با استفاده از مدل‌های SWAT و هوش مصنوعی در حوزه سد استقلال میناب، چهارمین همایش ملی سامانه‌های آبگیر سطوح باران، مشهد مقدس

Azimi Sardari, M.R., Bazrafshan, O., Panagopoulos, T. and Sardooi, E.R. 2019. Modeling the Impact of Climate Change and Land Use Change Scenarios on Soil Erosion at the Minab Dam Watershed. Sustainability, 11(3353). https://doi.org/10.3390/su11123353.

Budyko, M.I. 1974. Climate and Life. San Diego, CA:Academic Press, 72–191.

Getachew, B., Manjunathab, B.R. and Bhat., H. G. 2021. Modeling projected impacts of climate and land use/land cover changes on hydrological responses in the Lake Tana Basin, upper Blue Nile River Basin, Ethiopia. Journal of Hydrology 595, 125974. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.125974.

IPCC. 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

Samavati A, Babamiri, O., Rezai, Y. and et al. 2023. Investigating the effects of climate change on future hydrological drought in mountainous basins using SWAT model based on CMIP5 model. Stoch Environ Res Risk Assess 37, 849–875. https:// doi. org/ 10. 1007/ s00477- 022- 02319-7.

Tirupathi, C. and Shashidhar, T. 2020. Investigating the impact of climate and land-use land cover changes on hydrological predictions over the Krishna river basin under present and future scenarios, Science of the Total Environment: Volume 721, 137736. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137736.

بررسی تأثیر تعدیل تقویم زراعی بر بهره‌وری آب سیب‌زمینی در ایران در طول قرنِ بیست و یکم

مجتبی هادی‌زاده [1]، خداداد ده‌مرده [2]

[1] محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سیستان، hadizadeh.mojtaba1986@gmail.com

[2] محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سیستان

چکیده

گرمایش جهانی یکی از مهم‌ترین چالش‌های عصر حاضر است که به افزایش تدریجی دمای متوسط کره زمین اشاره دارد. این پدیده عمدتاً به دلیل افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو رخ می‌دهد. بخش کشاورزی، به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب شیرین در جهان، یکی از مهم‌ترین بخش‌های متأثر از این پدیده است. در این پژوهش تأثیر تغییر اقلیم بر بهره‌وری آب سیب‌زمینی در پنج ایستگاه اردبیل، همدان نوژه، اصفهان، همدان فرودگاه و کاشان با استفاده از مدل گیاهی Aquacrop و بر اساس گزینه‌های مختلف تغییر اقلیم موردبررسی قرار گرفت. از مدل LARS-WG، برای تولید داده‌های هواشناسی بارش و دما در دوره آینده استفاده شد. صحت‌سنجی مدل بر مبنای شاخص‌های NRMSE(36/46-76/12 برای بارش، 58/14-70/1 دمای حداقل، 31/2-21/1 دمای حداکثر) و کارایی مدل (مقادیر نزدیک به یک برای تمامی متغیرها) حاکی از توانایی بالای مدل در شبیه‌سازی مؤلفه‌های اقلیمی در تمام ایستگاه‌ها بود. بررسی داده‌های تولید شده در بازهٔ زمانی 2011 تا 2100 نشان داد که اکثرِ مدل‌های گردش عمومی جو افزایش بارش و دماهای کاردینال را به همراه خواهند داشت. با تعریف گزینه‌های مختلف و تاریخ کاشت با تأخیرهای زمانی 10 روزه شبیه‌سازی انجام شد در مقایسه با دوره پایه، تغییر اقلیم باعث افزایش تبخیر تعرق پتانسیل سالانه در ایستگاه‌های منتخب شد. نتایج شبیه‌سازی رشد و عملکرد سیب‌زمینی نیز بیانگر آن است که صرف‌نظر از تاریخِ کاشت، تعداد روزهای لازم برای تکمیل دورهٔ مختلف رشد گیاه سیب‌زمینی نسبت به دورهٔ پایه کاهش می‌یابد. بر اساس میانگین خروجی‌های 15 مدل گردش عمومی جو تحت هر یک از گزینه‌های A1B، A2 و B1، تغییر اقلیم در ایستگاه‌های اردبیل، اصفهان و همدان نوژه، به ترتیب، 13/6-1/2 درصد، 12/8-3/2 درصد و 13/1-3/9 درصد کاهش در میزانِ کارایی مصرف آب را در مقایسه با دورهٔ پایه به همراه خواهد داشت. این در حالی است که روند ثابتی در ایستگاه‌های همدان فرودگاه و کاشان مشاهده شد. در مجموع، تغییر اقلیم به‌استثنای برخی موارد محدود، غالباً باعثِ 0/12 تا 12/3 درصد کاهش در میزان بهره‌وری آب در مقایسه با دورهٔ پایه (2010-1980) خواهد شد.

کلمات کلیدی: مدل گردش عمومی جو، سیب‌زمینی، تغییر اقلیم، مدل Aquacrop

مقدمه

تغییر اقلیم یکی از چالش‌های مهم برای آینده کشاورزی است که نتیجه بی‌توجهی به آن، به‌خطرافتادن امنیت غذایی جوامع است. ازاین‌رو پیش‌بینی تغییرات اقلیمی ضروری به نظر می‌رسد. محققان به‌منظور شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی، اقدام به طراحی مدل‌های ریزمقیاس کرده‌اند. ازجمله مدل‌هایی که در روش‌های آماری استفاده می‌شوند CLIMGEN، GEM، LARS-WG، SDSM و ... هستند. این مدل‌ها سری‌های زمانی روزانه متغیرهای هواشناسی همانند بارش، دما و تشعشع خورشیدی را تولید می‌نمایند (Racsko et al, 1991). LARS-WG یکی از مدل‌های ریزمقیاس ساز است که در عین پیچیدگی کمتر فرایند شبیه‌سازی و داده‌های ورودی و خروجی، توانایی بالایی در پیش‌بینی تغییر اقلیم دارد (Semonov & Stratonovith, 2010). سایر متغیرهای آب‌وهوایی همانند سرعت باد و نقطه شبنم را

می‌توان توسط این مدل شبیه‌سازی نمود (Parlange et al., 2000). در مطالعه‌ای به مقایسه دو مدل SDSM و LARS-WG جهت شبیه‌سازی بارش‌های شدید در حوزه کلوتا واقع در جزیره جنوبی نیوزلند پرداخته شد؛ نتایج حاصل نشان داد که هر دو مدل توانایی‌هایی مشابه و خوبی در شبیه‌سازی بارش‌های شدید دارند و قابل استفاده برای پیش‌بینی‌های اقلیمی می‌باشند (Hashmi et al., 2011). در مطالعه‌ای دیگر به مقایسه سه مدل Climgen، Weatherman و LARS-WG در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در سه اقلیم مختلف گرگان، گنبد و مشهد پرداختند، نتایج؛ حاکی از کارایی بهتر LARS-WG در شبیه‌سازی متغیر حداقل دما در منطقه‌های گرگان و مشهد است (Hajjarpour et al., 2014). پس از غلات، سیب‌زمینی یکی دیگر از محصولات مهم محسوب شده که علاوه بر ارزش غذایی، دارای ارزش صنعتی نیز می‌باشد. طبق گزارش‌های سازمان خوار و بار و کشاورزی ملل متحد[1]، تولید جهانی سیب‌زمینی در سال 2020 حدود 359 میلیون تن بوده است. سیب‌زمینی در بیش از 150 کشور در سطح بیش از 20 میلیون هکتار کشت می‌شود. این محصول نقش مهمی در امنیت غذایی جهانی دارد و برای بهبود معیشت کشاورزان خرده‌پا و کاهش فقر اهمیت دارد، آسیا بیشترین سهم را در تولید سیب‌زمینی دارد و حدود 54 درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است (FAO, 2022).

بحث آب سبز و لزوم توجه به آن برای اولین‌بار توسط فالکن مارک در سال 1997 مطرح شد (Falkenmark, 1997). آب آبی مجموع رواناب سطحی و تغذیه آب‌های زیرزمینی عمیق است که متفاوت از تعریف آب سبز است. فالکن مارک و راکستروم[2] آب سبز را شامل دو مؤلفه جریان آب سبز و منبع آب سبز دانسته‌اند. شول[3] و همکاران (2008) عنوان ذخیره آب سبز را به‌جای منبع آب سبز به کار گرفته‌اند. بر طبق تعریف شول و همکاران (2008)، ذخیره آب سبز مقدار آب موجود در نیم‌رخ خاک و جریان آب سبز معادل تبخیر تعرق واقعی است که در قالب تبخیر از سطح خاک و آب و تعرق از پوشش گیاهی وارد هوا می‌شود. در واقع ذخیره آب سبز قسمتی از منابع آب تجدیدپذیر با برگشت اقتصادی بوده که منبع اصلی کشاورزی دیم است. آبِ سبز یکی از مهم‌ترین منابع آبی در تأمین نیاز آبی گیاه است، زیرا برخلافِ آب آبی که باید با صرف هزینه در اختیار گیاه قرار بگیرد، می‌تواند به‌صورت مستقیم و بدون صرفِ انرژی در طول دورهٔ رشد گیاه اتفاق افتاده و بخشی از نیازِ آبی آن را تأمین کند (Karandish et al., 2015). از سویی دیگر، کشاورزیِ دیم در شرایطی امکان‌پذیر خواهد بود که بارندگی بتواند پاسخگوی تبخیر تعرق گیاه در طول فصل رشد باشد.

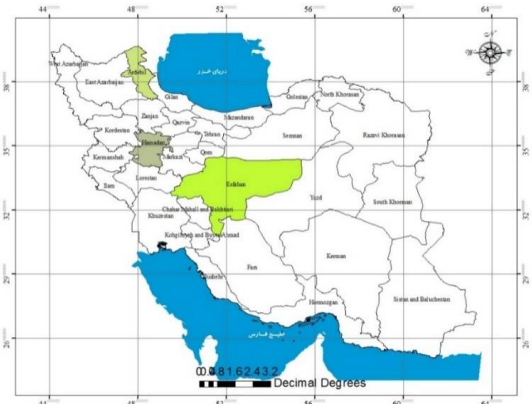
ازآنجایی‌که تغییر اقلیم می‌تواند با تأثیر بر میزان بارندگی، حجم آب سبز و متعاقباً، میزان ذخیرهٔ رطوبت در خاک را تغییر دهد، لذا انتظار می‌رود تا وقوع این پدیدهٔ جهانی، میزانِ کارایی مصرف آبِ سیب‌زمینی را تغییر دهد. برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گیاهان زراعی، می‌توان از مدل‌های گیاهی استفاده کرد (حجارپور و همکاران، 1392). با تولید داده‌های روزانه سال‌های آینده می‌توان خروجی این مدل‌های ریزمقیاس کننده را به‌عنوان ورودی مدل‌های گیاهی لحاظ و میزان عملکرد محصولات کشاورزی را تحت تغییرات اقلیمی دهه-های آتی برآورد کرد. یکی از مدل‌های که برای شبیه‌سازی رشد محصول با استفاده از سری‌های طولانی داده‌های اقلیمی گذشته می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد، مدل AquaCrop است (نصیری اردلی و همکاران، 1393). مدل AquaCrop یکی از مدل‌های گیاهی است که در مناطق مختلف جهان از جمله ایران مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج مطلوبی در مقایسه با اندازه‌گیری‌های صحرایی داشته است (پیرمرادیان و شمس نیا، 1393). مدل مذکور ضمن استفاده از تعداد نسبتاً اندکی از پارامترهای معین که مستقیماً قابل‌اندازه‌گیری هستند، دارای توازن مناسبی بین سادگی و دقت و همچنین دارای توانایی بالا در شبیه‌سازی است (بافکار، 1392).

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعاتی در این پژوهش شاملِ استان‌های اردبیل، همدان و اصفهان می‌باشد (شکل 1). این استان‌ها با داشتن سهمی فراتر از

[1] FAO
[2] Falkenmark and Rockstrom
[3] Schuol

50 درصد در تولید سیب‌زمینیِ کشور، به ترتیب دارای اقلیم‌هایِ نیمه‌خشک و فراخشک می‌باشند. به‌منظور تحلیلِ گرمایش جهانی بر متغیرهای اقلیمی، چهار ایستگاه سینوپتیک با نام‌های اردبیل، فرودگاه همدان، اصفهان و کاشان واقع در محدودهٔ مطالعاتی انتخاب شد. شکل 1 محدودهٔ مطالعاتی در ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد.



شکل 1- محدوده‌ی مطالعاتی (الف) و موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک در استان‌های منتخب (ب)

آشکارسازی اثرات تغییر اقلیم

به‌منظور بررسی اثر تغییر اقلیم بر متغیرهای مهم اقلیمی همچون دما و بارش از مجموعه مدل‌های گردش عمومی جو (GCM) استفاده شد. اگرچه روش‌های متعددی برای شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی وجود دارد، اما معتبرترین آن‌ها استفاده از داده‌های مدل‌های GCM می‌باشد. این مدل‌ها سه‌بعدی بوده و با لحاظ روابط فیزیکی حاکم بر اتمسفر، کریوسفر، بیوسفر و هیدروسفر، قادرند روش‌های اقلیمی را با لحاظ نمودن اکثر فرایندها در مقیاس جهانی و یا قاره‌ای شبیه‌سازی کنند (خیراندیش و همکاران، 1392). بااین‌وجود، مدل‌های GCM تنها قادر به شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در مقیاس بزرگ بوده و ضعف عمده این مدل‌ها در قدرت تفکیک مکانی کم آن‌ها است که برای فائق آمدن بر این مشکل، لازم است خروجی این مدل‌ها قبل از استفاده در مطالعات ارزیابی اثرات تغییر اقلیم ریزمقیاس نمایی شوند. بدین منظور، می‌توان از ریز مقیاس‌سازی آماری و ریز مقیاس‌سازی پویا استفاده نمود (Abbasi et al., 2010). اگرچه استفاده از مدل‌های پویا در ریز مقیاس‌سازی، نتایج مقبول‌تری را در ارزیابی‌های اقلیمی ارائه می‌دهد، اما لزوم استفاده از رایانه‌های سرعت بالا، زمان‌بر و پرهزینه بودن شبیه‌سازی با این مدل‌ها، استفاده از آن‌ها را محدود ساخته است. این در حالی است که مدل‌های آماری ضمن ایجاد اطلاعات اقلیمی موردنیاز در مقیاس ایستگاهی از خروجی‌های GCM، دارای مزایایی از جمله ارزان‌بودن، بی‌نیاز بودن از محاسبات و قابلیت انتقال آسان در تولید یکپارچه گزینه‌های اقلیمی جهت تحلیل ریسک و عدم قطعیت می‌باشد (Alizade et al., 2010)؛ لذا، در این مطالعه، ضمن ارزیابی نتایج شبیه‌سازی مدل آماری LARS-WG، ریز مقیاس‌سازی و پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی بر اساس گزینه‌های A1B، A2 و B1 در 15 مدل گردش عمومی جو صورت گرفت.

مدل‌سازیِ گیاهی

برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گیاهان زراعی، می‌توان از مدل‌های گیاهی استفاده کرد (حجارپور و همکاران، 1392). با تولید داده‌های روزانه سال‌های آینده می‌توان خروجی این مدل‌های ریزمقیاس کننده را به‌عنوان ورودی مدل‌های گیاهی لحاظ و عملکرد محصولات کشاورزی را تحت تغییرات اقلیمی دهه‌های آتی برآورد کرد. یکی از مدل‌هایی که برای شبیه‌سازی رشد محصول با استفاده از سری‌های طولانی داده‌های اقلیمی گذشته می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد، مدل AquaCrop است (نصیری اردلی و همکاران، 1393). مدل AquaCrop، یک مدل گیاهی است که در مناطق مختلف جهان از جمله ایران مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج مطلوبی در مقایسه با اندازه‌گیری‌های صحرایی داشته است (پیرمرادیان و شمس‌نیا، 1393). این مدل همانند برنامه CROPWAT بر روابط عملکرد نسبی و

تبخیر تعرق نسبی، اما با برخی ویژگی‌های خاص استوار است (Doorenbos & Kassam, 1979).

((1)

که در آن، Yx حداکثر عملکرد، Ya عملکرد واقعی، ETx حداکثر تبخیر تعرق، ETa تبخیر تعرق واقعی و Ky ضریب تناسب بین کاهش عملکرد نسبی و کاهش نسبی تبخیر تعرق است.

نرم‌افزار AquaCrop از طریق تفکیک تعرق گیاه از تبخیر تعرق، بسط مدل رشدی از رشد اولیه تا پیری، پوشش گیاهی، برآورد و پیش‌بینی عملکرد به‌عنوان تابعی از زیست‌تودهٔ نهایی و شاخص برداشت، و نهایتاً تفکیک اثرات تنش آبی در چهار جزء رشد پوشش گیاهی، توسعه‌یافته است. برآورد تعرق گیاه، سبب تفکیک مصارف مفید و غیرمفید می‌شود. تعرق روزانه (Tr) به واسطه تبخیر تعرق پتانسیل روزانه (Eto)و بهره‌وری آب نرمال شده (*WP) مطابق با رابطهٔ 2 به زیست‌توده گیاهی یا قسمت هوایی گیاه تبدیل می‌شود (توکلی، لیاقت، علیزاده، 1392).

$$B \qquad (2)$$

که در آن، *WP بهره‌وری آب نرمال‌شده و مقدار آن برای گیاه مشخص در شرایط اقلیمی مشابه، ثابت است (Hanks, 1983) و پس از نرمال کردن بهره‌وری آب برای شرایط اقلیمی متفاوت، مقدار آن به یک عامل ثابت تبدیل می‌شود (Steduto, Hsiao, Fereres, 20007). مزیت معادلهٔ مورداستفاده در مدل AquaCrop این است که شبیه‌سازی فرایندهای رشد گیاه در این نرم‌افزار با استفاده از گام‌های زمانی روزانه صورت می‌گیرد، درحالی‌که در رابطهٔ 1، شبیه‌سازی به‌صورت ماهانه یا فصلی و بر اساس ضریب Ky است. در تمام دورهٔ رشد گیاه، مقدار آب ذخیره شده در ناحیه ریشه از طریق بیلان جریان آب ورودی (آب آبیاری و بارش) و خروجی (رواناب سطحی، نفوذ عمقی و تبخیر و تعرق مفید و غیرمفید) در محدوده عمیق رشد و توسعه ریشه شبیه‌سازی می‌شود. میزان ضرایب تنش آبی (KS) مؤثر بر توسعه و بسط پوشش سبزینه‌ای گیاه، هدایت روزنه‌ای تعرق (شدت تعرق در واحد cc)، پیری و کاهش پوشش تاجی و شاخص برداشت به وسیله کسر تخلیهٔ آب در ناحیهٔ ریشه تعیین می‌شود. علاوه‌بر آن، بعضی جنبه‌های مدیریتی و عملکرد نهایی محصول باتوجه‌به مدیریت آبیاری (زمان، میزان و نحوه آبیاری) و میزان محدودیت حاصلخیزی خاک از طریق تأثیر آنها بر توسعهٔ رشد گیاه، بهره‌وری آب و سازگار شدن گیاه به تنش‌ها بیان می‌شود (توکلی و همکاران، 1392).

معیارهای ارزیابی

مقایسه مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شدهٔ متغیرهای اقلیمی با مدل LARS-WG در هر مرحله با استفاده از معیارهای ضریب کارایی مدل (EF)، جذر مجموع مربعات خطای نرمال شده (NRMSE) و درصد خطای نسبی (%Difference) و بر اساس روابط ذیل صورت گرفت (Reddy et al., 2014):

$$E \qquad (3)$$

$$N \qquad (4)$$

$$\% \qquad (5)$$

نتایج و بحث

تقویم زراعی

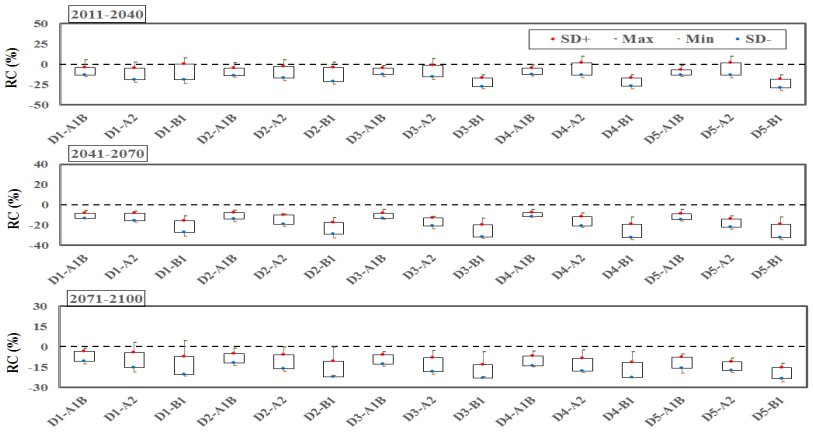
1- بازه‌ی مناسب کشت سیب‌زمینی برای دوره پایه و دوره‌های آتی

زمان کاشت ازجمله مهم‌ترین تاریخ‌ها در تقویم زراعی یک گیاه است، زیرا سایر فعالیت‌های کشاورزی متناسب با آن تعیین می‌شود. کشت زود و یا دیرهنگام با به‌همراه‌داشتن اثراتی همچون افزایش خطر سرمازدگی، شیوع آفات و بیماری‌ها، افزایش طول دورهٔ رشد گیاه و کاهش فرصت لازم برای آماده‌سازی زمین در کشت‌های نوبت دوم می‌تواند خسارت‌های اقتصادی بسیاری را برای گیاهان به همراه داشته باشد (Yegbemey et al., 2013). به همین دلیل در ادامه، تأثیر تغییر اقلیم بر جابه‌جایی بازهٔ مناسب برای کشت سیب‌زمینی بر اساس دماهای آستانهٔ 16 تا 20 درجه‌ی سانتی‌گراد در ایستگاه‌های مختلف بررسی می‌شود.

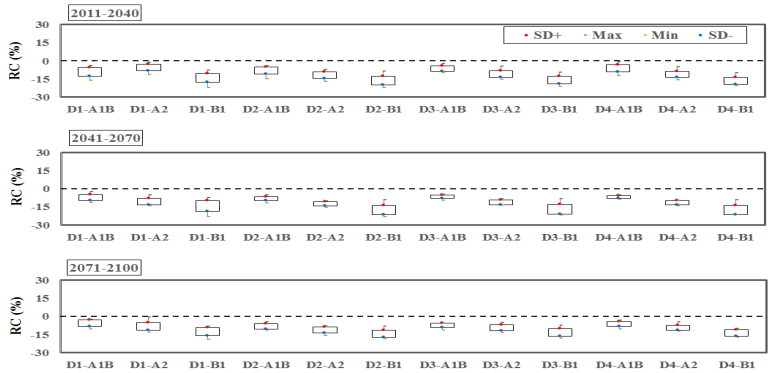
بهره‌وری آب آبیاری سیب‌زمینی تحت وقوع گرمایش جهانی

با استفاده از مقادیرِ پیش‌بینی شده برای عملکرد محصول و مقادیرِ نیازِ آبیاری (تفاضل نیاز آبی گیاه از بارش مؤثر) تحت هر یک از تاریخ‌های کشت در ایستگاه‌های منتخب، مقادیرِ بهره‌وری آب از حاصلِ تقسیمِ عملکرد محصول بر نیاز آبیاری گیاه برای دورهٔ پایه و دوره‌های آینده تحت هریک از مدل‌های گردش عمومی جو در سه گزینهٔ انتشار محاسبه شد و سپس، درصدِ تغییر در این عوامل تحت وقوعِ گرمایش جهانی در مقایسه با دورهٔ پایه برآورد شد. شکل‌های 2 تا 6 مقادیرِ تغییرات نسبی بهره‌وری آب سیب‌زمینی تحت وقوعِ گرمایش جهانی در مقایسه با دوره‌ی پایه را برای گزینه‌های انتشارِ A1B، A2 و B1، به‌ترتیب، در ایستگاه‌های اردبیل، اصفهان، کاشان، همدان- فرودگاه و همدان- نوژه نشان می‌دهد. همچنین، این شکل‌ها، دامنه‌ی عدم‌قطعیتِ ناشی از به‌کارگیریِ مدل‌های مختلف گردش عمومی جو در برآورد میزانِ بهره‌وری آب سیب‌زمینی در اقلیمِ آینده‌ی ایستگاه‌های منتخب در این پژوهش نشان می‌دهد. همانندِ نتایجِ به‌دست آمده برای عملکردِ محصول و کارایی مصرفِ آب، نتایج 35 گروه منتخب (پیش‌بینی‌های مربوط به 15 مدل گردش عمومی جو تحت سه گزینه‌ی A1B، A2 و B1) نشان می‌دهد که اغلب این گروه‌ها باعث کاهش در میزانِ بهره‌وری آب تحت ایستگاه‌های منتخب خواهد شد. در این میان برخی از گروه‌ها استثناً باعث افزایش در بهره‌وری مصرف خواهند شد. هم‌چنین، به‌کارگیری گزینه‌های مختلف نیز نتایجِ غیریکسانی را در پیش‌بینی میزانِ بهره‌وری آب در ایستگاه‌های منتخب در این پژوهش تا سال 2100 خواهند داشت. با این حال، شکل‌های 2 تا 6 نشان می‌دهد که در مقایسه با دوره‌ی 2011-2040، دامنه‌ی عدم‌قطعیتِ مدل‌های گردش عمومی جو و گزینه‌های انتشار در دوره‌ی آینده به استثنای چند موردِ محدود، غالباً کاهش می‌یابد.

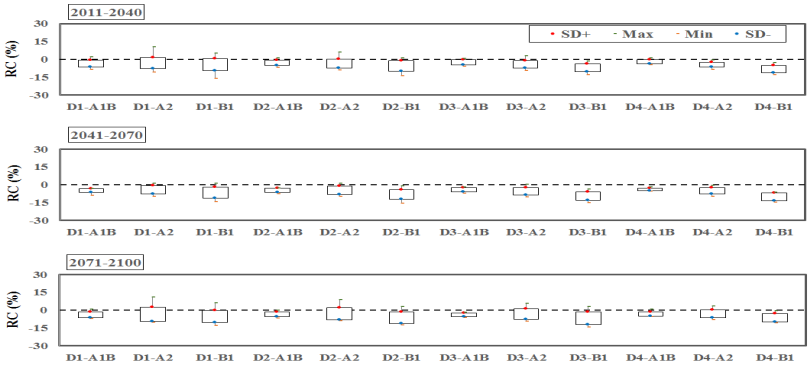
بر اساس نتایج حاصل از میانگین 15 مدل گردش عمومی جو تحت هر یک از گزینه‌های A1B، A2 و B1، تغییراقلیم به استثنای برخی موارد محدود، غالباً باعثِ 0/12 تا 12/3 درصد کاهش در میزان بهره‌وری آب در مقایسه با دوره‌ی پایه (2010-1980) خواهد شد. صرفنظر از ایستگاه‌های مختلف و دوره‌هایِ زمانیِ آینده، کاهش بهره‌وری آب تحت گزینه‌های A2 و B1 بیش‌تر از گزینه‌ی A1B بود. به طور کلی می‌توان اذعان داشت که تعویق کشت در ایستگاه اردبیل می‌تواند نتایجِ نامطلوب‌تری را در مقایسه با کشت‌های زودهنگام در اقلیمِ آینده‌ی این ایستگاه به همراه داشته باشد. همچنین 10 و 20 روز تعویق کشت سیب‌زمینی در ایستگاه کاشان نیز میزان کاهش در بهره‌وری آب را تا 38/5-144/5 درصد شدت می‌بخشد، لکن 30 روز تعویق کشت نتایجِ بهتری را از دیدگاه شاخصِ بهره‌وری آب به همراه خواهد.



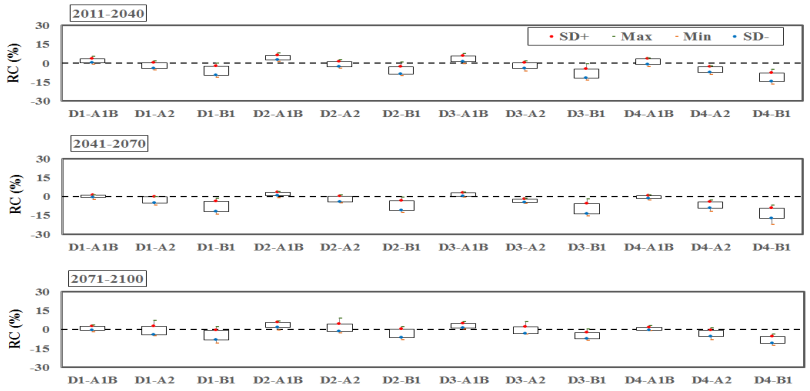
شکل 2- میزانِ تغییرِ بهره‌وری آبِ آبیاریِ سیب‌زمینی در ایستگاه اردبیل تحت وقوعِ گرمایش جهانی در گزینه‌هایِ انتشار مختلف در بازه-های زمانیِ ابتدایی (2040-2011)، میانی (2070-2041) و انتهایی (2100-2071) نسبت به دوره‌ی پایه (2010-1980) و دامنه‌ی عدم‌قطعیتِ مدل‌های گردش عمومی جو



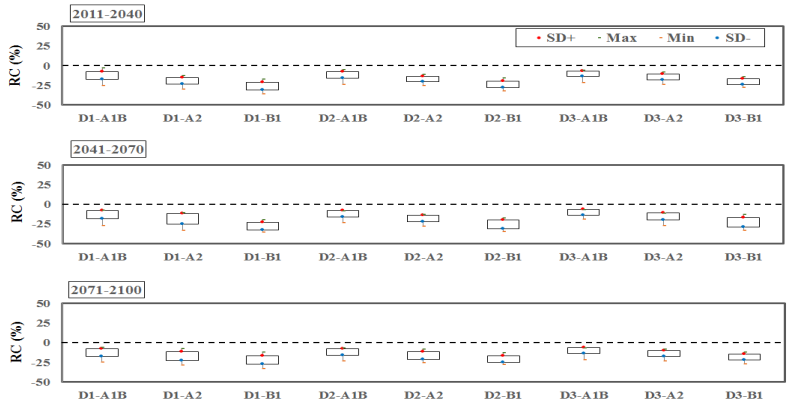
شکل 3- میزانِ تغییرِ بهره‌وری آبِ آبیاریِ سیب‌زمینی در ایستگاه اصفهان تحت وقوعِ گرمایش جهانی در گزینه‌هایِ انتشار مختلف در بازه-های زمانیِ ابتدایی (2040-2011)، میانی (2070-2041) و انتهایی (2100-2071) نسبت به دوره‌ی پایه (2010-1980) و دامنه‌ی عدم‌قطعیتِ مدل‌های گردش عمومی جو



شکل 4- میزانِ تغییرِ بهره‌وری آبِ آبیاریِ سیب‌زمینی در ایستگاه کاشان نوژه تحت وقوعِ گرمایش جهانی در گزینه‌هایِ انتشار مختلف در بازه‌های زمانیِ ابتدایی (2040-2011)، میانی (2070-2041) و انتهایی (2100-2071) نسبت به دوره‌ی پایه (2010-1980) و دامنه‌ی عدم‌قطعیتِ مدل‌های گردش عمومی جو



شکل 5- میزانِ تغییرِ بهره‌وری آبِ آبیاریِ سیب‌زمینی در ایستگاه همدان فرودگاه تحت وقوعِ گرمایش جهانی در گزینه‌هایِ انتشار مختلف در بازه‌های زمانیِ ابتدایی (2040-2011)، میانی (2070-2041) و انتهایی (2100-2071) نسبت به دوره‌ی پایه (2010-1980) و دامنه‌ی عدم-قطعیتِ مدل‌های گردش عمومی جو



شکل 6- میزانِ تغییرِ بهره‌وری آبِ آبیاریِ سیب‌زمینی در ایستگاه همدان نوژه تحت وقوعِ گرمایش جهانی در گزینه‌هایِ انتشار مختلف در بازه‌های زمانیِ ابتدایی (2040-2011)، میانی (2070-2041) و انتهایی (2100-2071) نسبت به دوره‌ی پایه (2010-1980) و دامنه‌ی عدم‌قطعیتِ مدل‌های گردش عمومی جو

نتیجه‌گیری

تغییرات اقلیمی با افزایش دمای هوا، زمان مناسب برای کشت سیب‌زمینی را به سمت زمستان جابه‌جا نموده است. صرف‌نظر از دورهٔ موردبررسی، جابه‌جایی فصل کشت به سمت زمستان تحت گزینهٔ A2 بیشتر و تحت گزینهٔ B1 کمتر است.

هرگونه تغییر در تاریخ کشت می‌تواند طولِ فصل رشد را نیز متأثر سازد؛ زیرا مدت‌زمان لازم برای دریافت انرژی گرمایی موردنیاز برای تکمیل دورهٔ رشد با تغییر دما تغییر خواهد یافت. به‌طورکلی و صرف‌نظر از تاریخِ کاشت، تعداد روزهای لازم برای تکمیل دورهٔ رشد گیاه سیب‌زمینی و همچنین تعداد روزهای لازم برای هریک از دوره‌هایِ زمانیِ ابتدایی، سریع، میانی و انتهایی نسبت به دورهٔ پایه کاهش می‌یابد. باگذشت زمان و به دلیل افزایشِ بیش‌ترِ دما در دوره‌های میانی (2070-2040) و انتهایی (2100-2071) قرنِ بیست و یکم، این کاهش مشهودتر خواهد بود؛ زیرا گیاه سریع‌تر نیاز حرارتی خود را تامین نموده و به بلوغ می‌رسد. همچنین، گزینه‌ی A2 در تمامِ دوره‌ها تأثیر بیش‌تری بر کاهش تعداد روزهای لازم برای تکمیل فصل رشد خواهد داشت. همچین بر اساس نتایج حاصل از میانگین 15 مدل گردش عمومی جو تحت هر یک از گزینه‌های A1B، A2 و B1، تغییراقلیم به استثنای برخی موارد محدود، غالباً باعثِ 0/12 تا 12/3 درصد کاهش در میزان بهره‌وری آب در مقایسه با دوره‌ی پایه (2010-1980) خواهد شد. صرفنظر از ایستگاه‌های مختلف و دوره‌هایِ

زمانیِ آینده، کاهش بهره‌وری آب تحت گزینه‌های A2 و B1 بیش‌تر از گزینه‌ی A1B بود.

منابع

بافکار، ع. 1392. بررسی عملکرد سیب‌زمینی با استفاده از مدل شبیه‌سازی رشد گیاهی(AquaCrop). (مطالعه موردی شهرستان اسلام‌آباد غرب). دومین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی گیاه، آب، خاک و هوا، کرمان.

توکلی، ع. و توکلی، ا. 1390. تأثیر تغییر اقلیم بر مصرف آب کشاورزی در دشت تربت‌حیدریه. یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان. 20-18 بهمن‌ماه.

حجار پور، ا.، سلطانی، ا.، زینعلی، ا. و سیدی، ف. 1392. شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر تولید نخود در شرایط دیم و آبی کرمانشاه. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (2)20: 252-235.

Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. 1977. Crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper 24. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, Italy.

FAO. 2022. Doubling global potato production in 10 years is possible. Retrieved from FAO.

Hajjarpour, A., Yousefi, M. and Kamkar, B. 2014. Precision test of simulators LARS-WG, weather Man and CLIMGE Ninthree different climatessimulated (Gorgan, Gonbad and Mashhad). Geography Development, 35(59),201–16. (In Persian with English abstract)

Hashemi, M.Z., Asaad, Y.SH. and Bruce, W.M. 2011. Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a Watershed. Journal Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 25(4), 475–84.

IPCC. 2013. Summary for policymakers. In: Climate Change 2013: Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.

Karandish, F., Salari, S. and Darzi-Naftchali, A. 2015. Application of virtual water trade to evaluate cropping pattern in arid regions. Water Resource Management. DOI: 10.1007/s11269-015-1045-4.

Zickfeld, K., Knopf, B., Petoukhov, V. and Schellnhuber, H.J. 2005. Is the Indian summer monsoon stable against global change? Geophys. Res. Lett, 32: L1570.

بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر مدیریت آب در بخش کشاورزی

فاطمه خیامیم [1]، ملیحه مدنیان [2]

[1] کارشناس تحقیقات، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، f.khayamim@areeo.ac.ir

[2] کارشناس تحقیقات، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی

چکیده

تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های محیط زیستی شناخته می‌شود که تأثیرات مهم و گسترده‌ای بر بخش کشاورزی دارد و امنیت غذایی جوامع را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. این مطالعه باهدف بررسی ابعاد مختلف تغییر اقلیم بر مدیریت آب در بخش کشاورزی انجام شد. از جمله اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت آب در بخش کشاورزی تأثیر آن بر آب‌های سطحی و زیرزمینی، نیاز آبی محصول، آب قابل‌دسترس، و عملکرد محصول است. نتایج نشان داد که تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز آبی محصول در مناطق مختلف متفاوت است. علاوه بر این، تغییرات اقلیم منطقه‌ای در بارش و دما بر آب موجود برای آبیاری تأثیر می‌گذارد. در مورد تأثیر تغییر اقلیم بر میزان بارش باتوجه‌به عرض جغرافیایی روندهای کاهشی و بعضاً افزایشی موردانتظار است. در ضمن، تغییر اقلیم از طریق تغییرات در غلظت CO_2 اتمسفر، افزایش دما، کاهش بارندگی، رویدادهای شدید و مکرر بارش، آفات و علف‌های هرز بر عملکرد محصول تأثیر می‌گذارد. به‌منظور سازگاری با تغییر اقلیم می‌توان به راهکارهای تغییر تاریخ کشت، تغییر الگوی کشت، به‌نژادی، توسعه کشت گلخانه‌ای، استفاده از روش‌های نوین آبیاری، جمع‌آوری آب باران، خاک‌ورزی حفاظتی، افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک، کشاورزی دقیق و استفاده از آب‌های نامتعارف اشاره کرد.

کلمات کلیدی: امنیت غذایی، تغییر اقلیم، عملکرد محصول، کشاورزی

مقدمه

تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های محیط زیستی قرن بیست و یکم شناخته می‌شود که پیامدهای آن در بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، محیط زیستی و کشاورزی قابل‌مشاهده است (Reidsma et al., 2009). بر اساس گزارش هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC, 2007) دمای کره زمین در بین سال‌های 1906-2006 به میزان 0/74 درجه سانتی‌گراد افزایش‌یافته و رژیم بارندگی جهان تغییر کرده است (Chmura et al., 2011). گزارش‌های این هیئت نشان می‌دهد اگر انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش نیابد، متوسط افزایش دمای سطحی کره زمین تا سال 2100 می‌تواند به 1/1 تا 4/6 درجه سانتی‌گراد برسد (Diodato, 2000). علاوه بر دما میزان بارش هم متأثر از تغییرات اقلیمی خواهد بود.

ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود (IPCC, 2007). داده‌های هواشناسی و پیش‌بینی‌ها، نشان‌دهنده وقوع تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر و ادامهٔ این روند در آینده است. پیش‌بینی‌های IPCC برای ایران تحت گزینه تغییر اقلیم A1 نیز نشان‌دهنده افزایش متوسط درجه‌حرارت تا 2 درجهٔ سانتی‌گراد در 36 سال آینده و 5/3 الی 7 درجه سانتی‌گراد تا 66 سال آینده است که در این صورت بارندگی نیز افت محسوسی خواهد داشت؛ بنابراین، در آینده شاهد غلبه شرایط اقلیمی گرم‌تر و خشک‌تر بر کشور خواهیم بود. وقوع تغییرات اقلیمی اگرچه بر همهٔ بخش‌های کشور اثرگذار است؛ اما در این میان، بخش کشاورزی وابسته‌ترین بخش به اقلیم است و

اقلیم تعیین‌کننده اصلی مکان، منابع تولید و بهره‌وری فعالیت‌های کشاورزی است (Reilly,1999). باتوجه‌به بارش کمتر، دمای بالاتر، توزیع نامتناسب بارش و فراوانی وقوع و شدت بالای خشکسالی شرایط تولید در بخش کشاورزی با محدودیت‌های اساسی روبه‌رو خواهد بود؛ بنابراین، بررسی تأثیر تغییر اقلیم و پیامدهای آن به‌ویژه در بخش کشاورزی بسیار حائز اهمیت است؛ لذا، این مطالعه باهدف بررسی ابعاد مختلف تغییر اقلیم بر مدیریت آب در مزرعه به‌صورت مروری و کتابخانه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه با بررسی مقالات مختلف چگونگی تأثیرات تغییر اقلیم در بخش کشاورزی تشریح شد. تغییر اقلیم به‌ویژه با تغییر الگوهای دما و بارش تأثیرات مهمی در این بخش می‌گذارد از جمله تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز آبی محصول، آب قابل‌دسترس، آب‌های سطحی و عملکرد محصول. هر کدام از این موارد نقش مهمی در تولید محصول دارند که البته ممکن است در مناطق مختلف جهان باتوجه‌به عرض جغرافیایی و نیز شدت تغییرات اقلیمی این تأثیرات به اشکال متفاوتی بروز نماید که در ادامه برخی از آنها توضیح داده شده است.

نتایج و بحث

1- تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز آبی محصول

تغییر اقلیم فراهمی آب و نیاز آبی محصول را در نتیجه تغییر دما و بارندگی در سطح محلی و منطقه‌ای به طور قابل‌توجهی تغییر می‌دهد. نیاز آبی محصول معمولاً با تبخیر تعرق (ET) (مجموع تبخیر تعرق گیاه از سطح زمین تا جو) اندازه‌گیری می‌شود. اگرچه بارش منبع اصلی آب تجدیدپذیر است؛ اما بسیاری از مناطق جهان در درجه اول توسط ذوب برف‌ویخ حاصل از یخچال‌های طبیعی تغذیه می‌شوند. میزان دردسترس‌بودن آب، از جمله بارش و آبیاری، می‌تواند نیاز آبی محصول را برآورده کند و عامل تعیین‌کننده اصلی در تولید محصول است. چندین مطالعه اثرات تغییر اقلیم را بر نیاز آبیاری بررسی کرده‌اند. از آن جمله Elliott و همکاران (2014) روند افزایش اندکی را در نیاز آبیاری هنگامی که اثر CO_2 در نظر گرفته نمی‌شود مشاهده کردند، در حالی که احتمال کاهش روند با در نظر گرفتن اثرات CO_2 وجود دارد. مطالعه Zhang و Cai (2013) نشان داد که نیاز آبیاری احتمالاً در مقیاس جهانی با وجود پیش‌بینی اقلیم گرم‌تر اندکی کاهش می‌یابد، اگرچه تغییرات بر اساس منطقه متفاوت است. در همین حال، کمبود آب محصولات دیم (یعنی تفاوت بین ET و بارش مؤثر) به گزینه‌های پیش‌بینی اقلیم حساس است. تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز آبی محصول در مناطق مختلف متفاوت است. برخی الگوها در نیاز آبیاری و کمبود آب در محصولات دیم قابل شناسایی است. نیاز آبی کمتر را می‌توان در آفریقا، استرالیا، و چین مشاهده کرد در حالی که سایر مناطق، اروپا، شمال هند، بخش شرقی آمریکای جنوبی و شرق ایالات متحده، ممکن است به‌صورت معکوس تحت‌تأثیر تغییرات اقلیمی باشند. تنش آبی در کشورهای مدیترانه‌ای (پرتغال و اسپانیا) و برخی از مناطق مرکزی و شرقی اروپا احتمالاً شدت می‌یابد. تغییر زمان فصل رشد برای محصولات خاص نیز، برآورد نیازهای آبیاری تحت تغییر اقلیم را پیچیده می‌کند. افزایش دما باعث افزایش طول دوره رشد شده، امکان کاشت زودتر و برداشت بعدی، در مناطق معتدل شمالی را فراهم کرده اما تقریباً در همه جاهای دیگر طول دوره رشد کاهش می‌یابد. دوره‌های رشد طولانی‌تر احتمالاً نیاز آبی محصول را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، یک محصول ممکن است با تغییر اقلیم برای کاشت در یک منطقه خاص نامناسب شود. اقدامات سازگاری مانند تقویم محصول تنظیم شده، افزایش بهره‌وری مصرف آب محصول و فن‌آوری‌های پیشرفته آبیاری می‌توانند نیاز آبی محصول را بیشتر کاهش دهند (Cai et al., 2015).

2- تأثیر تغییر اقلیم بر آب قابل دسترس

در کشاورزی، آب قابل‌دسترس برای محصولات دیم آب سبز نامیده می‌شود، یعنی آب ذخیره شده در خاک که می‌تواند برای رشد محصول استفاده شود. درحالی‌که آب در دسترس برای محصولات آبی شامل آب سبز و آبی است؛ یعنی آب در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و

سفره‌های زیرزمینی (Falkenmark and Rockström, 2006). تغییر بارندگی، از جمله مقدار کل و توزیع فصلی، یک عامل تعیین‌کننده برای محصولات دیم خواهد بود. آبیاری اقدامی برای کاهش تأثیر کمبود آب در فصل رشد محصول با برداشت آب آبی از سطح یا منابع آب زیرزمینی است. تغییرات محلی و منطقه‌ای در بارش و دما بر آب موجود برای آبیاری تأثیر می‌گذارد. جلیلی و همکاران (1395) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت اسلام‌آباد و بهینه‌سازی تخصیص سطح اراضی آن با استفاده از گزینه‌سازی، نشان دادند که متغیرهای بارش، دمای بیشینه و کمینه و ساعات آفتابی در شرایط تغییر اقلیم به ترتیب 34/04، 2/2، 13/66 و 0/4درصد تغییر می‌کند. این شرایط بر نیاز آبی و حجم آب در دسترس تأثیر گذاشته و سود حاصل از بهینه‌سازی محصولات کشاورزی در شرایط تغییر اقلیم نسبت به وضعیت کنونی 3/9 درصد کاهش می‌یابد. حقیقی (1395) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی تجدیدشونده به بررسی تغییرات کمّی آب زیرزمینی مرودشت پرداخت. نتایج نشان داد اگرچه افزایش بهره‌برداری دلیل اصلی سطح ایستایی در آبخوان موردنظر بوده است، نیاز به یک برنامه مدیریتی جدی در جبران کسری مخزن و جلوگیری از افت شدیدتر آب و نشست زمین در منطقه موردنظر وجود دارد. نتایج پژوهش پرهیزکاری و همکاران (1396) با عنوان ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب در دسترس و تولیدات کشاورزی در حوزه آبخیز شاهرود نشان داد تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش منجر به کاهش منابع آب در دسترس، افزایش ارزش اقتصادی آب آبیاری، کاهش مجموع سطح زیر کشت محصولات آبی و کاهش سود ناخالص کشاورزی در حوزه آبخیز شاهرود شده است. در میان سه گزینهٔ در نظر گرفته شده (تغییر اقلیم ملایم، متوسط و شدید) گزینهٔ تغییر اقلیم شدید بیشترین کاهش در منابع آب در دسترس را داشته است. Mo و همکاران (2017) در مطالعه‌ای با عنوان تأثیر تغییرات اقلیمی بر منابع آب کشاورزی شمال چین اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب کشاورزی چین را نگران‌کننده دانستند. آنها بیان کردند که تا سال 2050 با تشدید تبخیر تعرق ناشی از گرمایش جهانی و افزایش تقاضای آب در محصولات، منابع آب در حدود 24 درصد کاهش و تقاضای آب افزایش خواهد یافت. Malek و همکاران (2018) در مطالعه‌ای به بررسی اثر تغییر اقلیم بر کاهش میزان دسترسی کشاورزان به آب در واشنگتن پرداختند و با درنظرگرفتن دوره 1980-2010 به پیش‌بینی تغییرات در دو دوره 2030-2060 و 2060-2090 پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد در حوزه آبخیز افزایش 9 درصدی تلفات تبخیری آب توسط کاهش تلفات غیر تبخیری آب قابل‌جبران است. آنها بیان کردند که تلفات تبخیری وجود خواهد داشت و تأثیر منفی بر آب‌های زیرزمینی خواهد گذاشت. نتایج این محققین نشان داد که تأثیر تغییرات اقلیمی بر منابع آب و خسارت‌های وارده به این بخش بستگی به نوع آبیاری و شرایط آب‌وهوایی دارد. Zhuang و همکاران (2018) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات تغییرات اقلیم بر منابع آبچین پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که روند افزایش دما و کاهش بارندگی وجود دارد و در نتیجه کمبود آب شکل‌گرفته از سال‌های 2016 و 2017 تداوم‌یافته و منابع ورودی آب کاهش خواهند داشت.

3- تأثیر تغییر اقلیم بر آب‌های سطحی

اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب‌های سطحی موجود در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و مخازن و تالاب‌ها اول توسط زمان، مکان، مقدار و شکل (برف یا باران) بارش تعیین می‌شود. روند کاهشی بارش در عرض‌های جغرافیایی پایین و میانه مشاهده شده است. بر اساس مدل‌های اقلیمی، بارش در عرض‌های جغرافیایی بالا در هر دو فصل زمستان و تابستان افزایش می‌یابد. بارش تابستان برای عرض‌های جغرافیایی میانه به جز شرق آسیا ممکن است انتظار کاهش گسترده‌ای داشته باشد. بسیاری از مناطق نیمه‌گرمسیری تحت حاره احتمال بارش کمتری دارند. پیش‌بینی می‌شود میانگین رواناب سالانه در اکثر مناطق خشک گرمسیری کاهش یابد، اما در عرض‌های جغرافیایی بالا و در داخل مناطق استوایی مرطوب افزایش می‌یابد (Cai et al., 2015).

4- تأثیر تغییر اقلیم بر عملکرد محصول

تغییر اقلیم از طریق تغییرات در غلظت CO_2 اتمسفر، افزایش دما، کاهش بارندگی و رژیم‌های تعرق، رویدادهای شدید و مکرر بارش، آفات و علف‌های هرز بر عملکرد محصول تأثیر می‌گذارد. الگوهای منطقه‌ای پیچیده از جمله اثرات مثبت و منفی ناشی از ترکیب عوامل مختلف برحسب محصول، منطقه، رویکردهای مدیریتی (محصولات دیم و آبی) و غیره متفاوت است. به‌طورکلی، کشورهای درحال‌توسعه انتظار زیان بیشتر تحت تغییرات اقلیمی نامطلوب را دارند. اگر چه نتایج پیش‌بینی شده برحسب محصول و گزینه متفاوت است، پیش‌بینی

می‌شود عملکرد گندم و ذرت آبی تا سال 2050 تحت گزینه‌های مختلف تغییر اقلیم در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه کاهش یابد. به طور خاص، کاهش 20 تا 28 درصدی برای گندم آبی در کشورهای در حال توسعه پیش‌بینی شده است (Cai et al., 2015).

بر اساس IPCC، اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد برنج و سویا کم بوده، اما اثرات منفی قابل‌توجهی بر گندم و ذرت در بسیاری از مناطق مشاهده شده است. Lobel و Field (2007) نشان دادند که برخی از عوامل اقلیمی بیانگر افزایش دما و بارش فصلی می‌تواند 30 درصد یا بیشتر از تغییرات سالانه میانگین جهانی بازده شش محصول عمده جهان (گندم، برنج، ذرت، سویا، جو، و سورگوم) را توضیح دهد. Roberts و همکاران (2012) دریافتند که دمای بالا نقش مهمی در عملکرد محصول در محیط‌های دیم داشته و کاهش شدید عملکرد ممکن است با افزایش دما در بیشتر نقاط جهان رخ دهد. دلیل اصلی چنین اثراتی این است که روند افزایش دما از سال 1980 تا 2008 بیش از تغییرپذیری اقلیمی تاریخی سالانه بود. اطمینان زیادی وجود دارد که بازدهی محصول در جنوب صحرای آفریقا به‌صورت منفی تحت‌تأثیر قرار خواهد گرفت.

نتیجه‌گیری

ازآنجایی‌که امنیت غذایی بسیار حائز اهمیت است، هر عاملی که بر این مسئله تأثیرگذار می‌باشد باید به‌دقت موردبررسی قرار گیرد. تغییر اقلیم با تغییر در الگوهای دمایی و بارشی می‌تواند تهدیدی جدی برای امنیت غذایی کشورها باشد؛ ازاین‌رو شناسایی چگونگی تأثیر آن در بخش کشاورزی و نیز مدیریت این تأثیرات به‌گونه‌ای که از اثرات سوء تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی کاسته شود از اهمیت زیادی برخوردار است. به‌طورکلی برای مواجهه با تغییر اقلیم دو رویکرد کلّی پیشگیرانه و سازگاری وجود دارد. در جهت سازگاری با تغییر اقلیم می‌توان به راهکارهای تغییر تاریخ کشت، تغییر الگوی کشت، به‌نژادی، توسعه کشت گلخانه‌ای، استفاده از روش‌های نوین آبیاری، جمع‌آوری آب باران، مدیریت کم آبیاری، خاک‌ورزی حفاظتی، افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک، کشاورزی دقیق و استفاده از آب‌های نامتعارف اشاره کرد.

منابع

پرهیزکاری، ا.، محمودی، ا. و شوکت فدایی، م. 1396. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب در دسترس و تولیدات کشاورزی در حوزه آبخیز شاهرود. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، 9(33): 50-23.

جلیلی، خ.، مرادی، ح.ر. و بزرگ حداد، ا. 1395. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت اسلام آباد و بهینه‌سازی تخصیص سطح اراضی آن، مجله علمی و پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، سال پنجم، 99 :939-991

حقیقی، پ. 1395. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی تجدید شونده، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

Cai, X., Zhang, X., Noël, P.H. and Shafiee-Jood, M. 2015. Impacts of climate change on agricultural water management: a review. Water, 2:439–455.

Chmura, D.J., Anderson, P.D., Howe, G.T., Harrington, C.A., Halofsky, J.E., Peterson, D.L. Shaw, D.C. and Clair, J.B. 2011. Forest responses to climate change in the northwestern United States: Ecophysiological foundations for adaptive management. Forest Ecology and Management, 261(7): 1121-1142.

Diodato, N. 2004. Local models for rainstorm induced hazard analysis on Mediterranean river torrential geomorphological systems. Natural Hazards and Earth System Sciences, 4: 389-397.

Elliott, J., Deryng, D., Müller, C., Frieler, K., Konzman, M., Gerten, D., Glotter, M., Flörke, M., Wada, Y., Best, N. and et al. 2014. Constraints and potentials of future irrigation water availability on agricultural production under climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111:3239–3244.

Falkenmark, M. and Rockström, J. 2006. The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resources planning and management. Journal of Water Resources Planning and Management, 132:129–132.

IPCC. 2007. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, UK and New York, USA.

Lobell, D. and Field, C. 2007. Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. Environmental Research Letters, 2:014002.

Malek, K., CAdam, J., Claudio O.S. and Troy Peters, R. 2018. Climate change reduces water availability for agriculture by decreasing non-evaporative irrigation losses. Journal of Hydrology, 561: 444-460.

Mo, X.G., Shi, U.H., Zhong, H., Su, X. and Jun, X. 2017. Impacts of climate change on agricultural water resources and adaptation on the North China Plain. Advances in Climate Change Research, 8(2): 93-98.

Redsma, P., Lansink, A.O. and Ewert, F. 2009. Economic impacts of climatic variability and subsidies on European agriculture and observed adaptation strategies. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 14: 35-59.

Reilly, J. 1999. What does climate change mean for agriculture in developing countries? A comment on Mendelsohn and Dinar. The World Bank Research Observer, 14(2): 295-305.

Roberts, M., Schlenker, W. and Eyer, J. 2012. Agronomic weather measures in econometric models of crop yield with implications for climate change. Am J Agric Econ 95:236–243.

Zhang, X. and Cai, X. 2013. Climate change impacts on global agricultural water deficit. Geophysical Research Letters, 40:1111–1117.

Zhuang, X.W., Li, Y.P., Nie, S., Fan, Y.R. and Huang, G.H. 2018. Analyzing climate change impacts on water resources under uncertainty using an integrated simulation-optimization approach. Journal of Hydrology, 556:523-538.

بررسی مکانی تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر تبخیر-تعرق مرجع در ایران

فرشته نسیمی [1]، رحمان باریده [2]، احمد بایبوردی [3]

[1] دانش‌آموخته دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

[2] محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز ، rahman.barideh@gmail.com

[3] استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز

چکیده

تغییرات اقلیمی به‌عنوان یکی از چالش‌های عمده زیست‌محیطی قرن بیست و یکم شناخته می‌شود که تأثیرات گسترده‌ای بر منابع طبیعی، به‌ویژه منابع آب، دارد؛ بنابراین این پژوهش به بررسی تغییرات اقلیمی و تأثیرات آن بر تبخیر تعرق مرجع در ایران طی دوره‌ای پنجاه‌ساله (1960 تا 2020) می‌پردازد. به‌منظور تحلیل این تغییرات، از شاخص دومارتن به‌عنوان ابزاری برای طبقه‌بندی اقلیمی و رابطه فائو پنمن مانتیث برای محاسبه تبخیر تعرق مرجع استفاده گردید. داده‌های موردنیاز از مجموعه داده‌های ERA5-Land استخراج گردید. نتایج نشان داد که افزایش قابل توجه در مساحت اقلیم خشک و کاهش قابل توجه در اقلیم‌های نیمه مرطوب، مرطوب و بسیار مرطوب در طول زمان اتفاق افتاده است. همچنین، تحلیل روند تبخیر تعرق مرجع بر اساس معادله فائو پنمن مانتیث، نوسانات فصلی مشهودی را نشان می‌دهد، در حالی که میانگین بلندمدت تبخیر تعرق مرجع تغییرات عمده‌ای نداشته است. این نتایج بیانگر تأثیرات جدی تغییرات اقلیمی بر منابع آبی کشور و لزوم برنامه‌ریزی‌های راهبردی برای مدیریت پایدار منابع آب است.

کلمات کلیدی: دومارتن، ERA5-Land، تبخیر تعرق مرجع

مقدمه

تغییرات اقلیمی به‌عنوان یکی از چالش‌های عمده زیست‌محیطی قرن بیست و یکم شناخته می‌شود که تأثیرات گسترده‌ای بر منابع طبیعی، به‌ویژه منابع آب، دارد. در دهه‌های اخیر، افزایش دما، تغییر الگوی بارش‌ها و افزایش شدت و فراوانی پدیده‌های اقلیمی مانند خشک‌سالی و سیلاب، نشان‌دهنده تغییرات قابل‌توجهی در شرایط اقلیمی کره زمین است. این تغییرات نه‌تنها بر محیط‌زیست و اکوسیستم‌ها، بلکه بر جوامع انسانی و به‌ویژه کشاورزی که به‌شدت وابسته به منابع آبی است، تأثیرگذار است (Foroumandi et al., 2023; Jafarpour et al., 2023).

در ایران، به‌عنوان کشوری که در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، تغییرات اقلیمی و پیامدهای آن بر منابع آب، اهمیت ویژه‌ای دارد. یکی از پیامدهای اصلی این تغییرات، افزایش تبخیر تعرق مرجع است که به نوبه خود منجر به کاهش میزان دسترسی به آب برای مصارف مختلف، به‌ویژه کشاورزی، می‌شود. ازاین‌رو، بررسی دقیق تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر تبخیر تعرق مرجع برای برنامه‌ریزی‌های بلندمدت منابع آبی کشور ضرورت دارد (Barideh et al., 2022; Pellicone et al., 2019).

در این مطالعه، با استفاده از شاخص دومارتن، تغییرات اقلیمی در ایران از سال 1960 تا 2020 موردبررسی قرار گرفته است. هدف اصلی این تحقیق، تحلیل تأثیرات این تغییرات بر میزان تبخیر تعرق مرجع و ارزیابی تغییرات مکانی آن در سطح کشور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه در این تحقیق، کشور ایران است که از نظر جغرافیایی در عرض‌های 24 تا 40 درجه شمالی و طول‌های 44 تا 64 درجه شرقی قرار دارد.

مجموعه‌داده‌های ERA5-Land

مجموعه‌داده‌های ERA5-Land یکی از جامع‌ترین منابع داده‌های اقلیمی است که توسط مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان مدت (ECMWF)تولید و منتشر می‌شود. این مجموعه‌داده‌ها شامل اطلاعات اقلیمی با رزولوشن زمانی ساعتی و مکانی تقریباً 10 کیلومتری است. داده‌های ERA5-Land اطلاعاتی مانند دما، بارش، رطوبت خاک، سرعت باد و سایر متغیرهای اقلیمی را پوشش می‌دهند. این مجموعه‌داده‌ها از سال 1950 تا به امروز به‌روزرسانی می‌شوند (Fatolahzadeh Gheysari et al., 2024).

شاخص دومارتن

شاخص دومارتن به‌عنوان ابزاری برای طبقه‌بندی اقلیمی، بر اساس میانگین بارش سالانه (P) بر حسب میلی‌متر و میانگین دمای سالانه (T) بر حسب درجه سانتی‌گراد محاسبه می‌شود. این شاخص به شکل $I=P/T+10$ تعریف می‌گردد. بر اساس این شاخص مقادیر بین صفر تا 10 بیانگر اقلیم خشک، 10 تا 20 بیانگر اقلیم نیمه‌خشک، 20 تا 24 بیانگر اقلیم مدیترانه‌ای، 24 تا 28 بیانگر اقلیم نیمه‌مرطوب، 28 تا 35 بیانگر اقلیم مرطوب و بیشتر از 35 بیانگر اقلیم بسیار مرطوب است (Jafarpour et al., 2023; Pellicone et al., 2019).

تبخیر تعرق مرجع

در این پژوهش تبخیر تعرق مرجع با استفاده از معادله فائو پنمن مانتیث به‌صورت روزانه از سال 1960 تا 2020 محاسبه گردید. اطلاعات هواشناسی موردنیاز از مجموعه‌داده‌های ERA5-Land استخراج گردید (Trajkovic & Kolakovic, 2009; Vanderlinden et al., 2008).

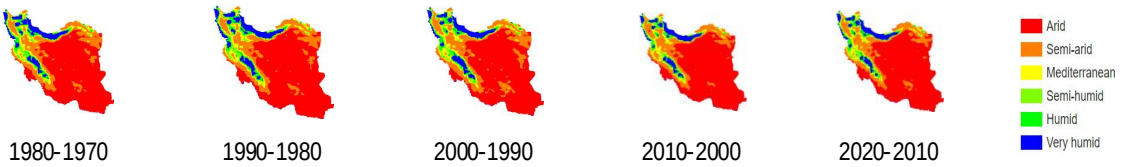
محاسبات

در ابتدا اطلاعات هواشناسی لازم برای محاسبه تبخیر تعرق مرجع و شاخص دومارتن به‌صورت روزانه در بازه 1960 تا 2020 برای ایران تهیه گردید. سپس شاخص دومارتن برای هر ده سال و تبخیر تعرق مرجع به‌صورت روزانه محاسبه گردید. در نهایت تغییرات هر اقلیم در سطح ایران برای 5 دهه استخراج و روند این تغییرات بررسی شد.

نتایج و بحث

در شکل 1 تغییرات اقلیمی ایران طی پنج دهه از 1970 تا 2020 بر اساس شاخص دومارتن نشان داده شده است. باتوجه‌به شکل تغییرات قابل‌توجهی در الگوی اقلیمی کشور طی این دوره‌ها دیده می‌شود. به‌طور خاص، روند افزایشی قابل‌توجهی در مساحت مناطق خشک (Arid) در نیمه شمالی و غربی کشور مشاهده می‌شود.

برای بررسی دقیق‌تر، تغییرات مساحت هر اقلیم در 5 دهه مورد بررسی در شکل 2 نشان داده شده است. این نمودارها به‌وضوح روند افزایشی مساحت مناطق خشک و کاهش تدریجی مساحت سایر اقلیم‌ها را نشان می‌دهند. به‌ویژه، نمودار مرتبط با اقلیم خشک (Arid) حاکی از یک افزایش پیوسته و پایدار است، به‌طوری که مساحت این مناطق در دهه‌های 2000 تا 2010 و 2010 تا 2020 به بالاترین میزان خود رسیده است. در مقابل، مناطق بسیار مرطوب، نیمه مرطوب و مرطوب کاهش قابل‌توجهی در مساحت خود داشته‌اند، که این امر می‌تواند ناشی از افزایش دما و کاهش بارش‌های موثر در این مناطق باشد. به طور کلی خطوط روند نشان می‌دهند که از مساحت همه اقلیم‌ها کاسته شده و به مساحت اقلیم خشک افزوده شده است.

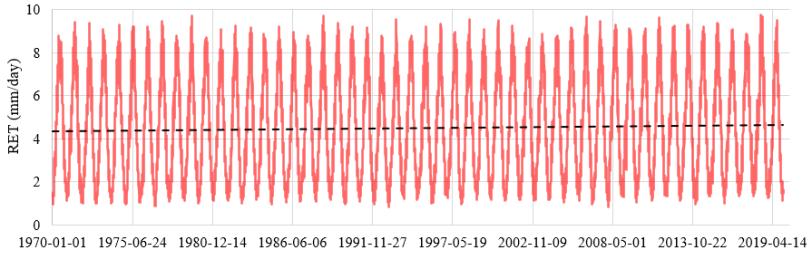


شکل 1- تغییرات اقلیمی ایران طی پنج دهه از 1970 تا 2020 بر اساس شاخص دومارتن



شکل 2- تغییرات مساحت هر اقلیم در 5 دهه از 1970 تا 2020

در شکل 3، روند تغییرات تبخیر تعرق مرجع روزانه در ایران از سال 1970 تا 2020 نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقادیر تبخیر تعرق مرجع در طول زمان نوسانات فصلی مشخصی دارند که نشان‌دهنده تغییرات روزانه تبخیر تعرق در طول سال است. این نوسانات به دلیل تغییرات فصلی در دما، تابش خورشیدی و سایر عوامل اقلیمی رخ می‌دهد. به‌طور کلی خط روند نشان می‌دهد که، میانگین تبخیر تعرق مرجع در طول این دوره تغییر اندکی داشته است. با این حال، شدت نوسانات فصلی به مرور زمان افزایش یافته است که می‌تواند ناشی از تغییرات اقلیمی و افزایش ناپایداری‌های اقلیمی‌باشد.



شکل 3- روند تغییرات تبخیر تعرق مرجع روزانه در ایران از سال 1970 تا 2020

نتیجه‌گیری

این نتایج نشان‌دهنده تغییرات اقلیمی چشمگیری در ایران طی نیم‌قرن گذشته است. گسترش مناطق خشک و کاهش مساحت مناطق مرطوب و بسیار مرطوب، نگرانی‌های جدی در مورد آینده منابع آبی و کشاورزی کشور ایجاد می‌کند. تغییرات مذکور می‌توانند

منجر به چالش‌های بزرگی در مدیریت منابع طبیعی و زیست‌محیطی کشور شوند. ازاین‌رو، لازم است برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و استراتژیک برای مقابله با پیامدهای منفی این تغییرات اقلیمی و بهبود تاب‌آوری کشور در برابر این تغییرات صورت گیرد.

منابع

Barideh, R., Veysi, S., Ebrahimipak, N. and Davatgar, N. 2022. The challenge of reference evapotranspiration between the WaPOR data set and geostatistical methods. Irrigation and Drainage, 71(5), 1268–1279.

Fatolahzadeh Gheysari, A., Maghoul, P., Ojo, E. R. T. and Shalaby, A. 2024. Reliability of ERA5 and ERA5-Land reanalysis data in the Canadian Prairies. Theoretical and Applied Climatology, 155(4), 3087–3098.

Foroumandi, E., Nourani, V., Jeanne Huang, J. and Moradkhani, H. 2023. Drought monitoring by downscaling GRACE-derived terrestrial water storage anomalies: A deep learning approach. Journal of Hydrology, 616, 128838.

Jafarpour, M., Adib, A., Lotfirad, M. and Kisi, Ö. 2023. Spatial evaluation of climate change-induced drought characteristics in different climates based on De Martonne Aridity Index in Iran. Applied Water Science, 13(6), 1–20.

Pellicone, G., Caloiero, T. and Guagliardi, I. 2019. The De Martonne aridity index in Calabria (Southern Italy). Journal of Maps, 15(2), 788–796. https://doi.org/10.1080/17445647.2019.1673840

Trajkovic, S. and Kolakovic, S. 2009. Evaluation of reference evapotranspiration equations under humid conditions. Water Resources Management, 23(14), 3057–3067.

Vanderlinden, K., Giráldez, J. V. and Meirvenne, M. Van. 2008. Spatial Estimation of Reference Evapotranspiration in Andalusia, Spain. Journal of Hydrometeorology, 9(2), 242–255.

بررسی وضعیت خشکسالی استان سیستان و بلوچستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد

محمد کلانتری [1]، علیرضا عمادی [2]

[1] دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، M.kalantari92@gmail.com

[2] عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی ساری

چکیده

خشکسالی که یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی بوده، را در یک دوره زمانی با هوای نامعمول خشک که به حد کافی با فقدان آب به علت عدم تعادل هیدرولوژیک روبرو است تعریف می‌نمایند که با کمبود رطوبت نسبت به شرایط نرمال به‌کندی آغاز و به‌آرامی گسترش می‌یابد. در خشکسالی چهار ویژگی شدت، مدت، فراوانی و گستره خشکسالی به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آبی موردمطالعه قرار می‌گیرد. کشور پهناور ایران به علت دارابودن موقعیت خاص و ویژگی‌های توپوگرافیک، از آب‌وهوای متفاوتی برخوردار است. هدف از این تحقیق تعیین وضعیت اقلیم و تغییرات آن در ایستگاه‌های استان سیستان و بلوچستان با کمک داده‌های هواشناسی، دوره آماری سال‌های (1990-2019) می‌باشد. به این منظور، از شاخص بارش استاندارد (SPI) به‌عنوان شاخص منتخب جهت پایش خشکسالی با طول دوره آماری مشترک 29ساله در مقیاس زمانی 24 ماهه استفاده گردید. مطابق نتایج بیشترین نوسان خشکسالی در دوره 24 ماهه مربوط به بازه (2000-2005) می‌باشد. روند تغییرات متغیر در طول دوره 24 ماهه هیچ یک از مناطق استان از بروز خشکسالی در امان نبوده است. بیشترین میزان تغییرات نوسان خشکسالی مربوط به ایستگاه شهرستان زابل بوده و کمترین میزان در ایستگاه شهرستان زاهدان مشاهده شد.

کلمات کلیدی: خشکسالی، شاخص بارش استاندارد (SPI)، اقلیم، استان سیستان و بلوچستان

مقدمه

خشکسالی به‌دلیل گستردگی و تبعات کوتاه‌مدت و بلندمدت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، از مهم‌ترین بلایای طبیعی محسوب می‌شود. بررسی علمی پدیده خشکسالی بمنظور برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آبی ضروری می‌باشد. قرارگرفتن ایران در نواحی خشک و بیابانی سبب شده که میزان بارندگی در برخی دوره‌ها کمتر از میانگین درازمدت سالانه باشد. سیستان و بلوچستان از جمله مناطقی است که در آن رویدادهای حدی نظیر سیل و خشکسالی به وفور رخ می‌دهد. متغیری که در بررسی هر حالتی از خشکسالی موردتوجه قرار می‌گیرد متغیر میزان بارش می‌باشد. با کمک این شاخص امکان پایش خشکسالی در مقیاس SPI یکی از شاخص‌های مهم جهانی در زمینه خشکسالی فراهم می‌گردد. در ادامه تعدادی از مطالعات بررسی وضعیت خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) بیان شده است:

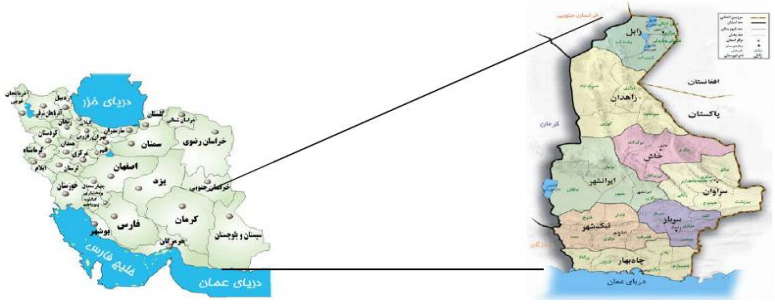
سلطانی و مهرابی در سال (1391) در تحقیق خود با استفاده از شاخص، خشکسالی حوضه سد درودزن استان فارس را مورد بررسی قرار دادند. مطابق نتایج یک دوره کوتاه مدت خشکسالی در سال (68-1364) وجود داشت و پس از آن وضعیت خشکسالی نرمال برقرار گشت. البته در سال‌های اخیر خشکسالی شدت بیشتری یافته است. Hayes و همکاران در سال (1999) طی تحقیقی به‌کمک شاخص بارش استاندارد به ارزیابی خشکسالی ایالت‌های مختلف آمریکا پرداختند. نتایج نشان داد که (SPI) شاخصی مناسب برای هشدار خشکسالی بوده و مناطق با پتانسیل خشکسالی را یک ماه زودتر از وقوع خشکسالی نشان می‌دهد. بذرافشان در سال (1381) به مطالعه

تطبیقی برخی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی ازجمله (SPI) در چند نمونه‌ی اقلیمی در ایران پرداخت. وی در این مطالعه عنوان کرد که در مقیاس‌های 6، 12 و 24 ماهه می‌توان ایستگاه‌های متفاوت از، نظر اقلیمی و سال‌های آماری را از نظر شدت خشکسالی مقایسه نمود. بذرافشان و همکاران در سال (1390) طی مطالعه خود به بررسی وضعیت خشکسالی استان گلستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) پرداختند. از نتایج حاصله بیشترین شدت خشکسالی مربوط به هر ایستگاه را در دوره‌های 6، 9، 12 و 24 ماهه برآورد گردید. بررسی‌ها نشان داد که وسعت خشکسالی با افزایش مقیاس زمانی کاهش یافته است. آروین و شرف‌الدین در سال (1393) در تحقیقی با استفاده از شاخص (SPI)، پهنه‌بندی خشکسالی استان تهران را انجام دادند. در این مطالعه از داده‌های 6 ایستگاه استفاده شد. نتایج نشان داد که در بازه موردمطالعه در شرایط نزدیک نرمال قرار داشته و تحت‌تأثیر خشکسالی‌های شدید نبوده است. عزیزی و همکاران در سال (1395) در مطالعه‌ای اثر خشکسالی در شمال استان اردبیل را با استفاده از شاخص (SPI) بررسی نمودند. در این تحقیق وضعیت خشکسالی در پنج ایستگاه هواشناسی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. مطابق نتایج این تحقیق بیشترین تعداد سال-های خشک مربوط به ایستگاه‌های باران‌سنجی اصلاندوز با 12 سال خشکسالی بود.

در این مطالعه از داده‌های ایستگاه هواشناسی در دوره آماری (2016-2022) استفاده شده است. از نتایج حاصل گردید که دشت سیستان در وضعیت خشکسالی شدید و شهرستان ساری در وضعیت معتدل و مرطوب قرار دارد. تاکنون تحقیقی در رابطه با بررسی وضعیت خشکسالی استان سیستان و بلوچستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) انجام نشده است. در این تحقیق بر اساس داده‌های بارش در مدت 29 سال (1999-2019) در 6 ایستگاه استان سیستان و بلوچستان وضعیت خشکسالی مورد بررسی قرار گرفت. باتوجه‌به اینکه بهترین زمان برنامه‌ریزی برای خشکسالی در طول سال‌های غیرخشکسالی می‌باشد، نتایج این بررسی می‌تواند در برنامه-ریزی برای مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع آبی موجود کاربرد داشته باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه با استفاده از داده‌های بارش 6 ایستگاه هواشناسی استان سیستان و بلوچستان شامل زابل، زاهدان، ایرانشهر، خاش، سراوان و چابهار، انجام گردید. این منطقه مطابق شکل (1) پهناورترین استان و درجنوب شرق کشور می‌باشد با مشخصات اقلیمی، همانند بارشی کمتر از 65 میلی‌متر، خشکسالی‌های مخرب، وزش بادهای 120 روزه، میانگین بارش سالیانه 139/8 میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه 6/22 درجه سانتی‌گراد، در زمره استان‌های خشک و بیابانی قرار دارد. در این تحقیق 6 ایستگاه بارانسنجی (هواشناسی) حاوی 29 سال آمار (1999-2019) انتخاب گردید.



شکل 1- موقعیت ایستگاه‌های موردمطالعه

روش تحقیق

مراحل تحقیق برای این مطالعه به‌صورت زیر می‌باشد:

- استخراج داده‌های بارندگی
- تشکیل سری‌های زمانی در مقیاس i ماهه (i=1,…6,…12,…24)

- استخراج متغیر تصادفی (SPI) مربوط به هر مقدار بارندگی با استفاده از رابطهٔ زیر:

$$S \quad (1)$$

که در آن P_i: مقدار بارندگی در مقیاس: مقدار بارندگی در مقیاس iام، $\bar{P}$: مقدار متوسط بارندگی در دوره‌ی آمار و SD: انحراف معیار می‌باشد.

در این تحقیق باتوجه‌به مقادیر بارندگی ماهانه، فصلی و سالانه هر یک از ایستگاه‌ها، با استفاده از جدول (1) مقادیر (SPI) استخراج گردید، آنگاه وضعیت خشکسالی هر دورهٔ زمانی با استفاده از جدول مزبور تعیین گردید. برای استخراج مقادیر خشکسالی از برنامه Excel استفاده شد و برای هر ایستگاه مقدار میانگین، حداکثر و حداقل بارندگی و در نهایت مقادیر خشکسالی محاسبه شد.

جدول 1- طبقات مختلف شاخص خشکسالی (SPI)

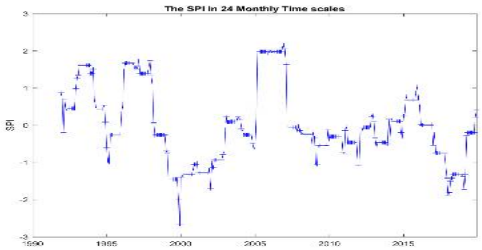
طبقات شدت خشکسالی	شاخص بارش استاندارد شده (SPI)
نرمال	0 تا 1+
خشکسالی ضعیف	0 تا 1-
خشکسالی متوسط	1/5- تا 1-
خشکسالی شدید	تا 1/5-
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از 2-

نتایج و بحث

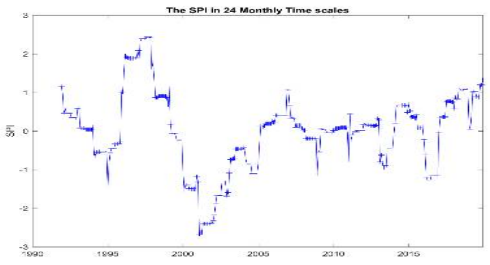
در تصاویر 2 الی 7 نوسان‌های خشکسالی توسط تغییرات متغیر شاخص بارش استاندارد (SPI) در بازه زمانی (1995-2019) و در مقیاس 24 ماهه ارائه گردید. مطابق تصاویر در یک بازه 5 ساله (2000-2005) استان سیستان و بلوچستان دچار خشکسالی بسیار شدید بود و دوره‌های با مقادیر مثبت، از نظر تعداد یا فراوانی کاهش ولی از نظر تداوم یا طول مدت خشکسالی افزایش می‌یابند. این حالت در بیشتر ایستگاه‌ها مشاهده شد ولی در ایستگاه سراوان متفاوت بوده و در بازه (2013-2015) نوسانات منفی همراه با خشکسالی بوده است. به طور کلی در کل آمار موردمطالعه و در مقیاس 24 ماهه هیچ یک از مناطق استان از بروز خشکسالی در امان نبوده است. بیشترین میزان تغییرات نوسان خشکسالی مربوط به ایستگاه شهرستان زابل بوده و کمترین میزان در ایستگاه شهرستان زاهدان مشاهده شد و برای سایر ایستگاه‌ها روال یکنواختی برقرار بود. نتایج بدست آمده قابلیت شاخص (SPI) در برآورد خشکسالی در استان سیستان و بلوچستان را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج این مطالعه، روند تغییرات متغیر شاخص بارش استاندارد (SPI) در طول دوره تقریباً یکسان بوده و این استان هم دوره ترسالی و هم دوره خشکسالی شدید را تجربه کرده است.



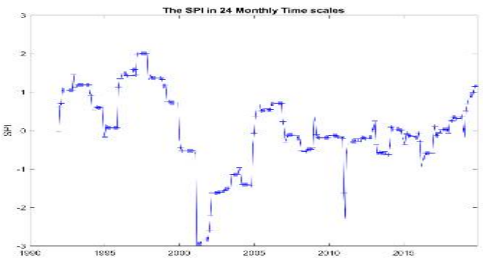
شکل 2- ایستگاه زابل



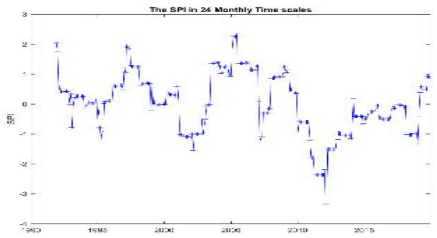
شکل 3- ایستگاه زاهدان



شکل 4- ایستگاه چابهار



شکل 5- ایستگاه ایرانشهر



شکل 6- ایستگاه خاش



شکل 7- ایستگاه سراوان

نمایی از تغییرات متغیر شاخص استاندارد بارش (SPI) در دوره زمانی (2019-1999)

منابع

بذرافشان، ا. ب. و محسنی ساروی، س. 1390. بررسی وضعیت خشکسالی استان گلستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI). فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد 18.

زارع ابیانه، ح.، سبزی پرور، ع. ا.، معروفی، ص.، قبامی، ف.، میرمسعودی، س. ش. و کاظمی، آ. 1392. تحلیل و پایش خشکسالی هواشناسی منطقه سیستان و بلوچستان. علوم و تکنولوژی محیطزیست، دوره پانزدهم، شماره سه.

عزیزی مبصر، ج.، رمضانی مقدم، ج. و یزدانی، م. 1395. بررسی اثر خشکسالی در شمال استان اردبیل با استفاده از شاخص (SPI)، دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران.

فیروزی، س.، کلانتری، ن.، نوروزی، ف. و حسینی، ف. 1393. بررسی خشکسالی با استفاد از شاخص بارش استاندارد (SPI) در دشت زیدون. اولین همایش ملی آب، انسان، زمین.

آروین، ع. و شرف‌الدین، م. 1393. پهنه‌بندی خشکسالی استان تهران با استفاد از شاخص (SPI). اولین همایش ملی آب، انسان، زمین.

تأثیر تغییر اقلیم بر ویژگی‌های رطوبتی و حرارتی خاک

محسن باقری بداغ‌آبادی [1]، علی زین الدینی میمند[2]، فاطمه ابراهیمی میمند[3]، مریم خورشیدی[4]

[1] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، m.baghery@yahoo.com

[2] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج

[3] محقق موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج

[4] اداره کل هواشناسی، کرج

چکیده

در طول نیم‌قرن گذشته، سطح زمین به علت فعالیت‌های انسانی دچار تغییرات اقلیمی فراوانی شده است. این تغییرات نه‌تنها بر شرایط آب‌وهوایی و گیاهان تأثیرگذار است؛ بلکه می‌تواند ویژگی‌های رطوبتی خاک را هم تغییر دهد و رده‌بندی خاک‌ها را عوض کند. این پژوهش اثرات تغییر اقلیم بر ویژگی‌های حرارتی و رطوبتی خاک را در طی 20 سال و در دو دوره ده‌ساله شامل 2004 تا 2013 و 2013 تا 2022 موردبررسی قرارداد. منطقه مطالعاتی مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات خاک و آب و آمار هواشناسی مربوط به ایستگاه کرج می‌باشد. تعیین رژیم حرارتی و رطوبتی با نرم‌افزار نیو هال انجام شد. نتایج نشان دادند که رژیم رطوبتی از نیمه‌خشک و مدیترانه‌ای برای دوره اول به رژیم خشک در دوره دوم تغییر کرده است و بر همین اساس رده‌بندی خاک‌های محدوده از اینسپتی سولز به اریدی سولز تغییر کرده‌اند.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، رژیم زریک، اریدیک، رده‌بندی خاک

مقدمه

در طول نیم‌قرن گذشته، سطح زمین به علت فعالیت‌های انسانی ازطریق جنگل‌زدایی و توسعه شهرها دچار تغییرات فراوانی شده است. همچنین تغییرات کاربری و پوشش اراضی باعث تغییر رژیم دمای منطقه‌ای و محلی، تشکیل جزایر حرارتی و به‌هم‌خوردن وضعیت اکولوژیکی می‌شود (Al Kafy et al., 2021). پژوهش‌های بسیاری در زمینه اهمیت و تأثیر اقلیم در کشاورزی انجام شده که نتایج همه حاکی از ارتباط تنگاتنگ اقلیم و کشاورزی است. این نوع پژوهش‌ها را می‌توان به دودسته کلّی تقسیم نمود. دسته اول پژوهش‌هایی را در برمی‌گیرد که رابطه مستقیم آب‌وهوا را با گیاهان موردبررسی قرار داده‌اند (Shah et al., 2024) و دسته دوم پژوهش‌هایی است که به تأثیرات یا روابط غیرمستقیم اقلیم و کشاورزی پرداخته‌اند. خاک به‌عنوان عاملی که هم خود تحت‌تأثیر اقلیم قرار دارد و هم می‌تواند بر گیاهان تأثیر بگذارد، جایگاه ویژه‌ای در این پژوهش‌ها به خود اختصاص داده است (Schröder et al., 2024; Leal Filho et al., 2023). در مطالعات خاک‌شناسی، رژیم‌های حرارتی و رطوبتی خاک، نماینده‌ای از اقلیم منطقه بوده و از آن‌ها به‌عنوان اطلاعات قابل‌تفسیر واحدهای نقشه خاک برای تعیین فامیل خاک استفاده می‌شود. رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک، نقش مهمی در رشد گیاهان دارند. ازاین‌رو، هر دو خصوصیت در شناسایی و طبقه‌بندی خاک‌ها، لحاظ گردیده‌اند.

منحنی‌های رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک جزء جدانشدنی پژوهش‌های مطالعات خاک‌شناسی می‌باشند. تفسیر این منحنی‌ها نه‌تنها برای تعیین رده‌بندی خاک‌ها لازم است بلکه می‌تواند اطلاعات بسیار ارزنده‌ای را برای مدیریت هرچه بهتر فعالیت‌های کشاورزی به

کاربران گزارش‌های خاک‌شناسی ارائه دهد. وجود چنین تفسیرهایی سبب غنی‌تر و کاربردی‌تر شدن گزارش‌های خاک‌شناسی نیز خواهد شد. بااین‌وجود، در بسیاری از مطالعات خاک‌شناسی که در کشور انجام می‌شوند به‌منظور تعیین رژیم‌های حرارتی و رطوبتی خاک تنها از نقشه ارائه شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب (بنایی، 1377) استفاده می‌شود و توجه چندانی به منحنی‌های رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک نمی‌شود. باتوجه‌به تغییرات اقلیمی به‌ویژه در طول دو سه دهه اخیر، دقت نقشه مذبور جای بحث و سؤال دارد. نتایج حاصل از مطالعه Grillakis و همکاران (2016) روی اثرات ناشی از تغییرات آب‌وهوا بر رژیم‌های حرارتی خاک‌نشان دهنده تغییرات قابل‌توجهی در رژیم‌های حرارتی خاک برای مناطق گسترده‌ای از جهان، به‌ویژه در نیمکره شمالی می‌باشد. ایشان عنوان کردند تغییرات آب و هوا در آینده باعث کاهش مناطق دارای رژیم‌های حرارتی پرجلیک و کراییک شده، درحالی‌که خاک‌های دارای رژیم‌های مزیک و ترمیک افزایش می‌یابند. پیامدهای الگوهای گرمایش ممکن است نشان‌دهنده جابه‌جایی زمین‌های زراعی مختلف به سمت شمال در مناطقی باشد که تا کنون کشت آنها امکان‌پذیر نبوده است. به همین دلیل در برخی پژوهش‌های خاک‌شناسی از نرم‌افزار نیوهال برای تعیین رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک استفاده شده است. نرم‌افزار نیوهال از میانگین داده‌های ماهانه برای تعیین منحنی‌های رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک استفاده می‌کند. باتوجه‌به اینکه طول دوره آماری برای داده‌های هواشناسی چقدر باشد نتایج متفاوت خواهند بود. باتوجه‌به تغییرات اقلیمی استفاده از داده‌های بلندمدت چندان مناسب به نظر نمی‌آید و باید دوره‌های کوتاه‌تر را مدنظر قرارداد. هم اکنون به طور متوسط آمار 10 تا 15 سال را برای داده‌های هواشناسی مدنظر قرار می‌دهند. بر همین اساس در این پژوهش رژیم‌های حرارتی و رطوبتی در طی دو دوره ده‌ساله موردبررسی قرار گرفت تا اثرات تغییرات اقلیمی بر این ویژگی‌های خاک مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

ایستگاه تحقیقات کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب در مختصات جغرافیایی 50 درجه و 57 دقیقه طول شرقی و 35 درجه و 45 دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. ارتفاع متوسط از سطح دریای آزاد 1280 متر است. مساحت کل محدوده حدود 64 هکتار است که حدود 24 هکتار آن مناطق مسکونی و اداری بوده و حدود 40 هکتار آن مزارع پژوهشی می‌باشد.

در این پژوهش آمار هواشناسی ایستگاه کرج که به ایستگاه تحقیقات کشاورزی بسیار نزدیک است استفاده شد. دوره زمانی سال 2004 تا 2022 را شامل می‌شود. این دوره به دو دوره ده ساله بخش گردید. دوره اول از 2004 تا 2013 و دوره دوم از 2013 تا 2022. برای تعیین رژیم های حرارتی و رطوبتی از نرم افزار نیوهال استفاه گردید.

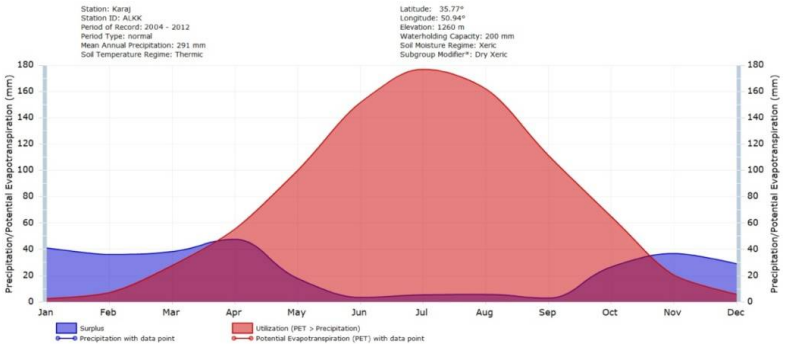
نتایج و بحث

جدول 1 برخی از میانگین داده های هواشناسی را برای دوره موردمطالعه نشان می‌دهد. همانطور که نتایج نشان می‌دهند بارندگی در ده ساله دوم یعنی 2013 تا 2022 نسبت به ده سال نخست حدود 30 درصد کاهش داشته است و از 290/5 به 210/3 رسیده است و دما نیز اندکی افزایش نشان می‌دهد و از 15/7 به 16 افزایش یافته است. این موضوع به خوبی تغییرات اقلیمی به ویژه برای بارش را نشان می‌دهد.

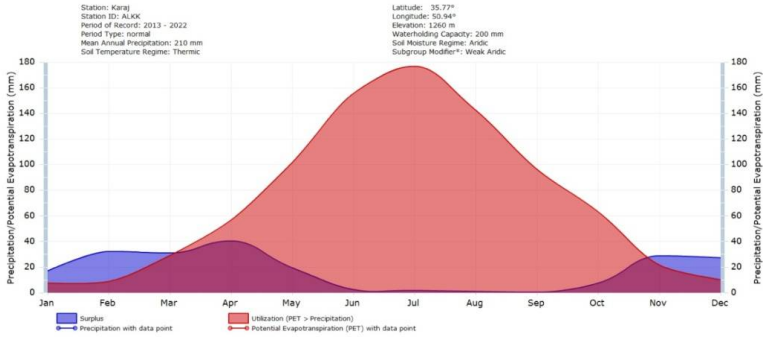
جدول 1- میانگین بارش و دما برای دوره های ده ساله 2004 تا 2022

دوره/متغیر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سال
بارش 2004-2013	41/0	36/1	38/3	47/6	17/8	3/5	5/4	5/7	2/9	26/6	36/8	29/0	290/5
بارش 2013-2022	17/1	32/2	31/2	40/6	19/5	2/5	1/8	1/1	0/5	7/6	28/9	27/3	210/3
دما 2004-2013	2/8	5/2	10/3	15/0	19/9	25/4	27/6	27/0	23/3	17/6	9/6	4/6	15/7
دما 2013-2022	5/3	5/9	10/6	15/2	20/1	25/8	27/9	25/1	21/4	17/3	9/9	6/4	16/0

بر اساس داده‌های هواشناسی منحنی رطوبتی خاک برای هر دو دوره با استفاده از نرم‌افزار نیوهال ترسیم شد. شکل‌های 1 و 2 به ترتیب رژیم رطوبتی برای دوره 2004 تا 2013 و 2013 تا 2022 را نشان می‌دهند. همان‌طور که دیده می‌شود در دوره اول رژیم رطوبتی خاک رژیم زریک[1] (تقریباً نیمه‌خشک) و در دوره دوم رژیم رطوبتی خاک به رژیم اریدیک[2] یا خشک تبدیل شده است. البته در هر دو دوره رژیم حرارتی خاک ترمیک یا گرم می‌باشد و تغییر چندانی نکرده است.



شکل 1- منحنی‌های رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک دوره 2004 تا 2013



[1] Xeric: در رژیم رطوبتی زریک بخش کنترل رطوبتی خاک در سال‌های نرمال در تمام قسمت‌ها برای بیش از 45 روز متوالی در چهار ماه انتقال زمستانه مرطوب می‌باشد. همچنین در سال‌های نرمال بخش کنترل رطوبتی خاک برای بعضی از قسمت‌ها برای بیش از نصف روزهای تجمعی در هر سال در زمانی که درجه‌ی حرارت خاک در عمق 50 سانتی‌متر از سطح خاک‌های معدنی بیش از 6 درجه‌ی سانتی‌گراد است، مرطوب باشد یا برای بیش از 90 روز متوالی که درجه‌ی حرارت خاک در عمق 50 سانتی‌متری از سطح خاک‌های معدنی بیش از 8 درجه‌ی سانتی‌گراد است، مرطوب باشد. در این رژیم رطوبتی درجه‌ی حرارت سالانه‌ی خاک کمتر از 22 درجه‌ی سانتی‌گراد و اختلاف میانگین درجه‌ی حرارت تابستان و زمستان بیش از 6 درجه‌ی سانتی‌گراد در عمق 50 سانتی‌متر از سطح خاک یا در مرز سنگی یا شبه سنگی می‌باشد.

[2] Aridic: در رژیم رطوبتی اریدیک یا توریک بخش کنترل رطوبتی خاک درسال‌های نرمال دارای شرایط زیر است:

1- تمام قسمت‌های بخش کنترل رطوبتی برای بیش از نصف مدت زمان تجمعی در هر سال وقتی که درجه حرارت خاک در عمق 50 سانتی‌متری از سطح خاک‌های معدنی بیش از 5 درجه‌ی سانتی‌گراد است خشک باشد؛ و

2- بعضی یا تمام قسمت‌های بخش کنترل رطوبتی خاک برای کمتر از 90 روز متوالی هنگامی که درجه‌ی حررت خک درعمق 50 سانتی‌متری ازسطح خاک‌های معدنی بیش از 8 درجه سانتی‌گراد است مرطوب باشد.

شکل 2- منحنی‌های رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک دوره 2013 تا 2022

رژیم رطوبتی زریک یک رژیم رطوبتی شاخص برای اقالیم مدیترانه‌ای است. در این مناطق زمستان‌ها مرطوب و سرد و تابستان‌ها گرم و خشک می‌باشند و رطوبت در طول زمستان موجود است و چون تبخیر تعرق پتانسیل در آن حداقل می‌باشد، رطوبت برای آب‌شویی فراهم است. این تغییر رژیم رطوبتی سبب می‌شود که رده خاک‌ها نیز در این منطقه تغییر کنند و از رده اینسپتی سولز به رده اریدی سولز تبدیل شوند؛ بنابراین نقشه‌های خاک موجود بایستی دوباره بازبینی شوند و تصحیحات لازم صورت پذیرد.

نتیجه‌گیری

تغییر اقلیم هر چند در ظاهر فقط بر شرایط آب‌وهوایی و پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارد؛ اما اثرات آن بسیار بیشتر از این می‌باشد و سبب می‌شود که شرایط خاک نیز تغییر کند و حتی خاک‌ها در سطح رده تغییر نمایند. این پژوهش نشان داد در طی حدود 20 سال شرایط رطوبتی خاک از حالت نیمه‌خشک و مدیترانه‌ای به حالت خشک تغییر کند و به دنبال آن رده‌بندی خاک‌های منطقه نیز از اینسپتی سولز به اریدی سولز تغییر نماید.

منابع

Al Kafy A., Narayan N, Al Rakib A., A Rahaman Z, Nasher R. and Bhatt A. 2021. Modeling the relationship between land use/land cover and land surface temperature in Dhaka, Bangladesh using CA-ANN algorithm,Environmental Challenges (4), 100190.

Grillakis, M. G., Koutroulis, A. G., Papadimitriou, L. V., Daliakopoulos, I. N. and Tsanis, I. K. 2016. Climate-induced shifts in global soil temperature regimes. Soil Science, 181(6), 264-272.

Leal Filho, W., Nagy, G. J., Setti, A. F. F., Sharifi, A., Donkor, F. K., Batista, K. and Djekic, I. 2023. Handling the impacts of climate change on soil biodiversity. Science of The Total Environment, 869, 161671.

Schröder, L. S., Rasche, L., Jantke, K., Mishra, G., Lange, S., Eschenbach, A. and Schneider, U. A. 2024. Combined effects of climate change and agricultural intensification on soil erosion in uphill shifting cultivation in Northeast India. Land Degradation & Development, 35(2), 670-686

Shah, I. H., Manzoor, M. A., Jinhui, W., Li, X., Hameed, M. K., Rehaman, A., ... and Chang, L. 2024. Comprehensive review: Effects of climate change and greenhouse gases emission relevance to environmental stress on horticultural crops and management. Journal of Environmental Management, 351, 119978.

تحلیل روند تغییرات تبخیر تعرق گیاه مرجع و متغیرهای آب‌وهوایی در شهرستان سقز حوضه دریاچه ارومیه

همایون فقیه[1]، نرگس حسینی[2] و نیازعلی ابراهیمی‌پاک[3]

[1] محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، hfkuir@gmail.com،

[2] محقق موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران

[3] دانشیار بخش تحقیقات آبیاری موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

دریاچه ارومیه بزرگ‌ترین دریاچه آب‌شور در خاورمیانه است. تغییرات آب‌وهوایی و کارایی پایین مصرف آب در بخش کشاورزی از دلایل اصلی کاهش حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه و خشک‌شدن آن است. هدف از انجام این پژوهش بررسی روند تغییرات متغیرهای آب‌وهوایی و تبخیر تعرق مرجع (ET_0) در شهرستان سقز واقع در حوزه آبریز این دریاچه می‌باشد. برای این منظور با استفاده از معادله پنمن- مانتیث فائو و داده‌های آب‌وهوایی روزانه ایستگاه همدیدی سقز، ET_0 برای دوره آماری 43ساله (1358-1359 تا 1400-1401) محاسبه شد. روند تغییرات سری‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه ET_0 و متغیرهای آب‌وهوایی با آزمون من-کندال ارزیابی شد. نتایج نشان داد داده‌های ماهانه، فصلی و سالانه ET_0 در سقز دارای روند افزایشی در سطح معنی‌دار کم‌تر از یک درصد می‌باشند. روند افزایشی ET_0 ناشی از وجود روند معنی‌دار در متغیرهایی آب‌وهوایی مؤثر بر آن بود. روند افزایشی ET_0 و روند کاهشی بارش موجب افزایش نیاز آبیاری گیاهان و اضافه برداشت از منابع آبی منطقه شده است.

کلمات کلیدی: آزمون روند من-کندال، آزمون گرابز، پنمن- مانتیث فائو، تغییر اقلیم، دریاچه ارومیه

مقدمه

تبخیر تعرق (ET) در محاسبات تلفات آب حوضه‌های آبریز و برآورد نیاز آبی گیاهان در بهره‌برداری از منابع آب اهمیت فراوان دارد (علیزاده 1391؛ فقیه 1394؛ Allen et al. 1998). شناخت روند تغییرات زمانی- مکانی ET می‌تواند در برنامه‌ریزی کارآمدتر برای استفاده بهینه از منابع آبی، به‌ویژه در بخش کشاورزی بسیار مفید باشد (احمدی و همکاران 1395). بدین سبب روند تغییرات ET و متغیرهای آب‌وهوایی مؤثر بر آن همواره موردتوجه پژوهشگران بوده است. نتایج آن‌ها نشان داد سری‌های زمانی ET دارای روند می‌باشد (سبزی‌پرور و شادمانی 1390؛ اسمعیل‌پور و دین‌پژوه 1391؛ قلیزاده الپاوت و امینی‌نیا 1393؛ معصوم‌پور سماکوش و همکاران 1393؛ یعقوب‌زاده و همکاران 1394؛ احمدی و همکاران 1395؛ Faghih et al. 2021). هدف از انجام این پژوهش بررسی روند تغییرات ET0 و متغیرهای آب‌وهوایی در شهرستان سقز واقع در حوزه دریاچه ارومیه است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردبررسی

منطقه موردمطالعه، شهرستان سقز در بخش جنوبی حوضه دریاچه ارومیه ایران است. سقز بر اساس روش آمبرژه آب‌وهوای

نیمه‌مرطوب سرد دارد. کمینه و بیشینه دمای هوای روزانه سقز در سردترین و گرم‌ترین ماه‌های سال به ترتیب 36- و 43 درجه سلسیوس است. میانگین بارش سالانه این شهرستان در حدود 450 میلی‌متر است. سقز به طور متوسط 118000 هکتار اراضی زراعی دارد. به‌این‌ترتیب، سقز از مناطق عمده کشاورزی در استان کردستان و حوضه دریاچه ارومیه است (Faghih et al. 2021; Faghih 2018; Faghih et al. 2022).

معادله پنمن-مانتیث فائو (FAO Penman-Monteith)

در این روش تبخیر تعرق مرجع با معادله (1) برآورد می‌شود:

$$ET_0 = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T+273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 - 0.34 \cdot u_2)} \quad (1)$$

که در آن ET_0 تبخیر تعرق مرجع (mm/day)، Δ شیب منحنی فشار بخار اشباع (kPa/°C)، γ ضریب ثابت سایکرومتری (kPa/°C)، u_2 میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع دو متری (m/s)، T میانگین روزانه دمای هوا در ارتفاع دو متری (°C)، e_a و e_s فشار بخار واقعی و اشباع (kPa)، G شار گرمای خاک ($MJ/m^2/day$) و R_n تابش خالص ورودی به سطح گیاه ($MJ/m^2/day$) می‌باشد (Allen et al. 1998). از داده‌های آب و هوایی روزانه ایستگاه همدیدی سقز واقع در منطقه موردمطالعه استفاده شد. ایستگاه سقز دارای عرض جغرافیایی ′15 °36 N ، طول جغرافیایی ′16 °46 E و ارتفاع 1523 متر از سطح دریا است. متغیرها شامل کمینه و بیشینه رطوبت نسبی (RH)، میزان بارش (P)، کمینه و بیشینه دمای هوا (T)، ساعات آفتابی (n) و میانگین روزانه سرعت باد (u_2) در ارتفاع دو متری با دوره آماری 43 سال (از 1358-1359 تا 1400-1401) بود.

آزمون روند من-کندال (Mann-Kendall Trend Test)

آماره من-کندال (S) با استفاده از معادله (2) محاسبه می‌شود. میانگین S صفر است و واریانس آن توسط معادله (3) محاسبه می‌شود. با استفاده از تبدیل Z (یعنی معادله (4))، توزیع آماری S تقریباً توزیع نرمال خواهد بود.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \operatorname{sgn}(X_j - X_i) \quad , \quad \operatorname{sgn}(X_j - X_i) = \begin{cases} -1 & \text{if } (X_j - X_i) < 0 \\ 0 & \text{if } (X_j - X_i) = 0 \\ 1 & \text{if } (X_j - X_i) > 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$Var(S) = \frac{1}{18} \cdot [n \cdot (n-1) \cdot (2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t_i \cdot i(i-1) \cdot (2i+5)] \quad (3)$$

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

در این معادلات، X_j مقدار داده، n تعداد داده‌های سری زمانی، m تعداد گروه‌های گره‌خورده و t_i تعداد داده در گروه گره‌خورده iام است. گروه گره‌خورده مجموعه‌ای از داده‌های نمونه با مقدار (ارزش) یکسان است. اگر مقدار $|Z_{MK}|$ محاسبه شده با معادله (4)، بزرگ‌تر از $Z_{critical}$ (بحرانی) است، داده‌ها از یک روند یکنواخت پیروی می‌کنند. مقادیر $Z_{critical}$ متناسب با سطح معنی‌داری 5، 1 و 0/1 درصد به‌ترتیب 1/96، 2/576 و 3/291 است که از جدول توزیع نرمال استاندارد به‌دست می‌آید. مقدار Z منفی و مثبت به‌ترتیب روند کاهشی و افزایشی را نشان

می‌دهد (Yue and Wang 2004; Pohlert 2020; Faghih et al. 2021; Faghih et al. 2022; Faghih and Behmanesh 2023).

نتایج و بحث

سری‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه داده‌های آب‌وهوایی با آزمون گرابز از نظر پرت بودن آزمایش شد و نتایج آزمون حاکی از عدم وجود داده پرت بود. از روش من-کندال برای تشخیص وجود روند در سری زمانی داده‌ها استفاده شد. در شکل (1) مقدار آماره من-کندال برای متغیرهای ET_0، P، T_{min}، T_{max}، H_{min} و H_{max} در مقیاس زمانی سالانه، فصلی و ماهانه ارائه شده است. همان‌گونه که از این شکل می‌توان استنباط کرد، همه سری‌های سالانه، فصلی و ماهانه ET_0 دارای روند افزایشی معنی‌دار در سطح معنی‌داری کم‌تر از 0/1 درصد می‌باشند (شکل A-1). در شکل (D-1) مقدار ET_0 سالانه و روند تغییرات آن که افزایشی معنی‌دار است نشان‌داده‌شده است (Z_{MK}=7/7).

روند تغییرات بارش در شش ماه (مهر، دی، اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد)، دو فصل (زمستان و بهار) و سری سالانه کاهشی معنی‌دار بود. بارش در ماه شهریور و فصل تابستان دارای روند افزایشی بود که ناشی از صفر بودن بارش در اغلب روزهای تابستان می‌باشد و این نتیجه دور از انتظار نیست (شکل A-1). در شکل (D-1) مقدار بارش سالانه و روند تغییرات آن که کاهشی معنی‌دار است نشان‌داده‌شده است (Z_{MK}=-4/41).

روند تغییرات T_{min} در دو ماه (بهمن و اسفند) و فصل زمستان معنی‌دار افزایشی بود. در سایر ماه‌ها و فصول روند تغییرات T_{min} معنی‌دار نبود. روند تغییرات T_{max} در پنج ماه (مهر، بهمن، اسفند، خرداد و مرداد) و سه فصل (زمستان، بهار و تابستان) و سری سالانه معنی‌دار افزایشی بود (شکل B-1).

روند تغییرات H_{min} در شش ماه (مهر، بهمن، خرداد، تیر، مرداد، شهریور) و سه فصل (زمستان، بهار و تابستان) معنی‌دار کاهشی بود. روند تغییرات H_{max} در شش ماه (مهر، آذر، بهمن، اردیبهشت، مرداد و شهریور) و دو فصل (پاییز و تابستان) معنی‌دار افزایشی بود (شکل C-1).

نتایج محاسبه ضریب همبستگی خطی ET_0 با متغیرهای آب‌وهوایی در سطح معنی‌داری یک درصد در جدول (1) ارائه شده است. ارتباط ET_0 با T_{min} فقط در چهار ماه آذر، دی، بهمن و اسفند معنی‌دار بود. ارتباط ET_0 با T_{max} به غیر از دو ماه (تیر و شهریور) در ده ماه دیگر معنی‌دار بود. ارتباط ET_0 با H_{min} و U در همه ماه‌های سال معنی‌دار بود. ET_0 با H_{max} فقط در ماه اسفند ارتباط معنی‌دار نشان نداد. ارتباط ET_0 با n فقط در سه ماه تابستان معنی‌دار نبود.

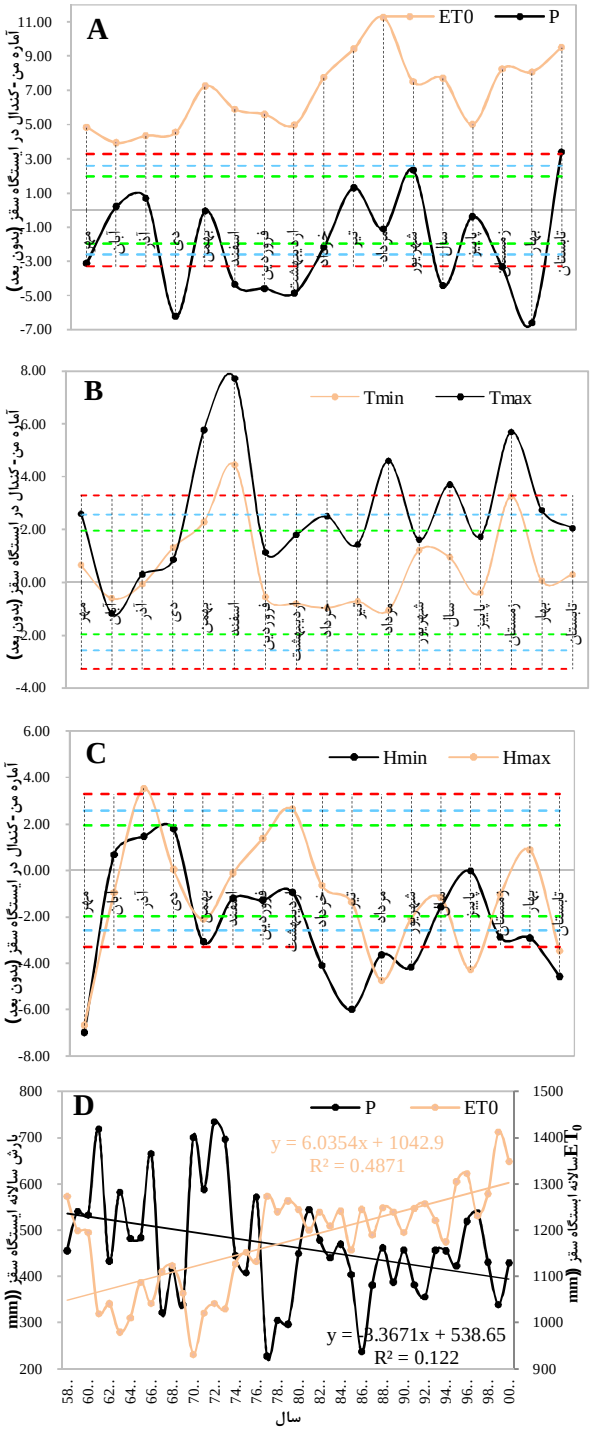
Faghih et al. (2021) روند معنی‌دار افزایشی ET_0 در سقز را به دلیل روند معنی‌دار متغیرهای اقلیمی دانستند که با نتایج این پژوهش هماهنگی دارد. همچنین روند افزایشی معنی‌دار ET_0 برای شمال غرب ایران، جایی که حوضه دریاچه ارومیه در آن قرار دارد، در مطالعات Dinpashoh et al. (2011) و Kousari and Ahani (2012) نیز مشاهده شده است.

جدول 1- ضریب همبستگی ET_0 با متغیرهای آب و هوایی (R) در سطح معنی‌داری یک درصد

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
T_{min}	0.076	0.069	0.504	0.775	0.805	0.669	0.205	-0.046	-0.233	0.000	-0.044	0.111
T_{max}	0.654	0.641	0.804	0.848	0.921	0.896	0.822	0.870	0.695	0.327	0.391	0.271
H_{min}	-0.661	-0.612	-0.625	-0.661	-0.784	-0.787	-0.780	-0.804	-0.762	-0.702	-0.615	-0.587
H_{max}	-0.454	-0.580	-0.589	-0.618	-0.513	-0.368	-0.640	-0.588	-0.567	-0.493	-0.440	-0.435
U	0.904	0.700	0.539	0.720	0.622	0.718	0.476	0.557	0.840	0.920	0.921	0.943

n	0.598	0.639	0.652	0.396	0.517	0.504	0.602	0.846	0.725	0.043	0.189	0.379

اعداد پررنگ نشان‌دهنده معنی‌دار بودن همبستگی ET_0 با متغیر آب‌وهوایی در سطح یک درصد است.



شکل 1- روند تغییرات ET_0 و داده‌های آب و هوایی در سقز

نتیجه‌گیری

در این پژوهش روند تغییرات سری‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه داده‌های آب‌وهوایی و تبخیر تعرق گیاه مرجع (ET_0) در سقز با روش من-کندال بررسی شد. در حالت کلی نتایج حاکی از وجود روند افزایشی معنی‌دار در سری‌های زمانی ET_0 در سقز بود. این تغییر روند ناشی از روند در متغیرهایی آب‌وهوایی بود.

مهم‌ترین اثر افزایش ET_0، افزایش نیاز آب گیاهان می‌باشد. تأمین آب کافی برای گیاه موجب اضافه برداشت از منابع آبی و در صورت عدم تأمین آن کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت. این مسئله منطقه را با تضاد حفظ منابع آبی و تأمین امنیت غذایی مواجه می‌نماید. بنابراین لازم است مدیریت منابع آب بادقت و برنامه‌ریزی صحیح‌تری انجام شود تا از اثرات زیان‌بار مواجه‌شدن با کم‌آبی تاحدامکان کاسته شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور برای حمایت علمی، مالی و ارائه داده‌های آب‌وهوایی قدردانی می‌کنند.

منابع

احمدی، ح.، فلاح قالهری، غ. ع. و شائمی، ا. 1395. برآورد و ارزیابی روند تغییرات تبخیر تعرق مرجع سالانه بر اساس پارامترهای اقلیمی مؤثر در شمال شرق ایران. نشریه دانش آب‌وخاک، 26(3/2)، 257-269.

اسمعیل‌پور، م. و دین‌پژوه، ی. 1391. تحلیل روند بلندمدت تبخیر تعرق پتانسیل در حوزه جنوبی رود ارس. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، 47(3)، 193-210.

سبزی‌پرور، ع. ا. و شادمانی، م. 1390. تحلیل روند تبخیر و تعرق با استفاده از آزمون من-کندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران. نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، 25(4)، 823-834.

علیزاده، ا. 1391. اصول هیدرولوژی کاربردی (نسخه 35). مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی.

فقیه، ه. 1394. ارزیابی شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های فیزیکی تجربی تخمین تبخیر- تعرق گیاه مرجع در آب‌وهوای نیمه‌خشک. نشریه دانش آب‌وخاک، 25(4/2)، 137-152.

قلیزاده الپاوت، ح. و امینی‌نیا، ک. 1393. بررسی تغییرات زمانی تبخیر-تعرق پتانسیل در تبریز. فصلنامهٔ علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، 15(39)، 19-35.

معصوم‌پور، ج.، رجایی، س. و یگانه‌فر، م. 1393. تغییرپذیری زمانی- مکانی و روند تبخیروتعرق گیاه مرجع در ایران. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، 14(34)، 7-25.

یعقوب‌زاده، م.، برومندنسب، س.، ایزدپناه، ز. و سیدکابلی، ح. 1394. بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی تبخیر و تعرق به کمک سنجش‌ازدور در مناطق نیمه‌خشک. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، 29(2)، 221-234.

Allen, R. G., Pereira, L. S. and Smith, D. R. 1998. Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements). Rome, Italy: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56,.

Dinpashoh, Y., Jhajharia, D., Fakheri fard, A., Singh, V.P. and Kahya, E. 2011. Trends in reference crop evapotranspiration over Iran. Journal of Hydrology, 399(3), 422-433. doi:10.1016/j.jhydrol.2011.01.021

Faghih, H. 2018. Water requirement estimation of main field crops in Kurdistan. Karaj, Iran: Soil and Water Research

Institute (In Persian).

Faghih, H. and Behmanesh, J. 2023. Spatiotemporal simulation of annual precipitation in the Urmia Lake basin. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment (Stoch Environ Res Risk Assess), 37, 4215–4227. doi:10.1007/s00477-023-02503-3

Faghih, H., Behmanesh, J. and Khalili, K. 2018. Simulation of Spatiotemporal Annual Precipitation Using Stochastic Models. Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources) (J. Water and Soil Sci. (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.), 22(1), 367-386.

Faghih, H., Behmanesh, J., Rezaie, H. and Khalili, K. 2021. Changes in Climatic Variables and Their Effect on Wheat Water Requirement in Urmia Lake Basin. Journal of Agricultural Science and Technology, 23(5), 1179-1191.

Faghih, H., Behmanesh, J., Rezaie, H. and Khalili, K. 2021. Climate and rainfed wheat yield. Theoretical and Applied Climatology. Retrieved from https://dx.doi.org/10.1007/s00704-020-03478-9

Faghih, H., Behmanesh, J., Rezaie, H. and Khalili, K. 2022. Application of artificial intelligence in agrometeorology: a case study in Urmia Lake basin, Iran. Theoretical and Applied Climatology. doi:10.1007/s00704-022-04104-6

Kousari, M. R. and Ahani, H. 2012. An investigation on reference crop evapotranspiration trend from 1975 to 2005 in Iran. International Journal of Climatology, 32(15), 2387-2402. doi:10.1002/joc.3404

تحلیل روند تغییرات زمانی و مکانی دوره‌های خشکسالی و ترسالی در استان سیستان و بلوچستان

منصور چترنور [1]، محسن باقری [2]، رسول خوارزمی [3]

[1] محقق بخش شناسایی خاک و ارزیابی اراضی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، m.chatrenor@gmail.com

[2] استادیار بخش شناسایی خاک و ارزیابی اراضی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] استادیار بخش شناسایی خاک و ارزیابی اراضی، موسسه تحقیقات خاک و آب ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

امروزه پیش‌بینی داده‌های هواشناسی برای برنامه‌ریزی‌های طبیعی و انسانی در آینده از اهمیت بالایی برخوردار است. روند تغییرات بارندگی در یک منطقه می‌تواند نقش بسزایی در تحلیل تغییرات زمانی و مکانی خشکسالی داشته باشد. هدف این تحقیق مدل‌سازی و پیش‌بینی بارش در استان سیستان و بلوچستان (زاهدان، میرجاوه، خاش، سراوان) در طی سال‌های 1988-2018 است. پژوهش حاضر در چهار منطقه منتخب از استان سیستان و بلوچستان به‌منظور مقایسه دقت مدل باکس- جنکینز و پیش‌بینی مقدار تغییرات بارندگی انجام شده است. با استفاده از مدل سری زمانی باکس- جنکینز تعداد روزهای بارش ماهانه بررسی و بهترین مدل برازش داده شد. صحت و دقت مدل‌ها به کمک نرمال بودن توزیع مانده‌ها، فرض ثابت‌بودن واریانس، نمودارهای مربوط به مانده‌ها در طول زمان، آزمون پرت- مانتو تأیید شد. نتیجه این پژوهش نشان داد، الگوهای مناسب ماهانه به ترتیب برای زاهدان، میرجاوه، خاش، سراوان (۲،۲،۲)(۰،۲،۱) ARIMA، (۱،۲،۲) (ARIMA(۲،۲،۲)، ARIMA(3،2،2)(۲،۲،۲) ، (2،۲،۲) (۰،۲،۳)ARIMA ، هستند که از دقت خوبی برای پیش‌بینی بارش برخوردار بودند. همچنین، پیش‌بینی تعداد روزهای بارش برای سال‌های 1998 تا 2018 نشان داد که از میان شهرهای استان سیستان و بلوچستان شهر سراوان بارندگی بهتری را دارد.

کلمات کلیدی: ترسالی و خشکسالی، روش باکس جنکینز، استان سیستان و بلوچستان

مقدمه

ارزیابی تغییرات سیستم‌های منابع آب ملزم به داشتن درک صحیح و اتخاذ مدیریت مناسب باهدف جلوگیری از اثرات نامطلوب هیدرولوژیکی و زیست‌محیطی است (Xuet al., 2003). شواهد زیادی مبنی بر وجود تغییرات آب‌وهوایی در نقاط مختلف دنیا به دلیل افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر، ناشی از فعالیت‌های انسانی گزارش شده است. در حال حاضر، تغییر اقلیم به‌ویژه گرم‌شدن زمین و تأثیر آن بر رژیم هیدرولوژیکی و مقادیر حدی آن مانند خشکسالی و سیلاب، منجر به توجه بیشتر محققین شده است. نتایج بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که گرم‌شدن زمین باعث تغییر الگوی بارندگی و پدیده‌های حدی همچون سیلاب و خشکسالی می‌گردد (Zhang etal., 2011). بدون تردید این نتایج برای درک بهتر از افزایش خطرات ناشی از خشکسالی و سیلاب در سراسر دنیا، مفید خواهد بود (Herschy , 2002). تغییرات آب‌وهوایی مختلفی طی سال‌های گذشته به ثبت رسیده و گزارش‌ها حاکی از افزایش بارندگی در مقیاس جهانی بوده که تغییرات منطقه‌ای آن قابل‌توجه می‌باشد (Bradley etal., 1987) . هدف این تحقیق مدل‌سازی و پیش‌بینی بارش در ایستگاه‌های موردمطالعه استان سیستان و بلوچستان و بررسی روند بارش در این ایستگاه‌ها است. در این تحقیق روش باکس جنکینز مورداستفاده قرار گرفت و در نهایت وجود روند موردبررسی قرار گرفت. باتوجه‌به اهمیت پدیدهٔ تغییر و ارتباط تغییرات جهانی با تغییرات

منطقه‌ای و محلی، در این پژوهش سعی شده است که رفتارهای بلندمدت و دورهای نوسانات دمای ایستگاه‌های استان سیستان و بلوچستان با استفاده از مدل باکس جنکینز مورد ارزیابی و تحلیل قرار گیرد.

مطالعات مختلفی توسط محققین در سراسر دنیا صورت‌گرفته است از جمله، منتصری و همکاران (1395) بررسی تحلیل روند تغییرات زمانی و مکانی دوره‌های خشکسالی و ترسالی شمال غرب کشور را انجام دادند. در این تحقیق شیب‌خط روند در اکثر ایستگاه‌های مطالعاتی منفی بوده و بیشترین شیب منفی بر اساس شاخص‌های مذکور در ایستگاه مراغه مشاهده گردید. یوسفی و همکاران (1394) بررسی خشکسالی را در استان مرکزی انجام دادند. در این تحقیق ایستگاه آشتیان بیشترین شدت خشکسالی و ایستگاه کمیجان کمترین خشکسالی را در سال 1386 و 1387 داشتند. ساری صراف و همکاران (1394) پایش و پیش‌بینی ترسالی و خشکسالی را در شهر تبریز انجام دادند. نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از کاهش بارش و افزایش دما در منطقه موردمطالعه می‌باشد. کرمی و همکاران (1394) پهنه‌بندی خشکسالی استان فارس را در طی سال‌های 2001-2013 میلادی انجام دادند. در این تحقیق محدوده جنوب و جنوب غرب استان فارس بیشترین خشکسالی را دارا بودند. محمدیان و همکاران (1389) پایش خشکسالی را در استان خراسان شمالی انجام دادند. نتایج نشان داد که در سراسر استان خراسان شمالی وسیع‌ترین و شدیدترین خشکسالی‌ها به ترتیب در سال‌های 1990 و 2001 اتفاق افتاده است.

مواد و روش‌ها

استان سیستان و بلوچستان با وسعتی حدود 180726 کیلومترمربع، پس از استان کرمان دومین استان پهناور ایران می‌باشد که با قرارگرفتن در بین 25 درجه و 3 دقیقه تا 31 درجه و 27 دقیقه عرض شمالی از خط استوا و 58 درجه و 50 دقیقه تا 63 درجه و 21 دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ، بوده و از نظر جمعیتی از کم‌تراکم‌ترین استان‌های ایران است. استان سیستان و بلوچستان از شمال به استان خراسان جنوبی و کشور افغانستان، از شرق به کشورهای پاکستان و افغانستان، از جنوب به دریای عمان و از مغرب به استان‌های کرمان و هرمزگان محدود می‌شود. سیستان و بلوچستان 1100 کیلومتر مرز با کشورهای پاکستان و افغانستان و 300 کیلومتر مرز آبی با دریای عمان دارد و تنها استان ایران است که با پاکستان مرز مشترک دارد و همچنین به دلیل قرارگرفتن در موقعیت راهبردی و ترانزیتی از اهمیت فراوانی برخوردار است. دشت سیستان که در گروه اقلیم بیابانی میانه قرار دارد، بارشی کمتر از 65 میلی‌متر را در سال دریافت می‌کند و میزان تبخیر در آن به بیش از 5000 میلی‌متر می‌رسد. این شرایط در مجموع باعث خشکی فیزیکی شدید محیط بوده و در سال‌هایی که میزان ورودی آب رودخانه هیرمند کاهش می‌یابد، خشکسالی‌های مخرب توسعه پیدا می‌کند. شریان حیاتی منطقه یعنی هیرمند نوسانات سالیانه قابل‌ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. وزش بادهای صد و بیست‌روزه که از اواخر بهار تا پایان تابستان می‌وزد در تشدید خشکی محیط مؤثر است. بلوچستان دارای وسعت زیاد و آب‌وهوای متنوع و در برخی از مناطق دارای طبیعتی کوهستانی می‌باشد. مناطق جنوبی بلوچستان (مکران) باتوجه‌به مجاورت با دریای عمان و بهره‌گیری از بادهای موسمی اقلیم متفاوتی را دارد. بالابودن میانگین دما و پایین‌بودن نوسانات آن از مشخصه‌های اساسی اقلیم منطقه است. باتوجه‌به پایین‌بودن بارش و عدم وجود منابع برفی کوهستانی اکثر جریانات رودخانه‌ای، موقتی و فصلی بوده و در بخش وسیعی از بلوچستان منابع محدود آب‌های زیرزمینی تنها منبع تأمین آب به شمار می‌آیند. وجود مخروط آتشفشانی تفتان با 3941 متر ارتفاع در شمال بلوچستان مرکزی، شرایط اقلیمی متنوع و جالبی را فراهم آورده است. باتوجه‌به دوره آماری 1375–1359 میانگین بارش سالیانه استان 139/8 میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه 22/6 درجه سانتی‌گراد، می‌باشد. شکل 1 موقعیت این استان را در کشور نشان می‌دهد.



شکل 1- موقعیت استان سیستان و بلوچستان در کشور

در انجام این پژوهش دسترسی به متغیرهای دمایی الزامی است همچنین، طول دورهٔ آماری عامل بسیار مهمی در بررسی‌های آماری به شمار می‌رود، به‌طوری‌که هر اندازه طول دورهٔ آماری بیشتر و در واقع آمار طولانی‌مدت از یک عامل در اختیار باشد، تجزیه‌وتحلیل انجام شده از دقت و اعتبار بیشتری برخوردار خواهد بود. در این پژوهش از داده‌های سالانه دمای ایستگاه سینوپتیک استان سیستان و بلوچستان (زاهدان، میرجاوه، خاش، سراوان) در طی سال‌های 1988-2018 استفاده شده است. داده‌های مزبور از سایت سازمان هواشناسی کشور استخراج گردیده است. اولین گام در مدل‌سازی یک سری زمانی رسم نمودار داده‌ها برحسب زمان می‌باشد. نا ایستایی در واریانس، فصلی بودن یا نبودن و شناسایی داده‌های پرت را می‌توان از روی نمودار سری زمانی شناسایی کرد. همچنین صحت داده‌های پرت استفاده از روش باکس پلات در نرم‌افزار مینی تب نیز بررسی گردید. در پژوهش حاضر پس از حذف داده‌های پرت، مقادیر مفقود از طریق روابط رگرسیونی بین ایستگاه‌ها بازسازی گردیدند. در این پژوهش به‌منظور تحلیل‌های مربوط به سری زمانی و ترسیم نمودارهای آن از نرم‌افزارهای Spss 20, Excel 2015 و Mintab 17 استفاده شده است.

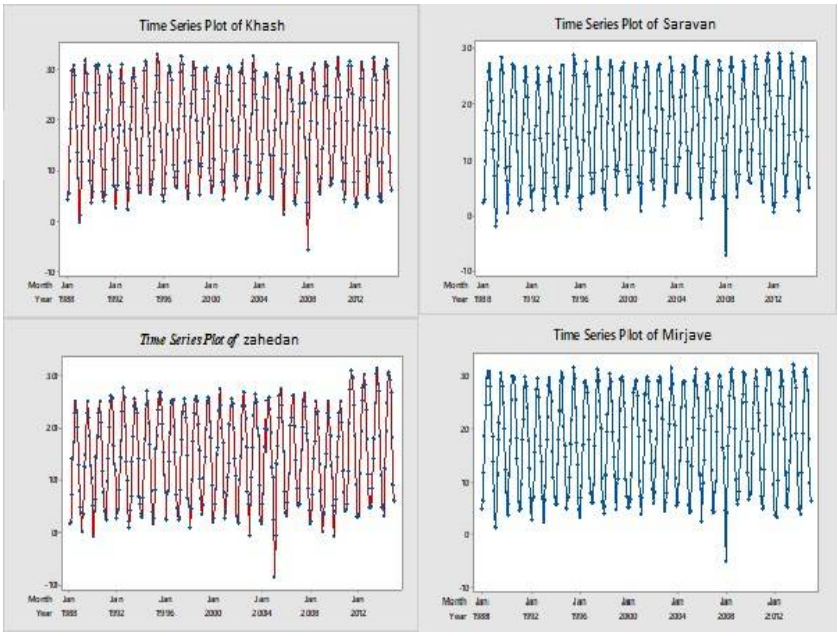
روش پیش‌بینی باکس - جنکینز: این روش اساساً شامل برازش یک مدل ARIMA به داده‌ها می‌باشد. در آمار و به‌ویژه در تحلیل سری‌های زمانی، یک میانگین متحرک خود هم‌بسته یکپارچه (ARIMA) یک مدل گسترده‌تر از میانگین متحرک خود هم‌بسته (ARMA) است. این مدل‌ها در سری‌های زمانی برای فهم بهتر مدل یا پیش‌بینی آینده به کار می‌روند. این مدل‌ها در جایی که داده‌ها ایستا (stationary) باشند به کار می‌روند. در این حالت با یک‌بار تفاضل‌گیری متناظر با جز یکپارچه (integrated non-stationary) بودن داده‌ها از بین می‌رود و امکان برآورد یک ARMA در داده‌های جدید به وجود می‌آید. این مدل در اکثر موارد به‌صورت (ARIMA) q،d،p نشان داده می‌شود که در آن p و d و q اعداد حقیقی غیرمنفی هستند که درجه خودهمبستگی، یکپارچگی و میانگین متحرک را معلوم می‌کنند. مدل‌های ARIMA بخش مهمی از رویکرد باکس-جنکینز به مدل‌های سری زمانی را می‌سازند. درصورتی‌که یکی از جزءها برابر با صفر باشند معمولاً به‌صورت AR، I یا MA نوشته می‌شود. برای مثال یک I(1) همان مدل (ARIMA)0،1،0 است یا MA(1) همان (ARIMA)0،0،1 است.

کنترل کیفیت مشاهدات: اگر آنالیز نمودار کنترل نشان دهد که فرایند در حال حاضر تحت کنترل است هیچ تصحیح یا تغییری برای فرایند کنترل عوامل موردنیاز نیست. به‌علاوه، می‌توان با داده حاصل از فرایند، آینده آن را پیش‌بینی کرد. اگر نمودار نشان دهد که فرایند بررسی شده، تحت کنترل نیست، آنالیز نمودار به شناسایی منابع تغییر کمک می‌کند. فرایندی که ثابت است، اما خارج از محدوده موردنظر عمل می‌کند، نیاز به تلاشی عمدی برای درک دلایل اجرای فعلی و توسعه اساسی فرایند دارد (Donald, 2000). نمودار کنترل یکی از هفت ابزار پایه برای کنترل کیفیت است (Tague, 2004). به‌ویژه، نمودارهای کنترل برای داده سری زمانی به کار می‌روند، اگرچه می‌توان از آن‌ها برای داده‌ای استفاده کرد که از نظر منطقی قابل مقایسه‌اند (برای مثال می‌خواهید نمونه‌هایی را مقایسه کنید که همگی در یک‌زمان انتخاب شده‌اند یا به اجرای افراد مختلف مربوط می‌باشند)، بااین‌وجود باید به نوع نمودار استفاده شده برای این هدف توجه نمود.

بررسی مناسبت مدل برازش داده شده و برازش جامع آن: برای این کار از دو روش مکمل یکدیگر استفاده می‌گردد که در این پژوهش از تجزیه‌وتحلیل باقیمانده‌های مدل که رایج‌تر است، استفاده شده است. این تجزیه‌وتحلیل به کمک نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها، فرض ثابت‌بودن واریانس، نمودارهای مربوط به باقیمانده‌ها در طول زمان و همچنین آزمون پرت- مانتو انجام می‌گیرد.

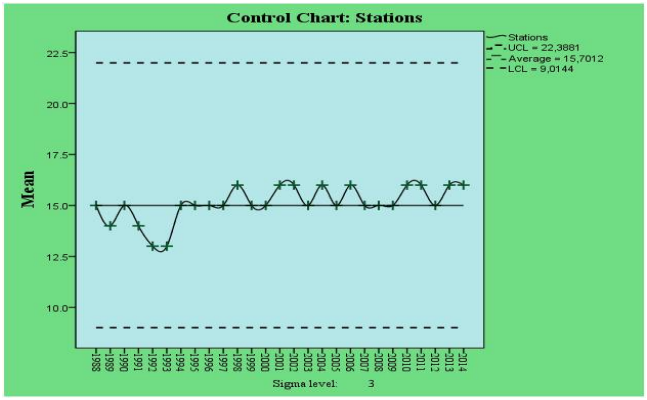
نتایج

تعیین خصوصیات و مؤلفه‌های سری زمانی: هریک از سری‌های زمانی دارای خصوصیات منحصربه‌فردی می‌باشد برای نمونه پاره‌ای از آنها نیازمند حذف تمام مؤلفه‌ها اعم از روند، دوره‌ای و تغییرات فصلی هستند. درحالی‌که پاره‌ای دیگر از سری‌های زمانی نیازمند استفاده از روش‌های دارای تغییرات روندی می‌باشد. همان‌طوری که شکل 2 نشان می‌دهد داده‌های سری زمانی موجود دارای سطحی ناصاف و بیشترین تغییرات هستند. نتایج نشان داد که نوع مدل الگوهای مناسب بارش ماهانه به ترتیب برای زاهدان، میرجاوه، خاش، سراوان ARIMA(۲،۲،۲)(۰،۲،۱) ، ARIMA(۲،۲،۲) (1،۲،۲) ، ARIMA(3،2،2) (۲،۲،۲) ، ARIMA(۰،۲،۳) (2،۲،۲) ، هستند که از دقت خوبی برای پیش‌بینی بارش برخوردار می‌باشند.

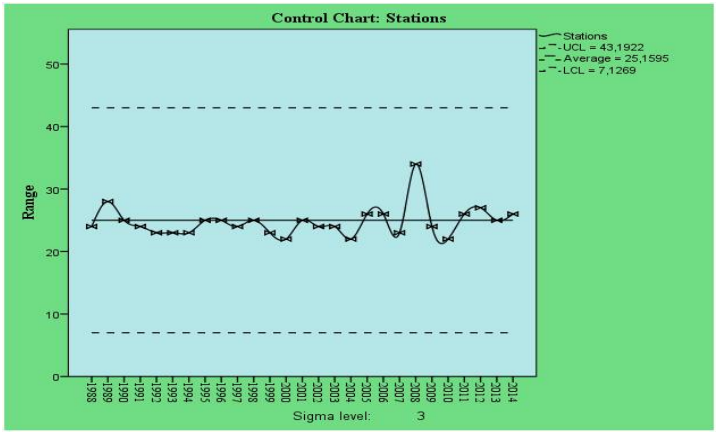


شکل2- نمودار سری‌های زمانی دمای ایستگاه‌های خاش، سراوان، زاهدان و میرجاوه

جهت کنترل کیفیت آماری مشاهدات از نمودار S و R استفاده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود، مشاهدات در بین دو حد، سه برابر انحراف از معیار در بالا و پایین میانگین نوسان دارند. باتوجه‌به این نمودارها معلوم شد که در سری زمانی دمای سالانه، داده پرت گم‌شده و ناهنجار دیده نمی‌شود (شکل3). به‌منظور تحلیل مفصل‌تر از رفتار ارائه شده در شکل (4) و باهدف وارسی تصادفی بودن مشاهدات از آزمون گردش‌ها بهره گرفته شده است. آزمون گردش‌ها با قطعیت و بدون هیچ خطایی در سطح 95 درصد عدم تصادفی بودن داده‌های دمای سالانه ایستگاه سیستان و بلوچستان را نشان می‌دهد.



شکل 3- نمودار کنترل S متوسط دمای ماهانه ایستگاه استان سیستان و بلوچستان در طول دوره آماری 2018-1988



شکل 4- نمودار کنترل متوسط دمای ماهانه ایستگاه استان سیستان و بلوچستان در طول دوره آماری 2018-1988

خروجی جدول 1 به بررسی مقادیر سازگاری پیش‌بینی صحت تعداد سالانه دما به تفکیک هر یک از ایستگاه‌های استان می‌پردازد که می‌تواند قابلیت سازگاری و میزان صحت اندازه‌گیری را از طریق مقایسه تفاوت‌های موجود در تمام این ایستگاه‌ها و از ضریب معناداری بالا با استفاده از مدل‌های مناسب برای پیش‌بینی انجام دهد. در این جدول میانگین مطلق خطا، ماکزیمم مطلق خطا نسبی، ماکزیمم ضریب تعیین ایستا، ضریب تعیین، مطلق خطا، درجه آزادی و ضریب معناداری برای هر یک از ایستگاه‌ها مشخص شده است. ایستگاه زاهدان دارای بالاترین ضریب معناداری با 0/63 و ایستگاه نیشابور با 0/015 درصد کمترین ضریب معناداری در تعداد سالانه دمای استان را به خود اختصاص داده‌اند.

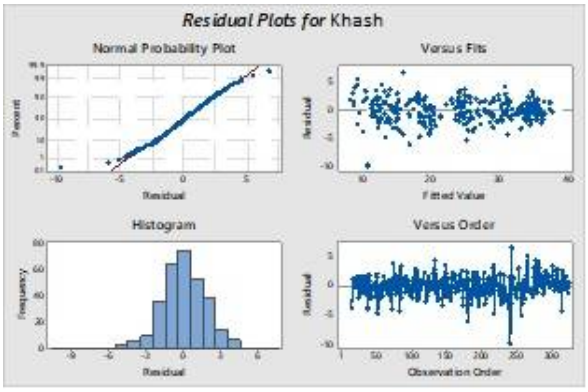
جدول1- میزان سازگاری و دقت مدل‌های پیش‌بینی در سری زمانی دما در ایستگاه‌های سیستان و بلوچستان در طول دوره آماری 2018-1998

ایستگاه	آماره برازش مدل						ضریب لجانگ باکس			
	ضریب تعین ایستا	ضریب تعیین	میانگین مربع خطا	میانگین مطلق خطا نسبی	میانگین مطلق خطا	ماکزیمم مطلق خطا نسبی	ماکزیمم مطلق خطا	آماره	درجه آزادی	معناداری
زاهدان	0.399	0.961	1.756	26.366	1.285	28.714	7.993	13.585	16	0.63

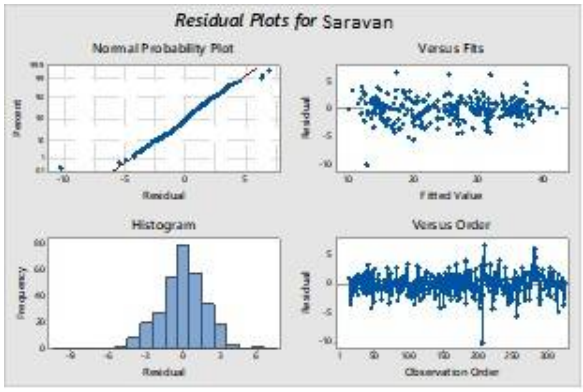
خاش	0.420	0.9551	1.870	24.660	1.365	10.1026	10.345	17.409	17	0.427
میرجاوه	0.384	0.956	1.7876	49.316	1.355	37.994	8.050	21.423	17	0.207
سراوان	0.652	0.886	2.912	46.116	2.078	152.923	15.276	27.113	13	0.015

برای بررسی فرض نرمال بودن باقیمانده‌های مدل نمودار احتمال نرمال باقیمانده‌ها و نمودار هیستوگرام باقیمانده‌ها برخی ایستگاه‌ها ترسیم گردید، شکل (5 تا 8). در نمودار احتمال نرمال، نقاط در امتداد خط قطری گسترده شده‌اند که تطابق این دو بیانگر توزیع نرمال است. نمودار هیستوگرام نیز با توزیع ستون، مقادیر توزیع نرمال داده‌ها را نشان می‌دهد.

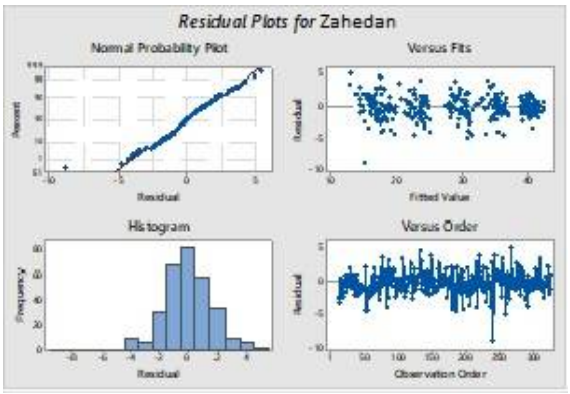
با نگاهی به نمودارها مشاهده می‌گردد که هیچ یک از خود همبستگی‌ها معنی‌دار نیستند که این خود به معنی ناهمبسته بودن و تصادفی بودن باقیمانده‌ها است. اگر مدل برازش داده شده مناسب باشد، انتظار می‌رود نمودار باقیمانده‌ها در برابر زمان در اطراف سطح افقی صفر پراکندگی مستطیلی بدون روندی را نشان دهد. چنانچه رفتار این نمودار شبیه رفتار یک فرایند تصادفی محض با میانگین صفر و واریانس ثابت باشد، آنگاه می‌توان مدل برازش داده شده را تأیید نمود. باتوجه‌به نمودارهای ترسیم شده در مدل صحت مدل برازش داده شده، تأیید می‌گردد.



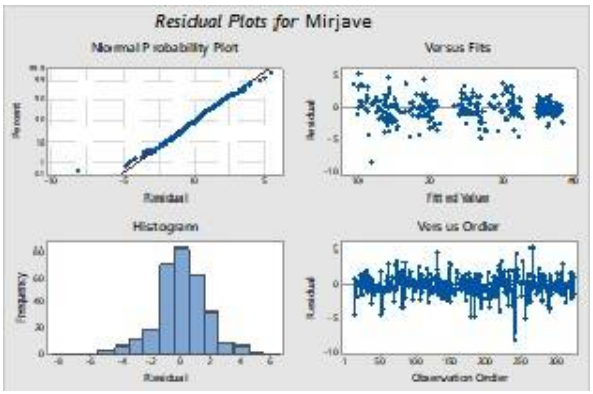
شکل5- نمودار مربوط به باقی‌مانده مدل ایستگاه خاش



شکل6- نمودار مربوط به باقی‌مانده مدل ایستگاه سراوان



شکل 7- نمودار مربوط به باقی‌مانده مدل ایستگاه زاهدان



شکل8- نمودار مربوط به باقی‌مانده مدل ایستگاه میرجاوه

باتوجه‌به نمودارهای مشاهده شده فرض نرمال بودن و توزیع باقی‌مانده‌ها حاصل از برازش مدل‌های سری زمانی ایستگاه‌های استان سیستان و بلوچستان و همچنین فرض ثابت‌بودن واریانس باقی‌مانده‌ها پذیرفته می‌شود.

نتیجه‌گیری

استفاده درست از سری‌های زمانی بیشتر یک هنر است تا یک علم، بهترین راه برای فراگیری این هنر، تجربه و تکرار است. باتوجه‌به اینکه پژوهشگران بیشتر اوقات در سری‌های زمانی مجبور می‌شوند برای شناسایی الگوی مناسب از روش‌های شهودی استفاده کنند؛ نباید تنها به یک روش برای شناسایی و انتخاب مدل اکتفا کرد، انتخاب مدل بر اساس توالی مراحل اجرای یک مدل سری زمانی و تکرار چندباره این توالی سبب شناسایی مدل یا انتخاب مدل مناسب خواهد شد. دما و بارش از عناصر اصلی شناخت اقلیم می باشند. پیش‌بینی داده‌های هواشناسی جهت پیش‌بینی خشکسالی و سیل و گرمایش جهانی و غیره برای مدیریت تولید محصول در آینده و مدیریت منابع آب و جلوگیری از ایجاد بحران در آینده موردنیاز است. در این تحقیق با استفاده از مدل باکس جنکینز و داده‌های هواشناسی 1988-2014 ایستگاه خاش، سراوان، زاهدان و میرجاوه پیش‌بینی داده‌های هواشناسی صورت گرفت. در این پژوهش پس از برازش مدل‌های مختلف سری زمانی برازش‌های نرمال بودن توزیع باقی‌مانده‌ها، فرض ثابت‌بودن واریانس، نمودارهای مربوط به باقی‌مانده‌ها در طول زمان و آزمون پرت- مانتو، بهترین مدل برازش شده به ترتیب برای شهرهای زاهدان، میرجاوه، خاش، سراوان (۲،۲،۲)(۰،۲،۱)ARIMA ، (1،۲،۲) (۲،۲،۲)ARIMA ،(3،2،2)(۲،۲،۲)ARIMA ، (2،۲،۲) (۰،۲،۳)ARIMA هستند که این مدل‌ها از دقت خوبی برای پیش‌بینی بارش برخوردار بودند. همچنین ایستگاه زاهدان دارای بالاترین ضریب معناداری با 0/63 و ایستگاه سراوان با 0/015 درصد کمترین ضریب معناداری در تعداد سالانه دما استان را داشتند. به‌طورکلی، نتایج به‌دست‌آمده بر کارایی و استفاده مدل باکس- جنکینز در پیش‌بینی تغییرات بارش دلالت دارد.

منابع

ساری صراف، ب.، محمودی، س.، زنگنه، س. و پاشایی، ز. 1394. پایش و پیش‌بینی ترسالی و خشکسالی تبریز با استفاده از مدل CLIMGEN و شاخص SPI، هیدروژئومورفولوژی، شماره 2، ص61-78.

کرمی ، ف.، محمدی ، ز. و بختیاری، ب. 1394. پهنه‌بندی خشکسالی استان فارس با استفاده از دو شاخص خشکسالی SPI و RDI طی دوره آماری 2001-2013 میلادی، دومین همایش ملی راهکارهای پیشروی بحران آب در ایران و خاورمیانه، شیراز.

محمدیان ، آ.، کوهی ، م. و آدینه بیگی، آ. 1389. مقایسه پایش خشکسالی با استفاده از شاخص‌های PNI و DI ،SPI و پهنه‌بندی آنها (مطالعه موردی :استان خراسان شمالی)، مجله پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک، جلد هفدهم، شماره اول، ص 177-184.

منتصری، م.، امیرعطایی ، ب. و خلیلی، ک. 1395. تحلیل روند تغییرات زمانی و مکانی دوره‌های خشکسالی و ترسالی شمال غرب کشور بر اساس دو شاخص خشکسالی RAI وSPI ، نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد 30، شماره 2، ص 655-671.

یوسفی، ح.، نوحه‌گر، ا.، خسروی، ز. و عزیزآبادی فراهانی، م. 1394. مدیریت و پهنه بندی خشکسالی با استفاده از شاخصهای SPI و RDI(مطالعهٔ موردی: استان مرکزی)، اکوهیدرولوژی، شمارهٔ3، دورهٔ 2،ص 344-337.

Bradley R.S., Dı´az H.F., Eischeid J.K., Jones P.D., Kelly P.M. and Goodess C.M. 1987. Precipitation fluctuations over northern hemisphere land areas since the mid-19th century, Science, 237:171–175.

Herschy W.R. 2002. The world’s maximum observed floods. Flow Measurement and Instrumentation, 13:231–235.

Tague , N.R. 2004, Seven Basic Quality Tools". The Quality Toolbox. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality. p. 15. Retrieved 2010-02-05.

Donald, W.J. 2000. Understanding Variation. Knoxville, Tennessee: SPC Press. ISBN 0-945320-53-1.

Xu, Z.X., Takeuchi, K. and Ishidaira, H. 2003. Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation, Journal of Hydrology, 279:144–150.

Zhang, Q., Singh, V.P., Li, J. and Chen, X. 2011. Analysis of the periods of maximum consecutive wet days in China, Journal of Geophysical Research, 116 (D23106).

تحلیل کمبود آب سبز سیب‌زمینی در شرایط تغییر اقلیم

مجتبی هادی‌زاده [1]

[1] محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سیستان، hadizadeh.mojtaba1986@gmail.com

چکیده

گرمایش جهانی از واقعیت‌های عصر امروز است که عواقبِ ناخوشایندِ آن در بسیاری از کشورهای جهان مشهود بوده است. بخش کشاورزی، به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب شیرین در جوامعِ پیشرفته و درحال‌توسعه، یکی از مهم‌ترین بخش‌های متأثر از این پدیدهٔ طبیعی است. در این پژوهش تأثیر تغییر اقلیم بر کمبود آب سبز سیب‌زمینی در پنج ایستگاه اردبیل، همدان نوژه، اصفهان، همدان فرودگاه و کاشان با استفاده از مدل گیاهی Aquacrop و بر اساس گزینه‌های مختلف تغییر اقلیم موردبررسی قرار گرفت. از مدل LARS-WG، برای تولید داده‌های هواشناسی بارش و دما در دوره آینده استفاده شد. صحت‌سنجی مدل بر مبنای شاخص‌های NRMSE (12/76-46/36) برای بارش، 1/70-14/58 دمای حداقل، 1/21-2/31 دمای حداکثر) و کارایی مدل (مقادیر نزدیک به یک برای تمامی متغیرها) حاکی از توانایی بالای مدل در شبیه‌سازی مؤلفه‌های اقلیمی در تمام ایستگاه‌ها بود. بررسی داده‌های تولید شده در بازهٔ زمانی 2011 تا 2100 نشان داد که اکثرِ مدل‌های گردش عمومی جو افزایش بارش و دماهای کاردینال را به همراه خواهند داشت. نتایج نشان می‌دهد که میانگین کمبود آب سبز در دورهٔ پایه در ایستگاه‌های اردبیل، اصفهان، همدان- فرودگاه، همدان- نوژه و کاشان به ترتیب برابر با 698/78، 1606/66، 1037/2، 1348/02 و 1130/72 بود که این مقدار در آینده غالباً افزایش خواهد یافت.

کلمات کلیدی: آب سبز، امنیت غذایی، گرمایش جهانی، مدل Aquacrop

مقدمه

تغییر اقلیم یکی از چالش‌های مهم برای آینده کشاورزی است که نتیجه بی‌توجهی به آن، به‌خطرافتادن امنیت غذایی جوامع است. ازاین‌رو پیش‌بینی تغییرات اقلیمی ضروری به نظر می‌رسد. محققان به‌منظور شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی، اقدام به طراحی مدل‌های ریزمقیاس کرده‌اند. ازجمله مدل‌هایی که در روش‌های آماری استفاده می‌شوند CLIMGEN، GEM، LARS-WG،SDSM و ... هستند. این مدل‌ها سری‌های زمانی روزانه متغیرهای هواشناسی همانند بارش، دما و تشعشع خورشیدی را تولید می‌نمایند (Racsko et al, 1991). LARS-WG یکی از مدل‌های ریزمقیاس ساز است که در عین پیچیدگی کمتر فرایند شبیه‌سازی و داده‌های ورودی و خروجی، توانایی بالایی در پیش‌بینی تغییر اقلیم دارد (Semonov & Stratonovith, 2010). سایر متغیرهای آب‌وهوایی همانند سرعت باد و نقطه شبنم را می‌توان توسط این مدل شبیه‌سازی نمود (Parlange et al,. 2000). در مطالعه‌ای به مقایسه دو مدل SDSM و LARS-WG جهت شبیه‌سازی بارش‌های شدید در حوزه کلوتا واقع در جزیره جنوبی نیوزلند پرداخته شد؛ نتایج حاصل نشان داد که هر دو مدل توانایی‌هایی مشابه و خوبی در شبیه‌سازی بارش‌های شدید دارند و قابل‌استفاده برای پیش‌بینی‌های اقلیمی می‌باشند (Hashmi et al., 2011). در مطالعه‌ای دیگر به مقایسه سه مدل Climgen و Weatherman،LARS-WG در

شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در سه اقلیم متخلف گرگان، گنبد و مشهد پرداختند، نتایج؛ حاکی از کارایی بهتر LARS-WG در شبیه‌سازی عامل حداقل دما در منطقه‌های گرگان و مشهد است (Hajjarpour et al., 2014).

پس از غلات، سیب‌زمینی یکی دیگر از محصولات مهم محسوب شده که علاوه بر ارزش غذایی، دارای ارزش صنعتی نیز می‌باشد. طبق گزارش‌های سازمان خوار و بار و کشاورزی ملل متحد[1]، تولید جهانی سیب‌زمینی در سال 2020 حدود 359 میلیون تن بوده است. سیب‌زمینی در بیش از 150 کشور در سطح بیش از 20 میلیون هکتار کشت می‌شود. این محصول نقش مهمی در امنیت غذایی جهانی دارد و برای بهبود معیشت کشاورزان خرده‌پا و کاهش فقر اهمیت دارد، آسیا بیشترین سهم را در تولید سیب‌زمینی دارد و حدود 54 درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است (FAO, 2022).

بحث آب سبز و لزوم توجه به آن برای اولین‌بار توسط فالکن مارک در سال 1997 مطرح شد (Falkenmark, 1997). آب آبی مجموع رواناب سطحی و تغذیه آب‌های زیرزمینی عمیق است که متفاوت از تعریف آب سبز است. فالکن‌مارک و راکستروم[2] آب سبز را شامل دو جزء جریان آب سبز و منبع آب سبز دانسته‌اند. شول[3] و همکاران (2008) عنوان ذخیره آب سبز را به‌جای منبع آب سبز به کار گرفته‌اند. بر طبق تعریف شول و همکاران (2008)، ذخیره آب سبز مقدار آب موجود در نیم‌رخ خاک و جریان آب سبز معادل تبخیر تعرق واقعی است که در قالب تبخیر از سطح خاک و آب و تعرق از پوشش گیاهی وارد جو می‌شود. در واقع ذخیره آب سبز قسمتی از منابع آب تجدیدپذیر با برگشت اقتصادی بوده که منبع اصلی کشاورزی دیم است. آبِ سبز یکی از مهم‌ترین منابع آبی در تأمین نیاز آبی گیاه است، زیرا برخلافِ آب آبی که باید با صرف هزینه در اختیار گیاه قرار بگیرد، می‌تواند به‌صورت مستقیم و بدون صرفِ انرژی در طول دورهٔ رشد گیاه اتفاق افتاده و بخشی از نیازِ آبی آن را تأمین کند (Karandish et al., 2015). از سویی دیگر، کشاورزیِ دیم در شرایطی امکان‌پذیر خواهد بود که بارندگی بتواند پاسخگوی تبخیر تعرق گیاه در طول فصل رشد باشد.

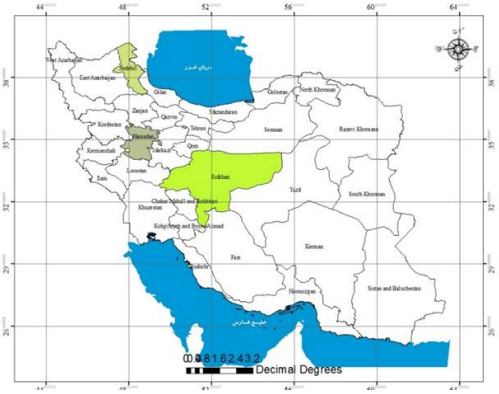
ازآنجایی‌که تغییر اقلیم می‌تواند با تأثیر بر میزان بارندگی، حجم آب سبز و متعاقباً، میزان ذخیرهٔ رطوبت در خاک را تغییر دهد، لذا انتظار می‌رود تا وقوع این پدیدهٔ جهانی، میزانِ کارایی مصرف آبِ سیب‌زمینی را تغییر دهد. برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گیاهان زراعی، می‌توان از مدل‌های گیاهی استفاده کرد (حجار پور و همکاران،1392). با تولید داده‌های روزانه سال‌های آینده می‌توان خروجی این مدل‌های ریزمقیاس کننده را به‌عنوان ورودی مدل‌های گیاهی لحاظ و میزان عملکرد محصولات کشاورزی را تحت تغییرات اقلیمی دهه‌های آتی برآورد کرد. یکی از مدل‌های که برای شبیه‌سازی رشد محصول با استفاده از سری‌های طولانی داده‌های اقلیمی گذشته می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد، مدل AquaCrop است (نصیری اردلی و همکاران، 1393). مدل AquaCrop یکی از مدل‌های گیاهی است که در مناطق مختلف جهان از جمله ایران مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج مطلوبی در مقایسه با اندازه‌گیری‌های صحرایی داشته است (پیرمرادیان و شمس نیا، 1393). مدل مذکور ضمن استفاده از تعداد نسبتاً اندکی از عوامل معین که مستقیماً قابل‌اندازه‌گیری هستند، دارای توازن مناسبی بین سادگی و دقت و همچنین دارای توانایی بالا در شبیه‌سازی است (بافکار، 1392).

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعاتی در این پژوهش شاملِ استان‌های اردبیل، همدان و اصفهان می‌باشد (شکل 1). این استان‌ها با داشتن سهمی فراتر از 50 درصد در تولید سیب‌زمینیِ کشور، به ترتیب دارای اقلیم‌هایِ نیمه‌خشک و فراخشک می‌باشند. به‌منظور تحلیلِ گرمایش جهانی بر متغیرهای اقلیمی، چهار ایستگاه سینوپتیک با نام‌های اردبیل، فرودگاه همدان، اصفهان و کاشان واقع در

[1] FAO
[2] Falkenmark and Rockstrom
[3] Schuol

محدودهٔ مطالعاتی انتخاب شد. شکل 1 محدودهٔ مطالعاتی در ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد.



شکل 1. محدوده‌ی مطالعاتی (الف) و موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک در استان‌های منتخب (ب)

آشکارسازی اثرات تغییر اقلیم

به‌منظور بررسی اثر تغییر اقلیم بر متغیرهای مهم اقلیمی همچون دما و بارش از مجموعه مدل‌های گردش عمومی جو (GCM) استفاده شد. اگرچه روش‌های متعددی برای شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی وجود دارد، اما معتبرترین آن‌ها استفاده از داده‌های مدل‌های GCM می‌باشد. این مدل‌ها سه‌بعدی بوده و با لحاظ روابط فیزیکی حاکم بر اتمسفر، کریوسفر، بیوسفر و هیدروسفر، قادرند روش‌های اقلیمی را با لحاظ نمودن اکثر فرایندها در مقیاس جهانی و یا قاره‌ای شبیه‌سازی کنند (خیراندیش و همکاران، 1392). بااین‌وجود، مدل‌های GCM تنها قادر به شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در مقیاس بزرگ بوده و ضعف عمده این مدل‌ها در قدرت تفکیک مکانی کم آن‌ها است که برای فائق آمدن بر این مشکل، لازم است خروجی این مدل‌ها قبل از استفاده در مطالعات ارزیابی اثرات تغییر اقلیم ریزمقیاس نمایی شوند. بدین منظور، می‌توان از ریز مقیاس‌سازی آماری و ریز مقیاس‌سازی پویا استفاده نمود (Abbasi et al., 2010). اگرچه استفاده از مدل‌های دینامیکی در ریز مقیاس‌سازی، نتایج مقبول‌تری را در ارزیابی‌های اقلیمی ارائه می‌دهد، اما لزوم استفاده از رایانه‌های سرعت بالا، زمان‌بر و پرهزینه بودن شبیه‌سازی با این مدل‌ها، استفاده از آن‌ها را محدود ساخته است. این در حالی است که مدل‌های آماری ضمن ایجاد اطلاعات اقلیمی موردنیاز در مقیاس ایستگاهی از خروجی‌های GCM، دارای مزایایی از جمله ارزان‌بودن، بی‌نیاز بودن از محاسبات و قابلیت انتقال آسان در تولید یکپارچه گزینه‌های اقلیمی جهت تحلیل خطر و عدم قطعیت می‌باشد (Alizade et al., 2010)؛ لذا، در این مطالعه، ضمن ارزیابی نتایج شبیه‌سازی مدل آماری LARS-WG، ریز مقیاس‌سازی و پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی بر اساس گزینه‌های A1B، A2 و B1 در 15 مدل گردش عمومی جو صورت گرفت.

مدل‌سازیِ گیاهی

برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گیاهان زراعی، می‌توان از مدل‌های گیاهی استفاده کرد (حجارپور و همکاران، 1392). با تولید داده‌های روزانه سال‌های آینده می‌توان خروجی این مدل‌های ریز مقیاس‌کننده را به‌عنوان ورودی مدل‌های گیاهی لحاظ و عملکرد محصولات کشاورزی را تحت تغییرات اقلیمی دهه‌های آتی برآورد کرد. یکی از مدل‌هایی که برای شبیه‌سازی رشد محصول با استفاده از سری‌های طولانی داده‌های اقلیمی گذشته می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد، مدل AquaCropاست (نصیری اردلی و همکاران، 1393). مدل AquaCrop ، یک مدل گیاهی است که در مناطق مختلف جهان از جمله ایران مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج مطلوبی در مقایسه با اندازه‌گیری‌های صحرایی داشته است (پیرمرادیان و شمس‌نیا، 1393). این مدل همانند برنامه CROPWAT بر روابط عملکرد نسبی و تبخیر و تعرق نسبی، اما با برخی ویژگی‌های خاص استوار است (Doorenbos & Kassam, 1979).

$$(\frac{Y_x-Y_a}{Y_a}) = K_y(\frac{ET_x-ET_a}{ET_x}) \quad (1)$$

که در آن، Yx حداکثر عملکرد، Ya عملکرد واقعی، ETx حداکثر تبخیر تعرق، ETa تبخیر تعرق واقعی و Ky ضریب تناسب بین کاهش عملکرد نسبی و کاهش نسبی تبخیر تعرق است.

نرم‌افزار AquaCrop از طریق تفکیک تعرق گیاه از تبخیر تعرق، بسط مدل رشدی از رشد اولیه تا پیری، پوشش گیاهی، برآورد و پیش‌بینی عملکرد به‌عنوان تابعی از زیست‌تودهٔ نهایی و شاخص برداشت، و نهایتاً تفکیک اثرات تنش آبی در چهار جزء رشد پوشش گیاهی، توسعه‌یافته است. برآورد تعرق گیاه، سبب تفکیک مصارف مفید و غیرمفید می‌شود. تعرق روزانه (Tr) به واسطه تبخیر تعرق حداکثر روزانه (ETo)و بهره‌وری آب نرمال شده (*WP) مطابق با رابطهٔ 2 به زیست‌توده گیاهی یا قسمت هوایی گیاه تبدیل می‌شود (توکلی، لیاقت، علیزاده، 1392).

$$B \quad (2)$$

که در آن، *WP بهره‌وری آب نرمال‌شده و مقدار آن برای گیاه مشخص در شرایط اقلیمی مشابه، ثابت است (Hanks, 1983) و پس از نرمال کردن بهره‌وری آب برای شرایط اقلیمی متفاوت، مقدار آن به یک عامل ثابت تبدیل می‌شود (Steduto, Hsiao, Fereres, 20007). مزیت معادلهٔ مورداستفاده در مدل AquaCrop این است که شبیه‌سازی فرایندهای رشد گیاه در این نرم‌افزار با استفاده از گام‌های زمانی روزانه صورت می‌گیرد، درحالی‌که در رابطهٔ 1، شبیه‌سازی به‌صورت ماهانه یا فصلی و بر اساس ضریب Ky است. در تمام دورهٔ رشد گیاه، مقدار آب ذخیره شده در ناحیه ریشه از طریق بیلان جریان آب ورودی (آب آبیاری و بارش) و خروجی (رواناب سطحی، نفوذ عمقی و تبخیر تعرق مفید و غیرمفید) در محدوده عمق رشد و توسعه ریشه شبیه‌سازی می‌شود. میزان ضرایب تنش آبی (KS) مؤثر بر توسعه و بسط پوشش سبزینه‌ای گیاه، هدایت روزنه‌ای تعرق (شدت تعرق در واحد cc)، پیری و کاهش پوشش تاجی و شاخص برداشت به وسیله کسر تخلیهٔ آب در ناحیهٔ ریشه تعیین می‌شود. علاوه‌بر آن، بعضی جنبه‌های مدیریتی و عملکرد نهایی محصول باتوجه‌به مدیریت آبیاری (زمان، میزان و نحوه آبیاری) و میزان محدودیت حاصلخیزی خاک از طریق تأثیر آنها بر توسعهٔ رشد گیاه، بهره‌وری آب و سازگار شدن گیاه به تنش‌ها بیان می‌شود (توکلی و همکاران، 1392).

معیارهای ارزیابی

مقایسه مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شدهٔ متغیرهای اقلیمی با مدل LARS-WG در هر مرحله با استفاده از معیارهای ضریب کارایی مدل (EF)، جذر مجموع مربعات خطای نرمال‌شده (NRMSE) و درصد خطای نسبی (%Difference) و بر اساس روابط ذیل صورت گرفت (Reddy et al., 2014).

$$E \quad (3)$$

$$N \quad (4)$$

$$\%Difference = \frac{(Y_i-X_i)}{X_i} \times 100 \quad (5)$$

نتایج و بحث

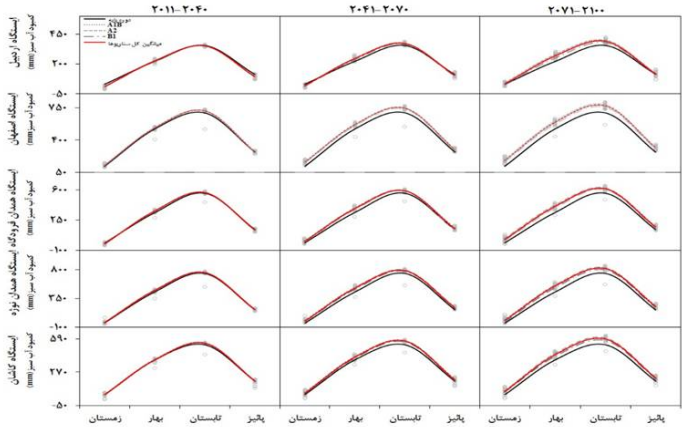
جدول 1 نشان می‌دهد که میانگین کمبود آب سبز در دوره‌ی پایه در ایستگاه‌های اردبیل، اصفهان، همدان- فرودگاه، همدان- نوژه و کاشان به ترتیب برابر با 698/78، 1606/66، 1037/2، 1348/02 و 1130/72 بود، که این مقدار در آینده غالباً افزایش خواهد یافت. لکن، آسیب‌پذیری در دوره‌ی زمانی 2100-2071 و تحت گزینه‌ی A2 به دلیلِ افزایشِ بیش‌ترِ این مولفه بیشتر خواهد بود. بااین‌وجود، به

نظر می‌رسد که خطر افزایش کمبود آبِ سبز در ایستگاه اردبیل کم‌تر از دیگر ایستگاه‌های مورد بررسی باشد. جدول 1 همچنین افزایشِ حدودِ آستانه‌ی کمبودِ آب سبز را با گذشتِ زمان نشان می‌دهد.

جدول 1- متغیرهای آماری کمبود آب سبز میانگین 15 مدل GCM تحت گزینه‌های انتشار در ایستگاه‌های منتخب در شرایط تغییر اقلیم

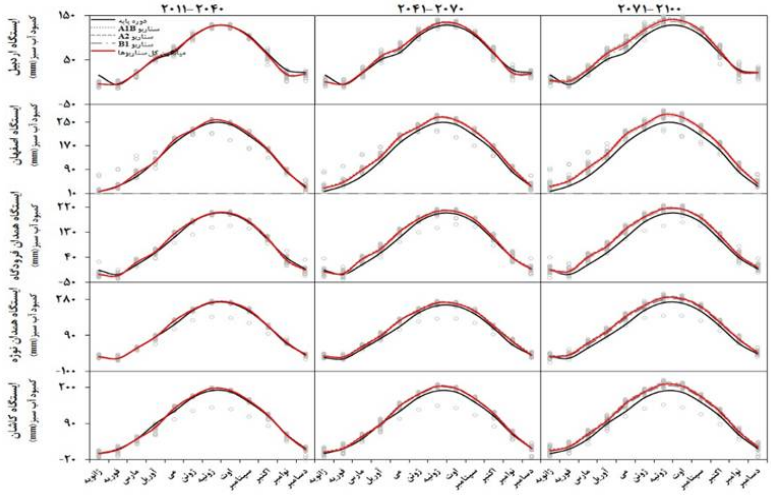
بازۀ زمانی	ایستگاه	میانگین کمبود آب سبز سالانه (mm)								
		پایه	A1B			A2			B1	
			میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر
2011-2040	اردبیل	693,26	698,78	633,88	748,32	697,82	626,91	752,73	700,43	693,26	693,26
	اصفهان	1606,66	1655,97	1535,31	1745,65	1654,97	1539,26	1743,19	1651,3	1552,1	1722,18
	همدان فرودگاه	1037,2	1045,68	953,52	1117,77	1047,68	947,26	1112,21	1045,11	959,04	1102,44
	همدان نوژه	1348,02	1390,8	1308,89	1493,89	1391,26	1301,75	1490,06	1388,13	1319	1483,53
	کاشان	1130,49	1184,73	1095,88	1233,42	1176,64	1063,13	1236,19	1179,36	1112,35	1213,88
2041-2070	اردبیل	693,26	768,83	612,53	835,79	763,45	577,18	844,06	733,78	621,27	797,69
	اصفهان	1606,66	1785,15	1655,23	1879,07	1782,29	1653,39	1876,23	1734,36	1663,53	1795,75
	همدان فرودگاه	1037,2	1152,66	1058,31	1244,88	1140,78	1057,29	1226,50	1102,23	1023,2	1187,65
	همدان نوژه	1348,02	1534,94	1351,25	1647,31	1529,9	1373,51	1633,92	1469,53	1386,52	1569,21
	کاشان	1130,49	1272,72	1168,89	1324,56	1259,62	1147,49	1311,44	1231,63	1153,35	1278,76
2071-2100	اردبیل	693,26	830,65	698,1	883,19	852,97	672,56	939,43	781,21	658,67	871,99
	اصفهان	1606,66	1877,27	1750,45	1958,53	1907,6	1717,59	1990,64	1802,21	1690,93	1876,17
	همدان فرودگاه	1037,2	1233,41	1157,48	1315,47	1261,72	1128,88	1340,76	1169,6	1081,25	1240,16
	همدان نوژه	1348,02	1626,88	1510,62	1732,46	1660,24	1482,1	1762,69	1533,5	1423,34	1639,36
	کاشان	1130,49	1342,55	1263,62	1391,55	1364,1	1264,23	1409,2	1287,89	1243	1341,22

تغییرات فصلی کمبود آب سبز در شکل 2 نیز غیریکنواختی زمانی تغییرات این متغیر اقلیمی را در شرایط وقوع تغییراقلیم نشان می-دهد. صرف‌نظر از ایستگاه‌ها، خطرپذیریِ کشاورزیِ دیم در آینده‌ی دور (2071-2100) بیش‌تر از آینده‌ی نزدیک (2011-2040) خواهد بود، زیرا میزانِ افزایشِ کمبودِ آب سبز در مقایسه با دوره‌ی پایه با گذشت زمان افزایش می‌یابد. به استثنای فصل‌های پاییز و زمستان در ایستگاه اردبیل، کمبود آب سبز در مقیاسِ فصلی در دیگر ایستگاه‌های موردمطالعه در آینده افزایش خواهد یافت. بااین‌وجود، میزان افزایشِ کمبودِ آبِ سبز در فصل‌های گرمِ سال (بهار و تابستان) نسبت به فصل‌های سردِ سال (پاییز و زمستان) بیش‌تر بود که دلیلِ آن می‌تواند افزایشِ بیش‌ترِ حداکثر تبخیر تعرق در این فصل‌ها در مقایسه با بارش و یا کاهشِ بیش‌تر بارش در مقایسه با حداکثر تبخیر تعرق باشد. خطرِ افزایشِ کمبودِ آب سبز در ایستگاه اصفهان بیش‌تر از دیگر ایستگاه‌ها بوده و ایستگاه کاشان از این منظر در جایگاه دوم قرار دارد. این در حالی است که ایستگاه اردبیل از این دیدگاه ایمن‌تر از دیگر ایستگاه‌ها خواهد بود. زیرا در تمامِ فصل‌ها اغلب آب افزایشِ کمبود آب سبز در آن در مقایسه با دوره‌ی پایه کم‌تر از دیگر ایستگاه‌های مورد بررسی است.



شکل 2- تغییرات فصلی کمبود آب سبز ایستگاه‌های منتخب براساس میانگین 15 مدل گردش عمومی جو تحت گزینه‌های A1B، A2 و B1

روند تغییرات کمبود آب سبز ماهانه در پنج ایستگاه منتخب در طول دوره‌های پایه و آینده تحت سه گزینهٔ انتشار به‌صورت میانگین 15 مدل گردش عمومی جو در شکل 3 ارایه شد. در ایستگاه اردبیل در مقیاس ماهانه، کاهش کمبود آب سبز تنها در ماه ژانویه تا فوریه و اکتبر تا دسامبر اتفاق افتاد، در سایر ماه‌ها (فوریه تا اکتبر) افزایش کمبود آب سبز مشاهده نشد. در ایستگاه‌های اصفهان و کاشان در حدفاصل ماه‌های ژانویه تا می افزایش در کمبود آب سبز مشاهده شد. همچنین در ایستگاه‌های همدان-فرودگاه و همدان-نوژه بجز در ماه‌های ژانویه و دسامبر در بقیه ماه‌ها افزایش در کمبود آب سبز مشاهده شد. به طور کلی، پرتنش‌ترین ماه‌ها از نظر کمبود آب سبز ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت بود و کمترین استرس آبی در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر مشاهده شد. بررسی ماهانه‌ی کمبود آب سبز می‌تواند ماه‌های پرتنش را نمایان سازد که این مسأله به طراحان و برنامه‌ریزان بخش‌های هیدرولوژیکی و کشاورزی کمک شایانی خواهد نمود.



شکل 3- تغییرات ماهانه کمبود آب سبز در ایستگاه‌های منتخب براساس میانگین 15 مدل گردش عمومی جو تحت گزینه‌های A1B، A2 و B1

نتیجه‌گیری

گرمایش جهانی یکی از واقعیت‌های عصر امروز است که عواقبِ ناخوشایندِ آن در بسیاری از کشورهای جهان مشهود بوده است.

بخش کشاورزی، به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب شیرین در جوامعِ مختلف پیشرفته و درحال‌توسعه، یکی از مهم‌ترین بخش‌های متأثر از این پدیدهٔ طبیعی است. هرگونه تغییر در اجزاء اقلیمی می‌تواند باعث تغییر در میزان کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب آبیاری شده و بر امنیت غذا از یک سو و امنیت آب در اقلیمِ آیندهٔ یک کشور تأثیر چشمگیری داشته باشد.

ازآنجایی‌که متغیرهای مؤثر بر شرایط اقلیمی و مقدار بارش می‌تواند در نتیجه تغییر اقلیم دستخوش تغییرات چشمگیری شود، لذا مقدار بارش در اقلیم آینده ایران می‌تواند به دلیل وجود توده‌های خشک‌تر، کاهش یابد و یا در نتیجه پیدایش توده‌های مرطوب‌تر، افزایش یابد (Zickfeld et al., 2005). نتایج نشان می‌دهد که میانگین کمبود آب سبز در دورهٔ پایه در ایستگاه‌های اردبیل، اصفهان، همدان-فرودگاه، همدان-نوژه و کاشان به ترتیب برابر با 698/78، 1606/66، 1037/2، 1348/02 و 1130/72 بود که این مقدار در آینده غالباً افزایش خواهد یافت. لکن، آسیب‌پذیری در دورهٔ زمانی 2071-2100 و تحت گزینهٔ A2 به دلیلِ افزایشِ بیش‌ترِ این مؤلفه بیشتر خواهد بود. بااین‌وجود، به نظر می‌رسد که خطر افزایش کمبود آبِ سبز در ایستگاه اردبیل کم‌تر از دیگر ایستگاه‌های موردبررسی باشد. تغییرات اقلیمی با افزایش دمای هوا، زمان مناسب برای کشت سیب‌زمینی را به سمت زمستان جابه‌جا نموده است. صرف‌نظر از دورهٔ موردبررسی، جابه‌جایی فصل کشت به سمت زمستان تحت گزینهٔ A2 بیشتر و تحت گزینهٔ B1 کمتر است.

منابع

بافکار، ع. 1392. بررسی عملکرد سیب‌زمینی با استفاده از مدل شبیه‌سازی رشد گیاهی (AquaCrop) (مطالعه موردی شهرستان اسلام آباد غرب). دومین کنفرانس بین‌المللی مدلسازی گیاه، آب، خاک و هوا، کرمان.

توکلی، ع. و توکلی، ا. 1390. تأثیر تغییر اقلیم بر مصرف آب کشاورزی در دشت تربت‌حیدریه. یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان. 20-18 بهمن‌ماه.

حجار پور، ا.، سلطانی، ا.، زینعلی، ا. و سیدی، ف. 1392. شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر تولید نخود در شرایط دیم و آبی کرمانشاه. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (2)20: 252-235.

Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. 1977. Crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper 24. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, Italy.

FAO. 2022. Doubling global potato production in 10 years is possible. Retrieved from FAO.

Hajjarpour, A., Yousefi, M. and Kamkar, B. 2014. Precision test of simulators LARS-WG, weather Man and CLIMGE Ninthree different climatessimulated (Gorgan, Gonbad and Mashhad). Geography Development, 35(59),201–16. (In Persian with English abstract)

Hashemi, M.Z., Asaad, Y.SH. and Bruce, W.M. 2011. Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a Watershed. Journal Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 25(4), 475–84.

IPCC. 2013. Summary for policymakers. In: Climate Change 2013: Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.

Karandish, F., Salari, S. and Darzi-Naftchali, A. 2015. Application of virtual water trade to evaluate cropping pattern in arid regions. Water Resource Management. DOI: 10.1007/s11269-015-1045-4.

Zickfeld, K., Knopf, B., Petoukhov, V. and Schellnhuber, H.J. 2005. Is the Indian summer monsoon stable against global change? Geophys. Res. Lett, 32: L1570.

تحلیل و پیش‌بینی دما با استفاده از سری‌های زمانی در تعدادی از ایستگاه‌های استان خراسان رضوی

میرناصر نویدی [1]، منصور چتر نور [2]، زهرا محمد اسماعیل [3]

[1] دانشیار بخش شناسایی خاک و ارزیابی اراضی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، n.navidi@areeo.ac.ir

[2] کارشناس بخش شناسایی خاک و ارزیابی اراضی، موسسه تحقیقات خاک و آب ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج،

[3] محقق بخش شناسایی خاک و ارزیابی اراضی، موسسه تحقیقات خاک و آب ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

امروزه تغییر و نوسانات اقلیمی به همراه ناهنجاری‌های حاصل از آن یکی از مسائل مهم و مطرح جهانی است. آشکارسازی تغییرات دما از مهم‌ترین عناصر اقلیمی یک منطقه بوده که از شواهد اولیه تغییرات اقلیمی در بسیاری از مناطق جهان است. ازاین‌رو بررسی تغییرات دمایی مانند شدت- مدت، فراوانی و شناسایی مناطق دارای ریسک و پیش‌بینی مقدار آن لازم و ضروری می‌باشد، به این منظور تعدادی از ایستگاه‌های همدیدی در خراسان رضوی انتخاب شدند. سپس با استفاده از سری‌های زمانی هولت وینترز (Holt-Winters) به پیش‌بینی تغییرات دمایی پرداخته شد. بررسی ویژگی آماری دمای سالانه نشان داد ایستگاه قائن دارای حداکثر دما، دامنه تغییرات و ضریب چولگی به ترتیب 19/25، 25/00 و210/- درجه سانتی‌گراد است؛ اما ایستگاه قوچان کمترین مقدار دما، دامنه تغییرات و ضریب چولگی با 13/10، 27/40 و 0/165- درجه سانتی‌گراد طی دوره آماری 2018-1988 نشان داد. در پایان نتایج برآورد دما را روبه‌بالا نشان داد. همچنین پیش‌بینی می‌شود که در سال 2040 ایستگاه گناباد با دمای 22/86 درجه سانتی‌گراد بیشترین دما و قوچان با 16/92 درجه سانتی‌گراد کمترین دما را خواهد داشت.

کلمات کلیدی: تغییرات دمایی، عناصر اقلیمی، مدل‌سازی، تغییرات اقلیمی، روش Holt-Winters

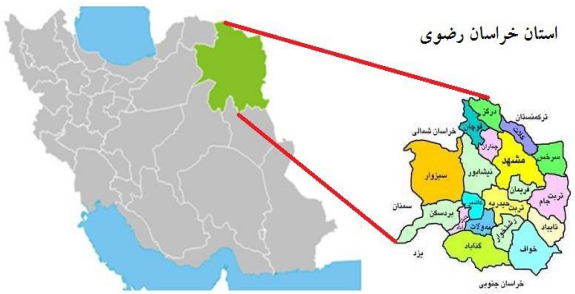
مقدمه

به دلیل اهمیت و تأثیر دما بر شرایط محیطی و نیز نقش آن در برنامه‌ریزی‌های مبتنی بر دانسته‌های اقلیمی، بررسی تغییرات دما در سال‌های اخیر موردتوجه قرار گرفته است. تغییرات اقلیم و نوسان دما یکی از مسائل مهم زندگی بشر به‌حساب می‌آید، با بررسی روند تغییرات میانگین دمای هوا می‌توان تحولات اقلیمی یک منطقه را ردیابی نمود (میرحسینی و همکاران، 1400). خشکسالی به‌عنوان بلای طبیعی و پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر از دیرباز در پهنه وسیع کشورهای مختلف بخصوص کشورهای مستقر در مناطق گرم و خشک به کرات وقوع یافته و می‌یابد. بحران خشکسالی، یکی از ناهنجاری‌های اقلیمی است که اثرات نامطلوبی بر روی گیاهان، جانوران و نهایتا انسان و محیط‌های اکولوژیک دارد. کشور ایران باتوجه‌به وضعیت جغرافیایی و اقلیمی خود، همچون بسیاری از کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا در وضعیت مناسبی از لحاظ تامین آب قرار ندارد. خسارت واثرات نامطلوب ناشی ازخشکسالی به حدی است که بعضی‌ها خسارت آن را بیشتر از سایر بلاهای طبیعی مثل سیل و زلزله می‌دانند. مدیریت خشکسالی می‌تواند یکی از اقدامات بسیار موثر در کاهش خسارات خشکسالی باشد. مدیریت بحران بیشتر جنبه‌های تنش‌زا و بحران‌های اجتماعی و اقتصادی ناشی از بروز خشکسالی و اقدامات اضطراری و واکنشی این پدیده را مدنظر قرار می‌دهد (طهان و خیری، 1388). واقع شدن ایران بر روی کمربند خشک جهانی موجب شده که خشکسالی با فراوانی وقوع نسبتا بالا حادث شود و خسارت زیادی به بخش‌های کشاورزی، صنعتی و شهری وارد سازد. با برنامه‌ریزی اصولی باید مناسب‌ترین برنامه و روش‌های بهره‌برداری باتوجه‌به اولویت‌ها عملی شود. برای نیل به این هدف شناخت دوره‌های خشکسالی، تعیین مناطق تحت‌تأثیر و پیش‌بینی آن امری ضروری است (Samiei etal., 2006). کاهش پیامدهای خشکسالی نیازمند

برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات پیشگیرانه در مقابله با پدیده خشکسالی است که خود مستلزم به کارگیری دانش کافی در پیش بینی خشکسالی است. بررسی روند خشکسالی با استفاده از اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های باران‌سنجی و محاسبه شاخص‌های خشکسالی صورت می‌گیرد. این شاخص‌ها بیان کمی شدت خشکسالی هستند و انواع مختلفی دارند. پیش‌بینی یک عنصر کلیدی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی است زیرا کارایی نهایی هر تصمیم بستگی به طبیعت یک دنباله از حوادث دارد که متعاقب آن تصمیم‌گیری پیش می‌آید (Houshmand, 2014). وقتی خشکسالی برای یک دوره طولانی در منطقه باقی بماند، بر محیط طبیعی آن منطقه تأثیر خواهد گذاشت. ازاین‌رو پیش‌بینی خشکسالی نقش مهمی در طراحی و مدیریت منابع آب و کاهش خسارات خشکسالی منطقه ایفا می‌کند (Mishra & Desai, 2006). یکی از روش‌های پیش‌بینی خشکسالی تحلیل سری‌های زمانی است. تحلیل سری زمانی به‌عنوان بخشی از روش‌های احتمالاتی از دهه 1970به بعد برای پیش بینی توسعه یافته است. این تحلیل معمولاً به داده‌هایی مربوط می‌باشد که مستقل نبوده و به طور متوالی به هم وابسته‌اند. همین وابستگی بین مشاهدات متوالی است که موردتوجه قرار گرفته و بیشترین کاربرد را در پیش‌بینی داشته است (Niromand& Bozorgnia, 1993) . سری زمانی به مجموعه‌ای از مشاهدات و یا مقادیر ثبت شده از یک متغیر گفته می‌شود که برحسب زمان مرتب شده باشد. مدل سری زمانی را می‌توان با یک تابع توزیع احتمال نمایش داد (Makridakis etal., 2003).

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه: استان خراسان رضوی دارای وسعتی بیش از 127 هزار کیلومترمربع می‌باشد که بین مدار جغرافیایی 33 درجه و 52 دقیقه تا 37 درجه و 42 دقیقه عرض شمالی از خط استوا و 56 درجه و 19 دقیقه تا 61 درجه و 16 دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است (سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی، 1395). استان خراسان رضوی به سبب وسعت زیاد از نظر شرایط طبیعی بسیار متنوع و هر یک از نواحی مختلف آن دارای ویژگی‌های خاصی است. این استان از شمال و شمال شرق به طول تقریبی 6/531 کیلومتر دارای مرز مشترک با کشور ترکمنستان و از شرق به طول حدود 302 کیلومتر مرز مشترک با کشور افغانستان دارد ارتفاعات استان را می‌توان به ارتفاعات شمالی و جنوبی تفکیک کرد. شکل 1 موقعیت این استان را در کشور نشان می‌دهد.



شکل 1- موقعیت استان خراسان رضوی در کشور

اولین گام جهت این تحقیق جمع‌آوری اطلاعات کافی در مورد عوامل دمایی است. طول دورهٔ آماری، عامل بسیار مهمی در بررسی‌های آماری می‌باشد، به‌طوری‌که هر اندازه طول دورهٔ آماری بیشتر و در واقع آمار طولانی‌مدت از یک عامل در اختیار باشد، تجزیه‌وتحلیل انجام شده از دقت و اعتبار بیشتری برخوردار خواهد بود. در این پژوهش از داده‌های سالانه دمای ایستگاه همدیدی استان خراسان رضوی (گناباد، سبزوار، قائن، تربت‌حیدریه، سرخس، قوچان، فردوس، کاشمر، بجنورد، مشهد، بیرجند، گلمان و نیشابور) طی دوره

آماری 1988-2018 استفاده شده است. داده‌های مزبور از سایت سازمان هواشناسی کشور استخراج شده است که مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک در (جدول 1) آورده شده است.

جدول 1- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان

ردیف	ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع
1	گناباد	58/41	34/21	1056
2	سبزوار	57/39	36/10	943
3	قائن	59/10	33/43	1432
4	تربت‌حیدریه	59/13	35/16	1451
5	سرخس	61/08	32/36	280
6	قوچان	58/45	37/11	1270
7	فردوس	58/10	34/1	0/1239
8	کاشمر	58/28	35/12	1110
9	بجنورد	40/50	36/54	-/20
10	مشهد	59/38	36/16	999
11	بیرجند	32/86	59/20	1491
12	گلمکان	59/17	36/29	1176
13	نیشابور	58/48	36/16	1213

مدل هولت وینترز (Holt-Winters): استفاده از سری‌های زمانی (Time Series) و تحلیل آن‌ها، یکی از مسائل مهم در علم داده (Data Science) محسوب می‌شود. از طرفی برای استفاده از الگوهای مختلف سری زمانی مانند MA، AR و ARMA یا ARIMA باید آن‌ها را هموار (Smooth) یا ایستا (Stationary) کرد. روش‌های مختلفی برای هموارسازی وجود دارد. در این پژوهش به بررسی روش هموارسازی نمایی (Exponential Smoothing) پرداخته می‌شود. همچنین یکی از مدل‌های پیش‌بینی سری زمانی به نام مدل هولت وینتر را نیز مورداستفاده قرار دادیم. مدل هولت وینترز، شامل سه بخش است. بخش اول، میانگین (مقدار ثابت) نامیده می‌شود که رفتار کلی مدل را نشان می‌دهد و مقادیر پیرامون آن نوسان می‌کنند. بخش دوم روند (شیب‌خط) است که برحسب زمان ثابت است؛ ولی به‌عنوان مضرب برای متغیر در نظر گرفته می‌شود. بخش سوم نیز که به‌صورت تناوبی تغییر می‌کند، برای نمایش تغییرات فصلی به کار گرفته می‌شود. پیش‌بینی در روش هولت وینترز به کمک هموارسازی نمایی صورت می‌گیرد، به‌این‌ترتیب اثر داده‌های نزدیک به نقطه پیش‌بینی، بیشتر از داده‌هایی است که درگذشته دور از آن واقع شده‌اند. ازآنجایی‌که سه محور یا سه مؤلفه یا ویژگی (میانگین، روند و تغییرات فصلی) در مدل سری زمانی هولت وینترز وجود دارد، آن را گاهی به نام هموارسازی نمایی سه‌تایی (Triple Exponential Smoothing) نیز می‌شناسند. در چنین مدلی، پیش‌بینی مقدار آینده توسط ترکیب این سه مؤلفه، صورت می‌پذیرد. چنین مدلی دارای چندین عامل است. این گروه از عوامل در این مدل با α,β,γ شناخته می‌شوند. به‌این‌ترتیب طول دوره تغییرات فصلی و تعداد دوره‌های تغییرات فصلی نیز به‌عنوان عوامل مدل هولت وینترز محسوب می‌شوند.

تحلیل‌های آماری: در ادامه به کمک ابزار آماری نسبت به محاسبه دقت این تکنیک اقدام شد. بدین منظور سه روش متداول جهت محاسبه دقت تکنیک سری‌های زمانی موجود است؛ بنابراین در این تحقیق از سه رابطه زیر استفاده شد.

خطای مطلق میانگین (MAE).

M (1)

درصد خطای مطلق میانگین (MAPE).

M (2)

مجذور خطای ریشه دوم میانگین (RMSE).

$$R \quad (3)$$

نتایج

مشخصات توصیفی دمای ایستگاه‌های خراسان رضوی: بررسی ویژگی آماری دمای سالانه نشان می‌دهد که میانگین دمای ایستگاه قائِن به بیشترین مقدار با 19/25 درجه سانتی‌گراد، دامنه تغییرات 25/00، مقدار ضریب چولگی 210/- درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار میانگین دما به ایستگاه قوچان با 13/10 درجه سانتی‌گراد، دامنه تغییرات 27/40 و مقدار ضریب چولگی 0/165- طی دوره آماری 2018-1988 می‌باشد و بقیه ایستگاه‌ها هم باتوجه‌به (جدول2) نشان داده شده‌اند.

جدول 2- مشخصات آماری دمای سالانه ایستگاه سینوپنیک خراسان رضوی

ایستگاه‌ها	میانگین	حداقل	حداکثر	دامنه	چولگی	کشیدگی	واریانس	انحراف معیار
گناباد	17/41	-6/40	31/20	27/60	-0/170	-1/316	84/70	**9/20**
سبزوار	18/20	-5/60	33/00	28/60	-0/129	-1/325	90/36	**9/50**
قائن	19/25	-8/30	26/70	25/00	-0/210	-1/101	66/09	**8/12**
تربت‌حیدریه	14/19	-7/50	27/90	25/40	-0/122	-1/327	82/05	**9/05**
سرخس	18/12	-6/10	32/50	28/60	-0/109	-1/273	82/67	**9/09**
قوچان	13/10	-9/90	27/50	27/40	-0/165	-1/204	73/34	**8/56**
فردوس	17/50	-5/20	31/50	26/70	-0/124	-1/318	78/96	**8/88**
کاشمر	17/88	-4/90	32/00	26/90	-0/137	-1/344	84/42	**9/18**
بجنورد	13/33	-6/70	26/60	23/30	-0/090	-1/313	74/78	**8/64**
مشهد	15/40	-6/90	29/20	26/10	-0/090	-1/298	79/57	**8/92**
بیرجند	16/49	-1/30	29/90	21/20	-0/118	-1/354	70/00	**8/36**
گلمان	13/50	-7/60	31/20	28/80	-/036	-1/209	79/97	**8/94**
نیشابور	14/76	-8/30	31/20	29/50	-/052	-1/224	75/93	**8/71**

نتایج ارائه شده در جدول 3 مدل‌های مختلف ARIMA برای پیش‌بینی دمای ایستگاه‌های استان خراسان در دوره آماری 2018-1988را نشان می‌دهد.

جدول3- مدل‌های مختلف ARIMA برای پیش‌بینی دمای ایستگاه‌های استان خراسان در دوره آماری 2018-1988

ردیف	ایستگاه	ARIMA	RMSE	MAPE	MAE
1	**گناباد**	ARIMA(0,0,0)(0,1,1)	2.10	1.23	1.35
2	**سبزوار**	ARIMA(0,0,1)(0,1,1)	1.70	2.97	1.29
3	**قائن**	ARIMA(0,1,1)(0,1,1)	2.07	4.38	1.40
4	**تربت‌حیدریه**	ARIMA(0,0,1)(0,1,1)	1.65	3.33	1.24
5	**سرخس**	ARIMA(0,0,0)(0,1,1)	1.95	1.74	1.40
6	**قوچان**	ARIMA(0,0,1)(0,1,1)	1.86	4.75	1.39
7	**فردوس**	ARIMA(0,0,1)(0,1,1)	1.62	1.08	1.23
8	**کاشمر**	ARIMA(0,0,1)(0,1,1)	1.67	1.85	1.25
9	**بجنورد**	ARIMA(0,0,1)(0,1,1)	1.68	4.55	1.24
10	**مشهد**	ARIMA(0,0,1)(0,1,1)	1.75	2.42	1.32
11	**بیرجند**	ARIMA(0,0,1)(0,1,1)	1.50	1.87	1.18
12	**گلمکان**	ARIMA(0,0,4)(0,1,1)	2.74	4.30	1.93

13	نیشابور	ARIMA(0,0,10)(1,1,0)	1/85	2/63	1/37		

برای بررسی مناسبت مدل که بر مبنای خود همبستگی‌های باقیمانده‌ها استفاده از آزمون پرت- مانتو می‌باشد که نتایج محاسبات در جدول (4) آمده است.

جدول4 - نتایج پرت – مانتو ایستگاه‌های خراسان

ایستگاه‌ها	Lag	12	24	36	48	ایستگاه	Lag	12	24	36	48
گناباد	Chi-Squaer	9/9	20/7	37/6	54/9	نیشابور	Chi-Squaer	13/8	18/3	29/1	50/0
	DF	4	16	28	40		DF	5	17	29	41
	P-Value	0/352	0/190	0/106	0/158		P-Value	0/317	0/368	0/460	0/159
سبزوار	Chi-Squaer	18/8	24/7	37/3	51/0	تربت حیدریه	Chi-Squaer	9/3	13/6	26/2	36/9
	DF	6	18	30	42		DF	4	16	25	40
	P-Value	0/240	0/132	0/169	0/161		P-Value	0/054	0/627	0/562	0/613
قوچان	Chi-Squaer	13/7	20/1	38/4	67/0	کاشمر	Chi-Squaer	13/8	21/0	38/2	58/8
	DF	6	18	30	42		DF	7	19	31	43
	P-Value	0/333	0/326	0/140	0/280		P-Value	0/555	0/339	0/173	0/455
مشهد	Chi-Squaer	16/8	22/8	37/4	50/4						
	DF	5	17	29	41						
	P-Value	0/250	0/155	0/136	0/148						

جدول 5 نیز پیش‌بینی ایستگاه‌های مطالعاتی را در طی سال‌های 2025-2040 نشان می‌دهد. براساس نتایج در سال 2025 سرخس با 22/56 درجه سانتی‌گراد و قوچان با 16/81 درجه سانتی‌گراد کمترین دما، در سال 2030 گناباد با 22/74 درجه سانتی‌گراد بیشترین دما و قوچان با 16/84 درجه سانتی‌گراد کمترین دما، در سال 2035 گناباد با 22/80 درجه سانتی‌گراد بیشترین دما و قوچان با 16/88 درجه سانتی‌گراد کمترین دما و در سال 2040 در گناباد با دمای 22/86 درجه سانتی‌گراد بیشترین دما و قوچان با 16/92 درجه سانتی‌گراد کمترین دما را تجربه خواهد کرد.

جدول 5- پیش‌بینی در سری زمانی دما در ایستگاه‌های خراسان رضوی در طول دوره آماری 2025-2040

پیش‌بینی ایستگاه‌ها	سال‌ها			
	2025	2030	2035	2040
گناباد	17/80	22/74	22/80	22/86
سبزوار	22/31	22/27	22/23	22/18
قائن	20/52	20/65	20/76	20/90
تربت حیدریه	18/24	18/29	18/32	18/37
سرخس	22/56	21/96	22/62	21/81
قوچان	16/81	16/84	16/88	16/92
فردوس	22/27	22/37	22/47	21/71
کاشمر	23/50	21/96	22/0	21/14
بجنورد	21/91	17/37	17/41	17/45
مشهد	20/47	20/57	20/67	20/76
بیرجند	17/33	21/09	21/19	17/45
گلمکان	20/99	17/58	22/05	22/08
نیشابور	21/97	22/01	17/86	17/88

نتیجه‌گیری

پژوهش‌های انجام شده در سطح جهان به طور عمده بیانگر افزایش تدریجی در دمای متوسط است. بااین‌وجود گزارش‌هایی مبنی بر کاهش درجه‌حرارت نیز وجود دارد. در این پژوهش روند تغییرات درازمدت دمای متوسط سالانه در 13 ایستگاه همدیدی خراسان رضوی مورد بررسی قرار گرفت که استفاده از مدل وینترز و داده‌های هواشناسی 1988-2018 ایستگاه همدیدی گناباد، سبزوار، قائن، تربت‌حیدریه، سرخس، قوچان، فردوس، کاشمر، بجنورد، مشهد، بیرجند، گلمان و نیشابور پیش‌بینی داده‌های هواشناسی صورت گرفت. نتایج نشان داد که 100% ایستگاه تغییرات دما دارای روند مثبت می‌باشد. باتوجه‌به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که بیشتر مناطق در سال‌های آتی با افزایش دما رو به رو خواهد بود. هر چند شیب خط روند درازمدت دمای متوسط سالانه در برخی از ایستگاه‌های شدید نیست، ولی مثبت بودن این شیب بیانگر افزایش دماست. بنابراین، در این زمینه برای جلوگیری از وضعیت بحران باتوجه‌به افزایش خشکسالی‌ها و حتی سیل، توجه مسؤلان و برنامه‌ریزان امر را در این زمینه‌ها جهت کاهش خسارات احتمالی می‌طلبد. این نکته که روند تغییر اقلیم و گرمایش جهانی و به تبعیت از آن، خشکسالی، تا چه حد و با چه شدتی نواحی مختلف کشور از جمله استان خراسان رضوی را تحت‌تأثیر قرار داده، نیاز به تحقیقات گسترده و عمیق‌تری دارد، که پیشنهاد می‌شود از نتایج دیگر مدل‌های دینامیکی و آماری در تحقیقات آتی استفاده شود.

منابع

طهان، ف. و خیری، ش. 1388. مدیریت بحران خشکسالی و راهکارهای مقابله با خشکسالی، همایش ملی مدیریت بحران آب دوره:0، شماره: 1.

میرحسینی، ح.، گندم‌کار، ا.، افروس، ع. و عباسی، و ع.ر. 1400. بررسی روند تغییرات سری‌های دمایی مناطق شرقی ایران به‌منظور بررسی تغییرات منطقه‌ای. فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، 1400; 11(42): 125-141.

Houshmand, J. 2014. Monitoring, Analysis and Prediction of drought using time series. M.Sc thesis of Hormozgan University, 2-10

Niromand, H. and Bozorgnia, A. 1993. A review of time series analysis, University of Mashhad. 77pp.

Makridakis, S. Wheelwright, S.C. and Hyndman, R., 2003. Forecasting methods and applications. Wiley (ASIA) Pvt Ltd., Singapore.

Mishra, A.K. and Desai, V.R. 2005. Drought Forecasting Using Stochastic Models. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment (SERRA). 19 (5): 326-339

Samiei, M. Saghafian, B. and Mahdavi, M. 2006. Regional analysis of hydrological drought severity in watersheds of Tehran province. Journal of Natural Resources of Iran. 59(1): 27-39.

تغییرات اقلیمی و تبخیر تعرق مرجع در استان کردستان با استفاده از سامانه نیاز آبی گیاهان

سیده نرگس حسینی [1]، نیازعلی ابراهیمی پاک [2]

[1] محقق موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، narges_eau@yahoo.com

[2] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

تبخیر تعرق مرجع به‌عنوان یکی از اجزای مهم چرخه هیدرولوژیکی، عامل مهمی در برنامه‌ریزی آبیاری مزارع، ارزیابی خشکسالی و تغییرات اقلیمی است. هدف از انجام این پژوهش تعیین تغییرات زمانی تبخیر تعرق مرجع و عوامل مؤثر بر آن در ایستگاه‌های سینوپتیک استان کردستان می‌باشد. داده‌های هواشناسی مورداستفاده شامل حداقل دما، حداکثر دما، میانگین دما، حداقل رطوبت نسبی، حداکثر رطوبت نسبی، سرعت باد، تابش خالص ورودی به سطح و ساعات آفتابی در دوره آماری 1378 تا 1401 می‌باشد. برای تعیین تبخیر تعرق مرجع از روش پنمن مانتیث فائو که منتج از سامانه نیاز آبی گیاهان کشور است استفاده شد. برای تعیین وجود تغییرات در تبخیر تعرق مرجع و متغیرهای اقلیمی مؤثر بر آن از آزمون پتیت نرم‌افزار XLSTAT استفاده شد. نتایج نشان داد تغییرات سری‌های زمانی تبخیر تعرق مرجع ماهانه و سالانه به ترتیب در 42 و 60 درصد از ایستگاه‌های موردبررسی در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بوده و نشان‌دهندهٔ وجود تغییر ناگهانی این متغیرها بود. تغییرات ناگهانی افزایشی تبخیر تعرق مرجع نشان‌دهندهٔ افزایش نیاز آبی گیاهان است؛ لذا مسئولین می‌بایست منابع آبی را با برنامه‌ریزی مناسب‌تر در اختیار بخش کشاورزی قرار دهند و کشاورزان با درنظرگرفتن این افزایش با برنامه‌ریزی بهتری نسبت به انتخاب گیاه و مساحت کشت محصولات اقدام کنند.

کلمات کلیدی: آزمون پتیت، پنمن مانتیث، تغییر اقلیم، نیاز آبی

مقدمه

تبخیر تعرق یکی از اجزای مهم چرخه هیدرولوژیکی است که نیازهای جوی و شرایط سطح را ادغام می‌کند. تبخیر تعرق مطابق نشریه 56 فائو (FAO) از حاصلضرب ضریب گیاهی هر گیاه در تبخیر تعرق مرجع به‌دست می‌آید (Allen, 1998). تبخیر تعرق مرجع نشان دهنده‌ی حداکثر مقدار آب منتقل شده از سطح زمین به جو است (Yang et al., 2020). تعیین این عامل اولین گام در برآورد نیاز آبی گیاهان و مدیریت آب آبیاری است (Yassen et al., 2020). این عامل یک عامل مهم در برنامه‌ریزی آبیاری مزرعه، ارزیابی خشکسالی و تحقیقات تغییرات اقلیمی است (Li et al., 2017). پژوهش در مورد تغییرات زمانی و مکانی تبخیر تعرق مرجع به‌منظور درک تغییرات اقلیمی و اثرات آن بر فرآیندهای هیدرولوژیکی و منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار است (Liu and Zhang, 2013).

متوسط شرایط آب‌وهوایی در یک منطقه معین به‌عنوان اقلیم آن منطقه توصیف می‌گردد و تغییر معنی‌دار متوسط داده‌های هواشناسی در یک دوره زمانی معین نیز به‌عنوان تغییر اقلیم شناخته می‌شود (Maunder, 1995). تبخیر تعرق مهم‌ترین عنصر اقلیمی است که بر تعادل آب و بهره‌وری گیاه تأثیرگذار است (Fisher et al., 2011). در دهه‌های گذشته، تغییرات چشمگیر اقلیمی (شامل متغیرهای اصلی هواشناسی) فرایندهای هیدرولوژیکی را در بسیاری از مناطق تغییر داده است. این امر در حال حاضر منجر به یک سری مشکلات منابع آبی در برخی از مناطق به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک شده است (Xu et al., 2015). آگاهی از روند تغییرات تبخیر تعرق مرجع می‌تواند به مدیریت آبیاری کشاورزی کمک کند و از تصمیم‌گیرندگانی که در بخش مدیریت منابع آب درگیر هستند در آینده حمایت کند (Yang et al., 2020). تبخیر تعرق تأثیر زیادی بر سایر فرایندهای هیدرولوژیکی مرتبط مانند حرکت رطوبت خاک،

تخلیه آب‌های زیرزمینی و تولید رواناب دارد (Liang et al., 2010)؛ بنابراین درک توزیع مکانی و تغییرات زمانی تبخیر تعرق یک موضوع مهم در مطالعات هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز می‌باشد (Xu et al., 2015). در بسیاری از مناطق با کمبود منابع آب، مانند حوضه دریاچه ارومیه، مطالعه تغییرات تبخیر تعرق مرجع می‌تواند به درک توزیع مکانی و تغییرات زمانی آب کمک کند.

در این راستا در سال‌های گذشته مطالعه تغییرات زمانی تبخیر تعرق مرجع موردتوجه محققین مختلفی از دنیا قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به Li و همکاران (2017) و در چین، Yang و همکاران (2020) در شمال‌غربی چین، Yassen و همکاران (2020) در مصر، de Oliveira و همکاران (2021) در برزیل، Ahmadi و همکاران (2022) در آمریکا، Fu و همکاران (2022) در چین، Di Nunno و Granata (2023) در ایتالیا و Rahman و همکاران (2023) در بنگلادش اشاره کرد. در ایران نیز مطالعه Dinpazhoh و Foroughi (2018) در شمال‌غرب ایران نشان داد که در اکثر ایستگاه‌های موردمطالعه تغییرات تبخیر تعرق مرجع سالانه به‌طور ناگهانی افزایش یافته است. آن‌ها دلیل این افزایش را افزایش دمای هوا یا سرعت باد یا ترکیبی از این دو عامل عنوان کردند. در مطالعه آن‌ها تغییرات زمانی تبخیر تعرق مرجع فقط در برخی از ایستگاه‌های استان کردستان تا سال 2015 میلادی مورد بررسی قرار گرفت. در پژوهشی Dinpazhoh و همکاران (2019) حساسیت تبخیر تعرق مرجع به تغییر متغیرهای هواشناسی را در شمال‌غرب و غرب ایران بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد بیشترین تأثیر در نوسانات تبخیر تعرق مرجع مربوط به دمای حداقل و حداکثر می‌باشد. طی مطالعه‌ای Ebrahimi Haftcheshmeh و Farhadi Bansouleh (2021) در استان کردستان تغییرات مکانی تبخیر تعرق مرجع را پهنه‌بندی کردند اما به تغییرات زمانی آن اشاره‌ای نداشتند. در مطالعه‌ای Jovzi و همکاران (2023) نیز ضمن پهنه‌بندی تغییرات مکانی تبخیر تعرق مرجع در حوزه دریاچه ارومیه، تبخیر تعرق مرجع را از سامانه نیاز آبی گیاهان کشور تعیین و با روش‌های تعیین تبخیر تعرق مرجع هارگریوز سامانی و هارگریوز سامانی اصلاح شده مورد مقایسه قرار دادند. نتایج حاکی از دقت بالای این سامانه در تعیین تبخیر تعرق مرجع بود. مطالعات مختلفی دیگری در رابطه با تبخیر تعرق مرجع در برخی از ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان کردستان با استفاده از روش پنمن مونتیث فائو انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات Mirmousavi et al. (2012)، Zare Abyaneh et al. (2014)، Ghamarnia et al. (2015)، Akhvan et al. (2019) و Haghizadeh et al. (2019) اشاره کرد اما در هیچکدام از این مطالعات تغییرات ناگهانی سری زمانی تبخیر تعرق مرجع بررسی نشده است.

لذا بررسی منابع نشان داد تا کنون پژوهشی که نشان‌دهنده تغییرات زمانی تبخیر تعرق مرجع و تغییرات اقلیمی مؤثر بر آن در همه ایستگاه‌های همدیدی استان کردستان که دارای آمار بلندمدت هواشناسی باشد؛ صورت نگرفته است؛ بنابراین هدف از انجام این پژوهش تعیین تغییرات زمانی تبخیر تعرق مرجع و عوامل مؤثر بر آن در ایستگاه‌های همدیدی استان کردستان می‌باشد. اطلاعات به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌تواند راهنمایی برای نیاز آبی کشاورزی، برنامه‌ریزی آبیاری و مدیریت منابع آب پایدار تحت شرایط تغییرات اقلیمی ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه استان کردستان می‌باشد. استان کردستان شامل 4 استان می‌باشد.

داده‌های هواشناسی

داده‌های هواشناسی استفاده شده در این پژوهش شامل حداقل دما، حداکثر دما، میانگین دما، حداقل رطوبت نسبی، حداکثر رطوبت نسبی، سرعت باد، تابش خالص ورودی به سطح و ساعات آفتابی ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی منتخب استان کردستان بر اساس دوره آماری 1378 تا 1401 می‌باشد. در جدول (1) موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی موردمطالعه استان کرمانشاه ارائه شده است.

تبخیر تعرق مرجع

به‌منظور تعیین تبخیر تعرق مرجع در ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی استان کردستان از سامانه نیاز آبی گیاهان کشور استفاده شد (Soil and Water Research Institute, 2023). تبخیر تعرق مرجع در این سامانه توسط روش پنمن مانتیث فائو محاسبه می‌شود. این روش برآورد تبخیر تعرق مرجع در نشریه 56 فائو به‌عنوان بهترین روش در مقایسه با سایر روش‌های برآورد تبخیر تعرق مرجع پیشنهاد شده است (Sumner and Jacobs, 2005). تبخیر تعرق مرجع از روش پنمن مانتیث فائو با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

(1)

که در آن، Rn تابش خالص ورودی به سطح ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$)، T میانگین روزانه دمای هوا (^oC)، e_a فشار بخار واقعی (kPa)، e_s فشار بخار اشباع (kPa)، U_2 میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع دو متری ($m\ s^{-1}$)، γ ضریب ثابت سایکرومتری ($kPa\ ^oC^{-1}$)، ET_o تبخیر تعرق مرجع ($mm\ day^{-1}$) و Δ شیب منحنی فشار بخار ($kPa\ ^oC^{-1}$) است که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(2)

آنالیز آماری

برای تعیین وجود تغییرات در تبخیر تعرق مرجع و متغیرهای اقلیمی موثر بر آن در ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی استان کردستان از آزمون پتیت (Pettitt test) در نرم‌افزار XLSTAT استفاده شد. آزمون پتیت اولین بار توسط پتیت ارائه شد (Pettitt, 1979). آزمون پتیت یک آزمون غیر همگن است که به هیچ فرضی در مورد توزیع داده‌ها نیاز ندارد. این آزمون اقتباسی از آزمون من-ویتنی (Mann-Whitney) است که امکان شناسایی زمانی را که در آن تغییر اتفاق می‌افتد را می‌دهد. در آزمون پتیت فرض صفر: دنباله ($x_1, x_2, \ldots, x_n$) دارای نقطه تغییر نمی‌باشد و فرض مخالف می‌گوید که: دنباله ذکر شده دارای نقطه تغییر می‌باشد. در این آزمون سری زمانی x_i به دو زیر سری $x_1, x_2, \ldots, x_t$ و $x_{t+1}, x_{t+2}, \ldots, x_n$ دسته‌بندی شده و با آماره $U_{t,n}$ دو زیر سری ذکر شده را از لحاظ یکسان بودن توزیع هر کدام با توزیع آماری سری زمانی x_i آزمون می‌کند. برای انجام آزمون پتیت ابتدا آماره $U_{t,n}$ که در آن $1 \le t < n$ از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$U_{t,n} = \sum_{i=1}^{t} \sum_{j=t+1}^{n} D_{ij} \quad (3)$$

که در آن مقادیر D_{ij} برای هر i و j (بین 1 تا n) باتوجه‌به شرایط زیر محاسبه می‌شود. اگر $(x_i-x_j)>0$ باشد آنگاه $D_{ij} = 1$، اگر $(x_i-x_j)=0$ باشد آنگاه $D_{ij} = 0$ و اگر $(x_i-x_j)<0$ باشد آنگاه $D_{ij} = -1$ قرار داده می‌شود.

در آزمون پتیت آماره K_t که از رابطه زیر محاسبه می‌شود نقطه تغییر $1 \le t < n$ را در صورت وجود ارائه می‌کند.

$$K_t = max_{1 \le t < n} |U_{t,n}| \quad (4)$$

برای تعیین معنی‌دار بودن این آزمون از مقدار آماره p استفاده می‌شود. درصورتی‌که مقدار p از 0/05 کوچکتر باشد آنگاه فرض صفر آزمون پتیت در سطح اطمینان 95 درصد رد خواهد شد.

$$p = \exp\left(\frac{-6K_t^2}{t^3 + t^2}\right) \quad (5)$$

نتایج و بحث

به‌منظور تعیین تغییرات تبخیر تعرق مرجع ماهانه و سالانه در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان کردستان از آزمون پتیت استفاده شد که نتایج این آزمون در جدول (2) ارائه شده است. در جدول (2) هنگامی‌که p-value < 0.05 باشد آزمون پتیت در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بوده و نشان‌دهندهٔ تغییرات ناگهانی تبخیر تعرق مرجع در سری زمانی موردبررسی می‌باشد. نتایج جدول (2) نشان می‌دهد آزمون پتیت در 42 درصد از سری‌های زمانی تبخیر تعرق مرجع ماهانه در ایستگاه‌های موردبررسی در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بوده و نشان‌دهندهٔ وجود تغییر ناگهانی در تبخیر تعرق مرجع ماهانه در ایستگاه‌های مربوطه می‌باشد. مطالعه Liu و

همکاران (2012) در چین نشان داد تغییرات ناگهانی تبخیر تعرق مرجع در بیشتر ایستگاه‌های موردمطالعه آن‌ها (63 درصد) اتفاق افتاده است. مطالعه Tabari و همکاران (2011) در نیمه غربی ایران نیز حاکی از تغییرات ناگهانی تبخیر تعرق مرجع در 70 درصد از ایستگاه‌های موردمطالعه بوده است که با یافته‌های این پژوهش در مورد تغییرات ناگهانی این عامل در ایستگاه‌های استان کردستان مطابقت دارد.

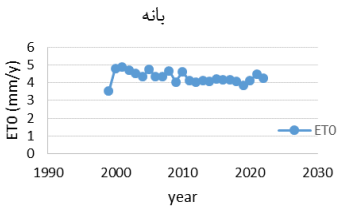
جدول 2- نتایج آزمون پتیت برای تبخیر تعرق مرجع در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان کردستان

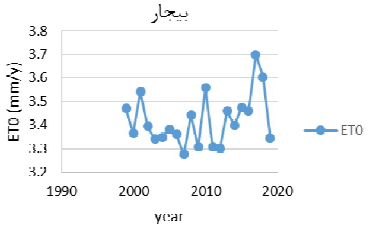
	MINT	MAXT	MINH	MAXH	WSPEED	SUN	RAIN	ETo
MINT	1							
MAXT	.941**	1						
MINH	-.713**	-.822**	1					
MAXH	-.739**	-.789**	.819**	1				
WSPEED	.098**	.075**	-.066**	-.068**	1			
SUN	.486**	.637**	-.720**	-.604**	.044**	1		
RAIN	-.128**	-.206**	.325**	.287**	.014	-.265**	1	
ETo	.865**	.926**	-.781**	-.764**	.244**	.710**	-.209**	1

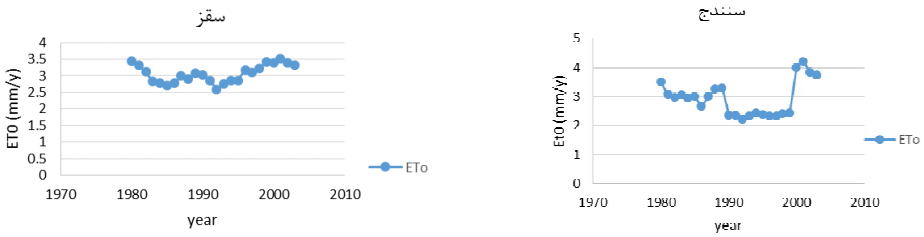
Notes: * and ** indicate significant difference at a 5% probability level (P < 0.05), and significant difference at a 1% probability level (P < 0.01), respectively.

شکل‌های نشان می‌دهد در یک ایستگاه مشخص ممکن است در برخی از ماه‌های سال، تغییرات تبخیر تعرق مرجع افزایشی و در برخی از آن‌ها کاهشی باشد. همچنین تغییرات تبخیر تعرق مرجع ماهانه در بین ایستگاه‌های موردبررسی همواره افزایشی نبوده؛ بلکه در برخی از آن‌ها کاهشی می‌باشد.

موردمطالعه (سهند و پارس‌آباد) تغییرات تبخیر تعرق مرجع سالانه کاهشی بوده است. نتایج ایشان با نتایج پژوهش حاضر که در برخی ایستگاه‌ها تغییرات تبخیر تعرق مرجع افزایشی و در برخی از آن‌ها کاهشی است، همخوانی دارد. تحقیقات Tabari و همکاران (2011) نشان داد تبخیر تعرق مرجع در 70 درصد از ایستگاه‌های موردمطالعه در غرب ایران دارای تغییرات ناگهانی افزایشی است که با یافته‌های این پژوهش در ایستگاه‌های استان کردستان همخوانی دارد. مطالعه Rahman و همکاران (2023) در بنگلادش نیز نشان داد که تبخیر تعرق مرجع سالانه دارای تغییرات کاهشی می‌باشد که با نتایج این مطالعه در مورد کاهشی بودن این عامل در ایستگاه روانسر هم‌راستا است. نتایج مطالعات در برخی از مناطق چین و آمریکا نشان داد افزایش دما در همه موارد نمی‌تواند مسئول افزایش تبخیر تعرق مرجع باشد بلکه کاهش در تشعشعات خورشیدی ناشی از افزایش پوشش ابر می‌تواند منجر به کاهش این عامل گردد (Peterson et al., 1995; Yin et al., 2010).







شکل 1- تغییرات ناگهانی ETo ماهانه در چند ایستگاه

در مطالعهٔ Jhajharia و همکاران (2012) نیز به تناقض افزایش دما ضمن کاهش تبخیر تعرق اشاره شده است. نتایج پژوهش Liu و Zhang (2013) نشان داد که کاهش قابل توجه سرعت باد بر تغییر تبخیر تعرق مرجع غالب بوده و اثر افزایش دمای هوا که باعث افزایش تبخیر تعرق مرجع می‌شود را خنثی کرده و منجر به کاهش آن می‌شود. این نتیجه موافق با یافته‌های نتایج پژوهش حاضر است. نتایج مطالعه Dinpazhoh و Foroughi (2018) نشان داد که علت کاهشی بودن تغییرات تبخیر تعرق مرجع سالانه در برخی از ایستگاه‌های موردمطالعه (سهند و پارس آباد) هر چند که به علت اثر هم‌زمان متغیرهای هواشناسی شامل سرعت باد، دمای هوا و غیره می‌باشد اما کاهش سرعت باد در این مناطق باعث افزایش میزان مقاومت سطحی انتشار بخار آب روزنه‌های برگ گیاه شده و در نتیجه موجب کاهش تبخیر تعرق مرجع می‌شود. نتایج ایشان با نتایج پژوهش حاضر که کاهش سرعت باد موجب کاهش تبخیر تعرق مرجع می‌شود همخوانی دارد. نتایج مطالعه Ghasemi (2015) نشان داد دمای هوا در ایران در دوره آماری 1961 تا 2010 به‌میزان 0/1 تا 0/4 درجه سلسیوس افزایش یافته است که با نتایج این پژوهش در مورد افزایش دمای هوا برخی از ایستگاه‌ها مطابقت دارد. مطالعه Xu و همکاران (2015) در چین نشان داد کاهش سرعت باد غالب‌ترین عامل برای روند نزولی تبخیر تعرق مرجع بود که موافق یافته‌های این پژوهش می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج کلی حاصل از این مطالعه نشان داد در مقیاس ماهانه 42 درصد از سری‌های زمانی تبخیر تعرق مرجع در ایستگاه‌های مورد بررسی دارای تغییرات ناگهانی تبخیر تعرق مرجع بودند که از این میان 82 درصد ایستگاه‌ها دارای تغییرات افزایشی رو به بالا بوده و تنها در 18 درصد از آن‌ها تغییرات کاهشی رو به پایین بوده است. بازه زمانی این تغییرات از سال 1382 تا 1394 بود. در مقیاس سالانه نیز 60 درصد از سری‌های زمانی تبخیر تعرق مرجع در ایستگاه‌های مورد بررسی دارای تغییرات ناگهانی تبخیر تعرق مرجع شدند که از این میان 83 درصد ایستگاه‌ها دارای تغییرات افزایشی رو به بالا بوده و تنها در 17 درصد از آن‌ها تغییرات کاهشی رو به پایین اتفاق افتاد. بازه زمانی این تغییرات نیز از سال 1384 تا 1393 بود. در بین ماه‌های سال نیز، ماه‌های تیر تا مهر در 60 درصد از ایستگاه‌های موردمطالعه دارای بیشترین تغییرات ناگهانی تبخیر تعرق مرجع بودند که از این میان 75 درصد ایستگاه‌ها دارای تغییرات افزایشی رو به بالا بوده و تنها در 25 درصد از آن‌ها تغییرات کاهشی رو به پایین داشتند. این امر نشان می‌دهد نیاز آبی محصولات بهاره به طور کلی درحوضه افزایش یافته است. در پایان نتایج این مطالعه نشان می‌دهد به‌طور کلی از بازه زمانی 1382 تا 1394 به بعد، تغییرات ناگهانی افزایشی تبخیر تعرق مرجع در اغلب ایستگاه‌های هواشناسی استان کردستان رخ داده است و باعث افزایش میزان نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی در این استان گردیده است. این امر این را می‌طلبد که مسئولین، منابع آبی استان را با برنامه‌ریزی مناسب‌تر در اختیار بخش کشاورزی قرار دهند. توصیه می‌شود کشاورزان نیز با لحاظ این امر که نیاز آبی گیاهان در استان افزایش یافته است با برنامه‌ریزی بهتری نسبت به انتخاب گیاه و مساحت کشت محصولات خود اقدام کنند تا با کاهش محصول مواجه نشوند.

منابع

Ahmadi, A., Daccache, A., Snyder, R.L. and Suvočarev, K. 2022. Meteorological driving forces of reference evapotranspiration and their trends in California. Science of the Total Environment, 849, p. 157823.

Akhvan, S., Mousabeygi, F. and Hashemi Garmdareh, S.E. 2019. Assessment of reference evapotranspiration (ETo) methods under data scarcity scenarios (case study: Kermanshah). Journal of Irrigation and Water Engineering, 9(1), pp. 183–197. (In Persian)

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy.

de Oliveira, R.G., Valle Júnior, L.C.G., da Silva, J.B., Espíndola, D.A.L.F., Lopes, R.D., Nogueira, J.S., Curado, L.F.A. and et al. 2021. Temporal trend changes in reference evapotranspiration contrasting different land uses in southern Amazon basin. Agricultural Water Management, 250, p. 106815.

Di Nunno, F. and Granata, F. 2023. Future trends of reference evapotranspiration in Sicily based on CORDEX data and Machine Learning algorithms. Agricultural Water Management, 280, p. 108232.

Dinpazhoh, Y. and Foroughi, M. 2018. Impact of Climate Change on Sudden Changes in Potential Evapotranspiration Time Series (Case Study: NW of Iran). Journal of Water and Soil, 32(3), pp. 617–632. (In Persian)

Dinpazhoh, Y., Jahanbakhsh Asl, S. and Foroughi, M. 2019. Sensitivity Analysis of Evapotranspiration to Change in Meteorological Parameters in North-West and West of Iran. Journal of Water and Soil Resources Conservation, 8(2), pp. 1–14. (In Persian)

Ebrahimi Haftcheshmeh, I. and Farhadi Bansouleh, B. 2021. Spatial variation of reference evapotranspiration in Kermanshah province. Journal of Agricultural Meteorology, 9(2), pp. 61–66. (In Persian)

Fisher, J.B., Whittaker, R.J. and Malhi, Y. 2011. ET come home: potential evapotranspiration in geographical ecology. Global Ecology and Biogeography, 20(1), pp. 1–18.

Fu, J., Gong, Y., Zheng, W., Zou, J., Zhang, M., Zhang, Z., Qin, J. and et al. 2022. Spatial-temporal variations of terrestrial evapotranspiration across China from 2000 to 2019. Science of The Total Environment, 825, p. 153951.

Ghamarnia, H., Mousabeygi, F., Amiri, S. and Amirkhani, D. 2015. Evaluation of a Few Evapotranspiration Models Using Lysimeteric Measurements in a Semi Arid Climate Region. International Journal of Plant & Soil Science, 5(2), pp. 100–109.

Ghasemi, A.R. 2015. Changes and trends in maximum, minimum and mean temperature series in Iran. Atmospheric Science Letters, 16(3), pp. 366–372.

Haghizadeh, A., Bayat, V. and Arshia, A. 2019. Estimation of The Evapotranspiration potential of Kermanshah synoptic stations Using Genetic Programming. Journal of Geographic Space, 19(67), pp. 29–42. (In Persian)

Jhajharia, D., Dinpashoh, Y., Kahya, E., Singh, V.P. and Fakheri-Fard, A. 2012. Trends in reference evapotranspiration in the humid region of northeast India. Hydrological Processes, 26(3), pp. 421–435.

Jovzi, M., Ebrahimi Pak, N.A. and Tafteh, A. 2023. Estimation of reference crop evapotranspiration by Hargreaves Samani and modified Hargreaves Samani methods and evaluating them using the water requirement system of plants in Kermanshah province. Hydrogeology, 8(1), pp. 1–16. (In Persian)

Li, Y., Yao, N. and Chau, H.W. 2017. Influences of removing linear and nonlinear trends from climatic variables on temporal variations of annual reference crop evapotranspiration in Xinjiang, China. Science of the Total Environment, 592, pp. 680–692.

Liang, L., Li, L. and Liu, Q. 2010. Temporal variation of reference evapotranspiration during 1961–2005 in the Taoer River basin of Northeast China. Agricultural and Forest Meteorology, 150(2), pp. 298–306.

Liu, L., Xu, Z.-X. and Huang, J.-X. 2012. Spatio-temporal variation and abrupt changes for major climate variables in the Taihu Basin, China. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 26(6), pp. 777–791.

Liu, X. and Zhang, D. 2013. Trend analysis of reference evapotranspiration in Northwest China: The roles of changing wind speed and surface air temperature. Hydrological Processes, 27(26), pp. 3941–3948.

Maunder, W.J. 1995. Dictionary of Global Climate Change. 1st ed., Springer US, Boston, MA. Soil and Water Research Institute. 2023. Water Requirement System of Plants. available at: http://niwr.ir/Login.aspx.

Mirmousavi, H., Panahi, H., Akbari, H. and Akbarzadeh, Y. 2012. Calibration Methods to Estimate Reference Crop Evapotranspiration and Calculated Potential Water Requirements of Olive Plant in Kermanshah Province. Geography and Environmental Sustainability, 2(2), pp. 45–64. (In Persian)

Peterson, T.C., Golubev, V.S. and Groisman, P.Y. 1995. Evaporation losing its strength. Nature, 377, pp. 687–688.

Pettitt, A.N. 1979. A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem. Applied Statistics, 28(2), pp. 126–135.

Rahman, M.N., Azim, S.A., Jannat, F.A., Hasan Rony, M.R., Ahmad, B. and Sarkar, M.A.R. 2023. Quantification of rainfall, temperature, and reference evapotranspiration trend and their interrelationship in sub-climatic zones of Bangladesh. Heliyon, 9(9), p. e19559.

Sumner, D.M. and Jacobs, J.M. 2005. Utility of Penman–Monteith, Priestley–Taylor, reference evapotranspiration, and pan evaporation methods to estimate pasture evapotranspiration. Journal of Hydrology, 308(1–4), pp. 81–104.

Tabari, H., Marofi, S., Aeini, A., Talaee, P.H. and Mohammadi, K. 2011. Trend analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran. Agricultural and Forest Meteorology, 151(2), pp. 128–136.
Xu, L., Shi, Z., Wang, Y., Zhang, S., Chu, X., Yu, P., Xiong, W. and et al. 2015. Spatiotemporal variation and driving forces of reference evapotranspiration in Jing River Basin, northwest China. Hydrological Processes, 29(23), pp. 4846–4862.
Yang, L., Feng, Q., Adamowski, J.F., Yin, Z., Wen, X., Wu, M., Jia, B. and et al. 2020. Spatio-temporal variation of reference evapotranspiration in northwest China based on CORDEX-EA. Atmospheric Research, 238, p. 104868.
Yassen, A.N., Nam, W. H. and Hong, E. M., 2020. Impact of climate change on reference evapotranspiration in Egypt. CATENA, 194, p. 104711.
Yin, Y., Wu, S. and Dai, E. 2010. Determining factors in potential evapotranspiration changes over China in the period 1971–2008. Chinese Science Bulletin, 55(29), pp. 3329–3337.
Zare Abyaneh, H., Saghaei, S., Ershad-Fath, F. and Nozari, H. 2014. Modeling and Forecasting of Reference Crop Evapotranspiration Using Time Series, Case Study: Kermanshah Province. Journal of Agricultural Meteorology, 2(1), pp. 45–56. (In Persian)

تغییرات اقلیمی و مدیریت آب در کشاورزی

سهیلا ناصری راد [1]

[1] دانشجوی دکتری و کارشناس مرکز ملی مدیریت منابع ژنتیکی کشاورزی و منابع طبیعی کشور، soheilanaseri2@gmail.com

چکیده

آب، منبع حیات برای هر پدیده زیستی و انسانی است. امروزه باتوجه‌به رشد فزاینده جمعیت جهان و تغییر سبک زندگی روزمره، فشار بر منابع آب افزایش‌یافته و مدیریت پایدار این منابع اهمیتی حیاتی دارد. یکی از مشکلات جامعه جهانی، کمبود آب در بخش‌های مختلف مصرفی، به‌خصوص بخش کشاورزی است. کشور ایران از نظر اقلیمی در منطقه جغرافیایی خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده و متوسط بارندگی سالانه آن حدود 254 میلی‌متر است که بسیار کمتر از متوسط جهانی است. در سال‌های اخیر، تغییر اقلیم، تأثیرات عمیق و بسیاری بر محیط و به ویژه کشاورزی گذاشته و موجب آسیب‌رسانی و ضرر و زیان به واحدهای بهره‌برداری و کشاورزی شده است. چنین وضعیتی موجب نگرانی روستاییان و مسئولین شده است. هدف از این مطالعه، بررسی و به کارگیری مدیریت منابع آب در کشاورزی، تحت تأثیر خشکسالی و تغییرات اقلیمی است. در این مقاله ابتدا ضمن مرور کاملی بر منابع علمی مختلف داخلی و خارجی در حوزه‌های مرتبط با آب و کشاورزی، به معرفی و تشریح رویکردها و راهبردهای مواجهه با تغییر اقلیم و سازگاری با آن پرداخته شده است. بر اساس طبقه‌بندی راهبردها و راهکارهای مرتبط با سازگاری با تغییر اقلیم، مدیریت آب در کشاورزی می‌تواند معطوف به حوزه‌های زیر باشد: راهبردها و راهکارهای مرتبط با کاهش مصرف آب در استفاده از آن حین آبیاری، راهبردها و راهکارهای مرتبط با حفاظت از آب و جلوگیری از تبخیر زیاد از سطح خاک، ایجاد سیستم‌های پیش‌آگاهی و آموزش و نیز ظرفیت‌سازی شیوه‌های سازگاری با تغییر اقلیم برای کشاورزان.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، خشکسالی، کمبود آب، کشاورزی، مدیریت منابع آب

مقدمه

آب و منابع آبی از دیرباز با مسائل و چالش‌هایی همراه بوده است، امروزه باتوجه‌به گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی به وجود آمده، نیاز به آب و اهمیت آن برای بشر دوچندان شده است (منتظری و همکاران، 1400). مسئله تغییر اقلیم، به تغییرات چشمگیر دما، بارش و باد که در طول چندین دهه اتفاق می‌افتد، اشاره دارد و اثر تغییرات اقلیمی و چرخه آب یک فرایند تعاملی بسیار پیچیده است، چرخه آب

همواره تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی تغییر داشته است. عوامل طبیعی مانند شدت و مقدار بارش، دما، رطوبت، سرعت باد، تبخیر و دیگر عوامل آب و هوایی، تغییرات چرخه آب جهانی و منطقه‌ای را به دنبال خواهد داشت (کیانی قلعه سرد و همکاران، 1398). در واقع اقلیم مشخص‌کننده حالت متوسط کمیت‌های جوی منطقه در درازمدت است و چنانچه این کمیت‌ها از حالت متوسط خود منحرف شوند و این انحراف در طول زمان ادامه‌دار شود، تغییر اقلیم صورت می‌گیرد (اسلامی، 1390). کنوانسیون سازمان ملل متحد، تغییر اقلیم را تغییری مستقیم یا غیرمستقیم بر اثر فعالیت‌های انسانی می‌داند که ترکیب اتمسفر جهانی را دگرگون ساخته و در حیطه زمانی مشخصی رخ می‌دهد، ازآنجاکه انسان در کوتاه‌مدت نمی‌تواند از بروز این پدیده جلوگیری کند، مشکلات و پیامدهای بسیاری به وجود خواهد آمد (طهماسبی و همکاران، 1400). تداوم این امر پیامدهای گسترده اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بحران آب را هر روز آشکارتر می‌کند و خسارات بیشتری را به بار می‌آورد (خیابانی و همکاران، 1396). باتوجه‌به اینکه ایران در کمربند خشکی قرار دارد، تغییر اقلیم به یکی از عوامل تأثیرگذار بر ناپایداری معیشت کشاورزان تبدیل شده و می‌تواند آسیب‌پذیری واحدهای تولیدی را به دلیل عدم امکان مقابله با نوسانات و مخاطرات اقلیمی مضاعف کند. در این بین، کشاورزان کوچک مقیاس به دلیل وابستگی بسیار زیاد به طبیعت و بخش کشاورزی، آسیب‌پذیرترین قشر در مقابل تغییرات اقلیمی هستند (شهرکی و همکاران، 1401). مهم‌ترین اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی عبارتند از: زیرکشت نرفتن اراضی کشاورزی، کاهش پوشش گیاهی، افزایش فرسایش خاک و کاهش سطح زیرکشت محصولات زراعی و باغی، عدم احیای زمین‌های کشاورزی، طغیان آفات و بیماری‌های گیاهی و دامی، از بین رفتن دام‌ها و کاهش محصولات آبزی‌پروری، کاهش منابع آبی و ذخایر آب و کاهش دسترسی به آب (امیری و اسلامیان، 1389). به طور کلی محدودیت منابع آب در مقایسه با روند روزافزون رشد تقاضا برای نیازهای آبی در بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت و شرب در دهه‌های اخیر، سبب اهمیت مدیریت بهره‌برداری از منابع آبی شده است (مرتضی‌نژاد و همکاران، 1391). در این زمینه، بیشتر پژوهشگران و سیاستگذاران از مدیریت پایدار منابع آب به‌عنوان بهترین گزینه برای کاهش چالش‌های حال و آینده منابع آب حمایت کرده و تأکید دارند که مدیریت پایدار آب در بخش کشاورزی باید همزمان دو هدف پشتیبانی آب موردنیاز فعالیت‌های کشاورزی برای دست‌یابی به امنیت غذایی و حفظ محیطزیست را دنبال کند (وثوقی و محمدی، 1391؛ Kameinski et al., 2019) یکی از روش‌های رایج درآبیاری، آبیاری سطحی است که قدیمی‌ترین و رایج‌ترین روش آبیاری در جهان است و حدود 25 درصد از اراضی آبی جهان با این روش آبیاری می‌شوند (Adamu et al., 2022). آبیاری قطره‌ای یکی دیگر از روش‌های رایج و مهم در عملیات آبیاری است که در مقایسه با آبیاری سطحی، رویکردی مؤثر برای صرفه‌جویی در مصرف آب بوده و در سال‌های اخیر به شکلی فزاینده‌ای توسعه یافته است (جعفری و همکاران، 1400). مطالعات زیادی در زمینه سازوکارهای مختلف سازگاری در راستای کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم و کاهش منابع آبی، در سطح ایران و جهان توسط محققان انجام شده که نشان می‌دهد، مدیریت هرز آب‌ها، تغییر الگوی کشت، ساخت استخر، ایجاد سد و بند خاکی، استفاده از روش‌ها و مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی، تغییر زمان کاشت یا برداشت محصول، بهبود سیستم انتقال آب، تغییر زمان آبیاری، استفاده از واریته‌های جدید مقاوم به خشکی، افزایش اعتبارات، تسهیلات و آموزش روش‌های مدیریت منابع آبی، تغییر دوره های کشت، استفاده از گونه‌های مقاوم در برابر خشکسالی و آبیاری با آب باران و دست‌یابی دقیق و منظم به اطلاعات آب و هوایی از مهم‌ترین عوامل موثر مقابله با تغییرات اقلیم و کاهش منابع آبی است (Singh et al., 2017). در پژوهش‌های بررسی شده، اعمال روش‌های آبیاری مختلف منجر به ایجاد تفاوت معنی‌دار در عملکرد و بهره‌وری آب شده است. به عبارت دیگر، روش آبیاری به‌عنوان ابزاری مؤثر برای مدیریت آب در کشاورزی به شمار می‌رود (Mequannt et al., 2020).

روش مطالعه

مطالعه حاضر از نوع مطالعات مروری است و باهدف بررسی تغییرات اقلیمی و افزایش خشکسالی‌های اخیر بر نحوه مدیریت آب و سامانه‌های آبیاری صورت‌گرفته است. در این پژوهش تلاش خواهد شد تا به استناد بررسی‌های میدانی و نظرات خبرگان و کارشناسان، روش‌ها و راهکارهای سازگاری با تغییر اقلیم از جنبه‌های مدیریت آب کشاورزی برای تأمین امنیت غذایی، تعیین و ارائه شوند. همچنین

به‌منظور راهنمایی برای تدوین سیاست‌گذاری‌های آتی کشور در سازگاری با تغییر اقلیم، راهبردهایی در این زمینه ارائه گردد. در حال حاضر، کشاورزی بیشترین برداشت آب شیرین را در سطح جهان به خود اختصاص می‌دهد. حل چالش‌های آینده مستلزم بازنگری کامل پیرامون نحوه مدیریت آب در بخش کشاورزی و چگونگی استفاده دوباره از آن در بستر وسیع مدیریت کلی منابع آب و امنیت آن است، مدیریت منابع و بهینه‌سازی مصرف آن در بخش کشاورزی، راهکاری مناسب برای مقابله با بحران کم‌آبی است. امنیت و مدیریت آب در بخش کشاورزی، مهم‌ترین راهبرد توسعه پایدار است و باتوجه‌به فرایند توسعه کشور و دگرگونی اقتصاد ملی، بخش کشاورزی به تکیه‌گاه مهم امنیت و حیات اقتصادی کشور تبدیل شده است (میرزایی و زیبایی، 1399). در اینجا به برخی از مهم‌ترین روش‌های مدیریت و مقابله با کم‌آبی و خشکسالی اشاره شده است:

روش‌های مدیریت و صرفه‌جویی در مصرف آب

اجرای عملیات آبخیزداری در بالادست سدهای بزرگ و مخزنی، نقش مؤثری در افزایش عمر مفید سدها و مدیریت بهینه منابع آبی دارد. ارتقا روش‌های آبیاری می‌تواند به افزایش راندمان آبیاری تا 55 درصد منجر شود. لذا به‌منظور برنامه‌ریزی برای تأمین نیاز آب بخش کشاورزی و حفظ تولیدات کشاورزی جهت حفظ امنیت غذایی، باید روش‌ها، راهکارها و راهبردهای مناسب برای سازگاری و کاهش اثرات سوء این پدیده در بخش کشاورزی و آب کشور اتخاذ شود. در عصر حاضر، آب موردنیاز برای تولید محصولات کشاورزی باید در شرایطی تأمین شود که منابع آب در اثر تغییرات نامطلوب اقلیمی در حال کاهش هستند؛ لذا، مدیریت منابع آب برای بخش کشاورزی موضوعی است که نه‌تنها به روش‌های مدیریت معمول آب، بلکه به تولید غذا، توسعه روستایی و مدیریت منابع طبیعی نیز مرتبط خواهد بود (حیدری، 1398). براین‌اساس، حمایت دولت از کاشت محصولات با نیاز آبی کم، ترویج و گسترش کشت هیدروپونیک و کشت گلخانه‌ای، آموزش کشاورزان و آشناکردن آن‌ها با روش‌های کاهش مصرف آب، آموزش و ترویج روش‌های نوین آبیاری و نیز اختصاص اعتبارات بلندمدت به‌منظور تخصیص و مدیریت منابع آب در کشاورزی، راهکارهای مناسبی برای استفاده بهینه و افزایش بهره‌وری در مسیر مدیریت منابع گران‌بها و ارزشمند آب خواهد بود (معتقد و همکاران، 1401).

سیستم‌های آبیاری زیرسطحی

از راهکارهای استفاده بهینه از منابع آب و حفظ آن، روش آبیاری زیرسطحی است. روش آبیاری زیرسطحی روش جدیدی است که در آن آب موردنیاز گیاه از طریق لوله تراوش می‌شود که بر اساس عمق ریشه گیاهان، در زیر زمین قرار می‌گیرد و بر اساس خاصیت مویینگی به طور مستقیم در منطقه ریشه توزیع می‌شود (Byran and Baker 1964) در این روش سطح خاک کاهش و میزان مصرف آب تقلیل می‌یابد، در نتیجه آب به مصرف تعریق و رشد گیاه می‌رسد. همچنین یکی دیگر از مهم‌ترین راه‌های مقابله با کمبود آب، افزودن مواد اصلاحی مانند مالچ و ژئولیت به خاک برای افزایش کارایی مصرف آب و بهبود خاک است (میر ابوالقاسمی و همکاران، 1395).

عکس‌العمل کشاورزان در برابر خشکسالی‌ها و کمبود منابع آب

عکس‌العمل و رفتار کشاورزان در برابر تغییرات اقلیمی و کمبود منابع آب می‌تواند به دو صورت رفتار کنشگرانه و رفتار واکنشی نمود پیدا کند. رفتار کنشگرانه بیانگر تغییر الگوی کشت از آبی به دیم یا از کشت محصولات پر آب به محصولات مقاوم در برابر خشکی و یا کاهش سطح زیرکشت می‌باشد. در همین راستا به‌منظور صرفه‌جویی از منابع آب و مواجهه با بحران ناامنی آبی بر اثر تغییر اقلیم، کشاورزان به صرفه‌جویی و استفاده از فناوری‌های بهبود بهره‌وری مصرف آب مانند آبیاری قطره‌ای و دقیق روی آورده‌اند. از رفتارهای واکنشی کشاورزان نیز می‌توان به توجه بیشتر به توصیه‌های ترویجی و مشاوره‌ای کارشناسان در خصوص به‌کارگیری فناوری‌های مناسب یا جدید اشاره کرد (معتقد و همکاران، 1401).

مدل‌های بهینه‌یابی اقتصادی - زیست‌محیطی و اقتصادی - هیدرولوژیکی

مدل‌های بهینه‌یابی اقتصادی- زیست‌محیطی جهت ارزیابی راهبردهای تطبیق به طور گسترده در مطالعات مختلف مورداستفاده قرار می‌گیرد (Bartolini et al. 2007) و منافع اقتصادی را با و بدون راهبردهای تطبیقی باتوجه‌به مجموعه‌ای از محدودیت‌ها حداکثرسازی کرده و تخصیص آب را برآورد می‌کنند. این مدل‌ها دارای وابستگی زمانی هستند، به‌گونه‌ای که در دوره‌های زمانی مختلف، مسئله

بهینه‌یابی مشخصی باید حل و نتایج ارائه شود. همچنین مسائل اقلیمی که بر وضعیت هیدرولوژیکی آب اثرگذار است، در این مدل‌ها به‌خوبی نمایش داده نمی‌شود، اما مدل‌های اقتصادی- هیدرولوژیکی می‌تواند مباحث اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی مدیریت منابع آب و ارزیابی اثرات تغییر اقلیم را در مقایسه با مدل‌های بهینه‌یابی اقتصادی- زیست‌محیطی بهتر نمایش دهد (Zhang et al., 2018).

مدل بهینه‌یابی چندهدفه اقتصادی- زیست‌محیطی

این مدل بهینه‌یابی، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطای دو هدفه، با اهداف حداکثرسازی بازده تولیدات کشاورزی و حداقل‌سازی مصرف آب جهت ذخیره آن برای تعدیل اثرات تغییر اقلیم در آینده و مدیریت منابع آب بوده و تحت راهبردهای تطبیقی مختلفی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (میرزایی و زیبایی، 1399).

بهینه‌سازی مدیریت آب در سطح مزرعه

بسیاری از بررسی‌ها نشان می‌دهند که از پیامدهای منفی تغییر اقلیم، تغییر الگوی بارش، کاهش حجم سفره‌های آب زیرزمینی و ناامنی و بحران آبی است که راهکار رفع آن، بهبود مدیریت و حکمرانی آب است (عبداللهی و همکاران، 1398) و در این راستا، اقدامات گوناگونی باید صورت گیرد. با گسترش بحران کم‌آبی، احتمال وقوع کشمکش و تعارض بین کشاورزان بر سر این منبع محدود افزایش می‌یابد. برای کنترل این مشکل، باید اقدامات و تمهیدات مدیریتی لازم در نظر گرفته شود. ازاین‌رو برای کنترل این معضل، ارتقاء سرمایه اجتماعی و بهره‌مندی از دانش و تجربیات بومی کشاورزان مؤثر تشخیص داده شده است (قربانی و همکاران، 1400).

تغییر الگوی کشت

در این بخش کشاورزان به اقداماتی مانند استفاده از ارقام مقاوم به خشکی، رعایت تناوب زراعی، تغییر کشت آبی به دیم و تغییر در الگوی کشت به‌عنوان راهکارهایی برای کاهش پیامدهای منفی تغییر اقلیم می‌پردازند. این راهکارها در سایر نقاط جهان نیز موردتوجه واقع شده است (Duku et al., 2018). مطالعات و بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که کشاورزان در شرایط تغییر اقلیم بیشتر تمایل دارند محصولات و بذرهای سنتی خود را که با خشکسالی سازگارتر هستند، کشت کنند (Ho et al., 2022).

توسعه خدمات ترویجی و مشاوره کارشناسی

باتوجه‌به آسیب‌پذیری کشاورزان از تغییر اقلیم، نیاز آن‌ها به خدمات ترویجی و مشاوره‌ای برای بهبود تاب‌آوری نیز بیشتر می‌شود. برخی تحقیقات، توانمندسازی زنان و توسعه خدمات ترویجی را یک راهکار مؤثر در این شرایط تلقی می‌کنند (Asravor, 2018).

نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات صورت‌گرفته، بهبود مدیریت آب یک راهکار مهم برای مقابله با تأثیرات تغییر اقلیم است. سازگاری با تغییر اقلیم مقوله‌ای مکان‌محور بوده و به اقدام جمعی کشاورزان در مدیریت منابع آب وابسته است و تأثیرات آن بر بخش کشاورزی در شرایط مختلف یکسان نیست، بنابراین نقش جوامع و نهادهای محلی و ارتقا سرمایه‌های اجتماعی کشاورزان و همچنین به‌کارگیری فناوری‌های جدید بهبود بهره‌وری استحصال، انتقال و مصرف آب در کشاورزی، مانند آبیاری تحت‌فشار یا آبیاری دقیق به‌عنوان پیشنهادی برای بهبود مدیریت آب توصیه می‌شود. کمبود اقتصادی و فیزیکی منابع آب، شرایط اقلیمی، دما، خشکسالی و کاهش میزان بارندگی و نیز رخدادهای شدید سرمازدگی و گرمازدگی، تأثیر قابل‌توجهی بر تصمیم‌های آبیاری کشاورزان دارند. ازآنجاکه هدف کشاورزان حداکثرسازی سود باتوجه‌به منابع آبی است، لذا توصیه می‌شود که در شرایط خشکسالی از راهبردهای مناسب با خشکسالی جهت بهبود مدیریت منابع آب، همچون استفاده از بذرهای مقاوم به خشکی و خشکسالی، کاهش مصرف آب متناسب با نیاز آبی گیاه و اصلاح عملیات کاشت به‌منظور کاهش تبخیر و تعرق استفاده شود. علاوه بر این، توصیه می‌شود با استفاده مجدد از پساب واحدهای صنعتی و شهری، میزان برداشت از آب‌های سطحی کاهش‌یافته و با تغییر در الگوی کشت میزان مصرف آب در بخش کشاورزی کاهش یابد. نتایج حاکی از آن

است که در صورت تداوم شرایط تغییرات اقلیمی و عدم اتخاذ سیاست‌های مواجهه و سازگاری مناسب با این تغییرات، آثار سو این تغییرات غیرقابل‌اجتناب خواهد بود. کاهش در بارندگی و کاهش در سطح ذخایر آبی کشور درصورتی‌که همراه با برنامه‌ریزی مناسب در دو بخش مدیریت منابع آب و تولید کشاورزی نباشد، آینده زیست طبیعی و انسانی را با تهدید جدی مواجه خواهد ساخت. افزایش راندمان آبیاری، جلوگیری از تبخیر آب‌های سطحی، قیمت‌گذاری مناسب آب و آموزش کشاورزان از جمله پیشنهادهایی است که به‌منظور مدیریت این شرایط می‌توان ارائه نمود (کیانی قلعه سرد و همکاران، 1398).

در این زمینه پیشنهادهای زیر به‌مثابه راهکارهای مناسب مطرح می‌شود :

1- اختصاص اعتبارات بلندمدت از سوی دولت برای مدیریت منابع آب
2- حمایت دولت از کشت‌های جایگزین با مصارف آبی کم
3- استفاده از فناوری و امکانات جدید و مدرن در کشاورزی
4- ایجاد استخرها برای جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب‌های سطحی
5- بازیافت فاضلاب‌های شهری برای استفاده در اراضی کشاورزی
6- هماهنگ‌سازی مدیریت بحران خشکسالی با دیگر سیاست‌های ملی و استانی
7- ترویج کشت‌های گلخانه‌ای و کشت هیدروپونیک

منابع

اسلامی، پ. 1390. نقش گازهای گلخانه ای ناشی از احتراق سوخت های فسیلی در رابطه با تغییر اقلیم، همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی.

امیری، م. ج. و اسلامیان، س.س. 1389. بررسی تغییرات اقلیم در ایران، مجله علم و فناوری محیطی 3 (4)، 216-208.

جعفری، م.س. نوری، ح. ابراهیمیان، ح. لیاقت، ع.م. و سوهانی، ی. 1400. بررسی تأثیر توامان مقادیر مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و بهره‌وری ذرت در آبیاری قطره‌ای، مجله مدیریت آب و آبیاری11 (4)، 682-669.

حقیقی، پ. و ساداتی‌نژاد، س.ج. 1396. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی تجدید شونده، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

حیدری، ن. 1398. رویکردها و راهکارهای سازگاری با تغییر اقلیم از جنبه‌های مدیریت آب کشاورزی و امنیت غذائی، نشریه مدیریت آب در کشاورزی 6 (1)، 36-23.

خیابانی، ن. باقری، س. و بشیری پور، ا. 1396. الزامات اقتصادی مدیریت منابع آب، مجلهٔ آب و فاضلاب 28 (1)، 56-42.

شهرکی، م. ر. عابدی سروستانی، ا. و لطفی، ع. ر. 1401. آسیب پذیری معیشت روستاییان از تغییر اقلیم، ، فصلنامه مهندسی و مدیریت آبخیز، 14 (1)، 101- 89.

طهماسبی، ا. قادرمرزی، ح. رحیمی، ف. و عزیزی، س. 1400. درک و راهبرد سازگاری جوامع محلی شهرستان مشکین شهر درزمینه تغییرات اقلیمی، فصلنامه توسعه محلی 13 (2)، 637-609.

عبداللهی، ع. صالحی، ص. زاهدی مازندرانی، م.ج. و ذکایی، م.س. 1398. بررسی ساخت اجتماعی خشکسالی در میان کشاورزان موردمطالعه :بخش مرکزی و غربی استان اصفهان، فصلنامهٔ پژوهش‌هایی روستایی 10 (1)، 117-129.

عزیزی، ط. و زمانی، غ.ح. 1400. سازگاری با تغییرات اقلیمی کاربرد تئوری بنیادی، مجله جامعه شناسی کاربردی، 21 (4)، 199- 183.

قائمی، آ. و کریمی، ع. 1390. ضرورت مدیریت یکپارچه منابع آبی، نشریه مهندسی کشاورزی (25)، 41-36.

قربانی، م. اسکندری، ح. قوچانی، ا.م. و برجی، م. 1400. بررسی و پوشش تغییرات اقلیمی و مدیریت آب، مجله اقلیم و توسعه 13 (9)، 766 -779.

کیانی قلعه سرد، س. شهرکی، ج. اکبری، ا. و شهرکی، ع.س. 1398. بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر مصرف آب کشاورزی و ذخایر منابع آب ایران، نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران 10 (37)، 119-109.

مرتضی‌نژاد، م. یعقوبی، ج. ستوده‌نیا، ع. و داغستانی، م. 1391. راهکارهای بهینه‌سازی مدیریت منابع آب در شبکه آبیاری از دیدگاه آب‌بران، مجله مهندسی منابع آب 5 (15)، 75-67.

معتقد، م. اسدی، ع. شعبانعلی فمی، ح. و کلانتری، خ. 1401. مطالعهٔ درک معنایی کشاورزان از تغییر اقلیم در واحدهای بهره‌برداری کوچک‌مقیاس در استان همدان، مجله توسعه محلی 14 (1)، 253-233.

منتظری، ع. صحنه، ب. و قانقرمه، ع. 1400. نقش مدیریت منابع آب در معیشت پایدار خانوارهای نواحی روستایی، نمونه پژوهش دهستان مزرعه شمالی و جنوبی شهرستان آق قلا، نشریه برنامه‌ریزی فضایی 11 (1)، 86-67.

میرزایی، ع. و زیبایی، م. 1399. بررسی استراتژی‌های تطبیقی برای مدیریت منابع آب کشاورزی تحت تغییر اقلیم در حوزه آبریز رودخانه هلیل‌رود، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی 34 (4)، 419-397.

میرابوالقاسمی، س. ب. قبادی‌نیا، م. قاسمی، ا.ر. و ریزی، س. 1395. تأثیر مدیریت آبیاری و کاربرد لایه آب‌گریز در کاهش آب مصرفی فضای سبز، نشریه آب و آبیاری 6 (2)، 262- 251.

وثوقی، م. و محمدی، ا. 1391. بررسی عوامل اجتماعی و اقتصادی موثر در مدیریت جمعی منابع آب، مجله توسعه محلی4 (2)، 74-47

Adamu, T., Ayana, M. and Aregay, G. 2022. Optimization of furrow irrigation decision variables the case of wonji shoa sugar estate¸ Ethiopia. Discover Water, 2(1)¸ 10.

Asravor, R. K. 2018. Livelihood diversification strategies to climate change among smallholder farmers in Northern Ghana; Journal of International Development, 30(8), 1318-1338.

Bai, M., Tao, Q., Zhang, Z., Lang, S., Li, J., Chen, D., Wang, Y. and Hu, X. 2023. Effect of drip irrigation on seed yield seed quality and water use efficiency of Hedysarum fruticosum in the arid region of Northwest China¸ Agricultural Water Management,(278)¸ 108-137.

Bartolini, F., Bazzani, G.M., Gallerani, V., Raggi, M. and Viaggi, D. 2007. The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy An analysis based on farm level multi-attribute linear programming models¸ Agricultural System¸ (93)¸ 90-114.

Bryan, B.B. and Baker, G. 1964. Small diameterplastic pipe for use in subirrigation. Arkansas Farm Research. (13)¸ 7-12.

Duku, C., Zwart, S.J. and Hein, L. 2018. Impacts of climate change on cropping patterns in a tropical, sub-humid watershed¸ 13(3), 2642.

Ho, T. D., Tsusaka, T. W., Kuwornu, J. K., Datta, A. and Nguyen, L. T. 2022. Do rice varieties matter? Climate change adaptation and livelihood diversification among rural smallholder households in the Mekong Delta region of Vietnam¸ Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 27(1), 1-33.

Kamienski, C., Soininen, J P., Taumberger, M., Dantas, R., Toscano, A., Salmon Cinotti, T., Filev Maia, R. and Torre Neto, A. 2019. Smart water management platform IoT-based precision irrigation for agriculture¸ 19(2)¸ 276.

Mequannt, M., Fikadu, Y., Mebrahtu, H. and Filmon, T. 2020. Farmers choices and factors affecting adoption of climate change adaptation strategies evidence from northwestern Ethiopia¸ Journal of Heliyon, 6(4), 03867.

Singh, R. K., Zander, K. K., Kumar, S., Singh, A., Sheoran, P., Kumar, A. and Padung, E. 2017. Perceptions of climate variability and livelihood adaptations relating to gender and wealth among the Adi community of the Eastern Indian Himalayas. Applied Geography, 86(4), 41-57.

Vallejo., R. 2011. Managing Agricultural Water, Treatise on Water Science, (1)¸ 129-151.

Yadeta, B., Ayana, M., Yitayew, M. and Hordofa, T. 2022. Performance evaluation of furrow irrigation water management practice under Wonji Shoa Sugar Estate condition, in Central Ethiopia. Journal of Engineering and Applied Science, 69(1) ¸ 1-23.

Zhang F., Zhang Ch., Yan Z., Guo Sh., Wang Y. and Guo P. 2018. An interval nonlinear multi objective programming model with fuzzy interval credibility constraint for crop monthly water allocation¸ Agricultural Water Management¸ (209) ¸ 123-133.

روند تغییرات نیاز تبخیری جو در نیم‌قرن گذشته در جنوب ایران تحت تغییرات اقلیمی

میلاد نوری [1]، سینا ملاح [2]، شادمان ویسی [3]

[1] استادیار پژوهش بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، m.nouri@modares.ac.ir

[2] محقق بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] استادیار پژوهش بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

در این مطالعه، روند و معنی‌داری تغییرات تبخیر تعرق مرجع (ET_o) سالانه طی دو دورهٔ 1966-1993 و 1994-2020 در برخی مناطق جنوبی خشک ایران بررسی شد. متغیرهای سرعت باد، دمای حداقل و حداکثر، دمای نقطه شبنم، و ساعت آفتابی برای بندرعباس، بندر لنگه، بوشهر، آبادان، و اهواز طی دوره‌ی 1966-2020 از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. سپس ET_o برای این مناطق جنوبی بر مبنای پنمن- مانتیث فائو 56 برآورد شد. نتایج بیانگر افزایش ET_o صرفا در منطقه آبادان طی 1966-1993 بود؛ و در سایر مناطق روند ET_o سالانه نزولی بود. در دوره‌ی 1994-2020، تمامی مناطق به غیر از اهواز، روند صعودی در ET_o نشان دادند. بنابراین، با وجود آنکه روند ET_o طی کل دوره‌ی 1966-2020 برای تمامی مناطق مثبت بوده است، روند تغییرات ET_o در دوره‌های مختلف متفاوت بود. با وجود کند شدن روند گرمایش جهانی در 1998-2013، افزایش ET_o در مناطق موردمطالعه بسیار مشهود است. این پدیده می‌تواند به این دلیل باشد که روند تغییرات ET_o در مناطق مطالعه شده بیشتر تحت تأثیر سایر عوامل بویژه سرعت باد است. نتایج این مطالعه می‌تواند به فهم تصمیم‌گیران در تاثیرات تغییرات اقلیمی بر امنیت آبی و غذایی کشور کمک کند.

کلمات کلیدی: امنیت آبی، پنمن- مانتیث فائو 56، توزیع زمانی روند، کندشدن گرمایش جهانی

مقدمه

افزایش روز افزون غلظت گازهای گلخانه‌ای به دلیل استفاده مفرط از سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی و فعالیت‌های کشاورزی منجر به تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی زمین شده است (IPCC, 2021). تبخیر و تعرق مرجع (ET_o) از آنجای که عوامل مختلف اقلیمی فراوانی را در خود جای می‌دهد، می‌تواند متغیری مهم برای بررسی تاثیرات تغییرات اقلیمی قلمداد شود .تاکنون پژوهش‌های فراوانی پیرامون روندیابی تغییرات گذشته ET_o در ایران انجام شده است. در این راستا، Hosseinzadeh Talaee و همکاران (2014) روند تغییرات ET_o را در ایران طی 1966-2005 مطالعه کردند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که افزایش ET_o در مناطق جنوب شرقی، شمال شرقی و شمال غربی کشور بیشتر از سایر نقاط بوده است. همچنین، Dinpashoh و همکاران (2011) روندهای معنی‌دار صعودی ET_o در نواحی نیمه غربی کشور طی 1996-2005 را گزارش کردند. بعلاوه، Tabari و همکاران (2012) روندهای صعودی ET_o در ایران را به دلیل افزایش دما و روندهای کاهشی ET_o را به دلیل روند نزولی سرعت باد دانستند. این مطالعات در یک بازه انجام شده‌اند، و این نتایج این تحقیقات روند یکدستی برای یک منطقه گزارش کرده‌اند. به عبارت دیگر توزیع زمانی روند تغییرات ET_o مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین هدف از این پژوهش، مطالعه شیب و معنی‌داری روند ET_o در دو دوره مختلف 1966-1993 و 1994-2020 و مقایسه نتایج این دوره‌ها بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مناطق جنوبی ایران انجام شد. اقلیم این مناطق اغلب با مقدار بالای نیاز تبخیری جو و بارش محدود شناخته می‌شود. داده‌های ماهانه لازم از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. این داده‌ها شامل دمای حداقل و حداکثر، رطوبت نسبی، سرعت باد، فشار بخار و شدت تشعشع خورشیدی برای محاسبه تبخیر تعرق مرجع بر مبنای روش پنمن- مانتیث- فائو 56 بودند.

همچنین از مدل پنمن- مانتیث فائو 56 برای برآورد ET_o استفاده شد (Allen et al., 1998):

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

که در آن ET_o تبخیر تعرق مرجع ($mm.d^{-1}$)، Δ شیب منحنی فشار بخار ($kPa.^{\circ}C^{-1}$)، R_n تابش خالص ورودی به سطح گیاه ($MJ\ m^{-}$ $^{2}.day^{-1}$)، G شار گرمای خاک ($MJ.m^{-2}.day^{-1}$)، T میانگین روزانه دمای هوا در ارتفاع 2 متری ($^{\circ}C$)، u_2 میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع 2 متری ($m.s^{-1}$)، e_s فشار بخار اشباع (KPa)، e_a فشار بخار واقعی (KPa)، e_s-e_a کمبود فشار بخار اشباع (KPa) و γ ضریب ثابت سایکرومتری ($kPa.^{\circ}C^{-1}$) می‌باشد.

از آزمون ناپارامتری من-کندال (Mann-Kendall) برای بررسی معنی‌داری روند نوسانات تبخیر تعرق مرجع طی 1966-1993 و 1994-2020 استفاده شد (Yue et al., 2002):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sign(x_j - x_k) \quad (2)$$

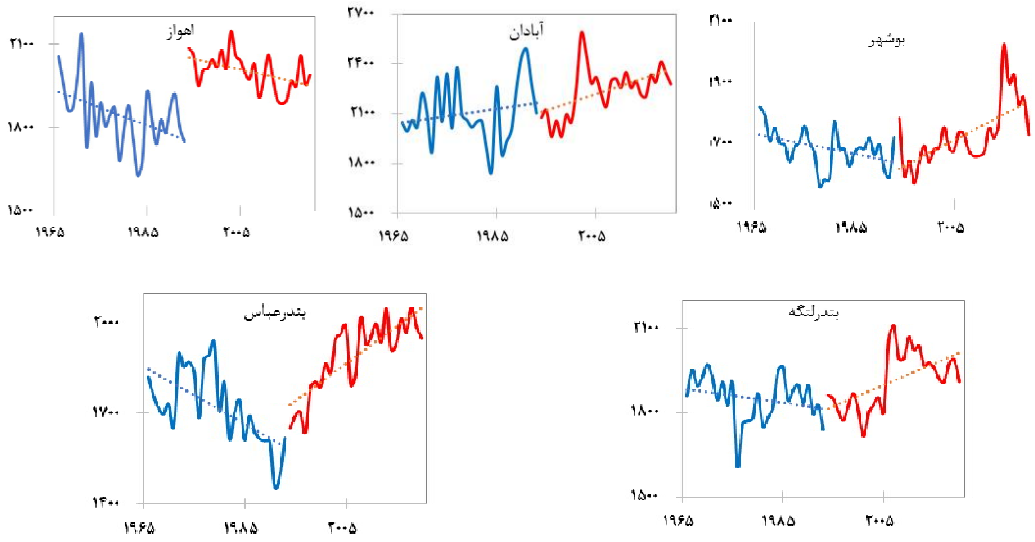
$$Z = \begin{cases} S-1/\sqrt{Var(S)} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ S+1/\sqrt{Var(S)} & S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

که در آن‌ها S آماره آزمون، sign تابع علامت (Sign Function)، n تعداد داده‌های سری، x_j و x_k به ترتیب داده‌های jام و kام، و Z مقدار نرمال‌شده آماره است. مقادیر مثبت و منفی Z به ترتیب نشان‌گر صعودی و نزولی بودن روند سری است. همچنین، اگر قدرمطلق Z بیشتر از 1/96 باشد، روند متغیر در سطح 95 درصد معنی‌دار می‌باشد. در این تحقیق از روش prewhitening برای حذف همبستگی احتمالی بین داده‌های مستقل در سری زمانی استفاده شد (Yue et al., 2002).

نتایج و بحث

میزان تغییرات سالانه ET_o (میلی‌متر) در دو دوره‌ی 1966-1993 و 1994-2020 در شکل 1 نمایش داده شده است. مقدار تغییرات ET_o طی دوره‌ی اول (1966-1993) برای اهواز، آبادان، بندرعباس، بندرلنگه، و بوشهر به ترتیب 3/9-، 3/7+، 0/9-، 2/1-، و 2/2- میلی‌متر در سال بوده است. بنابراین در دوره‌ی اول صرفا منطقه آبادان روند افزایشی در ET_o را نشان داد و سایر مناطق جنوبی روند نزولی ET_o داشتند. برای دوره‌ی دوم (1994-2020)، شیب تغییرات مناطق اهواز، آبادان، بندرعباس، بندرلنگه، و بوشهر به ترتیب 3/9-، 9/8، 12/5، 7/8، و 8/5 میلی‌متر در سال بوده است. آماره Z من-کندال برای مناطق اهواز، آبادان، بندرعباس، بندرلنگه، و بوشهر به ترتیب 2/1-، 0/8+، 3/1-، 1/1-، و 2/0- برای دوره‌ی 1966-1993 و 2/2-، 2/5-، 3/7-، 2/2-، و 3/0 برای دوره‌ی 1994-2020 بود. بنابراین طی دوره‌ی دوم روند تغییرات ET_o در تمامی مناطق موردمطالعه در سطح 95% معنی دار بود. این نتایج بیانگر روند افزایشی شدید در سه دهه‌ی اخیر در جنوب ایران است. به طوریکه، یک افزایش 125 میلی‌متر در یک دهه برای منطقه بندرعباس بدست آمد؛ که بیانگر

تغییرات شدید اقلیمی در این منطقه است. باتوجه‌به نتایج این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که طول دوره‌ی مطالعه روندیابی عاملی بسیار مهم در مطالعه تاثیرات تغییرات اقلیمی است. به‌طوری‌که که اگر مطالعه در کل دوره (2020-1966) انجام شود روند افزایشی برای تمامی مناطق وجود دارد. لیکن با تقسیم دوره‌ها در برخی مناطق (از قبیل اهواز) روند تغییرات ET_o کاهشی مشاهده شد. طی دوره‌ی 2013-1998، کند شدن روند گرمایش جهانی (global warming hiatus)، به دلیل تغییر در توزیع انرژی گرمایی در اقیانوس آرام، رخ داده است (Yan et al., 2016). بنابراین انتظار بر آن است که طی دوره‌ی دوم، ET_o با روند کندتری افزایش یابد یا حتی به روند نزولی دوره‌ی اول ادامه دهد. لیکن نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ET_o طی 2020-1994، که کند شدن روند گرمایش جهانی رخ داده است، نه تنها کند یا متوقف نشده است، بلکه در نواحی جنوبی ایران بشدت فزونی یافته است. این مهم می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد. اول آنکه روند افزایشی ET_o ممکن است در اثر عاملی غیر از دما رخ داده باشد. مطالعات مختلف سرعت باد را به‌عنوان عامل اصلی کنترل کننده روند تغییرات ET_o در مناطق خشک ایران گزارش کرده‌اند (Dinpashoh et al., 2011; Nouri et al., 2017). عامل دوم آن است که روند کند شدن گرمایش جهانی بیشتر مربوط به متوسط روند تغییرات است و نه نوسانات و رخدادهای حدی. در این مورد Seneviratne و همکاران (2014) نشان دادند که طی 2013-1998، روند تغییرات رخدادهای حدی دما صعودی بوده است.



شکل 1- روند تغییرات سالانه ET_o (میلی‌متر) طی دوره‌های 1993-1966 (رنگ آبی) و 2020-1994 (رنگ قرمز).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش بیانگر یک‌روند افزایشی شدید و معنی‌دار ET_o سالانه در اکثر مناطق جنوبی کشور طی 2020-1994 است. لیکن در دوره‌ی 1993-1966، روند نزولی ET_o در اکثر مناطق مشاهد شد. بنابراین با وجود آنکه در تمامی مناطق، یک روند افزایشی برای ET_o طی کل دوره‌ی 2020-1966 وجود دارد، تغییر دوره‌های مطالعاتی تاثیرات زیادی بر نتایج روندیابی دارد. با وجود کند شدن روند گرمایش جهانی در 2013-1998، روند صعودی ET_o در بسیاری نقاط جنوبی مطالعه شده قابل مشاهده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات ET_o صرفا از روند متوسط تغییرات دما تبعیت نمی‌کند و سایر عوامل از قبیل سرعت باد عامل مهم‌تری در این رابطه است. نتایج این مطالعه می‌تواند تصمیم‌گیران را در فهم تاثیرات تغییرات اقلیمی بر منابع آبی و کشاورزی آبی کمک و به آن‌ها در برنامه-

ریزی سیاست‌های جبرانی یاری رساند.

منابع

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Dinpashoh, Y., Jhajharia, D., Fakheri-Fard, A., Singh, V.P. and Kahya, E. 2011. Trends in reference crop evapotranspiration over Iran. J Hydrol 399, 422-433.

Hosseinzadeh Talaee, P., Shifteh Some'e, B. and Sobhan Ardakani, S. 2014. Time trend and change point of reference evapotranspiration over Iran. Theor Appl Climatol 116, 639-647.

IPCC, 2021. Climate change 2021: the physical science basis. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Nouri, M., Homaee, M. and Bannayan, M. 2017. Quantitative Trend, Sensitivity and Contribution Analyses of Reference Evapotranspiration in some Arid Environments under Climate Change. Water Resour Manage 31, 2207-2224.

Seneviratne, S.I., Donat, M.G., Mueller, B. and Alexander, L.V. 2014. No pause in the increase of hot temperature extremes. Nat Clim Change 4, 161.

Tabari, H., Abghari, H. and Hosseinzadeh Talaee, P. 2012. Temporal trends and spatial characteristics of drought and rainfall in arid and semiarid regions of Iran. Hydrol Processes 26, 3351-3361.

Yan, X.H., Boyer, T., Trenberth, K., Karl, T.R., Xie, S.P., Nieves, V., Tung, K.K. and Roemmich, D. 2016. The global warming hiatus: Slowdown or redistribution? Earths Future 4, 472-482.

Yue, S., Pilon, P., Phinney, B. and Cavadias, G. 2002. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. Hydrol Processes 16, 1807-1829.

معرفی GEE-Precipitation، ابزاری برای استخراج سری زمانی بارش 60 ساله

رحمان باریده [1]، احمد بایبوردی [2]، شادمان ویسی [3]

[1] محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز، rahman.barideh@gmail.com

[2] استادیار مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز

[3] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، کرج، البرز

چکیده

در این مقاله به بررسی اهمیت و کاربرد مجموعه داده‌های ERA5-Land در تحلیل‌های اقلیمی و محیط‌زیستی پرداخته شد. یکی از مشکلات اصلی در استفاده از این داده‌ها، نیاز به تخصص‌های مختلف است که ممکن است برای برخی کاربران دشوار باشد. برای حل این مشکل، ما ابزاری را با استفاده از Google Earth Engine توسعه دادیم که دسترسی ساده و سریع به داده‌های بلندمدت بارش-ERA5 Land را برای کاربران فراهم می‌کند. جهت ارزیابی صحت این مجموعه‌داده، از داده‌های بارش 10ساله مربوط به 13 ایستگاه هواشناسی استفاده شد که نتایج آن نشان‌دهنده دقت بالای داده‌ها بود؛ بنابراین، ابزار GEE Precipitation طراحی شد تا کاربران بتوانند تنها با یک کلیک، به سری زمانی 60ساله بارش ماهانه در هر نقطه از ایران دسترسی یابند. این ابزار به‌صورت رایگان در لینک (https://rahmanbarideh.users.earthengine.app/view/geeprecipitation) در دسترس است.

کلمات کلیدی: Google Earth Engine، GEE Precipitation، ERA5 Land، Precipitation Time Series

مقدمه

داده از اجزاء اساسی در تحلیل‌های علمی و تصمیم‌گیری‌های آگاهانه در بسیاری از زمینه‌ها محسوب می‌شوند. نبود داده دقیق و دسترسی محدود به اطلاعات می‌تواند منجر به ناتوانی در پیش‌بینی و مدیریت شود، به‌ویژه در حوزه‌های مرتبط با محیط‌زیست، تغییرات اقلیمی و منابع آب، داده‌های معتبر و به‌روز از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. یکی از منابع اصلی داده‌های اقلیمی، مجموعه‌داده‌های-ERA5 Landاست که توسط مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان‌مدت (ECMWF) ارائه می‌شود (Fatolahzadeh Gheysari et al., 2024).

ERA5-Land یک مجموعه‌داده است که داده‌های اقلیمی را بادقت بالا و در مقیاس زمانی و مکانی وسیع ارائه می‌دهد. این داده‌ها شامل اطلاعاتی مانند بارش، دما، رطوبت خاک و سایر متغیرهای اقلیمی است که برای تحقیقات و مطالعات گوناگون استفاده می‌شود. بااین‌حال، دسترسی به این مجموعه‌داده‌ها برای همه آسان نیست و نیاز به دانش تخصصی در زمینه‌های مختلفی مانند برنامه‌نویسی، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و استفاده از ابزارهای GIS دارد. این محدودیت‌ها باعث می‌شود بسیاری از محققان و کاربران عادی نتوانند به‌راحتی از این داده‌ها بهره‌برداری کنند.

مطالعات بسیاری از پایگاه‌داده ECMWF استفاده کرده‌اند و دقت این پایگاه‌داده موردتأیید جامعه علمی قرار گرفته است. این داده‌ها در تحقیقات مختلفی مانند تحلیل تغییرات اقلیمی، پیش‌بینی الگوهای آب‌وهوایی، بررسی تأثیرات تغییرات اقلیمی بر منابع آب و کشاورزی و مدل‌سازی محیط‌زیستی استفاده شده‌اند. استفاده گسترده از این داده‌ها توسط جامعه علمی، اهمیت و کارایی آن‌ها را در مطالعات مختلف نشان می‌دهد (Pelosi et al., 2020, 2021; Pelosi & Chirico, 2021a, 2021b).

باتوجه‌به موارد بیان شده، هدف ما ایجاد ابزاری با نام GEE-Precipitation مبتنی بر Google Earth Engine بود که دسترسی آسان و سریع به مجموعه‌داده‌های بارش ERA5-Land را برای همه فراهم کند. این ابزار امکان دسترسی به داده‌های بارش ماهانه در بازه زمانی بلندمدت (60 ساله) را فراهم می‌کند. کاربران با استفاده از این ابزار می‌توانند به سادگی نقاط موردنظر خود را روی نقشه انتخاب کرده و نمودارهای زمانی مربوط به بارش را مشاهده کنند. این روش، علاوه بر کاهش نیاز به دانش تخصصی، سرعت و دقت دسترسی به داده‌ها را افزایش می‌دهد و امکان تحلیل‌های جامع‌تر و تصمیم‌گیری‌های بهتری را فراهم می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه در این تحقیق، کشور ایران است که از نظر جغرافیایی در عرض‌های 24 تا 40 درجه شمالی و طول‌های 44 تا 64 درجه شرقی قرار دارد.

مجموعه‌داده‌های ERA5-Land

مجموعه‌داده‌های ERA5-Land یکی از جامع‌ترین منابع داده‌های اقلیمی است که توسط مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان‌مدت (ECMWF)تولید و منتشر می‌شود. این مجموعه‌داده‌ها شامل اطلاعات اقلیمی با رزولوشن زمانی ساعتی و مکانی تقریباً 10 کیلومتری است. داده‌های ERA5-Land اطلاعاتی مانند دما، بارش، رطوبت خاک، سرعت باد و سایر متغیرهای اقلیمی را پوشش می‌دهند و برای تحلیل‌های بلند مدت و تحقیقات محیط‌زیستی بسیار مناسب هستند. این مجموعه داده‌ها از سال 1950 تا به امروز به‌روزرسانی می‌شوند (Fatolahzadeh Gheysari et al., 2024).

Google Earth Engine

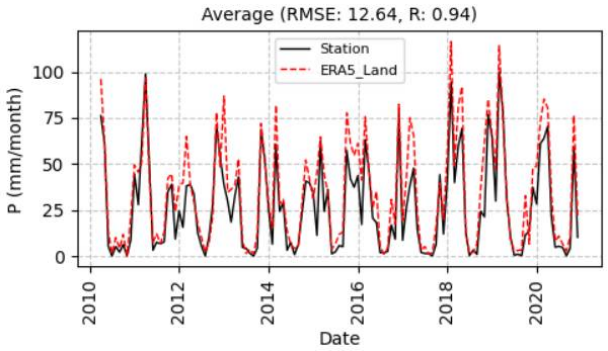
Google Earth Engine یک پلتفرم محاسباتی قدرتمند است که برای تحلیل داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای به کار می‌رود. این پلتفرم امکان دسترسی به مجموعه‌های بزرگ‌داده‌های جغرافیایی و اجرای الگوریتم‌های پیچیده تحلیل داده را به‌صورت سریع و کارآمد فراهم می‌کند (Becker et al., 2021; Gorelick et al., 2017).

بررسی دقت داده‌های ماهانه بارش ERA5-Land

برای بررسی دقت داده‌های ماهانه بارش ERA5-Land، از داده‌های 13 ایستگاه هواشناسی در ایران استفاده شد. این داده‌ها در بازه 10 ساله از سال 2010 تا 2020 جمع‌آوری شدند. داده‌های بارش ماهانه این ایستگاه‌ها با داده‌های ERA5-Land مقایسه شدند. برای انجام این مقایسه، از شاخص‌های آماری مختلفی مانند ضریب همبستگی پیرسون، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد.

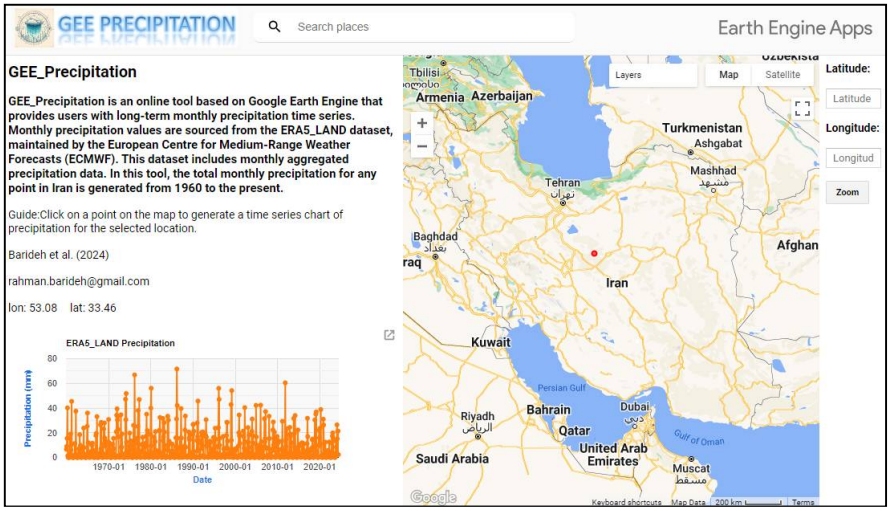
نتایج و بحث

نتایج حاصل از مقایسه میانگین بارش ماهانه 13 ایستگاه هواشناسی با داده‌های بارش ERA5-Land نشان‌دهنده همبستگی قوی بین این دو مجموعه‌داده است (شکل 1). ضریب همبستگی (R) برابر با 0/94 بیانگر تطابق قابل توجه الگوهای بارش مشاهده شده و استخراج شده از ERA5-Land می‌باشد. همچنین، مقدار RMSE برابر با 12/64 میلی‌متر در ماه محاسبه گردید. این اختلاف ممکن است ناشی از نحوه اندازه‌گیری داده‌ها باشد زیرا در ایستگاه‌های هواشناسی مقدار بارش فقط در یک نقطه اندازه‌گیری می‌شود اما در مجموعه داده ERA5-Land مقدار بارش مربوط به میانگین یک شبکه 10 کیلومتر در 10 کیلومتر (10 هزار هکتار) است. لذا با اطمینان نمی‌توان گفت که این اختلاف خطا محسوب می‌شود. در نهایت ERA5-Land توانایی قابل قبولی در شبیه‌سازی الگوهای کلی بارش در منطقه موردمطالعه را دارد.



شکل 1- مقایسه میانگین بارش ماهانه 13 ایستگاه هواشناسی با داده‌های بارش ERA5-Land

در شکل 2 نمای ابزار GEE-Precipitation نشان داده شده است. در پنل سمت چپ توضیحات لازم در باره این ابزار نمایش داده شده است و در پنل سمت راست عملگری برای پیدا کردن مختصات موردنظر کاربران ایجاد شده است. این پنل برای زمانی کاربرد دارد که کاربران مختصات منطقه موردنظر را در اختیار دارند اما مکان دقیق آن مشخص نیست. بنابراین با وارد کردن مختصات و کلیک بر روی دکمه "Zoom" مکان موردنظر به کاربر نمایش داده می‌شود. برای استفاده از GEE-Precipitation فقط کافیست بر روی محل موردنظر کلیک شود. سپس سری زمانی بارش ماهانه آن نقطه از سال 1960 میلادی تا زمان حال برای کاربر در پنل سمت چپ ترسیم می‌شود. لازم به ذکر است که اطلاعات این نمودار به‌صورت فایل اکسل قابل دانلود است.



شکل 2- نمای ابزار GEE-Precipitation

نتیجه‌گیری

در این مقاله، به اهمیت و کاربرد مجموعه‌داده‌های ERA5-Land در تحلیل‌های اقلیمی و محیط‌زیستی پرداخته شد. یکی از چالش‌های اصلی در استفاده از این داده‌ها، نیاز به دانش تخصصی در زمینه‌های مختلف است. برای رفع این چالش، ابزاری مبتنی بر Google Earth Engine توسعه یافت که امکان دسترسی آسان و سریع به داده‌های بارش بلندمدت ERA5-Land را برای کاربران فراهم می‌کند. برای ارزیابی

این مجموعه‌داده از داده‌های بارش 10 ساله 13 ایستگاه هواشناسی استفاده گردید. نتایج نشان داد که این مجموعه‌داده دارای دقت بالایی است؛ بنابراین ابزار GEE-Precipitation توسعه داده شد تا کاربران فقط با یک کلیک در هر نقطه از کشور ایران به سری زمانی 60ساله بارش ماهانه دسترسی پیدا کنند. این ابزار به‌صورت رایگان در https://rahmanbarideh.users.earthengine.app/view/geeprecipitation در دسترس است.

منابع

Becker, W. R., Ló, T. B., Johann, J. A. and Mercante, E. 2021. Statistical features for land use and land cover classification in Google Earth Engine. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 21, 100459.

Fatolahzadeh Gheysari, A., Maghoul, P., Ojo, E. R. T. and Shalaby, A. 2024. Reliability of ERA5 and ERA5-Land reanalysis data in the Canadian Prairies. Theoretical and Applied Climatology, 155(4), 3087–3098.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. and Moore, R. 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, 202, 18–27.

Pelosi, A., Bolognesi, S. F., D'Urso, G. and Chirico, G. B. 2021. Assessing crop evapotranspiration by combining ERA5-Land meteorological reanalysis data and visible and near-infrared satellite imagery. 2021 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry, MetroAgriFor 2021 - Proceedings, 285–289.

Pelosi, A. and Chirico, G. B. 2021a. Regional assessment of daily reference evapotranspiration: Can ground observations be replaced by blending ERA5-Land meteorological reanalysis and CM-SAF satellite-based radiation data? Agricultural Water Management, 258, 107169.

Pelosi, A. and Chirico, G. B. 2021b. Regional assessment of daily reference evapotranspiration: Can ground observations be replaced by blending ERA5-Land meteorological reanalysis and CM-SAF satellite-based radiation data? Agricultural Water Management, 258, 107169.

Pelosi, A., Terribile, F., D'Urso, G. and Chirico, G. B. 2020. Comparison of ERA5-Land and UERRA MESCAN-SURFEX Reanalysis Data with Spatially Interpolated Weather Observations for the Regional Assessment of Reference Evapotranspiration. Water 2020, Vol. 12, Page 1669, 12(6), 1669.

نگاهی بر تغییرات سطح آب زیرزمینی استان فارس در دورهٔ 10ساله (1383-1393)

ساغر چاخرلو[1]، علیرضا ضیایی جاوید[2]، جواد سید محمدی[3]

[1] کارشناس موسسه تحقیقات خاک و آب، chakherlousaghar2@gmail.com

[2] استادیار محقق موسسه تحقیقات خاک و آب

[3] استادیار عضو هیئت علمی موسسه موسسه تحقیقات خاک و آب

چکیده

کمبود آب در استان فارس طی سال‌های اخیر شرایط را به جایی رسانده که اکنون 500 روستای استان با بحران آب مواجه شده اند و 90 درصد دشت‌های فارس نیز مشکل برداشت آب دارند. استان فارس سال‌هاست که با کمبود آب ناشی از خشکسالی مواجه شده و بدین سبب روی آوردن به سفره‌های آب زیرزمینی نیز رونق زیادی یافته است. در حال حاضر بار اصلی تامین آب در استان را منابع آب زیرزمینی برعهده دارد (چاه‌های بهره‌برداری و قنات). به‌طوری‌که 92/3 درصد آب مصرف شده در بخش کشاورزی، 5/6 درصد آب شرب مصرفی، 0/5 درصد آب مصرفی بخش صنعت استان و 1/6 درصد سایر مصارف ذکر شده از منابع آب زیرزمینی تامین می‌گردد. در حال حاضر آب مصرف شده در استان 21 درصد از منابع آب سطحی و 79 درصد از منابع آب زیرزمینی است. 130 آبخوان استان با افت سطح آب زیرزمینی روبرو است و سالانه حدود 641 میلیون مترمکعب اضافه برداشت صورت می‌گیرد. ازاین‌رو در حوزه کشاورزی باید تغییراتی ایجاد و از روش‌های نوین آبیاری استفاده شود.

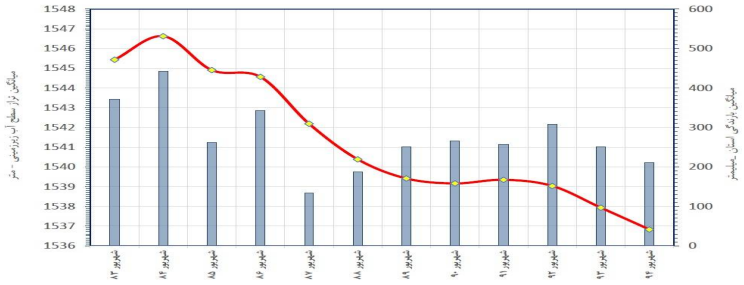
کلمات کلیدی: آب زیرزمینی، شوری، استان فارس

مقدمه

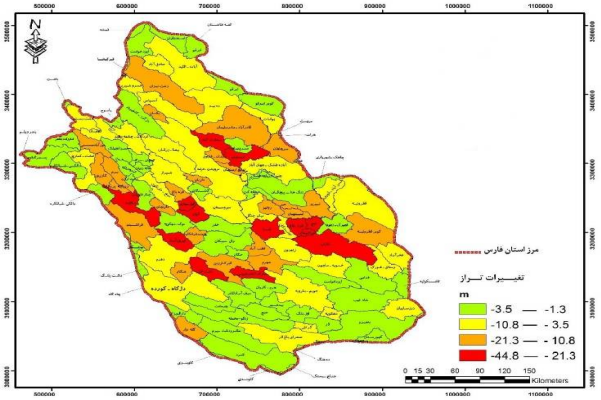
در منطقه‌ای از جهان زندگی می‌کنیم که بارندگی در آن دچار نوسان شدید است و باتوجه‌به اینکه شرایط احتمالی را به سمت نرمال می‌بینیم؛ اما درعین‌حال در منطقه خشکی زندگی می‌کنیم که منابع آبی آن محدود است. آب‌های زیرزمینی در طول چند دهه گذشته با سرعت زیادی تخلیه شده و آبی ذخیره نداریم که در صورت بروز خشکسالی بتوانیم از آن بهره‌مند شویم ازاین‌رو نیاز است که صرفه جویی در آب به‌عنوان یک موضوع اساسی در کشور موردتوجه قرار گیرد. کمبود آب در استان فارس طی سال‌های اخیر شرایط را به جایی رسانده که اکنون 500 روستای استان با بحران آب مواجه شده‌اند و 90 درصد دشت‌های فارس نیز مشکل برداشت آب دارند. استان فارس سال‌هاست که با کمبود آب ناشی از خشکسالی مواجه شده و بدین سبب روی آوردن به سفره‌های آب زیرزمینی نیز رونق زیادی یافته است. کشاورزی استان فارس نیز به‌عنوان یکی از منابع مهم مصرف آب، بر بحران کم آبی استان دامن زده و شرایط نامساعدی را در این حوزه ایجاد کرده است. کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی، خشکی کامل تالاب‌های استان، ناتوانی در تامین آب شرب بسیاری از مناطق فارس فقط گوشه‌ای از مشکلات آب در فارس به شمار می‌رود. میزان زیادی از آب شرب مردم استان از چاه‌ها تامین می‌شود اما در حال حاضر به دلیل برداشت‌های زیاد سطح آب سفره‌ها کاهش زیادی داشته و حتی برخی از این چاه‌ها نیازمند کف شکنی است. ازاین‌رو این مقاله بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی استان فارس در یک دوره 10 ساله موردتوجه قرار داده است.

مواد و روش‌ها

در تهیه این مقاله از داده‌های هواشناسی و اطلاعات آماری و نقشه‌های شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس استفاده شده است. در بیشتر آبخوان‌های آبرفتی افت سطح آب زیرزمینی بیش از 1 متر می‌باشد و تقریبا تمام آبخوان‌های دارای شبکه پایش آب زیرزمینی دچار افت سطح آب می‌باشد که در برخی به بیش از 42 متر نیز می‌رسد (شکل1و2).

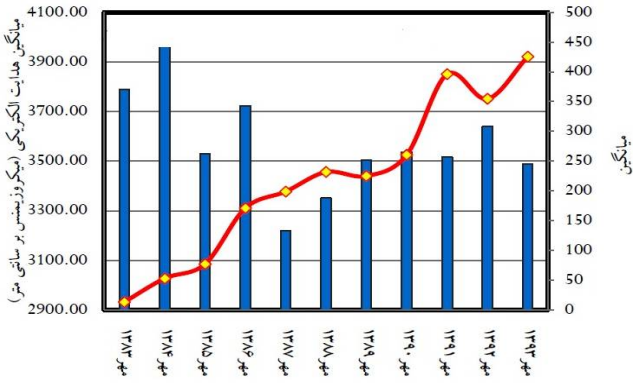


شکل1- تغییرات سطح آب زیرزمینی استان فارس



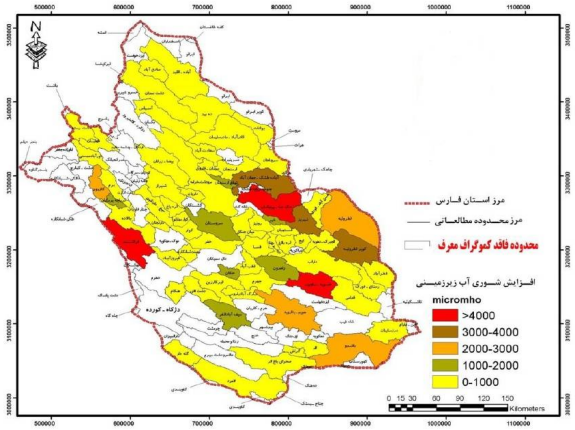
شکل2- پهنه‌بندی تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی

علاوه بر کاهش ذخایر آب زیرزمینی، افزایش شوری و کاهش کیفیت آب زیرزمینی نیز رخداده است. میانگین هدایت الکتریکی آب زیرزمینی از 2932 میکروزیمنس بر سانتی‌متر در مهرماه 1383 به 3921 میکروزیمنس بر سانتی‌متر در مهرماه 1393 رسیده است که افزایشی معادل 989 میکروزیمنس بر سانتی‌متر و سالانه 99 میکروزیمنس بر سانتی‌متر را نشان می‌دهد (شکل3).



شکل3- تغییرات کیفیت آب زیرزمینی استان فارس

کاهش کیفیت آب زیرزمینی در تمام آبخوان‌های آبرفتی رخ داده است. در محدوده‌های فاقد خروجی سطحی و زیرزمینی)کفه‌های بسته و یا محدوده هایی که در مجاورت منابع سطحی شورکننده مانند دریاچه‌ها و گنبدهای نمکی قرار دارند این کاهش کیفیت، شدیدتر می‌باشد (شکل4).



شکل4- پهنه‌بندی شوری آب زیرزمینی استان

نتایج و بحث

حدود 82 درصد از تخلیه آب زیرزمینی استان مربوط به چاه‌ها است. در حال حاضر بار اصلی تامین آب در استان را منابع آب زیرزمینی برعهده دارد (چاه‌های بهره‌برداری و قنات). به‌طوری‌که 92/3 درصد آب مصرف شده در بخش کشاورزی، 5/6 درصد آب شرب مصرفی، 0/5 درصد آب مصرفی بخش صنعت استان و 1/6 درصد سایر مصارف ذکر شده از منابع آب زیرزمینی تامین می‌گردد. در حال حاضر آب مصرف شده در استان 21 درصد از منابع آب سطحی و 79 درصد از منابع آب زیرزمینی است. 130 آبخوان استان با افت سطح آب زیرزمینی روبرو است و سالانه حدود 641 میلیون مترمکعب اضافه برداشت صورت می‌گیرد. ازاین‌رو در حوزه کشاورزی باید تغییراتی ایجاد و از روش‌های نوین آبیاری استفاده شود.

تشکر و قدردانی

از دفتر مطالعات پایه منابع آب استان فارس به دلیل در اختیار گذاشتن گزارش سیمای آب استان قدردانیم.

محور 5 -

کاربرد مدل و فنون نوین در مدیریت آبیاری

ارزیابی اثر عمق زهکش‌های زیرزمینی بر شوری خاک سطحی در مزارع گندم جنوب خوزستان

محی‌الدین گوشه [1]، فاطمه مسکینی ویشکایی [2]، ابوالفضل آزادی [3]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، amgoosheh@gmail.com

[2] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز

[3] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز

چکیده

احداث سامانه‌های زهکشی، راهکاری متداول برای مقابله با مشکل شوری و ماندابی شدن اراضی کشاورزی است. چالش اصلی در تعیین عمق زهکش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک عدم کارایی زهکش‌های کم‌عمق در کنترل شوری و درعین‌حال تخلیه زهاب بیشتر و شورتر توسط زهکش‌های عمیق است. هدف این مطالعه بررسی اثر عمق زهکش‌های زیرزمینی بر شوری و غلظت املاح محلول خاک سطحی در مزرعه‌ای با بافت سنگین و آب زیرزمینی کم‌عمق و شور است. فاصله کارگزاری زهکش‌های زیرزمینی از هم 50 متر و عمق قرارگیری زهکش‌ها در خاک، شامل 1/8 تا 1/9 متر (زهکش عمیق) و 1/1 تا 1/2 متر (زهکش کم‌عمق) بود. تغییرات شوری خاک سطحی در طول فصل کشت گندم نشان داد که در اوایل و انتهای فصل رشد گندم (60 و 150 روز پس از کشت) شوری خاک در مزرعه دارای روش زهکشی کم‌عمق، حدود 6 دسی زیمنس در متر بیشتر از مزرعه با زهکش عمیق مشاهده شد. بیشترین غلظت سدیم ($meq.l^{-1}$ 178) و کلر ($meq.l^{-1}$ 112) در محلول خاک و بیشترین نسبت جذب سدیم ($24/7(meq.l^{-1})^{0.5}$) در انتهای فصل رشد گندم (150 روز پس از کشت) و در مزرعه با زهکش کم‌عمق به دست آمد. نتایج نشان داد که در مناطق با آب زیرزمینی کم‌عمق و شور، عملکرد زهکش کم‌عمق در کنترل شوری خاک سطحی در تمام طول دوره آبیاری محصول یکسان نبوده و به‌شدت متأثر از حجم آب آبیاری است؛ بنابراین، به‌منظور کنترل شوری خاک سطحی در این مناطق، زهکش‌های عمیق با عمق کارگزاری 1/8 متر توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: آب زیر زمینی کم‌عمق و شور، غلظت املاح محلول خاک، نسبت جذب سدیم

مقدمه

شورشدن منابع آب‌وخاک به دلایل مختلفی نظیر آبیاری بی‌رویه، آبیاری با آب‌های شور و نامتعارف، فقدان زهکشی مناسب، بالا آمدن سطح ایستابی یا ماندابی شدن، تخلیه فاضلاب‌ها و ... رخ می‌دهد. بیش از یک‌سوم اراضی آبی جهان با مشکلات شوری و ماندابی مواجه هستند (Singh, 2015). تنها راه شناخته شده برای مقابله با مشکل شوری و ماندابی اراضی کشاورزی، احداث سامانه‌های زهکشی است. زهکش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک با آب زیرزمینی شور و کم‌عمق به‌منظور پایین نگه‌داشتن سطح ایستابی، از ورود آب و املاح زیرزمینی شور به عمق ریشه جلوگیری می‌کنند. امروزه در زمینه زهکشی نگرش‌های جدیدی مطرح گردیده است. در نگرش جدید، هدف از زهکشی کاهش‌دادن میزان زهاب خروجی از طریق کاهش عمق کارگذاری زهکش‌ها می‌باشد. از طرف دیگر در این نوع روش با بالاآوردن عمق زهکش‌ها و بالا نگه‌داشتن سطح سفره آب زیرزمینی در مجاورت عمق ریشه، صعود آب زیرزمینی به عمق ریشه و در

نتیجه استفاده گیاه از آب زیرزمینی ممکن می‌گردد. کیفیت آب زیرزمینی در مناطق مرطوب مناسب و قابل‌استفاده گیاه می‌باشد؛ ولی در مناطق خشک به دلیل شور بودن آب زیرزمینی، اعمال این شیوه به‌منظور استفاده گیاه بدون اشکال نیست (مختاران و همکاران، 1394).

در تعیین عمق زهکش‌ها به دلیل پیامدهایی که بر عملکرد، اثرات زیست‌محیطی و هزینهٔ روش‌های زهکشی دارد، تصمیم‌گیری دشواری است. هزینه احداث زهکش‌های عمیق در واحد طول، بیشتر از زهکش‌های کم‌عمق است. چرا که با افزایش عمق کارگزاری زهکش‌ها، حجم جابه‌جایی خاک افزایش و سرعت حفر ترانشه توسط دستگاه حفاری کاهش می‌یابد، بنابراین هزینه استهلاک سرمایه خرید دستگاه حفاری در واحد طول لوله‌گذاری که از عمده‌ترین هزینه‌های زهکشی زیرزمینی است، افزایش می‌یابد (شریفی‌پور و همکاران، 1399). چالش اصلی در تعیین عمق زهکش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک عدم کارآیی زهکش‌های کم‌عمق در کنترل شوری و در عین حال تخلیه زه‌آب بیشتر و شورتر توسط زهکش‌های عمیق است (شریفی پور و همکاران، 1399).

هدف زهکشی در نواحی مرطوب کنترل شرایط آبِ خاک برای تهویه بهتر، امکان‌پذیری کار روی زمین و تأثیر بر رژیم حرارتی خاک است درحالی‌که هدف اصلی زهکشی در نواحی خشک و نیمه‌خشک کنترل شوری است (Boumans and Vos, 1987). اثر مویینه‌ای ناشی از شوری خاک بر رشد گیاهان تأثیر سوء دارد و سمیت ناشی از بعضی عناصر خاص آن را تشدید می‌کند. در گذر زمان شوری خاک می‌تواند به حدی برسد که مانع جوانه‌زنی و رشد رویشی شده و کیفیت و کمیت محصولات را پایین آورد و در نهایت کشت را در اراضی از بین ببرد (Wallender and Tanji, 2011)؛ بنابراین، عمق طراحی زهکش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک در حضور آب زیرزمینی کم‌عمق و شور باید به‌گونه‌ای باشد که سطح آب زیرزمینی را در موقعیتی حفظ کند که از آسیب‌های ناشی از ماندابی در دوره آبیاری و جریان مویینگی در دوره آیش زمین جلوگیری شود.

هدف این پژوهش بررسی اثر عمق زهکش‌های زیرزمینی بر شوری و غلظت املاح محلول خاک در مزارع کشاورزی جنوب استان خوزستان با سطح ایستابی کم‌عمق و شور است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال زراعی 1394-1393 در استان خوزستان، واقع در جنوب غرب ایران، شهرستان اهواز، منطقه الهایی با مختصات جغرافیایی ′38 °31 عرض شمالی و ′37 °48 طول شرقی انجام شد. در مزارع موردمطالعه گندم رقم چمران با تراکم بذر 235 کیلوگرم در هکتار در تاریخ 23 آبان 1393 کشت شد و در 2 اردیبهشت 1394 برداشت محصول انجام شد. از روش نواری برای آبیاری مزارع استفاده شد. ابعاد نوارها 8 در 220 متر و تعداد دفعات آبیاری در طول فصل رشد گندم 5 مرتبه بود. قطعات آبیاری در جهت عرض زمین ایجاد شده بودند و بنابراین آبیاری‌ها در این جهت انجام می‌شد. توزیع آب در مزرعه از یکنواختی مناسبی برخوردار بود. مقدار کل بارندگی در طول فصل رشد گندم (آبان 1393 تا اردیبهشت 1394)، 126/3 میلی‌متر بود. در هر مزرعه چهار زهکش زیرزمینی عمود بر دو زهکش روباز انتهای مزرعه قرار داشتند. خروجی تمام لترال‌ها به زهکش‌های روباز طرفین زمین، منتهی می‌گردید. همچنین، فاصله زهکش‌های زیرزمینی از هم 50 متر بود. عمق قرارگیری زهکش‌ها در خاک، شامل 1/8 تا 1/9 متر در مزرعه شماره 1 (زهکش عمیق) و 1/1 تا 1/2 متر در مزرعه شماره 2 (زهکش کم‌عمق) بود.

به‌منظور نمونه‌برداری خاک، قبل از کشت نمونه خاک مرکب از هر مزرعه تهیه گردید و ویژگی‌های خاک در مزرعه موردمطالعه، بر اساس روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری و در جدول 1 ارائه شده است. برای اندازه‌گیری سطح ایستابی و برداشت نمونه آب زیرزمینی نیز، به‌وسیله مته خاک‌شناسی یک چاهک مشاهداتی در مرکز هر مزرعه حفر گردید. میانگین کیفیت آب آبیاری و آب زیرزمینی در طول فصل کشت در جداول 2 و 3 ارائه شده است. همچنین در طول فصل رشد گندم، از خاک سطحی (عمق 30-0 سانتی‌متری) هر دو مزرعه به‌صورت جداگانه در 6 نوبت زمانی (در زمان کشت، 30، 60، 90، 105، 120 و 150 روز پس از کشت) نمونه خاک مرکب برای تعیین شوری، غلظت املاح سدیم و کلر در محلول خاک و نسبت جذب سدیم خاک (SAR) برداشت شد.

جدول 1. ویژگی‌های شیمیایی خاک (30-0 سانتی‌متر) قبل از کشت (میانگین دو مزرعه)

سایت	EC	pH	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na	*SAR	TNV
	($dS\ m^{-1}$)		($meq\ l^{-1}$)							%
الهایی	13/6	7/7	2	44	66	28	41	43	7/3	40

* SAR $(meq/l)^{0.5}$، واحد کاتیون‌ها(meq/l)، واحد $SAR= Na^{+} / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{0.5}$

جدول 2. میانگین کیفیت آب آبیاری در دوره رشد و منبع تأمین‌کننده آب

سایت	EC	pH	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na	SAR	منبع تأمین آب
	($dS\ m^{-1}$)		($meq\ l^{-1}$)							(رودخانه)
الهایی	1/6	7/8	2	9	14/3	11/5	5	8/8	3	کرخه

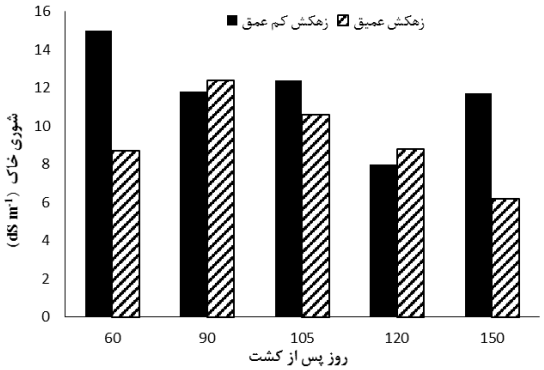
* SAR $(meq/l)^{0.5}$، واحد کاتیون‌ها(meq/l)، واحد $SAR= Na^{+} / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{0.5}$

جدول 3. میانگین کیفیت آب زیرزمینی در طول فصل کشت

سایت	EC	pH	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na	SAR
	($dS.m^{-1}$)		($meq.l^{-1}$)						
الهایی	38	7/5	3	278	207	29	153	306	32/2

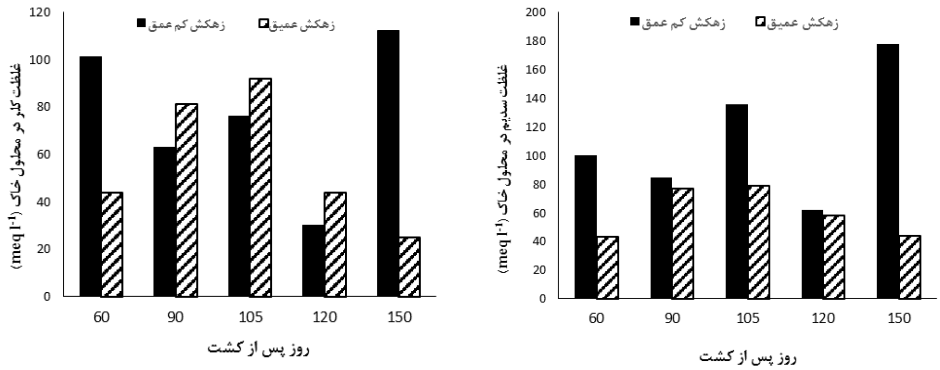
نتایج

تغییرات شوری خاک سطحی در طول فصل کشت گندم در دو مزرعه منتخب نشان داد که در اوایل فصل رشد تا 60 روز پس از کشت که گیاه در مرحله تکمیل پنجه و رفتن به مرحله ساقه‌دهی است، به دلیل مصرف کمتر آب آبیاری مطابق عمق توسعه ریشه و نیاز آبی گیاه، اختلاف شوری خاک در دو روش زهکشی حدود 6 دسی زیمنس در متر است (شکل 1). در این مرحله از رشد گندم، شوری خاک در مزرعه دارای زهکش عمیق در حد آستانه تحمل گندم به شوری قرار دارد (6-8 دسی زیمنس در متر (USDA-ARS, 2005))، اما در مزرعه 2 با زهکش‌های کم‌عمق، شوری خاک بسیار بالاتر از حد تحمل گندم به شوری است (15 دسی زیمنس در متر). در مراحل توسعه رشد گندم (90 تا 120 روز پس از کشت)، عملکرد هر دو روش زهکشی در کنترل شوری خاک سطحی تقریبا مشابه بوده است اما در انتهای فصل رشد گندم (150 روز پس از کشت) و کاهش مجدد نیاز آبی و حجم آب آبیاری مورداستفاده، مجددا شوری خاک در مزرعه دارای روش زهکشی کم‌عمق ($11/7\ dS.m^{-1}$)، به مقدار 5/5 دسی زیمنس در متر بیش از مزرعه با زهکش عمیق ($6/2\ dS.m^{-1}$) به‌دست آمد. چنانچه روش زهکشی کم‌عمق باشد، توانایی صعود شوری توسط جریان مویینگی رو به بالا افزایش خواهد یافت. ولی مناطقی که به‌صورت دائم تحت آبیاری هستند و جریان آب و املاح در خاک از بالا به پایین است، نگرانی از بابت شور شدن خاک در اثر جریان مویینگی وجود ندارد. به همین دلیل روش زهکشی کم‌عمق، شبیه مناطق مرطوب، در این مناطق از کارآیی خوبی برخوردارند (شریفی‌پور و همکاران، 1399). به دلیل همین تفاوت اصولی است که Qureshi et al. (2013) برای اراضی کشاورزی مناطق خشک که در تمام سال زیر کشت هستند زهکش‌هایی با عمق 1/5 متر و برای اراضی که به‌صورت فصلی کشت می‌شوند، زهکش‌هایی با عمق 2 متر را پیشنهاد کردند.



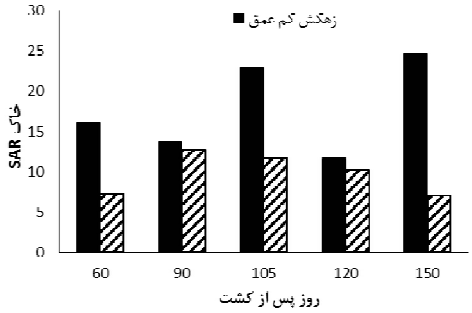
شکل 1. تغییرات شوری خاک در طول فصل کشت گندم در دو مزرعه منتخب در منطقه الهایی

غلظت یون‌های سدیم و کلر در محلول خاک در طول فصل رشد گندم در شکل 2 ارائه شده است. نتایج نشان داد که غلظت سدیم محلول خاک سطحی در تمام فصل زراعی در مزرعه با روش زهکشی عمیق کمتر از مزرعه دارای روش زهکشی کم‌عمق بود. بیشترین غلظت سدیم محلول خاک در مزرعه دارای زهکش کم‌عمق در انتهای فصل رشد گندم (150 روز پس از کشت)، به مقدار 178 میلی‌اکی-والان در لیتر به دست آمد که حدود سه برابر بیشتر از غلظت سدیم در خاک سطحی مزرعه 1 بود. بیشترین غلظت کلر محلول خاک (112 میلی اکی‌والان در لیتر) نیز مشابه سدیم در انتهای فصل رشد و در مزرعه شماره 2 مشاهده شد. غلظت کلر محلول خاک سطحی در مزرعه با زهکش کم‌عمق در 60 و 150 روز پس از کشت به‌ترتیب 3/5 و 1/5 برابر بیشتر از غلظت کلر در مزرعه با زهکش عمیق به دست آمد. هرچند در اواسط فصل رشد گندم (90 تا 120 روز پس از کشت)، غلظت کلر در خاک سطحی مزرعه با زهکش عمیق بیشتر از مزرعه دارای روش زهکشی کم‌عمق مشاهده شد. سمیت یونی و افزایش توانایی موبینه‌ای محیط اطراف ریشه باعث بسته‌شدن روزنه‌ها می‌شود. به‌عبارت دیگر، در شرایط تنش شوری گیاه به طور موقت دچار کمبود آب می‌شود که این شرایط موجب افزایش هورمون آبسزیک اسید و بسته شدن روزنه‌ها می‌گردد (Aldesuquy and Ibrahim, 2001). یکی از راه‌کارهای افزایش مقاومت گیاهان به شوری، توانایی آن‌ها در جذب آب از یک محیط شور است (Rus et al., 1999). حفظ آماس مثبت سلولی یک سازوکار سازشی بسیار مهم برای اجتناب از کمبود آب در برگ گیاهان محسوب می‌شود (Meneguzzo et al., 2000). غلظت بالای یون‌های سدیم و کلر در محلول خاک موجب جذب بیشتر آن‌ها توسط گیاه و کاهش محتوای نسبی آب برگ‌ها می‌شود (Munns et al., 2006) و در نتیجه موجب تشدید اثرات تنش شوری در گیاه می‌شود.



شکل 2. تغییر غلظت سدیم و کلر محلول خاک سطحی در طول فصل رشد گندم در دو مزرعه منتخب با روش زهکشی عمیق و کم‌عمق

در شکل 3، روند تغییرات نسبت جذب سدیم خاک در طول فصل رشد گندم در دو مزرعه با سیستم زهکشی عمیق و کم عمق ارئه شده است. دامنه مقادیر SAR در مزرعه با روش زهکشی عمیق از 7/1 تا 12/7 و در مزرعه با روش زهکشی کم‌عمق از 11/7 تا 24/7 متغیر بود. نتایج نشان داد که روند تغییرات SAR در دو مزرعه در طول فصل رشد مشابه تغییرات غلظت سدیم محلول خاک سطحی بوده است. در سه مرحله از فصل رشد گندم (60، 105 و 105 روز پس از کشت)، تفاوت مقدار SAR در دو روش زهکشی بسیار مشهود بود. بیشترین مقدار SAR خاک ($(meq.l^{-1})^{0.5}$) 24/7 در مرحله انتهای فصل رشد گندم و در روش زهکشی کم‌عمق مشاهده شد که حدود 2/5 برابر بیشتر از مقدار آن در روش زهکشی کم‌عمق ($(meq.l^{-1})^{0.5}$) 7/1 بود. مشابه شوری خاک و غلظت عناصر سدیم و کلر در محلول خاک، در بررسی مقادیر نسبت جذب سدیم خاک نیز در ابتدا و انتهای فصل کشت گندم، بیشترین اختلاف بین روش زهکشی عمیق و کم‌عمق مشاهده شد. بنابراین نتایج این مطالعه نشان داد که در مناطقی با آب زیرزمینی کم‌عمق و شور، روش زهکشی کم‌عمق (1/2 متر) به‌ویژه در ابتدا و انتهای فصل رشد گندم در کنترل شوری خاک سطحی عملکرد ضعیف‌تری نسبت به زهکش‌های عمیق (1/8 متر) دارد. Sharifipour et al. (2015) نیز حداقل عمق زهکش‌ها را در ابتدای لوله برای جلوگیری از شور شدن خاک، در منطقه دشت آزادگان، 1/8 متر گزارش کردند. این یافته‌ها با نتایج Smedema (2007) نیز تایید می‌شود. این پژوهش‌گر، با بررسی اعماق زهکشی برای کنترل شوری و ماندابی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان، عمق 1/2 تا 2 متر را به‌عنوان محدوده بهینه برای نصب زهکش‌ها توصیه نمودند. اما، ایشان در گزارش خود تأکید کردند که اعماق بین 1/2 تا 1/5 متر برای مواردی توصیه می‌شوند که هیچ‌گونه خطر شوری را به وجود نیاورند. مناطق دارای اقلیم خشک، آب زیرزمینی شور و خاک‌های با بافت سنگین را مستعد شور شدن دانسته و برای این مناطق عمق بین 1/6 تا 2 متر را پیشنهاد کردند.



شکل 3. تغییر نسبت جذب سدیم (SAR) خاک سطحی در طول فصل رشد گندم در شرایط دو روش زهکشی عمیق و کم‌عمق

نتیجه‌گیری

زهکش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک با آب زیرزمینی شور و کم‌عمق به‌منظور پایین نگه‌داشتن سطح ایستابی، از ورود آب و املاح زیرزمینی شور به عمق ریشه جلوگیری می‌کنند؛ بنابراین، عمق زهکش‌های زیرزمینی در این مناطق باید با درنظرگرفتن جنبه‌های اقتصادی و جلوگیری از شورشدن بیشتر خاک‌های کشاورزی تعیین شود. در این مطالعه، دو روش زهکشی کم‌عمق (1/2 متر) و عمیق (1/8 متر) در مزرعه‌ای در منطقه الهایی (شهرستان اهواز، خوزستان) با آب زیرزمینی کم‌عمق و شور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در اواسط فصل رشد گندم که گیاه بیشترین نیاز آبی را دارد و در هر نوبت آبیاری، حجم آب بیشتری مصرف می‌شود، عملکرد دو روش زهکشی کم‌عمق و عمیق در کنترل شوری و غلظت املاح محلول خاک تا حدودی مشابه بود. در حالی‌که، در ابتدا و انتهای فصل رشد گندم که نیاز آبی گیاه کمتر بوده و حجم آب آبیاری در هر نوبت کمتر است، در اثر کاربرد زهکش کم‌عمق، شوری خاک سطحی حدود 6 دسی زیمنس در متر بیشتر از مزرعه دارای زهکش عمیق بود. همچنین غلظت املاح سدیم و کلر محلول خاک و نسبت جذب سدیم خاک نیز در ابتدا و انتهای فصل رشد گندم، در مزرعه دارای زهکش کم‌عمق به طور متوسط بیش از 2 برابر مزرعه دارای زهکش

عمیق بود. نتایج این مطالعه نشان داد که حتی در طول فصل رشد محصول، مقدار حجم آب آبیاری تأثیر زیادی بر عملکرد روش زهکشی مزرعه در کنترل شوری خاک دارد و با کاهش نیاز آبی گیاه و حجم آب مصرفی در هر نوبت آبیاری در ابتدا و انتهای فصل رشد، توانایی زهکش کم‌عمق در کنترل شوری خاک سطحی کاهش می‌یابد. در نتیجه در مناطقی با خاک سنگین، اقلیم خشک و نیمه خشک با آب زیرزمینی کم‌عمق و شور مانند مناطق جنوب استان خوزستان، جهت جلوگیری از شور شدن خاک، عمق کارگزاری 1/8 متر برای زهکش‌های زیرزمینی توصیه می‌شود.

منابع

شریفی‌پور، م.، حسن‌اقلی، ع.، لیاقت، ع. و ناصری، ع.ع. 1399. عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک: چالش‌ها و راهکارها. تحقیقات آب‌وخاک ایران، 51(3): 739- 752.

مختاران، ر.، ناصری، ع. کشکولی، ح.ع. و برومند نسب، س. 1394. بررسی عوامل مؤثر بر مشخصات منطقه اختلاط آب‌شور و شیرین در اراضی تحت آبیاری با سطح ایستابی شور و کم‌عمق. مجله علوم و مهندسی آبیاری. 38 (1): 41-54.

Aldesuquy, H.S. and Ibrahim, A.H. 2001. Interactive effect of seawater and growth bio- regulators on water relations, absicisic acid concentration, and yield of wheat plants. Agro. Crop Sci. J. 187: 185-193

Boumans, J. H. and Vos, J. 1987. Drainage in arid regions. In Proc., Symp. 25th Int. Course on Land Drainage: Twenty-Five Years of Drainage Experience (Vol. 42, pp. 22-41). Publication.

Meneguzzo, S., Navari-Izzo, F. and Izzo, R. 2000. NaCl effect on water relations and accumulation of mineral nutrients in shoots, roots and cell sap of wheat seedling. Plant Physiol. J.156: 711-716

Munns, R., James, R.A. and Lauchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Exp. Bot. J. 57: 1025-1043.

Qureshi, A.S., Ahmad, W. and Ahmad, A.F.A. 2013. Optimum groundwater table depth and irrigation schedules for controlling soil salinity in central Iraq. Irrigation and Drainage, 62(4): 414-424.

Rus. A.M., Panoff, M., Perez-Alfocea, F. and Bolarin, M.C. 1999. NaCl responses in tomato calli and whole plants. Plant Physiol. J. 155: 727-733.

Sharifipour, M., Alizadeh, H., Naseri, A., Liaghat, A. and Hasanoghli, A. 2015. Agricultural, Environmental and Economic Considerations in Determining Pipe Drain Depth in Arid and Semi- Arid Regions- Case Study Azadegan Plain. Water Management in Agriculture, 2(1): 71-80.

Singh, A. 2015. Soil salinization and waterlogging: A threat to environment and agricultural sustainability. Ecological indicators, 57: 128-130.

Smedema, L.K. 2007. Revisiting currently applied pipe drain depths for waterlogging and salinity control of irrigated land in the (semi) arid zone. Irrigation and Drainage: The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage, 56(4): 379-387.

USDA-ARS. 2005. George E. Brown Jr Salinity Laboratory, Riverside, CA, USA (http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8908)

Wallender, W. W. and Tanji, K. K. 2011. Agricultural salinity assessment and management (No. Ed. 2). American Society of Civil Engineers (ASCE).

ارزیابی سطوح مختلف ورودی نرم‌افزار Rosetta در برآورد برخی ویژگی‌های خاک

پریسا مشایخی [1]، محسن دهقانی [2]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، mashayekhi_enj@yahoo.com

[2] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، mdehqani@gmail.com

چکیده

ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم گیاه از مهم‌ترین نقاط در منحنی مشخصه رطوبتی خاک هستند. برای انجام پژوهش حاضر از داده‌های مربوط به 280 نمونه خاک از مناطق مختلف استان اصفهان استفاده شد. خاک‌های موردمطالعه در 9 کلاس بافتی طبقه‌بندی شدند. برای تخمین متغیرهای معادله ون گنوختن سه سطح ورودی نرم‌افزار Rosetta شامل استفاده از کلاس بافتی، درصد ذرات شن، رس و سیلت و درصد شن و رس و سیلت به علاوه چگالی ظاهری خاک استفاده و با مقادیر اندازه‌گیری شده به کمک دستگاه صفحات فشاری، مقایسه شدند. نتایج نشان داد که در خاک‌های با بافت ریز سطح اول ورودی‌ها دقیق‌تر از دو سطح دیگر بود و مقادیر FC با خطای کمتری برآورد شد. در بافت‌های درشت شن لومی و لوم شنی، سطح سوم بیشترین دقت را در تخمین متغیرهای مدل ون‌گنوختن داشت. در مورد بقیه بافت‌ها، سطح دوم بیشترین دقت را در برآورد FC داشت. بر خلاف FC، مقادیر PWP برآورد شده توسط نرم‌افزار در سطوح موردمطالعه در بافت‌های مختلف از روند مشخصی تبعیت نکرد، اما در اکثر بافت‌ها، بیشترین ضریب همبستگی بین مقادیر PWP اندازه‌گیری شده و برآورد شده در سطح دوم مشاهده شد (R^2=0.4758) و بعد سطوح سوم (R2=0.4458) و اول (R2=0.4382) قرار گرفتند.

کلمات کلیدی: ظرفیت زراعی، مدل‌سازی، نقطه پژمردگی، ROSETTA

مقدمه

FC و PWP متغیرهای ورودی مهمی در طیف گسترده‌ای از مدل‌های زراعی- هیدرولوژیکی هستند؛ بنابراین تخمین دقیق آنها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. به دلیل تغییرپذیری مکانی و زمانی زیاد این ویژگی‌ها، ناهمگون بودن خاک و ماهیت غیرخطی منحنی مشخصه رطوبتی و نیز هدایت هیدرولیکی، اندازه‌گیری‌های صورت‌گرفته در مقیاس آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های کوچک خاک، به‌هیچ‌عنوان قادر به توصیف دقیق جریانات و فرایندهای نقل‌وانتقالات در مقیاس‌های بزرگ‌تر مکانی در خاک نیست (Zhang and Schaap, 2017). توابع انتقالی خاک (PTFs) و شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) بین متغیرهای دیر یافت خاک مانند منحنی مشخصه رطوبتی و هدایت هیدرولیکی و متغیرهای زودیافت خاک مانند بافت، چگالی ظاهری و مقدار ماده آلی که اندازه‌گیری آن‌ها آسان، سریع و کم‌هزینه است و در پژوهش‌های خاک‌شناسی متداول‌اند، ارتباط برقرار می‌کنند (Rastgou et al., 2020).

بیشتر پژوهش‌ها ANNs را توانمندتر از روش‌های رگرسیونی (Trejo-Alonso, 2021). برنامه Rosetta به‌عنوان پرکاربردترین

توابع انتقالی برای تخمین سلسله‌مراتبی ضرایب منحنی رطوبتی بر مبنای شبکه‌های عصبی مصنوعی ارائه شده است (Schaap et al., 2001). در نرم‌افزار Rosetta برای تخمین متغیرهای هیدرولیکی خاک از پنج گروه داده‌های ورودی مختلف شامل 1- کلاس بافتی خاک، 2- درصد ذرات تشکیل‌دهنده خاک (بافت خاک) 3- بافت خاک همراه با چگالی ظاهری خاک، 4- بافت، چگالی ظاهری و میزان رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی خاک (FC)، 5- بافت، چگالی ظاهری، میزان رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی خاک (FC) ، میزان رطوبت در نقطه پژمردگی گیاه (PWP)، می‌توان استفاده کرد. Salahou و همکاران (2023) در برآورد معکوس میزان رطوبت در خاک با استفاده از نرم‌افزار HYDRS-1D گزارش نمودند که هر چه تعداد متغیرهای ورودی بیشتری مورداستفاده قرار بگیرد، متغیرهای هیدرولیکی برآورد شده توسط نرم‌افزار Rosetta از دقت بالاتری در برآورد ویژگی‌های هیدرولیکی برخوردار خواهد بود.

باتوجه‌به نقش تخمین‌های اولیه متغیرهای معادله ونگنوختن در نرم‌افزار Rosetta بر خروجی نرم‌افزارهای مختلف از جمله HYDRUS، DISC، RETC و... لزوم انجام مطالعات بیشتر در خصوص میزان دقت این نرم‌افزار در برآورد ویژگی‌های هیدرولیکی خاک وجود دارد؛ بنابراین در این پژوهش به بررسی اثر سطوح مختلف ورودی نرم‌افزار Rosetta در تخمین مقادیر FC و PWP در بافت‌های مختلف خاک پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام پژوهش حاضر، از داده‌های مربوط به ویژگی‌های فیزیکی حدود 280 نمونه خاک مربوط در نقاط مختلف استان اصفهان استفاده شد. ویژگی‌های فیزیکی شامل بافت، چگالی ظاهری و مقادیر FC و PWP مورداستفاده قرار گرفتند. نمونه‌های موردنظر در 9 کلاس بافتی لوم رسی، لوم رس سیلتی، شنی لومی، لوم، رس، لوم سیلتی، شن لومی، رس سیلتی و لوم رس شنی قرار گرفتند.

در این پژوهش برای برآورد متغیرهای معادله ون‌گنوختن از نرم‌افزار ROSETTA ورژن 1.2 استفاده شد. برای هر نمونه خاک، متغیرهای معادله ون‌گنوختن در سه سطح شامل 1) تنها با استفاده از کلاس بافتی (TC)، 2) درصد ذرات شن و رس و سیلت (SSC) و 3) درصد ذرات شن و رس و سیلت بعلاوه چگالی ظاهری (SSC+BD)، برآورد شده و سپس مقادیر رطوبت حجمی خاک در مکش‌های 330 سانتی‌متر (FC) و 15000 سانتی‌متر (PWP)، در هر سطح بر اساس معادله ون‌گنوختن (Van Genuchten, 1980) محاسبه شد.

برای مقایسه مقادیر FC و PWP برآورد شده به کمک نرم‌افزار ROSETTA در سه سطح موردمطالعه با مقادیر FC و PWP اندازه‌گیری شده از شاخص‌های آماری متفاوتی مانند جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، خطای بایاس میانگین (MBE)، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده (NRMSE)، ضریب کارایی اصلاح شده (E') و شاخص مطابقت اصلاح شده (d') استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول 1 نتایج آنالیز آماری مقایسات انجام گرفته بین سطوح مختلف در نرم‌افزار ROSETTA شامل سطح 1) براساس کلاس بافت خاک (TC)، سطح 2) درصد ذرات تشکیل‌دهنده بافت خاک (SSC) و سطح 3) درصد ذرات تشکیل‌دهنده بافت خاک بعلاوه چگالی ظاهری (SSC+BD) در برآورد FC و PWP را نشان می‌دهد.

جدول 1- نتایج ارزیابی آماری مقادیر رطوبت برآورد شده در نقطه ظرفیت مزرعه FC در بافت‌های مختلف

بافت خاک	سطوح مختلف	RMSE	NRMSE	MBE	E'	D'	مجموع رتبه‌ها	رتبه نهایی
لوم رسی	Textural	*(3)0/125	(3)0/373	-0/081(3)	(2)-0/005	(3)0/692	15	3
	SSC	(1)0/108	(1)0/332	(1)-0/052	(1) 0/111	(1)0/753	5	1
	SSC+BD	(2)0/117	(2)0/353	(2)-0/073	(3)-0/109	(2)0/707	10	2
لومی	Textural	(2)0/960	(2)0/316	(3)-0/036	(2)-0/048	(3)0/718	12	3
	SSC	(1)0/085	(1)0/278	(1)-0/028	(1)0/084	(1)0/761	5	1
	SSC+BD	(3)0/096	(2)0/316	(2)-0/029	(2)-0/073	(2)0/719	10	2
رسی	Textural	(1)0/118	(1)0/284	(1)-0/060	(1)0/163	(1)0/761	5	1
	SSC	(2)0/132	(2)0/317	(2)-0/078	(2)0/123	(2)0/739	10	2
	SSC+BD	(2)0/132	(3)0/319	(3)-0/088	(3)0/086	(3)0/721	14	3
لوم رس سیلتی	Textural	(1)0/070	(1)0/275	(1)-0/022	(2)0/0192	(2)0/830	7	1
	SSC	(2)0/074	(2)0/330	(1)-0/022	(1)0/056	(1)0/836	7	1
	SSC+BD	(2)0/074	(2)0/330	(3)-0/055	(3)-0/216	(3)0/766	13	2
لوم شنی	Textural	(3)0/072	(3)0/313	(1)0/005	(3)0/502	(3)0/768	13	3
	SSC	(2)0/065	(2)0/281	(3)0/123	(2)0/528	(2)0/793	11	2
	SSC+BD	(1)0/064	(1)0/279	(2)0/008	(1)0/541	(1)0/796	6	1
رس سیلتی	Textural	(1)0/086	(1)0/270	(1)-0/041	(1)0/094	(1)0/815	5	1
	SSC	(2)0/088	(2)0/278	(2)-0/045	(3)0/062	(2)0/806	11	2
	SSC+BD	(3)0/102	(3)0/324	(3)-0/059	(2)0/093	(3)0/765	14	3
لوم سیلتی	Textural	(2)0/109	(2)0/428	(1)-0/048	(2)0/074	(1)0/762	8	2
	SSC	(1)0/106	(1)0/411	(1)-0/048	(1)0/114	(3)0/722	7	1
	SSC+BD	(3)0/118	(3)0/449	(2)0/059	(3)0/035	(2)0/745	13	2
شن لومی	Textural	(2)0/036	(2)0/486	(1)0/001	(3)0/835	(3)0/881	11	3
	SSC	(1)0/017	(1)0/374	(2)-0/009	(2)0/873	(2)0/905	8	2
	SSC+BD	(1)0/017	(1)0/374	(3)-0/016	(1)0/880	(1)0/908	7	1
لوم رس شنی	Textural	(2)0/036	(3)1/152	(1)0/001	(3)0/835	(3)0/881	12	3
	SSC	(1)0/017	(1)1/114	(2)-0/009	(2)0/873	(2)0/905	8	1
	SSC+BD	(1)0/017	(2)1/229	(3)-0/016	(1)0/880	(1)0/908	11	2
کل خاک‌های موردمطالعه Studied soils	Textural	(2)0/098	(3)0/201	(3)-0/048	(1)0/164	(3)0/620	12	3
	SSC	(1)0/094	(1)0/183	(1)-0/038	(3)-0/116	(1)0/763	7	1
	SSC+BD	(3)0/102	(2)0/197	(2)-0/044	(2)0/117	(2)0/745	11	2

*: رتبه از نظر آماره موردبررسی

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول در خاک‌های با درصد بالاتر رس مانند بافت‌های رسی و رس سیلتی سطح اول (TC) نسبت به دو سطح دیگر از دقت بیشتری برخوردار بوده و مقادیر FC را با خطای کمتری برآورد نموده است. از سوی دیگر در دو خاک درشت‌بافت شن لومی و لوم شنی سطح سوم بیشترین دقت را در برآورد متغیرهای مدل ون‌گنوختن داشته‌اند. در مورد بقیه بافت‌های خاک سطح دوم از بالاترین دقت در برآورد FC برخوردار بوده است. به نظر می‌رسد وجود مقادیر بالای درصد رس در بافت خاک سبب ایجاد خطا در اندازه‌گیری درصد ذرات رس، سیلت و شن می‌شود؛ به‌گونه‌ای که در این بافت‌ها استفاده از کلاس بافتی (سطح اول) از دقت بالاتری نسبت به استفاده از درصد ذرات تشکیل‌دهنده بافت خاک (سطح دوم) در برآورد ویژگی‌های هیدرولیکی خاک برخوردار بوده است.

جدول 2 نتایج ارزیابی آماری مقادیر برآورد شده PWP در سطوح مختلف در خاک‌های موردمطالعه را نشان می‌دهد. برخلاف FC، مقادیر PWP برآوردشده در سطوح مختلف روند مشخصی از خود نشان ندادند؛ اما در کل و در غالب خاک‌های موردمطالعه سطح دوم؛ یعنی استفاده از درصد ذرات تشکیل‌دهنده بافت خاک کمترین خطا را در تخمین متغیرهای معادله ون‌گنوختن داشته‌اند که منجر به دقت بیشتر در برآورد میزان رطوبت در نقطه PWP شده است.

جدول2- نتایج ارزیابی آماری مقادیر رطوبت برآورد شده در نقطه پژمردگی دائم گیاه PWP در بافت‌های مختلف

بافت خاک	سطوح مختلف ورودی Rosetta	RMSE	NRMSE	MBE	E'	D'	مجموع رتبه‌ها	رتبه نهایی
لوم رسی	Textural	(2)0/088	(2)0/519	(3)-0/072	(2)-0/648	(3)0/488	10	3
	SSC	(3)0/114	(3)0/676	(1)-0/051	(3)-0/725	(1)0/518	8	2
	SSC+BD	(1)0/086	(1)0/509	(2)-0/071	(1)-0/625	(2)0/499	6	1
لومی	Textural	(2)0/064	(2)0/484	(2)-0/046	(2)-0/150	(3)0/570	9	2
	SSC	(1)0/063	(1)0/478	(1)-0/045	(1)-0/105	(1)0/591	4	1
	SSC+BD	(2)0/064	(3)0/493	(3)-0/071	(3)-0/155	(2)0/568	9	2
رسی	Textural	(1)0/059	(1)0/322	(1)-0/036	(1)0/285	(1)0/794	4	1
	SSC	(2)0/076	(2)0/417	(2)-0/061	(2)0/083	(2)0/705	8	2
	SSC+BD	(3)0/082	(3)0/452	(3)-0/069	(3)-0/006	(3)0/664	12	3
لوم سیلتی	Textural	(1)0/074	(2)0/691	(3)-0/066	(3)-1/448	(3)0/308	10	3
	SSC	(1)0/074	(1)0/674	(1)-0/058	(1)-1/21	(1)0/414	4	1
	SSC+BD	(1)0/074	(1)0/674	(2)-0/063	(2)-1/385	(2)0/341	7	2
لوم شنی	Textural	(3)0/045	(3)0/326	(3)-0/030	(3)0/552	(2)0/729	11	3
	SSC	(1)0/032	(2)0/285	(1)-0/014	(1)0/685	(1)0/833	4	1
	SSC+BD	(2)0/034	(1) 0/267	(2)-0/018	(2)0/665	(3)0/816	9	2
لوم رس سیلتی	Textural	(2)0/080	(2)0/475	(2)-0/070	(2)-0/857	(2)0/499	8	2
	SSC	(1)0/078	(1)0/236	(1)-0/066	(1)-0/797	(1)0/526	4	1
	SSC+BD	(3)0/082	(3)0/487	(2)-0/07	(3)-0/893	(3)0/486	11	3
رس سیلتی	Textural	(1)0/062	(1)0/586	(1)-0/042	(1)0/203	(1)0/773	4	1
	SSC	(2)0/077	(2)0/745	(2)-0/062	(2)-0/100	(2)0/655	8	2
	SSC+BD	(3)0/085	(3)0/812	(3)-0/066	(3)-0/200	(3)0/617	12	3
شن لومی	Textural	(1)0/017	(1)0/374	(1)0/017	(2)0/863	(1)0/897	5	1
	SSC	(1)0/017	(1)0/374	(2)-0/001	(2)0/863	(2)0/896	7	3
	SSC+BD	(1)0/017	(1)0/374	(3)-0/002	(1)0/864	(1)0/897	6	2
لوم رس شنی	Textural	(3)0/039	(3)0/358	(3)0/019	(3)0/650	(3)0/855	12	3
	SSC	(2)0/036	(2)0/299	(2)0/017	(2)0/689	(2)0/870	8	2
	SSC+BD	(1)0/034	(1)0/293	(1)0/012	(1)0/723	(1)0/880	4	1
کل خاک‌های موردمطالعه Studied soils	Textural	(1)0/069	(1)0/284	(2)-0/050	(1)-0/091	(3)0/623	7	2
	SSC	(3)0/076	(2)0/328	(1)-0/048	(2)-0/116	(2)0/620	8	1
	SSC+BD	(2)0/073	(3)0/379	(3)-0/054	(3)-0/149	(1)0/591	9	2

*: رتبه از نظر آماره موردبررسی

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در ارتباط با خاک‌های با بافت ریز مانند رسی، رس سیلتی، سطح اول یعنی برآورد متغیرهای هیدرولیکی با استفاده از کلاس بافتی خاک نسبت به دو سطح دیگر از دقت بیشتری برخوردار بوده و مقادیر FC را با خطای کمتری برآورد نمود. در دو بافت درشت‌بافت شن لومی و لوم شنی سطح سوم (SSC+BD) بیشترین دقت را در برآورد FC داشتند. در مورد سایر بافت‌ها، سطح دوم (SSC) از بالاترین دقت در برآورد FC برخوردار بود. مقادیر PWP برآورد شده در سطوح مختلف روند نسبتاً مشخصی نسبت به بافت از خود نشان ندادند؛ اما در کل و در غالب خاک‌های موردمطالعه سطح دوم؛ یعنی استفاده از درصد ذرات تشکیل‌دهنده بافت خاک کمترین خطا را در تخمین متغیرهای معادله ون‌گنوختن داشتند که منجر به‌دقت بالاتر در برآورد میزان رطوبت در نقطه PWP شده است. در کل در مورد غالب خاک‌های موردمطالعه، سطح دوم (SSC) کمترین میزان خطا را در برآورد پارامترهای معادله ون‌گنوختن داشت و مقادیر FC و PWP را بادقت قابل‌قبولی در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده آن‌ها برآورد نمود.

منابع

Rastgou, M., Bayatb, H., Mansoorizadehc, M. and Gregoryd, A.S. 2020. Estimating of soil water retention curve: Comparison of multiple nonlinear regression approach and random forest data mining technique. Computers and Electronics in Agriculture, 174. https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105502.

Salahou, M.Kh., Chen, Y., Jiao, X. and Lu, H. 2023. Inverse Modelling to Estimate Soil Hydraulic Properties at the Field Scale. Mathematical Problems in Engineering 2022, Article ID 4544446, 11 pages.

Schaap, M.G., Leij, F.J. and van Genuchten, M.Th. 2001. ROSETTA: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. Journal of Hydrology, 251, 163–176.

Trejo-Alonso, J., Carlos Fuentes, C., Chávez, C., Quevedo, A. and Brandon González-Correa, B. 2021. Saturated Hydraulic Conductivity Estimation Using Artificial Neural Networks. Water, 13(705).

Zhang, Y. and Schaap, M.G. 2017. Weighted recalibration of the Rosetta pedotransfer model with improved estimates of hydraulic parameter distributions and summary statistics (Rosetta3). Journal of Hydrology, 547, 39–53.

ارزیابی عملکرد زهکش‌های زیرزمینی در کنترل سطح ایستابی و شوری آب زیرزمینی در مزارع گندم جنوب استان خوزستان

محی‌الدین گوشه [1]، فاطمه مسکینی ویشکایی [2]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، amgoosheh@gmail.com

[2] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز

چکیده

هدف این پژوهش بررسی عملکرد زهکش‌های زیرزمینی در کنترل سطح ایستابی و شوری آب زیرزمینی در مزارع گندم مناطق جنوبی استان خوزستان با سطح ایستابی شور و کم‌عمق است. فاصله زهکش‌های زیرزمینی از هم 50 متر و عمق قرارگیری زهکش‌ها در خاک، شامل 1/8 تا 1/9 متر (زهکش عمیق) و 1/1 تا 1/2 متر (زهکش کم‌عمق) بود. در طول فصل رشد گندم، اندازه‌گیری عمق و شوری آب زیرزمینی در شش نوبت زمانی (30، 60، 90، 105، 120 و 150 روز پس از کشت) انجام شد. افزایش عمق زهکش‌های زیرزمینی از 1/2 به 1/8 متر موجب افزایش 5 و 2 درصد به ترتیب در عملکرد دانه و زیست‌توده گندم شد. هر دو روش زهکشی در کنترل سطح ایستایی عملکرد مناسبی داشتند. از ابتدای کشت تا 100 روز پس از کشت گندم، هر دو روش زهکشی موجب حفظ سطح ایستایی در عمق 1/5 متر شدند. روش زهکشی کم‌عمق موجب شد که در تمام فصل رشد گندم، شوری آب زیرزمینی بیش از 40 دسی زیمنس در متر باشد. درحالی‌که، در مزرعه با روش زهکشی عمیق (1/8 متر)، با افزایش تعداد روزهای پس از کشت، شوری آب زیرزمینی نیز روند کاهشی داشته و از $dS.m^{-1}$ 34 در 30 روز پس از کشت به شوری $dS.m^{-1}$ 21 در انتهای فصل کشت گندم رسید؛ بنابراین، به‌منظور تعیین عمق زهکش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک در حضور آب زیرزمینی شور و کم‌عمق باید دو هدف رفع ماندابی در فصل آبیاری و جلوگیری از صعود شوری در نتیجه خیز موئینگی در دوره بدون آبیاری را در نظر گرفت.

کلمات کلیدی: تهویه خاک، زهکش‌های زیرزمینی، روش آبیاری تحت‌فشار، شوری، عملکرد گندم

مقدمه

زهکش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک با آب زیرزمینی شور و کم‌عمق به‌منظور پایین نگه‌داشتن سطح ایستابی، از ورود آب و املاح زیرزمینی شور به عمق ریشه جلوگیری می‌کنند. امروزه در زمینه زهکشی نگرش‌های جدیدی مطرح گردیده است. در نگرش جدید، هدف از زهکشی کاهش‌دادن میزان زهاب خروجی از طریق کاهش عمق کارگذاری زهکش‌ها می‌باشد. از طرف دیگر در این نوع روش با بالاآوردن عمق زهکش‌ها و بالا نگه‌داشتن سطح سفره آب زیرزمینی در مجاورت عمق ریشه، صعود آب زیرزمینی به عمق ریشه و در نتیجه استفاده گیاه از آب زیرزمینی ممکن می‌گردد. کیفیت آب زیرزمینی در مناطق مرطوب مناسب و قابل‌استفاده گیاه می‌باشد؛ ولی در مناطق خشک به دلیل شور بودن آب زیرزمینی، اعمال این شیوه به‌منظور استفاده گیاه بدون اشکال نیست (مختاران و همکاران، 1394).

روش‌های زهکشی زیر سطحی در برخی مناطق تحت آبیاری به‌منظور محدودکردن اثرات آب زیرزمینی کم‌عمق و شور بر روی محصول، با جمع‌آوری آب زیرزمینی باکیفیت پایین، نصب می‌شوند (Grismer, 1993). اثر سطح ایستایی بر رشد گیاه به عواملی همچون مرحله رشد گیاه، شرایط رطوبت و تهویه خاک و ویژگی‌های رشدی گیاه بستگی دارد. عمق کنترل سطح ایستایی، به‌گونه‌ای تعیین می‌شود که ضمن تأمین تهویه کافی برای رشد گیاه در فصل کشت، باتوجه‌به نوع خاک و حدود خیز موئینه‌ای در آن، امکان تبخیر از سطح سفره آب زیرزمینی در فصل آیش را به حداقل مقدار ممکن برساند (سلاخ پور و همکاران، 1395).

چالش اصلی در تعیین عمق زهکش‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک عدم کارایی زهکش‌های کم‌عمق در کنترل شوری و درعین‌حال تخلیه زهاب بیشتر و شورتر توسط زهکش‌های عمیق است (شریفی‌پور و همکاران، 1399). تاکنون محققان و متخصصان بسیاری بر اثرات منفی افزایش عمق زهکش‌ها بر کاهش کیفیت و افزایش حجم زهاب تأکید کرده‌اند. شوری زهاب تنها ناشی از نمک‌های حل شده در آب آبیاری نیست. در مناطقی با آب زیرزمینی شور و کم‌عمق (مانند جنوب خوزستان) بخش عمده‌ای از شوری زهاب، ناشی از ترکیب آب زیرزمینی شور با آب زهکشی شده در طول فرایند زهکشی است (Sharifipour et al., 2013). Christen و همکاران (2001) گزارش کردند که حتی پس از آبشویی ناحیه ریشه از نمک‌ها، نمک تخلیه شده توسط روش‌های زهکشی زیرزمینی اجرا شده در استرالیا در بیشتر موارد10-5 برابر نمکی است که با آب آبیاری وارد مزارع می‌شود. این امر نشان می‌دهد که این روش‌های زهکشی، همان‌طور که نمک همراه با آب آبیاری را تخلیه می‌کنند، نمک‌های موجود در زمین را نیز تخلیه می‌نمایند. این نمک‌ها عمدتاً زیر ناحیه ریشه هستند و تخلیه آن‌ها سودی برای گیاه ندارد. Ayers and Westcot (1978) گزارش کردند که شوری و حجم زهاب خارج شده از زهکش‌های نصب شده در عمق 2 متری بیشتر از زهکش‌های نصب شده در عمق 1/7 متری است. Christen and Skehan (2001) نشان دادند که استفاده از یک سیستم زهکشی کم‌عمق (0/7 متر) می‌تواند شرایط ماندابی را کنترل کند؛ ولی در کنترل شوری کمتر مؤثر است و بازگشت شوری توسط صعود مویینه‌ای ممکن است.

هدف این پژوهش بررسی عملکرد زهکش‌های زیرزمینی در کنترل سطح ایستایی و شوری آب زیرزمینی در مزارع کشاورزی مناطق جنوبی استان خوزستان با سطح ایستابی شور و کم‌عمق است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال زراعی 1394-1393 در استان خوزستان، واقع در جنوب غرب ایران، شهرستان اهواز در منطقه الهایی با مختصات جغرافیایی ′38 °31 عرض شمالی و ′37 °48 طول شرقی انجام شد. در مزارع موردمطالعه گندم رقم چمران با تراکم بذر 235 کیلوگرم در هکتار در تاریخ 23 آبان 1393 کشت شد و در 2 اردیبهشت 1394 برداشت محصول انجام شد. از روش نواری برای آبیاری مزارع استفاده شد. ابعاد نوارها 8 در 220 متر و تعداد دفعات آبیاری در طول فصل رشد گندم 5 مرتبه بود. قطعات آبیاری در جهت عرض زمین ایجاد شده بودند و بنابراین آبیاری‌ها در این جهت انجام می‌شد. توزیع آب در مزرعه از یکنواختی مناسبی برخوردار بود. مقدار کل بارندگی در طول فصل رشد گندم (آبان 1393 تا اردیبهشت 1394)، 126/3 میلی‌متر بود. در هر مزرعه چهار زهکش زیرزمینی عمود بر دو زهکش روباز انتهای مزرعه قرار داشتند. خروجی تمام لترال‌ها به زهکش‌های روباز طرفین زمین، منتهی می‌گردید. هم‌چنین، فاصله زهکش‌های زیرزمینی از هم 50 متر بود. عمق قرارگیری زهکش‌ها در خاک، شامل 1/8 تا 1/9 متر در مزرعه شماره 1 (زهکش عمیق) و 1/1 تا 1/2 متر در مزرعه شماره 2 (زهکش کم‌عمق) بود. به‌منظور نمونه‌برداری خاک، قبل از کشت نمونه خاک مرکب از هر مزرعه تهیه گردید و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک براساس روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری و در جداول 1 تا 3 ارائه شده است. برای اندازه‌گیری سطح ایستابی و برداشت نمونه آب زیرزمینی نیز، به وسیله مته خاک‌شناسی یک چاهک مشاهداتی در مرکز هر مزرعه حفر گردید. میانگین کیفیت آب آبیاری و آب زیرزمینی در طول فصل کشت در جداول 4 و 5 ارائه شده است. همچنین در طول فصل رشد گندم، تعیین عمق و شوری آب زیرزمینی در 6 نوبت زمانی (در زمان کشت، 30، 60، 90، 105، 120 و 150 روز پس از کشت) انجام شد.

جدول 1. ویژگی‌های فیزیکی نمونه خاک در مزارع منتخب منطقه الهایی

سایت/ مزرعه		عمق	شن	سیلت	رس	نقطه پژمردگی	ظرفیت زراعی	درصد اشباع	وزن مخصوص ظاهری	ضریب هدایت هیدرولیکی
		(cm)		%		درصد حجمی			($g\ cm^{-3}$)	($mm\ day^{-1}$)
الهایی	1	0-30	22	42	36	22	37	47	1/40	72
		30-60	28	32	40	24	37	48	1/42	63
	2	0-30	22	40	38	23	38	48	1/39	65
		30-60	20	42	38	23	38	48	1/38	70

جدول 2. ویژگی‌های شیمیایی خاک (30-0 سانتی‌متر) قبل از کشت (میانگین دو مزرعه)

سایت	EC	pH	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na	SAR*	TNV
	($dS\ m^{-1}$)		($meq\ l^{-1}$)							%
الهایی	13/6	7/7	2	44	66	28	41	43	7/3	40

*$SAR = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{0.5}$، واحد کاتیون‌ها(meq/l)، واحد $SAR\ (meq/l)^{0.5}$

جدول 3. ویژگی‌های حاصلخیزی خاک (30-0 سانتی‌متر) قبل از کشت (میانگین دو مزرعه)

سایت	OC	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu
	%		($mg\ kg^{-1}$)				
الهایی	0/92	8	230	8/1	0/8	10/5	1/5

جدول 4. میانگین کیفیت آب آبیاری در دوره رشد و منبع تأمین‌کننده آب

سایت	EC	pH	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na	SAR	منبع تأمین آب
	($dS\ m^{-1}$)		($meq\ l^{-1}$)							(رودخانه)
الهایی	1/6	7/8	2	9	14/3	11/5	5	8/8	3	کرخه

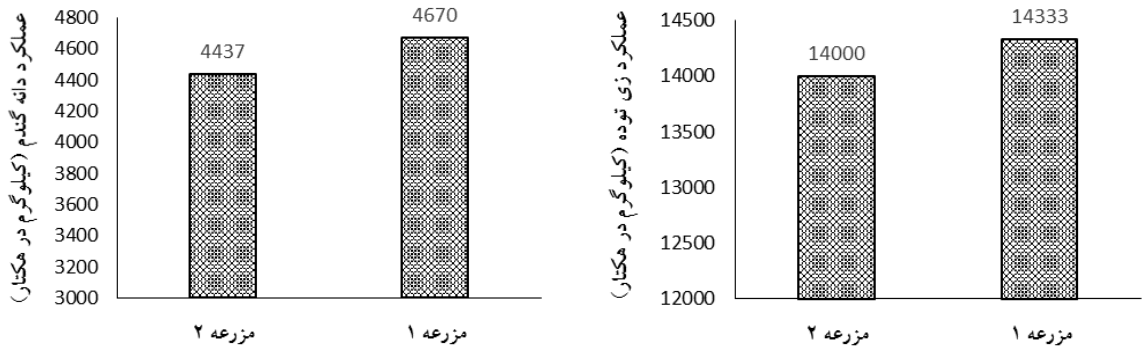
* $SAR = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{0.5}$، واحد کاتیون‌ها(meq/l)، واحد $SAR\ (meq/l)^{0.5}$

جدول 5. میانگین کیفیت آب زیرزمینی در طول فصل کشت

سایت	EC	pH	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na	SAR
	($dS.m^{-1}$)		($meq.l^{-1}$)						
الهایی	38	7/5	3	278	207	29	153	306	32/2

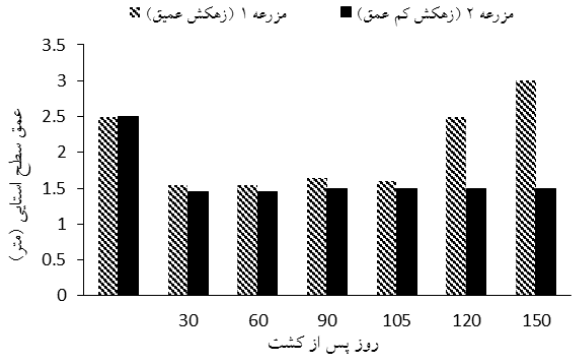
نتایج

مقادیر عملکرد و زیست‌توده گندم در دو مزرعه منتخب در شکل 1 ارائه شده است. نتایج نشان داد که مقدار عملکرد و زیست‌توده گندم در مزرعه 1 (زهکش عمیق) بیش از مزرعه 2 (زهکش کم‌عمق) به دست آمد. افزایش عمق زهکش‌های زیرزمینی از 1/2 به 1/8 متر در مزرعه 1 موجب افزایش 5 و 2 درصد به‌ترتیب در عملکرد دانه و زیست‌توده گندم شد (شکل 1). باتوجه‌به یکسان بودن بافت خاک (لوم رسی) و سایر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک (جداول 1 تا 3)، هم‌چنین یکسان بودن شرایط کشت، روش و حجم آب آبیاری (4270 مترمکعب در هکتار) در دو مزرعه منتخب به نظر می‌رسد که اختلاف عملکرد گندم در دو مزرعه ناشی از تأثیر زهکش‌ها بر شوری خاک و آب زیرزمینی و هم‌چنین عمق سطح ایستایی باشد.



شکل 1. عملکرد دانه و زیست توده گندم در مزارع منتخب (مزرعه 1، زهکش عمیق و مزرعه 2، زهکش کم‌عمق) در منطقه الهایی

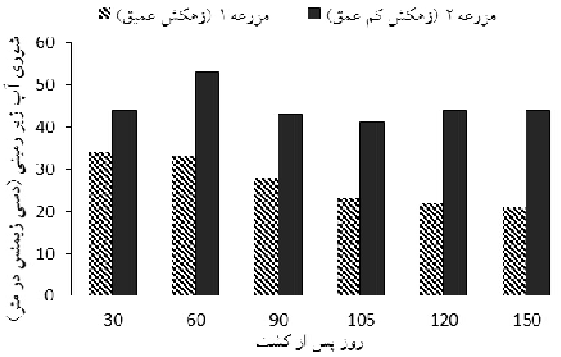
اغلب محصولات زراعی و باغی در شرایطی که سطح ایستابی پایین‌تر از منطقه فعالیت ریشه‌ها قرار دارد، به‌خوبی رشد و نمو می‌نمایند. در زراعت‌های آبی، سطح ایستابی با آب نفوذی ناشی از آبیاری یا بارندگی، افزایش‌یافته و با زهکشی و تبخیر تعرق افت می‌کند. یکی از اهداف احداث شبکه زهکشی این است که خیز سطح ایستابی، محدودیت قابل‌توجهی برای کشت ایجاد نکند (شریفی‌پور و همکاران، 1399). تغییرات عمق سطح ایستابی و شوری آب زیرزمینی در طول فصل کشت گندم در شکل‌های 2 و 3 ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که روش زهکشی در هر دو مزرعه منتخب برای کنترل سطح ایستابی عملکرد مناسبی داشت. باوجوداینکه در همه نوبت‌های اندازه‌گیری در طول فصل کشت گندم، عمق سطح ایستابی در مزرعه 1 با زهکش‌های عمیق‌تر (1/8 متر) بیشتر از مزرعه 2 مشاهده شد؛ اما این تفاوت تا 100 روز پس از کشت گندم، بسیار ناچیز بوده و هر دو زهکش موجب حفظ سطح ایستابی در عمق 1/5 متر شدند. اما پس از گذشت 105 روز از کشت گندم، دو روش زهکشی در کنترل سطح ایستابی مزارع عملکرد متفاوتی داشتند به‌گونه‌ای که در مزرعه 2 با زهکش کم‌عمق، تا انتهای فصل کشت عمق سطح ایستابی در عمق 1/5 متر حفظ شد. اما، در مزرعه 2 با زهکش عمیق، با افزایش تعداد روزهای پس از کشت، عمق سطح ایستابی روند افزایشی را نشان داد و در 150 روز پس از کشت گندم (فروردین 1394)، عمق سطح ایستابی مزرعه به حدود 3 متر رسید.



شکل 2. تغییرات عمق سطح ایستابی در طول فصل رشد گندم در مزارع با عمق مختلف زهکش

تغییرات شوری آب زیرزمینی در طول فصل کشت گندم مؤید عملکرد مناسب‌تر زهکشی در مزرعه 1 با روش زهکشی عمیق نسبت به مزرعه 2 بود (شکل 3). روش زهکشی کم‌عمق در مزرعه 2 (عمق 1/5 متر) موجب شد که در تمام فصل رشد گندم، شوری آب زیرزمینی بیش از 40 دسی زیمنس در متر باشد. در حالی که، در مزرعه 1 با روش زهکشی عمیق (1/8 متر)، با افزایش تعداد روزهای پس از کشت، شوری آب زیرزمینی نیز روند کاهشی داشته و از 34 دسی زیمنس در متر در 30 روز پس از کشت به شوری 21 دسی

زیمنس در متر در انتهای فصل کشت گندم (150 روز پس از کشت) رسید (38 درصد کاهش). Christan و Shekan (2001) نیز گزارش نمودند که هر چند روش زهکشی کم‌عمق در کنترل شرایط ماندابی خاک موفق عمل کرده‌اند، ولی با قطعیت نمی‌توان گفت که در مورد کنترل شوری هم مؤثر بوده‌اند. در ایران نظری و همکاران (2008) عمق بهینه نصب زهکش‌های زیرزمینی در مزارع نیشکر جنوب خوزستان را با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و زیست‌محیطی، 1/5 متر برآورد کردند. درحالی که اکرم و لطفی (2015) عمق مناسب زهکش‌ها در جنوب خوزستان را 1/8 متر برآورد نمودند.



شکل 3. تغییرات شوری آب زیرزمینی در طول فصل رشد گندم در مزارع با عمق مختلف زهکش

نتیجه‌گیری

برای برآورد عمق زهکش‌های زیرزمینی در فصل آبیاری، هدف عمدتاً تهویه خاک و جلوگیری از شرایط ماندابی است؛ اما در دوره بدون آبیاری، هدف کنترل شوری ناشی از خیز مویینگی است. در مناطقی مانند جنوب استان خوزستان با اقلیم خشک و آب زیرزمینی شور با سطح ایستابی بالا، تعیین عمق مناسب زهکش‌ها با درنظرگرفتن هر دو هدف (حفظ تهویه مطلوب و کنترل شوری خاک و شوری و حجم زهاب تولیدی) چالش‌برانگیز است. نتایج این پژوهش نشان داد که نصب زهکش‌های عمیق در عمق 1/8 متر علاوه بر کنترل سطح ایستابی و حفظ تهویه مناسب برای رشد گیاه، افزایش 5 درصد عملکرد دانه گندم، شوری آب زیرزمینی را نیز در طول فصل کشت به‌صورت نزولی کاهش می‌دهد به‌گونه‌ای که شوری آب زیرزمینی در انتهای فصل کشت 38 درصد کمتر از اوایل فصل کشت بود. باتوجه‌به اینکه بخش زیادی از اراضی تحت شبکه‌های آبیاری و زهکشی در جنوب خوزستان کشت تابستانه ندارند. در نبود جریان روبه‌پایین ناشی از نفوذ عمقی و شدت تبخیر بالا در فصل تابستان، توانایی صعود نمک با جریان مویینگی از آب زیرزمینی شور و کم‌عمق، که بافت خاک سنگین منطقه نیز آن را تشدید می‌نماید، بسیار افزایش می‌یابد؛ بنابراین، در این شرایط، به نظر می‌رسد که استفاده از روش‌های زهکشی کنترل شده و دو عمقی بتوانند سودمند باشند.

منابع

سلاخ پور، م.، ملکی، ع. و مختاران، ع. 1395. ارزیابی عملکرد زهکش‌های زیرزمینی در کنترل سطح ایستابی و شوری براساس شاخص RGWD و SEI در اراضی کشاورزی حمیدیه. دوفصلنامه تخصصی علوم و مهندسی آب، 13: 65 -77.

شریفی‌پور، م.، حسن‌اقلی، ع.، لیاقت، ع. و ناصری، ع.ع. 1399. عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک: چالش‌ها و راهکارها. تحقیقات آب‌وخاک ایران، 51(3): 739- 752.

Akram, M. and Lotfi, A. 2015. Suitable depth of subsurface drainage in Khuzestan. First National Conference on Technical, Economic, Social and Environmental Dimensions of the 550,000-hectare Land Restoration Project in Khuzestan and Ilam.

Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture, Food and Agriculture Organization, Irrigation and Drainage Paper 29 (Rev 1). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Christen, E.W., Ayars, J.E. and Hornbuckle, J.W. 2001. Subsurface drainage design and management in irrigated areas of Australia. Irrigation Science, 21(1), 35-43.

Christen, W. and Skehan, D. 2001. Design and management of subsurface horizontal drainage to reduce salt loads. Journal of irrigation and drainage engineering, 127(3), 148-155.

Grismer, M.E. 1993. Subsurface drainage system design and drain water quality, ASCE, J. Irrig. And Drain. Eng. 119(3): 537-543.

Nazari, B., Liaghat, A., Parsinezah, M. and Naseri, A. 2008. Optimization of the Installation Depth of Subsurface Drainage with Economic and Environmental Considerations. The fifth workshop on drainage and environment. (In Farsi).

Sharifipour, M., Naseri, A.A., Jafari, S. and Yazdanparast, S. 2013. Effect of Shallow and Saline Groundwater on Drain Water Salt Loud in South Khuzestan. 9th International Conference of River Engineering, Ahwaz, Iran.

Smedema, L.K. 2007. Revisiting currently applied pipe drain depths for waterlogging and salinity control of irrigated land in the (semi) arid zone. Irrigation and Drainage: The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage, 56(4): 379-387.

برآورد توزیع مکانی برخی ویژگی‌های هیدرولیکی خاک با استفاده از روش‌های زمین‌آماری کریجینگ و کوکریجینگ

پریسا مشایخی [1]، محسن دهقانی [2]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، mashayekhi_enj@yahoo.com

[2] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، mdehqani@gmail.comr

چکیده

این پژوهش بر روی تعداد 101 نمونه خاک از اراضی مناطق مختلف استان اصفهان، با هدف ارزیابی و مقایسه دو روش زمین آماری کریجینگ و کوکریجینگ، در برآورد میزان رطوبت خاک در نقاط ظرفیت زراعی (FC) و پژمردگی دائم گیاه (PWP) انجام شد. میزان دقت مقادیر برآورد شده این متغیرها به کمک معیارهای آماری ضرایب تعیین (R^2)، میانگین انحراف خطا (MBE) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) محاسبه گردید. بر اساس نتایج آنالیز زمین آماری، در مورد تمام ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، مدل کروی بیشترین انطباق را با نیم‌تغییر نماهای تجربی محاسبه شده داشت. هم‌چنین تمامی متغیرها از ساختار مکانی قوی برخوردار بودند. بر اساس نتایج، چگالی ظاهری خاک کمترین شعاع تأثیر (33/7 کیلومتر) و درصد شن بیشترین شعاع تأثیر (71/1 کیلومتر) را داشتند. باتوجه‌به نتایج مقایسات آماری، روش کریجینگ از دقت بالاتری در برآورد نقاط FC و PWP نسبت به روش کوکریجینگ برخوردار بود. مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده FC و PWP در روش کریجینگ از هم‌خوانی بالاتری نسبت به روش کوکریجینگ برخوردار بودند. مقادیر ضرایب تعیین (R^2) برای مقادیر FC در روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ (داده کمکی رس) و کوکریجینگ (داده کمکی سیلت) به ترتیب معادل 0/661، 0/6165 و 0/6042 و برای مقادیر PWP به ترتیب 0/6757، 0/6679و 0/6707 بود.

کلمات کلیدی: تغییرنما، ظرفیت زراعی، نرم‌افزار GS^+، نقطه پژمردگی دائم گیاه

مقدمه

میزان رطوبت موجود در ظرفیت زراعی (FC) و نقطه پژمردگی دائم گیاه (PWP) از جمله نقاط بسیار مهم در منحنی مشخصه رطوبتی هستند. FC و PWP از پرکاربردترین ویژگی‌ها برای برنامه‌ریزی و طراحی روش‌های مختلف آبیاری، برآورد آب قابل‌دسترس گیاه و تعیین عمق آبیاری برای زراعت و مدیریت زراعی به شمار می‌آیند (Nielsen et al., 2009). از سوی دیگر این دونقطه از منحنی رطوبتی متغیرهای ورودی مهمی در طیف گسترده‌ای از مدل‌های زراعی- هیدرولوژیکی هستند؛ بنابراین آگاهی از میزان دقیق این متغیرها و در واقع چگونگی توزیع مکانی آنها در خاک‌های زراعی مناطق مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است. معمول‌ترین روش تعیین این ویژگی‌ها، روش مستقیم اندازه‌گیری آن‌ها در آزمایشگاه است که عمدتاً توسط دستگاه صفحات فشاری صورت می‌پذیرد. استفاده از این روش بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر است؛ ضمن این‌که، به علت تغییرپذیری مکانی و زمانی زیاد این ویژگی‌ها، تعداد نمونه‌های زیادی برای توصیف دقیق آن‌ها در شرایط مزرعه نیاز است (Asgarzadeh et al., 2014).

از سوی دیگر مدیریت مزرعه بر اساس مجموعه‌ای از نقاط گسسته نمونه‌برداری، امکان‌پذیر نبوده و بایستی این داده‌ها در قالبی پیوسته از اطلاعات تبدیل گردند. بدین منظور، استفاده از ابزارهای تجزیه‌وتحلیل و پردازش ریاضی و آماری که توانایی به‌کارگیری هم‌زمان اطلاعات کمی و عددی متغیر موردنظر و اطلاعات مربوط به موقعیت نسبی جغرافیایی داده‌ها را دارند، ضروری است (Yang et al., 2016). در این راستا، زمین‌آمار امکان مطالعه و بررسی تغییرات و تنوع مکانی ویژگی‌های مختلف موجود در زیرساخت‌های کشاورزی را فراهم می‌کند. پژوهش‌های مختلفی در خصوص روش‌های مختلف زمین‌آماری در برآورد توزیع مکانی ویژگی‌های مختلف خاک انجام شده است. برخی از این پژوهش‌ها ارجحیت روش کوکریجینگ نسبت به کریجینگ را نشان می‌دهد درحالی‌که برخی دیگر نتایجی متفاوت را به دنبال داشته است.

هدف از انجام این پژوهش مقایسه روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ در درون‌یابی و برآورد توزیع مکانی مقادیر FC و PWP به‌عنوان دونقطه مهم از منحنی مشخصه رطوبتی خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از داده‌های مربوط به ویژگی‌های مختلف فیزیکی و هیدرولیکی اندازه‌گیری شده در 101 نقطه از زمین‌های زراعی استان اصفهان استفاده شد. در این مطالعه برای بررسی و تشریح ارتباط و ساختار فضایی از تجزیه و تحلیل تغییرنما یا واریوگرام از نرم‌افزار GS+ نسخه 9 استفاده شد. از آنجایی‌که برای محاسبه نیم تغییرنما، لازم است متغیرها از توزیع فراوانی معمولی برخوردار باشند، آزمون کولموگراف- اسمیرونوف برای تعیین معمولی بودن توزیع متغیرها مورداستفاده قرار گرفت. متغیرهای تغییرنما شامل اثر قطعه‌ای (Nugget effect)، دامنه تأثیر (Range of influence) و آستانه (Sill) می‌باشند. برای تعیین وابستگی مکانی ویژگی‌های خاک از طریق نسبت اثر قطعه‌ای به حد آستانه بعلاه اثر قطعه‌ای استفاده شد؛ چنانچه این نسبت کمتراز 25 درصد باشد نشان دهنده وابستگی مکانی قوی است و اگر این نسبت بین 25 و 75 درصد قرار گیرد بیان‌گر وابستگی مکانی متوسط و چنانچه این نسبت بزرگتر از 75 درصد گردد نشان دهنده وابستگی مکانی ضعیف خواهد بود (Bogunovic et al., 2017). سپس درون‌یابی با استفاده از دو روش زمین‌آماری کریجینگ و کوکریجینگ انجام شد. در این تحقیق از معیارهای آماری ریشه مربعات خطا (RMSE) میانگین قدر مطلق خطا (MAE) و میانگین انحراف خطا MBE برای ارزیابی دقت روش‌ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به انتخاب بهترین تابع نیم‌تغییرنما برای برازش بر روی داده‌ها، در جدول 1 ارائه شده است. همان‌طور که مشخص است در تمام موارد مدل کروی بیشترین انطباق را با نیم‌تغییرنماهای تجربی محاسبه شده داشته است (جدول 1). همچنین تمامی متغیرها از ساختار مکانی قوی برخوردار بودند. پیری صحراگرد و زارع چاهوکی (2015) باهدف بررسی تغییرپذیری مکانی خصوصیات خاک در شهرستان خاش به این نتیجه رسیدند که خصوصیات مرتبط با خاک (درصد شن، رس و سیلت) دارای ساختار مکانی قوی هستند.

جدول 1- اجزای مربوط به عوامل تغییرنما، معیارهای انتخاب مدل و کنترل اعتبار کریجینگ برای متغیرهای خاک

متغیر	مدل واریوگرام	اثر قطعه‌ای	آستانه	دامنه تأثیر (متر)	وابستگی مکانی	کلاس وابستگی مکانی	R^2	RSS
PWP	کروی	6/9	54/8	35300	12/59	قوی	0/94	67/2
FC	کروی	12	94/93	40400	12/64	قوی	0/92	316/0
وزن مخصوص ظاهری	کروی	0/008	0/21	33700	3/8	قوی	0/83	0/003
رس	کروی	42/3	277	64700	15/27	قوی	0/95	1775
سیلت	کروی	37	430	60000	8/6	قوی	0/74	1993
شن	کروی	67	1570	71100	4/26	قوی	0/92	6551

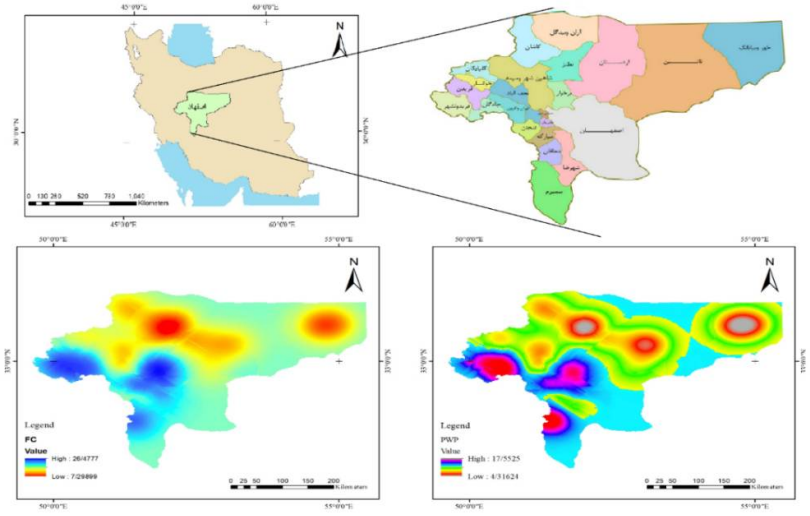
بر اساس منابع مختلف، وابستگی مکانی قوی ممکن است به‌وسیله تغییرات ذاتی خاک و وابستگی مکانی ضعیف‌تر به‌وسیله تغییرات غیرذاتی خاک (مدیریتی) کنترل شود. ازآنجاکه بافت خاک جزو ویژگی‌های ذاتی خاک به شمار می‌رود کمتر تحت‌تأثیر نوع مدیریت زراعی قرار می‌گیرد.

از بین ویژگی‌های موردمطالعه تحقیق، وزن مخصوص ظاهری، PWP و FC دامنه تأثیر کمتری نسبت به بافت خاک داشتند. بر اساس منابع کم‌بودن دامنه تأثیر را می‌توان به عوامل مدیریتی (تغییر کاربری، مدیریت آبیاری، شخم، کوددهی و...) ارتباط داد؛ بنابراین به نظر می‌رسد مدیریت زراعی مانند مصرف کودهای آلی، شخم و روش‌های کشت و کار با تأثیر بر روی میزان و ساختار خلل‌وفرج خاک، بر روی عوامل نگهداشت آب در خاک و نیز وزن مخصوص ظاهری آن تأثیرگذار بوده است؛ درحالی‌که بافت خاک جزو ویژگی‌های ذاتی خاک بوده و کمتر دستخوش تغییرات ناشی از مدیریت قرار می‌گیرد. در جدول 2 نتایج مربوط به درون‌یابی نقاط FC و PWP با استفاده از دو روش کریجینگ و کوکریجینگ ارائه شده است.

جدول 2- نتایج ارزیابی متقابل تخمین خصوصیات موردمطالعه توسط روش‌های میانیابی استفاده شده

روش درون‌یابی	PWP				FC				
	MBE	RMSE	R2	مجموع رتبه‌ها	رتبه نهایی	MBE	RMSE	R^2	مجموع رتبه‌ها	رتبه نهایی
کریجینگ	(3)0/138	(1)2/650	(1)0/661	**5**	**1**	(3)0/192	(1)3/601	(1)0/675	**5**	**1**
کوکریجینگ (متغیر کمکی: رس)	(1)0/029	(3)2/962	(2)0/616	**6**	**2**	(1)-0/009	(2)3/719	(3)0/667	**6**	**2**
کوکریجینگ (متغیر کمکی: سیلت)	(2)0/068	(2)2/902	(3)0/604	**7**	**3**	(2)0/025	(2)3/719	(2)0/670	**6**	**2**

همان‌طور که مشخص است روش کریجینگ از دقت بالاتری در برآورد نقاط FC و PWP نسبت به روش کوکریجینگ برخوردار بوده است (جدول2). در همین راستا شکل 1 نقشه پراکنش و در اصل پهنه‌بندی ویژگی‌های FC و PWP را بر اساس روش درون‌یابی کریجینگ با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS، نشان می‌دهد.



شکل 1- نقشه پهنه‌بندی FC و PWP بر اساس روش درون‌یابی کریجینگ در منطقه موردمطالعه

باتوجه‌به شکل 1 بالاترین مقادیر FC و PWP در قسمت غرب و جنوب غرب استان و کمترین مقادیر این متغیرها در قسمت شمال و به ویژه شمال شرق استان مشاهده می‌شود. دلیل این امر بالاتر بودن درصد رس در خاک در قسمت‌های غرب و جنوب استان است. ضمن این‌که وجود شرایط اقلیمی مناسب‌تر و بارش بیشتر در جنوب و به‌ویژه جنوب غرب استان شرایط مساعدتری را برای کشت و زرع فراهم آورده و وسعت بسیار بیشتری از زمین‌ها در مقایسه با شمال و به‌خصوص شمال شرق استان تحت کشت هستند و همین امر باعث بالاتر بودن مقادیر مواد آلی در خاک شده است.

نتیجه‌گیری

کریجینگ و کوکریجینگ از جمله روش‌های نسبتاً متداول زمین‌آماری برای تعیین توزیع مکانی متغیرهای مختلف در خاک هستند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده شامل درصد ذرات تشکیل‌دهنده بافت خاک، چگالی ظاهری خاک و همچنین مقادیر FC و PWP از همبستگی مکانی قوی در سطح منطقه برخوردار بودند. بهترین مدل ساختار مکانی برای همه ویژگی‌های موردمطالعه، مدل کروی بوده است. همچنین چگالی ظاهری خاک کمترین شعاع تأثیر (33/7 کیلومتر) و درصد شن بیشترین شعاع تأثیر (حدود 71 کیلومتر) را داشتند. دامنه تأثیر بالای این متغیر نشان‌دهنده پایداری بیشتر ویژگی بافت خاک در مقایسه با چگالی ظاهری خاک است. بر اساس نتایج، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ در برآورد و درون‌یابی ویژگی‌های موردمطالعه مشاهده نشد و روش کریجینگ با اختلاف بسیار کمی بهتر از روش کوکریجینگ بود. چگونگی پراکنش ویژگی‌های موردمطالعه و نقشه‌های پهنه‌بندی نشان داد که وضعیت نگهداشت رطوبت در خاک در نقاط FC و PWP در قسمت‌های جنوبی و غربی استان بهتر بوده و هر چه به سمت شمال و به‌ویژه شمال شرق می‌رویم، کاهش پیدا می‌کند. این امر علاوه بر عوامل ذاتی خاک مانند درصد رس بالاتر شامل عوامل مدیریتی از قبیل درصد بالاتر مواد آلی و حاصلخیزی بیشتر خاک و در نتیجه کشت و کار بیشتر در این مناطق بوده است.

منابع

Asgarzadeh, H., Mosaddeghi, M.R., Dexter, A.R., Mahboubi, A.A.and Neyshabouri, M.R. 2014. Determination of soil available water for plants: consistency between laboratory and field measurements. Geoderma, (226–227), 8–20.

Bogunovic, I., Paulo Pereira, P. and Brevik, C. 2017. Spatial distribution of soil chemical properties in an organic farm in Croatia. Science of the Total Environment, 584–58, 535-545.

Nielsen, D.R. and Wendroth, O. 2009. Spatial and Temporal Statistics: Sampling Field Soils and Their Vegetation. Catena Verlag, Reiskirchen. Geoscience Publisher, Germany.

Piri sahragard, H. and Zare Chahouki, M.A. 2015. An evaluation of predictive habitat models performance of plant species in Hoze soltan rangelands of Qom province. Ecological Modelling, (309,310), 64-71.

Yang, H., Zhang, F., Chen, Y., Xu, T., Cheng, Z. and Liang, J. 2016. Assessment of reclamation treatments of abandoned farmland in an arid region of China. Sustainability, 8, 1183.

برآورد رطوبت خاک با استفاده از مدل‌های ANN و ANFIS

جواد سیدمحمدی [1]، میرناصر نویدی [2]، مهناز اسکندری [3]

[1] استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، j.mohammadi@areeo.ac.ir

[2] دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

ویژگی‌های محتوای آب خاک شامل ظرفیت مزرعه (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) شاخص‌های کلیدی خاک برای مطالعه نفوذپذیری، ظرفیت نگهداری آب خاک، زهکشی، آبیاری، تنش آبی گیاه و حرکت املاح هستند. استفاده از مدل مناسب برای پیش‌بینی این ویژگی‌ها به دلیل سختی اندازه‌گیری آنها ضروری است. تحقیق حاضر مقایسه مدل‌های هوشمند شامل ANN و ANFIS را نشان می‌دهد که برای پیش‌بینی محتوای آب خاک در پتانسیل‌های ماتریکی 33- و 1500- کیلوپاسکال در خاک‌های کشاورزی به کار گرفته شده‌اند. متغیرهای پیش‌بینی‌کننده شامل قطر متوسط هندسی (dg) ذرات خاک، چگالی ظاهری، کربن آلی، NDVI و NSMI بودند. باتوجه‌به مقادیر R2 و NRMSE نتایج نشان داد که هر دو مدل دارای قابلیت برآورد قابل‌قبولی هستند و مدل ANFIS نسبت به مدل ANN دقیق‌تر عمل کرده است؛ بنابراین، این ماشین‌های هوشمند برای پیش‌بینی دقیق ارجحیت دارند و می‌توانند برای پیش‌بینی مقدار آب خاک در خاک‌هایی با بافت‌های مختلف مورداستفاده قرار گیرند.

کلمات کلیدی: رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت نقطه پژمردگی دائم، ANN، ANFIS

مقدمه

خاک و آب مهم‌ترین منابعی هستند که برای مدیریت پایدار زیرساخت‌های کشاورزی باید به‌دقت موردبررسی قرار گیرند. از خواص هیدرولیکی خاک می‌توان برای توصیف تعامل بین خاک و آب استفاده کرد. خواص هیدرولیکی خاک از جمله مقدار رطوبت خاک به‌عنوان تابعی از مکش ماتریکس در انتقال خاک و املاح آب، زهکشی، تبخیر و تعرق، جذب آب توسط گیاهان، جابه‌جایی آلاینده‌های آب، زیرساخت‌های زراعی، مدیریت خاک‌ورزی و برنامه‌ریزی آبیاری کاربردی در بهینه‌سازی استفاده از منابع در زیرساخت‌های کشاورزی مؤثر است (Haghverdi et al., 2018). تعادل آب خاک برای بسیاری از فرایندهایی که بر رشد گیاهان و تخریب منابع آب‌وخاک تأثیر می‌گذارد ضروری است. مقدار آب خاک در دسترس گیاه مهم‌ترین عامل خاکی است که عملکرد محصول را کنترل می‌کند. پیش‌بینی مقدار آب خاک و همچنین در دسترس قراردادن آن برای رفع نیاز آبی محصولات به کشاورزان این امکان را می‌دهد که آگاهانه تصمیم بگیرند و سودآوری را به حداکثر برسانند (Castellini and Iovino, 2019). از سوی دیگر، اندازه‌گیری و تعیین آب خاک با روش‌های مستقیم اغلب پرهزینه و زمان بر بوده و نیاز به تجهیزات خاصی دارد؛ بنابراین، محققان اغلب به دنبال راه‌حل جایگزین بادقت قابل‌قبولی هستند که امکان تخمین آن را از روی خواص خاک به‌راحتی قابل‌اندازه‌گیری، فراهم کند (Botula, et al., 2013).

الگوهای یادگیری ماشین می‌توانند برای پیش‌بینی برخی از ویژگی‌های خاک مانند خواص هیدرولیکی با استفاده از ویژگی‌های به‌راحتی قابل‌اندازه‌گیری استفاده شوند. مطالعات نشان می‌دهد که مدل‌های هوشمند دقیق‌تر از رگرسیون هستند (Ghanbarian-Alavijeh and Millán, 2009; Pineda et al., 2018; Saadat and Bayat, 2022). مدل‌های هوشمند مانند

شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و روش استنتاج فازی عصبی تطبیقی (ANFIS) ایدئال هستند. ANN یک روش داده‌کاوی و مدل‌سازی غیرپارامتری هوشمند است که پیش‌بینی‌های دقیق‌تری نسبت به رگرسیون ارائه می‌دهد و تحت‌تأثیر مقادیر گمشده و پرت قرار نمی‌گیرد. مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (Saadat et al., 2018)، رطوبت خاک (Frate et al., 2003)، FC و PWP (Ghorbani et al., 2017) و منحنی حفظ آب خاک (Haghverdi et al., 2018) استفاده شده است. شکل دیگر رویکرد ناپارامتریک و هوشمند ANFIS است که مدلی مبتنی بر اصول شبکه‌های عصبی مصنوعی و منطق فازی و یکی از مدل‌هایی است که برای پیش‌بینی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده می‌شود و اگر رابطه بین داده‌های ورودی و خروجی مشخص نشده باشد، مفیدتر خواهد بود (Saadat et al., 2018). هدف کلی این مطالعه به‌کارگیری مدل مناسب برای پیش‌بینی رطوبت خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مناطق موردمطالعه در شمال غربی ایران واقع شده‌اند. آب‌وهوای مناطق نیمه‌مرطوب تا خشک است و میانگین بارش سالانه 190 تا 993 میلی‌متر و دمای سالانه آن 12 تا 23/4 درجه سانتی‌گراد است. نمونه‌های خاک به تعداد 250 نمونه سطحی از عمق 0 تا 30 سانتی‌متری (به دو روش دست خورده و دست نخورده) برداشته شد. پس از تجزیه نمونه‌های خاک، مقادیر ویژگی‌های شن، سیلت، رس، کربن‌آلی، وزن مخصوص ظاهری، رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه دائم پژمردگی مشخص شدند. قطر متوسط هندسی نیز محاسبه گردید. مقادیر شاخص‌های NDVI و NSMI با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای تعیین شدند. 75 درصد داده‌ها برای آموزش مدل‌ها و 25 درصد برای صحت‌سنجی استفاده گردید.

شبکه‌های عصبی مصنوعی فناوری‌های قدرتمندی برای مدل‌سازی روابط پیچیده متغیرهای «پیش‌بینی‌کننده و پیش‌بینی شده» هستند. این مدل‌های هوشمند انواع مختلفی دارند که نوع شبکه انتشار به عقب (FFBP) بیشترین کاربرد را برای ترسیم روابط ورودی-خروجی دارد. این مدل از نورون‌های ورودی، پنهان و خروجی تشکیل شده است که روش‌های مختلف برای تعیین تعداد نورون‌ها در لایه پنهان ارائه می‌کنند. با تعیین تعداد نورون‌های پنهان به‌صورت تجربی یا بر اساس مجموعه‌داده‌های عملکرد صحت سنجی و اعتبارسنجی، آنها اطلاعات مفیدی را از ورودی استخراج کرده و از آن برای پیش‌بینی خروجی استفاده می‌کنند (Khanal et al., 2018). الگوی MLP توسعه‌یافته در این تحقیق یک مدل FFBP با ساختار 5-hn-1 است که در آن hn تعداد نورون‌های پنهان را نشان می‌دهد که 12 و 13 برای FC و PWP است. در مدل ANFIS، قواعد و اصول فازی با شبکه‌های عصبی ترکیب می‌شوند تا سیستم را با استفاده از داده‌های تجربی مناسب آموزش دهند و توابع عضویت مناسب را برای پیش‌بینی و کنترل فرایند به دست آورند (بصالت پور و همکاران 2013). برای پیش‌بینی محتوای آب خاک، از روش استنتاج تاکاگی سوگنو کانگ (Takagi and Sugeno, 1985) (TSK)، یکی از قوی‌ترین سیستم‌ها استفاده شد. متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در هر دو مدل شامل کربن آلی، وزن مخصوص ظاهری، قطر متوسط هندسی و شاخص‌های NDVI و NSMI بودند. برای ارزیابی مدل‌ها از معیارهای زیر استفاده شد:

$$NRMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(SWC_m - SWC_p\right)^2} \Big/ \overline{SWC}_m \quad (1)$$

$$R^2 = 1 - \left[\left(\sum_{i=1}^{n}\left(SWC_m - SWC_p\right)^2\right) \Big/ \left(\sum_{i=1}^{n}\left(SWC_m - \overline{SWC}_m\right)^2\right)\right] \quad (2)$$

نتایج و بحث

مجموعه‌داده انتخاب شده طیف وسیعی از توزیع اندازه ذرات خاک را نشان داد. رس، سیلت و شن خاک به ترتیب بین 3-48٪، 2-75٪ و 4-90٪ متغیر بود. مقدار کربن آلی بین 0/03 تا 3/66 درصد با میانگین 0/78 درصد متغیر بود. ضریب تغییرات (CV) شن و

محتوای کربن آلی خاک تغییر بیشتری را نسبت به سایر خواص خاک نشان داد. محتوای OC خاک، همانطور که توسط ضریب تغییرات منعکس شده است، بیشترین تغییرات را در مقایسه با توزیع اندازه ذرات خاک، BD، FC و PWP نشان داد. کمترین CV مربوط به BD خاک بود.

ضرایب همبستگی پیرسون بین FC و PWP با مقدار رس مثبت و معنادار بود، درحالی‌که مقدار شن همبستگی منفی داشت. این نشان می‌دهد که محتوای آب خاک بیشتر توسط ذرات ریزتر کنترل می‌شود. علاوه بر این، رابطه مثبت بین BD و شن و همبستگی منفی با سیلت و رس مشاهده شد (جدول 1). این نشان می‌دهد که چگونه نسبت نسبی ذرات شن، سیلت و رس بر BD خاک تأثیر می‌گذارد. Ghorbani و همکاران (2017) روند مشابهی را مشاهده کردند و بر نقش جداسازی خاک در خصوصیات نگهداری آب و تغییرپذیری در BD تاکید کردند.

Honarbakhsh و همکاران (2017) متغیرهای پیش‌بینی کننده را برای پیش‌بینی FC و PWP باتوجه‌به بالاترین همبستگی بین متغیرهای پیش‌بینی کننده و پیش‌بینی شده انتخاب کردند. یافته‌های ما با یافته‌های Mohanty و همکاران (2014) مطابقت داشت. که یک همبستگی قوی بین FC و PWP با رس، شن و BD پیدا کردند. هم‌چنین مقادیر گزارش شده توسط Mohanty و همکاران (2014) نشان داد که FC و PWP با مقدار شن و BD همبستگی منفی دارند که با یافته‌های ما مطابقت دارد.

جدول 1- ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های مورداستفاده

	رس	سیلت	شن	dg	OC	BD	NDVI	NSMI	FC	PWP
رس	1									
سیلت	0/43**	1								
شن	-0/81**	-0/88**	1							
dg	-0/65**	0/66**	0/59**	1						
OC	0/25**	0/26**	-0/14*	-0/25**	1					
BD	-0/66**	-0/49**	0/67**	0/28**	-0/04	1				
NDVI	0/32**	0/26**	-0/16*	-0/19**	0/39**	-0/29**	1			
NSMI	0/42**	0/34**	-0/14*	-0/16*	0/33**	-0/29**	0/55**	1		
FC	0/69**	0/27**	-0/54**	-0/78**	0/38**	-0/51**	0/69**	0/82**	1	
PWP	0/62**	0/26**	-0/50**	-0/72**	0/35**	-0/57**	0/67**	0/79**	0/89**	1

مدل ANN از متغیرهای dg، BD، OC، NDVI و NSMI به‌عنوان متغیرهای پیش‌بینی‌کننده استفاده کرد. برای یافتن تعداد بهینه نورون‌های پنهان، NRMSE شبکه‌ها با پیش‌بینی‌کننده‌ها، در مقابل تعداد نورون‌ها رسم شدند. از بین نورون‌های پنهان تعداد 12 و 13 به ترتیب کمترین NRMSE برای FC و PWP بوده، بنابراین انتخاب شدند. الگوی آموزش شبکه عصبی FFBP یک پلات فرم یادگیری تحت نظارت است و در چندین مسئله پیش‌بینی به کار گرفته شده است (Ghorbani et al., 2017; Saadat et al., 2018)؛ بنابراین، ما از یک شبکه FFBP حاوی 12 و 13 نورون پنهان برای FC و PWP به ترتیب با تابع انتقال سیگموئید مماس، تابع آموزش منظم‌سازی بیزی و تابع یادگیری سازگاری گرادیان نزولی برای تحلیل بیشتر استفاده کردیم که نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر با پژوهش‌های Ghorbani و همکاران (2015) و Khoshroo و همکاران (2018) نیز مطابقت داشت.

مدل ANFIS از همان داده‌های نرمال شده برای مدل ANN برای پیش‌بینی FC و PWP استفاده کرد. در مدل ANFIS، از خوشه‌بندی فازی تفریقی استفاده شد. سپس تابع عضویت گاوسی، اعداد مربوط به تابع گاوسی برای پیش‌بینی‌کننده‌ها و تابع عضویت

خطی برای متغیر پیش‌بینی شده انتخاب شدند و در نتیجه یک سیستم استنتاج فازی (FIS) ایجاد شد. برای آموزش FIS از الگوی انتشار برگشتی استفاده شد. به‌این‌ترتیب، Epoch=100 بیشترین کارایی را با کمترین خطا داشت. پس از آموزش FIS، اعتبارسنجی مدل با استفاده از داده‌های آزمون انجام شد.

ارزیابی مدل‌ها طبق معیارهای R^2 و NRMSE مشخص کرد که هر دو مدل دارای دقت قابل‌قبولی بوده و مدل‌های کارآمد و توانمندی برای پیش‌بینی رطوبت خاک هستند؛ بنابراین همان‌طور که نتایج ما نشان می‌دهد، این مدل‌ها می‌توانند برای پیش‌بینی ویژگی‌های محتوای آب خاک یعنی FC و PWP در مناطق مختلف با خاک‌های مختلف استفاده شوند.

جدول 2- مقادیر معیارهای ارزیابی مدل‌ها بر اساس داده‌های آموزش و آزمون

مدل	FC				PWP			
	آموزش		آزمون		آموزش		آزمون	
	R^2	NRMSE	R^2	NRMSE	R^2	NRMSE	R^2	NRMSE
ANN	0/81	0/125	0/78	0/129	0/82	0/123	0/79	0/131
ANFIS	0/83	0/121	0/8	0/127	0/87	0/119	0/81	/130

نتیجه‌گیری

رطوبت خاک شاخص مهمی برای کیفیت خاک بوده که می‌تواند تحت‌تأثیر کاربری و مدیریت زمین قرار گیرد و خصوصیتی است که اندازه‌گیری آن نسبتاً گران و زمان‌بر است، بنابراین برآورد آن با استفاده از داده‌های زودیافت و مدل‌های هوشمند، می‌تواند مؤثر باشد. باتوجه‌به این موضوع، در این تحقیق، از دو مدل ANN و ANFIS با استفاده از ویژگی‌های شامل شن، سیلت، رس، کربن آلی، چگالی ظاهری، dg و شاخص‌های سنجش‌ازدور شامل NDVI و NSMI برای برآورد رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی دائم خاک استفاده شد. مدل ANN با الگوی انتشار به عقب و ANFIS مبتنی بر خوشه‌بندی تفریقی فازی با الگوی بهینه‌سازی پس انتشار توسعه داده شدند و با برآورد قابل‌قبول رطوبت خاک در منطقه موردمطالعه نشان دادند که توانایی لازم برای پیش‌بینی مقدار رطوبت خاک در سایر نقاط کشور را دارا هستند.

منابع

Botula, Y., Nemes, A., Mafuka, P., Van Ranst, E. and Cornelis, W.M. 2013. Prediction of water retention of soils from the humid tropics by the nonparametric k-nearest neighbor approach. Vadose Zone Journal, 12:1-17.

Castellini, M. and Iovino, M. 2019. Pedotransfer functions for estimating soil water retention curve of Sicilian soils, Archives of Agronomy and Soil Science, 65(10):1401-1416.

Ghanbarian-Alavijeh, B. and Millán, H. 2009. The relationship between surface fractal dimension and soil water content at permanent wilting point. Geoderma, 151:224-232.

Ghorbani, H., Kashi, H., Hafezi Moghadas, N. and Emamgholizadeh, S. 2015. Estimation of soil cation exchange capacity using multiple regression, artificial neural networks, and adaptive neuro-fuzzy inference system models in Golestan Province, Iran. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 46:763-780.

Ghorbani, M.A., Shamshirband, Sh., Zare Haghi, D., Azani, A., Bonakdari, H. and Ebtehaj, I. 2017. Application of firefly algorithm-based support vector machines for prediction of field capacity and permanent wilting point. Soil & Tillage Research, 172:32-38.

Haghverdi, A., Öztürk, H.S. and Durner, W. 2018. Measurement and estimation of the soil water retention curve using evaporation method and pseudo continuous pedotransfer function. Journal of Hydrology, 563:251-259.

Honarbakhsh, A., Tahmoures, M., Ostovari, Y. and Noroozi, S. 2017. Developing pedotransfer functions for predicting FC and PWP. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 48(21):2485-2495.

Khanal, S., Fulton, J., Klopfenstein, A., Douridas, N. and Shearer, S. 2018. Integration of high resolution remotely sensed data and machine learning techniques for spatial prediction of soil properties and corn yield. Computers and Electronics in Agriculture, 153:213-225.

Khoshroo, A., Emrouznejad, A., Ghaffarizadeh, A., Kasraei, M. and Omid, M. 2018. Sensitivity analysis of energy inputs in crop production using artificial neural networks. Journal of Cleaner Production, 197:992-998.

Mohanty, M., Sinha, N.K., Painuli, D.K., Bandyopadhyay, K.K., Hati, K.M., Sammi Reddy, K. and Chaudhary, R.S. 2014. Pedotransfer functions for estimating water content at field capacity and wilting point of Indian soils using particle size distribution and bulk density. Journal of Agricultural Physics, 14(1):1-9.

Pineda, M.C., Viloria, J., Martínez-Casasnovas, J.A., Valera, A., Lobo, D., Timm, L.C., Pires, L.F. and Gabriels, D. 2018. Predicting soil water content at -33 kPa by pedotransfer functions in stoniness soils in northeast Venezuela. Environmental Monitoring and Assessment, 190:161.

Saadat, M. and Bayat, M. 2022. Prediction of the unconfined compressive strength of stabilised soil by Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) and Non-Linear Regression (NLR). Geomechanics and Geoengineering, 17(1):80-91.

Saadat, S., Seyedmohammadi, J. and Esmaeelnejad, L. 2018. Selection of a suitable soft computing model for estimation of soil cation exchange capacity. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 49(21):2664-2679.

Takagi, T. and Sugeno, M. 1985. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 15:116-132.

برآورد ضریب گیاهی گل محمدی با استفاده از سنجش‌ازدور

علی مرشدی [1]

[1] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال‌وبختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، a.morshedi@areeo.ac.ir

چکیده

این مطالعه باهدف برآورد تبخیر تعرق واقعی و نیاز آبی گیاه گل محمدی با استفاده از الگوریتم سبال در یک مزرعه 16/38 هکتاری در دشت شهرکرد در طول 3 سال زراعی (از آغاز سال زراعی 1396 تا پایان سال زراعی 1399) اجرا شد. در این پروژه به‌منظور برآورد مقدار تبخیر تعرق واقعی و نیاز آبی گل محمدی از تصاویر سنجنده‌های لندست 7 و لندست 8 در قالب الگوریتم توازن انرژی برای سطح (سبال SEBAL) در طول دوره رشد استفاده شد. برای جلوگیری از بروز خطا، برنامه آبیاری مزرعهٔ گل محمدی به‌گونه‌ای تنظیم شد که قبل از گذر سنجنده دارای شرایط رطوبتی مشابه یا نزدیک به شرایط استاندارد (شرایط پتانسیل، بدون تنش رطوبتی و به طور مطلوب آبیاری شده باشد) و الگوریتم سبال، تبخیر تعرق واقعی را به طور صحیح برآورد کند. مقدار تبخیر تعرق واقعی به‌دست‌آمده از الگوریتم سبال (ET_C) در طول دوره رشد، در هر سال پژوهش برابر با 1089/4، 1021/3 و 1020/6 میلی‌متر و به طور متوسط 1043/8 میلی‌متر به دست آمد. بر اساس نتایج پژوهش مشاهده شد که مقدار ضریب گیاهی گل محمدی از 0/70 تا 1/02 به دست آمد. این نتیجه حاکی از آن است که روش سنجش‌ازدور و یا به تعبیر بهتر الگوریتم سبال توانائی خوبی در مطالعات برآورد نیاز آبی، تبخیر تعرق و ضریب گیاهی دارد.

کلمات کلیدی: گل محمدی، ضریب گیاهی، الگوریتم سبال

مقدمه

سطح زیر کشت گل محمدی در کل کشور بالغ بر 26000 هکتار است که مناطق عمده کشت آن در استان‌های فارس، کرمان، اصفهان و آذربایجان شرقی می‌باشد (احمدی و همکاران، 1398) و در متون علمی، ایران به‌عنوان خاستگاه گل محمدی گزارش شده است (Chevallier, 1996). یکی از مهم‌ترین عوامل برای برنامه‌ریزی آبیاری، ضریب گیاهی بوده و تحت‌تأثیر شرایط محلی صورت گیرد. در همین راستا، باتوجه‌به هزینه‌های بالای ساخت لایسیمتر و باتوجه‌به تغییرات مکانی که عامل ضریب گیاهی دارد، استفاده از فناوری‌های نوین مانند سنجش‌ازدور بیش‌ازپیش، موردتوجه قرار گرفته است (Bausch, 1995; Kamble et al., 2013; Mebrie et al., 2023; Pôças et al., 2015).

تبخیر تعرق گیاه (ETcrop) تحت‌تأثیر شرایط آب‌وهوایی و مراحل رشد گیاه بوده و نشان‌دهنده میزان آب موردنیاز یک گیاه سالم در یک مزرعه بدون محدودیت آب است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$E \qquad (1)$$

که در آن Kci ضریب گیاه و EToi میزان تبخیر تعرق مرجع در مرحله رشد i می‌باشند. برای تعیین ضریب گیاهی بر اساس روش پیشنهادی FAO برای دوره رویش گیاه، منحنی تغییرات ضریب گیاهی رسم می‌شود تا در هر مرحله از رشد ضریبی متناسب با همان

مرحله اعمال شود. در این روش فرض شده است که ضریب گیاهی از ابتدای رویش گیاه تا مرحله برداشت آن متغیر است. هر چند این تغییرات خطی نیست؛ ولی کل دوره رویش به 4 بخش تقسیم شده است که در هر قسمت تغییرات ضریب گیاهی به‌صورت یک خط مشخص می‌شود.

در دهه‌های اخیر مطالعات زیادی در زمینه برآورد تبخیر تعرق واقعی و ضریب گیاهی با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور صورت‌گرفته است. روش‌های مختلفی مانند SEBS و SEBAL با استفاده از تصاویر سنجش‌ازدور توسعه یافته است (Bastiaanssen et al., 1998; Su, 2002). الگوریتم بیلان انرژی سطح زمین (SEBAL) از جمله فنونی است که بر پایه بیلان انرژی بنا شده است و برای مناطقی که دارای کمبود داده هستند می‌تواند بسیار کاربردی باشد. این الگوریتم داده‌های سنجش‌ازدور را به همراه اطلاعات هواشناسی برداشت شده از منطقه مطالعاتی ترکیب کرده و در نهایت با استفاده از یک سری روابط تجربی و فیزیکی، معادله بیلان انرژی را محاسبه و با استفاده از آن نیاز آبی و در نهایت ضریب گیاهی را برآورد می‌کند.

پژوهش‌های اندکی در خصوص برآورد یا تعیین میزان تبخیر تعرق گل محمدی در ایران انجام شده است. در پژوهش شریفی عاشور آبادی و همکاران (1393) میزان تبخیر تعرق گل محمدی در طول دورهٔ گلدهی (اول فروردین تا اول خرداد)، برابر با 111/5 میلی‌متر در منطقهٔ جنوب کرج به دست آمد. در همین مطالعه، میزان تبخیر تعرق گیاه مرجع تا انتهای دورهٔ رشد با استفاده از لایسیمتر به میزان 1247 میلی‌متر و میزان تبخیر تعرق گل محمدی با روش‌های لایسیمتری و محاسباتی معادل 1147 میلی‌متر به دست آمد. در این تحقیق، میزان ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد که حاصل تقسیم تبخیر تعرق گل محمدی به گیاه مرجع در شرایط لایسیمتری بود تعیین شد. مقادیر این ضرایب از 0/7 تا 1/37 در مراحل مختلف متغیر بود. ضرایب گیاهی گل محمدی از دهه سوم اردیبهشت که مصادف با اتمام گلدهی بود تا دهه اول تیرماه بیش از واحد بود و پس از آن کاهش نشان داد. این مطلب مبین تبخیر تعرق بیشتر گل محمدی در این دوره زمانی بود. در پژوهش دیگری، مقدار تبخیر تعرق واقعی گل محمدی (ETC) تا انتهای دوره رشد، به طور متوسط 1043/8 میلی‌متر به دست آمد (مرشدی، 1401).

هدف از پژوهش حاضر برآورد ضریب گیاهی گل محمدی با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور با استفاده از الگوریتم SEBAL در دشت شهرکرد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مزرعه گل محمدی موردمطالعه به مساحت 16/38 هکتار بین مختصات جغرافیائی از 32 درجه و 17 دقیقه و 25 ثانیه تا 32 درجه و 17 دقیقه و 29 ثانیه شمالی و 51 درجه و 1 دقیقه و 24 ثانیه تا 512 درجه و 1 دقیقه و 23 ثانیه شرقی در دشت شهرکرد واقع در حوزه آبریز کارون قرار دارد. منطقه دارای میانگین دمای سالانه 12/02 درجه سانتی‌گراد می‌باشد که میانگین آن در مناطق کوهستانی 7/2 و در دشت 13/5 درجه سانتی‌گراد گزارش شده است، هم‌چنین متوسط بارندگی سالانه در کل حوضه آبریز 400 میلی‌متر و اقلیم منطقه مطالعاتی نیمه‌مرطوب معتدل سرد است (مرشدی، 1401).

داده‌های هواشناسی مورداستفاده در این پژوهش شامل دماهای حداقل و حداکثر، دمای تر و خشک هوا در لحظه گذر، دمای نقطه شبنم، رطوبت نسبی هوا، سرعت باد، ساعات آفتابی، فشار هوا، فشار بخار هوا، مقدار تبخیر از تشتک و بارندگی که از ایستگاه هواشناسی همدید تحقیقات کشاورزی فرخ شهر تهیه شد. داده‌های سنجش‌ازدور شامل تصاویر سنجنده‌های لندست 7 و لندست 8 برای سال‌های 1397، 1398 و 1399 بود. تاریخ دوره رشد از ابتدای فروردین تا پایان آبان هر سال زراعی ادامه داشت و به ترتیب برای هر سال از 18، 13 و 11 تصویر بدون ابر (در کل 42 تصویر) استفاده شد. این تصاویر در نرم‌افزار ERDAS Imagine 2022 برای اصلاح رادیومتریک و محاسبات بعدی، پردازش شدند.

معادله موازنه انرژی

به‌منظور برآورد تبخیر تعرق واقعی با درنظرگیری جریان‌های انرژی از معادله موازنه انرژی استفاده می‌شود. معادله 2 توازن انرژی سطح تبخیر را نشان می‌دهد:

$$\lambda \qquad (2)$$

در این معادله Rn شار تابش ورودی خالص به سطح موردنظر، H شار گرمای محسوس، G0 شار گرمای خاک و λETinst شار گرمای نهان تبخیر (W/m2) هستند. در معادله 2 تنها شار قائم در نظر گرفته و از جریان افقی انرژی صرف‌نظر شده است (Waters et al., 2002). مراحل الگوریتم سبال در (Bastiaanssen et al., 2005) آمده است.

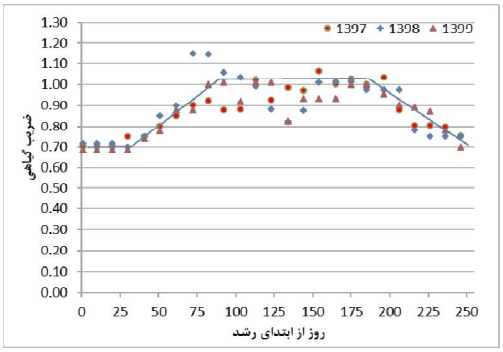
نتایج و بحث

بر اساس نتایج سه‌ساله با استفاده از الگوریتم سبال و تعداد 42 تصویر در روزهای گذر سنجنده‌های لندست 7 و لندست 8 مشخص شد که مقدار تبخیر تعرق گل محمدی در منطقه موردمطالعه به طور متوسط 1043/8 میلی‌متر در طول دوره رشد بود. مقدار ضریب گیاهی گل‌محمدی در جدول 1 درج شده است. مشاهده می‌شود که در مطالعه حاضر به طور مشابه با پژوهش عاشور آبادی و همکاران (1393) که از 0/70 تا 1/37 بود، برابر با 0/70 تا 1/02 به‌دست‌آمده است. این نتیجه حاکی از آن است که روش سنجش‌ازدور و یا به تعبیر بهتر الگوریتم سبال توانائی خوبی در مطالعات برآورد نیاز آبی، تبخیر تعرق و ضریب گیاهی دارد. در شکل 1 نیز منحنی تغییرات مقدار ضریب گیاهی گل محمدی از ابتدای رشد بر اساس الگوریتم سبال ارائه شده است.

جدول 1- مقدار ضریب گیاهی گل محمدی (Rosa damascena Mill.) بر اساس الگوریتم سبال

ردیف	مراحل رشد	ماه	دهه	ضریب گیاهی (Kc)
1	قبل از گلدهی	اسفند	3	0/70
2	قبل از گلدهی	فروردین	1	0/70
3	قبل از گلدهی	فروردین	2	0/71
4	قبل از گلدهی	فروردین	3	0/75
5	غنچه‌دهی	اردیبهشت	1	0/81
6	غنچه‌دهی	اردیبهشت	2	0/88
7	گلدهی	اردیبهشت	3	0/98
8	اتمام گلدهی	خرداد	1	1/02
9		خرداد	2	0/98
10		خرداد	3	0/95
11		تیر	1	1/01
12		تیر	2	0/94
13		تیر	3	0/88
14		مرداد	1	0/93
15		مرداد	2	1/00
16		مرداد	3	0/98
17		شهریور	1	1/01
18		شهریور	2	0/99
19		شهریور	3	0/99
20		مهر	1	0/92
21		مهر	2	0/83

22	مهر	3	0/81
23	آبان	1	0/78
24	آبان	2	0/74
25	آبان	3	0/70



شکل 1- منحنی تغییرات مقدار ضریب گیاهی گل محمدی از ابتدای رشد بر اساس الگوریتم سبال

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش مشاهده شد که مقدار ضریب گیاهی گل محمدی از 0/70 تا 1/02 بدست آمد و قابل مقایسه با نتایج سایر پژوهشگران در ایران بود. این نتیجه حاکی از آن است که روش سنجش‌ازدور و یا به تعبیر بهتر الگوریتم سبال توانائی خوبی در مطالعات برآورد نیاز آبی، تبخیر تعرق و ضریب گیاهی دارد. در شکل 1 نیز منحنی تغییرات مقدار ضریب گیاهی گل‌محمدی از ابتدای رشد بر اساس الگوریتم سبال ارائه شده است.

منابع

احمدی، ک؛ عبادزاده، ح،ر؛ حاتمی، ف؛ حسن‌پور، ر. و عبدشاه، ه. 1398. آمارنامه کشاورزی: محصولات باغبانی (جلد 3). مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی.

شریفی عاشورآبادی، ا.، روحی‌پور، ح.، عصاره، م.، طبایی عقدایی، س.، لباسچی، م. و نادری، ب. 1393. تعیین نیاز آبی گل محمدی (Rosa damascena Mill.) با استفاده از لایسیمتر. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، 30(6 (پیاپی 68))، 923-931.

مرشدی ع. 1401. برآورد تبخیر و تعرق واقعی و نیاز آبی گل‌محمدی (Rosa damascena Mill.) با استفاده از الگوریتم سبال. مدل سازی و مدیریت آب و خاک، 3(3): 20-36.

Bastiaanssen, W. G. M., Noordman, E. J. M., Pelgrum, H., Davids, G., Thoreson, B. P. and Allen, R. G. 2005. SEBAL Model with Remotely Sensed Data to Improve Water-Resources Management under Actual Field Conditions. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 131(1), 85-93.

Bastiaanssen, W.G.M., Pelgrum, H., Wang, J., Ma, Y., Moreno, J., Roerink, G. and van der Wal, T. 1998. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). Journal of Hydrology - J HYDROL, 212, 213-229.

Bausch, W.C. 1995. Remote sensing of crop coefficients for improving the irrigation scheduling of corn. Agricultural Water Management, 27(1), 55-68.

Chevallier, A. 1996. The encyclopedia of medicinal plants. London, UK. Dorling kindersely.

Kamble, B., Kilic, A. and Hubbard, K. 2013. Estimating Crop Coefficients Using Remote Sensing-Based Vegetation Index. Remote Sensing, 5(4), 1588-1602.

Mebrie, D. W., Assefa, T. T., Yimam, A. Y. and Belay, S. A. 2023. A remote sensing approach to estimate variable crop coefficient and evapotranspiration for improved water productivity in the Ethiopian highlands. Applied Water Science, 13(8), 168.

Pôças, I., Paço, T. A., Paredes, P., Cunha, M. and Pereira, L. S. 2015. Estimation of Actual Crop Coefficients Using Remotely Sensed Vegetation Indices and Soil Water Balance Modelled Data. Remote Sensing, 7(3), 2373-2400.

Su, Z. 2002. The Surface Energy Balance System (SEBS) for estimation of turbulent heat fluxes. Hydrol. Earth Syst. Sci., 6(1), 85-100.

Waters, R., Allen, R., Tasumi ,M., Trezza, M. and W., B. 2002. Surface Energy Balance Algorithms for Land, Advanced Training and User's Manual.

بررسی متغیرهای ارزیابی Cu، Du جهت ارزیابی روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و آبپاش متحرک مورداستفاده در شهرستان سرعین

مجید رئوف [1]، سجاد اسمعیلی [2]، آرش امیرزاده [3]

[1] استاد، گروه مهندسی آب و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، majidraoof2000@gmail.com

[2] دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی

[3] دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

به‌منظور ارزیابی روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و آبپاش متحرک، مزرعه‌ای در اراضی روستای شمس‌آباد از توابع شهرستان سرعین در سال 1396 انتخاب گردید، این مزرعه بر اساس فاصله نسبت به ایستگاه پمپاژ، به سه قطعه تقسیم و در هر قطعه 9 آزمایش ارزیابی به ازای سه محدوده سرعت باد 3-0، 6-3 و بزرگ‌تر از 6 متر بر ثانیه انجام گرفت. برای انجام آزمایش از شبکه 3x3 استفاده شده و چهار آبپاش در گوشه‌های زمین مربعی شکل قرار گرفت. نتایج به دست آمده به‌طوری‌که میانگین مقدار متغیرهای CU، DU، CUs و DUs در بازه سرعت 3-0 متر بر ثانیه به ترتیب 74/74، 61/83، 73/96 و 60/86 و در بازه سرعت 6-3 متر بر ثانیه به ترتیب 62/09، 43/64، 61/54 و 42/96 و در بازه سرعت بزرگ‌تر از 6 متر بر ثانیه به ترتیب 48/49، 23/82، 47/97 و 23/41 حاصل شده است. محدوده مجاز توصیه شده برای ضریب یکنواختی کریستیانسن، $87\% \leq CU \leq 81\%$ و برای ضریب یکنواختی توزیع در ربع پایین، $80\% \leq DU \leq 67\%$ است.

کلمات کلیدی: آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، آبپاش متحرک، ارزیابی

مقدمه

امروزه باوجود پیشرفت‌های به‌عمل‌آمده در علوم و فنون و استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری، بخش عمده‌ای از اراضی کشاورزی با روش‌های ثقلی و سنتی آبیاری می‌شوند. به‌طورکلی در ایران بیش از 85 درصد اراضی آبی با روش‌های سطحی آبیاری می‌شوند که از کارایی آبیاری کم‌تری نسبت به روش‌های تحت فشار برخوردار هستند. تصور بر این است که با افزایش کارایی آبیاری می‌توان حجم قابل‌توجهی از منابع آب را به چرخه تولید بازگرداند و بخش بزرگی از نیازهای آب کشاورزی و سایر بخش‌ها را از این طریق برآورده کرد. برای دست‌یابی به این عملکرد اولین و مهم‌ترین گام، تعیین راندمان روش‌های آبیاری موجود و ارزیابی نحوه کار آن‌ها برای تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی‌های مرتبط با مصرف بهینه آب، الگوی کشت و کاهش تلفات آب آبیاری است عباسی و همکاران (1395). در اثر کمبود منابع آب در کشور، افزایش بازده روش‌های آبیاری تحت‌فشار از اهداف مهم روش‌های نوین آبیاری بوده و یکی از مولفه‌های موثر در افزایش بهره‌وری آب است. روش‌های آبیاری تحت‌فشار در سال‌های اخیر توسعه زیادی یافته‌اند و دقت در طراحی، مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری صحیح آن‌ها از عوامل مهم در توسعه، بهبود و اثربخشی این روش‌ها است.

بالابودن یکنواختی توزیع آب و کارایی روش آبیاری تحت‌فشار، یکی از مهم‌ترین دلایل برتری آن بر روش‌های آبیاری سنتی است؛ لذا باگذشت چند سال از اجرای روش‌های آبیاری تحت‌فشار و مقبول واقع‌شدن نسبی آن در بین کشاورزان، لازم است به بررسی و ارزیابی عملکرد این روش‌ها پرداخته شود. قطعاً با ارزیابی این روش‌ها، مزایا و معایب آن مشخص می‌شود. در ادامه، از نتایج این بررسی‌ها، می‌توان برای طراحی و اجرای طرح‌های آینده استفاده کرد (شیردلی و حنیفه‌لو، 1389). در آبیاری بارانی به اختلاف بین حجم آب خارج شده از

آبپاش و حجم آب رسیده به سطح زمین تلفات تبخیر و بادبردگی گفته می‌شود. در مناطق گرم و نیمه‌خشک، بخش اعظمی از تلفات آب مصرفی در روش‌های آبیاری بارانی به‌صورت پاششی شامل تبخیر و یا بادبردگی است، لذا تخمین صحیح تلفات تبخیر و بادبردگی به‌منظور برنامه‌ریزی دقیق و واقعی جهت بهره‌برداری بهینه و توسعه منابع آبی موجود در هر منطقه حائز اهمیت است (شیخ اسماعیلی 1388). در این راستا می‌توان به تحقیق رئوف و همکاران (1397) که با ارزیابی روش کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک، مدل‌سازی تلفات تبخیر و باد بردگی در آبپاش مدل ADF25 در منطقه مغان را انجام دادند پرداخت. نتایج حاکی از آن است که کارایی سیستم در سرعت باد 0 تا 3 و 3 تا 6 و 6 متر بر ثانیه به بالا به ترتیب برابر 82 و 66 و 43 درصد بوده و عوامل مؤثر در تلفات تبخیر و باد بردگی، شامل سرعت باد، درجه‌حرارت، رطوبت نسبی، قطر نازل و کمبود فشار بخار اشباع است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در آبپاش مدل ADF 25 عامل باد بیشترین تأثیر و کمبود فشار بخار اشباع کمترین تأثیر را بر تلفات تبخیر و باد بردگی داشته است. همچنین معادله تلفات تبخیر و بادبردگی با شرایط جوی منطقه استخراج شد که بهترین برازش را با مقدار اندازه‌گیری شده نشان داد و اختلاف میانگین مقادیر مدل شده و مشاهداتی در سطح اعتماد یک درصد معنی‌دار نگردید. همچنین میزان تلفات تبخیر و باد بردگی اندازه‌گیری شده بین 6 تا 34 درصد و مدل‌سازی شده بین 11 تا 35 درصد متغیر بود. دشت اردبیل یکی از دشت‌های ایران است که روش‌های تحت‌فشار در میان کشاورزان رونق فراوان داشته و روش‌های بسیاری در آن اجرا شده است؛ لذا لازم و ضروری است که این روش‌ها موردبررسی و ارزیابی قرار گیرند و ایرادات موجود بررسی و رفع گردد و یا این که این ایرادات در طراحی‌ها و اجراهای بعدی موردتوجه قرار گیرد تا از حداکثر کارایی آن‌ها استفاده گردد.

مواد و روش‌ها

روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و آبپاش متحرک در منطقه موردمطالعه، دارای اراضی به مساحت 14/5 هکتار بوده و روش موردنظر با دور آبیاری 7 روز طراحی شده است. فواصل مد نظر برای آرایش سیستم مطابق گزارش فنی روش آبیاری و بازدیدهای بعمل آمده 21 در 21 است. لوله‌های به‌کار رفته در طرح روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک از لوله‌های پلی‌اتیلن در رده فشاری PN6 و PE80 و PE100 در قطرهای 160 و 125 و 110 و 63 استفاده شده است. هم‌چنین برای انشعاب‌گیری از لوله‌های اصلی به‌منظور جدا کردن خطوط بال‌های آبیاری از کمربندهای پلی‌اتیلنی در سایزهای 160به "2 و 125 به "2 و 110به "2 بهره برده‌اند. پمپ پیشنهادی طراح طرح، در روش موردمطالعه، پمپ WKL80/4 ساخت شرکت ایران پمپ بود که در زمان اجرا توسط متقاضی تعویض و یک طبقه به تعداد طبقات آن اضافه و در مدل WKL80/5 در سیستم مورداستفاده قرار گرفته است. سایز شیرخودکارهای مورداستفاده نیز مطابق با آبپاش در نظر گرفته شده و برابر "2 است. در روش کلاسیک ثابت چینش قوطی‌ها به‌صورت مربعی بوده و فواصل آن‌ها 3 متر x 3 متر انتخاب شد و به‌صورت قائم روی زمین قرار گرفت. برای تعیین خصوصیات خاک و در نتیجه کمبود رطوبتی خاک (SMD)، در عمق توسعه ریشه‌ها، از مته نمونه‌برداری خاک استفاده شد. در حین انجام آزمایش، فشار آب در هر یک از آبپاش‌ها با استفاده از فشارسنج اندازه‌گیری شد تا اختلاف فشار در طول لوله فرعی مشخص شود. به‌منظور اندازه‌گیری فشار سر آبپاش‌ها از فشارسنج متصل به کلید شیرخودکار استفاده شد لازم به ذکر است که مزرعه براساس فاصله از ایستگاه پمپاژ به سه قطعه تقسیم‌بندی شد و برای هر قطعه براساس محدوده سرعت 3-0، 6-3 و بزرگتر از 6 متر بر ثانیه 9 تکرار آزمایش انجام گرفت. در این تحقیق تعداد دو متغیر ارزیابی Cu، Du جهت ارزیابی روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و آبپاش متحرک مورداستفاده قرار گرفته است.

نتایج و بحث

متغیرهای ارزیابی یکنواختی توزیع (برای قطعه‌های آزمایشی و کل سیستم) به‌ازای سرعت‌های باد مختلف در مـزارع موردمطالعـه، در جدول 1 ارائه شده‌اند.

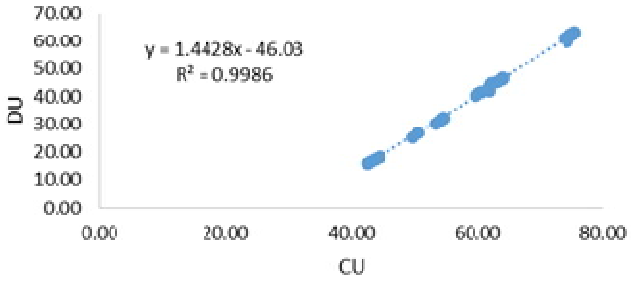
جدول 1- متغیرهای ارزیابی یکنواختی توزیع روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در منطقه موردمطالعه

ردیف	نام مزرعه	سرعت باد (m/s)	CU	DU	CUS	DUS
1	قطعه1	1/5	74/42	59/93	73/29	58/57
2	قطعه1	1/5	75/17	62/44	74/03	61/02
3	قطعه1	1/5	74/8	62/23	73/66	60/82
9	قطعه1	3	64/19	46/66	63/22	45/60
10	قطعه1	5/5	63/14	45/28	62/19	44/25
11	قطعه1	5/5	61/91	43/45	61/91	42/47
12	قطعه1	8	54/57	32/45	53/74	31/71
9	قطعه1	8	54/09	31/44	53/27	30/73
9	قطعه1	7	53/38	30/48	52/57	29/79
10	قطعه2	2	75/5	63/42	74/78	51/62
11	قطعه2	2	74/84	62/46	74/12	61/56
12	قطعه2	2	74/79	62/27	74/08	61/38
13	قطعه2	4	60/71	41/74	60/13	41/14
14	قطعه2	4	60/72	41/71	60/14	41/11
15	قطعه2	4/5	61/99	42/07	61/40	41/47
16	قطعه2	6/5	49/86	25/3	49/38	24/94
17	قطعه2	6/5	50/65	26/63	50/16	26/25
18	قطعه2	7	42/48	15/89	42/07	15/66
19	قطعه3	2	74/77	61/71	74/29	61/11
20	قطعه3	2	73/80	61/20	73/33	60/61
21	قطعه3	2/5	74/56	60/77	74/08	60/18
22	قطعه3	3/6	62/21	44/98	61/81	44/54
23	قطعه3	3/66	64/03	46/35	63/61	45/90
24	قطعه3	4	59/88	40/55	59/49	40/16
25	قطعه3	9	43/78	17/41	43/5	17/24
26	قطعه3	9	44/49	18/04	44/21	17/86
27	قطعه3	8/5	43/10	16/70	42/83	16/54

مطابق جدول 4-2 مشاهده می‌گردد کـه بـیش‌تـرین مقـدار متغیرهـای CU، DU، CUs و DUs بـه ترتیـب 75/5، 63/42، 74/78 و 62/51 هم‌چنین کم‌تـرین مقـدار متغیرهـای یکنـواختی بـه ترتیـب 42/48، 15/89، 42/07، 15/66 بدسـت آمـده اسـت. اخـتلاف بـین متغیرهای یکنواختی در قطعه‌های مختلف کم بوده ولی در سرعت‌های باد مختلف اختلاف بیش‌تر می‌باشد علت ایـن موضـوع، تـأثیر زیـاد شدت باد در کاهش یکنواختی پخش نسبت به توزیع فشار در قطعه‌های مختلف بوده است. به‌طوری که میـانگین مقـدار متغیرهـای CU، DU، CUs و DUs در بازه سرعت 3-0 متر بر ثانیه به ترتیـب 74/74، 61/83، 73/96 و 60/86 و در بـازه سـرعت 6-3 متـر بـر ثانیـه بـه ترتیب 62/09، 43/64، 61/54 و 42/96 و در بازه سرعت بزرگ‌تر از 6 متر بـر ثانیـه بـه ترتیـب 48/49، 23/82، 47/97 و 23/41 حاصـل شده است. طبق نظر مریام و کلر (1978) محدوده مجاز توصیه شده برای ضریب یکنواختی کریستیانسن، $87\% \leq CU \leq 81\%$ و بـرای ضریب یکنواختی توزیع در ربع پایین، $80\% \leq DU \leq 67\%$ می‌باشد. نتایج حاصل از ارزیابی روش کلاسیک ثابـت آبپـاش متحـرک در جدول 1 بیانگر مقادیر بالای یکنواختی در محدوده سرعت 3-0 متر بر ثانیه می‌باشد و با افزایش سرعت باد مقادیر یکنواختی کاهش یافتـه است.

نتیجه‌گیری

بر اساس 27 آزمایش انجام گرفته به‌ازای محدوده سرعت باد، می‌توان ارتباط بین مقادیر CU و DU در روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در منطقه موردمطالعه را به‌صورت شکل 1 نشان داد. معادله رگرسیونی به دست آمده با ضریب تعیین 0/99، رابطه خطی بین ضرایب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی توزیع در منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد.



شکل 1- ارتباط بین ضرایب یکنواختی کریستیانسن (CU) و یکنواختی توزیع (DU)

منابع

رئوف، م. حسینی، ی. و نظری گیگلو، ف. 1397. ارزیابی سیستم کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک و مدل‌سازی تلفات تبخیر و بادبردگی در آبپاش مدل ADF25 در منطقه مغان، نشریه حفاظت منابع آب‌وخاک، سال هفتم، شماره چهارم، صص 134-117.

شیخ اسماعیل، ا. 1388. ارائه معادله برآورد تلفات تبخیر و بادبردگی در سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک، تحقیقات منابع آب ایران، 5 (1): 81-79.

شیردلی، ع. و حنیلفه‌لو، ا. 1386. ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی در منطقه زنجان. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان.

عباسی، ف. سهراب، ف. و عباسی، ن. 1395. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران، تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی، (7)67، 128-113.

بررسی کارایی و دوام سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در اراضی نیشکر جنوب اهواز

علی شینی‌دشتگل [1]، مجید حمودی [2]، الهام زنگنه یوسف‌آبادی [3]، شعبان زارعی [4]

[1] دکتری آبیاری و زهکشی و مدیر گروه تحقیقاتی آبیاری و زهکشی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، sheinidasht1971@gmail.com

[2] کارشناس تحقیقاتی سابق آبیاری و زهکشی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان

[3] کارشناس تحقیقاتی آبیاری و زهکشی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان

[4] معاونت پایش و تحقیقات کشاورزی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان.

چکیده

باهدف بررسی کارایی و دوام سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، تغییرات گرفتگی قطره‌چکان‌ها و تغییرات بهره‌وری گیاه نیشکر در سال‌های مختلف در یک سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، در ایستگاه تحقیقات مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان بررسی گردید. تیمارهای این پژوهش شامل: آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (عمق کارگذاری 20 سانتی‌متر فواصل قطره‌چکان 50 سانتی‌متر و دبی قطره‌چکان 2/3 لیتر در ساعت)، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (عمق کارگذاری 20 سانتی‌متر، فواصل قطره‌چکان‌ها 60 سانتی متر و دبی قطره‌چکان 3/6 لیتر در ساعت)، آبیاری قطره‌ای روسطحی (فواصل قطره‌چکان‌ها 60 سانتی‌متر و دبی قطره‌چکاها 3/6 لیتر در ساعت) و تیمار آبیاری جویچه‌ای (شاهد) بودند. نتایج نشان داد که بهره‌وری آب آبیاری در تولید نیشکر در همه تیمارها با گذشت زمان کاهش یافت. بیشترین بهره‌وری آب آبیاری در یک دوره پنج ساله (کشت جدید تا بازرویی چهارم)، در تیمار اول آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و در بازرویی اول برابر 6/6 کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین مقدار آن در سال پنجم در تیمار آبیاری قطره‌ای سطحی برابر 1 کیلوگرم بر مترمکعب بود. علیرغم اینکه عمر مفید لوله‌های قطره‌چکان‌دار تا 10 سال پیش‌بینی شده است، ولی قطره‌چکان‌های تنظیم کننده فشار استفاده شده تا بازرویی سوم (سال چهارم)، جواب‌گو بودند و در سال پنجم به‌دلیل گرفتگی بالا، سامانه کارایی لازم را نداشته و عملکرد و بهره‌وری گیاه نیشکر کاهش محسوسی پیدا کرد.

کلمات کلیدی: گرفتگی قطره‌چکان، بهره‌وری آب، عملکرد نیشکر

مقدمه

ازآنجایی‌که نیاز آبی نیشکر بالا بوده و به شرایط ماندابی ناشی از بالا آمدن سطح ایستابی نیز حساس است، آبیاری آن نیازمند وجود یک شبکه آبیاری و زهکشی دقیق از نظر طراحی و اجراست و رسیدن به چنین شرایطی همواره تحت‌تأثیر محدودیت‌های انسانی (در بخش طراحی و اجرا) و لوازم و تجهیزات است، لذا انتخاب روش‌های مناسب آبیاری نیشکر جهت مصرف بهینه آب و انرژی، حائز اهمیت است (عباسی و شینی‌دشتگل، 1395). نیشکر مانند محصولات کشاورزی دیگر در صورت تغییر روش آبیاری و همچنین تغییر مدیریت روش آبیاری، بر روی محصول اثرات معنی‌داری می‌گذارد. آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، یکی از اثربخش‌ترین روش‌های آبیاری موجود برای کشت نیشکر می‌باشد (Barbosa et al., 2017). در سال‌های اخیر، استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در دنیا برای درختان دائمی افزایش‌یافته و به‌عنوان یک راه‌حل مناسب برای مقابله با کمبود آب در اراضی آبی در مناطق خشک جهان پیشنهاد می‌شود (Consoli et al., 2014). آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌عنوان یک فن آبیاری با صرفه‌جویی در مصرف آب در سراسر جهان شناخته شده است و به‌صورت گسترده در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورداستفاده قرار می‌گیرد. این روش، نه‌تنها می‌تواند عملکرد و کیفیت محصول

را بهبود بخشد، بلکه بهره‌وری آب و کود را نیز افزایش می‌دهد (Wang et al., 2021). Bernardo و همکاران (2019)، طی پژوهشی نشان دادند که آب موردنیاز برای تولید یک کیلوگرم زیست‌توده نیشکر از طریق آبیاری قطره‌ای سطحی و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی کمتر از آبیاری معمول (جویچه‌ای) می‌باشد. Thiyagarajan and Manikandan (2021)، پژوهشی باهدف ارزیابی توسعه برنامه آبیاری و کودآبیاری بهینه تحت روش آبیاری قطره‌ای رو سطحی و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر روی گیاه نیشکر انجام دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مصرف آب کمتر و عملکرد محصول بالاتری (113 کیلوگرم در هکتار) را ثبت کرد و به‌عنوان روش برتر نسبت به آبیاری قطره‌ای رو سطحی انتخاب شد. باتوجه‌به ویژگی‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، پیش‌بینی می‌شود که این روش بتواند با اعمال برخی شرایط از جمله طراحی خوب شبکه از نظر هیدرولیکی، فیلتراسیون باکیفیت آب و اجرای مناسب شبکه موفق عمل نماید.

این پژوهش به‌منظور بررسی دوام و کارایی روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در اراضی نیشکر جنوب اهواز انجام شد.

مواد و روش‌ها

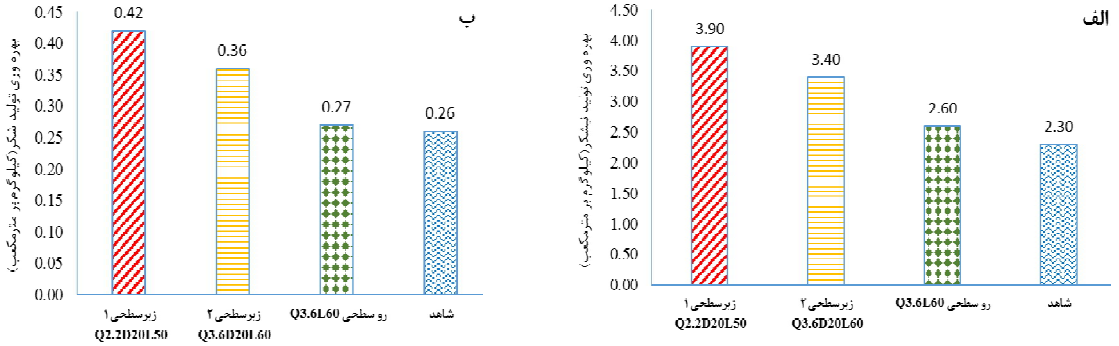
این پژوهش در سطح حدود 0/5 هکتار، در مزرعه W_{3-5} ایستگاه تحقیقاتی شماره یک مؤسسه تحقیقات نیشکر واقع در 35 کیلومتری جنوب اهواز با مختصات جغرافیایی 48 درجه و 33 دقیقه طول‌شرقی و 30 درجه و 59 دقیقه عرض‌شمالی و ارتفاع از سطح دریا 7/6 متر، مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش با تیمارهای 1- تیمار اول آبیاری قطره ای زیرسطحی (با عمق کارگذاری 20 سانتی‌متر، دبی 2/3 لیتر بر ساعت و فاصله 50 سانتی‌متر ($Q_{2.3}$, D_{20}, L_{50}))، 2- تیمار دوم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (با عمق کارگذاری 20 سانتی‌متر، دبی 2/6 لیتر بر ساعت و فاصله 60 سانتی‌متر ($Q_{3.6}$, D_{20}, L_{60}))، 3- تیمار آبیاری قطره‌ای روسطحی (دبی 3/6 لیتر بر ساعت و فاصله 60 سانتی‌متر ($Q_{2.3}$, D_{0}, L_{50})) و 4- تیمار آبیاری جویچه‌ای به‌عنوان آبیاری مرسوم (شاهد) انجام شد. نیشکر در مهرماه سال 1397 کشت شد و در دوره داشت چهار ساله (پلنت و بازرویی اول تا چهارم)، حجم آب آبیاری در هر تیمار اندازه‌گیری شد و هم‌چنین ارزیابی دبی قطره‌چکان‌ها و اندازه‌گیری‌های عملکرد کمی و کیفی انجام شد و تا بازرویی چهارم، ادامه داشت.

جهت ارزیابی هیدرولیکی سیستم در شرایط مزرعه و بر اساس توصیهٔ Merriam and Keler (1987)، روی لوله اصلی، باتوجه‌به استاندارد ASAE[1]، چهار لوله فرعی (ابتدایی، یک‌سوم، دو سوم و انتهایی) را انتخاب نموده و روی هر لوله چهار قسمت (ابتدایی، یک‌سوم، دو سوم و انتهایی) تعیین شد و دبی قطره‌چکان‌ها اندازه‌گیری شد. سپس درصد گرفتگی قطره‌چکان‌ها و یکنواختی توزیع آب محاسبه گردید. در پایان هر فصل زراعی، چهار ایستگاه 10 متری از هر تیمار آزمایشی انتخاب و به‌صورت دستی برداشت شد. سپس ویژگی‌های کمی و کیفی جهت اندازه‌گیری و محاسبه عملکرد نیشکر و شکر (تن در هکتار)، اندازه‌گیری شد. سپس باتوجه‌به حجم آب مصرفی در طول دوره رشد نیشکر (آبیاری و بارندگی)، بهره‌وری آب (نسبت عملکرد به حجم آب مصرفی)، محاسبه گردید.

نتایج و بحث

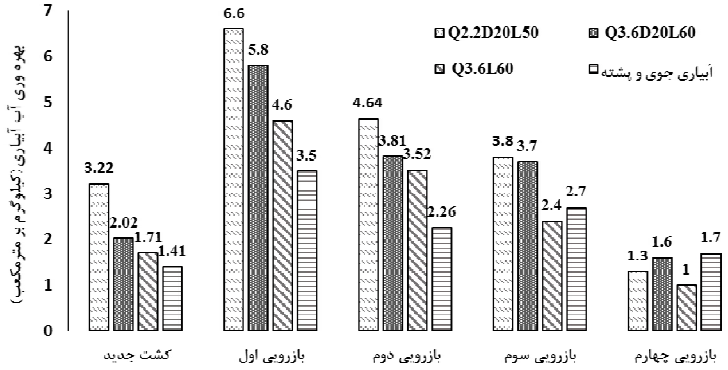
باتوجه‌به میانگین پنج‌ساله، بهره‌وری آب به‌ازای نیشکر تولیدی در تیمار ($Q_{2.3}$, D_{20}, L_{50})، نسبت به تیمارهای ($Q_{2.3}$, D_{20}, L_{50})، رو سطحی و شاهد به ترتیب 13، 33 و 41 درصد افزایش داشته است. همچنین میانگین پنج‌ساله بهره‌وری آب به ازای شکر تولیدی در تیمار ($Q_{2.3}$, D_{20}, L_{50})، نسبت به تیمارهای ($Q_{2.3}$, D_{20}, L_{60})، روسطحی و شاهد به‌ترتیب 14، 36 و 39 درصد افزایش داشت (شکل1، الف و ب)، که با نتایج Consoli و همکاران (2014)، Wang و همکاران(2021) و Bernardo و همکاران (2019)، همخوانی دارد.

[1] American Society of Agricultural Engineers



شکل 1- میانگین نتایج پنج ساله بهره‌وری آب آبیاری به ازای تولید نیشکر (الف) و شکر (ب) در کشت جدید و چهار بازرویی

نتایج ارزیابی دبی قطره‌چکان‌ها نشان داد که یکنواختی سیستم از 95 درصد در سال اول بهره‌برداری سیستم (کشت جدید) به 45 درصد در سال آخر کاهش پیدا کرد. در سال آخر بهره‌برداری از سیستم، گرفتگی قطره‌چکان‌ها به 45 درصد رسید. به دلیل افزایش گرفتگی قطره‌چکان‌ها و کاهش یکنواختی توزیع آب در مزرعه، عملکرد و بهره‌وری گیاه نیشکر با گذشت زمان کاهش محسوسی پیدا کرد. نتایج بهره‌وری آب آبیاری به ازای نیشکر تولیدی در همه تیمارهای آزمایشی (پلنت و چهار بازرویی) به استثنای سال اول (به دلیل حمله آفات، عملکرد و بهره‌وری پایین بود)، دارای روند کاهشی بود (شکل2). نتایج نشان داد با وجود اینکه اسیدشویی و کلرزنی به‌صورت متناوب در سامانه انجام شد، ولی قطره‌چکان‌های تنظیم کننده فشار استفاده شده تا بازرویی سوم (سال چهارم)، جوابگو بودند و در سال پنجم به‌دلیل گرفتگی بالا، سامانه کارایی لازم را نداشت.



شکل (2): بهره‌وری آب آبیاری به ازای نیشکر تولیدی در تیمارهای آزمایشی(پلنت و چهار بازرویی)

نتیجه‌گیری

میانگین نتایج در پنج سال آزمایش، نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به آبیاری مرسوم، کاهش حدود 40 درصدی آب مصرفی، افزایش بیش از 25 درصد میانگین محصول تولیدی و در نتیجه، افزایش بیش از 50 درصدی بهره‌وری آب به‌ازای نیشکر و شکر تولیدی را به دنبال داشت. علیرغم اسیدشویی و کلرزنی به‌صورت متناوب، باز هم در طی پنج سال بهره‌برداری، گرفتگی قطره‌چکان‌ها به 45 درصد رسید و باتوجه‌به هزینه‌های بالای سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، این سامانه دوام و کارایی مورد انتظار را نداشت.

منابع

عباسی، ف، و شینی‌دشتگل، ع. 1395. ارزیابی و بهبود مدیریت آبیاری جویچه‌ای در اراضی تحت کشت نیشکر خوزستان. نشریه دانش آب و خاک، جلد 26، شماره 2، 121.

Barbosa. E.A.A., Matsura, E.E., Santos, L.N.S.D., Gonçalves, I.Z., Nazário, A.A. and Feitosa, D.R.C. 2017. Water footprint of sugarcane irrigated with treated sewage and freshwater under subsurface drip irrigation, in Southeast Brazil. J. Cleaner Prod. (153), 448-456.

Bernardo, S., Mantovani, E.C., Silva, D.D. and Soares, A.A. 2019. Manual de Irrigação. 9. ed. UFV, Viçosa. 545p.

Consoli, S., Stagno, F., Roccuzzo, G., Cirelli, G.L. and Intrigliolo, F. 2014. Sustainable management of limited water resources in a young orange orchard. Agricultural water management. 132: 60-68.

Merriam, J.L. and J. Keler. 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for management, department of Agriculture Engineering, California, Polytechnic, State University, Vol.l.

Thiyagarajan, G. and Manikandan, M. 2021. Evaluation of Drip Irrigation System and Fertigation of Nitrogen in Sugarcane. Research Biotica, 2 (3): 117-120.

Wang, H., Wang, N., Quan, H., Zhang, F., Fan, J., Feng, H., Cheng, M., Liao, Z., Wang, X. and Xiang,Y. 2022. Yield and water productivity of crops, vegetables and fruits under subsurface drip irrigation: A global meta-analysis. Agricultural Water Management, Volume 269.

بررسی نیاز آبی محصولات عمده دشت سنندج با استفاده از مدل CROPWAT

آرش امیرزاده [1]، مجید رئوف [2]، رئوف مصطفی‌زاده [3]

[1] دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، majidraoof2000@gmail.com

[2] استاد، گروه مهندسی آب و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

[3] دانشیار، گروه منابع طبیعی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

مشکل اساسی کشاورزی در ایران، کمبود آب و نقص مدیریت منابع آبی قابل‌استفاده است. پروژه‌های مربوط به مهندسی آب، نیازمند برآورد دقیق نیاز آبی گیاهان در مناطق مختلف هستند. در این تحقیق، سعی بر آن است که تغییرات مقدار آب مصرفی گیاهان الگوی کشت در دشت سنندج را به‌صورت تابعی از متغیرهای اقلیمی استخراج کند. داده‌های هواشناسی منطقه موردنظر استخراج، بازسازی و مرتب شدند. در گام دوم، با استفاده از نرم‌افزار (Cropwat8) معادله فائو 56، تبخیر تعرق گیاه مرجع چمن، تشعشعات خورشیدی و بارش موثر در هر ایستگاه استخراج شد. الگوی کشت مناطق موردنظر نیز از منابع، استخراج شد. با استفاده از این الگوی کشت، هیدرومدول برای هر ماه استخراج شد. در مرحله آخر، با استفاده از ضریب تبدیل ویبول، هیدرومدول با دوره بازگشت‌های مختلف برای منطقه موردنظر استخراج شد. نتایج نشان داد که میانگین تبخیر تعرق مرجع چمن 3/6 میلی‌متر بر روز است. هم‌چنین میانگین هیدرومدول آبیاری برای دشت سنندج 0/64 لیتر بر ثانیه بر هکتار است. با احتساب تغییرات خطی و تغییر دوره بازگشت از 2 سال به 200 سال و کاهش احتمال وقوع، مقدار هیدرومدول آبیاری 0/098 لیتر بر ثانیه بر هکتار، معادل 9/82 درصد متوسط، افزایش یافت. هم‌چنین با احتساب تغییرات نمایی، مقدار هیدرومدول آبیاری 0/113 لیتر بر ثانیه بر هکتار، معادل 11/03 درصد متوسط، افزایش یافت.

کلمات کلیدی: Cropwat8، فائو 56، گیاه مرجع، دوره بازگشت

مقدمه

خاک، آب و گیاهان منابع طبیعی هستند که برای بقای انسان و حیوانات بسیار مهم هستند (Shah et al., 2022). آب یک نهاده اساسی است که بر تولید تضمین شده محصول تأثیر می‌گذارد. آب مواد مغذی معدنی را که در گیاه در امتداد ساقه حرکت می‌کند، حل می‌کند. در پایان چرخه زندگی یک گیاه، آب نیز جزء یک محصول اقتصادی است که ممکن است دانه، ساقه، برگ، گل یا میوه باشد. دومین مسئله کلیدی زیست‌محیطی قرن بیست و یکم از نظر دانشمندان و سیاست‌مداران پس از موضوع تغییرات آب و هوایی، کمبود آب شیرین است (Shah et al., 2021). در سال‌های آینده، بعید به نظر می‌رسد که چرخه آب جهان بتواند با تقاضاها کنار بیاید (Panhwar et al., 2022). در حال حاضر، اهداف آبیاری حدود 87 درصد از آب مصرفی و 70 درصد از برداشت آب جهانی را تشکیل می‌دهد (Taye et al., 2021). حدود 40 تا 45 درصد غذای جهان توسط زمین‌های کشاورزی آبی تولید می‌شود که کمتر از یک پنجم کل مناطق زیر کشت را تشکیل می‌دهنددر آینده، عموماً پیش‌بینی می‌شود که کشاورزی آبی باید به‌طور قابل‌توجهی برای تغذیه جمعیت‌های در حال افزایش گسترش یابد. یکی از راه حل‌های پایدار برای کنترل تقاضای منابع آب و اثرات نامطلوب زیست‌محیطی ناشی از آبیاری، آبیاری هوشمند است، زیرا می‌تواند مصرف آب را بدون به خطر انداختن عملکرد محصول کاهش دهد (Ahmadi et al., 2019). هر محصولی به مقدار آب خاصی نیاز دارد، به‌همین دلیل است که برای حداکثر عملکرد باید تنها مقدار بهینه آب در اختیار محصولات

کشاورزی قرار گیرد (جمال و همکاران، 2017). در این راستا می‌توان به تحقیقاتی مانند Gorantiwar and Smout (2003)، Dagdelen و همکاران (2005)، نظری‌فر و همکاران (1391) و توکلی (2003) اشاره نمود. در این راستا، ارتباط بین الگوی کشت هر منطقه و مقدار آب مصرفی آن منطقه بررسی می‌شود. این بررسی شامل ارزیابی حجم آب موردنیاز در واحد زمان برای هر هکتار کشت شده، که به آن هیدرومدول معروف است، می‌باشد. هیدرومدول در واقع اساس تعیین هزینه‌های مرتبط با بسیاری از پروژه‌های آبیاری است. ظرفیت کانال یا لوله‌های انتقال آب به‌طور مستقیم به هیدرومدول مزرعه مرتبط است. اگر هیدرومدول کمتر از مقدار واقعی برآورد شود، ممکن است نیاز آبی گیاهان برطرف نشود و این موضوع می‌تواند به خسارت منجر شود. از سوی دیگر، اگر هیدرومدول منطقه بیش‌تر از مقدار واقعی برآورد شود، کشاورزان ممکن است به بهره‌وری مناسبی از منابع آبی نرسند. بنابراین، در برآورد هیدرومدول هر منطقه، دقت لازم را باید موردتوجه قرار داد تا نیازهای واقعی مزارع را به‌خوبی برآورد کرده و بهینه‌سازی منابع آبی انجام شود (رئوف، 1400). اسدزاده و رئوف (1397) به بررسی آب موردنیاز الگوی کشت شبکه‌های آبیاری قوریچای و بالادست کانال یامچی، واقع در دشت اردبیل پرداختند. آن‌ها در این پژوهش ابتدا آب موردنیاز شبکه‌ها را برای شرایط موجود استخراج و سپس برای چهار گزینه مختلف (گزینه‌های پیشنهادی باتوجه‌به توان منطقه) این کار را تکرار نمودند. آن‌ها از شاخص‌های عرضه نسبی آبیاری سالانه (ARIS)، عرضه نسبی آب سالانه (ARWS) و عرضه بارش نسبی (RRS)، بهره‌وری آب (WP)، بهره‌وری آب آبیاری (IWP)، بهره‌وری اقتصادی از جمله سود ناخالص به ازای واحد حجم آب (BPD) و سود خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD) در جهت ارزیابی مدیریت آبیاری و کارایی مصرف آب استفاده نمودند. نتایج نشان می‌دهد که جایگزینی کشت کلزا به جای سیب‌زمینی در شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی، از نظر بهره‌وری اقتصادی و مصرف آب، بازده بالاتری نسبت به شرایط موجود دارد. هم‌چنین، در شبکه آبیاری قوریچای، برای داشتن بهره‌وری آبی و اقتصادی بیش‌تر، الگوی کشت موجود در شبکه توصیه شده است. هم‌چنین، جایگزینی کشت چغندرقند به جای سیب‌زمینی در هر دو شبکه از لحاظ بهره‌وری اقتصادی قابل توجیه است. نظری‌فر و همکاران (1391)، طی پژوهشی به مدیریت مصرف آب، تعیین هیدرومدول منطقه و تعیین الگوی کشت در شرایط کم آبیاری پرداختند، در این پژوهش محصولات باقلا، آفتابگردان، لوبیا، سیب زمینی و گندم تحت شرایط تنش آبی به‌منظور تعیین عملکرد محصول موردمطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که حداکثر شاخص بازده خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD) در شرایطی به وجود می‌آید که در محصولات لوبیا و باقلا 10 درصد، آفتابگردان و سیب‌زمینی 20 درصد و گندم 30 درصد کم آبیاری صورت گیرد. هم‌چنین، در پایان، نتایج نشان داد که هیدرومدول الگوی کشت در حالت کم آبیاری نسبت به هیدرومدول آبیاری کامل، 18 درصد کاهش نشان می‌دهد. حمادی و همکاران (1393)، با استفاده از اطلاعات بیش از 40 ایستگاه هواشناسی، تبخیرسنجی و سینوپتیک به محاسبه تبخیر تعرق مرجع چمن، بارندگی موثر، نیاز آبی گیاهان گندم، نیشکر، ذرت، هندوانه و گوجه در استان خوزستان اقدام نموده و با اعمال راندمان‌های مختلف نیز نیاز آبی ناخالص را محاسبه نمودند. یافته‌ها با استفاده از فنون زمین آماری در محیط GIS در سطح استان خوزستان گسترش یافت. در نهایت، نتایج نشان داد که بهبود مصرف در راندمان‌های پایین باعث کاهش نیاز آبی بیشتر نسبت به راندمان‌های بالاتر می‌شود. بنابراین، مدیریت مصرف در مراحل ابتدایی بازدهی بیش‌تری را دارد. دونگ، با استفاده از نرم‌افزار Cropwat8 عوامل نیاز آبی، هیدرومدول، مقدار آب آبیاری خالص و ناخالص را برای گیاهان گندم زمستانه و ذرت در منطقه جینگیکو کشور چین مورد بررسی قرار داد. در این پژوهش، ابتدا با استفاده از متغیرهای اقلیمی ثبت شده، مقادیر تبخیر تعرق گیاه مرجع، تبخیر تعرق گیاهان زراعی گندم و ذرت، و بارندگی موثر استخراج شدند. سپس، به محاسبه هیدرومدول آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری در طول فصل پرداخته شد. نتایج نشان داد که در طول دوره آماری مورد بررسی، نیاز آبیاری گیاه گندم بیش‌تر از ذرت است. مقادیر هیدرومدول ماهانه برای این دو گیاه متفاوت بوده، اما کل نیاز آبیاری گندم در طول دوره رشد 9/442 میلی‌متر و برای ذرت 2/294 میلی‌متر به دست آمد (Dong, 2018).

هدف از این تحقیق جمع‌آوری داده‌های اقلیمی و بررسی تغییرات آن‌ها در ایستگاه سنندج با استفاده از ایستگاه سینوپتیکی، تعیین تبخیر تعرق گیاه مرجع و تحلیل تغییرات آن با استفاده از برنامه کراپ وات، محاسبه هیدرو مدول متوسط، حداقل و حداکثر و بررسی تغییرات آن‌ها، بررسی تغییرات خطی، نمایی و تعیین هیدرو مدول حداکثر با دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه موردبررسی بود.

مواد و روش‌ها

باتوجه‌به اطلاعاتی که در تحقیق ذکر شده است، یک ایستگاه سینوپتیک برای بررسی یک منطقه در شمال غرب کشور، شامل سنندج، انتخاب شده است. در جدول شماره 1، مشخصات جغرافیایی و اطلاعات اقلیمی این ایستگاه‌ها آورده شده است. دوره زمانی مورد بررسی برای ایستگاه از آغاز تاسیس آن تا سال 2021 در نظر گرفته شده است. جهت استخراج هیدرومدول‌های منطقه موردنظر، در دوره‌های بازگشت مختلف، مراحل زیر انجام شدند:

مقادیر تشعشعات خورشیدی و تبخیر تعرق مرجع چمن برای ماه‌ها و سال‌های مختلف، با واردکردن متغیرهای هواشناسی شامل دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات آفتابی، در نرم‌افزار Cropwat، استخراج شد. با داشتن تبخیر تعرق مرجع، بارش ماهانه، الگوی کشت و خصوصیات گیاهان الگوی کشت، مقادیر هیدرو مدول هر ماه در سال‌های مختلف برای منطقه موردنظر استخراج شد.

جدول 1- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد بررسی

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)	نوع اقلیم
سنندج	47/14	35/25	1538	نیمه‌خشک (دومارتن)

برای محاسبه هیدرو مدول با دوره بازگشت (2 تا 200 سال) به‌صورت زیر عمل شد:

1. هیدرومدول‌های به‌دست‌آمده از طریق نرم‌افزار کراپ وات را به‌صورت صعودی مرتب شد
2. شماره‌گذاری داده‌های مرتب شده از کم به زیاد
3. محاسبه درصد احتمال (p)، دوره بازگشت (RP) و تبدیل ویبول (W) برای هریک از دوره‌های بازگشت موردنظر به ترتیب با استفاده از روابط زیر

$$P \quad (1)$$

$$R \quad (2)$$

$$И \quad (3)$$

با به‌دست‌آمدن W برای هر هیدرومدول، نمودار این دو متغیر نسبت به هم ترسیم و معادله بهترین خط برازش داده شده، استخراج شد. برای ایستگاه موردنظر دو معادله خطی و نمایی برازش داده شد. با داشتن معادله خط، هیدرومدول برای دوره بازگشت‌های 2، 5، 10، 25، 50، 100 و 200 ساله استخراج شد.

نتایج و بحث

ابتدا جهت تجزیه‌وتحلیل متغیرهای هواشناسی، نمودار تغییرات تشعشعات خورشیدی و تبخیر تعرق، برای کل دوره موردنظر ترسیم گردید.

جدول 2- الگوی کشت غالب (نوع گیاه و درصد مساحت تحت کشت) مورداستفاده برای سنندج

نوع گیاه	درصد مساحت از کل الگوی کشت
گندم	8
یونجه	18
گوجه‌فرنگی	1
ذرت	3
باغ (گردو)	70
جمع (%)	100

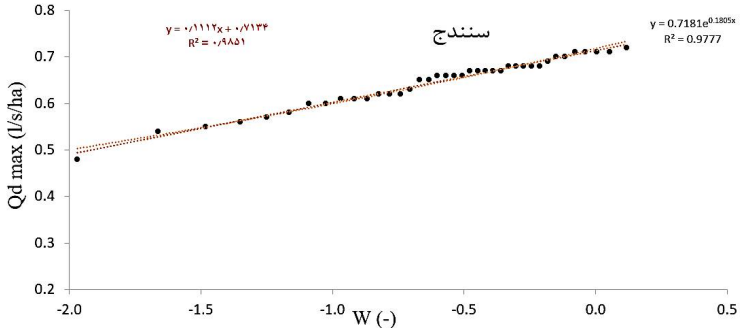
منبع	جهاد کشاورزی استان کردستان

جدول 3- مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط حداکثر هیدرومدول سالانه در ایستگاه سنندج

متغیر	مقدار عددی کمیت (lit/s/ha)
حداقل حداکثر هیدرومدول سالانه	0/48
حداکثر حداکثر هیدرومدول سالانه	0/72
متوسط حداکثر هیدرومدول سالانه	0/64

مقادیر ارائه شده در جدول 3 نیز نشان می‌دهد که مقادیر میانگین حداکثر هیدرومدول سالانه برای ایستگاه سنندج بیش‌ترین (0/48 lit/s/ha) و کم‌ترین (0/72 lit/s/ha) می‌باشد.

شکل 1 تغییرات هیدرومدول آبیاری را به ازای تغییرات تبدیل ویبول (W)، برای ایستگاه سنندج نشان می‌دهد برای استخراج این نمودار، ابتدا مقادیر حداکثر هیدرومدول استخراج شده برای سال‌های مختلف، از کم‌تر به بیش‌ترین هیدرومدول مرتب شده است، احتمال وقوع رخدادها و دوره بازگشت آن‌ها محاسبه و سپس تبدیل ویبول هر یک محاسبه شده است. برای ایجاد ارتباط بین متغیرهای تبدیل ویبول (W) و هیدرومدول آبیاری (Qd) از برازش خطی و نمایی استفاده شده است. محور افقی در شکل 2 (ضریب تبدیل ویبول) بیانگر سال‌های آماری یا دوره بازگشت است. به ازای دوره‌های بازگشت مختلف مقادیر هیدرومدل به دو روش خطی و نمایی با به دست آمدن معادله‌های خطی و نمایی تغییرات هیدرومدول، محاسبه گرید. جدول شماره 4 مقادیر هیدرومدول را به ازای دوره‌های بازگشت 2، 5، 10، 25، 50، 100 و 200 سال نشان می‌دهد.



شکل 1- تغییرات هیدرومدول آبیاری به ازای تغییرات تبدیل ویبول (w) برای ایستگاه‌های مورد بررسی

جدول 4- مقادیر هیدرومدول را به ازای دوره‌های بازگشت مختلف (لیتر بر ثانیه بر هکتار)

نوع تابع	ایستگاه	دوره بازگشت (سال)							میانگین
		2	5	10	25	50	100	200	
خطی	سنندج	0/655	0/696	0/713	0/729	0/738	0/746	0/753	0/719
نمایی	سنندج	0/653	0/698	0/718	0/737	0/748	0/758	0/766	0/725

آنچه در جدول 4 مشاهده می‌شود نشان می‌دهد فقط در دوره بازگشت 2 سال، تابع خطی مقدار هیدرومدول آبیاری را بیش‌تر از تابع نمایی تخمین می‌زند. در دوره‌های بازگشت 5 تا 200 سال تابع نمایی مقدار هیدرومدول را بیش‌تر از تابع خطی تخمین زده است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی تغییرات هیدرومدول آبیاری در ایستگاه سنندج پرداخته شد. میانگین هیدرومدول آبیاری برای این ایستگاه 0/64 لیتر بر ثانیه بر هکتار برای سال‌های آماری موجود استخراج شد. چنانچه سازه‌های ذخیره، توزیع و انتقال آب، برای دوره بازگشت حداقل 50 سال طراحی و مورد بهره‌برداری قرار گیرند برای دشت سنندج، مقدار هیدرومدول طرح بایستی 0/738 لیتر بر ثانیه بر هکتار در نظر گرفته شود. وجود برخی گیاهان پر مصرف؛ مانند یونجه، و باغات، در الگوی (که در فصول گرم سال نیاز بسیار بالایی دارند)، ازیک‌طرف و پایین‌بودن مقدار بارش کل و به‌تبع آن بارش مؤثر در کل این دشت، باعث شده است که هیدرومدول آبیاری بالا باشد. با احتساب تابع تغییرات خطی، با تغییر دوره بازگشت از 2 سال به 200 سال و کاهش احتمال وقوع، مقدار هیدرومدول آبیاری، 0/098 لیتر بر ثانیه بر هکتار، معادل 9/82 درصد متوسط، افزایش پیدا کرد. با احتساب تابع تغییرات نمایی، با تغییر دوره بازگشت از 2 سال به 200 سال و کاهش احتمال وقوع، مقدار هیدرومدول آبیاری، 0/113 لیتر بر ثانیه بر هکتار، معادل 11/3 درصد متوسط، افزایش پیدا کرد. باتوجه‌به مقادیر حداقلی توابع خطی و نمایی برای تخمین هیدرومدول آبیاری برای دوره‌های بازگشت مختلف استفاده. با درنظرگرفتن تابع تغییرات خطی تا دوره بازگشت 200 سال مشاهده می‌شود که هیدرومدول آبیاری دچار تغییرات زیادی نمی‌گردد (حدود 10 درصد میانگین) پیشنهاد می‌گردد که ساخت ابنیه ذخیره، انتقال و توزیع آب در دشت سنندج مورد بررسی با احتمال وقوع کم (دوره بازگشت بالا) طراحی و اجرا گردد.

منابع

اسدزاده شرفه، ح. و رئوف، م. 1397. مقایسه کارایی مصرف آب در سیستم‌های آبیاری بارانی و هیدروفلوم (مطالعه موردی: دشت اردبیل). مدیریت آب و آبیاری، 8(1), 55-68

حمادی، ک. ذاکری حسینی، ف. حسین‌زاده ساداتی، م. و اله دین، س. 1393. برآورد نیاز آبی محصولات کشاورزی در استان خوزستان. دوفصلنامه تخصصی علوم و مهندسی آب. 9: 16-7.

رئوف، م. 1402. بررسی تغییرات هیدرومدول آبیاری در شرایط آب و هوایی و الگوهای کشت متفاوت. دانش آب و خاک. 33 (4): 85-99.

نظری فر، م. بهبهانی، م. و مؤمنی، ر. 1391. ارزیابی سناریوهای متفاوت کم آبیاری و تعیین هیدرومدول و سطح بهینه الگوی کشت در شرایط کم آبیاری. علوم و مهندسی آبیاری، 35 (2): 105-91.

Ahmadi, M., Motamedvaziri, B., Ahmadi, H., Moeini, A.and Zehtabiyan, G.R. 2019. Assessment of climate change impact on surface runoff, statistical downscaling and hydrological modeling. Phys. Chem. Earth Parts A/B/C, 114, 102800.

Dagdelen, N., Yilmaz,E., Sezgin, F. and Gurbuz,T. 2005.Water yield relation and water use efficiency of cotton and second crop corn in western Turkey. Agric.Water Manage, 82(1-2):63-85.

Dong, Q. 2018. Study on the Crop Irrigation Water Requirement Based on Cropwat in Jinghuiqu Irrigation Area. ACMME, 394

FAO, 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations. How to feed the World in 2050. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert paper/How to Feed the World in 2050. Pdf. (accessed March 25, 2017).

Gorantiwar, S. D. and Smout,I.K. 2003. Allocation of scarce water resources using deficit irrigation in rotational systems. ASCE, J. Irrig. And Drain. Eng, 129(3): 155-163.

Jamal, Q.K., Shanthasheela, M., Sureshverma, R. and Vasanthapriya, S. 2017. Factors Influencing the Knowledge and Adoption of Sustainable Sugarcane Initiative (SSI) by the Sugarcane Farmers of Villupuram District. Int. J. Appl. Res. Technol. 2017, 2, 106–112.

Panhwar, M.Y., Panhwar, S., Keerio, H.A., Khokhar, N.H., Shah, S.A. and Pathan, N. 2022. Water quality analysis of old and new Phuleli Canal for irrigation purpose in the vicinity of Hyderabad, Pakistan. Water Pract. Technol. 2022, 17, 529–536.

Shah, S.A., Jehanzaib, M., Lee, J-H. and Kim, T-W. 2021. Exploring the Factors Affecting Streamflow Conditions in the Han River Basin from a Regional Perspective. KSCE J. Civ. Eng. 2021, 25, 4931–4941.

Shah, S.A., Jehanzaib, M., Yoo, J., Hong, S. and Kim, T-W. 2003. Investigation of the Effects of Climate Variability, Anthropogenic Activities, and Climate Change on Streamflow Using Multi-Model Ensembles. Water 2022, 14, 512.

Tavakoli, A. 2003. The impact of deficit irrigation and nitrogen on yield and yiled components of wheat. Scientific Journal of Agriculture. 26(2): 75-87.

Taye, M.T., Haile, M.T., Fekadu, A.G. and Nakawuka, P. 2021. Effect of irrigation water withdrawal on the hydrology of the LakeTana sub-basin. J. Hydrol. Reg. Stud. (2021), 38, 100961.

بهینه‌سازی مصرف آب و دور آبیاری نیشکر با استفاده از تصاویر سنجنده

جمال محمدی معله‌زاده[1]، سعید حمزه[2]، شعبان زارعی[3]، آقاجان بهادری[4]

[1] رئیس اداره سنجش‌ازدور و GIS مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر، jamalmohammadi611@gmail.com

[2] دانشیار گروه سنجش‌ازدور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، saeid.hamzeh@ut.ac.ir

[3] معاون تحقیقات و پایش کشاورزی مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر، zareiheidar@gmail.com

[4] مدیر عامل مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر، aghajan.bahadori@gmail.com

چکیده

برنامه‌ریزی آبیاری در مزارع نیشکر نیازمند تعیین زمان و مقدار آبیاری بهینه است. تحقیق حاضر به‌منظور بهبود این فرایند مزارع نیشکر، از تصاویر سنجنده حرارتی و نوری به همراه داده‌های میدانی برای برنامه‌ریزی آبیاری در مزرعه 25 هکتاری انجام شد. داده‌های سنجنده حرارتی برای تخمین شاخص تنش آبی گیاه و تصاویر نوری برای تخمین رطوبت خاک به کار رفته است، این اطلاعات با اندازه‌گیری میدانی CWSI، رطوبت غلاف برگ و رطوبت خاک تطبیق داده شد. نتایج نشان داد که شاخص تنش آبی گیاه با ضریب تعیین R^2 برابر 0/92، خطای RMSE برابر 0/14 و انحراف معیار برابر 0/25 به دست آمده است. هم‌چنین، میانگین رطوبت خاک قبل از آبیاری در ناحیه توسعه ریشه، باتوجه‌به نوع بافت خاک، در بازه بهینه 13 تا 17 درصد وزنی بود. هم‌چنین نتایج مقایسه عملکرد محصول در مزرعه پژوهشی با مزارع شاهد نشان داد که استفاده از این مدل‌ها منجر به افزایش 20/53 تن در هکتار عملکرد و کاهش سه دور آبیاری شده است. این نتایج مؤید مؤثر بودن داده‌های CWSI و مدل OPTRAM در مدیریت آبیاری نیشکر است.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی آبیاری، شاخص تنش آبی گیاه، مدل حرارتی، رطوبت خاک، CWSI، نیشکر

مقدمه

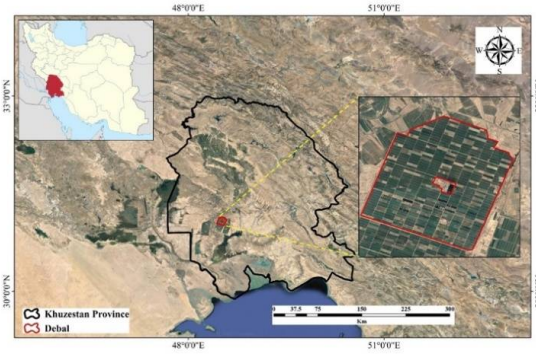
باتوجه‌به رشد جمعیت و افزایش نیاز به محصولات کشاورزی، مدیریت آب کشاورزی به یک چالش کلان در سراسر جهان تبدیل شده است. اما باتوجه‌به شرایط آبی مناطق مختلف، مدیریت دقیق منابع آبی بسیار مهم است. یکی از راه‌های مدیریت منابع آبی، استفاده از شاخص‌های تنش آبی گیاه به‌عنوان راهی برای بهینه‌سازی آبیاری است.

پژوهش‌ها نشان داده است که درجه‌حرارت گیاه معیار مناسبی در تعیین شاخص تنش رطوبتی گیاه است (Turner, 1996). ایدسو و همکاران (1977) اظهار داشتند شاخص درجه تنش روزانه (SDD) که بر اساس تفاوت دمای پوشش گیاهی و هوا (Tc-Ta) در زمان حداکثر تنش روزانه محاسبه می‌شود، می‌تواند معیار مناسبی جهت تعیین زمان آبیاری باشد. صادقی و همکاران (2017) مدل فیزیکی ذوزنقه نوری را برای اولین‌بار به‌منظور برآورد رطوبت خاک ارائه دادند. مدل ذوزنقه نوری که از تفاضل شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) و طول‌موج کوتاه مادون‌قرمز (SWIR) به دست می‌آید، برای محاسبه رطوبت خاک استفاده می‌شود.

این تحقیق به تعریف و ارتقا در ارزیابی تنش آبی گیاه به‌عنوان یک مسئله مهم در زمینه کشاورزی نیشکر می‌پردازد و معرفی روش حرارتی و نوری به‌عنوان روشی بهبودیافته برای این منظور، ارزش افزوده‌ای به این حوزه ارائه می‌دهد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی در کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی در ناحیه عرض شمالی از "14/38 '08 °31 تا "46/64 '01 °31 و طول شرقی از "6/18 '35 °48 تا "42/07 '28 °48 واقع شده است (شکل 1).



شکل 1- موقعیت کشت و صنعت دعبل خزاعی در جنوب خوزستان

داده‌های میدانی

در این راستا، در سال 1400 خصوصیات فیزیکی و شیمیایی عصاره اشباع خاک در مزرعه آزمایشی L6-13 اندازه‌گیری و در آزمایشگاه آب و خاک مؤسسه تحقیقات توسعه نیشکر خوزستان آزمایش شدند. جزئیات اندازه‌گیری در جدول (1) آمده است.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع L6-13

مزرعه	pH	EC	ESP	CEC	Sand	Silt	Clay	بافت خاک
	اسیدیته	هدایت الکتریکی	درصد سدیم تبادلی	ظرفیت تبادل کاتیونی	شن	لای	رس	
L6-13	7/95	5/69	11/16	5/10	28	47/5	24/5	Loam

رطوبت غلاف برگ

رطوبت غلاف به‌شدت تحت‌تأثیر شرایط دمایی و رطوبتی خاک و جو است و در صورت کمبود رطوبت، اولین کاهش و علایم تنش در غلاف برگ ایجاد می‌گردد؛ بنابراین کاهش رطوبت غلاف برگ نشان از عدم تأمین رطوبت توسط خاک و در نتیجه نیاز به آبیاری است. غلاف برگ‌ها باید به‌دقت از محل اتصال به ساقه به‌صورت حلقه در محل گره جدا و پهنک‌برگ نیز از محل غبغب از آن جدا شود. سپس تمام غلاف‌های تمیز شده را بلافاصله توزین و علامت‌گذاری و در آون به مدت 24 ساعت در دمای 72 درجه سلسیوس خشکانده و مجدداً وزن آن تعیین می‌گردد. درصد رطوبت غلاف برگ از معادله زیر محاسبه می‌شود (Sund and Clements, 1974).

$$\text{درصد رطوبت غلاف برگ (VWC)} = \frac{\text{وزن تر (FW)} - \text{وزن خشک (DW)}}{\text{وزن تر (FW)}} \quad (1)$$

شاخص تنش آبی گیاه (CWSI)

درجه‌حرارت برگ گیاه برای تعیین شاخص تنش رطوبتی مهم است. رطوبت خاک، کمبود فشار بخار هوا و مقاومت گیاه و هوا نیز بر میزان تعرق گیاه و دمای برگ تأثیر دارند. شاخص (Tc-Ta) نشان‌دهنده وضعیت آبی گیاه است و می‌تواند در تعیین زمان آبیاری مفید باشد. شاخص تنش- درجه- روز (S.D.D) نیز با محاسبه تفاوت دمای پوشش گیاهی و هوا در زمان حداکثر تنش روزانه، می‌تواند معیار مناسبی برای تعیین زمان آبیاری باشد. (ایدسو و همکاران، 1977) شاخص تنش آبی را به‌صورت زیر ارائه کردند:

$$CWSI = \frac{(Tc-Ta)_m - \{a - bVPDm\}}{(Tc-Ta)_{ul} - \{a - bVPDm\}} \quad (2)$$

که در آن: CWSI، شاخص تنش آبی، VPDm، کمبود فشار اشباع در شرایط حداکثر تنش روزانه قبل از آبیاری (میلی بار)، (Tc-Ta)m، اختلاف درجه‌حرارت پوشش گیاهی و هوا قبل از آبیاری (سانتی‌گراد)، (Tc-Ta)ul، حداکثر اختلاف دمای پوشش گیاهی و هوا در شرایط بدون تعرق گیاه (سانتی‌گراد).

مدل ذوزنقه جدید نوری (OPTRAM[1])

مدل ذوزنقهٔ نوری بر مبنای ایده جایگزینی LST در ذوزنقه قدیمی با STR[2] در مدل جدید ذوزنقه نوری بر پایه اندازه‌گیری رطوبت خاک در حوزه نوری استوار است. صادقی و همکاران (2015) بر اساس مدل انتقال تابشی دوقطبی، یک مدل فیزیکی را ایجاد کرد که رابطه خطی بین رطوبت سطح و بازتاب تبدیل یافته SWIR[3] را نشان می‌دهد. این مدل بر اساس توزیع پیکسلی در محدوده STR-NDVI است که STR نشان‌دهنده بازتاب تبدیل‌شده SWIR (طول‌موج مادون‌قرمز کوتاه) است و NDVI شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی است.

$$M \quad (3)$$

$$S \quad (4)$$

$$N \quad (5)$$

که STRd، STRw، STR؛ خشک (θ~0 cm3cm-3، جایی که θ مقدار رطوبت حجمی است) و مرطوب (θ=θs cm3 cm-3، جایی که θs رطوبت اشباع است) و R بازتاب سطحی برای دامنه الکترومغناطیسی SWIR باند 13 ماهواره سنتینل-2 است.

نتایج و بحث

شاخص تنش آبی گیاه بر اساس اطلاعات زمینی و دماسنج فروسرخ

معادله خط مبنای پایینی برای ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور برای محصول نیشکر (Idso et al., 1977) در مراحل مختلف رشد نیشکر تعیین شد (معادله 6 تا 8). در این معادله VPD کمبود فشار بخار (mbar)، Tc و Ta به ترتیب دمای پوشش گیاهی و هوا (ºC) است.

$$C \quad (6)$$

$$C \quad (7)$$

$$C \quad (8)$$

مقدار CWSI قبل از آبیاری مزارع در طول ماه‌های خرداد تا شهریور با فرض میانگین شاخص 0/4 برای نیشکر، رابطه کمبود فشار بخار (VPD) و اختلاف دمای پوشش گیاه و هوا در زمان آبیاری با استفاده از معادله (9) به‌صورت زیر ارائه می‌شود.

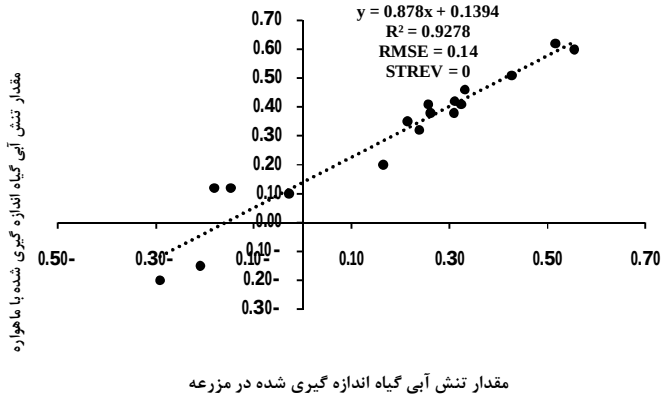
با اعمال تمام داده‌های جمع‌آوری شده در طول دوره داشت نیشکر معادله نهایی خط مبنای پایینی برای نیشکر به‌صورت زیر ارائه شده است.

$$(Tc\text{-}Ta)m = 4.88 - 0.166VPDm \quad (9)$$

[1] The OPtical TRApezoid Model
[2] Shortwave infrared Transformed Reflectance
[3] Short-wave infrared

برای تصمیم‌گیری در خصوص زمان آبیاری مزارع می‌توان با اندازه‌گیری دمای خشک و تر هوا و دمای پوشش گیاهی مقدار کمبود فشار بخار اشباع و (Tc-Ta)m را محاسبه نمود. هر زمان مقدار اندازه‌گیری شده Tc-Ta بیشتر یا مساوی (Tc-Ta)m محاسبه شده از معادله (9) باشد می‌بایست مزرعه را آبیاری نمود.

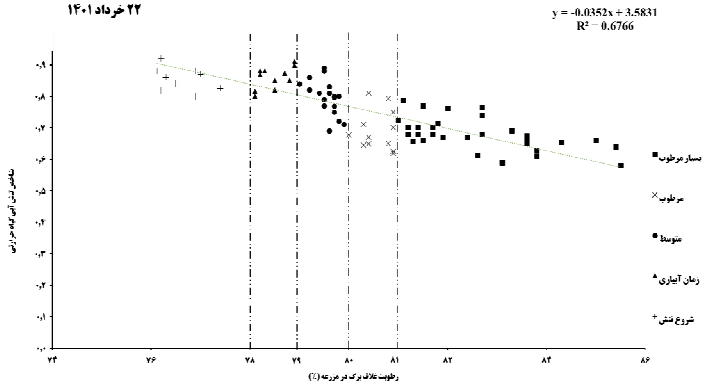
شکل 2 نشان می‌دهد که ارتباط بین CWSI بدست آمده از داده‌های ماهواره و CWSI محاسبه شده بر اساس اندازه‌گیری‌های میدانی مناسب است به‌طوری‌که ضریب تبیین R^2 برابر 0/85، RMSE برابر 0/41 و انحراف معیار برابر 0/22 در این مطالعه بدست آمد.



شکل 2- ارتباط بین CWSI اندازه گیری شده در مزرعه و CWSI برآورد شده لندست حرارتی

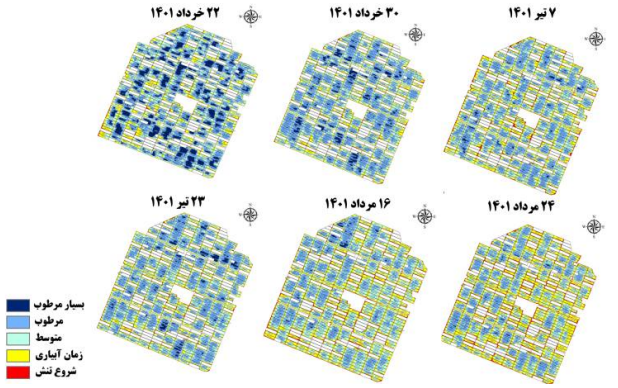
ارتباط بین رطوبت غلاف برگ (VWC) و شاخص تنش آبی گیاه حرارتی (CWSI)

یکی از اهداف اصلی این مطالعه ارزیابی امکان استفاده از مقادیر تخمینی شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) برای برنامه‌ریزی آبیاری و بررسی این که در چه میزان می‌توان از این شاخص برای تعیین وضعیت آبی مزارع نیشکر یا مناطق آبیاری از پیش تعیین شده استفاده کرد. به این منظور، ارتباط بین مقادیر اندازه‌گیری شده درصد رطوبت غلاف برگ (VWC) در روزهای مختلف آبیاری در مزارع و استفاده از مقادیر تخمینی CWSI حرارتی در شکل (3) آورده شده است.



شکل 3- ارتباط بین درصد رطوبت غلاف (VWC) و شاخص تنش آبی گیاه حرارتی (CWSI)، 22 خرداد 1401

با محاسبه محتوای آب گیاهی (VWC) و توزیع فضایی الگوهای شاخص تنش آبی گیاه در طول فصل رشد از تصاویر سنجنده و همچنین با مقایسه رویدادهای آبیاری ثبت شده (روزهای پس از رویداد آبیاری در بخش‌های مختلف مزارع) و شاخص تنش آبی گیاه در شکل 11 نشان‌داده‌شده است. بر اساس رگرسیون خطی بین CWSI و VWC (شکل 10 و 11)، میزان محتوای آب گیاهی VWC به پنج سطح تنش آبی با میزان‌های زیر دسته‌بندی شد: تنش آبی (76.0<VWC≤78.0)، زمان آبیاری (78.0<VWC≤79.0)، متوسط (79.0<VWC≤80.0)، مرطوب (80.0<VWC≤81.0) و بسیار مرطوب (81.0<VWC≤85.0) بدست آمد و در شکل 4 آمده است.



شکل 4- شاخص تنش آبی گیاه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست 8 و 9

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، برنامه‌ریزی آبیاری مزارع نیشکر با استفاده از شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) و رطوبت خاک داده‌های سنجنده حرارتی و نوری به‌منظور بهینه‌سازی زمان و مقدار آبیاری بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از این مدل‌ها و تصاویر سنجنده می‌تواند به طور دقیق نیاز آبی گیاه را ارزیابی کرد. این روش نه‌تنها منجر به کاهش تعداد دفعات آبیاری می‌شود، بلکه عملکرد محصول را نیز به طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد. یافته‌های این تحقیق، کارایی و دقت استفاده از داده‌های حرارتی و شاخص تنش آبی گیاه و رطوبت خاک را در مقایسه با روش‌های سنتی نشان می‌دهد.

استفاده از این فنون در مزارع نیشکر نه‌تنها باعث بهبود کارایی آبیاری و کاهش مصرف آب می‌شود، بلکه با افزایش قابل‌توجه عملکرد محصول، به کشت و صنعت‌ها و کشاورزان کمک می‌کند تا بهره‌وری بیشتری داشته باشند. ازاین‌رو، به‌کارگیری داده‌های حرارتی و نوری می‌تواند به‌عنوان یک ابزار کارآمد در مدیریت آبیاری و کاهش تنش‌های آبی در مزارع نیشکر مورداستفاده قرار گیرد.

منابع

Babaeian, E., Sadeghi, M., Franz, T.E., Jones, S. and Tuller, M. 2018. Mapping soil moisture with the OPtical TRApezoid Model (OPTRAM) based on long term MODIS observations. Remote Sens. Environ. 211, 425–440. https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.04.29.

Idso, S.B., Jackson, R.D. and Reginato, R.J. 1977. Remote-Sensing of Crop Yields: Canopy temperature and albedo measurements have been quantitatively correlated with final harvests of wheat. Science, 196(4285), 19-25.

Engman, E. T. and Chauhan, N. 1995. Status of microwave soil moisture measurements with remote sensing. Remote Sensing of Environment, 51(1), 189-198.

Carlson, T.N., Gillies, R.R. and Perry, E.M. 1994. A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover. Remote sensing reviews, 9(1-2), 161-173.

Turner, N.C. 1996. "Adaptation to Water Deficits: A Changing Perspective". Australian Journal of Plant Physiology, 23, 213-226.

Sadeghi, M., Babaeian, E., Tuller, M. and Jones, S. B. 2017. The optical trapezoid model: A novel approach to remote sensing of soil moisture applied to Sentinel-2 and Landsat-8 observations. Remote sensing of environment, 198, 52-68.

پیش‌بینی عملکرد گیاه برنج- رقم طارم هاشمی با استفاده از داده‌های دورسنجی و مدل گیاهی

فاطمه جعفری صیادی [1]

[1] دکتری رشته مهندسی آب، گرایش آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، jafarisayadif@gmail.com

چکیده

امروزه یکی از شاخص‌های امنیت با تضمین تولید محصولات کشاورزی اساسی فراهم می‌شود. اهمیت برنج به‌عنوان محصولی که در سبد غذایی خانوار ایرانی قرار دارد بر کسی پوشیده نیست. کشت برنج به دلیل تأثیرگذاری بر امنیت غذایی اهمیت فراوان دارد. امروزه توسعه فناوری‌های مختلف در حوزه کشاورزی، مسیر جدیدی را برای پژوهش پیرامون برنج گشوده است. پیش‌بینی میزان عملکرد برنج راهکاری است تا بتوان اطلاعات دقیقی از شرایط فعلی داشته و برای پایان فصل برنامه‌ریزی و مدیریت نمود. برای دستیابی به این هدف، در پژوهش حاضر از داده‌های سنجنده سنتینل -2 و مدل گیاهی AquaCrop در سال زراعی 1400 استفاده شد. مطابق با نتایج این پژوهش، شاخص گیاهی رشد برنج (RGVI) به‌عنوان شاخص تخصصی شده برنج توانست با میانگین ضریب همبستگی 85 درصد با عملکرد برنج رابطه برقرار کند. به علاوه، با استفاده از رابطه شاخص گیاهی و عملکرد برنج با دقت بالاتری نسبت به مدل گیاهی AquaCrop عملکرد برنج پیش‌بینی شد.

کلمات کلیدی: شاخص گیاهی رشد برنج (RGVI)، سنجنده سنتینل -2، مدل AquaCrop

مقدمه

امروزه یکی از شاخص‌های امنیت با تضمین تولید محصولات کشاورزی اساسی فراهم می‌شود. سهم زیادی از مبادلات اقتصادی کشورها به خریدوفروش محصولات کشاورزی اختصاص داشته و این امر بازار پر رونقی را برای صنعت کشاورزی فراهم آورده است. روش‌های اصلی برای پیش‌بینی و برآورد عملکرد گیاه شامل روش‌هایی از سطح مزرعه، استفاده از مدل‌های رشد گیاهی، مدل‌های هیدرولوژی کشاورزی و روش‌های سنجش‌ازدور هستند (Valverde-Arias et al., 2020). برآورد عملکرد به‌صورت تجربی متکی به دخالت عامل انسانی است. این روش به اندازه‌گیری‌های زیاد صحرایی برای جمع‌آوری داده‌ها نیاز داشته و در مقیاس منطقه‌ای پرهزینه، سخت و گاهی غیرممکن است (مختاری، 1390). در صورت صرف وقت و انرژی حتی با فرض دقیق بودن، داده‌های نهایی بسیار دیرتر از زمان موردنیاز به دست مدیران خواهد رسید. به همین دلیل این داده‌ها بیشتر از اینکه به‌عنوان ابزار مدیریت در سال جاری استفاده شود به‌عنوان آمار کشت در سال و یا سال‌های گذشته ارائه می‌شوند. در دهه اخیر مدل‌های گیاهی برای پیش‌بینی عملکرد، نیازهای گیاهی، ارزیابی اقلیم در شرایط مدیریت و محدودیتی مختلف و درک بهتر محصول در این شرایط به‌کار می‌روند (جعفری صیادی، 1400). مدل AquaCrop یکی از ابزارهای توانمند در شبیه‌سازی عملکرد گیاهان مختلف است که توسط سازمان خوار و بار جهانی توسعه یافته است (Raes, 2017). سادگی، نیاز به کمینه تعداد داده‌های ورودی و دقت قابل قبول از امتیازات این مدل می‌باشد (Steduto et al., 2012). به‌علاوه، فناوری سنجش‌ازدور هم اکنون در زمینه‌های مختلف همچون مدیریت سیلاب، کنترل رودخانه‌ها و حوزه‌های آبخیز، پایش محیط‌زیست، کنترل ذخایر آبی، مدیریت جنگلی، مدیریت مرتع و آبخیزداری، مدیریت کشاورزی و عملیات زراعی، اقیانوس‌شناسی،

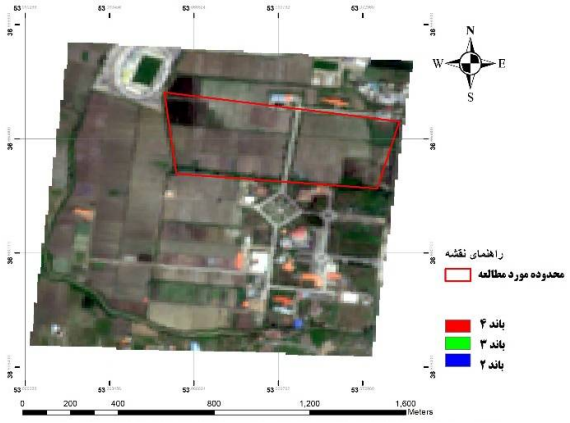
اقلیم‌شناسی و زمین‌شناسی مورداستفاده قرار می‌گیرد. در فناوری سنجش‌ازدور با تجزیه و تحلیل انرژی ساطع یا منعکس‌شده از پدیده‌ها، اطلاعات در مورد آن‌ها کسب می‌شود (معدنچی و همکاران، 1399). استفاده از فناوری دورسنجی و به‌کارگیری داده‌های سنجنده، اغلب موجب کاهش هزینه و افزایش دقت و سرعت می‌شود و روز به روز بر اهمیت این فناوری در راستای توسعه پایدار افزوده می‌شود (جعفری صیادی، 1395). امروزه با توسعه این فناوری از داده‌های به دست آمده در برنامه‌ریزی در بخش کشاورزی استفاده می‌شود. تصاویر سنجنده می‌توانند در برآورد میزان نیاز آبی، عملکرد گیاهان، شناخت اراضی زراعی، شناسایی خسارت‌های ناشی از هجوم علف هرز، آفات، بیماری‌ها، تگرگ و باد کمک شایانی نماید (مختاری، 1390؛ Garkusha et al., 2020). امروزه سنجنده‌های سنجش‌ازدور به‌صورت گسترده برای انجام پژوهش‌ها در زمینه تخمین محصولات کشاورزی استفاده می‌شوند. یکی از این سنجنده‌ها، سنتینل-2 بوده که در دو سکوی A و B به ترتیب در 23 ژوئن 2015 و 7 مارس 2017 توسط آژانس فضایی اروپا به فضا پرتاب شده است. سنجنده چندطیفی نصب شده در سکوی سنتینل دارای 12 کانال طیفی با توان تفکیک مکانی 10، 20 و 60 متر است (Hoersch, 2015). این سنجنده به سبب برخورداری از سه کانال لبه قرمز با طول موج‌های متفاوت، امکان پایش بهتر گیاهان را فراهم می‌سازد. علاوه بر این، چند کانال مرئی و مادون قرمز در طول موج مادون قرمز کوتاه نیز به‌منظور بررسی و مطالعه ذرات معلق، بخار آب، ابرهای سیروسی و گرد و غبار در این سنجنده تعبیه شده است (Parida rt al., 2021). قدرت تفکیک زمانی هر کدام از سنجنده‌ها 10 روز بوده که باتوجه‌به یکسان بودن سنجنده بکار رفته دو سکو، توان تفکیک زمانی به پنج روز ارتقا یافته است. بررسی خصوصیات گیاهی از طریق تصاویر سنجنده‌ای معمولا با کمک نمایه‌های گیاهی استخراج شده انجام می‌گیرد. نمایه‌های گیاهی تبدیل‌های ریاضی هستند که بر اساس طیف‌های مختلف سنجنده‌ها برای مقاصد گوناگون معرفی شده‌اند (Kumar et al., 2020). این نمایه‌ها به‌صورت یک عملیات ریاضی ساده مانند جمع، تفریق، نسبت‌گیری و یا دیگر ترکیبات خطی می‌باشند که ارزش هر پیکسل در طیف‌های مختلف را به یک نمایه عددی تغییر می‌دهند (Wu et al., 2018).

پژوهش حاضر باهدف پیش‌بینی عملکرد گیاه برنج با استفاده از تصاویر سنجنده سنتیل 2 و مدل گیاهی AquaCrop شکل‌گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

در این پژوهش برای استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور، لازم بود منطقه موردمطالعه دارای گستردگی مطلوب و یکنواختی کشت محصول باشد در نتیجه پژوهش حاضر در شالیزارهای پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به مساحت 25 هکتار انجام گرفت (شکل 1) که در آن رقم برنج محلی طارم هاشمی (Oryza sativa L.) کشت شده بود. به علاوه رقم برنج کشت شده در اغلب مناطق استان مازندران نیز رقم طارم هاشمی بوده که نتایج حاصل از پژوهش حاضر، قابل تعمیم به دیگر نقاط است. هم‌چنین قرارگیری منطقه موردمطالعه در محدود دانشگاه امکان تعیین دقیق عملکرد محصول را فراهم نمود.



شکل 1- محدوده موردمطالعه

داده‌های مورداستفاده

در این پژوهش تصاویر سنجنده سنتینل 2 (سنجنده MSI) مورداستفاده قرار گرفت (جدول 1). تصاویر این سنجنده از طریق پایگاه copernicus.eu دریافت شد. طیف‌های مرئی، فروسرخ نزدیک و فروسرخ میانی در سنجنده موردنظر بود که پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم روی هر طیف با استفاده از نرم‌افزار ENVI 5.3، اطلاعات طیف‌ها برای محاسبه شاخص گیاهی مورداستفاده قرار گرفت.

جدول 1- طیف‌های موردنیاز از سنجنده سنتینل -2

شماره باند	نام باند	علامت اختصاری	طول‌موج (نانومتر)	اندازه سلول (متر)
2	آبی	Blue	490	10
4	قرمز	Red	650	10
8	فروسرخ نزدیک	NIR	840	10
11	فروسرخ میانی 1	SWIR1	1/61	20
12	فروسرخ میانی 2	SWIR2	2/19	20

تاریخ تصاویر

باتوجه‌به فصل زراعی گیاه برنج که در منطقه موردمطالعه از ابتدای خرداد تا نیمه مرداد ادامه می‌یابد پایان دوره پنجه‌زنی و نیمه دوره خوشه‌دهی مبنای انتخاب تصویر مناسب برای تعیین عملکرد قرار گرفت؛ بنابراین دو تصویر در تاریخ‌های 10 و 23 تیرماه 1400 از سنجنده سنتینل-2 مورداستفاده قرار گرفت که میزان ابرناکی هر دو تصویر کمتر از ده درصد بود.

شاخص‌های گیاهی

یک شاخص گیاهی مناسب برای تشخیص گیاه و ویژگی‌های آن شاخص است که بتواند هرگونه اثر پس‌زمینه را همچون بازتاب از سطح خاک، اثرات اتمسفر، بازتاب از عوارض زمین‌شناسی و حتی حذف بخش‌های غیر فتوسنتزکننده گیاه را به‌خوبی انجام دهد (کو و همکاران، 2015). به علاوه زمین‌های شالیزاری با داشتن ویژگی‌های مخصوص به خود از جمله وجود آب در پس زمینه شالیزار نیازمند شاخص‌های گیاهی مخصوص به خود هستند شاخص گیاهی رشد برنج (رابطه 1) شاخصی است که با کاربرد تعداد طیف‌های بیشتر می‌تواند در شناسایی گیاه برنج در کشت شالیزاری مناسب و کاربردی باشد (Nuarsa et al., 2011).

$$RGVI = 1 - \frac{Blue - Red}{NIR + SWIR1 + SWIR2} \quad (1)$$

نمادهای رابطه 1 در جدول 1 آورده شده است.

مدل گیاهی

میزان عملکرد در مدل گیاهی AquaCrop از ضرب‌کردن زیست‌توده در شاخص برداشت مرجع مطابق رابطه 2 به‌دست می‌آید.

$$Y = f_{HI} \times HI_0 \times B \quad (2)$$

نمادها در رابطه 2 عبارت‌اند از، Y عملکرد دانه، f_{HI} ضریب تنظیم‌کننده شاخص برداشت مرجع، HI_0 شاخص برداشت مرجع طی مرحله بلوغ فیزیولوژیک و B زیست توده است.

مدل برای محاسبه رابطه 2 به داده‌های اقلیمی، اطلاعات گیاهی، مشخصات خاک و داده‌های مدیریت مزرعه و آبیاری نیاز دارد.

آماره‌های ارزیابی

نمایه‌های آماره شامل ریشه میانگین مربعات خطا و خطای نرمال شده به‌منظور ارزیابی نتایج حاصل از مدل گیاهی، داده‌های سنجش‌ازدور و داده‌های زمینی مطابق روابط 3 و 4 مورداستفاده قرار گرفت.

$$R \quad (3)$$

$$N \quad (4)$$

که در آنها S_i مقدار برآورد شده، M_i مقدار اندازه‌گیری شده، $\overline{M}$ میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده و n تعداد داده‌ها می‌باشد.

رابطه شاخص گیاهی و عملکرد گیاهی

با استفاده از داده‌های برداشت شده از مزرعه و شاخص گیاهی RGVI روابط مناسب برای برآورد عملکرد با کمک داده‌های سنجنده سنتینل-2 در دو تاریخ انتخابی استخراج و در جدول 2 ارائه شد.

جدول 2- برآورد عملکرد برنج براساس شاخص‌های گیاهی

تاریخ تصویر	رابطه RGVI و عملکرد (Y)	r
1400/04/10		0/88
1400/04/23		0/81

مطابق جدول 2، ضریب همبستگی بین شاخص گیاهی و عملکرد برنج در تاریخ دهم تیر ماه به دلیل کامل‌تر بودن پوشش گیاهی و قرار گرفتن گیاه در مرحله پنجه‌زنی بیشتر از مرحله خوشه‌دهی (23 تیرماه) است، در پژوهش Sanaeinejad و همکاران (2014) اشاره شده است که هرچه پوشش گیاهی کامل‌تر باشد شاخص‌های گیاهی با عملکرد همبستگی بیشتری خواهند داشت و با قرار گرفتن گیاهی در مراحل پایانی رشد و کاهش سبزینگی پوشش گیاهی همبستگی بین شاخص‌های گیاهی و عملکرد کاهش می‌یابد.

محاسبه عملکرد برنج

به‌منظور ارزیابی روابط ذکر شده در جدول 2، عملکرد برنج با استفاده از روابط محاسبه شد همچنین با هدف ارزیابی دقت مدل گیاهی AquaCrop عملکرد برنج با استفاده از این مدل نیز محاسبه شده و با استفاده از آماره‌های ارزیابی، عملکرد محاسباتی توسط هر روش مورد بررسی قرار گرفت و نتایج ارزیابی در جدول 3 آورده شد.

جدول 3- آماره‌های ارزیابی محاسبه عملکرد برنج به استفاده از شاخص گیاهی و مدل AquaCrop

روش محاسبه عملکرد	تاریخ (دوره زراعی)	RMSE (kg/ha)	NRMSE
شاخص گیاهی RGVI	1400/04/10	600	11/61

10/61	400	1400/04/23	
12/85	710	پایان دوره زراعی	مدل گیاهی AquaCrop

به طور خلاصه آماره‌های ارزیابی در جدول 3، بیانگر برتری روش سنجش از دوری بر مدل گیاهی هستند. استفاده از رابطه میان شاخص گیاهی RGVI و عملکرد برنج باعث می‌شود در دوره‌های قبل از برداشت برنج بتوان با دقت بالایی عملکرد برنج را پیش‌بینی نمود در حالی که استفاده از مدل گیاهی زمانی مقدور است که دوره کشت گیاه کامل شده باشد. آماره‌های ارزیابی نشان می‌دهند که با نزدیک‌تر شدن به مراحل پایانی دوره زراعی برنج داده‌های دورسنجی دقت بیشتری در برآورد عملکرد دارند درحالی‌که مدل گیاهی حتی با پایان یافتن دوره کشت برنج نیز نتوانست دقتی برابر با نتایج سنجش‌ازدور ارائه کند. در پژوهش Chen and Tao (2020) به کاربرد همزمان داده‌های سنجش‌ازدور و مدل‌های گیاهی برای دست‌یابی به برآوردهای دقیق پیش از زمان برداشت محصول اشاره شده است.

نتیجه‌گیری

اهمیت برنج به‌عنوان محصولی که در سبد غذایی خانوار ایرانی قرار دارد بر کسی پوشیده نیست. امروزه توسعه فناوری‌های مختلف در حوزه کشاورزی، مسیر جدیدی را برای پژوهش پیرامون برنج گشوده است. در پژوهش حاضر تلاش شد تا با استفاده از فناوری سنجش‌ازدور و مدل گیاهی AquaCrop عملکرد برنج برآورد شود. نتایج نشان داد شاخص تخصصی شده RGVI با میانگین دقت 85 درصد با عملکرد برنج رابطه دارد و استفاده از رابطه شاخص گیاهی و عملکرد منجر می‌شود تا با دقت بالاتری نسبت به مدل گیاهی بتوان عملکرد برنج را محاسبه و حتی پیش‌بینی نمود.

منابع

جعفری صیادی، ف. 1395. کاربرد سنجش‌ازدور در برآورد سطح زیر کشت و مقدار آب مصرفی برنج. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. مازندران. ایران.

جعفری صیادی، ف. 1400. برآورد عملکرد برنج با استفاده از الگوریتم‌های ادغام تصاویر ماهواره‌ای و مدل AquaCrop. رساله دوره دکتری. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

مختاری، ش. 1390. توسعه و کاربرد یک مدل ساده (VSM) جهت تخمین منطقه‌ای عملکرد برنج با بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان.

معدنچی، پ.، حبیب‌نژاد روشن، م.، شاهدی، ک.، سلیمانی، ک. و فاتحی‌مرج، ا. 1399. بررسی داده‌های سنجش‌ازدور به‌منظور پایش رطوبت خاک در استان کرمان، مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد بافت. نشریه علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، 12 (3). 785-795.

Chen, Y. and Tao, F. 2020. Improving the practicability of remote sensing data-assimilation-based crop yield estimations over a large area using a spatial assimilation algorithm and ensemble assimilation strategies. Agricultural and Forest Meteorology. 291. 1-14.

Garkusha, S., Shazhennik, M., Kiselev, E., Chizhikov, V. and Petrushin, A. 2020. Research of rice crop in Krasnodar region by remote sensing data. Interagromash, 175. 1-9. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017501004.

Hoersch, B. 2015. SENTINEL-2 user handbook. European Space Agency (ESA) .Europe. 64 P.

Kumar Oad, V., Xiaohua, D., Arfan, M., Kumar, V., Mohsin, M. S., Saad, S., Lü, H., Azam, M. I. and Tayyab, M. 2020. Identification of Shift in Sowing and Harvesting Dates of Rice Crop (Oryza sativa L.) through Remote Sensing Techniques: A Case Study of Larkana District. Sustainability, 12 (3586). 1-15. https://doi.org/10.3390/su12093586.

Nuarsa I.W., F. Nishio. and Hongo, C. 2011. Spectral characteristics and mapping of rice plants using multi-temporal Landsat data. Agricultural Science, 3: 54–67.

Parida, B.R., Kumar, A. and Ranjan, A.K. 2021. Crop types discrimination and yield prediction using Sentinel-2 data and AquaCrop model in Hazaribagh district, Jharkhand. Journal of Cartography and Geographic Information. 21. 1-13.

Raes, D. 2017. AquaCrop training handbook Ⅰ. Understanding AquaCrop. FAO

Sanaeinejad, H., Nassiri Mahallati, M., Zare, H., Salehnia, N. and Ghaemi, M. 2014. Wheat yield estimation using Landsat images and field observation: A case study in Mashhad. Journal of Plant Production, 20 (4), 45- 63.

Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E. and Raes, D. 2012. Crop yield response to water. FAO, Irrigation and Drainage Paper, 66.

Valverde-Arias, O.R., Esteve, P., Tarquis, A.M. and Garrido, A. 2020. Remote sensing in an index based insurance design for hedging economic impacts on rice cultivation. Natural hazards and earth system schiences, 20. 345-362. https://doi.org/10.5194/nhess-20-345-2020.

Wu, M., Yang, C., Song, X., Hoffmann, W.C., Huang, W., Niu, Z., Wang, C., Li, W. and Yu, B. 2018. Monitoring cotton root rot by synthetic Sentinel-2 NDVI time series using improved spatial and temporal data fusion. Scientific Reports. 8. 1-12.

تهیه نقشه سطح زیر کشت محصولات با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور

رسول خوارزمی [1]، محسن باقری بداغ‌آبادی [2]، منصور چترنور [3]

[1] استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، kharazmirasoul@gmail.com

[2] استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] کارشناس، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

برآورد سطح زیر کشت محصولات کشاورزی یکی از ارکان مهم در حوزه برنامه‌ریزی کشاورزی است. هدف از این تحقیق تخمین سطح زیر کشت برنج در بالادست سد درودزن استان فارس با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور است. بدین منظور در ابتدا با استفاده از تصاویر سنتینل-2 و شاخص NDVI الگوی کشت سالانه منطقه در محیط گوگل ارث انجین استخراج شد. سپس میانگین ماهانه این شاخص محاسبه و به همراه تصاویر راداری به‌عنوان داده کمکی در طبقه‌بندی استفاده گردید. طبقه‌بندی با کمک 300 نقطه کنترل و با استفاده از الگوی ماشین بردار پشتیبان انجام شد. ضریب صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب 89% و 0/86 محاسبه شد که بیانگر دقت قابل قبول نتایج است. نتایج نشان داد که 31% منطقه موردمطالعه تحت کشت برنج است. استخراج چنین نقشه‌هایی می‌تواند در مقیاس ملی و محلی کمک زیادی به تعیین الگوی کشت، برنامه‌ریزی مدیران اجرایی و هم‌چنین، پیش‌بینی نیاز آبی محصولات نماید.

کلمات کلیدی: گوگل ارث انجین، سنجنده سنتینل، ماشین بردار پشتیبان، شالیزار

مقدمه

رشد جمعیت و به دنبال آن افزایش تقاضا برای غذا یکی از چالش‌های مهم سال‌های اخیر در دنیا است. این در حالی است که در بلندمدت افزایش تقاضا برای غذا منجر به افزایش بهره‌وری از منابع آب‌وخاک می‌شود (Rashki et al., 2013). از سوی دیگر برنامه‌ریزی دقیق میزان نیاز محصولات کشاورزی در یک کشور نیازمند به پایش و تولید نقشه‌های سطح زیر کشت دقیق از محصولات می‌باشد (آهنگرها و همکاران، 1399). یکی از روش‌های نوین در تخمین سطح زیر کشت، پیش‌بینی تولید و به دنبال آن پیش‌بینی منابع موردنیاز رشد گیاه اعم از آب و مواد غذایی، استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و تحلیل زمانی تصاویر سنجنده است. این داده‌ها به دلیل پوشش وسیع و توانایی آشکارسازی تغییرات در سال‌های قبل، به‌عنوان یک منبع ایدئال برای تعیین وضعیت سطح زیر کشت اراضی محسوب می‌شوند. فناوری سنجش‌ازدور مبتنی بر حسگرهای نوری و راداری، یکی از ابزارهای مهم برای استخراج نواحی زراعی است. همچنین فناوری سنجش‌ازدور برای تخمین نوع محصولات زراعی قابل‌استفاده است. به دلیل افزایش قدرت تفکیک مکانی، زمانی و طیفی تصاویر سنجنده‌ها، نتایج طبقه‌بندی بهبودیافته است. طبقه‌بندی‌های سری زمانی و در مقیاس بزرگ مبتنی بر نوع محصول، مهم‌ترین موضوع مطالعاتی در این حوزه است. یکی از منابع ارزشمند در دسترس رایگان با اهداف کشاورزی، تصاویر سنجنده سنتینل است (Gomarasca et al., 2019). این ماهواره از سال 2014 میلادی با پایش و ارسال تصاویر در محدوده نوری و راداری کمک زیادی به محققین نموده است. به‌طوری‌که مطالعات زیادی در زمینه پایش تغییرات، تخمین سطح زیر کشت و تفکیک نوع محصول در سراسر دنیا با استفاده از این تصاویر انجام شده است (Veloso et al., 2017; Zhang et al., 2019; Savitha et al., 2023). امروزه توسعه شاخص‌ها و الگوهای متعدد در کنار تصاویر سنجنده‌ها کمک زیادی به حل چالش‌های پیشروی مدیران اجرایی در حوزه مدیریت منابع آبی و زراعی

نموده است. از جمله این روش‌ها روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین است که توانایی تفکیک محصولات، تخمین سطح زیر کشت و برآورد تولید محصول را فراهم می‌کند (Savitha et al., 2023). به‌عنوان نمونه زانگ و همکاران (2023) با ترکیبی از تصاویر نوری و راداری سنتینل به تهیه نقشه سطح زیر کشت برنج در حاشیه رود یانگ تسه پرداخته‌اند. پژوهش انجام شده توسط وان تریکت و همکاران (2018) نیز نشان داد ترکیب تصاویر نوری و راداری توانایی تفکیک نوع محصول کشاورزی را دارند. در این پژوهش الگوی ماشین یادگیری پشتیبان (SVM[1]) نسبت به سایر روش‌ها نتایج دقیق‌تری را ارائه نمود.

در این مطالعه از الگوهای یادگیری ماشین باهدف تخمین سطح زیر کشت استفاده شده است؛ بنابراین روش یاد شده نقش مهمی را در ایجاد داده قابل‌استناد به‌منظور تصمیم‌گیری‌های کلان در این حوزه را دارد. توسعه نرم‌افزارها و همچنین سکوهای خدمات تحت وب علاوه بر تسهیل استفاده کاربران از داده‌های سنجنده سبب امکان توسعه الگوهای مختلف در این حوزه شده است. یکی از این سکوها، زیرساخت تحت وب گوگل ارث انجین (GEE[2]) است که با زبان برنامه‌نویسی پایتون امکان انجام تحلیل‌های متعدد با صرف زمان بسیار کوتاه را فراهم آورده است (la Cecilia et al., 2024). آرشیو قدرتمند داده‌های سنجنده‌های این سکو سبب تسهیل در انواع پردازش‌های طیفی بر روی پدیده‌های مختلف سطح زمین با داده‌های سنجنده‌های متفاوت شده است. در حوزه کشاورزی نیز این سامانه با دارابودن آرشیو غنی از داده‌های سنجنده و پرو داکت‌های آماده امکان محاسبات مختلف در این حوزه را فراهم نموده است.

بنابراین، باتوجه‌به اهمیت سطح زیر کشت در میزان مصرف منابع آبی و مواد کودی، هدف از این پژوهش تخمین سطح زیر کشت شالیزارهای کامفیروز در استان فارس با استفاده از تصاویر نوری و راداری سنتینل در محیط گوگل ارث انجین است.

مواد و روش‌ها

محدوده موردمطالعه با مساحت 28343 هکتار شامل اراضی بالا دست سد درودزن و حاشیه رود کر در استان فارس می‌باشد و کشت غالب این منطقه برنج است (شکل 1). باهدف تخمین سطح زیر کشت برنج در محدوده موردمطالعه در سال 2023 میلادی مراحل زیر طی شد:

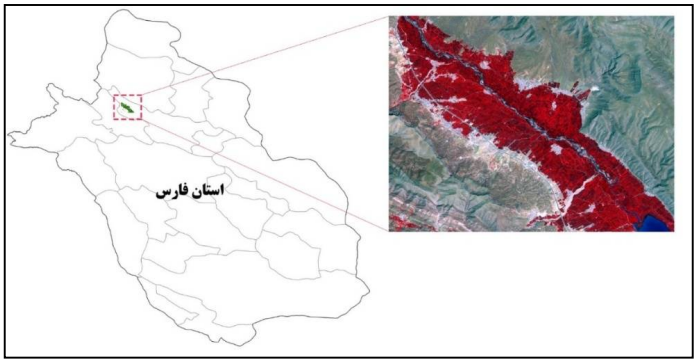
ابتدا تصاویر نوری سنتینل (سنتینل-2) در محیط GEE فراخوانی و سپس پیش پردازش تصاویر با اعمال فلیتر ماسک ابر و فاکتور اصلاحی انجام شد. باهدف تعیین الگوی کشت منطقه، در ابتدا نمودار سالانه تغییرات شاخص NDVI بر مبنای محصول برنج در محیط GEE محاسبه و استخراج شد. به‌منظور افزایش دقت طبقه‌بندی، بر اساس تغییرات الگوی کشت منطقه، تصاویر راداری منطبق با بازه زمانی که در آن کشت برنج صورت می‌گیرد، فراخوانی شد و پس از تصحیحات موردنیاز؛ به‌عنوان داده کمکی مورداستفاده قرار گرفت. لازم به توضیح است که تصاویر راداری نقش قابل‌توجهی را به‌ویژه در تفکیک اراضی مسکونی و بایر دارند.

باهدف طبقه‌بندی تصاویر و تعیین سطح زیر کشت سالانه منطقه موردمطالعه، در ابتدا میانگین ماهانه تصاویر برای هر ماه استخراج شد و سپس شاخص NDVI برای آن استخراج گردید. این خروجی‌ها و تصویر راداری در قالب یک بانک داده واحد (layer stack) قرار داده شدند. طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از الگوی SVM انجام گرفت. ماشین بردار پشتیبان یک گروه از الگوهای طبقه‌بندی نظارت شده یادگیری ماشینی بر مبنای نظریه یادگیری آماری هستند که در زمینه سنجش‌ازدور موردبررسی قرار گرفته‌اند.

باهدف طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از الگوی SVM، 300 نمونه تعلیمی با استفاده از آرشیو گوگل ارث برداشت و وارد محیط GEE شد. 80 درصد داده‌ها برای طبقه‌بندی و 20 درصد آن نیز برای صحت سنجی مورداستفاده قرار گرفت.

به‌منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی در این تحقیق از ضریب صحت کلی[3] و ضریب کاپا[1] استفاده شد. صحت کلی یکی از ساده‌ترین متغیرهای دقت است که نیاز به عملیات پیچیده‌ای برای محاسبه نداشته و برآوردی کلی از دقت طبقه‌بندی یا به‌اصطلاح دقیق‌تر، میانگینی از دقت طبقه‌بندی است.

[1] Support Vector Machine
[2] Google Earth Engine
[3] Overall Accuracy



شکل 1- محدوده موردمطالعه به‌همراه تصویر سنجنده سنتینل،2 - با ترکیب رنگی کاذب طیف‌های مادون قرمز نزدیک، قرمز و سبز

نتایج و بحث

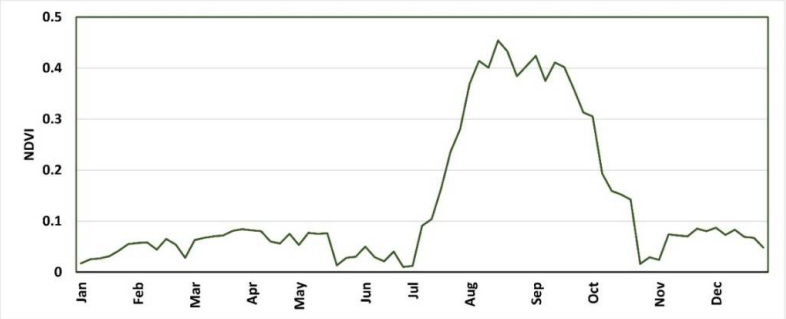
تغییرات شاخص NDVI نشان می‌دهد که در منطقه موردمطالعه روند این شاخص از اوایل ماه جولای (دهه اول تیرماه) صعودی می-شود و در ماه آگوست و سپتامبر (نیمه دوم مردادماه تا نیمه دوم شهریورماه) این شاخص دارای مقدار حداکثر است و سپس تا اواسط ماه نوامبر (دهه آخر مهرماه) سیر نزولی دارد؛ بنابراین دوره رشد این محصول از زمان کاشت تا برداشت تقریباً چهار ماه به طول می‌انجامد (شکل 2). با توجه تغییرات دوره رشد محصول برنج، تصاویر راداری این محدوده نیز برای همین بازه زمانی در محیط GEE فراخوانی و تصویر میانه آن محاسبه شد و به‌عنوان داده کمکی در تفکیک اراضی مسکونی روستایی و اراضی بایر از مناطق تحت کشت در طبقه‌بندی لحاظ شد.

طبقه‌بندی لایه ایجاد شده منتج از شاخص ماهانه NDVI و تصویر راداری با استفاده از الگوی ماشین بردار پشتیبان و با استفاده از سیصد نمونه تعلیمی انجام شد. دقت کلی طبقه‌بندی و ضریب کاپا در این مطالعه به ترتیب 89% و 0/86 محاسبه شد که بیانگر نتایج رضایت بخش الگوی SVM می‌باشد. نتایج تحقیقات دیگر (علیزاده و همکاران، 1397 ;Rahimzadegan et al., 2015) نیز بیانگر این مطلب است که این الگوی نتایج قابل قبولی را در تفکیک محصولات و تعیین سطح زیر کشت آن دارد.

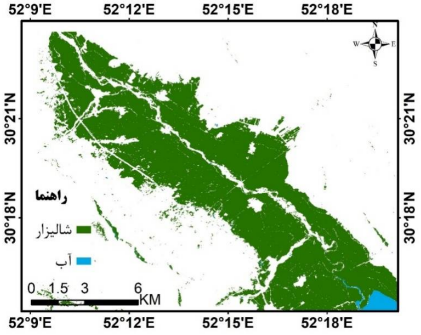
همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، تصاویر راداری مورداستفاده به‌خوبی مرز مناطق مسکونی و حریم خشک رودخانه را از اراضی تحت کشت تفکیک نمود (شکل 3). بنابراین استفاده از داده‌های کمکی مانند تصاویر راداری و شاخص‌های مختلف نقش بسزایی را در بالابردن دقت طبقه‌بندی دارد.

نتایج حاصل از طبقه‌بندی نشان داد که 8776 هکتار از اراضی بالا دست سد درود زن تحت کشت برنج می‌باشد که 31% محدوده مورد بررسی را شامل می‌شود.

[1] Kapa Coefficient



شکل 2- تغییرات سالانه شاخص NDVI در منطقه موردمطالعه



شکل 3- نقشه اراضی تحت کشت برنج در منطقه موردمطالعه

در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از فنون نوین و الگوهای قابل اتکا با خطای کمتری به تولید آمار و اطلاعات در حوزه کشاورزی پرداخته شود. نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق نشان می‌دهد که این روش‌ها در استخراج داده‌های قابل‌استفاده در بخش مدیریت و اجرا توانمند هستند. همچنین، ترکیب داده‌های سنجنده طیف نوری و راداری به همراه شاخص‌های پوشش گیاهی نقش قابل‌توجهی را در افزایش دقت طبقه‌بندی و استخراج اطلاعات مدنظر را دارد. استخراج چنین نقشه‌هایی می‌تواند در مقیاس ملی و محلی کمک زیادی به تعیین الگوی کشت، برنامه‌ریزی مدیران اجرایی و همچنین، پیش‌بینی نیاز آبی محصولات نماید. باتوجه‌به میزان صحت نتایج، روش مورداستفاده در این مطالعه توانایی تخمین سطح زیر کشت محصولات زراعی مختلف را دارا می‌باشد. همچنین به‌منظور درک بهتر الگوی کشت و سطح زیر کشت می‌توان با مقایسه تغییرات سطح زیر کشت در سال‌های مختلف، الگوی بهتر و قابل اتکاتری را در مرحله برنامه‌ریزی ترسیم نمود.

منابع

آهنگرها، م.، سعادت سرشت، م.، شاه‌حسینی، ر. و سیدی س. ت. 1399. پایش تغییرات سطح زیر کشت محصولات کشاورزی با استفاده از روش مبتنی بر الگوریتم یادگیری عمیق و تصاویر فراطیفی چند زمانه. علوم و فنون نقشه برداری. 10 (2) .89-79.

علی زاده، پ.، کامکار، ب.، شتایی، ش. و کاظمی، ح. 1397. برآورد تغییرات سطح زیر کشت گندم و سویا با استفاده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در غرب استان گلستان .پژوهش‌های کاربردی زراعی. 31 (3).41-61 .

Gomarasca, M. A., Tornato, A., Spizzichino, D., Valentini, E., Taramelli, A., Satalino, G., ... and Villa, F. 2019. Sentinel for applications in agriculture. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42, 91-98.

Jiang, Q., Tang, Z., Zhou, L., Hu, G., Deng, G., Xu, M. and Sang, G. 2023. Mapping paddy rice planting area in dongting lake area combining time series Sentinel-1 and Sentinel-2 images. Remote Sensing, 15(11), 2794.

la Cecilia, D. 2024. Data for Periodic protected agriculture mapping at continental scales with Sentinel-2 imagery within the Google Earth Engine platform.

Rahimzadegan, M. and Pourgholam. M. 2017. Identification of the area under cultivation of Saffron using Landsat-8 temporal satellite images (Case study: Torbat Heydarieh). RS & GIS for Natural Resources, 7 (4), 97-115 (InPersian).

Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Goudie, A.S. and Kahn, R.A. 2013. Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: the case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. Science of the total environment, 463, 552-564.

Savitha, C. and Talari, R. 2023. Mapping cropland extent using sentinel-2 datasets and machine learning algorithms for an agriculture watershed. Smart Agricultural Technology, 4, 100193.

Van Tricht, K., Gobin, A., Gilliams, S. and Piccard, I. 2018. Synergistic use of radar Sentinel-1 and optical Sentinel-2 imagery for crop mapping: A case study for Belgium. Remote Sensing, 10(10), 1642.

Veloso, A., Mermoz, S., Bouvet, A., Le Toan, T., Planells, M., Dejoux, J. F. and Ceschia, E. 2017. Understanding the temporal behavior of crops using Sentinel-1 and Sentinel-2-like data for agricultural applications. Remote sensing of environment, 199, 415-426.

Zhang, T.X., Su, J. Y., Liu, C.J. and Chen, W.H. 2019. Potential bands of sentinel-2A satellite for classification problems in precision agriculture. International Journal of Automation and Computing, 16, 16-26.

شبیه‌سازی عملکرد کینوا با استفاده از مدل آکواکراپ

محمدرضا امداد[1]، آرش تافته[2]، نیازعلی ابراهیمی پاک[3]

[1] دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، emdadmr591@yahoo.com

[2] استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

مدل آکواکراپ یکی از مدل‌های کاربردی بوده که به‌منظور شبیه‌سازی تغییرات عملکرد در مدیریت‌های مختلف آب‌وخاک مورداستفاده واقع می‌شود. در این پژوهش عملکرد دانه کینوا با مدل آکواکراپ شبیه‌سازی و کارایی این مدل در شبیه‌سازی عملکرد ارزیابی می‌شود. دراین‌ارتباط سه تیمار تنش 30، 50 و 70 درصد مصرف آب قابل‌استفاده در مراحل توسعه و میانی رشد در نظر گرفته شد. در تیمار 50 و 70 درصد تنش در مرحله توسعه، مقدار متوسط عملکرد به میزان به ترتیب 18 و 32 درصد نسبت به تیمار شاهد (30 درصد تنش در مرحله توسعه) کاهش داشته است. همچنین مقادیر عملکرد حاصله در تیمار 50 و 70 درصد تنش در مرحله میانی موجب کاهش عملکرد به ترتیب به میزان 12 و 25 درصد نسبت به تیمار شاهد (30 درصد تنش در مرحله میانی) داشته است. افزایش تنش به میزان 70 درصد مصرف آب قابل‌استفاده در مرحله توسعه و میانی به ترتیب موجب کاهش عملکرد دانه کینوا به ترتیب به میزان 32 و 25 درصد نسبت به تیمار شاهد شده است. نتایج مقایسه شاخص‌های آماری عملکرد دانه نشان داد که ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده دانه حدود 9 درصد است. نتایج حاصل از واسنجی و اعتبارسنجی مدل بیانگر دقت و کارایی مناسب مدل در شبیه‌سازی عملکرد دانه گیاه کینوا بوده و می‌توان از این مدل به‌منظور ارائه مناسب‌ترین گزینهٔ مدیریت آبیاری در شرایط مختلف رطوبتی استفاده نمود.

کلمات کلیدی: تبخیر تعرق، تنش آب، مدیریت آبیاری

مقدمه

مدل‌های رشد و نمو گیاهان زراعی از ابزارهای بسیار مهم در مطالعه و بررسی سیستم‌های کشاورزی بوده و از آن‌ها می‌توان به‌منظور شبیه‌سازی عملکرد گیاهان در شرایط مختلف به‌خوبی استفاده کرد. باتوجه‌به اینکه بررسی عوامل محدودکننده عملکرد نیاز به انجام تحقیقات و آزمایش‌های متعدد و هزینه‌بر در مناطق مختلف دارد، بنابراین یافتن راهی برای کاهش تعداد، زمان و هزینه انجام این آزمایش‌ها شایان توجه می‌باشد. به دلیل این‌که عوامل مؤثر بر زیرساخت تولید محصولات زراعی و ستاده‌های بخش کشاورزی متعدد بوده، لذا استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی عملکرد محصولات گامی اساسی و مؤثر در امر مدیریت و تصمیم‌گیری می‌باشد.

گیاه کینوا بومی مناطق بولیوی، شیلی و پرو است که سازگاری گسترده‌ای با شرایط مختلف آب‌وهوایی داشته و قابلیت رشد در کلیه خاک‌ها را دارد (Mamedi et al., 2017). این گیاه سازگاری مناسبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک داشته و از مناطقی با ارتفاع کم (سطح دریا) تا مناطقی با ارتفاع 4000 متر از سطح دریا کاشته می‌شود .کینوا را می‌توان در تناوب با گیاهان سیب‌زمینی، جو و در برخی از اوقات با گندم و ذرت در مناطق کم‌ارتفاع کاشت (Christiansen et al., 2010). توسعه مراحل فنولوژیکی وابسته به رقم کینوا بوده و تنش آب بر آن تأثیرگذار است (Greets et al., 2008). کینوا گیاهی مقاوم به تنش آبی بوده و تنش آب در مراحل اولیه سبزینه‌ای موجب طولانی‌تر شدن دوره رشد گیاه شده تا گیاه بتواند کاهش رشد خود را در صورت تأمین آب جبران نماید (Jacobsen, 2003). اگرچه

عملکرد بالا (حدود 4/5 تن در هکتار) برای رقم‌های کینوا در شرایط مناسب آبیاری و حاصلخیزی (بدون تنش) گزارش گردیده؛ ولی عملکرد این گیاه در شرایط دیم به طور متوسط به حدود 0/85 تن در هکتار کاهش می‌یابد (Steduto, 2012). در شرایط بدون تنش وزن هزار دانه کینوا در محدوده 2/1 تا 6 گرم تغییر می‌کند (Rojas, 2003). محققین روش‌های مختلف کم آبیاری را بر کینوا بررسی و گزارش نمودند که در شرایط آبیاری کامل عملکرد دانه کینوا حدود 3 تن بر هکتار بوده که در شرایط کم آبیاری به میزان 75 و 50 درصد آبیاری کامل، مقادیر عملکرد دانه به ترتیب به حدود 2/9 و 2/4 تن در هکتار کاهش پیدا کرده است. همچنین مقادیر عملکرد دانه کینوا در شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری به ترتیب 2/1 و 1/7 تن در هکتار گزارش شده است (Lavini et al., 2014). Bitri و همکاران (2014)، به‌منظور شبیه‌سازی عملکرد سیب‌زمینی با مدل آکواکراپ تحت دو شرایط کم آبیاری و آبیاری کامل رطوبت ناحیه ریشه، زیست‌توده و عملکرد سیب‌زمینی را با این مدل شبیه‌سازی کردند. میانگین مربعات خطای نرمال شده در متغیرهای مذکور کمتر از 5 درصد گزارش گردید. بابازاده و سرایی (1391)، به‌منظور ارزیابی مدل آکواکراپ برای گیاه سویا گزارش کردند که این مدل در شبیه‌سازی عملکرد محصول و تبخیر تعرق دقت مناسبی دارد (درصد خطا کمتر از 4/6 درصد). باتوجه‌به ارزش غذایی کینوا و تطابق کشت این گیاه در شرایط مختلف آب‌وهوایی و نیز محدودیت منابع آب و نظر به اینکه کارایی مدل اکواکراپ در شبیه‌سازی عملکرد گیاه کینوا مشخص نگردیده،

لذا در این تحقیق کارایی مدل آکواکراپ در شبیه‌سازی عملکرد بررسی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

فاصله ردیف‌های کشت در قطعات موردنظر 40 سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها 7 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در این خصوص 3 تیمار آبی به‌صورت 30، 50 و 70 درصد تخلیه آب قابل استفاده در سه تکرار و در 18 کرت آزمایشی (به ابعاد 3 در 4 متر) در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی در دو سال زراعی اجرا شد (تیمار تخلیه رطوبتی بر اساس 30، 50 و 70 درصد در مرحله توسعه به ترتیب با T1، T2و T3 و در مرحله میانی با T4، T5 و T6 مشخص شدند). رطوبت تا عمق توسعه ریشه (حدود 40 سانتی‌متری) اندازه‌گیری و پس از رسیدن رطوبت خاک تیمارها به مقادیر موردنظر، آبیاری قطعات با رساندن رطوبت خاک به ظرفیت زراعی انجام شد. در راستای استفاده از مدل، از داده‌های روزانه هواشناسی شامل درجه‌حرارت حداقل و حداکثر، رطوبت نسبی حداقل و حداکثر، سرعت باد، ساعات آفتابی و بارندگی در دوره‌های مذکور به‌منظور تعیین تبخیر تعرق مرجع استفاده گردید. هم‌چنین با شناسایی مراحل فنولوژیکی گیاه و اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (بافت لوم) به همراه مدیریت آبیاری و سایر اطلاعات موردنیاز نسبت به شبیه‌سازی عملکرد اقدام گردید. به طور کلی دوره رشد اولیه 20 روز، دوره توسعه 30 روز، دوره میانی 28 روز و دوره پایانی در حدود 12 روز اندازه‌گیری شدند. تعداد روز از کاشت تا سبز شدن بذر کینوا حدود 7 تا 10 روز، تعداد روز از کاشت تا گلدهی حدود 50 روز، تعداد روز از کاشت تا رسیدن حدود 80 روز، تعداد روز از کاشت تا حداکثر پوشش گیاهی حدود 55 تا 60 روز و حداکثر رشد ریشه در حدود 40 تا 50 سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برخی ویژگی‌های کیفی آب آبیاری در جدول 1 ارایه شده است.

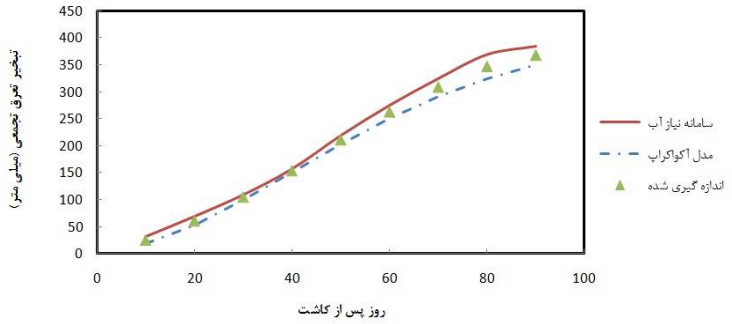
جدول 1- ویژگی‌های کیفی آب آبیاری

EC	SAR	pH	Ca	Mg	Na	Cl	Hco3
dS/m	-	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
0/39	0/44	7/5	55/2	4/9	12/6	13/5	116

نتایج و بحث

از داده‌های روزانه هواشناسی در راستای تعیین تبخیر تعرق مرجع استفاده و سپس تبخیر تعرق گیاه کینوا تعیین گردید. شکل 1 مقادیر تبخیر تعرق گیاه کینوا اندازه‌گیری شده را با مقادیر به‌دست‌آمده با مدل آکواکراپ (از مدل فائو پنمن مانتیث و با استفاده از

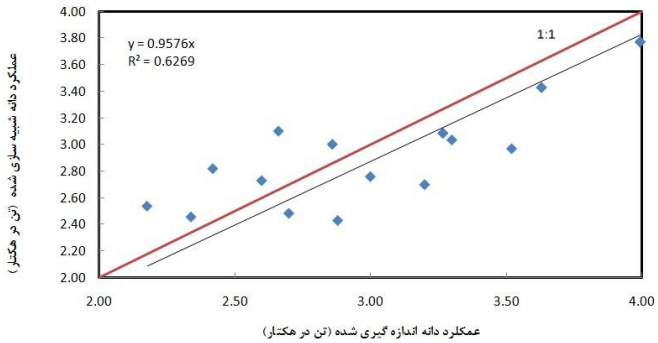
داده‌های هواشناسی شامل درجه‌حرارت حداقل و حداکثر، ساعات آفتابی، رطوبت نسبی حداقل و حداکثر، بارندگی و سرعت باد) و سامانه نیاز آب (سامانه تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور) در فصل کشت زراعی مقایسه می‌کند. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد نیاز آبی گیاه کینوا در طول دوره 100 روزه حدود 380 میلی‌متر می‌باشد.



شکل 1- مقایسه تغییرات نیاز آبی گیاه کینوا با نتایج مدل آکواکراپ و سامانه نیاز آب

ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده (NRMSE) برای مدل آکواکراپ و سامانه نیاز آب به ترتیب 9 و 6 درصد و همچنین کارایی مدل (ET) برای مدل و سامانه حدود 0/9 بوده که بیانگر دقت و همخوانی نتایج مدل در شبیه‌سازی تبخیر تعرق گیاه کینوا می‌باشد.

در تیمار 50 و 70 درصد تنش در مرحله توسعه، مقدار متوسط عملکرد به میزان به ترتیب 18 و 32 درصد نسبت به تیمار شاهد (30 درصد تنش در مرحله توسعه) کاهش داشته است. هم‌چنین مقادیر عملکرد حاصله در تیمار 50 و 70 درصد تنش در مرحله میانی موجب کاهش عملکرد به ترتیب به میزان 12 و 25 درصد نسبت به تیمار شاهد (30 درصد تنش در مرحله میانی) داشته است. افزایش تنش به میزان 70 درصد مصرف آب قابل استفاده در مرحله توسعه و میانی به ترتیب موجب کاهش عملکرد دانه کینوا به ترتیب به میزان 32 و 25 درصد نسبت به تیمار شاهد شده است. کینوا گیاهی مقاوم به خشکی بوده که در مواجهه با تنش رطوبتی خاک تغییرات عملکرد زیادی ندارد.



شکل 2- مقایسه عملکرد دانه کینوا اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده

در تیمار 50 و 70 درصد تنش در مرحله توسعه، مقدار متوسط عملکرد به میزان به ترتیب 18 و 32 درصد نسبت به تیمار شاهد (30 درصد تنش در مرحله توسعه) کاهش داشته است. هم‌چنین مقادیر عملکرد حاصله در تیمار 50 و 70 درصد تنش در مرحله میانی موجب کاهش عملکرد به ترتیب به میزان 12 و 25 درصد نسبت به تیمار شاهد (30 درصد تنش در مرحله میانی) داشته است. افزایش تنش به میزان 70 درصد مصرف آب قابل استفاده در مرحله توسعه و میانی به ترتیب موجب کاهش عملکرد دانه کینوا به ترتیب به میزان 32 و 25 درصد نسبت به تیمار شاهد شده است. مقایسه شاخص‌های آماری عملکرد دانه نشان داد که ریشه میانگین مربعات خطای

نرمال شده برای دانه حدود 9 درصد و کارایی مدل 0/81 می‌باشد. نتایج حاصل از واسنجی و اعتبارسنجی مدل بیانگر دقت و کارایی مناسب مدل در شبیه‌سازی عملکرد دانه کینوا می‌باشد.

منابع

Babazadeh, H. and Sarai Tabrizi, M. 1391. Evaluation of AquaCrop model under soybean irrigation management conditions. Water and soil, 26 (2), doi: 10.22067 / jsw.v0i0.14156.

Bitri, M. Grazhdani, S. and Ahmeti, A. 2014. Validation of the Aqua Crop Model for full and deficit Irrigation potato production in environmental conditions of korca zone, south-eastern Albania. International Journal of Innovative Reaserch in Science, Engineering and Technology. 3. 5. 12013.

Christiansen, J.L., Jacobsen, S.E. and Jrgensen, S. T. 2010. Photoperiodic effect on flowering and seed development in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science, 1-6.

Colak, Y.B., Yazar, A., Alghory, A and Tekin, S. 2021. Yield and water productivity response of quinoa to various deficit irrigation regimes applied with surface and subsurface drip systems. The Journal of Agricultural Science. https://doi.org/10.1017/S0021859621000265. 1–12.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Vacher, J., Mamani, R., Mendoza, J., Huanca, R., Morales, B., Miranda, R., Cusicanqui, J. and Taboada, C. 2008a. Introducing deficit irrigation to stablize yields of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). European Journal of Agronomy 28, 427-436.

Jacobsen, S.E., Mujica, A. and Jensen, C.R. 2003. The Resistance of Quinoa (Chenopodium quinoaWilld.) to Adverse Abiotic Factors. Food Reviews International 19, 99-109.

Lavini, A., Pulvento, C.d., Andria, R., Riccardi, M., Choukr-Allah, R., Belhabib, O., Yazar, A., Ince Kaya, Ç., Sezen, SM., Qadir, M. and Jacobsen, SE. 2014 Quinoa's potential in the Mediterranean Region. Journal of Agronomy and Crop Science 200, 344–360.

Mamedi, A., Tavakkol Afshari, R. and Sepahvand, N. 2017. Quantifying seed germination response of quinoa (Chenopodium quinoa Willd) under temperature and drought stress regimes. Iranian Journal of Field Crop Science, 48(3), 615-623. doi: 10.22059/ijfcs.2017.128439.653907

Rojas, W. 2003. Multivariate Analysis of Genetic Diversity of Bolivian Quinoa Germplasm. Food Reviews International 19, 9-23.

Steduto, P., Hsiao, C., Hereres, E., And Raes, D. 2012. Crop yield response to water. FAO irrigation and drainage, No, 66.

کاهش مصرف آب در مزارع سویا با استفاده از روش دانش‌بنیان بایوجمی در کشت و صنعت کارون

مهران حاجی رسولی‌ها [1]، مجید حاجی رسولیها [2]، الهام درخشان [3]

[1] مدیر تحقیق و توسعه شرکت نانو واحد صنعت پرشیا

[2] مدیر عامل شرکت نانو واحد صنعت پرشیا

[3] سرپرست تحقیق و توسعه شرکت نانو واحد صنعت پرشیا، nano1.industrial@gmail.com

چکیده

مدیریت آب در مزرعه بسته به منابع آب‌وخاک موجود عمدتاً باهدف حداکثر تولید محصول یا حداکثر بهره‌وری آب صورت می‌گیرد. تعیین آب موردنیاز گیاه یکی از عوامل کلیدی در تعیین برنامه آبیاری گیاه است که در شرایط کمبود منابع آبی اهمیت بیشتری دارد. ازاین‌رو استفاده از رویکردهای دانش‌بنیان که بتواند باعث کاهش مصرف آب شود روشی مناسب می‌باشد. یکی از این روش‌ها روش بایوجمی و استفاده از محصولات آن می‌باشد. این مطالعه در زمین‌های کشت و صنعت کارون در شرکت ماهی کارون انجام گرفت. دو ژنوتیپ سویا (sk93 و saland) به وسعت 3 هکتار با محصولات بایوجمی کاشته شد و مصرف آب و عملکرد آن بررسی شد. علت کاشت سویا در این مجموعه ماهی کارون، نیاز مبرم به کنجاله سویا که یکی از مهم‌ترین نهاده‌ها در خصوص تولید خوراک آماده آبزیان، خودکفایی در بازار و تأمین بخشی از نهاده کنجاله سویا می‌باشد. نتایج نشان داد سویا در خوزستان که به طور معمول بین 5600 تا 8000 مترمکعب آب در هکتار مصرف می‌کنند با این روش 4800 مترمکعب مصرف کرده است همچنین عملکرد رقم سالند 1753 کیلوگرم در هکتار و رقم sk93 3127 کیلوگرم در هکتار برداشت شد.

کلمات کلیدی: تراکم آبکند، شکل شیب، شیب دامنه، فرسایش آبکندی

مقدمه

تولید دانه‌های روغنی به دلیل نیاز و تقاضای فراوان در داخل کشور به مواد حاصل از آن (فراوری شده یا خام) نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی کشور دارد. کمبود روغن و نیاز روزافزون کشور به آن، متولیان بخش کشاورزی را بر آن داشته است تا مبادرت به برنامه‌ریزی برای افزایش سطح زیر کشت گیاهان دانه روغنی مانند کلزا، کنجد، آفتابگردان و سویا نماید. ازآنجاکه عمده گیاهان دانه روغنی تابستانه هستند و بدون آبیاری عملکرد اقتصادی ندارند در نتیجه اعمال برنامه مناسب آبیاری برای این مزارع ضروری است. تعیین آب موردنیاز گیاه یکی از عوامل کلیدی در تعیین برنامه آبیاری گیاه است که در شرایط کمبود منابع آبی اهمیت بیشتری دارد (kiani, 2022). ازاین‌رو استفاده از رویکردهای دانش‌بنیان که بتواند باعث کاهش مصرف آب شود روشی مناسب می‌باشد. از جمله راهکارهای افزایش بهره‌وری آب در مزرعه می‌توان به استفاده از روش‌های نوین آبیاری، مدیریت مصرف کود، مدیریت زراعی، مدیریت آبیاری و اصلاح برنامه‌ریزی آبیاری اشاره کرد (Raisi Asadabadi, et al., 2016; Nakhjavani et al., 2016; Mursli et al.,2016). سویا گیاهی است که منبع اصلی پروتئین و روغن خوراکی در جهان بوده و در سطح وسیعی در مناطق مختلف کشت می‌شود. سطح زیر کشت سویا در دنیا حدود 102 میلیون هکتار و متوسط عملکرد آن 2/5 تن در هکتار است که حدود 67 درصد پروتئین و 28 درصد روغن مصرفی جهان از سویا تأمین می‌شود و میزان تولید آن در ایران سالانه حدود 207000 تن است (Kyani and Raisi, 2012). سرایی تبریزی و همکاران (1389) راهکارهای مختلف به‌منظور بهبود بهره‌وری آب در کشت سویا را موردبررسی قرار دادند و نشان دادند با اعمال

کم آبیاری به روش خشکی موضعی ریشه بهره‌وری آب سویا در مزرعه از 48 تا 70 درصد بهبود یافت. امینی فر و همکاران (1392) بامطالعه تأثیر سطوح مختلف توانایی رطوبتی خاک هنگام آبیاری روی عملکرد و بهره‌وری آب سویا نشان دادند که بیشترین عملکرد و بهره‌وری آب در توانایی رطوبتی 35-30 سانتی بار خاک حاصل شد. شاهین رخسار و همکاران (1395) واکنش سویا به کم آبیاری را با استفاده از مدل گیاهی WOFOST شبیه‌سازی کردند و نشان دادند که این مدل ابزار مناسبی جهت مدیریت آبیاری سویا برای دستیابی به حداکثر بهره‌وری آب می‌باشد. شمس بیرانوند و همکاران (1394) با بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری روی عملکرد و بهره‌وری ارقام مختلف سویا گزارش کردند که تنش آبی تأثیر معنی‌داری روی عملکرد و اجزای عملکرد سویا داشته و بیشترین بهره‌وری آب در تیمار 80 درصد نیاز آبی به دست آمد. Kirnak و همکاران (2013) نشان دادند با کاهش آب مصرفی عملکرد دانه سویا به طور معنی‌داری کاهش‌یافته و با انجام کم آبیاری تنظیم شده بهره‌وری آب بهبود می‌یابد. همچنان که ملاحظه می‌شود محققان بر این باورند که مدیریت صحیح کم آبیاری یکی از راهکارهای مناسب جهت افزایش بهره‌وری آب سویا در مزرعه است. اما کمبود آب در خاک که موجب تنش آبی گیاه می‌شود اثرات نامطلوبی روی تولید محصول می‌گذارد. ازاین‌رو در این شرایط تخمین میزان تنش آبی و برنامه‌ریزی آبیاری مناسب بر پایه واکنش گیاهان به تنش آبی در مراحل مختلف رشد بسیار مهم است (Veysi et al., 2017).

سویا گیاهی تابستانه است و تنش رطوبتی یکی از عوامل اصلی محدودیت تولید آن محسوب می‌گردد. آبیاری قادر است عملکرد آن را تا 2 برابر نسبت به شرایطی که آبیاری نمی‌گردد، افزایش دهد. برنامه‌ریزی آبیاری نوعی گزینه مدیریتی آب است برای جلوگیری از کاربرد آب اضافی در مزرعه و همچنین ممانعت از کاهش عملکرد بواسطه تامین نشدن آب موردنیاز گیاه (تنش آبی) است.

سویا بیشترین حجم آب را در دوران رشد زایشی مصرف می‌کند (حدود 60 تا 70 درصد کل آب مصرفی در یک فصل). حساس‌ترین مرحله رشد سویا به آب برای ارقام رشد نا محدود مرحله توسعه غلاف (R4-R3) و پر کردن دانه (R6-R5) و برای ارقام رشد محدود دوران شروع گلدهی (R2-R1) است. آبیاری در دوران گلدهی تعداد دانه در گیاه را افزایش می‌دهد. هرگونه تنش آبی پس از گلدهی باعث کاهش اندازه دانه شده و نسبت به شرایطی که آبیاری نمی‌شود، سودمندی ندارد. معمولاً تعداد گل‌های تولیدی سویا نسبت به تعداد غلاف‌های تولید شده بیشتر است. بنابراین افت تعداد کمی از گل‌ها با تنش سبک در دوران ابتدایی رشد زایشی (R1) در تولید کل سویا نقش مهمی ایفا نمی‌کند. به طور کلی اگر رطوبت خاک در زمان کاشت سویا تا عمق حدود 100 سانتی‌متری در حد ظرفیت مزرعه (گاورو) باشد، بهتر است تا مرحله R2 آبیاری صورت نگیرد (خصوصاً در خاک‌های متوسط و سنگین). بررسی‌ها نشان داده است که عدم آبیاری سویا تا مرحله گلدهی در عملکرد تأثیر قابل توجه‌ای ندارد. تنش آبی در مرحله گلدهی و غلاف دهی باعث عقیم شدن گل‌ها در مرحله توسعه غلاف و اوایل پر شدن، دانه باعث کاهش تعداد دانه و در مرحله پر شدن دانه باعث کوچک شدن اندازه دانه می‌شود. تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف اجزاء اصلی عملکرد سویا محسوب می‌شوند و نسبت به آب حساسیت زیادی دارند.

معرفی روش دانش‌بنیان بایوجمی

در روش بایوجمی با استفاده از محلول‌های بایوجمی مخصوص رفع شوری خاک، کاهش شوری در اطراف ریشه به‌وضوح مشاهده شده است. محلول‌های بایوجمی با افزایش تبادل کاتیونی خاک و همچنین با فراهم‌کردن شرایط شیمیایی مناسب در اطراف ریشه، اثرات مضر شوری را دفع می‌کنند. این محصول باعث کاهش وزن مخصوص خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و افزایش آب قابل‌دسترس گیاه می‌گردد. محصولات بایوجمی در صنعت کشاورزی شامل محلول‌های بایوجمی (کود مایع، استینا 400، اسیل C5 و سیسانول K800) با کاربردهای متفاوت و کود کمپوست بایوجمی (پودر و گرانول) است. این محصولات از درصد بالایی مواد آلی تشکیل شده که دوست‌دار محیط زیست بوده وکاربردی ساده دارند. استفاده از محصولات بایوجمی در مزارع و باغ‌ها کمکی شایان توجه به اصلاح خاک و بهبود شرایط نامساعد می‌نمایند و باعث بالابردن کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی می‌شود.

یکی از محصولات مورداستفاده در روش بایوجمی، محلول بایوجمی مایع است. بایوجمی مایع یک نوع کود مایع است، آنچه که این محصول را از محصولات مشابه متمایز می‌کند بستر آلی است که عناصر موردنیاز رشد گیاه همراه آن وارد خاک می‌شوند. محلول

بایوجمی دارای اسید هیومیک و اسید فولویک است و همچنین دارای عناصر معدنی موردنیاز مانند ازت، فسفر و پتاس و ریز مغذی‌ها است. همچنین دارای مواد آلی موردنیاز گیاه است که هنگام ورود به زمین به‌غیراز اصلاح خاک شرایط جذب عناصر غذایی را نیز برای رشد گیاه فراهم کرده و در جذب عناصر به گیاه کمک می‌کند.

این محلول حاوی اسیدهای آلی ضروری و عناصر میکرو و ماکرو است و باتوجه‌به اینکه در دسته‌بندی ترکیبات آلی قرار گرفته است، باعث افزایش حاصلخیزی و کاهش فرسایش خاک می‌شود؛ بنابراین باعث سبزینگی گیاه، تحریک فعالیت‌های میکروبی درون خاک و افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های گیاهی می‌شود که به دنبال این مسئله توسعه کامل، افزایش حجم، رسیدن به‌موقع و افزایش عطر و بوی میوه را به دنبال خواهد داشت.

مواد و روش‌ها

مجموعه ماهی کارون باتوجه‌به نیاز مبرم به کنجاله سویا که یکی از مهم‌ترین نهاده‌ها در خصوص تولید خوراک آماده آبزیان است و باتوجه‌به کمبود نهاده باکیفیت کنجاله سویا در بازار تأمین بخشی از نهاده کنجاله سویا و در دستور کار قرارگرفتن طرح پایلوت کشت سویا در شهرستان، طرح پایلوت کشت سویا در دو رقم سالند و sk 93 در مجموعه انجام شد. تهیه زمین و بستر مناسب کاشت یکی از مهم‌ترین مسائل در زراعت سویا است، در این مزرعه مراحل تهیه زمین شامل شخم عمیق (گاوآهن)، دیسک و لولر انجام و مزرعه از لحاظ دانه‌بندی خاک وضعیت بسیار مطلوبی داشت عملیات کاشت توسط دستگاه پنوماتیک ذرت و با آرایش دو ردیف روی پشته‌های 75 سانتی‌متری و میزان بذر مصرفی 110 کیلوگرم کشت انجام شد .

ارقام کشت شده در این طرح شامل سالند و sk 93 بودند، رقم سالند حاصل تلاقی رقم صفی‌آباد به‌عنوان والد مادری و رقم sk 93 نیز به‌صورت تک بوته از لاین 2001 انتخاب شده‌اند که رقم Duglas به‌عنوان والد پدری آن‌ها می‌باشد که در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول ثبت و تولید شده‌اند. رقم سالند جزء ارقام رشد محدود می‌باشد مراحل گلدهی و تشکیل غلاف را در زمان محدود و یک‌باره انجام می‌دهد. رقم sk 93 جز ارقام رشد نامحدود می‌باشد مراحل گلدهی و تشکیل غلاف آن به‌صورت متناوب انجام می‌شود از خصوصیات این رقم می‌توان به گلدهی متناوب، ارتفاع غلاف‌دهی مناسب و ریزش برگ‌های آن به‌صورت کامل در زمان برداشت و عملکرد بالاتر آن به نسبت رقم سالند اشاره کرد.



شکل 1- آماده سازی زمین جهت کاشت سویا و آبیاری اول بعد از کاشت



شکل 2- کاشت سویا sk93 با محلول بایوجمی

نتایج و بحث

قبل از عملیات کاشت کودهای پایه به مقدار 100 کیلوگرم کود فسفات از منبع دی آمونیوم فسفات، 75 کیلوگرم سولفات پتاس و 50 کیلوگرم اوره همراه با خاک انجام شد، مرحله کودهای سرک که همراه با آب آبیاری می‌باشند شامل 200 کیلوگرم کود سولفات

آمونیوم، 90 کیلو گرم سولفات پتاس و 110 لیتر محلول اوسیل 5c، 110 لیتر استینا 400 و 60 لیتر اوسیل 5 B (کودهای بایوجمی) به‌صورت درام کود اعمال شد. محلول پاشی عناصر میکرو قبل از مرحله گلدهی به نسبت 1 به 1000 انجام شد. عملیات آبیاری در این مزرعه در مجموع 10 دور آبیاری و هر دور حدوداً با 3 ساعت زمان با مشخصات پمپ (type A200-40) ساخت شرکت پمپ ایران با حداکثر دبی 670 مترمکعب در ساعت می‌باشد که خروجی این پمپ در زمان کارکرد همزمان 2 مزرعه 3 هکتاری (جمعاً 6 هکتار)، تحت آبیاری قرار می‌گرفت. در ضمن طول مسیر لوله دهش تا مزرعه بیش از 1000 متر می‌باشد که باتوجه‌به طول مسیر پمپ تا مزرعه ضریب کاهشی 30 درصدی در دبی پمپ اتفاق افتاده است .

نحوه محاسبه تقریبی آب به‌ازای هر هکتار:

1- حداکثر خروجی پمپ با احتساب خاک، آب و 10 دور آبیاری

$(670\ m^3/h * \%30) * \%50 * 3\ h * 10 = 3015$ مترمکعب در هکتار

2- حداقل خروجی پمپ با احتساب 8 دور آبیاری

$(670\ m^3/h * \%30) * \%50 * 3\ h * 8 = 2412$ مترمکعب در هکتار

تاریخ کاشت توصیه شده در استان خوزستان توسط محققین مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول اواسط تیر است؛ ولی باتوجه‌به اینکه اعلام طرح پایلوت از سوی اداره جهاد کشاورزی شهرستان و مرکز تحقیقات با تأخیر انجام شده در تاریخ سوم مردادماه عملیات کاشت و در مورخ چهارم مردادماه آبیاری اول انجام شد.

سویا یکی از محصولاتی است که نسبت به تراکم علف‌های هرز در مراحل ابتدای رشد بسیار حساس و از عوامل محدودکننده عملکرد می‌باشد در مزرعه به جهت کنترل شیمیایی علف‌های هرز در مرحله 4 تا 5 برگی علف‌های هرز از علف‌کش بازاگران با دوز 1/75 لیتر در هکتار جهت کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ و 1 لیتر علف‌کش سلکت سوپر جهت کنترل علف‌های باریک برگ استفاده شد جهت کنترل آفت برگ‌خوار چغندرقند در مرحله 6 تا 8 برگی سویا از حشره‌کش پرو کلیم فیت به میزان 150گرم در هکتار استفاده شد.

برداشت و نتایج عملکرد دانه باتوجه‌به رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه سویا در مورخ 28 آبان ماه عملیات برداشت توسط کمباین سنگین کالس مخصوص برداشت غلات انجام شد، عملکرد رقم سالند 1753 کیلوگرم در هکتار و رقم sk93 3127 کیلوگرم در هکتار برداشت شد. نتایج نشان داد سویا در خوزستان که به طور معمول بین 5600 تا 8000 مترمکعب اب در هکتار مصرف می‌کند با این روش 4800 متر مکعب مصرف کرده است.

منابع

Aminifar, J., Mohsen Abadi, G., Bigloui, M. and Samizadeh, H. 2012. The effect of low irrigation on performance, performance components and water productivity of 215T variety. soy Irrigation and water engineering scientific research quarterly. 3 (11:) 24 34.

Kyani, A. and Raisi, S. 2012. Investigating the water consumption efficiency of several soybean cultivars under different amounts of irrigation water. Journal Water and Soil Conservation Research, 20 : (5) 192-179.

Kirnak, H., Dogan, E. and H. Turkoglu. 2010. Effect of drip irrigation intensity on soybean seed yield and quality in the semi-arid Harran plain, Turkey. Spanish Journal of Agricultural Research, 8(4):1208-1217.

Mursli, A., Heydari, N., Zare, A. and Hatami, H. 2016. Investigating the role of processes in improving agricultural water productivity in Iran.Journal of water research in agriculture. 31 (2): 631-180.

Nakhjavani Moghadam, M., Hero, B. and Zarei, Q. 2016. Analysis of wheat water efficiency in irrigation management in some regions of Iran. Journal of water research in agriculture. 31 (1:) 57-34.

Raisi Asadabadi, M., Nouri Imamzadai, M. and Fatahi, R. 2016. Modification of potato plant irrigation planning in order to Improving the water efficiency index, Irrigation Science and Engineering Journal. 40 (2) 199- 207.

Sarai Tabrizi, M., Babazadeh, H., Parsinejad, M. and secondary teacher, S. 1389. Improving the efficiency of soybean water consumption by using Partial irrigation of the area. Journal of Agricultural Sciences and Techniques and Natural Resources, Water and Soil Sciences. 14 (52:) 1-13.

Shahin Rakhsar, P., Amiri, A., Raisi, S. and Asadi, M. 2015. Simulating the response of two soybean cultivars to low irrigation with application WOFOST model. Journal of water research in agriculture. 30 (1:) 13-24.

Shams Biranvand, M. Borumand Nesab, S,. Maleki, A. and Daneshwar, M. 2012. The effect of low irrigation on the yield and some characteristics of the three seeds Soybean variety in Khorramabad region. Journal of Irrigation Science and Engineering - Scientific Journal of Agriculture. 38 (3): 13-21.

Veysi, S., Naseri, A., Hamzeh, S. and Bartholomeus, H. 2017. A satellite based crop water stress index for irrigation scheduling in sugarcane fields. Agricultural Water Management 189 (2017) 70–86.

مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش پویایی تحت گزینه‌های مختلف تغییر قیمت آب و حامل‌های انرژی در دشت مهران

ابراهیم درویشی [1]، یزدان خدارحمی [2]، عبدالرحیم هوشمند [3]، زهرا ایزدپناه [4]، سعید برومندنصب [5]، حمزه علی علیزاده [6]

[1] دانش آموخته دکتری آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز

[2] دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز، Khodarahmi1372@gmail.com

[3] استاد آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز

[4] استادیار آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز

[5] استاد آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز

[6] استادیار آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام

چکیده

در این مطالعه برنامه بهره‌برداری از آب زیرزمینی تحت‌تأثیر تغییر قیمت حامل‌های انرژی و تغییر آب‌بها به کمک روش پویایی مدل‌سازی شد. جهت انجام این تحقیق مدل پویای منابع آب دشت مهران در قالب پنج زیر مدل شامل تقاضای آب، عرضه آب، اقتصاد آب، آب زیرزمینی و حاکمیت آب، تدوین، واسنجی و صحت‌سنجی شد. نتایج صحت سنجی نشان از صحت قابل‌قبول عملکرد مدل داشت. باتوجه‌به شرایط احتمالی قابل وقوع در منطقه، گزینه‌های مختلف با موضوعات گزینه‌های حاکمیتی (تعرفه آب و انرژی) و گزینه‌های مدیریت تقاضا (الگوی کشت، کم آبیاری و توسعه روش‌های آبیاری تحت‌فشار) تعریف و بررسی شد. نتایج نشان داد اعمال گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی باعث تغییرات ناچیزی در شوری آب زیرزمینی می‌گردد. همچنین نتایج نشان داد، ادامه وضع موجود و عدم تغییر در تعرفه آب و انرژی بیشترین کاهش در حجم آبخوان در پایان دوره شبیه‌سازی را به دنبال خواهد داشت. نتایج اعمال گزینهٔ افزایش 80 درصدی تعرفه انرژی و عدم تغییر تعرفه آب و گزینهٔ افزایش 50 درصدی تعرفه انرژی، اعمال حق النظاره 10 ریال به‌ازای هر مترمکعب برای آب زیرزمینی و افزایش تعرفه آب سطحی به میزان 10 درصد، تا حدودی باعث پایداری سطح آب زیرزمینی می‌گردند. همچنین در برنامه‌ریزی جهت جبران افت ایجاد شده سطح آب زیرزمینی در سال‌های گذشته، اعمال حق النظاره 50 ریال به‌ازای هر مترمکعب آب زیرزمینی به همراه افزایش تعرفه آب سطحی به میزان 50 درصد و افزایش تعرفه انرژی برابر با حداقل 50 درصد تعرفه فعلی می‌تواند راهگشا باشد.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی، روش پویایی، تقاضای آب، تأمین آب، دشت مهران

مقدمه

یکی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریت تقاضای آب تغییر تعرفه آب و انرژی می‌باشد. تعرفه پایین آب و اختلاف زیاد آن باقیمت تمام شده و ارزش تولید نهایی آن به‌عنوان یکی از عوامل مهم در استفاده ناکارا و افزایش تقاضا نامبرده شده است. در بخش آب زیرزمینی علاوه بر حذف حق النظاره، پایین بودن قیمت انرژی نیز باعث برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی شده است. به شکلی که پیش‌بینی‌ها حاکی از نابودی کشاورزی در بعضی بخش‌های کشور در صورت ادامه روند فعلی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی است. ازآنجاکه بیش از

60 درصد نیاز کشاورزی ایران از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود، حفظ و مدیریت این منابع دارای اهمیت بیشتری نسبت به منابع آب سطحی است. در میان راهکارهای پیشنهادی مختلف به‌منظور مقابله با برداشت بی‌رویه منابع آب زیرزمینی، افزایش قیمت انرژی و حق النظاره نیز وجود دارد. کمیسیون جهانی آب (سال 2000)، قیمت‌گذاری بر اساس هزینه‌های کامل خدمات آب را به‌عنوان یک اصل لازم برای مدیریت منابع آب بیان نموده است. در ایران در سال 1388، قانون هدفمندکردن یارانه‌ها که دارای 16 ماده می‌باشد به تصویب رسید. ماده 3 این قانون دولت را مکلف به اعمال قیمت تمام شده آب و ماده 28 این قانون دولت را مکلف به افزایش قیمت انرژی تا 80 درصد متوسط قیمت در کشورهای حاشیه خلیج‌فارس می‌کند (بی‌نام، 1390). بررسی مبانی نظری قیمت‌گذاری آب و انرژی نشان می‌دهد که قیمت‌گذاری صحیح، به‌عنوان یکی از ارکان مهم در مدیریت تقاضای منابع آب می‌تواند صرفه‌جویی مصرف آب را به دنبال داشته باشد. یکی از مهم‌ترین ابزارهای مدیریت تقاضای آب تغییر تعرفه آب و انرژی می‌باشد. قیمت‌گذاری صحیح آب و انرژی، منجر به تغییر و اصلاح رفتار مصرف‌کنندگان می‌گردد (شجری و ترکمان، 1386). در تحقیقی اثر حذف یارانه حامل‌های انرژی بر سهم هزینه آب‌بها و قیمت تمام شده محصول گندم استان گلستان بررسی شد. نتایج پژوهش نشان داد، سهم هزینه آب‌بها به ترتیب از چهار و 12 درصد" قبل از اجرای سیاست "به رقم 42 (حذف کامل یارانه گازوئیل) و 84 درصد (حذف کامل یارانۀ برق) افزایش یافت (قاسمیان و همکاران، 1392). در پژوهش دیگری تأثیر حامل‌های انرژی و برآورد افزایش قیمت آن بر بخش‌های اقتصادی کشور موردبررسی قرار گرفت. علی‌رغم اینکه نتایج حاکی از کاهش ناچیز تقاضای آب در نتیجه تغییر حامل‌های انرژی است؛ اما این کاهش تقاضا در بخش زراعت و باغبانی چشمگیر بود (شاهنوشی و همکاران، 1395). در تحقیق دیگری در دشت دهگلان (استان کردستان) اثر قیمت‌گذاری اقتصادی آب آبیاری بر الگوی کشت را بررسی کردند. نتایج نشان داد افزایش قیمت تا مرز قیمت ارزش اقتصادی منجر به کاهش مصرف آب و سطح زیر کشت تمامی محصولات منطقه می‌شود (وزیری و همکاران، 1395). به دلیل مؤثربودن قیمت‌گذاری آب و انرژی و در نتیجه اثرگذاری بر متغیرهای مدیریتی آبیاری، نیاز است ضمن مطالعه این اثرگذاری، روابط موجود به‌منظور اتخاذ تصمیم‌های مناسب، مدل‌سازی شوند. نظر به تبعات مختلف تغییرات در این زمینه، اتخاذ هر گونه استراتژی مرتبط می‌بایست با جامعیت بیشتری انجام گیرد. عوامل متعددی بر روی موفقیت برنامه‌های قیمت‌گذاری آب و انرژی تأثیر دارند و هر تغییری در هر یک از این عوامل، خود به‌وجودآورنده بازخوردهای دیگری در روش می‌گردد. این مسئله موجب پیچیدگی هر چه بیشتر ابعاد فنی و اقتصادی در این حوزه می‌گردد. عدم توجه به این موارد سبب شده در مطالعات و طرح‌های اجراشده پیشین کشور، رویکردها جامعیت کافی نداشته باشد و طرح‌ها پایداری فنی و اقتصادی درخوری نداشته باشند و به موفقیت مدنظر دست نیابند. ازاین‌رو، مدلی که بتواند تمامی ابعاد مطرح در تغییر قیمت حامل‌های انرژی بهره‌برداری از آب زیرزمینی و برهم‌کنش‌های اتخاذ شیوه‌های مختلف مربوطه را شبیه‌سازی کند و با آن مدل بتوان راهکارهای طراحی و مدیریتی مختلف را سنجید، می‌تواند به حل مسائل این بخش کمک زیادی نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه دشت مهران می‌باشد. دلیل انتخاب دشت مهران، اهمیت منابع آب زیرزمینی به دلیل کمبود منابع آب منطقه می‌باشد. باتوجه‌به مرزی بودن این آبخوان و خروج آب زیرزمینی آن از کشور و اهمیت مدیریت آن به‌منظور استفاده حداکثری آب، انجام چنین تحقیقی در منطقه ضروری است. بسته‌تر بودن این آبخوان نسبت به بسیاری از آبخوان‌های کشور و منطقه، شرایط را به‌منظور انجام موفق‌تر این تحقیق فراهم می‌سازد. جدای از مطالب بیان‌شده وجود عوامل متعدد دخیل در بیلان آبخوان، زمینه جامع‌تر بودن تحقیق و مدل‌سازی را فراهم می‌سازد. هر چند در منطقه یک شبکه آبیاری توسعه‌نیافته وجود دارد، اما وابسته بودن آن به سدهای انحرافی و نه مخزنی، خطر تأمین آب در این شبکه را افزایش داده و لذا بر خلاف بسیاری از آبخوان‌های کشور و از جمله آبخوان‌های استان خوزستان، در این دشت، منبع اصلی تأمین آب کشاورزی آبخوان موجود می‌باشد و لذا امکان اجرای کامل این تحقیق میسر شده و وجود این شرایط اهمیت و مؤثربودن مدل‌سازی آبخوان تحت‌تأثیر تغییر قیمت آب و حامل‌های انرژی را باعث می‌گردد. همچنین نتایج بررسی هیدروگراف واحد دشت مهران طی سال‌های آبی 75-1374 تا 92-1391 نشان می‌دهد که تراز آب زیرزمینی دشت مهران دارای متوسط افت سالانه حدود 0/83 متر و متوسط سالانه کسری حجم مخزن دشت مهران حدود 5/81 میلیون مترمکعب می‌باشد (بی‌نام، 1392). لذا کنترل

افت تراز سطح آب زیرزمینی دشت و اجرای افزایش قیمت آب و حامل‌های انرژی مهم‌ترین مسئله به‌منظور مدیریت منابع آب زیرزمینی دشت مهران است. مهران در استان ایلام در جنوب غرب ایران و در مختصات جغرافیایی 33 درجه و 03 دقیقه تا 33 درجه و 13 دقیقه عرض شمالی و 46 درجه و 05 دقیقه تا 46 درجه و 15 دقیقه طول شرقی قرار دارد. دشت مهران به وسعت حدود 280 کیلومترمربع، آبخوان آبرفتی مناسبی را در خود جای‌داده است. شیب کلی دشت مهران از شرق و شمال شرقی به سمت غرب و جنوب غرب است. مجموعه جریانات سطحی حوزه توسط رودخانه‌های کنجانچم و گاوی و تعدادی از مسیل‌های منفرد زهکش می‌شوند. در دشت مهران حدود 220 حلقه چاه وجود دارد که در قسمت‌های مختلف دشت پراکنده شده‌اند. بر اساس مطالعات هواشناسی، منطقه موردمطالعه دارای زمستان‌های کوتاه معتدل و کمی مرطوب و تابستان‌های طولانی خشک و خیلی گرم می‌باشد. میزان توان تبخیر سالیانه این منطقه 3361/4 میلی‌متر و میانگین بارندگی سالانه 267/03 میلی‌متر برآورد شده است. مقادیر تبخیر از تشت و حداکثر تبخیر تعرق دشت طی ماه‌های مختلف سال در جدول (1) آمده است.

جدول 1- میزان تبخیر از تشت و حداکثر تبخیر تعرق به روش تورنت‌وایت دشت مهران

ماه‌های سال	تبخیر از تشت (دشت)	تبخیر تعرق پتانسیل (دشت)
مهر	349/3	166/48
آبان	183/2	46/93
آذر	92/6	11/13
دی	38/7	4/68
بهمن	82/1	7/38
اسفند	164/7	25/53
فروردین	225/4	60/92
اردیبهشت	353/8	182/43
خرداد	566/7	332/82
تیر	665/3	412/18
مرداد	609/5	434/12
شهریور	564/8	275/22
سال	3896	1959/82

دشت مهران با دارابودن تراز منفی آب زیرزمینی، یکی از دشت‌های ممنوعه استان ایلام به‌حساب می‌آید. منابع اصلی تأمین آب کشاورزی در دشت مهران منابع آب زیرزمینی و شبکه‌های آبیاری رودخانه‌های گاوی و کنجان‌چم می‌باشد که به علت وجود خشک‌سالی‌های پی‌درپی منطقه در چند سال گذشته، استفاده از آب این رودخانه‌ها در امر کشاورزی به‌شدت کاهش‌یافته است. دشت مهران بر اساس تقسیم‌بندی واحدهای ساختمانی ایران جزو زاگرس چین‌خورده محسوب می‌شود. دشت مهران دارای پنج نقطه جمعیتی عمده شامل شهر مهران، شهرک اسلامیه و روستاهای بان رحمان، چالاب و چنگوله با جمعیت حدود 26 هزار نفر می‌باشد که آب موردنیاز آن‌ها نیز از آب زیرزمینی دشت تأمین می‌گردد. (بی نام، 1395). اراضی فعلی دشت مهران حدود 8800 هکتار می‌باشد که 2800 هکتار آن مربوط به شبکه آبیاری کنجان چم است که الگوی کشت فعلی آن شامل گندم و کلزا به‌صورت 65 درصد گندم و 35 درصد کلزا می‌باشد که به دلیل زمان تخصیص آب به شبکه امکان کشت محصولات تابستانه در شبکه وجود ندارد. لازم به ذکر است کشت کلزا به دلایل مختلفی از جمله شرایط درآمدی بهتر در سال‌های اخیر در منطقه توسعه پیدا کرده و عموماً جایگزین بخشی از سطح تحت پوشش گندم شده است. درصورتی‌که تا چند سال گذشته کشت کلزای قابل‌توجهی در منطقه وجود نداشته است. در حال

حاضر اراضی تحت پوشش آب زیرزمینی دشت به محصولات ذکرشده اختصاص دارد که عملکرد در واحد سطح این محصولات در منطقه در جدول 2 آمده است.

جدول 2- میزان عملکرد محصولات دشت مهران در واحد سطح

محصول	گندم	خیار	کلزا	باقلا	بامیه	گوجه‌فرنگی	ذرت دانه‌ای	یونجه	انگور
عملکرد در هکتار (کیلوگرم)	3500	17000	3000	28000	6000	45000	5800	10500	25000

روش‌شناسی تدوین مدل پویای منابع آب دشت مهران

1) محیط برنامه‌نویسی

روش‌های پویایی یک روش مدل‌سازی مبتنی بر تفکر ساختاری با تأکید بر قیدها، بازخوردها، و تأخیرهایی است که برای تجزیه‌وتحلیل و شبیه‌سازی رفتار مسائل پیچیده و ارزیابی پیامد سیاست‌گذاری‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد. این رویکرد بر پایه تئوری پویایی غیرخطی، کنترل بازخوردی و دیدگاه ساختاری است و امکان ساخت مدلی جهان واقعی، به‌منظور درک بهتر فرایندها را میسر می‌سازد. در این مطالعه از محیط ونسیم برای برنامه‌نویسی و تدوین مدل پویا استفاده شد. ونسیم دارای قابلیت شبیه‌سازی بصری اجزاء بوده و روابط موجود را به همان ترتیبی که در واقعیت است را دارا می‌باشد. این محیط در ایران کاربرد بیشتری داشته است و در نظام‌نامه تخصیص وزارت نیرو نیز استفاده از آن توصیه شده است. این ابزار مدل‌سازی، امکان ایجاد مدل‌های پیچیده را با سهولت بیشتری نسبت به زبان‌های برنامه‌نویسی مرسوم به وجود می‌آورد (نظری، 1392)؛ لذا پس از فرموله‌کردن فرضیه دینامیکی و شناسایی ارتباط بین متغیرهای کلیدی و روابط بین آن‌ها، متغیرهای درونی و برونی ساختاری و ارتباط بین آن‌ها تعیین می‌شود تا بتوان ورودی‌هایی به ساختار و خروجی‌هایی از آن را محاسبه نمود.

2) تشریح صورت مسئله (حدود مرزی)

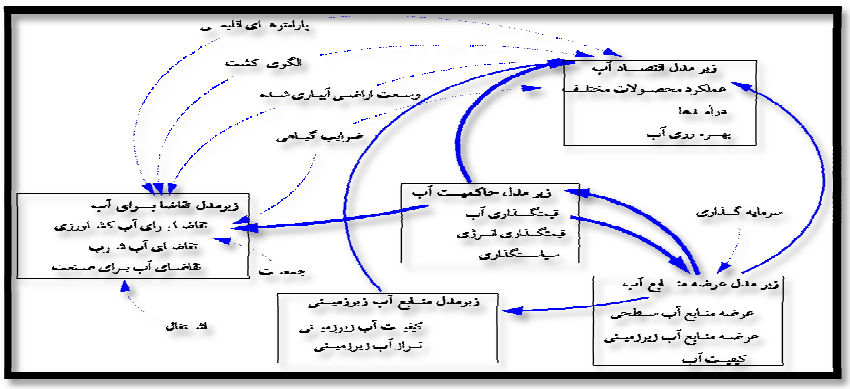
دشت ممنوعه مهران طی سالیان گذشته با افت قابل‌تأمل سطح آب زیرزمینی مواجه بوده و نتایج بررسی هیدروگراف واحد دشت مهران طی سال‌های آبی 75-1374 تا 92-1391 نشان می‌دهد که تراز آب زیرزمینی دشت مهران دارای متوسط افت سالانه حدود 0/83 متر و متوسط سالانه کسری حجم مخزن دشت مهران حدود 5/81 میلیون مترمکعب می‌باشد (بی‌نام، 1392)؛ لذا کنترل افت تراز سطح آب زیرزمینی دشت مهم‌ترین مسئله به‌منظور مدیریت منابع آب زیرزمینی دشت مهران است. افزایش تعرفه حامل‌های انرژی نیز ازیک‌طرف به دلیل لازم‌الاجرا بودن قانون هدفمندی یارانه‌ها و از طرف دیگر به دلیل تأثیر بر افزایش قیمت تمام شده آب کشاورزی و در نتیجه کاهش مصرف آب، دررابطه‌با مدیریت منابع آب زیرزمینی می‌تواند قابل‌بررسی باشد.

3) تدوین مدل مفهومی

برای درک فعل‌وانفعالات در مدیریت منابع آب به‌عنوان یک ساختار یکپارچه از چارچوب مفهوم نیروهای پیش‌برنده، وضعیت، پاسخ (DSR) برای تدوین مدل مفهومی پویایی ساختارها استفاده شد. چارچوب کلی مدل مفهومی و برخی از متغیرهای کلیدی مدل در شکل (1) ارائه شده است. مدل پویایی مدیریت منابع آب دشت مهران دارای پنج زیر ساختار تقاضای آب (کشاورزی، صنعت و شرب)، عرضه آب (منابع آب سطحی و زیرزمینی)، اقتصاد آب (عملکرد محصولات، درآمد و بهره‌وری آب)، حاکمیت آب (قیمت‌گذاری آب، قیمت‌گذاری انرژی و سیاست‌گذاری) و آب زیرزمینی (کیفیت و تراز آب زیرزمینی) می‌باشد. طبق روش مرسوم در ساختار پویایی، متغیرهای اثرگذار به دودسته الف) متغیرهای درون‌زا شامل متغیرهایی که در درون حدود مرزی قرار می‌گیرند و هم بر روش اثر گذاشته و هم از آن اثر می‌پذیرند (مانند الگوی کشت، آب تخصیص‌یافته، راندمان‌ها و ...)، و ب) متغیرهای برون‌زا شامل متغیرهایی که در بیرون از حدود مرزی قرار می‌گیرند و بر زیرساخت اثر می‌گذارند اما از زیرساخت اثر نمی‌پذیرند (مانند قیمت محصول، هزینه‌های زراعی، اقلیم و ...)، تقسیم شده‌اند. این متغیرها در بخش‌های بعد به تفکیک زیرساخت‌ها تشریح شده است.

4) تبیین فرضیه‌های پویایی (رفتار متغیرهای کلیدی)

در این مرحله اثرات مثبت و منفی متغیرهای کلیدی در قالب تعیین روابط علی معلولی و بازخوردها تعیین شد. در شکل 1 یک نمونه ساده از حلقه‌های علی و معلولی به تصویر کشیده شده است. در این شکل حلقه اول یک حلقه مثبت یا افزاینده می‌باشد. در این حلقه با افزایش قیمت انرژی به‌عنوان یک نهاده حاکمیتی و برون‌زا، هزینه استحصال آب زیرزمینی افزایش‌یافته و به‌تبع آن تقاضا برای آب سطحی افزایش می‌یابد، با افزایش تقاضا برای آب سطحی سرمایه‌گذاری در بخش عرضه آب سطحی افزایش می‌یابد، سرمایه‌گذاری باعث افزایش حجم آب قابل تخصیص از منابع آب سطحی می‌شود، افزایش آب قابل تخصیص سطحی باعث افزایش تقاضا برای آب سطحی می‌شود (چرخه هم‌افزا). حلقه دوم یک حلقه علی معلولی منفی یا تعادلی می‌باشد. در این حلقه افزایش تقاضای آب زیرزمینی باعث برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی و به‌تبع آن باعث کاهش تراز آب زیرزمینی و افزایش ارتفاع پمپاژ می‌شود، افزایش ارتفاع پمپاژ خود باعث افزایش مصرف انرژی و افزایش هزینه‌های استحصال می‌شود، در نهایت افزایش هزینه‌های استحصال خود باعث کاهش تقاضای آب زیرزمینی می‌شود. به‌عبارت‌دیگر در این چرخه افزایش تقاضای آب زیرزمینی در حال حاضر خود منجر به کاهش تقاضای آن در آتیه می‌شود.



شکل1- مدل مفهومی مدیریت منابع آب دشت مهران با محوریت حاکمیت آب

نتایج و بحث

در این مرحله پس از حصول اطمینان از صحت کارکرد مدل، گزینه‌های مختلف سیاست‌گذاری تحت گزینه‌های مختلف موردبررسی قرار گرفتند. طراحی سیاست به منزله طراحی یک ساختار و یا یک گزینه جدید و یا تغییر قواعد تصمیم‌گیری می‌باشد.

تعریف گزینه‌ها:

به‌منظور بررسی شرایط احتمالی قابل وقوع در منطقه مهران که احتمال تأثیرگذاری بر آب زیرزمینی دشت را دارا می‌باشد، به تعریف گزینه‌های مختلف پرداخته شد. به‌منظور آینده‌نگری و کاهش مشکلات بر اساس آینده‌های محتمل، گزینه‌های مختلفی بر مبنای پیش‌بینی تغییرات محتمل نیروهای محیط بیرونی ساخته شد. هر گزینه یک آینده محتمل است که بر اساس تغییر در یک یا چند عامل محرک از محیط بیرونی ساخته شده است. گزینه‌ها می‌توانند به‌صورت گزینه‌های محتمل یا کمتر محتمل مطرح شوند ولی درهرصورت هر گزینه احتمال وقوع خاصی دارد و تأکید اصلی این مطالعه بر گزینه‌های واقع‌بینانه است. گزینه‌های بررسی شده در این تحقیق شامل محورهای زیر می‌باشد:

الف- گزینه‌های حاکمیتی (تعرفه آب و انرژی)

ب- گزینه‌های مدیریت تقاضا (الگوی کشت، کم آبیاری و توسعه روش‌های آبیاری تحت‌فشار)

گزینه‌های حاکمیتی (تعرفه آب و انرژی)

از این نظر گزینه‌های این قسمت شامل: ادامه روند فعلی و عدم افزایش قیمت انرژی، افزایش قیمت انرژی به میزان 50 درصد قیمت فعلی و افزایش قیمت انرژی به میزان 80 درصد قیمت فعلی می‌باشد. هم‌چنین در مورد افزایش قیمت آب، تعرفه فعلی آب در شبکه آبیاری دشت مهران حدود 3 میلیون ریال به ازای هر هکتار و در نتیجه حدود 400 ریال به ازای هر مترمکعب می‌باشد. در مورد آب زیرزمینی نیز، باتوجه‌به قانون مجلس شورای اسلامی در حال حاضر مبلغی بابت حق النظاره آب زیرزمینی از بخش کشاورزی دریافت نمی‌شود. ولی در صورت اجرای مجدد قانون دریافت حق النظاره، مبلغ دریافتی برابر با یک درصد عملکرد محصولات و حدوداً برابر با 10 ریال به ازای هر مترمکعب خواهد بود. از این نظر گزینه‌های این قسمت به‌صورت زیر تعریف شده‌اند.

ادامه وضعیت موجود در تعرفه آب سطحی و عدم دریافت حق النظاره چاه‌ها

افزایش 10 درصدی تعرفه آب سطحی و اعمال حق النظاره چاه‌ها به قیمت هر مترمکعب آب برابر با 10 ریال

افزایش 20 درصدی تعرفه آب سطحی و اعمال حق النظاره چاه‌ها به قیمت هر مترمکعب آب برابر با 20 ریال

افزایش 50 درصدی تعرفه آب سطحی و اعمال حق النظاره چاه‌ها به قیمت هر مترمکعب آب برابر با 50 ریال

و در نتیجه گزینه‌های لحاظ شده در تحقیق شامل ترکیب گزینه‌های اخیر و به‌صورت 12 گزینه زیر می‌باشند:

جدول 3- شماره گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی

	شماره گزینه	گزینه‌های تغییر قیمت انرژی			
		ادامه روند فعلی	افزایش 50 درصدی	افزایش 80 درصدی	افزایش 100 درصدی
گزینه‌های تغییر قیمت آب	ادامه روند فعلی	1	2	3	4
	افزایش 10 درصدی تعرفه آب سطحی و اعمال حق النظاره چاه‌ها به قیمت 10 ریال در هر مترمکعب	5	6	7	8
	افزایش 20 درصدی تعرفه آب سطحی و اعمال حق النظاره چاه‌ها به قیمت 20 ریال در هر مترمکعب	9	10	11	12
	افزایش 50 درصدی تعرفه آب سطحی و اعمال حق النظاره چاه‌ها به قیمت 50 ریال در هر مترمکعب	13	14	15	16

گزینه‌های مدیریت تقاضا (الگوی کشت، کم آبیاری و توسعه روش‌های آبیاری تحت‌فشار)

الف- گزینه‌های تغییر الگوی کشت

گزینه‌های تغییر الگوی کشت شامل: ادامه وضع موجود، الگوی کشت یک: تغییر سطح زیر کشت یونجه به ذرت و الگوی کشت دو: تغییر سطح زیر کشت یونجه و ذرت به کلزا می‌باشد. لازم به ذکر است اراضی فعلی دشت مهران حدود 8800 هکتار می‌باشد که 2800 هکتار آن مربوط به شبکه آبیاری کنجان چم است که به دلیل زمان تخصیص آب به شبکه عملاً امکان تغییر در الگوی کشت فراهم نیست و الگوی کشت فعلی آن نیز شامل گندم و کلزا می‌باشد. حدود 6000 هکتار از اراضی نیز تحت پوشش چاه‌های کشاورزی منطقه بوده که درصد الگوی کشت آن شامل گندم 50، کلزا 40، ذرت 5، یونجه 3، باقلا 1 و گوجه 0/5، خیار 0/2 و بامیه 0/3 درصد است. گزینه‌های الگوی کشت در نظر گرفته شده بر اساس آمار نیاز خالص آب گیاهان در منطقه و شرایط اجتماعی و اقتصادی منطقه می‌باشد و این گزینه‌ها مربوط به اراضی تحت پوشش چاه‌های کشاورزی می‌باشند.

ب- گزینه‌های کم آبیاری

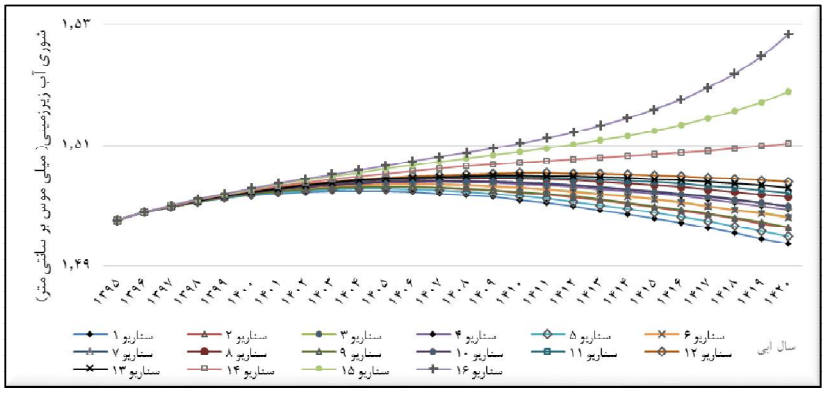
به‌منظور بررسی اثر کم آبیاری در منطقه نیز سه گزینه به شرح زیر تعریف و تحلیل شد: الف) اعمال نیاز آبیاری ب) اعمال 10 درصد کم‌آبیاری ج) اعمال 20 درصد کم‌آبیاری

ج- گزینه‌های توسعه روش‌های آبیاری تحت‌فشار

راندمان کاربرد آبیاری و آب برگشتی به آبخوان تحت‌تأثیر روش آبیاری می‌باشند. در سطح شبکه به‌منظور لحاظ‌کردن نوع روش‌های آبیاری در شبکه بر روی راندمان کل شبکه و همچنین جریان بازگشتی به آبخوان، از نسبت روش‌های تحت‌فشار در سطح شبکه (irrigation system ratio in network) استفاده شده است. این نسبت نشان می‌دهد که چه درصدی از شبکه به چه نوع روشی اختصاص‌یافته است. گزینه‌های توسعه سطح تحت پوشش آبیاری تحت‌فشار شامل 6 گزینه ادامه وضع موجود، و افزایش 1500، 3000 و 4500 هکتاری در سطح تحت پوشش آبیاری تحت‌فشار بارانی (کلاسیک ثابت) و افزایش 1500 هکتاری در سطح تحت پوشش بارانی (کلاسیک ثابت) و 1500 هکتاری در تیپ (آبیاری قطره‌ای تیپ)، و 3000 هکتاری در بارانی (کلاسیک ثابت) و 1500 هکتاری در تیپ (آبیاری قطره‌ای نواری) می‌باشد. در اراضی تحت پوشش چاه‌ها در حال حاضر حدود 1500 هکتار تحت پوشش آبیاری تحت‌فشار قرار دارند و 4500 هکتار باقی‌مانده در 5 گزینه توسعه آبیاری تحت‌فشار تعریف شده‌اند.

اثر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر کیفیت آب زیرزمینی

نتایج اثر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر شوری آب زیرزمینی دشت در شکل (2) آمده است. در نتایج مدل‌سازی اعمال گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی نیز شاهد تغییرات ناچیزی در شوری آب زیرزمینی می‌باشیم. البته موضوع دیگری نیز وجود دارد که ممکن است نتایج شبیه‌سازی را با حالت واقعی‌تر تغییرات شوری متفاوت کند و آن این است که در دوره شبیه‌سازی بسیاری از متغیرهای دخیل در بیلان شوری از جمله بارش و سایر متغیرهای اقلیمی ثابت در نظر گرفته شده و لذا نتیجه شوری شبیه‌سازی شده نسبت به حالت واقعی یکنواخت‌تر خواهد بود. از میان گزینه‌های مختلف بررسی شده، گزینه 16 یعنی افزایش 100 درصد تعرفه انرژی، اعمال حق النظاره برابر با 50 ریال به ازی هر مترمکعب و افزایش 50 درصدی تعرفه آب سطحی، دارای بیشترین افزایش میزان شوری آب زیرزمینی و گزینه 1 یعنی ادامه وضع موجود و عدم تغییر در تعرفه آب و انرژی دارای بیشترین کاهش در میزان شوری آب زیرزمینی می‌باشند. ولی در مجموع اختلاف شوری میان اعمال گزینه‌های مختلف چشمگیر نیست.

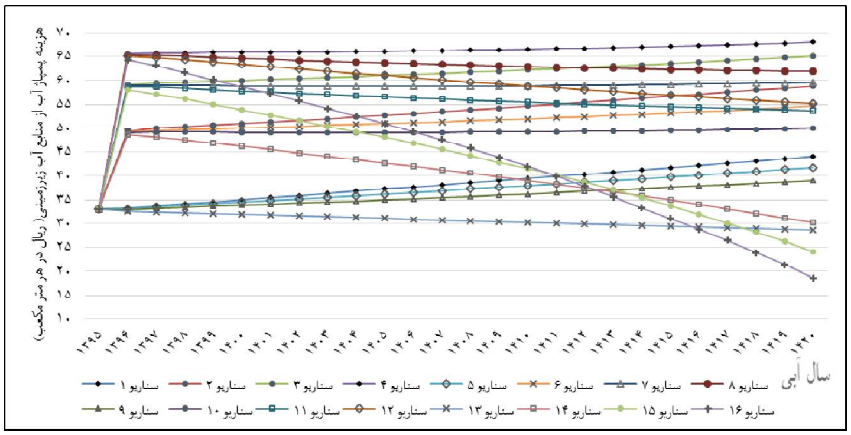


شکل 2-اثر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر شوری آب زیرزمینی در بازه زمانی سال‌های 1420-1396

اثر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر هزینه پمپاژ آب از آب زیرزمینی

اولین اثر تغییر تعرفه آب و انرژی در تقاضا و بهره‌برداری از آب زیرزمینی مربوط به تغییر در هزینه پمپاژ آب زیرزمینی است. هزینه پمپاژ آب زیرزمینی تحت‌تأثیر دو عامل اصلی تعرفه انرژی و عمق پمپاژ (عمق آب زیرزمینی) می‌باشد. در واقع تغییر تعرفه انرژی هم به‌صورت مستقیم و هم به واسطه تغییر در تقاضای آب و در نتیجه تغییر در عمق آب زیرزمینی بر هزینه پمپاژ اثرگذار است. تعرفه آب سطحی و حق النظاره نیز به سبب اثرگذاری بر تقاضای آب و تغییر در سطح آب زیرزمینی و در نتیجه تأثیر بر عمق آب زیرزمینی، بر

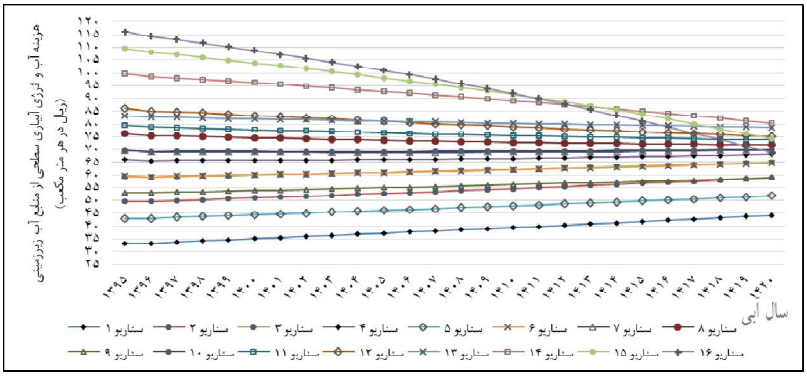
هزینه‌های پمپاژ اثرگذارند. نتایج اعمال گزینه‌های شانزده‌گانه تغییر تعرفه آب و انرژی در هزینه پمپاژ آب در شکل (3) آمده است. در ابتدای شبیه‌سازی به دلیل برابر بودن همه عوامل از جمله عمق آب زیرزمینی در همه گزینه‌ها، تنها اعمال تعرفه انرژی هزینه پمپاژ را افزایش می‌دهد. پس از آن تأثیرگذاری تعرفه انرژی و آب بر میزان تقاضای آب و در نتیجه اثرگذاری بر سطح آب زیرزمینی و عمق پمپاژ، بر هزینه پمپاژ اثرگذار است. همان‌طور که از نمودار مشخص است، در گزینه‌های مربوط به هر گروه از تعرفه انرژی، گزینهٔ تعرفه بیشتر آب، دارای کمترین هزینه پمپاژ می‌باشد. دلیل این امر این است که تعرفه بیشتر آب سبب کاهش تقاضای آب، افزایش سطح آب زیرزمینی و در نتیجه کاهش عمق پمپاژ می‌گردد. به صورتی که در گزینه‌هایی همچون 16 و 15 که دارای بیشترین تعرفه آب می‌باشند، به واسطه افزایش سطح آب زیرزمینی و کاهش عمق پمپاژ، هزینه پمپاژ در پایان دوره از حد هزینه فعلی پمپاژ کمتر می‌شود.



شکل 3-اثر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر هزینه پمپاژ آب زیرزمینی در بازه زمانی سال‌های 1420-1396

اثر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر هزینه آب و انرژی آب آبیاری سطحی از منابع آب زیرزمینی

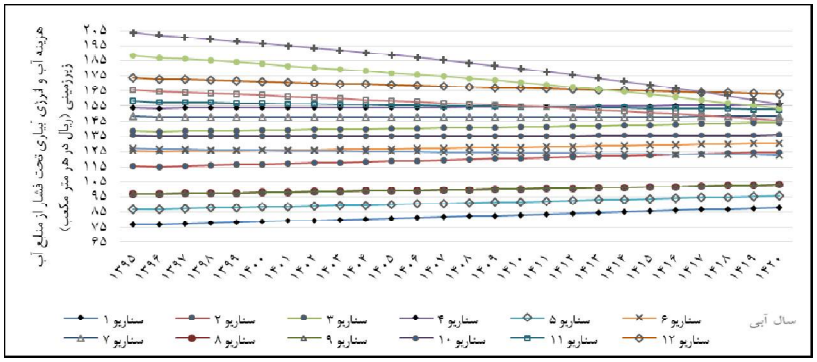
میزان تقاضای آب کشاورزی تحت‌تأثیر قیمت تمام شده آب کشاورزی است. به صورتی که با افزایش قیمت تمام شده آب کشاورزی، میزان تقاضا برای آن کاهش می‌یابد. همان‌طور که قبلاً بیان شد، این میزان کاهش در قالب‌کشش قیمتی نهاده آب برای محصولات مختلف کشاورزی منطقه محاسبه شده است. قیمت تمام شده آب کشاورزی از منابع آب زیرزمینی شامل دو هزینه تعرفه انرژی و تعرفه آب یا حق النظاره چاه‌های کشاورزی و در مجموع هزینه آب و انرژی است. تغییرات هزینه آب و انرژی آب آبیاری برای آبیاری سطحی تحت‌تأثیر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی در شکل (4) آمده است. در گزینه‌های مختلف شانزده‌گانه، تفاوت در هزینه اولیه آب و انرژی، صرفاً بر اساس تعرفه آب و انرژی نتیجه شده است. پس از آن اثرگذاری بر میزان تقاضای آب و سطح آب زیرزمینی باعث تفاوت در عمق آب زیرزمینی شده و تفاوت در هزینه آب و انرژی را باعث می‌گردد. همان‌طور که از نمودار مشخص است، گزینه‌های دارای تعرفه آب و انرژی بالاتر، به واسطه تأثیرگذاری بر سطح آب زیرزمینی، تا پایان دوره شبیه‌سازی باعث کاهش هزینه آب و انرژی آب آبیاری می‌گردند و این امر نشان می‌دهد افزایش تعرفه آب و انرژی ضمن اینکه باعث کاهش افت سطح آب زیرزمینی می‌شود، به‌تدریج افزایش هزینه آب و انرژی یا هزینه تمام شده آب آبیاری را تعدیل می‌کند.



شکل 4-اثر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر هزینه آب و انرژی آب آبیاری سطحی از آب زیرزمینی در بازه زمانی سال‌های 1396-1420

اثر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر هزینه آب و انرژی آب آبیاری تحت‌فشار از منابع آب زیرزمینی

در محاسبه هزینه تمام شده یا هزینه آب و انرژی آب آبیاری تحت‌فشار سه مؤلفه هزینه انرژی پمپاژ آب از آب زیرزمینی، هزینه تعرفه آب (حق النظاره) و هزینه انرژی تأمین فشار روش آبیاری تأثیرگذارند و در واقع نسبت به آبیاری سطحی هزینه انرژی تأمین فشار روش آبیاری اضافه می‌شود. نتایج اثر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر هزینه آب و انرژی آب آبیاری تحت‌فشار از منابع آب زیرزمینی در شکل (5) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد گزینه‌های دارای تعرفه آب و انرژی بیشتر، هزینه بیشتر آب و انرژی آب آبیاری را به دنبال دارند و گزینه‌های دارای رقم پایین‌تر تعرفه آب و انرژی هزینه کمتری را برای آب و انرژی آب آبیاری باعث می‌گردند. البته در مورد چند گزینه دارای بالاترین تعرفه آب و انرژی همچون گزینه 16 و 15، به واسطه اثرگذاری بر سطح آب زیرزمینی و کاهش‌دادن عمق پمپاژ، تا اتمام دوره شبیه‌سازی کاهش چشمگیری را در هزینه آب و انرژی آب آبیاری باعث می‌گردند. به صورتی که هزینه آب و انرژی این دو گزینه در پایان دوره شبیه‌سازی کمتر از هزینه آب و انرژی گزینه‌های 14 و 12 می‌شود؛ لذا در صورت نیاز به تصمیم‌گیری از این منظر گزینه‌های 16 و 15، گزینه‌های نسبتاً مناسبی به‌حساب می‌آیند.



شکل 5- اثر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر هزینه آب و انرژی آب آبیاری تحت فشار از آب زیرزمینی در بازه زمانی سال‌های 1396-1420

اثر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر بهره‌وری آب آبیاری

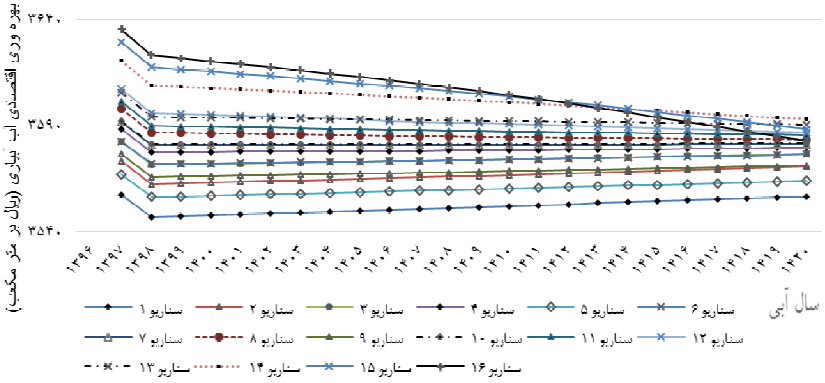
همان‌طور که قبلاً بیان شد در این مطالعه دو بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی موردبررسی قرار می‌گیرد. بهره‌وری اقتصادی آب ((WP (Economical) از تقسیم سود خالص بر عمق آب کاربردی (Irri water seasonal) و بهره‌وری فیزیکی آب (WP (Physical)) از تقسیم عملکرد محصول بر آب آبیاری کاربردی محاسبه می‌شود.

نتایج نشان داد گزینه‌های تغییر تعرفه آب و انرژی تأثیری در بهره‌وری فیزیکی محصولات نداشتند. همچنین بهره‌وری فیزیکی محصولات مختلف در دوره شبیه‌سازی تغییری نکرده است. بهره‌وری محصولات عمده منطقه شامل گندم و کلزا در آبیاری سطحی و بارانی در جدول 4 آورده شده است. قاعدتاً انتظار می‌رود تحت شرایط افزایش تعرفه آب و انرژی، کشاورزان جهت کاهش مصرف آب ضمن عدم کاهش عملکرد محصولات تلاش کنند و در نتیجه آن بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری افزایش یابد. دلیل عدم تغییر بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری تحت گزینه‌های تغییر تعرفه آب و انرژی در این تحقیق در این است که امکان سنجش، مدل کردن و شبیه‌سازی این افزایش بهره‌وری وجود ندارد.

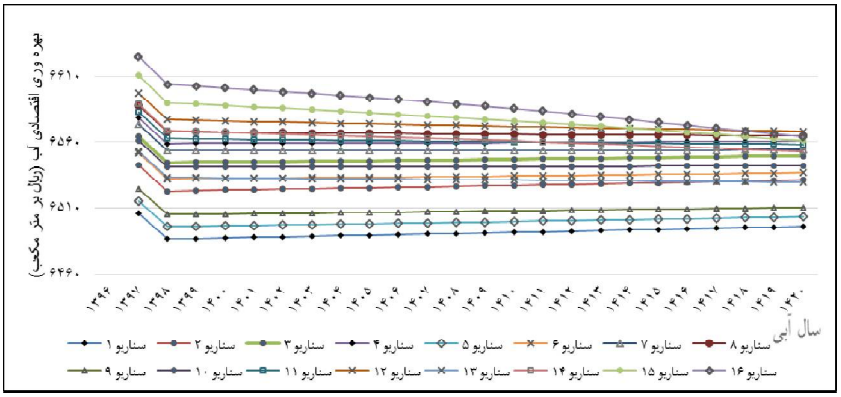
جدول 4- بهره‌وری فیزیکی آب در محصولات عمده منطقه در روش‌های آبیاری سطحی وبارانی

شرح	گندم		کلزا	
	آبیاری سطحی	آبیاری بارانی	آبیاری سطحی	آبیاری بارانی
بهره‌وری فیزیکی (کیلوگرم بر مترمکعب)	0/53	0/73	0/4	0/55

نتایج تأثیر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری محصول گندم در آبیاری سطحی و بارانی به ترتیب در شکل‌های (6) و (7) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد تغییر تعرفه آب و انرژی بر تغییر بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری موثر بوده و از میان گزینه‌های مختلف گزینه 16 یعنی افزایش 100 درصد تعرفه انرژی، اعمال حق النظاره برابر با 50 ریال به ازای هر مترمکعب و افزایش 50 درصدی تعرفه آب سطحی دارای بالاترین بهره‌وری اقتصادی می‌باشد. و گزینه ادامه وضع موجود و عدم افزایش تعرفه آب و انرژی نیز دارای پایین‌ترین بهره‌وری اقتصادی آب می‌باشد. مقایسه دو نمودار نیز نشان می‌دهد بهره‌وری اقتصادی در آبیاری بارانی بیشتر از آبیاری سطحی می‌باشد که دلیل این امر راندمان بالاتر آبیاری بارانی و در نتیجه مصرف کمتر آب به ازای تولید مقدار مشخصی محصول است.



شکل 6- تأثیر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری محصول گندم در آبیاری سطحی



شکل 7- تأثیر گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی بر بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری محصول گندم در آبیاری بارانی

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد اعمال گزینه‌های مختلف تغییر تعرفه آب و انرژی باعث تغییرات ناچیزی در شوری آب زیرزمینی می‌گردد. از میان گزینه‌های مختلف بررسی شده، گزینه 16 یعنی افزایش 100 درصد تعرفه انرژی، اعمال حق النظاره برابر با 50 ریال به ازی هر مترمکعب و افزایش 50 درصدی تعرفه آب سطحی، دارای بیشترین افزایش میزان شوری آب زیرزمینی و گزینه 1 یعنی ادامه وضع موجود و عدم تغییر در تعرفه آب و انرژی داری بیشترین کاهش در میزان شوری آب زیرزمینی می‌باشند. ولی در مجموع اختلاف شوری میان اعمال گزینه‌های مختلف چشم‌گیر نیست. هم‌چنین نتایج اعمال گزینه‌های شانزده گانه تغییر تعرفه آب و انرژی در هزینه پمپاژ آب نشان می‌دهد در گزینه‌هایی که دارای بیشترین تعرفه آب می‌باشند، به واسطه افزایش سطح آب زیرزمینی و کاهش عمق پمپاژ، هزینه پمپاژ در پایان دوره از حد هزینه فعلی پمپاژ کمتر می‌شود. همین موضوع در مورد هزینه آب و انرژی آب آبیاری نیز صدق می‌کند. در بررسی نتایج اثر گزینه‌های مختلف تغییر الگوی کشت بر شوری آب زیرزمینی دشت، نتایج نشان می‌دهد در اعمال هر سه گزینه الگوی کشت شاهد تغییرات ناچیزی در شوری آب زیرزمینی دشت مهران می‌باشیم. بررسی اثر این گزینه‌ها بر حجم آبخوان و سطح آب زیرزمینی نیز نشان می‌دهد. با تغییرات انجام شده در الگوی کشت، میزان تقاضا و در نتیجه برداشت از آب زیرزمینی تغییر کرده و این تغییر بر حجم آبخوان و سطح آب زیرزمینی دشت تأثیر می‌گذارد. ادامه وضع موجود و عدم تغییر در الگوی کشت موجود سبب کاهش حدود 100 میلیون مترمکعبی حجم آبخوان در پایان سال دوره شبیه‌سازی یعنی سال 1420 خواهد شد و این تغییر اثر خود را در کاهش سطح آب زیرزمینی دشت از سطح 171 متر فعلی به سطح 157 متر یعنی 14 متر پایین‌تر نشان خواهد داد. گزینه الگوی کشت سه یعنی جایگزینی ذرت و یونجه در الگوی کشت فعلی با کلزا، نه تنها می‌تواند کاهش حجم آبخوان و افت سطح آب زیرزمینی را متوقف کند، بلکه می‌تواند تا حدودی افت سطح آب زیرزمینی سال‌های گذشته را جبران نماید. نتیجه اعمال این گزینه افزایش حجم آبخوان به میزان حدود 100 میلیون مترمکعب نسبت به حجم فعلی در پایان دوره شبیه‌سازی است و سطح آب زیرزمینی را به حدود 186 متر خواهد رساند.

منابع

بی‌نام، 1396. آمار اقلیمی مهران، سامانه آمار و گزارش شرکت مدیریت منابع آب ایران، 1396.

بی‌نام، 1395. گزارش آمار کشاورزی 95-94 استان ایلام، سازمان جهاد کشاورزی استان ایلام، 1395

بی‌نام. 1392. گزارش توجیهی پیشنهاد تمدید ممنوعیت توسعه بهره‌برداری آبخوان دشت مهران. شرکت سهامی آب منطقه‌ای ایلام. ایلام. 88 صفحه.

شاهنوشی ن.، ابوالحسنی ل.، داوری ک.، حیات غیبی ف. و نعمت الهی ز. 1395. تأثیر حامل‌های انرژی و برآورد افزایش قیمت آن بر بخش‌های اقتصادی کشور. آب و فاضلاب. 28(1): 94-84

شعبانی، س.، منعم، م، ج. و باقری، ع. 1393. مدل پویای سیستم بهسازی شبکه آبیاری فومنات از دیدگاه شاخص‌های کفایت و عدالت. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره 4. جلد 8. ص 836-826.

شجری، ش. و ترکمان، ج. 1386. تناسب شبیه‌سازی‌های تصمیم‌گیری چند معیاری به‌منظور بررسی تقاضای آب آبیاری (مطالعه موردی حوضه آبریز درودزن). اقتصاد کشاورزی، 1(3): 345-331.

معرفی مدل نرم‌افزاری OOIS-V2 برای استفاده در مدیریت بهره‌برداری و برآورد مقادیر توزیع و تحویل آب در روش‌های آبیاری

احمد دماوندی نژاد منفرد [1]، امیرهوشنگ رضائی [2]

[1] کارشناس آبیاری و زهکشی، شرکت مهندسین مشاور ویسان، damavandiam1393@gmail.com

[2] رئیس هیئت مدیره، شرکت مهندسین مشاور ویسان، rezaii.amir@gmail.com

چکیده

کمبود آب از چالش‌های کشور محسوب شده و نیاز به بهره‌برداری صحیح دارد. مدیریت بهره‌برداری صحیح و دقت در برنامه تحویل آب می‌تواند راندمان بهره‌برداری از یک روش آبیاری را افزایش دهد. قطع زودهنگام جریان آب کاهش بهره‌وری و عملکرد محصول را در پی داشته و با هر تأخیری در قطع جریان آب می‌تواند خروج آب مازاد از شبکه و مشکلات زه‌دار شدن اراضی را به همراه آورد. برنامه‌ریزی و توزیع آب در روش آبیاری به نوع محصول یا محصولات کشت شده، روش آبیاری، راندمان کاربرد، ابعاد و خصوصیات فیزیکی بستگی داشته و برآورد آن با دست مشکل بوده و باعث اتلاف وقت و افزایش خطا در محاسبات می‌شود؛ لذا ارائه یک مدل کامپیوتری برای بهره‌برداری و توزیع آب دور از انتظار نیست. نرم‌افزار OOIS-V2 به‌منظور تهیه برنامه توزیع و تحویل آب در شبکه‌های آبیاری تهیه شده است. از این مدل برای تهیه برنامه توزیع و تحویل آب به کانال RC6 یکی از کانال‌های درجه 2 شبکه آبیاری رامشیر استفاده و باعث شفافیت و دقت در توزیع آب و کاهش تلفات آبیاری و افزایش بهره‌وری آب کشاورزی و ارتقا عملکرد شبکه آبیاری شد.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی، بهره‌برداری، توزیع آب، شبکه آبیاری، نرم‌افزار OOIS

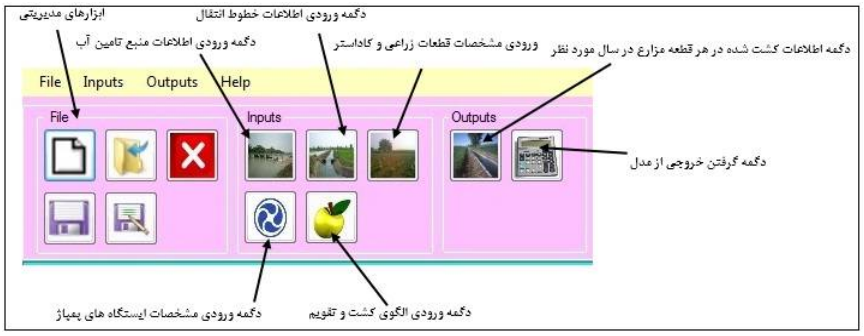
مقدمه

بخش‌های عمده‌ای از میهن عزیزمان در نواحی نیمه‌خشک و خشک جهان قرار گرفته و جزو کشورهای فقیر از نظر بارش و منابع آب می‌باشد. به‌طوری‌که کمبود آب از چالش‌های کشور محسوب شده و بخش کشاورزی را تحت شعاع خود قرار داده است (جنگی مرنی و همکاران، 1390). فرایند بهره‌برداری از یک شبکه آبیاری شامل جمع‌آوری اطلاعات محصولات کشت شده در هر قطعه زراعی، برآورد نیاز آبی هر قطعه زراعی، انعقاد قرارداد آبیاری، درخواست آب و برنامه تحویل و توزیع آب، دریافت آب‌بها و غیره است. از میان این فرایندها مدیریت برنامه تحویل و توزیع آب از عوامل تأثیرگذار در میزان تلفات در یک شبکه آبیاری است. در هر شبکه آبیاری قبل از شروع فصل آبیاری باید برنامه تحویل و توزیع آب به کشاورزان ارائه شود، تا نماینده کشاورزان هر قطعه زراعی، در زمان تعیین شده در محل تحویل آب به آن قطعه زراعی، حاضر و آب موردنیاز خود را در بازه زمانی مشخص دریافت نمایند. روش‌های تحویل آب در داخل شبکه آبیاری شامل برنامه گردشی، زمانی بر اساس تقاضا، زمانی تنظیم شده، و دستگاه مرکزی هستند. هرکدام از روش‌ها در شرایط خاص خود مناسب است، اما برای کاهش هزینه‌های بهره‌برداری بهتر است در نواحی و مناطق مختلف یک شبکه آبیاری از روش‌های گوناگون زمان‌بندی استفاده شود. این انعطاف‌پذیری می‌تواند موجب بالابردن راندمان بهره‌برداری از شبکه آبیاری و افزایش عملکرد تولید در سطح مزرعه و صرفه‌جویی در مصرف آب و کاهش هزینه‌های نیروی انسانی شود (ASCE, 1991). براین‌اساس بهره‌برداری بهینه از یک شبکه آبیاری مستلزم آن است که دبی و احجام آب تحویلی به هر قطعه زراعی متناسب با نیاز آبی محصولات کشاورزی و شرایط آن قطعه زارعی باشد .ارائه الگوی توزیع آب و تعیین دقیق زمان و احجام آب تحویلی به قطعات زراعی درطرح‌های آبیاری، چه در مطالعات و چه

در دوران بهره‌برداری در هر شبکه آبیاری با دست مشکل بوده و باعث اتلاف وقت و افزایش خطا در محاسبات شده و نیاز به مدل کامپیوتری دارد (دماوندی نژاد منفرد و نصوری، 1389). نرم‌افزار 00IS (Operation Of Irrigation System) برای نیل به این هدف مهم تهیه و در سال 1392 با نام 00IS-1 به‌عنوان اختراع در کشور به ثبت رسید که قابلیت تهیه برنامه توزیع و تحویل آب در طول یک سال زراعی را در شبکه‌های آبیاری و زهکشی دارد. (دماوندی‌نژاد منفرد، 1389؛ دماوندی‌نژاد منفرد، 1392). این مدل در سال 1399 تحت عنوان 00IS-V2 توسط تهیه‌کننده ارتقا یافت و برنامه توزیع و تحویل آب در طول یک سال زراعی ایستگاه‌های پمپاژ و کاداستر به مدل افزوده شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال 1402 انجام شد و یک تحقیق کاربردی است و نتایج حاصل از آن برای کارشناسان شرکت‌های آب منطقه‌ای، شرکت‌های بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و شرکت‌های مهندسین مشاور قابل‌استفاده می‌باشد. نرم‌افزار 00IS-V2 می‌تواند زمان، دبی و حجم آب تحویلی به هر مزرعه و ابتدای هر یک از خطوط انتقال (زمان مانور دریچه‌ها) نیز تعداد کارکرد پمپاژ در هر ایستگاه پمپاژ، تعداد ساعت و حجم تحویل آب به مالکین شبکه در طول یک سال بهره‌برداری را برآورد کند. در شکل شماره (1) دگمه‌های ابزاری نوار اصلی و جعبه‌ابزار این نرم‌افزار نشان داده شده است.



شکل 1- دگمه‌های ابزاری اصلی نرم‌افزار

الف) File: این جعبه برای انجام عملیات مدیریتی برنامه است.

ب) Inputs (ورودی‌ها): به طور اعم اطلاعات ورودی به نرم‌افزار که از پنج بخش به شرح زیر تقسیم می‌شوند.

بخش اول، اطلاعات منبع تأمین بخش دوم، اطلاعات خطوط انتقال شامل، مشخصات سرعت آب در خطوط انتقال، کیلومتر از آبگیری، میزان تلفات انتقال و حداکثر دبی جریان آب در محل تحویل می‌باشند. بخش سوم، اطلاعات خطوط قطعه زراعی. بر اساس طبقه‌بندی و تقسیم‌بندی، واحدهای آبیاری و یا قطعه زراعی کوچک‌ترین واحد عملیات کشاورزی است و معمولاً تحت کشت یک محصول یا دارای کشت دوم می‌باشد. هر قطعه زراعی تحت آبخور یک کانال (لوله) درجه 4 (کانال مزرعه) می‌باشد که آب موردنیاز به کرت، نوار، شیار، لوله‌ها به طور مستقیم از این کانال (لوله) تأمین می‌شود. دبی این قطعه زراعی نیز مقدار ثابت و مشخصی بوده و مقدار آن برای کانال‌های قطعات زراعی دبی دستابه و برای خطوط لوله طبق ضوابط و معیارهایی که از قبل پیشنهاد شده است، می‌باشد. در این نرم‌افزار قطعه زراعی بر طبق تعریف فوق برای استفاده در شبکه فرعی و برای استفاده در شبکه اصلی کاربرد دارد. بخش چهارم: اطلاعات ایستگاه پمپاژ شامل منحنی مشخصه پمپ، منحنی شبکه، تعداد پمپ‌های موجود در ایستگاه و غیره می‌باشد. مدل به‌گونه‌ای تهیه شده که قابلیت ورود اطلاعات تعداد نامحدود ایستگاه پمپاژ در سطح شبکه را دارد. بخش پنجم: الگوی کشت و تقویم آبیاری هر یک از

محصولات که در محدوده شبکه رایج می‌باشند. در این نرم‌افزار می‌توان تقویم آبیاری را بر اساس روش SCS و با عمق ثابت و دور متغیر برآورد نمود. البته درصورتی‌که اطلاعات تقویم آبیاری از قبل معلوم باشد، می‌توان با دست به برنامه داد.

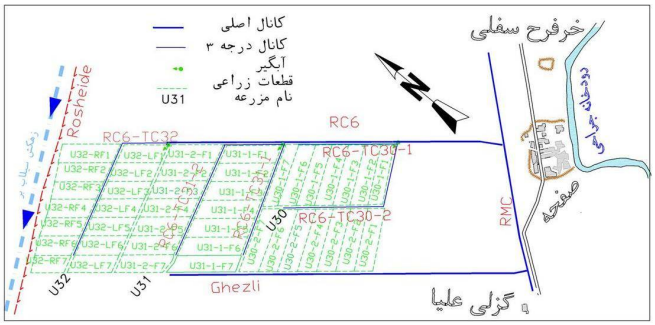
ج- Outputs (خروجی‌ها): خروجی‌های نرم‌افزار به دو بخش تقسیم می‌شوند. بخش اول مربوط به اطلاعات کشت شده در هر قطعه زراعی در سال موردنظر می‌باشد. هر قطعه بسته به نوع محصول یا محصولات کشت شده، روش آبیاری، راندمان کاربرد، ابعاد و خصوصیات فیزیکی برنامه آبیاری برآورد می‌شود. نتایج برنامه آبیاری هر قطعه زراعی بسته به عوامل مذکور شامل زمان و میزان آب آبیاری در هر آبیاری (در شبکه‌های سنتی و غیر مدرن حقابه‌ها و تعداد آبیاری) است. از این مدل می‌توان در شبکه آبیاری اصلی نیز استفاده کرد. برای این منظور باید از قسمت select crops گزینه ...MainNet... انتخاب شود. بخش دوم شامل خروجی‌های برنامه توزیع و تحویل آب در شبکه به شکل جدول و منحنی استخراج می‌شود و نتایج آن شامل مقادیر دقیق زمان قطع و وصل جریان در طول یک سال و مقادیر دبی و حجم آب موردنیاز به هر قطعه زراعی و ابتدای هر یک از کانال‌های آبیاری و خطوط لوله آب و نقاط تحویلی نیز برنامه کار ایستگاه‌های پمپاژ از لحاظ تعداد پمپ‌های فعال و زمان کار آن‌ها می‌باشد.

نتایج و بحث

شبکه آبیاری و زهکشی رامشیر در استان خوزستان و در 100 کیلومتری شهرستان اهواز واقع شده است. کانال RC6 یکی از کانال‌های درجه 2 شبکه آبیاری رامشیر است که از کیلومتر 675+13 کانال اصلی RMC منشعب می‌شود. مساحت خالص تحت پوشش این کانال 479.6 هکتار می‌باشد. از این کانال پنج کانال درجه 3 و از هر کانال درجه 3 تعدادی کانال درجه 4 منشعب می‌شود. روش آبیاری در اراضی کانال فوق آبیاری سطحی است. در شکل شماره (2) سیمای شبکه این کانال نشان‌داده‌شده است.

در این تحقیق باتوجه‌به جمیع مساحت‌های محصولات کشت شده شامل گندم و جو به مساحت 165/44، یونجه 9/34، ذرت 45/9، بقولات 75/9، جالیز 54/7 و 45/9 هکتار، تقویم آبیاری هر یک از محصولات، تلفات آبیاری، زمان قطع آبیاری در هر قطعه آبیاری و دبی دستابه (دبی هر یک از کانال‌های درجه 4) و باتوجه‌به موقعیت واقعی محصولات کشت شده در هر قطعه زراعی و پایاب هر درجه کانال درجه 3 و نیز مشخصات و سیمای شبکه آبیاری پایاب کانال RC6 توزیع آب کلیه کانال‌های درجه 4 پایین دست هر یک از کانال‌های درجه 3 برآورد و در پایان مقادیر تحویل واقعی آب به کانال RC6 تعیین گردید (بی‌نام، 1391). شایان ذکر است فرض شده در ابتدای این کانال ایستگاه پمپاژی شامل 3 پمپ سانتریفوژ از نوع سانتریفوژ 200-300 اجرا شده که مدیریت کارکرد پمپ‌ها در طول یکسال زراعی برآورد و نتایج آن ارائه شده است.

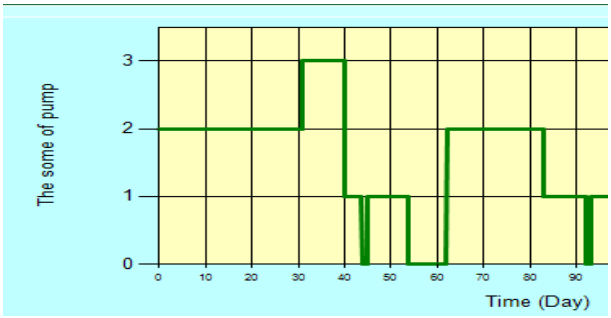
باتوجه‌به راندمان انتقال 90 درصد، راندمان توزیع 90 درصد، راندمان کاربرد 60 درصد و راندمان کل 49 درصد می‌باشند. نتایج تحویل آب شامل شدت جریان (دبی)، دور آبیاری و طول زمان تحویل آب، به شبکه شامل کلیه کانال‌ها و قطعات زراعی و عملکرد پمپ‌ها با استفاده از این مدل برآورد گردید. در جدول شماره (1) و شکل شماره (3) ارائه شده است. از این جدول زمان قطع و وصل جریان و میزان دبی تحویلی و حجم آب تحویلی استنتاج می‌شود و علاوه بر مدیریت توزیع زمان بازدید، زمان تعمیر و نگهداری در سطح شبکه نیز برآورد می‌شود.



شکل 2- سیمای شبکه کانال RC6

جدول 1- بخشی از برنامه تحویل آب به کانال RC6 از اول تا سی‌ام فروردین ماه

ردیف	شروع آبیاری (ساعت) روز	قطع آبیاری (ساعت) روز	دبی (لیتر در ثانیه)	حجم آب تحویلی (مترمکعب)
1	1 / 1 (0:0)	1 / 15 (0:0)	340	411264
2	1 / 15 (0:0)	2 / 1 (0:0)	234	344351
3	2 / 1 (0:0)	2 / 10 (0:0)	442	343871
4	2 / 10 (0:0)	2 / 13 (17:0)	166	53400
5	2 / 15 (0:0)	2 / 20 (0:0)	173	74879
6	2 / 20 (0:0)	2 / 23 (17:0)	166	53400
7	3 / 1 (0:0)	3 / 22 (0:0)	212	385055
8	3 / 22 (0:0)	3 / 30 (22:0)	166	128400



شکل 3- منحنی توزیع و تحویل آب کانال LSC-14 دشت لاغر استان فارس

نتیجه‌گیری

در صورت استفاده از نرم‌افزار 00IS-V2 کشاورزان با یک برنامه از پیش تعیین شده در محل تحویل آب حاضر می‌شوند؛ لذا کارایی نیروی انسانی و راندمان آبیاری بالا خواهد رفت. مزایای مهم خروجی‌های مدل شامل افزایش راندمان آبیاری، تعیین نحوه و زمان مانور دریچه‌های تأسیسات آبیاری برای حالت‌های عبور دبی‌های مختلف و همچنین زمان بازدید دریچه‌های تحویل آب در طول یک سال زراعی، شفاف‌سازی مدیریت بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری و اعمال مدیریت هوشمندانه در شبکه‌های آبیاری، تعیین زمان نگهداری و تعمیر شبکه آبیاری و زهکشی و بازدیدهای دوره‌ای از تأسیسات آبیاری، ارتقای سطح دانش آبیاری و مدیریت بهره‌برداری و افزایش نظم‌وانظباط در داخل شبکه آبیاری می‌باشند.

منابع

بی‌نام. 1391. طرح شبکه فرعی آبیاری و زهکشی، تجهیز و نوسازی و زهکش‌های زیرزمینی اراضی رامشیر ساحل راست، ناحیه عمرانی 1 – گزارش مبانی و طراحی، شرکت مهندسی مشاور آساراب

جنگی‌مرنی، ع.، رمضانی، ه.، سامانی، ن. و لجمیر، ک. 1390. مؤلفه‌های تأثیرگذار بر استفاده از شرکت‌های خصوصی در بهره‌برداری، نگهداری و مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. مجموعه‌مقالات دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران. زنجان: شرکت آب منطقه‌ای زنجان.

دماوندی نژاد منفرد، ا. 1392 فرایند بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری، گواهی ثبت اختراع از سازمان ثبت اسناد و املاک کشور به شماره 79679.

دماوندی نژاد منفرد، ا. و نصوری، م. 1389. مدیریت توزیع و تحویل آب در کانال LSC-14 شبکه آبیاری دشت لاغر با استفاده از نرم‌افزار OOIS-1، سومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.

علیزاده، ا. 1384 طراحی سیستم‌های آبیاری، دانشگاه امام رضا (ع).

ASCE. 1991. Management , operation and maintenance of Irrigation and Drainage system.

معرفی نرم‌افزار ارزیابی تناسب اراضی برای کشت دیم گیاهان زراعی و باغی کشور

مهناز اسکندری [1]، میرناصر نویدی [2]، جواد سیدمحمدی [3]

[1] استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، mahnazskandari@yahoo.com

[2] دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

یکی از راهکارهای مهم برای مدیریت بهینه منابع آبی و تولید محصولات موردنیاز کشور، توسعه کشت دیم است. در این راستا، ارزیابی تناسب اراضی کمک می‌کند که با حفظ منابع تولید، مناسب‌ترین اراضی با بیشترین توان تولید را انتخاب نمود. ازآنجاکه وسعت و تنوع آب‌وهوایی دشت‌های ایران بسیار زیاد است، محاسبات تعیین تناسب اراضی واحدهای خاک برای کشت گیاهان، مسئله‌ای وقت‌گیر و طاقت‌فرساست. هدف از این پژوهش، طراحی و تهیه نرم‌افزاری است که بتواند تناسب اراضی کشور برای کشت دیم را در اندک‌زمان و بادقت بالا انجام دهد. نرم‌افزار ملّی تناسب اراضی به‌گونه‌ای طراحی شد که سه بانک عظیم از داده‌های خاک، گیاه و اقلیم کشور در آن ایجاد شد. هر واحد خاک با یک کد شناسایی منحصربه‌فرد نمایش داده می‌شود که قابلیت اتصال خروجی حاصل از نرم‌افزار به سایر نرم‌افزارها مانند ArcGIS را فراهم سازد. در قسمت اطلاعات گیاه، داده‌های جمع‌آوری شده از دوره‌های فنولوژی گیاهان در سراسر کشور در قالب پهنه‌های اقلیمی مشخص وارد نرم‌افزار شد. همچنین نیازهای رویشی 41 گیاه زراعی و 28 گیاه باغبانی مهم کشور، در این نرم-افزار وارد شدند. ارزیابی تناسب اراضی در این نرم‌افزار بر پایه روش تغییرات انجام می‌شود. در تعیین تناسب اراضی برای کشت دیم، قابلیت محاسبه دوره رشد برپایه اطلاعات روزانه ایستگاه هواشناسی نیز به نرم‌افزار افزوده شد. این نرم‌افزار می‌تواند پس از اتصال به سامانه تحت وب، توزیع جغرافیایی تناسب اراضی کشور را برای گیاهان مختلف، نمایش دهد.

کلمات کلیدی: تناسب اراضی، تولید بهینه، کشت دیم، نرم‌افزار

مقدمه

هرچند که امنیت غذایی از اساسی‌ترین پایه‌های امنیت ملی هر کشور محسوب می‌شود، لیکن بهره‌برداری از منابع طبیعی در راستای تولید نیز باید بر مبنای شناخت کافی از وضعیت و توان اراضی باشد. چرا که هر محصول باتوجه‌به شرایط متفاوت اقلیمی و خصوصیات متفاوت اراضی دارای تناسب و توان تولید متفاوتی است. باتوجه‌به شرایط ویژه کشور ایران و کمبود آب به‌ویژه در سال‌های اخیر، توجه به حفظ منابع پایه برای تولید حائز اهمیت بیشتری است. لیکن به دلیل وسعت زیاد دشت‌های ایران و تنوع آب‌وهوایی بسیار، محاسبات تعیین تناسب اراضی واحدهای خاک به‌ویژه در سطح ملّی، مسئله‌ای وقت‌گیر و طاقت‌فرساست؛ بنابراین طراحی و تهیه نرم‌افزاری که بتواند محاسبات را طیّ زمانی اندک بادقت بالا انجام دهد و قابلیت اتصال به سامانه‌ای تحت وب برای نمایش خروجی‌ها به‌صورت نقشه را داشته باشد، از مهم‌ترین برنامه‌ها برای پیشبرد این امر مهم ملّی است. در دنیا نیز تاکنون نرم‌افزارهای تخصصی ارزیابی تناسب اراضی برای کاربری‌های متعدد، طراحی و ارائه شده است. این نرم‌افزارها در بیشتر موارد از چارچوب فائو پیروی می‌کنند. به‌عنوان نمونه، نرم‌افزاری با عنوان AEZWIN توسط FAO و مؤسسه IIASA (1999)، به روش پهنه‌بندی اکولوژی–زراعی، طراحی شده است. به کمک این مدل می‌توان توان تولید محصولات کشاورزی را برآورد نمود. در حقیقت مدل برآورد توان تولید که توسط FAO (1979) بر اساس متغیرهای

اقلیمی و گیاهی ارائه شده در ساختار AEZWIN به‌کاررفته و خروجی آن به‌صورت نقشه است (ایوبی و جلالیان، 1385). یک نرم‌افزار قدرتمند دیگر، Micro LEIS است که در سال 1992 توسط De la Rosa و همکاران عرضه شد. این سامانه با استفاده از داده‌های خاک، اقلیم، محصول و چگونگی مدیریت می‌تواند به تصمیم‌گیران برای استفاده از اراضی کمک کند. داده‌های ورودی اولیه به‌صورت بانک اطلاعات ذخیره می‌شوند. سپس عمل تطابق داده‌ها به کمک روش‌های مختلف کیفی، عددی و پارامتریک و روش‌های هوشمند انجام می‌شود (De la Rosa et al., 1992). نرم‌افزار ALES (1996-1986) نیز یک سامانه خودکار ارزیابی اراضی است که بر پایه چارچوب فائو در سال 1990 پایه‌ریزی شده است. این نرم‌افزار به کاربر اجازه می‌دهد که با استفاده از دانش و تجربه خود اراضی را بر پایه روش FAO مورد ارزیابی قرار دهد (ایوبی وجلالیان، 1385). Elsheikh و همکاران (2013) مدل کامپیوتری ALSE را به‌عنوان ابزار تصمیم‌گیری برای کشت محصولات گرمسیری و نیمه‌گرمسیری مانند موز، گواوا، پاپایا، انبه و مرکبات ارائه کردند. داده‌های ورودی این مدل شامل اقلیم، خاک و نیازهای اساسی این مدل بر پایه رویش محصول است خروجی به‌صورت نقشه در چارچوب FAO-SYS است؛ ولی تغییراتی برای درنظرگرفتن شرایط محلی در آن داده شده است. همچنین برای مقایسه معیارهای ارزیابی با یکدیگر و تعیین اهمیت نسبی آن‌ها از روش‌هایی بر پایه دانش متخصص و ابزارهای مکانی استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام ارزیابی تناسب اراضی باید به داده‌ها و اطلاعات مرتبط با وضعیت زمین، اقلیم و گیاه موردنظر دسترسی داشت؛ بنابراین در نرم‌افزار ملّی ارزیابی تناسب اراضی، سه بانک داده شامل اطلاعات اقلیمی (داده‌ها و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی کشور)، اطلاعات خاک (داده‌های استخراج شده از گزارش‌های خاکشناسی) و اطلاعات محصولات زراعی و باغبانی (دوره‌های فنولوژی محصولات، نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما و اقلیمی هر گیاه)، باید بارگذاری شود. برای این منظور داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی کشور به‌صورت روزانه از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. نیازهای رویشی گیاهان زراعی و باغبانی مهم ایران تهیه و یا در صورت وجود، به‌روزرسانی شد. دوره‌های فنولوژی این گیاهان برای هر منطقه از سازمان جهاد کشاورزی مرتبط، جمع‌آوری و سپس در نرم‌افزار بارگذاری شد. اطلاعات مرتبط با زمین نیز از نیم‌رخ‌های شاهد در تمامی گزارش‌های خاکشناسی موجود در مؤسسه تحقیقات خاک و آب، به فرمت اکسل درآمده و در نرم‌افزار قرار گرفت.

برای ارزیابی تناسب اراضی در کشت دیم، نیاز به تعیین دوره رشد برای هر ایستگاه هواشناسی است. دوره رشد به دوره‌ای از سال گفته می‌شود که در آن به دلیل دسترسی به رطوبت کافی و دمای مناسب، تولید محصولات کشاورزی امکان‌پذیر است. ازآنجاکه دسترسی به رطوبت کافی و مناسب‌بودن دما دو عامل وابسته به هم نیستند، دوره رشد از ترکیب دوره رشد مناسب از نظر رطوبتی با دوره رشد مناسب از نظر دمایی می‌تواند محاسبه شود. دوره رشد مناسب از نظر رطوبتی یک دوره پیوسته در سال است که شروع آن زمانی است که مقدار بارش از نصف تبخیر تعرق مرجع (محاسبه شده به روش پنمن) بیشتر شود. پایان آن نیز زمانی است که بارش از نصف تبخیر تعرق مرجع کمتر شود به‌اضافه مدت زمانی که طول می‌کشد تا 100 میلی‌متر از آب ذخیره شده در خاک در فصل مرطوب نیز تبخیر شود. لازم به ذکر است در صورتی می‌توان 100 میلی‌متر ذخیره رطوبتی در خاک در نظر گرفت که طیّ دوره بارندگی، این مقدار رطوبت در خاک ذخیره شده باشد. بدین ترتیب دوره رشد هر ایستگاه هواشناسی تعیین شده و با دوره رشد هر گیاه زراعی یا باغبانی قابل مقایسه است. اگر این دو دوره با یکدیگر هم‌خوانی داشته باشند، اقلیم منطقه برای کشت دیم گیاه موردنظر از منظر تامین آب موردنیاز، مناسب است.

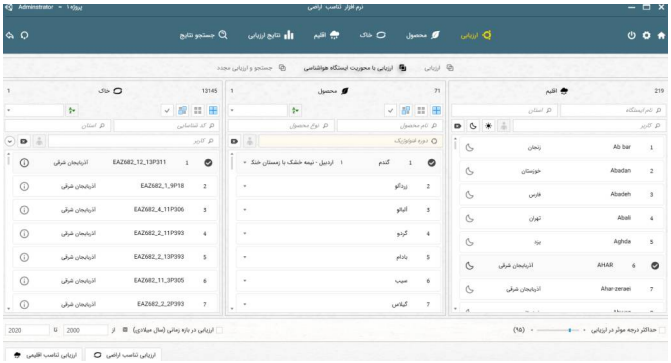
ارزیابی تناسب اراضی در نرم‌افزار ملّی تناسب اراضی بر پایه چارچوب فائو و به روش عددی انجام می‌شود. بدین ترتیب که پس از تعیین ویژگی‌های خاک در هر افق، مقدار آن‌ها به روش Sys et al., 1991، میانگین‌گیری وزنی می‌شود. سپس ویژگی‌های خاک و اراضی با جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نمای گیاه موردنظر (زین‌الدینی و همکاران، 1398؛ سیدجلالی و همکاران، 1398) مقایسه شده و به هر خصوصیت یک درجه اختصاصی بین صفر تا 100 داده می‌شود. درجه اقلیم نیز تعیین شده و با خصوصیات خاک به‌گونه‌ای ترکیب می‌شود که شاخص تناسب اراضی بدست آید.

نتایج به‌دست‌آمده در این روش در قالب کلاس‌های تناسب اراضی S1 (مناسب)، S2 (نسبتاً مناسب)، S3 (تناسب کم)، N1 (در حال حاضر نامناسب) و N2 (نامناسب دائمی) ارائه می‌شوند. همچنین تحت کلاس‌هایی با حروف کوچک لاتین پس از عنوان کلاس‌ها ارائه می‌شود که شامل c (محدودیت‌های آب‌وهوایی)، t (محدودیت‌های پستی‌وبلندی مانند شیب اراضی)، w (محدودیت خیسی زمین مانند زهکشی و سیل‌گیری)، n (محدودیت شور و سدیمی بودن خاک‌ها)، f (محدودیت حاصلخیزی خاک مانند واکنش خاک) و s (محدودیت خصوصیات فیزیکی خاک مانند بافت و ساختمان، سنگ‌ریزه، مقدار گچ و آهک) می‌باشند.

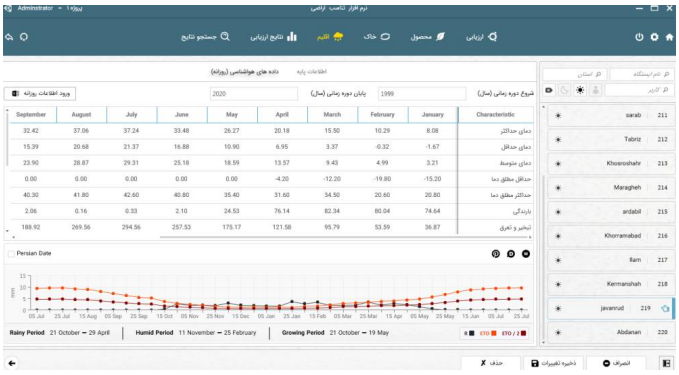
نتایج و بحث

شکل 1 صفحه ارزیابی تهیه شده برای نرم‌افزار را نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشخص است در این صفحه می‌توان گیاه موردنظر را با دوره فنولوژی مرتبط، پروفیل شاهد واحد خاک موردنظر (کدگذاری شده) و ایستگاه هواشناسی معینی را انتخاب کرده و با زدن دکمه ارزیابی تناسب اراضی، نتایج آن را دریافت کرد.

همچنین دوره رشد برای هر ایستگاه هواشناسی، باتوجه‌به داده‌های روزانه محاسبه شده و در صفحه مرتبط با ایستگاه نمایش داده می‌شود. به‌عنوان نمونه دوره رشد ایستگاه هواشناسی جوانرود استان کرمانشاه در شکل 2 نشان داده شده است. با مقایسه دوره رشد هر ایستگاه با دوره رشد گیاه موردنظر (مثلاً گندم) در منطقه، می‌توان قابلیت کشت دیم این گیاه را تعیین کرد. لازم به ذکر است که تمامی بانک‌های داده و اطلاعات بارگذاری شده در نرم‌افزار، قابلیت ویرایش و به روز رسانی داشته و همگام با تغییرات زمانی و مکانی، قابل تغییر است. نتایج بدست آمده را می‌توان به راحتی از طریق کد منحصر به فرد اختصاص داده شده به هر واحد خاک، به نقشه‌های پراکنش جغرافیایی خاک‌ها متصل نمود. بدین ترتیب، نمایش جغرافیایی تناسب اراضی برای کشاورزی و تهیه نقشه‌های ملّی تناسب اراضی کشور برای گیاهان زراعی و باغی در کشت دیم، میسر می‌شود. مهم‌ترین استفاده این نقشه‌ها، تهیه نقشه‌های الگوی کشت کشور و آمایش سرزمین است.



شکل 1- صفحه ارزیابی نرم‌افزار ملّی تناسب اراضی



شکل 2- دوره رشد و سایر اطلاعات مرتبط با ایستگاه هواشناسی جوانرود

منابع

ایوبی، ش. و جلالیان، ا. 1385. ارزیابی اراضی (کاربردهای کشاورزی و منابع طبیعی). انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ص 387.

زین‌الدینی، ع.، تومانیان، ن.، نویدی، م.ن.، فرجنیا، ا. و سیدجلالی، ع.ر. 1398. نیازهای رویشی گیاهان مهم باغبانی کشور. مؤسسه تحقیقات خاک و آب

سیدجلالی، ع.ر.، زین‌الدینی، ع.، نویدی، م.ن. و محمداسماعیل، ز. 1398. نیازهای رویشی گیاهان زراعی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

Elsheikh, R., Rashid, A.B., Sharifi, M., Amiri, F., Ahmad, N.B., Kumar Balasundram, S. and Mohd Soom, A. 2013. Agriculture Land Suitability Evaluator (ALSE): A decision and planning support tool for tropical and subtropical crops. Computers and Electronics in Agriculture, 93: 98–110.

Rosa, D. D.l., Moreno, J.A., Garcia, L.V. and Almorza, J. 1992. MicroLEIS: a microcomputer based Mediterranean land evaluation information system. Soil Use and Management 8, 89–96.

Sys, C., Van Ranst, E. and Debaveye, J. 1991. Land evaluation, Part I and II. General Administration for development cooperation, Brussels.

مقایسه برآورد تبخیر تعرق مرجع با استفاده از روش‌های تجربی و مدل شبکه عصبی مصنوعی

علی مرشدی [1]، عاطفه صیادی شهرکی [2]

[1] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، alimorshedi2000@gmail.com

[2] کارشناس بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد

چکیده

تبخیر تعرق یک پدیده چندمتغیره و پیچیده است که به عوامل اقلیمی بستگی دارد و دقیق‌ترین روش برای برآورد آن، ابزاردقیق است. اما استفاده از ابزاردقیق، مستلزم وقت و هزینه زیادی است، ازاین‌رو تخمین تبخیر تعرق با استفاده از عوامل هواشناسی و مدل‌های تجربی انجام می‌گیرد. این مدل‌ها دارای ضرایبی هستند که معرف شرایط منطقه‌ای است که مدل در آن منطقه، واسنجی شده است؛ لذا کاربرد این مدل‌ها برای هر منطقه، نیاز به بررسی دارد. امروزه شبکه‌های عصبی مصنوعی کاربرد بسیاری در مسائل مختلف مهندسی آب که رابطه و الگوی مشخصی بین عوامل مؤثر بر وقوع یک پدیده وجود ندارد، پیدا کرده‌اند. هدف از پژوهش حاضر مقایسه برآورد تبخیر تعرق مرجع با استفاده از روش‌های تجربی (پنمن مانتیث فائو، تورنت وایت و هارگریوز سامانی) و مدل شبکه عصبی مصنوعی طی سال‌های 1398-1399 در ایستگاه تحقیقاتی چهار تخته شهرکرد واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال‌وبختیاری می‌باشد. نتایج نشان داد، در بین روش‌های تجربی مورداستفاده، نسبت به روش مرجع پنمن مانتیث فائو، دقت روش هارگریوز سامانی بیشتر از روش تورنت وایت است. همچنین دقت شبیه‌سازی مدل شبکه عصبی مصنوعی (باتوجه‌به حداقل مقدار RMSE و MAE و حداکثر مقدار R^2)، برای برآورد مقدار تبخیر تعرق مرجع، بیشتر از روش‌های تجربی بوده؛ به‌طوری‌که مقدار RMSE برای روش‌های هارگریوز سامانی، تورنت وایت و مرحله آزمون مدل شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب برابر 4/25، 8/24 و 0/27 محاسبه گردید. همچنین بررسی کلی نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی در هر سه مرحله آموزش، صحت‌سنجی و آزمون، نتایج قابل‌قبولی ارائه نموده است.

کلمات کلیدی: تورنت وایت، هارگریوز سامانی، هوش مصنوعی

مقدمه

تبخیر تعرق یکی از اجزاء چرخه هیدرولوژیکی است که تخمین درست آن در طراحی و مدیریت روش‌های آبیاری و مطالعات منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار است. تخمین بیش از حد آب موردنیاز گیاه ضمن هدردادن آب آبیاری باعث ماندابی شدن اراضی، شستشوی مواد غذایی خاک و آلوده نمودن منابع آب زیرزمینی می‌شود. ضمن آنکه تخمین کمتر از حد موردنیاز گیاه نیز باعث اعمال تنش رطوبتی کنترل شده به گیاه شده و در نتیجه کاهش محصول را به همراه خواهد داشت (Fathi and KochakZadeh, 2004). روش‌هایی که برای تخمین تبخیر تعرق مرجع استفاده می‌شود در دو گروه اصلی قرار می‌گیرند که عبارت‌اند از روش‌های مستقیم و روش‌های محاسباتی.

در روش‌های مستقیم، بخش کوچک و کنترل شده‌ای از مزرعه را جدا کرده و مقدار تبخیر تعرق در یک دوره زمانی، مستقیماً اندازه‌گیری می‌شود. معمول‌ترین روش مستقیم، تعیین تبخیر تعرق با استفاده از اصل بیلان جرمی در یک حجم کنترل شده از خاک (لایسیمتر) می‌باشد. باوجود دقت بالای برآورد تبخیر تعرق، نصب لایسیمتر مشکل و پرهزینه بوده و استخراج داده‌های داده از آن نیز دشوار و بسیار زمان‌بر است؛ لذا برای سهولت برآورد تبخیر تعرق از روش‌های محاسباتی استفاده می‌شود. در روش‌های محاسباتی که می‌توان

آن‌ها را روش‌های غیرمستقیم دانست، از عوامل مختلف اقلیمی و گیاهی استفاده شده و از روی ارتباط آن‌ها با تبخیر تعرق و معادلاتی که قبلاً با روش‌های مستقیم واسنجی شده‌اند، تبخیر و تعرق پوشش گیاهی موردنظر تخمین زده می‌شود (علیزاده، 1385). نکته مهم و قابل‌توجه این است که طی نیم‌قرن گذشته، مدل‌های متعددی به‌صورت روابط ساده تجربی تا معادلات پیچیده علمی، توسط دانشمندان به‌منظور برآورد تبخیر تعرق گیاه مرجع با استفاده از عوامل مختلف هواشناسی ارائه شده است، مثل بلانی کریدل، پنمن مانتیث فائو، تورک، آیرماک، هارگریوز سامانی و ... . اغلب این روش‌ها تحت واسنجی محلی به‌دست‌آمده و از اعتبار جهانی محدودی برخوردارند. در سال‌های اخیر استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی برای شبیه‌سازی مسائل مختلف رواج بیشتری یافته است. باتوجه‌به اینکه تبخیر تعرق فرایندی غیرخطی است و شبکه عصبی مصنوعی (ANN[1]) ابزار مناسبی برای مدل‌سازی متغیرهای غیرخطی می‌باشد، استفاده از آن نیز برای برآورد تبخیر تعرق توسط پژوهشگران مختلف پیشنهاد شده است. حقی‌زاده و همکاران (1398)، از مدل ANFIS-PSO و مدل تجربی تورک برای تخمین تبخیر تعرق مرجع در پلدختر لرستان استفاده نمودند. نتایج نشان داد مدل ANFIS-PSO با سه عامل دمای میانگین، رطوبت میانگین و گرمای نهان تبخیر قادر به پیش‌بینی تبخیر تعرق مرجع است و نسبت به مدل تجربی تورک دقت بیشتری دارد. صیادی شهرکی و همکاران (1399)، از مدل‌های تجربی و شبکه عصبی مصنوعی به برآورد تبخیر تعرق در کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی پرداختند. همچنین برای ارزیابی دقت مدل‌های استفاده شده، از داده‌های لایسیمتری استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی با ورودی‌های دمای حداکثر، دمای حداقل و سرعت باد دقت بیشتری نسبت به مدل‌های تجربی داشت. Adebayo و همکاران (2012)، از شبکه عصبی برای برآورد تبخیر تعرق مرجع استفاده کردند. نتایج نشان داد زمانی که داده‌های ورودی ناقص باشد، مدل شبکه عصبی مصنوعی به طور قابل‌قبولی قادر به برآورد تبخیر تعرق مرجع می‌باشد. Haghighatjou and Shahroudi (2017)، طی پژوهشی به مقایسه روش‌های سیستم استنتاج عصبی- فازی و برنامه‌ریزی ژن در برآورد تبخیر از تشت در خراسان جنوبی پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد مدل برنامه‌ریزی ژن نسبت به سیستم استنتاج عصبی- فازی کارایی بهتری در برآورد تبخیر از تشتک به‌صورت روزانه دارد.

هدف از پژوهش حاضر مقایسه برآورد تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از روش‌های تجربی (پنمن مانتیث فائو، تورنت وایت و هارگریوز سامانی) و مدل شبکه عصبی مصنوعی در ایستگاه تحقیقاتی چهارتخته شهرکرد واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی چهار تخته شهرکرد واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال‌وبختیاری در 5 کیلومتری شرق شهرکرد با مختصات جغرافیایی ′18,°32 عرض شمالی و ′55 ,°50 طول شرقی با ارتفاع 2090 متر از سطح دریا و با اقلیم منطقه‌ای نیمه‌مرطوب با تابستان معتدل و زمستان بسیار سرد اجراء شد. شکل (1)، موقعیت منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد.



[1] Artificial Neural Network

شکل 1- موقعیت مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری

جهت انجام این تحقیق کلیه داده‌های هواشناسی شامل: دمای کمینه (T_{min})، دمای بیشینه (T_{max})، دمای میانگین (T_{mean})، سرعت باد در ارتفاع 2 متری (U_2)، رطوبت نسبی کمینه (RH_{min})، رطوبت نسبی بیشینه (RH_{max}) و ساعات آفتابی (N) طی سال‌های 1398 و 1399 به‌صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی واقع در منطقه موردمطالعه، دریافت گردید. جدول (1)، مشخصات آماری داده‌های هواشناسی جمع‌آوری شده را ارائه می‌دهد.

جدول 1- مشخصات آماری عوامل هواشناسی مورداستفاده در پژوهش

متغیر	واحد	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
دمای کمینه (T_{min})	درجه سانتیگراد	4/8	19/6	12/66	3/05
دمای بیشینه (T_{max})	درجه سانتیگراد	22/8	37/9	32/8	2/61
دمای میانگین (T_{mean})	درجه سانتیگراد	11/31	27/41	19/99	7/59
رطوبت نسبی کمینه (RH_{min})	درصد	9	25	14/54	3/05
رطوبت نسبی بیشینه (RH_{max})	درصد	20	86	37/59	13/35
سرعت باد در ارتفاع 2 متری (U_2)	متر بر ثانیه	1/33	5	2/94	0/66
ساعات آفتابی (N)	...	2/4	12/1	10/59	1/49

برای صحت‌سنجی داده‌های دریافت شده از ایستگاه هواشناسی منطقه موردمطالعه از دستورالعمل پیوست 5 مندرج در FaO-56 (Allen et al., 1998)، استفاده شد و داده‌های پرت شناسایی و حذف گردیدند. هم‌چنین برای برآورد داده‌های غیر موجود نیز از دستورالعمل فصل سوم مندرج در FaO-56، استفاده شد. سپس کلیه داده‌های هواشناسی و سایر اطلاعات منطقه موردمطالعه از قبیل ارتفاع ایستگاه، طول و عرض جغرافیایی و ... وارد نرم‌افزار اکسل شد و تبخیر تعرق مرجع با استفاده از روش‌های تجربی پنمن مانتیث فائو، تورنت وایت و هارگریوز سامانی برآورد گردید. برای اجرای مدل شبکه عصبی مصنوعی از نرم‌افزار MATLAB با ورودی داده‌های هواشناسی شامل: دمای کمینه، دمای بیشینه، دمای میانگین، سرعت باد در ارتفاع 2 متری، رطوبت نسبی کمینه، رطوبت نسبی بیشینه و ساعات آفتابی و خروجی، شبیه‌سازی مقادیر تبخیر تعرق محاسبه شده با استفاده از روش پنمن مانتیث فائو می‌باشد. در نهایت به مقایسه عملکرد روش‌های تورنت وایت، هارگریوز سامانی و مدل شبکه عصبی مصنوعی در برآورد تبخیر تعرق مرجع نسبت به روش پنمن مانتیث فائو، پرداخته می‌شود.

روش‌های تجربی مورداستفاده

روش پنمن- مانتیث- فائو: در سال 1998 میلادی، سازمان خوار و بار کشاورزی (فائو) رابطه پنمن- مانتیث- فائو اصلاح شده (Allen و همکاران، 1998) را ارائه داد که به‌صورت رابطه (1) می‌باشد.

$$E \qquad (1)$$

که در آن ET_0 تبخیر تعرق مرجع (میلی‌متر در روز)، R_n تابش خالص ورودی به سطح گیاه (مگا ژول بر متر مربع بر روز)، G شار گرمایی خاک (مگا ژول بر متر مربع بر روز)، T میانگین روزانه دمای هوا (درجه سلسیوس)، U_2 سرعت روزانه باد در ارتفاع 2 متری (متر بر ثانیه)، e_a فشار بخار واقعی (کیلو پاسکال)، e_s فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، Δ شیب منحنی فشار بخار (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس) و γ ضریب ثابت سایکرومتری (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس) می‌باشد.

روش هارگریوز- سامانی: معادله هارگریوز- سامانی (1985) برای تخمین تبخیر تعرق مرجع بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده توسط لایسیمتر وزنی در دیویس کالیفرنیا ارائه شده است و فرم آن به‌صورت رابطه (2)، می‌باشد.

$$E \qquad (2)$$

در این رابطه T_{max}، T_{min} و T_{mean} به‌ترتیب دمای حداکثر، حداقل و متوسط روزانه بر حسب درجه سلسیوس، R_a تابش فرازمینی و

ET_0 تبخیر تعرق گیاه مرجع که هر دو دارای واحد میلی‌متر در روز می‌باشند.

روش تورنت وایت: بر اساس یک رابطه تجربی بین مقدار تبخیر تعرق مرجع و میانگین درجه‌حرارت هوا ارائه شده است (مائدا و همکاران، 2010). معادلات این روش به‌صورت زیر است:

$$E \quad (3)$$

$$I \quad (4)$$

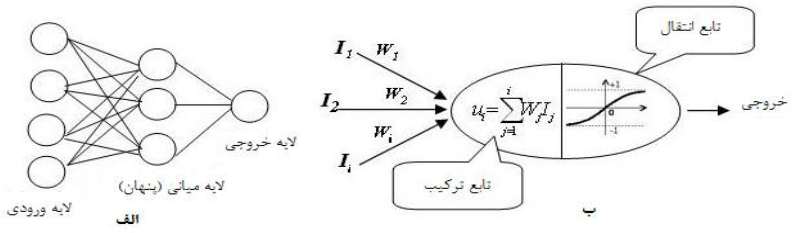
$$a \quad (5)$$

که در این رابطه T_i متوسط دمای هوا در ماه موردنظر (در صورتیکه متوسط دمای هوا در یک ماه صفر یا منفی شود، عبارت $\left(\frac{T_i}{5}\right)^{1.51}$ که شاخص حرارتی ماهانه است؛ برای آن ماه صفر در نظر گرفته می‌شود)، N_m ضریب اصلاحی برای عرض‌های مختلف جغرافیایی و ماه‌های مختلف و I شاخص حرارتی سالانه است (پاشاخواه و همکاران، 1393).

مدل شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی مدلی است با تعداد زیادی ورودی و تنها یک خروجی و شامل دو حالت آموزش و عملکرد می‌باشد. در حالت آموزش یاد می‌گیرد که در مقابل الگوهای ورودی خاص برانگیخته شود. در حالت عملکرد وقتی یک الگوی ورودی شناسایی شده وارد شود، خروجی متناظر با آن ارائه می‌شود. در حالت کلی یک شبکه عصبی از سه‌لایه تشکیل شده است:

(شکل2- الف): لایه ورودی که اطلاعات را دریافت می‌کند، لایه میانی یا پنهان که خود می‌تواند شامل چندلایه باشد و از مهم‌ترین پردازشگرهای اطلاعات به شمار می‌رود و لایه خروجی که این پردازش را دریافت و خروجی را نمایش می‌دهد. (شکل 2- ب): مدل ساده‌ای از یک سلول شبکه عصبی (که نرون نامیده می‌شود) را نشان می‌دهد. بدنه این سلول از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول تابع ترکیب یا انتقال نام دارد که تمام ورودی‌ها را جمع می‌کند و نتیجه را به‌صورت یک مجموع وزن‌دار نشان می‌دهد. طبق این شکل برای هر نرون i تمام ورودی‌های I_j توسط فاکتور W_j وزن‌دار می‌شوند، سپس هر ورودی در وزن مربوطه ضرب شده و حاصل‌ضرب‌ها با هم جمع می‌شوند تا مجموع وزن‌دار u_i را نتیجه دهند:



شکل 2- الف: مدل ساده یک شبکه عصبی مصنوعی که از یک‌لایه ورودی، یک‌لایه میانی و یک‌لایه پنهان تشکیل شده است. ب: مدل ریاضی از فرایند پردازش در یک نرون

وقتی مجموع وزن‌دار به حد آستانه‌ای رسید، تابع انتقال تحریک شده تا خروجی را نتیجه دهد. معمولا در یک سلول شبکه عصبی یک ورودی اضافی نیز وجود دارد که بایاس نامیده می‌شود. نقش بایاس افزایش یا کاهش مجموع وزن‌دار است (Dayhoff. 1990; Khanna., 1990).

روند استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی شامل سه مرحله آموزش، صحت‌سنجی و آزمون می‌باشد. در پژوهش حاضر 70 درصد

داده‌ها برای آموزش، 15 درصد صحت‌سنجی و 15 درصد برای آزمون در نظر گرفته شد. همچنین تابع محرک در نظر گرفته شده برای مرحله آموزش و آزمون تانژانت سیگموئید می‌باشد. اضافه می‌گردد که انتخاب کلیه متغیرها بر اساس روش سعی و خطا است.

معیارهای ارزیابی مدل: برای تعیین میزان دقت مدل‌ها از آماره‌های $RMSE$[1] MAE[2] و R[3] استفاده گردید:

$$R \quad (6)$$

$$M \quad (7)$$

$$R \quad (8)$$

در روابط بالا، N تعداد نمونه، $\bar{P}$ میانگین مقادیر شبیه‌سازی شده، P_i مقادیر شبیه‌سازی شده، $\bar{O}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و O_i مقادیر اندازه‌گیری شده است.

نتایج و بحث

در جدول (2)، همبستگی بین تبخیر تعرق مرجع محاسبه شده با روش پنمن مانتیث فائو با داده‌های هواشناسی، در منطقه موردمطالعه نشان داده شده است.

جدول 2- همبستگی بین تبخیر تعرق مرجع محاسبه شده با روش پنمن مانتیث فائو با داده‌های هواشناسی

متغیر	حداقل دما	حداکثر دما	میانگین دما	حداقل رطوبت نسبی	حداکثر رطوبت نسبی	سرعت باد در 2 متری	مجموع ساعات آفتابی
تبخیر تعرق مرجع (پنمن مانتیث فائو)	0/314	0/599**	0/825**	0/247	0/359	0/51**	0/487

**معنی‌داری در سطح یک درصد

باتوجه‌به نتایج حاصل شده از جدول (2)، دمای حداکثر، میانگین دما و سرعت باد، بیشترین مقدار همبستگی را با مقدار تبخیر تعرق مرجع دارند. این نتیجه‌گیری با پژوهش‌های کوچک‌زاده و بهمنی (1384) و صیادی و همکاران (1388) مبنی بر استفاده از عوامل دما و سرعت باد به‌عنوان موثرترین متغیر در برآورد تبخیر تعرق هم‌خوانی دارد. جدول (3) آماره‌های محاسبه شده بین مقادیر برآوردی تبخیر تعرق مرجع با استفاده از روش‌های هارگریوز، تورنت وایت و مدل شبکه عصبی مصنوعی با روش پنمن مانتیث فائو را نشان می‌دهد.

جدول (3)- شاخص‌های آماری محاسبه شده بین مقادیر برآوردی با استفاده از روش‌های هارگریوز، تورنت وایت و مدل شبکه عصبی مصنوعی با روش پنمن مانتیث فائو

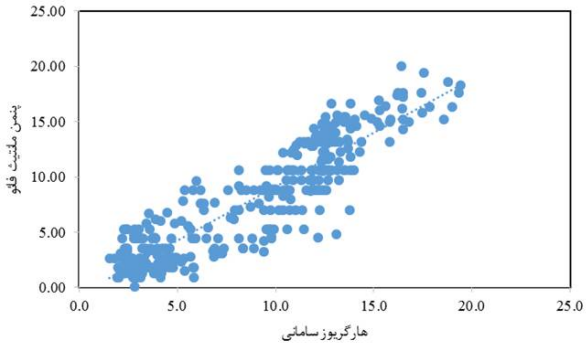
مدل تجربی	RMSE	MAE	R^2
هارگریوز- سامانی	4/25	3/39	0/82
تورنت وایت	8/24	6/61	0/53
شبکه عصبی مصنوعی (آموزش)	0/36	0/39	0/89
شبکه عصبی مصنوعی (صحت‌سنجی)	0/31	0/33	0/91

[1] Root Mean Square of Error
[2] Mean Absolute Error
[3] Correlation Coefficient

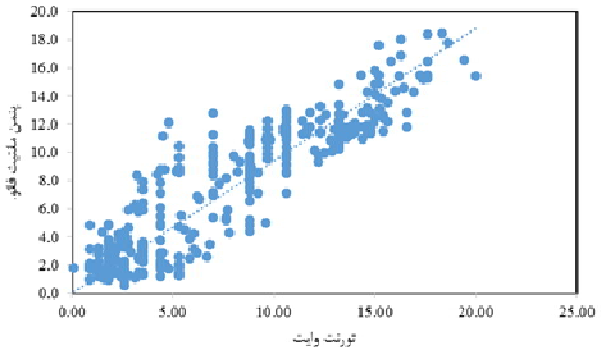
شبکه عصبی مصنوعی (آزمون)	0/27	0/29	0/93

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده از جدول (3)، در بین روش‌های تجربی مورداستفاده، نسبت به روش مرجع پنمن مانتیث فائو، دقت روش هارگریوز سامانی بیشتر از روش تورنت وایت است. هم‌چنین دقت شبیه‌سازی مدل شبکه عصبی مصنوعی (باتوجه‌به حداقل مقدار RMSE و MAE و حداکثر مقدار R^2)، برای برآورد مقدار تبخیر تعرق مرجع، بیشتر از روش‌های تجربی بوده؛ ضمن اینکه در هر سه مرحله آموزش، صحت‌سنجی و آزمون، نتایج قابل قبولی ارائه کرده است. هژبر و همکاران (1393) پژوهشی در خصوص برآورد تبخیر تعرق با استفاده از مدل‌های تجربی و شبکه عصبی مصنوعی در ایستگاه کهریز ارومیه انجام دادند. در پژوهش آن‌ها هم بالاترین دقت مربوط به مدل شبکه عصبی مصنوعی و در بین مدل‌های تجربی هم دقت مدل تورک در اولویت قرار داشته است.

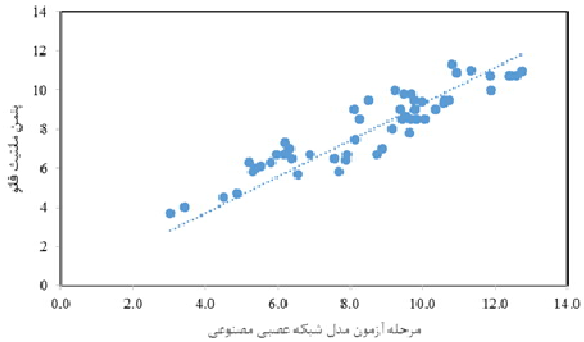
شکل (3) تا (5)، برازش منحنی بین برآورد تبخیر تعرق مرجع روش پنمن مانتیث فائو با روش هارگریوز سامانی، تورنت وایت و مدل شبکه عصبی مصنوعی را نشان می‌دهد:



شکل 3- برازش منحنی بین برآورد تبخیر تعرق مرجع روش پنمن مانتیث فائو و هارگریوز سامانی



شکل 4- برازش منحنی بین برآورد تبخیر تعرق مرجع روش پنمن مانتیث فائو و تورنت وایت



شکل 5- برازش منحنی بین برآورد تبخیر تعرق مرجع روش پنمن مانتیث فائو و مدل شبکه عصبی مصنوعی

نتیجه‌گیری

تبخیر تعرق یکی از اجزاء چرخه هیدرولوژیکی است که تخمین درست آن در طراحی و مدیریت روش‌های آبیاری و مطالعات منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار است. عوامل متعددی بر میزان تبخیر تعرق دخالت دارند. علاوه بر مشخصه‌های گیاهی و خاک، متغیرهای هواشناسی از قبیل دما، تشعشع و رطوبت نقش به سزایی در مقدار تبخیر تعرق گیاهی دارند. اندازه‌گیری مستقیم مقدار تبخیر تعرق، وقت‌گیر، هزینه‌بر و دشوار است. به همین دلیل، استفاده از روش‌های غیرمستقیم به‌عنوان راهکاری مناسب برای رفع نسبی این مشکلات ارائه شده است. استفاده از معادلات تجربی و مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای برآورد مقدار تبخیر تعرق، موردتوجه پژوهشگران بوده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد در بین روش‌های تجربی مورداستفاده، نسبت به روش مرجع پنمن مانتیث فائو، دقت روش هار گریوز سامانی بیشتر از روش تورنت وایت است. همچنین دقت شبیه‌سازی مدل شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد مقدار تبخیر تعرق مرجع، بیشتر از روش‌های تجربی بوده؛ ضمن اینکه در هر سه مرحله آموزش، صحت‌سنجی و آزمون، نتایج قابل‌قبولی ارائه کرده است.

منابع

پاشاخواه، پ.، پیرمرادیان، ن.، خزدوز، ن.، نشاگر، ح. و مشفق، م. 1393. واسنجی و ارزیابی سه روش تجربی برآورد تبخیر و تعرق مرجع در برخی از شهرهای ایران. نیوار، 86-87: 39-50.

حقی‌زاده، ع.، یوسفی، ح.، ابراهیمیان، ط و یاراحمدی، ی. 1398. مقایسه مدل هیبریدی ANFIS- PSO و مدل تجربی تورک در تخمین تبخیر و تعرق مرجع (مطالعه موردی: پلدختر-لرستان). مجله اکوهیدرولوژی، 6 (3): 685-694.

صیادی، ح.، اولاد غفاری، ا.، فعالیان، ا. و صدرالدینی، ع.ا. 1388. مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی RBF و MLP در برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع. مجله دانش آب‌وخاک، 1 (19): 1-12.

صیادی شهرکی، ع.، ناصری، ع.ع.، برومندنسب، س. و سلطانی‌محمدی، ا. 1399. برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از مدل‌های تجربی، مدل‌سازی آن با شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آن‌ها با داده‌های لایسیمتری (مطالعه موردی: کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی). نیوار، 44 (111): 146-156.

علیزاده، ا. 1385. طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات آستان قدس رضوی، جلد اول، 450 صفحه.

کوچک‌زاده، م.و. و بهمنی، ع. 1384. ارزیابی عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در کاهش پارامترهای موردنیاز جهت برآورد تبخیر و تعرق مرجع. مجله علوم کشاورزی، 11 (4): 87-96.

هژبر، ح.، معاضد، ه. و شکری کوچک، س. 1393. برآورد تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از مدل‌های تجربی، مدل‌سازی آن با شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آنها با داده‌های لایسیمتری در ایستگاه کهریز ارومیه. فصلنامه مهندسی آبیاری و آب، سال 4 شماره 15: 13-25.

Adebayo, J. and Kariyama, D. 2012. Neural computing modeling of the reference crop evapotranspiration. Environmental Modelling & Software. 29: 61–73.

Allen, R.G., Pereira, L.S. Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements). FAO irrigation and drainage Paper No. 56. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, 300p.

Dayhoff, J. E. 1990. Neural Network Principles. Prentice-Hall International, U.S.A.

Fathi, P. and M. KochakZadeh. 2004. Estimate of greenhouse cucumber transpiration by artificial neural networks. Journal of Soil and Water Science, 18 (2): 213-220.

Haghighatjou, P. and Shahroudi, ZMZA. 2017. Comparison of gene expression programming (GEP) and neuro-fuzzy methods for estimation of pan evaporation (case study: south Khorasan province). Water Soil Resource Conservation, 6(4):107–17.

Khanna, T. 1990. Foundation of neural networks. Addison-Wesley Publishing Company, U.S. A

مقایسه بهره‌برداری اصولی و غیراصولی از سیستم‌های نوین آبیاری در باغات پسته

نادر کوهی [1]، رضا پورواعظی [2]، هادی کریمی [3]

[1] استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان

[2] محقق بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، r.poorvaezi@areeo.ac.ir

[3] استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان

چکیده

توسعه روش‌های آبیاری تحت‌فشار به‌عنوان یکی از راهکارهای مؤثر در تعدیل شرایط بحرانی آب در کشور در دستور کار جدی متولیان بخش کشاورزی قرار گرفته است. این امر لزوم توجه به نظارت بر بهره‌برداری از روش‌های آبیاری تحت‌فشار را بیش از بیش نمایان می‌سازد در این تحقیق به مقایسه عملکرد روش آبیاری قطره‌ای در دو باغ پسته از منظر توجه به اصول بهره‌برداری از روش‌های آبیاری قطره‌ای (باغ A) و عدم توجه به آن (باغ B) پرداخته شده است. نتایج بیانگر آن بود بهره‌برداری اصولی باعث کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها در طول فصل آبیاری و یکنواختی بالاتر در زمان آبیاری می‌شود به‌گونه‌ای که در انتهای فصل رشد میزان ضریب یکنواختی پخش در باغ A، 95 درصد بود؛ ولی در باغ B، این ضریب 75 درصد می‌باشد. هم‌چنین مشاهده گردید که عدم اسیدشویی می‌تواند تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها را به میزان 20 درصد افزایش دهد.

کلمات کلیدی: بهره‌برداری، آبیاری قطره‌ای، ضریب یکنواختی پخش، تغییرات دبی

مقدمه

ازآنجاکه بخش کشاورزی به طور طبیعی بیشترین مصرف‌کننده آب است، راه‌حل اصلی برون‌رفت از بحران کم‌آبی در کشور نیز استفاده بهینه و کارآمد از منابع موجود آبی، مدیریت توأم تولید و آبیاری در بخش کشاورزی می‌باشد. در بحث مدیریت آبیاری و کاهش بحران آب توسعه روش‌های آبیاری تحت‌فشار به‌عنوان یک راهبرد اساسی در کشور در طی سالیان متمادی از سوی کارشناسان موردحمایت قرار گرفته است به‌طوری‌که از سال 1369 تا 1400 نزدیک به 2.4 میلیون هکتار روش‌های آبیاری تحت‌فشار در کشور به اجرا درآمده است (شاکر و حسام، 1399). روش‌های آبیاری تحت‌فشار دارای مشکلات ذاتی مانند تلفات تبخیر و بادبردگی، خسارت برگی

در هنگام استفاده از آب‌شور در روش آبیاری بارانی، گرفتگی قطره‌چکان‌ها در روش آبیاری قطره‌ای و هزینه‌بربودن می‌باشند. این مشکلات با انتخاب درست نوع روش و کاربرد برخی روش‌های مدیریتی قابل‌تعدیل می‌باشد. برنامه‌ریزان اجرایی کشور از اوایل دهه 70 در تلاش هستند تا هر ساله بر وسعت زمین‌های آبیاری تحت‌فشار باهدف استفاده بهینه‌تر از آب بیفزایند (کیانی و شاکر 1398). متأسفانه گسترش و توسعه روش‌های آبیاری تحت‌فشار با مسائل متعددی روبه‌رو بوده که موجب پذیرش و یا عدم ادامه به‌کارگیری این روش‌ها از سوی کشاورزان شده است (کرباسی، 1379) حساس‌ترین بخش در آبیاری قطره‌ای کارایی قطره‌چکان‌ها از نظر یکنواختی پخش، دوام، طول عمر و مقاومت آن در مقابل گرفتگی توسط عوامل مختلف می‌باشد. گرفتگی قطره‌چکان‌ها به‌عنوان بزرگ‌ترین مشکل اجرایی روش‌های آبیاری قطره‌ای مطرح می‌باشد. گرفتگی قطره‌چکان‌ها باعث کاهش دبی تخلیه، غیریکنواختی پخش آب، بالارفتن هزینه‌های نگهداری مانند کنترل قطره‌چکان‌ها و تعویض یا تعمیر آن‌ها و در نتیجه صدمه به گیاه می‌گردد. در این پژوهش به بررسی گرفتگی قطره‌چکان‌ها در اثر عدم توجه به اصول نگهداری و بهره‌برداری از روش‌های آبیاری قطره‌ای پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر آموزش بهره‌برداری از روش‌های آبیاری تحت‌فشار مطالعه‌ای در باغات مجهز شده به روش آبیاری قطره‌ای در استان کرمان انجام گرفت. در این مطالعه به بررسی مزارع و باغاتی که از ابتدای بهره‌برداری، اصول مربوط به نگهداری و بهره‌برداری از روش‌های آبیاری تحت‌فشار در آن‌ها رعایت می‌شد (مزرعه A) و همچنین باغاتی که کشاورزان آن، اصول و روش‌های بهره‌برداری از روش‌های آبیاری را رعایت نمی‌کردند (مزرعه B) پرداخته شده است.

جهت ارزیابی روش‌های قطره‌ای از شاخص‌های ارزیابی از جمله راندمان پخش (EU) و تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها (qvar) استفاده شد. یکنواختی پخش، اساسی‌ترین عامل تأثیرگذار بر بازده یکنواختی در آبیاری قطره‌ای است. برای مشخص‌شدن نحوه کار سیستم با یک بازده قابل‌قبول، یکنواختی خروج، EU را می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد.

$$E \qquad (1)$$

$$q \qquad (2)$$

که در آن EU: یکنواختی پخش موردنیاز برای طراحی (درصد)، q_{lq} میانگین دبی در چارک، پایین قطره‌چکان‌ها در ناحیه لوله اصلی مورد آزمایش (لیتر در ساعت)، q_{avg} میانگین دبی قطره‌چکان‌ها در ناحیه لوله اصلی مورد آزمایش (لیتر در ساعت)، q_i دبی اندازه‌گیری شده در قطره‌چکان i تا n قطره‌چکان مورد آزمایش (لیتر در ساعت) می‌باشند. همچنین برای محاسبه تغییرات دبی قطره‌چکان از رابطه زیر استفاده گردید:

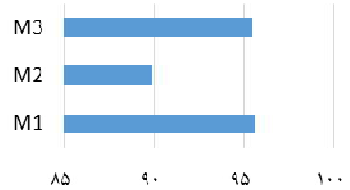
$$q \qquad (3)$$

در رابطه 4، qvar تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها (درصد) و q_{max} و q_{min} به ترتیب حداکثر و حداقل دبی قطره‌چکان‌ها (لیتر بر ساعت) می‌باشند.

برای به دست آوردن دبی قطره‌چکان‌ها ابتدا یک لوله اصلی در حال کار به‌طور تصادفی انتخاب شد. در این قطعه بر روی لوله اصلی چهار لوله فرعی (لوله آبده) به ترتیب در ابتدای لوله اصلی، فاصله یک‌سوم از ابتدای لوله اصلی، دو سوم از ابتدای لوله اصلی و در انتهای لوله اصلی انتخاب گردید؛ و روی هر لوله فرعی (لوله آبده)، 4 قسمت ابتدایی، یک سوم، دو سوم و انتهایی را تعیین، آنگاه در مدت زمان مشخصی حجم آب خروجی اندازه‌گیری شد. این اندازه‌گیری در طول فصل آبیاری سه مرتبه، ابتدای فصل آبیاری M1، اواسط فصل آبیاری M2 و در انتهای فصل آبیاری M3 انجام گردید.

نتایج و بحث

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده در باغ پسته که اصول بهره‌برداری در آن رعایت می‌شد (مزرعه A) نشان داده شد که ضریب یکنواختی پخش در هر سه نمونه‌برداری باتوجه‌به جدول 1 در بازه قابل‌قبول تا بسیار خوب می‌باشد. مقدار عددی این دو ضریب در نمونه‌برداری دوم کمتر از مرحله اول بود که علت آن عدم اسیدشویی باتوجه‌به بالابودن ضریب لانژلیه (LSA) آب آبیاری می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با انجام اسیدشویی میزان درصد این ضریب نیز افزایش یافت.

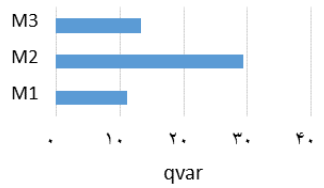


شکل 1- اندازه‌گیری ضریب یکنواختی پخش (EU) در مزرعه A

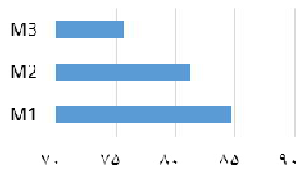
جدول 1- طبقه‌بندی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای بر اساس شاخص یکنواختی پخش (میستری و همکاران، 2019).

طبقه‌بندی	EU%
عالی	100-94
خوب	87-81
قابل‌قبول	75-68
ضعیف	62-56
غیرقابل‌قبول	کمتر از 50

شکل 2 تغییرات دبی جریان قطره‌چکان‌ها را نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان داد که باتوجه‌به کیفیت آب آبیاری و بالا بودن میزان بی کربنات و در نتیجه شاخص لانژلیه مثبت، بعد از مدتی رسوب‌گذاری در دهانه خروجی قطره‌چکان‌ها انجام می‌گیرد که باعث افزایش تغییرات دبی قطره چکان‌ها می‌گردد. در این پژوهش عدم اسید شویی به‌عنوان یکی از مراحل نگهداری از سیستم آبیاری قطره‌ای باعث شد تغییرات جریان به میزان بیست درصد افزایش یابد. ولی رعایت آن و انجام اسید شویی باعث کاهش آن به میزان اولیه شد. میزان تغییرات دبی بالاتر از 20 درصد برای روش آبیاری قطره‌ای غیر قابل قبول می‌باشد (میستری و همکاران، 2019). هم‌چنین در باغ پسته-ای که اصول نگهداری و بهره‌برداری در آن رعایت نمی‌شود (مزرعه B) و باتوجه‌به اینکه کیفیت آب نیز از مزرعه A تا حدودی بهتر بود و شاخص لانژیله آب آبیاری عددی کمتر از مزرعه A بود، ولی شاخص‌های ارزیابی در حد قابل قبولی نبود. باتوجه‌به اندازه‌گیری‌های انجام شده در مزرعه B نتایج بدست آمده از ضریب یکنواختی پخش بیان‌گر روند کاهشی این دو شاخص عملکرد روش‌های آبیاری قطره‌ای در طول فصل آبیاری می‌باشد. به صورتی که در انتهای فصل میزان این دو شاخص کمتر از میزان مطلوب ارائه شده در جدول 1 بود.

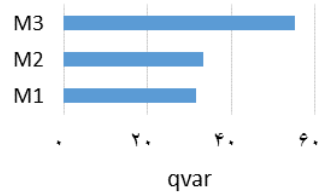


شکل 2- درصد تغییرات دبی در مزرعه A



شکل 3- اندازه‌گیری ضریب یکنواختی پخش (EU) در مزرعه B

علت این امر گرفتگی بیش از حد قطره‌چکان‌ها در اثر عوامل فیزیکی ناشی از عدم سرویس به‌موقع فیلتراسیون‌ها و همچنین گرفتگی ناشی از عوامل شیمیایی ناشی از عدم اسیدشویی به‌موقع سیستم می‌باشد. عدم رعایت اصول نگهداری در نهایت موجب کاهش راندمان آبیاری در باغات و کاهش عملکرد محصول می‌شود.



شکل 4- درصد تغییرات دبی در مزرعه B

منابع

اسلامپور، س.ر.، مرادی نژاد، ا.، جباری، ا.، حقی آبی، ا.ح. و پارسایی، ع. 1392. موانع و مشکلات بهرهبرداری و نگهداری از سیستمهای آبیاری تحت فشار، مطالعه موردی شهرستان سپیدان استان فارس. چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی. انشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز 5 اسفند ماه 1390

شاکری، م. و حسام، م. 1399. نگرشی بر روند توسعه کمی سامانه های نوین آبیاری تحت فشار در کشور و نقش آنها در کاهش مصرف آب، هفتمین همایش علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی ومنابع طبیعی ایران.

Mistry. T., Akil. M., Suryanarayana. T. and Parekh, F. 2019. Evaluation of drip irrigation system for different operating pressuresevaluation of drip irrigation system for different operating pressures, International Journal of Advance Engineering and Research Development.

مقایسه مدل‌های METRIC و SSEB در برآورد تبخیر تعرق واقعی گندم در مزارع دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

فاطمه قاسمی سعادت آبادی [1]، شاهرخ زند پارسا [2]

[1] دانشجوی دکتری، بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[2] استاد، بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، zandparsa@yahoo.com

چکیده

برای مدیریت منابع آب، برآورد تبخیر تعرق واقعی مزارع با مدل‌های مبتنی بر سنجش‌ازدور داری اهمیت قابل‌توجهی است. در این پژوهش به مقایسه عملکرد مدل‌های METRIC[1] و SSEB[2] در برآورد تبخیر تعرق واقعی (ET_a) گندم پرداخته شد. این مطالعه در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال 1396-1395 انجام شد و از داده‌های هواشناسی و تصاویر سنجنده لندست 8 برای اجرای این مدل‌ها استفاده گردید. نتایج این مدل‌ها با تبخیر تعرق برآورد شده با مدل AquaCrop در شرایط بدون تنش مقایسه گردید تا دقت و قابلیت این مدل‌ها در شبیه‌سازی ET_a در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی مورد مقایسه قرار گیرد. نتایج نشان داد که هر دو مدل METRICو SSEB قادر به شبیه‌سازی دقیق ET_a در طول دوره رشد گندم هستند، با این حال SSEB دقت بیشتری در شرایط بدون تنش و مقایسه با داده‌های مدل AquaCrop نشان داد. استفاده از مدل‌های مبتنی بر سنجش‌ازدور به‌عنوان ابزارهایی موثر در مدیریت آب در مناطق با منابع آب محدود توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: تبخیر-تعرق، SSEB، METRIC، سنجش‌ازدور، AquaCrop

مقدمه

مدیریت منابع آب در کشاورزی یکی از چالش‌های اساسی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌آید. در چنین شرایطی، برآورد دقیق میزان تبخیر تعرق (ET_a) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های مدیریت آب، می‌تواند نقش کلیدی در افزایش بهره‌وری منابع آب ایفا کند. روش‌های سنجش‌ازدور، با استفاده از تصاویر سنجنده و داده‌های هواشناسی، امکان برآورد دقیق ET_a را در مقیاس‌های زمانی و مکانی بزرگ فراهم می‌کنند. در این میان، مدل‌های METRIC و SSEB از جمله روش‌های پرکاربرد برای برآورد ET_a به‌حساب می‌آیند. این مدل‌ها قادرند با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و اطلاعات هواشناسی، تبخیر تعرق را بادقت بالا تخمین بزنند. از سوی دیگر، مدل (AquaCrop)به‌عنوان یکی از مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاه، امکان برآورد تبخیر تعرق را باتوجه‌به شرایط اقلیمی و مدیریتی فراهم می‌آورد.

---

[1] Mapping Evapotranspiration at high Resolution with Internalized Calibration

[2] Simplified Surface Energy Balance

مدل METRIC، توسط Allen و همکاران در سال 2007 توسعه یافت. این مدل در مقیاس‌های مختلف مکانی و زمانی برای برآورد تبخیر تعرق محصولات مختلف، از جمله گندم، مورداستفاده قرار گرفته و نتایج موفقی داشته است. مطالعات متعددی نیز نشان داده‌اند که METRIC قادر است با دقت بالا ET_a را در مناطق خشک و نیمه‌خشک شبیه‌سازی کند (Allen et al., 2007).

در سوی دیگر، مدل SSEB که توسط Senay و همکاران در سال 2013 معرفی شد، به‌عنوان یک مدل ساده‌شده انرژی توازن سطح زمین، با تمرکز بر استفاده عملیاتی و کاربرد آسان، توسعه یافته است. این مدل توانسته است در مطالعات مختلف دقت خوبی در برآورد تبخیر تعرق محصولات کشاورزی داشته باشد و در مقایسه با METRI ، اجرای سریع‌تر و نیاز به متغیرهای کمتر را ارائه می‌دهد (Senay et al., 2013).

در پژوهشی که توسط Tawalbeh و همکاران (2024) انجام شده است، دو مدل METRIC و SSEB برای تخمین تبخیر تعرق گیاه یونجه در دره مسیلا، نیومکزیکو مقایسه شده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد که 93/07 درصد از تغییرات تبخیر تعرق تخمین زده شده توسط مدل METRIC با داده‌های واقعی ادی کواریانس مطابقت دارد، در حالی که این میزان برای مدل SSEB حدود 86/01 درصد بود. همچنین، مشخص شد که مدل METRIC در طول دوره رشد و برداشت یونجه عملکرد دقیق‌تری نسبت به SSEBop دارد.

Wagle و همکاران (2016) از مدل‌های METRIC و SSEB برای برآورد تبخیر تعرق در یک مزرعه یونجه مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که هر دو مدل دقت بالایی دارند، اما METRIC در شبیه‌سازی‌ها دقت بالاتری را نشان می‌دهد. در همین حال، پژوهش دیگری توسط Madugunda و همکاران (2017) نشان داد که SSEB می‌تواند در شرایط کمبود داده‌های هواشناسی عملکرد بهتری نسبت به METRIC داشته باشد.

این مطالعه باهدف مقایسه دقت مدل‌های METRIC و SSEB در برآورد ET_a گندم در شرایط حداکثری و بدون تنش و ارزیابی نتایج این مدل‌ها با مدل AquaCrop انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (طول جغرافیایی 52 درجه و 35 دقیقه شرقی و عرض 29 درجه و 56 دقیقه شمالی و ارتفاع 1810 متری از سطح دریا) در پاییز سال 1395 انجام شد.

داده‌های هواشناسی و تصاویر سنجنده

در این پژوهش 15 تصویر لندست 8 مورداستفاده قرار گرفت. این سنجنده در 11 فوریه 2013 بعد از سه ماه تست به فضا پرتاب شد و در فاصله 705 کیلومتری از سطح زمین با مدار قطبی قرار گرفته و تا کنون در حال تصویر برداری و جمع‌آوری اطلاعات می‌باشد. لندست 8 در 16 روز کل زمین را پوشش می‌دهد. ساعت عبور آن از خط استوا 10 صبح به وقت محلی می‌باشد. دارای دو سنجنده حساس (OLI)[1] جهت جمع‌آوری داده‌ها از طیف‌های مرئی، مادون قرمز و طول موج‌های کوتاه مادون قرمز و سنجنده حرارتی مادون (TIRS)[2] به‌منظور اندازه‌گیری درجه‌حرارت سطح زمین می‌باشد. برای تهیه مدل رقومی ارتفاع، 30 متری منطقه از سنجنده SRTM استفاده شد. داده‌های هواشناسی موردنیاز، از جمله: دمای هوا، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، سرعت باد در ارتفاع 2 متری از ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز دریافت شد.

مدل METRIC

[1] Operational Land Imager
[2] Thermal InfraRed Sensor

مدل METRIC تبخیر تعرق واقعی را با استفاده از تصاویر سنجنده و بر اساس معادله بیلان انرژی محاسبه می‌نماید. باتوجه‌به اینکه اطلاعات تصاویر سنجنده مربوط به زمان گذر سنجنده می‌باشد، مدل METRIC امکان محاسبه شار گرمای نهان لحظه‌ای را در زمان تصویر میسر می‌سازد. در واقع تابش خالصی که از جو به زمین می‌رسد شامل سه قسمت می‌شود. بخشی باعث گرم‌شدن هوای بالای سطح زمین، بخشی صرف گرم‌شدن خاک و بقیه باعث تبخیر تعرق می‌شود. بیلان انرژی را می‌توان به‌صورت زیر بیان نمود:

$$R \quad (1)$$

که در آن، ET تبخیر تعرق واقعی، R_n شار تابش خالص در زمین، G شار گرمای خاک و H گرمای محسوس می‌باشد. در مدل‌سازی صورت‌گرفته، اجزای معادله بالابر طبق اساس نظری آن در محیط GEE کدنویسی شد.

مدلSSEB

در مدل SSEB با ساده‌سازی توازن انرژی با استفاده از دمای سطح زمین (Ts، حاصله با سنجش‌ازدور)، اختلاف دماهای گرم و سرد (در هر روز به‌سادگی با ERA5 برآورد می‌شود) و مقدار دمای حداکثر روزانه هوا (در هر روز به‌سادگی با ERA5 برآورد می‌شود)، نسبت تبخیر تعرق به تبخیر تعرق گیاه مرجع (ETf) در هر روز برای هر واحد سطح (پیکسل) به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$E \quad (2)$$

$$E \quad (3)$$

که در آن‌ها ET_o تبخیر تعرق گیاه مرجع،.Kضریب گیاهی گندم و دمای Tc پیکسل سرد می‌باشد که با استفاده از دمای حداکثر روزانه هوا (Ta) به شرح زیر برآورد می‌شود:

$$T \quad (4)$$

که در آن مقدار c بر اساس شاخص NDVI حاصله از سنجش‌ازدور محاسبه می‌شود. این مدل بدون نیاز به داده‌های زمینی برای کاربردهای مزارع و منطقه‌ای مناسب است در این مقاله مقدار ET_oروزانه با استفاده معادله اصلاح شده Razzaghi Penman Montheith) (et al., 2012 برآورد شده است.

مدل AquaCrop

مدل AquaCrop یک مدل ساده، دقیق و توانمند می‌باشد، و در مقایسه با مدل‌های دیگر به داده‌های ورودی کمتری نیاز دارد. زندپارسا و همکارانش در سال 1395 مدل AquaCrop را برای منطقه باجگاه واسنجی نمودند و بیان کردند این مدل دقت خوبی در برآورد مقدار تبخیر تعرق واقعی، مقدار ماده خشک و عملکرد دانه دارد. مدل AquaCrop به‌وسیله تفکیک تبخیر تعرق به تعرق از سطح برگ و پوشش گیاهی (Tr) و تبخیر از سطح خاک E بنا شده است و این از نقاط قوت مدل می‌باشد، زیرا آب تبخیر شده از سطح خاک در محاسبات آب مصرف شده (تعرق) در فرایند رشد و نمو گیاه اعمال نمی‌شود. مدل AquaCrop مقدار تبخیر تعرق را با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌نماید:

$$E \quad (5)$$

که در آن K_e ضریب تبخیر از سطح خاک، K_{cb} ضریب تعرق گیاه و ET_0 تبخیر تعرق گیاه مرجع می‌باشد. برای محاسبه تبخیر تعرق بالقوه گندم به روش ضریب گیاهی دوگانه طبق توصیه نشریه فائو-56 دوره رشد گندم زمستانه 226 روز در نظرگرفته شد. در این مقاله برای برآورد ET_a از مقادیر واسنجی شده و اعتبار سنجی عوامل مدل AquaCrop استفاده گردید (زندپارسا و همکاران 1395). از شاخص‌های آماری جذر میانگین مربعات خطای نرمال شده NRMSE و ضریب تعیین R^2 به شرح زیر استفاده شد:

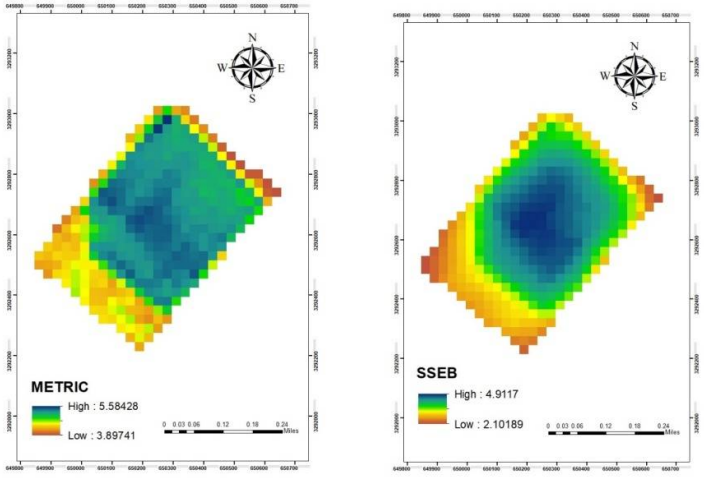
$$R \quad (6)$$

$$N \quad (7)$$

که در آن‌ها ، P_i مقادیر براورد شده به وسیله معادله‌های بدست آمده، $\bar{P}$ میانگین مقادیر براورد شده، O_i مقادیر اندازه‌گیری شده، $\bar{O}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و n تعداد اندازه‌گیری‌ها می‌باشد.

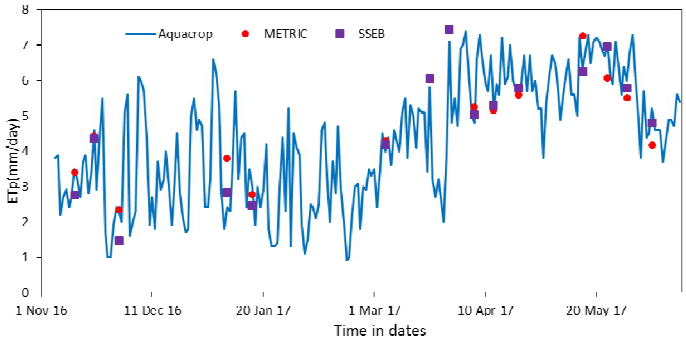
نتایج و بحث

پس از دریافت داده‌های موردنیاز، مدل‌های METRIC و SSEB با استفاده از تصاویر لندست 8 در محیط Google Earth Engine فصل رشد گندم، اجرا شدند. شکل (1) نقشه‌های تبخیر تعرق بدست آمده از مدل METRIC و SSEB را در یکی از مزارع دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز را در تاریخ 17 فروردین 1396 نشان می‌دهد. تغییرات تبخیر تعرق در منطقه موردمطالعه به‌صورت طیف رنگی نشان داده شده است که بیشترین مقدار آن 5/5 میلی‌متر در روز می‌باشد. با بررسی سری زمانی نقشه‌های تبخیر تعرق می‌توان مقدار ET_a هر یک از مزارع گندم و یا کل مزارع را بر آورد نمود.



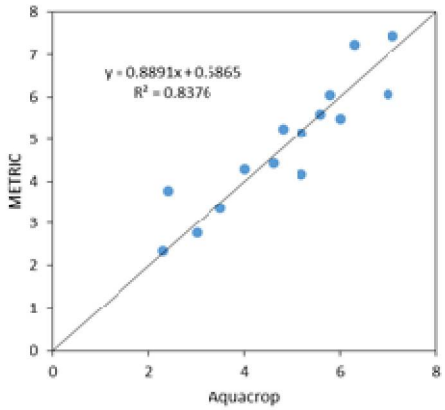
شکل 1- تبخیر تعرق واقعی روزانه در تاریخ 1396/01/17 در مزرعه محسن با مدل METRIC و SSEB

جهت ارزیابی مدل‌های METRIC و SSEB از مزارعی که به‌تازگی آبیاری شده بودند استفاده گردید و نتایج آن‌ها با تبخیر تعرق به‌دست‌آمده از مدل AquaCrop مورد مقایسه قرار گرفت. البته مدل AquaCrop با این شرط که آبیاری به‌گونه‌ای انجام شود که رطوبت خاک همیشه در حالت ظرفیت زراعی باشد و در نتیجه تبخیر تعرق به‌دست‌آمده از آن در حالت حداکثری می‌باشد اجرا شد. مقادیر مختلف تبخیر تعرق به‌دست‌آمده از مدل METRIC، SSEB و AquaCrop در روزهای مختلف بعد از رشد گیاه گندم در شکل (2) نشان‌داده‌شده است. همان‌طور که نشان‌داده‌شده، در بعضی از روزها که قبل از زمان عبور سنجنده لندست بارندگی وجود داشته است مدل‌های METRIC و SSEB تبخیر تعرق را بیشتر از مدل AquaCrop برآورد نموده‌اند.



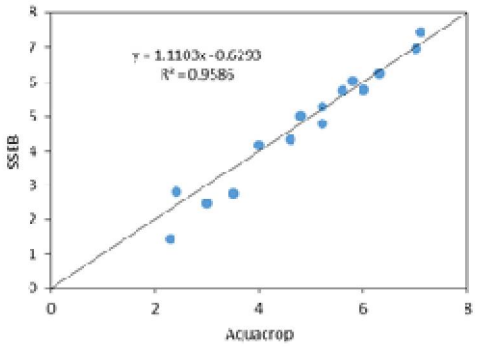
شکل 2- مقادیر بالقوه تبخیر تعرق گندم در طول فصل رشد

شاخص‌های آماری R^2 و NRMSE به‌دست‌آمده برای مدل METRIC به ترتیب برابر 0/84 و 0/12 می‌باشد که نشان دهنده دقت خوب مدل می‌باشد. جمشیدی و همکاران در سال 2019 در تحقیقی در منطقه گربایگان برای برآورد تبخیر تعرق محصولات کشاورزی تابستانه و زمستانه دقت مدل METRIC را با خطای میانگین 7 درصدی گزارش کردند. جمشیدی و همکاران در سال 1396 در تحقیق دیگری در شهرستان کازرون در برآورد تبخیر تعرق باغات مرکبات این مدل را با خطای میانگین 8/7 درصد، با دقت عالی گزارش کردند.



شکل3- مقایسه مقادیر تبخیر تعرق روزانه برآورد شده با مدل METRIC با مقادیر برآورد شده با مدل AquaCrop در سال 96 برای گندم

همان‌طور که در شکل (4) نشان داده شده است، میزان تبخیر تعرق برآورد شده توسط SSEB در مقایسه با مقادیر برآورد شده با مدل AquaCrop تطابق خوبی دارند. شاخص‌های آماری R^2 و NRMSE بدست آمده برای مدل SSEB به ترتیب برابر 0/95 و 0/08 می باشد که نشان دهنده دقت بالای مدل می‌باشد. بنابراین، مدل SSEB مقادیر تبخیر تعرق را با دقت بالاتری در شرایط خاص آب و هوایی و در طول دوره رشد گندم شبیه‌سازی کند.



شکل4- مقایسه مقادیر تبخیر تعرق روزانه برآورد شده با مدل SSEB با مقادیر برآورد شده با مدل AquaCrop در سال 96 برای گندم

نتیجه‌گیری

تبخیر تعرق واقعی به تغییرات زمانی و مکانی، ویژگی‌های هیدرولوژیکی خاک، بارش و نوع و تراکم پوشش گیاهی واکنش نشان می‌دهد و اندازه‌گیری آن در سطوح وسیع با استفاده از روش‌های نقطه‌ای مانند لایسیمتر و ادی‌کوارینس امکان‌پذیر نیست. به همین دلیل، استفاده از روش‌های مبتنی بر سنجش‌ازدور، مانند مدل‌های METRIC و SSEB، توصیه می‌شود.

در این تحقیق، با استفاده از مدل‌های METRIC و SSEB و تصاویر سنجنده لندست 8، مقدار تبخیر تعرق در طول فصل رشد گندم زمستانه برآورد گردید و نتایج این مدل‌ها با تبخیر تعرق محاسبه شده توسط مدل AquaCrop مقایسه شد. شاخص‌های آماری NRMSE و R^2 به ترتیب برای مدل METRIC برابر با 0/84 و 0/12 و مدل SSEB 0/95 و 0/08 به‌دست آمد، که نشان دهنده دقت بالاتر مدل SSEBدر شرایط بدون تنش در برآورد تبخیر تعرق واقعی است. این نتایج تأکید می‌کند که مدل SSEB می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر در مدیریت منابع آب و بهبود بهره‌وری کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورداستفاده قرار گیرد.

منابع

جمشیدی، س، زندپارسا، ش. و دیداری، ش. 1396. کاربرد سنجش‌ازدور در تشخیص جرایم آب با برآورد تبخیر-تعرق واقعی و آب مصرفی باغات مرکبات کازرون. مجموعه‌مقالات همایش ملی بحران آب، جرائم و آسیب‌ها؛ از علت‌شناسی تا پیشگیری، مهرماه 1396. ص: 228-239.

زندپارسا، ش، پرویزی، س، سپاس‌خواه، ع ر. و مهبد، م. 1395. ارزیابی مقادیر شبیه‌سازی‌شده رطوبت خاک، ماده خشک و عملکرد دانه گندم زمستانه رقم شیراز با استفاده از مدل‌های WSM و .AquaCrop علوم آب‌وخاک - علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی- جلد 20 شماره 77 ص: 70-59.

Allen, R.G., Tasumi, M. and Trezza, R. 2005. Benefits from tying satellite-based energy balance to ground-based reference evapotranspiration. AIP Conference Proceedings., (pp: 127-137).

Allen, R.G., Tasumi, M., Morse, A., Trezza, R., Wright, J. L., Bastiaanssen, W. and Robison, C. W. 2007. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—Applications. Journal of Irrigation Drainage Engineering, 133(4), 395-406.

Folhes, M.T., Rennó, C.D. and Soares, J. V. 2009. Remote sensing for irrigation water management in the semi-arid Northeast of Brazil. Agricultural Water Management, 96(10), 1398-1408.

Jamshidi, S., Zand-parsa, S., Pakparvar, M. and Niyogi, D. 2019. Evaluation of Evapotranspiration over a Semiarid Region Using Multiresolution Data Sources. Journal of Hydrometeorology, 20(5), 947-964.

Madugundu, R., Al-Gaadi, K.A., Tola, E., Patil, V.C. and Biradar, C. M. 2017. Quantification of agricultural water productivity at field scale and its implication in on-farm water management. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 45, 643-656.

Senay, G.B., Gowda, P. H., Bohms, S., Howell, T. A., Friedrichs, M., Marek, T. H. and Verdin, J. P. 2014. Evaluating the SSEB approach for evapotranspiration mapping with landsat data using lysimetric observations in the semi-arid Texas High Plains. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 11(1), 723-756.

Tawalbeh, Z. M., Bawazir, A. S., Fernald, A. and Sabie, R. 2024. Spatiotemporal Variabilities in Evapotranspiration of Alfalfa: A Case Study Using Remote Sensing METRIC and SSEBop Models and Eddy Covariance. Remote Sensing, 16(13), 2290.

Wagle, P., Bhattarai, N., Gowda, P. H. and Kakani, V.G. 2017. Performance of five surface energy balance models for estimating daily evapotranspiration in high biomass sorghum. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 128, 192-203.

مناسب‌ترین مدیریت آبیاری گیاه کینوا در راستای مصرف بهینه آب در شرایط شور در اصفهان

مهدی پناهی [1]، محسن دهقانی [2]، آرش تافته [3]، محمدرضا امداد [4]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، Panahimehdi@yahoo.com

[2] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

[3] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[4] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

این پژوهش در رودشت اصفهان به مدت دو سال بر روی گیاه کینوا در شرایط تنش‌های آبی و تأثیر این تنش‌ها بر روی مقدار عملکرد و کارایی مصرف آب آن انجام پذیرفت. دراین‌ارتباط 3 تیمار آبی به‌صورت 70، 50 و 30 درصد تخلیه آب قابل‌استفاده در سه تکرار و 4 مرحله رشد (مرحله اولیه، توسعه، میانی و رسیدن) در 27 کرت آزمایشی (به ابعاد 3 در 4 متر) در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی در هرسال زراعی اجرا شد. تیمارهای I30، I50 و I70 به ترتیب 30، 50 و 70 درصد تخلیه رطوبتی بود. نتایج نشان داد دوره رشد گیاه کینوا در این منطقه به طور متوسط 103 روز بوده که به طور متوسط دوره رشد اولیه20 روز، دوره توسعه 26 روز، دوره میانی37 روز و دوره پایانی 20 روز تعیین شد. به‌طورکلی بیشترین طول دوره مربوط به دوره میانی بوده و کوتاه‌ترین دوره رشد گیاه دوره پایانی می‌باشد. بیشینه عملکرد 2500 کیلوگرم در هکتار بوده است. نتایج سال اول و دوم نشان داد که 50 و 70 درصد تخلیه رطوبت در مرحله توسعه موجب کاهش 49 و 64 درصد عملکرد نسبت به تیمار 30 درصد تخلیه رطوبت (شاهد) و اعمال این تنش‌ها در مرحله میانی موجب کاهش 39 و 66 درصد عملکرد نسبت به تیمار شاهد گردید.

کلمات کلیدی: کینوآ، تنش آبی، عملکرد، کارایی مصرف آب

مقدمه

گیاه کینوا از 7000 سال پیش در مناطق پرو و بولیوی کشت شده و بر اساس گزارش فائو در سال 2011، 69000 تن دانه کینوا تولید شده است (متوسط 0.8 تن در هکتار). این گیاه سازگاری مناسبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک داشته و از مناطقی با ارتفاع کم (سطح دریا) تا مناطقی با ارتفاع 4000 متر از سطح دریا کاشته می‌شود. کینوا را می‌توان در تناوب با گیاهان سیب‌زمینی، جو و در برخی از اوقات با گندم و ذرت در مناطق کم‌ارتفاع کاشت (christiansen et al., 2010). توسعه مراحل فنولوژیکی به واریته کینوا بستگی داشته و تنش آب بر مراحل فنولوژیکی تأثیر دارد (Geerts et al., 2008c).

بهره‌وری مصرف آب کینوا به علت محدودیت منابع آب و شرایط تغذیه‌ای پایین بوده و در حدود 0.3 تا 0.6 کیلوگرم بر مترمکعب گزارش گردیده است (Geerts et al., 2009). واریته‌های مختلف کینوا مقاومت‌های مختلفی نسبت به تنش آبی از خود نشان می‌دهند (Bois et al., 2006). غالب کشت کینوا در مناطقی انجام می‌شود که با محدودیت منابع آب مواجه می‌باشند و به‌ندرت کشت کینوا می‌توان یافت که در شرایط آبیاری کامل باشد. در پژوهشی به بررسی اثر کم آبیاری بر تولید پایدار کینوا و افزایش بهره‌وری مصرف آب در یکی از مناطق جنوب و خشک بولیوی با منابع آب محدود و شور و با سطح ایستابی کم‌عمق پرداخته شد. نتایج این پژوهشگران نشان داد که کم آبیاری با آب دارای کیفیت کم و کشت محصولات در مزارعی با سطح ایستابی آب زیرزمینی شور و کم‌عمق می‌تواند مشکلی جدی در کشاورزی پایدار در کشت کینوا باشد. آبیاری کینوا با آب‌شور و یا با استفاده خیز موئینه از سطح ایستابی کم‌عمق و شور، تقریباً پس از

یک سال موجب تجمع معنی‌دار نمک در منطقه ریشه گیاه شد. در این شرایط، در یک زیرساخت کشاورزی با تنها یک سال آیش، آبشویی نمک‌ها به خارج از منطقه ریشه کافی نخواهد بود (Geerts et al., 2008d).

به‌منظور ارزیابی تأثیر سطوح مختلف آبیاری و تراکم بر برخی خصوصیات عملکردی گیاه کینوا، آزمایشی در طی سال‌های زراعی 1397-1396 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. آزمایش به‌صورت طرح قطعه کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل آزمایش شامل سطوح آبیاری در سه سطح 50، 75 و 100 درصد نیاز آبی و تراکم نیز در پنج سطح 40، 60، 80، 100 و 120 بوته در مترمربع بود. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد خوشه در گل‌آذین اصلی در مترمربع در سطح 100 درصد نیاز آبی و تراکم 120 بوته در مترمربع و بالاترین وزن خوشه در گل‌آذین اصلی در مترمربع در تراکم 100 بوته و سطح آبیاری 100 درصد نیاز آبی و هم‌چنین تعداد دانه در خوشه در گل‌آذین اصلی در مترمربع در سطح آبیاری 100 درصد نیاز آبی و تراکم 100 بوته در مترمربع حاصل شد (مصطفائی و همکاران، 1396).

رزاقی و بهادری قصرالدشتی (1396) در پژوهشی در شرایط مزرعه‌ای اثر تیمارهای مختلف آبی را بر رشد و محصول گیاه کینوا بررسی کردند. بدین منظور دو سطح آبیاری کامل و 50 درصد آبیاری کامل در دوره‌های مختلف رشد سبزینگی، گلدهی و پر کردن دانه اعمال گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که اعمال کم‌آبیاری در تمام مراحل رشد گیاه، موجب تولید عملکرد مشابه با تیمارهای اعمال کم‌آبیاری در یک یا دو مرحله از رشد گیاه شد که نشان دهنده توانایی گیاه برای رشد در شرایط خشک و نیمه‌خشک است.

در ایتالیا، پولونتو و همکاران (2012) گزارش کردند که در هر دو شرایط رشد تحت آبیاری کامل (300 تا 360 میلی‌متر) و کم آبیاری (200 تا 220 میلی‌متر) در طول فصل رشد، عملکرد کینوا (رقم تی تی کاکا) در دامنه 2/3 تا 2/7 تن در هکتار بود؛ بنابراین، این مطالعه نشان داد که در اثر کاهش مصرف آب، کاهش عملکرد معنی‌داری رخ نمی‌دهد. در پژوهشی دیگر در دانمارک، برای گیاه کینوا (رقم تی تی کاکا) در شرایط تحت آبیاری و بدون آبیاری در خاک‌های شنی، لوم شنی و لوم رسی شنی نتایج مشابهی در عملکرد مشاهده شد (Razzaghi et al., 2012).

مواد و روش‌ها

این پژوهش باهدف تعیین عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه کینوا تحت تنش‌های آبی مختلف در ایستگاه تحقیقاتی رودشت مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان انجام شد. ابتدا اندازه‌گیری عملکرد، زیست‌توده و کارایی مصرف آب نسبت به شرایط کم‌آبی بر اساس تیمارهای کم آبیاری در دوره‌های رشد چهارگانه تعیین گردید. برای این منظور در خصوص واریته و چگونگی کاشت کینوا (تراکم کشت) مطابق با توصیه‌های مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر از رقم تی تی کاکا استفاده شد. فاصله ردیف‌های کشت 40 سانتی‌متر و فواصل کشت 7 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت در دهه دوم مردادماه 1398 و 1399 انجام و واکاری تا دهه سوم مرداد پایان یافت.

دراین‌ارتباط 3 تیمار آبی به‌صورت 70، 50 و 30 درصد تخلیه آب قابل استفاده در سه تکرار و 4 مرحله رشد (مرحله اولیه، توسعه، میانی و رسیدن) در 27 کرت آزمایشی (به ابعاد 3 در 4 متر) در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی در هر سال زراعی اجرا شد. تیمارهای I30، I50 و I70 به ترتیب 30، 50 و 70 درصد تخلیه رطوبتی بود. باتوجه‌به تیمارهای آبیاری رطوبت تا عمق توسعه ریشه (40 سانتی‌متری) با دستگاه TDR اندازه‌گیری و پس از رسیدن رطوبت خاک تیمارها به مقادیر موردنظر، آبیاری کرت‌ها با رساندن رطوبت خاک به ظرفیت زراعی مزرعه انجام شد. حجم آب آبیاری هر یک از کرت‌های آزمایشی بر اساس سطح کرت و عمق آب موردنیاز محاسبه و با اندازه‌گیری به تیمارها داده شد. عملکرد دانه و عملکرد زیست توده گیاه کینوا برای تیمارهای مختلف در انتهای فصل در آبان ماه اندازه‌گیری شد. هم‌چنین باتوجه‌به عملکرد کینوا در کرت‌های کم‌آبیاری، بهره‌وری مصرف آب تیمارها تعیین و با یکدیگر مورد مقایسه واقع شدند.

نتایج و بحث

قبل از کشت، آزمون خاک در مزرعه موردمطالعه در هر سال انجام شد که نتایج آن در جدول 1 ارائه شده است. هم‌چنین برخی از ویژگی‌های آب آبیاری مزرعه کینوا در جدول 2 به ترتیب برای سال اول و دوم آورده شده است.

جدول 1- نتایج آنالیز نمونه خاک مزرعه کشت کینوا

بافت	Cu	Zn	Mn	Fe	K	P	OC	pH	EC	استان
	($mgKg^{-1}$)						%		(dSm^{-1})	
CL	1/28	0/28	2/62	3/62	269	6/1	0/38	7/6	8/8	سال اول
CL	0/68	0/42	0/78	0/5	263	2	0/54	7/6	11/5	سال دوم

جدول 2- نتایج آنالیز نمونه آب مزرعه کشت کینوا

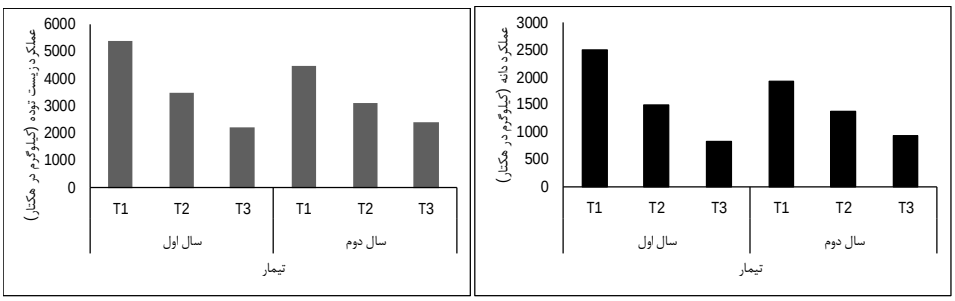
Na	Mg	Cl	HCO_3^-	CO_3	pH	EC	نوع نمونه
	($meqL^{-1}$)					($dS.m^{-1}$)	
105	36	100	4/8	0	7/4	13	سال اول
106	42	110	5/3	0	7/6	14/8	سال دوم

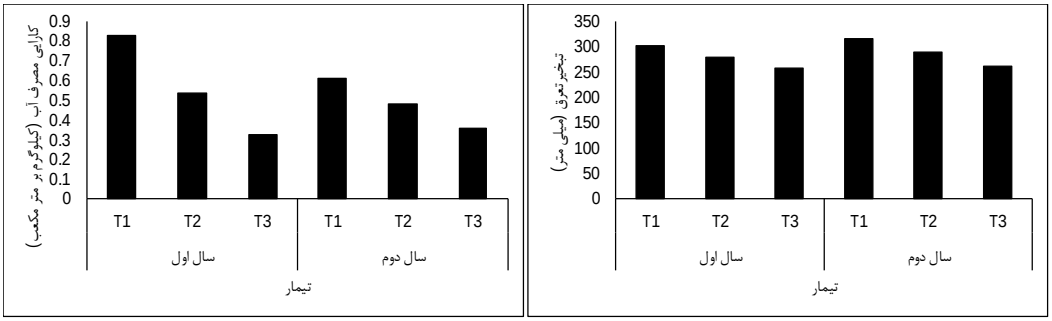
دوره‌های رشد چهارگانه به‌دست‌آمده در این تحقیق در جدول 3 ارائه شده است.

جدول 3- دوره‌های فنولوژی اندازه‌گیری شده در مزرعه

	نام دوره	اولیه	توسعه	میانی	پایانی	کل
سال اول	تعداد روز	21	26	37	20	104
سال دوم	تعداد روز	20	26	36	21	103
متوسط	تعداد روز	20	26	37	20	103

در سال اول دوره رشد اولیه 21 روز، دوره توسعه 26 روز، دوره میانی 37 روز و دوره پایانی 20 روز و در سال دوم به ترتیب 20، 26، 36 و 21 روز اندازه‌گیری شدند که برای تعیین این دوره‌ها از کارشناسان اصلاح نهال و بذر استفاده شد. کل دوره رشد این گیاه در منطقه رودشت اصفهان 103 روز اندازه‌گیری شد که با نتایج گزارش Geerts و همکاران (2012) تطابق نزدیکی دارد. بر اساس تیمارهای آبیاری 30، 50 و 70 درصد تخلیه آب قابل استفاده در خاک (به ترتیب T1، T2 و T3)، تیمارها اعمال شد که نتایج این تنش‌ها در دوره اول رشد برای عملکرد دانه، عملکرد زیست توده، تبخیر تعرق و کارایی مصرف آب در شکل 1 ارائه شده است.





شکل 1- مقادیر عملکرد دانه، عملکرد زیست توده، تبخیر تعرق و کارایی مصرف آب کینوا برای تیمارهای آبیاری در مرحله میانی در سال اول و دوم

همان‌طور که در شکل 1 نشان داده شده است بیشترین مقدار عملکرد در سال اول 2500 و در سال دوم 1930 کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار T1 بود. کاهش عملکرد در سال دوم نسبت به سال اول به احتمال زیاد بدلیل افزایش شوری آب و خاک در سال دوم آزمایش بوده است. عملکرد زیست توده نیز از همین روند تبعیت کرده است. بیشترین کارایی مصرف آب در سال اول و دوم به ترتیب 0/82 و 0/61 کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار T1 بود. هم‌چنین بررسی اثر تنش آبی بر وزن هزار دانه بررسی و نتایج در جدول 4 ارائه شده است.

جدول 4- مقادیر وزن هزار دانه گیاه نسبت به تنش آبی در دوره‌های مختلف رشد (میلی‌گرم)

سال	مرحله / تیمار	اولیه	توسعه	میانی	پایانی
اول	I30	1847a	1703a	1933a	1723a
	I50	1733a	1620ab	1518b	1580b
	I70	1587b	1507b	1518b	1557b
دوم	I30	1507a	1543a	1553a	1663a
	I50	1467b	1480b	1550a	1510b
	I70	1447b	1463b	1467b	1470c

نتایج نشان می‌دهد که وزن هزار دانه در دوره‌های رشد کاملاً تفاوت معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارها و شرایط استاندارد از خود نشان می‌دهد. ازاین‌رو وزن هزار دانه در گیاه کینوا بسیار حساس بوده و با تنش آبی این متغیر دستخوش تغییرات معنی‌داری خواهد شد. مقادیر وزن هزار دانه به‌دست‌آمده در این پژوهش کمتر از مقادیر ارائه شده توسط Rojas (2003) بود که شاید به دلیل شرایط شوری آب‌وخاک در این پژوهش باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که این گیاه با مصرف 2900 مترمکعب در هکتار در سال اول و 3100 در سال دوم بیشترین بهره‌وری را داشته است بنابراین به‌طور متوسط با مصرف 3000 مترمکعب در هکتار آب بهره‌وری بیشینه‌ای حدود 0/82 کیلوگرم بر مترمکعب خواهد داشت ازاین‌رو این حجم از نیاز خالص آبیاری قابل توصیه می‌باشد. باتوجه‌به نتایج به دست آمده می‌توان بیان نمود که دوره میانی حساس‌ترین دوره نسبت به تنش آبی بوده و در این دوره می‌بایست از نظر مدیریت آبیاری این گیاه تا حد ممکن با تنش آبی

مواجه نگردد. به طور کلی گیاه کینوا نسبت به تنش آبی مقاوم بوده و در نقاطی که مشکل کم‌آبی وجود دارد به خوبی می‌توان از این گیاه استفاده نمود.

منابع

رزاقی، ف. و بهادری قصرالدشتی، م. 1396. اثر کم آبیاری بر محصول و بهره‌وری آب کینوا در استان فارس. اولیت همایش ملی شورورزی. مرکز ملی تحقیقات شوری. یزد.

مصطفایی، م.، جامی الاحمدی، م.، صالحی، م. و شهیدی، ع. 1396. اثر سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات عملکردی گیاه کینوا. اولین همایش ملی فرصت‌های نوین تولید و اشتغال بخش کشاورزی در شرق کشور (در راستای تحقق اهداف اقتصاد مقاومتی)، 25 بهمن 1396، دانشگاه بیرجند.

Bois, J.F., Winkel, T., Lhomme, J.P., Raffaillac, J.P. and Rocheteau, A. 2006. Response of some Andean cultivars of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing.European Journal of Agronomy 25, 299-308.

Christiansen, J.L., Jacobsen, S. E.and Jrgensen, S. T. 2010. Photoperiodic effect on flowering and seed development in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). ActaAgriculturaeScandinavica, Section B - Plant Soil Science, 1-6.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Condori, O., Mamani, J., Miranda, R., Cusicanqui, J., Taboada, C. and Vacher, J. 2008c. Could deficit irrigation be a sustainable practice for quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) in the Southern Bolivian Altiplano? Agricultural Water Management 95, 909-917.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Mendoza, J. and Huanca, R. 2008d. Indicators to quantify the flexible phenology of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) in response to drought stress. Field Crops Research 108, 150-156.

Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Taboada, C., Miranda, R., Cusicanqui, J., Mhizha, T. and Vacher, J. 2009. Modelling the potential for closing quinoa yield gaps under varying water availability in the Bolivian Altiplano. Agricultural Water Management 96, 1652-1658.

Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., Lafelice, G., Marconi, E. and d'Andria, R. 2012. Yeild and quality characteristics of quinoa grown in open field under different saline and non-saline irrigation regimes. Journal of Agronomy and Crop Science. 1-10.

Razzaghi, F., Ahmadi, S. H., Jacobsen, S-E., Jensen, C. R. and Andersen, M.N. 2012. Effects of salinity and soil-drying on radiation use efficiency, water productivity, seed set and final yield of field-grown quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). J. Agron. Crop Sci. 198: 173-184.

Rojas, W. 2003.Multivariate Analysis of Genetic Diversity of Bolivian Quinoa Germplasm. Food Reviews International. 23:9-19.

نقش کیفیت آب در کارائی و اثربخشی آفت‌کش‌ها

هادی مصلی‌نژاد [1]

[1] دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، hmosalla@gmail.com،

چکیده

آفت‌کش‌ها برای کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در کشاورزی نقش بسیار مهم و اساسی دارند. کارائی و اثربخشی آن‌ها روی عوامل خسارت‌زای یاد شده، تابع شرایط و مؤلفه‌های مختلفی از جمله کیفیت آب مورداستفاده برای تهیه محلول سم‌پاشی می‌باشد. این موضوع متأسفانه کمتر توسط کشاورزان موردتوجه قرار می‌گیرد و لذا لزوم اطلاع‌رسانی و آگاهی‌بخشی بیشتر احساس می‌شود. البته باید توجه داشت که همه آفت‌کش‌های موجود در بازار، از کیفیت آب متأثر نمی‌شوند و گروه‌های خاصی از انواع آفت‌کش‌ها شامل علف‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، کنه‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها ممکن است دراین‌خصوص اهمیت داشته باشند. در بین ویژگی‌های مرتبط باکیفیت آب، اسیدیته (pH) و سختی آب در کارائی آفت‌کش‌ها از بقیه مهم‌تر هستند. غفلت از این موضوع، نه‌تنها باعث کاهش کارائی و تأثیرگذاری آفت‌کش‌ها در کنترل عوامل خسارت‌زا می‌شود، بلکه باعث گیاه‌سوزی روی گیاهان و آسیب جدی به محصولات کشاورزی خواهد شد. در این مقاله هریک از انواع آفت‌کش‌ها که متأثر از اسیدیته و سختی آب هستند، موردبررسی قرار می‌گیرد.

کلمات کلیدی: آفت‌کش‌ها، کیفیت آب، کارائی

مقدمه

در کشاورزی امروز دنیا انواع مختلف آفت‌کش‌ها، نظیر حشره‌کش‌ها، کنه‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، از نهاده‌های مهم و اساسی برای تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شوند و بدون مصرف آنها، بین 30 تا 40 درصد محصول توسط عوامل خسارت‌زا نظیر آفات، بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز، از بین خواهد رفت. کارائی و اثربخشی آفت‌کش‌ها به‌منظور کنترل عوامل خسارت‌زا در کشاورزی، وابسته به فاکتورهای مختلفی نظیر شناسائی دقیق آفت، تعیین زمان دقیق سم‌پاشی (باتوجه‌به حساس‌ترین مرحله زیستی آفت)، انتخاب صحیح آفتکش و کاربرد دز مناسب، انتخاب سم‌پاش و ادوات مناسب سم‌پاشی می‌باشد. این موارد اولین مولفه‌هایی هستند که در ذهن افراد به‌عنوان عوامل موثر در کارائی آفت‌کش‌ها در مزرعه، تداعی می‌شوند. اما در این خصوص، تأثیر کیفیت آب در کارائی آفت‌کش‌ها موضوعی است که کمتر موردتوجه کشاورزان قرار گرفته و در بسیاری از موارد مورد غفلت قرار می‌گیرد.

هنگام کاربرد عملیاتی آفت‌کش‌ها در مزرعه، آب رایج‌ترین و فراگیرترین حامل یا رقیق‌کننده برای تهیه محلول سم‌پاشی در دنیاست. در حقیقت انواع فرمولاسیون آفت‌کش‌ها (چه جامد و چه مایع) برای رقیق‌شدن و به کاربرده شدن، بایستی با آب مخلوط شوند. ازاین‌رو، کشاورزان در مناطق مختلف باتوجه‌به شرایط موجود خود، از منابع آبی مختلف برای تهیه محلول سم‌پاشی استفاده می‌کنند. این منابع می‌تواند آب‌های زیرزمینی (چاه، قنات) و یا آب‌های سطحی (رود، رودخانه، برکه، کانال) باشد. حتی بعضی کشاورزان ممکن است از آب‌های شرب شهری استفاده کنند که چون این آب‌ها نیز به‌منظور قابل شرب شدن در طی مراحل تصفیه، توسط مواد شیمیائی مختلف تیمار می‌شوند، بنابراین می‌توانند مشکلات خاص خود را داشته باشند. لازم به اشاره است از حامل‌های دیگر که ممکن است در کاربرد آفت‌کش‌ها، مورداستفاده کشاورزان قرار بگیرد، کودهای شیمیائی مایع و یا انواع روغن‌ها هستند که از موضوع این مقاله خارج است. باید توجه داشت که کودها نیز ممکن است حاوی مقادیر زیادی انواع نمک‌ها باشند که قطعاً روی میزان انحلال آفت‌کش‌ها هنگام تهیه محلول

سم‌پاشی، تأثیر خواهد داشت.

پژوهش‌های متعدد جهانی، ثابت کرده است که خصوصیات فیزیکی و شیمیائی آب حین عبور از بسترهای مربوطه (اتمسفر، لایه‌های خاک و غیره)، تغییر می‌کند. این نکته در کشور ما نیز موضوعیت دارد. به‌طوری‌که تغییرات اقلیمی و کاهش بارندگی طی چند دهه اخیر در کشور ما، موجب پایین‌رفتن سطح آب سفره‌های زیرزمینی و افزایش املاح معدنی در آب‌های کشاورزی برخی نواحی شده و خصوصیات آب از قبیل اسیدیته و سختی را تغییر داده که این ویژگی‌ها در زمان تهیه محلول سم‌پاشی، می‌توانند پایداری برخی آفت‌کش‌ها و در نتیجه سمیت و کارائی آنها را کاهش دهند. باید توجه داشت که اسیدیته و سختی آب، حتی در طول فصل زراعی تحت‌تأثیر عوامل اقلیمی- جوی (بارندگی‌ها، سیل و سایر وقایع طبیعی) ممکن است تغییر کند؛ بنابراین توصیه می‌شود که کشاورزان و بهره‌برداران به طور مرتب و هر از چند ماه، از طریق آنالیز آزمایشگاهی، ویژگی‌های آب را رصد و اندازه‌گیری کنند. باتوجه‌به بحران کمبود آب در کشور، لزوم مدیریت صحیح منابع آب و جلوگیری از هدررفت و استفاده بهینه و حداکثری از آن، یک ضرورت است. در این مقاله به تأثیر کیفیت آب بر کارائی برخی آفت‌کش‌ها خواهیم پرداخت.

چه ویژگی‌هایی از آب روی کیفیت سم‌پاشی و کارائی آفت‌کش‌ها تأثیر دارد؟

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی آب متعدد هستند، مثل هدایت الکتریکی (EC[1])، کشش سطحی، قابلیت پخش‌شوندگی[2]، اسیدیته (pH)، سختی، شفافیت و کدورت آب. تغییر در هر یک از این ویژگی‌ها، می‌تواند آثار و پیامدهای مختلفی برای عملکرد آفت‌کش‌های موردنظر در پی داشته باشد. ثابت شده است که بسته به نوع فرمولاسیون آفت‌کش‌ها، این ویژگی‌ها در تجزیه و متابولیز آفت‌کش‌ها (شکسته‌شدن مولکول ماده مؤثره)، اثرات بیولوژیک آفت‌کش‌ها (سینرژیستی و آنتگونیستی) جذب و انتقال آفت‌کش‌ها در گیاه هدف (مثلا علف‌های هرز) و یا نفوذ آفت‌کش‌ها در بدن آفت، تأثیر دارند (Vuković et al., 2013). در بین ویژگی‌های اشاره شده آب، اسیدیته و سختی آب در کارائی آفت‌کش‌ها از بقیه مهم‌تر هستند که در ادامه به اهمیت این دو عامل اشاره خواهیم کرد. باید توجه داشت که ویژگی‌های نامتعارف آب، علاوه بر کاهش کارائی آفت‌کش‌ها در مزرعه، باعث خطر گیاه‌سوزی روی گیاهان نیز می‌شوند.

1) سختی آب

آب به شکل طبیعی خود فاقد هرگونه مواد معدنی اضافی است و اصطلاحاً "نرم" خوانده می‌شود. سختی آب عبارت است از وجود بیش از اندازه املاح معدنی محلول (کاتیون‌های چندظرفیتی[3]) نظیر کلسیم و منیزیم و تااندازه‌ای آهن، منگنز، آلومینیوم و روی در آب که واحد آن ppm یا (mg/L) است. این یون‌ها دارای بار مثبت هستند که می‌توانند با بار منفی مولکول‌های آفت‌کش واکنش نشان داده و جذب و انتقال آن‌ها را کاهش دهند. در میان کاتیون‌های یاد شده، منیزیم (Mg^{+2}) و کلسیم (Ca^{+2}) از همه مهم‌تر هستند.

یکی از مهم‌ترین انواع آفت‌کش‌ها که از بالابودن سختی آب متأثر شده و کارائی آنها کاهش می‌یابد، علف‌کش‌ها هستند. تحقیقات متعدد ثابت کرده است که علفکش‌هائی که خاصیت اسیدی ضعیف دارند، کارائی آنها در آب‌های سخت کاهش می‌یابد (Daramola et al., 2022). این علف‌کش‌ها عبارت‌اند از: گلایفوسیت، توفوردی (2,4-D)، ام‌سی‌پی‌آ، دایکامبا، ستوکسیدیم، کلتودیم، نیکوسولفورون، سینوسولفورون و بنتازون. یکی از پیامدهای استفاده از آب‌های سخت هنگام مصرف علف‌کش‌های یاد شده، ایجاد رسوب در مخزن سم‌پاش، جدار لوله‌ها و خروجی‌های سم‌پاش است که موجب انسداد و اختلال در عملکرد سم‌پاش می‌شود. ضمن اینکه قطعاً تأثیر و کارائی علف‌کش روی علف هرز هدف نیز کاهش خواهد یافت.

2) اسیدیته آب (pH)

pH در واقع یک واحد اندازه‌گیری برای تعیین میزان اسیدی یا قلیایی بودن یک مایع نظیر آب است. مولکول‌های آب از دو یون

[1] Electrical conductivity
[2] Dispersibility
[3] Polyvalent cations

(H+) و (OH-) تشکیل می‌شوند. عامل pH با اندازه‌گیری میزان یون هیدروژن (H+) در مایعات مشخص می‌شود[1]. این پارامتر در محدوده 0 تا 14 تعریف شده است؛ به‌طوری‌که pH=7 نشان‌دهنده خنثی بودن محلول مایع یعنی مساوی بودن یون‌های (H+) و (OH-) است. بنابراین pH کمتر از 7 به معنای اسیدی و pH بیشتر از 7 به‌عنوان محدوده بازی در نظر گرفته می‌شود. pH مبنای لگاریتمی دارد، به این معنی که هر یک درجه افزایش در pH، باعث تغییر در حساسیت 10 برابری آفتکش به pH می‌شود.

به‌طورکلی اسیدیته آب مصرفی در تهیه محلول سم‌پاشی، فاکتور مهمی در پایداری و عملکرد آفت‌کش‌ها به‌حساب می‌آید. برخی از آفت‌کش‌ها در محیط‌های قلیایی یا اسیدی به‌سرعت هیدرولیز می‌شوند، به این صورت که طی واکنش‌های شیمیائی، مولکول آفت‌کش شکسته شده و ممکن است سریعاً رسوب‌کرده و در نتیجه کارائی خود را از دست بدهد. واکنش هیدرولیز در محیط‌های قلیائی، برای حشره‌کش‌ها در مقایسه با قارچ‌کش‌ها و علف‌کش‌ها سریع‌تر اتفاق می‌افتد (McKie and Johnson, 2014). بهترین محدوده pH آب برای بیشتر حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها، 5 تا 7 می‌باشد.

فاکتور مهم دیگری که در تغییر pH محلول سم‌پاشی تأثیر می‌گذارد، اختلاط آفت‌کش‌های مختلف (مثلاً حشره‌کش‌ها با علف‌کش‌ها) و قراردادن آن‌ها در یک مخزن سم‌پاش است که این موضوع نیز توسط بسیاری از کشاورزان نادیده گرفته می‌شود. در این حالت نیز، اختلاط چند نوع آفت‌کش مختلف باعث ایجاد واکنش‌های شیمیائی غیرقابل‌پیش‌بینی و در نتیجه تغییر در pH محلول سم‌پاشی و ایجاد مشکلات عدیده نظیر گیاه‌سوزی خواهد شد. در مجموع می‌توان گفت که اسیدیته قلیایی یا اسیدی آب، بسته به نوع آفت‌کش و یا فرمولاسیون آن می‌تواند بر دوام و پایداری حشره‌کش در محلول سمی تأثیر بگذارد و کارائی آفت‌کش را کاهش دهد. در ادامه مقاله، به هریک از دو مورد اسیدیته کم‌وزیاد آب خواهیم پرداخت.

pH بالا (قلیائی)

طبق تحقیقات انجام شده، به‌طورکلی حشره‌کش‌های گروه فسفره، کاربامات و بعضی پایرتروئیدها به اسیدیته بالا یعنی محیط قلیائی، حساس بوده و هیدرولیز شده و مولکول آنها شکسته می‌شود (Takuma et al., 2006). به این پدیده، هیدرولیز قلیائی[2] گفته می‌شود که پایدار بوده و غیرقابل‌برگشت است. درحقیقت آفت‌کش‌های اشاره شده، اسید ضعیف یا خنثی هستند که بیشترین پایداری را در محدوده (3)6.5-4 دارند. به‌محض اینکه با آب قلیائی مخلوط می‌شوند، طی مراحل هیدرولیز قلیائی، بخش عمده‌ای از مولکول‌های ماده مؤثره آفت‌کش، شکسته خواهد شد. هرچه درجه قلیائی بودن آب بیشتر باشد، سرعت تجزیه و شکستن مولکول آفت‌کش هم بیشتر خواهد بود. در اینجاست که واژه دیگری به نام نیمه‌عمر آفت‌کش‌ها[4] معنی و مفهوم پیدا می‌کند. نیمه‌عمر آفت‌کش‌ها به مدت زمانی گفته می‌شود که 50 درصد مولکول آفت‌کش، تجزیه و شکسته می‌شود. حتی مدت‌زمان قرارگرفتن در محلول قلیائی، روی افت کیفیت آفت‌کش و کاهش کارائی آن تأثیر دارد. به‌طوری که کیفیت محلول سم‌پاشی که در ابتدای سم‌پاشی از نازل سم‌پاش خارج می‌شود، با محلولی که در انتهای زمان سم‌پاشی خارج می‌شود، کیفیتی متفاوت داشته باشند.

مالاتیون (از گروه فسفره) یکی از حشره‌کش‌های پرمصرف در ایران و جهان می‌باشد که گزارش‌ها حاکی از آن است که نیمه‌عمر آن در pH=10 حدود دو ساعت، در pH=8 حدود 19 ساعت و در pH=7 حدود سه روز محاسبه شده است. همچنین برای حشره‌کش تریکلرفون (از گروه فسفره) نیز در شرایط pH بالای هشت، هیدرولیز قلیائی رخ می‌دهد. نیمه‌عمر تریکلرفون در pH=8 حدود یک ساعت، در pH=7 حدود 6 ساعت و در pH=6 حدود چهار روز محاسبه شده است. حشره‌کش دیگر دیمتوآت است که گزارش شده که نیمه‌عمر آن در pH=9 حدود یک ساعت، در pH=6 حدود 19 ساعت و در pH=4، 21 ساعت است (McDougall, 2012). برای آزینفوس متیل

---

[1] $PH= -\log[H^+]$

[2] Alkaline hydrolysis

[3] بعضی منابع علمی تا 7 هم ذکر کرده‌اند.

[4] Half-life of the pesticide

نیز، نیمه‌عمر آن در pH=9 ، دوازده ساعت، در pH=7 ، ده روز و در pH=5، هفده روز است.

علاوه بر حشره‌کش‌های گروه فسفره و کاربامات، بسیاری از قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌های فرموله شده بر پایه نمک (گلایفوسیت، ایمازاتاپیر1 و گلایفوسینات2) و حتی سایر گروه‌های حشره‌کش و کنه‌کش هم ممکن است به هیدرولیز قلیائی حساس باشند.

کنه‌کش سایفلومتوفن (دانیساراباⓇ) حساسیت زیادی به محیط قلیا دارد و نیمه‌عمر آن در pH=9 حدود 10 دقیقه است. کنه‌کش پروپارژیت یکی دیگر از مواردی است که در pH بالای هفت، هیدرولیز قلیائی برای آن اتفاق می‌افتد. نیمه‌عمر پروپارژیت در pH=9 یک روز، در pH=6 331 روز و در pH=3 هفده روز محاسبه شده است. یکی از راه‌های حل این مشکل، استفاده از ادجوانت‌های تنظیم‌کننده pH، می‌باشد.

pH پائین (اسیدی)

آب‌های اسیدی نیز ممکن است پایداری و اثربخشی برخی آفت‌کش‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. قارچ‌کش‌های بر پایه مس، از جمله آفتکش‌هائی هستند که ثابت شده که اگر با آب‌های اسیدی مخلوط شوند می‌توانند غیرفعال شده و حتی منجر به گیاه‌سوزی شوند. دلیل آن این است که هرچه اسیدیته آب کمتر باشد، میزان حلالیت مس افزایش می‌یابد یعنی باعث افزایش یون‌های مس در محلول سم‌پاشی می‌شود که خطر گیاه‌سوزی روی گیاه را در پی خواهد داشت. علف‌کش‌های گروه سولفونیل‌اوره‌ها، نظیر تریبنورون متیل (گرانستار)، سولفوسولفورون (آپیروس) از لحاظ شیمیائی باز ضعیف بوده و لذا در محیط‌های اسیدی (pH < 7)، به‌سرعت هیدرولیز شده و مولکولشان شکسته می‌شود.

یکی از توصیه‌های اساسی برای پی‌بردن به کیفیت آب مصرفی در کاربرد آفت‌کش‌ها، تجزیه و آنالیز آب توسط آزمایشگاه‌های مجاز و معتبر می‌باشد. این درحقیقت، اولین گام برای اطمینان از کیفیت آب مصرفی است.

منابع

Vuković, S., Inđić, D., Lazić, S., Grahovac, M., Bursić, V., Šunjka, D. and Gvozdenac, S. 2013. Water in pesticide application. Journal of Environmental Protection and Ecology, 14(1), 132-141.

Daramola, O. S., Johnson, W. G., Jordan, D. L., Chahal, G. S. and Devkota, P. 2022. Spray water quality and herbicide performance: a review. Weed Technology, 36(6), 758-767.

McDougall, Sandra. 2012. Water quality for chemical spraying. Department of Primary Industries, New South Wales government.

Takuma, Y., Kato, S. and Kojima, T. 2006. Kinetic study on alkaline decomposition of organophosphorus. Studies in surface science and catalysis, 829-832.

Mc Kie, P. and Johnson, W.S. 2014. Water pH effect on pesticides stability. University of Nevada Cooperative Extension, Fact Sheet FS-02-36.

[1] Imazethapyr
[2] Glufosinate

محور 6 -

نقش مدیریت زراعی (خاک، کود، بذر و مکانیزاسیون) در مدیریت مصرف آب در کشاورزی

آبشویی خاک‌های شور و سدیمی و کاربرد ماده اصلاح‌کننده گچ کشاورزی در اراضی دشت موران خوزستان

سعید فصیحی [1]، مهدی سرائی تبریزی [2]، معصومه رمضانی [3]

[1] دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده موضوعی کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندها، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

[2] دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده موضوعی کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندها، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، m.sarai@srbiau.ac.ir

[3] دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده موضوعی کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندها، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

چکیده

اصلاح خاک‌ها، یکی از روش‌های حفظ و توسعه پایدار اراضی کشاورزی محسوب می‌گردد. وجود یون سدیم در کنار شوری، تشکیل یک خاک شور- سدیمی را داده و موجب بروز مشکلات فراوانی در روند رویشی گیاهان می‌گردد، لذا اتخاذ راهکارهای لازم جهت اصلاح این خاک‌ها، با توسل به روش‌های فیزیکی و شیمیایی، همچون کاربرد کلسیم در آبشویی، اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. در این پژوهش، جهت بررسی وضعیت خاک‌های منطقه، با حفر نیم‌رخ خاک، از عمق0 تا 200 سانتی‌متری خاک در فواصل 25 سانتی‌متر، اقدام به تهیه نمونه گردید. پس از تجزیه آن در آزمایشگاه و محاسبه مقادیر SAR، EC، ESP، CEC و غیره به مطالعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن پرداخته شد. مقدار آب موردنیاز جهت آبشویی، به میزان 100 سانتی‌متر و در 4 مرحله (هر مرحله به عمق 25 سانتی‌متر) تعیین گردید. بررسی نتایج، بیانگر آن است که خاک از نوع شور- سدیمی بود. خاک‌های شور- سدیمی دارای هدایت الکتریکی بیش از 4 دسی‌زیمنس بر متر و درصد سدیم تبادلی بیش از 15 ds/m است. در نتیجه مشکل مضاعف این خاک‌ها، بالابودن مقدار نمک‌های محلول و درصد سدیم تبادلی است و pH کم‌تر از 8/5 می‌باشد که با آبشویی به خاک سدیمی تبدیل شده است و pH به مرز 8/5 رسیده است که برای جلوگیری ازهم‌پاشیدگی خاکدانه‌ها از اصلاح‌کننده گچ کشاورزی استفاده شد که با مصرف گچ برخی دیگر از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و حتی بیولوژیکی خاک نیز اصلاح گردید.

کلمات کلیدی: خاک‌های شور، سدیم قابل تبادل، شوری‌زدایی، ماده اصلاح‌کننده گچ کشاورزی

مقدمه

امروزه به علت محدودیت منابع خاک مناسب، آب متعارف، خشکسالی و شوری در بخش بزرگی از اراضی تحت کشت کشور، استفاده از منابع آب‌وخاک شور برای تولید برخی محصولات کشاورزی و تأمین نیاز غذایی جامعه گریزناپذیر است. در چنین شرایطی باتوجه‌به اثرات منفی شوری و سدیمی بودن خاک بر تولید محصول، استفاده از مواد اصلاح‌کننده ضروری است. یکی از پرکاربردترین مواد اصلاحی در دسترس در مناطق خشک «گچ کشاورزی» با فرمول «$CaSO_4,2H_2O$» می‌باشد. هدف اصلی از مصرف گچ کشاورزی برای اصلاح خاک، ورود مقادیر بیش‌تر کلسیم به خاک و جایگزینی آن با سدیم اضافی موجود روی سطوح تبادلی ذرات خاک است. بر همین اساس محاسبهٔ مقدار، زمان و نحوهٔ مصرف مناسب این اصلاح‌گر بسیار بایسته بوده و کمک شایانی به سودمندی کاربرد آن می‌نماید. از سویی استفاده غیرکارشناسانه و بی‌رویه از این ماده اصلاح‌کننده، همانند مواد اصلاح‌کنندهٔ دیگر، اثرات زیان‌باری بر محیط‌زیست داشته و می‌تواند منجر به کاهش حاصلخیزی خاک شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دشت شهمان استان خوزستان انجام گرفت. در این پژوهش، با استفاده از متغیرهایی همچون هدایت الکتریکی خاک، درصد سدیم قابل‌جذب، اسیدیته خاک، میزان کاتیون‌های دوظرفیتی کلسیم و منیزیم و آنیون‌ها، شامل کربنات و بی‌کربنات‌ها و همچنین برآورد تجربی میزان آهک و نیاز گچی خاک قبل و بعد از عملیات آبشویی به بررسی آبشویی، در اراضی شور و سدیمی پرداخته می‌شود. ازآنجاکه انتظار می‌رفت استفاده از گچ، به‌عنوان یک ماده اصلاح‌کننده ارزان، موجب کاهش درصد سدیم تبادلی در خاک‌های سدیمی گردد، لذا در این پژوهش به روش غرقاب متناوب، اجرای دو تیمار در دستور کار قرار گرفت. در تیمار اول، آبشویی با آب آبیاری و در تیمار دوم، گچ مورداستفاده قرار گرفت تا تأثیر آب مختلط با گچ، نسبت به تیمار شاهد، مورد مقایسه قرار گرفته، تأثیرات گچ بر روند آبشویی بخصوص تأثیر بر خصوصیت سدیمی بودن این خاک‌ها، موردبررسی قرار گیرد. در این پژوهش، آبشویی خاک‌های شور و سدیمی به‌صورت طرح آزمایشی بلوک‌های کاملاً تصادفی اجرا شد. در اجرای روش غرقابی متناوب، 2 تیمار برای 4 عمق مختلف آب کاربردی شامل100، 75، 50 و 25 سانتی‌متر در نظر گرفته شدند. دوره تناوب در نظر گرفته شده با احتساب زمان لازم برای نفوذ آب به درون خاک و رسیدن به حد ظرفیت زراعی، در تمامی تیمارها برابر 8 روز به دست آمد. عمق موردنظر آبشویی املاح از خاک، یک متر در نظر گرفته شد. براین‌اساس نمونه‌برداری‌ها از خاک تا عمق یک‌متری و در عمق صفر تا 100 سانتی‌متر در 4 عمق 25 سانتی‌متری انجام گرفت. در تیمار اول، آبشویی متناوب با آب آبیاری و در تیمار دوم به آب آبشویی، گچ به میزان 3 گرم در لیتر افزوده شد. جهت بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب و تغییرات آن در مراحل مختلف آبشویی، نمونه‌برداری‌های لازم انجام گردید. در حین آزمایش‌ها، بعد از انجام هر مرحله آبشویی از هر تکرار، چهار نمونه در چهار عمق (اعماق 25– 0، 50- 25، 75-50 و 100-75) برداشت و به آزمایشگاه برده شد. برای نمونه‌برداری خاک، از آگر (مته نمونه‌برداری کلاسیک دست‌خورده) استفاده گردید. در آزمایشگاه از هر نمونه خاک، پس از تهیه عصاره اشباع، مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های خاک و همچنین آهک و گچ‌خاک و مقادیر اسیدیته، هدایت الکتریکی، کلسیم، منیزیم و سدیم اندازه‌گیری شد. عمق آب کاربردی در آبشویی این تیمارها 100 سانتی‌متر و در 4 تناوب 25 سانتی‌متری به‌کاررفته است.

نتایج و بحث

یکی از بهترین روش‌ها برای اصلاح‌کردن خاک شور، آبشویی است. با شستشوی نمک‌های اضافی و حفظ تعادل نمک می‌توان این خاک را اصلاح کرد. این امر تنها با تأمین آب کافی برای شستشوی نمک در زیر ناحیه ریشه و نه در ذخایر آب زیرزمینی حاصل خواهد شد. از آبشویی می‌توان برای کاهش نمک‌های داخل خاک استفاده کرد. برای این کار می‌توانید به‌اندازه کافی آب کم‌نمک به سطح خاک اضافه کنید تا نمک‌های خاک در آن حل شوند و به زیر ناحیه ریشه منتقل شوند. آب باید نسبتاً عاری از نمک به‌خصوص نمک‌های سدیمی‌باشد. دراین‌خصوص آزمایش آب می‌تواند سطح املاح آب را تعیین کند تا بتوانید از آب مناسبی در این روش برای حل مشکل استفاده کنید. اصلاح خاک شور به روش آبشویی بیش‌تر برای خاک‌هایی تأثیر دارد که ساختار و زهکشی داخلی خوبی دارند. بهتر است ابتدا آزمایشی برای تعیین میزان آب موردنیاز برای اصلاح خاک‌های شور انجام دهیم. پس از آبشویی خاک باید دوباره مورد آزمایش و بررسی قرار گیرد تا مشخص شود که آیا به‌اندازه کافی شسته شده است یا خیر. خاک‌های بسیار شور باید چندین بار شسته شوند تا آب به‌خوبی از آن تخلیه شود. در این جا ممکن است زهکشی یک مشکل باشد؛ اگر آب نتواند به خاک نفوذ کند، املاح را نمی‌توان حل کرد و از خاک خارج کرد. قبل از شروع طرح، از خاک منطقه مورد آزمون به طور تصادفی در یک نقطه و در هشت عمق، تا عمق دو متر، نمونه‌برداری انجام شد. جدول (1) نتایج تجزیه شیمیایی خاک و جدول (2) مشخصات فیزیکی لایه‌های مختلف خاک مورد آزمون و عمق آب موردنیاز برای تأمین کسر رطوبت خاک در هر لایه تا عمق دو متری را نشان می‌دهد.

جدول 1- اطلاعات اولیه آبشویی

	Depth (cm)	ECe (dS/m)	Eceq (dS/m)	Eciw (dS/m)	Ecf/Eci
	0--25	2.5	0.308333	1	0.020559
	25--50	2.7	0.376327	1	0.052023
	50--75	5	0.387069	1	0.122549
	75--100	11.6	0.342297	1	0.333333
100	100-125	9.2	0.348101	1	0.277108
	125--150	40.4	0.436508	1	1.311688
	150--175	34.6	0.416667	1	1.138158
	175--200	30.5	0.429688	1	0.968254

جدول 2- اطلاعات فنی آبشویی

Depth	Thickness	Soil Texture	BD(gr/cm³)	PD(gr/cm³)	Porosity(%)
0--25	25	CL	1.53	2.7	43.33
25--50	25	SiCL	1.6	2.72	41.18
50--75	25	SiC	1.65	2.7	38.89
75--100	25	SiC	1.5	2.72	44.85
100--125	25	SiCL	1.42	2.72	47.79
125--150	25	SiCL	1.42	2.72	47.79
150--175	25	SiCL	1.42	2.72	47.79
175--200	25	SiCL	1.42	2.72	47.79

روش آبشویی با استفاده از معادله LF نسبت یا جزء آبشویی و iw و EC_e به ترتیب علامت آب آبیاری و متوسط هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک قبل از آبشویی است.

$$L \qquad (1)$$

نتایج جدول (1) بیانگرآن است که خاک تا عمق دو متری، شور و سدیمی می‌باشد. میزان شوری و سدیمی لایه‌های مختلف، با افزایش عمق، کاهش می‌یابد. هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک تا عمق دو متری، به متوسط در حدود 30 دسی زیمنس برمتر می‌باشد. ضمنا مقادیر درصد سدیم تبادلی، گویای عدم یکنواختی در لایه‌های مختلف و روند کاهشی، از سطح به سوی لایه‌های زیرین خاک می‌باشد. به طوری که در لایه 25 – 0 سانتی‌متری، میزان آبشویی 43/9 درصد می‌رسد. بر اساس طبقه‌بندی آزمایشگاه شوری ایالات متحده آمریکا، خاک مورد آزمون، جزو خاک‌های شور و سدیمی طبقه‌بندی می‌شود. هم‌چنین براساس طبقه‌بندی خاک‌های شور و سدیمی در ایران، خاک مورد آزمون، از نظر شوری، در کلاس جدول ویل‌کوکس 4 (S مشکل شوری بسیار زیاد) و از نظر سدیمی در کلاس 4 (C مشکل سدیمی بسیار زیاد) قرار می‌گیرد.

اصلاح خاک‌های شور معمولاً به‌وسیله غرقاب کردن زمین انجام می‌گیرد. عمق خاکی که به این طریق اصلاح می‌شود حدوداً برابر عمق آبی است که در خاک نفوذ و از آن عبور می‌کند. با جابه‌جاشدن مقدار آبی معادل یک برابر حجم فضای خالی خاک شوری به نصف تقلیل می‌یابد و اگر مقدار آب جابه‌جا شده معادل 1/5 تا 2 برابر حجم فضاهای خالی خاک باشد شوری به‌اندازه 80% کاهش می‌یابد. چون حجم نسبی فضاهای خالی خاک حدوداً 50% است (یعنی 50 درصد حجم خاک فضای خالی آن است) لذا جابه‌جاشدن مقدار آبی معادل دوبرابر حجم فضای خالی خاک برابر ارتفاع آبی است که به‌اندازه عمق خاک می‌باشد. مثلاً اگر بخواهیم خاکی به عمق 0/5 متر را شستشو

دهیم، به‌طوری‌که حجم آب جابه‌جا شده در داخل خاک به‌اندازه دوبرابر حجم فضای خاک باشد، به ارتفاع آبی معادل 0/5 متر نیاز خواهد بود.

برای آبشویی نصف املاح خاک به عمق 200 سانتی‌متر ارتفاع آبی معادل 100 سانتی‌متر حاوی املاح کم کافی است. طبق آزمایشاتی که در جنوب ایالت کالیفرنیا بر روی خاک‌های خیلی شور انجام شد، فرمول تجربی زیر برای تعیین عمق آب لازم جهت آبشویی ارایه گردید:

$$D_{iw} = \left[\left(\frac{ECei}{5ECef} \right) + 0.15 \right] D_s \quad (2)$$

D_{iw} ارتفاع آب جهت شستشوی املاح محلول، D_s عمق خاک، ECe_i متوسط هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک قبل از آبشویی و ECe_f متوسط هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک بعد از آبشویی (که در حقیقت همان ECe قابل‌تحمل گیاه است) می‌باشد.

باتوجه‌به داده‌های جدول پس از آبشویی مشخص گردید که خاک موردنظر از خاک شور به خاک شور- سدیمی تبدیل شد که در این حالت نیاز به اصلاح‌کننده می‌باشد. معمولی‌ترین ماده اصلاح‌کننده خاک گچ یا $CaSO_4, 2H_2O$ است که به خاک یا آب آبیاری اضافه می‌شود. هدف اصلی مصرف گچ در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی، ورود مقادیر بیشتر کلسیم به خاک و جایگزینی آن با سدیم اضافی موجود روی سطوح تبادلی ذرات خاک است. با علم به اینکه واکنش تبادلی طبق قوانین معمول شیمی با اکی‌والان‌های برابر صورت می‌گیرد. تعیین مقدار ماده اصلاح‌کننده برای خاک‌های سدیمی بستگی به ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) خاک، تغییر موردنظر در ESP وزن مخصوص ظاهری خاک و عمق خاک دارد. اگر CEC بر حسب مول در کیلوگرم خاک (mol/kg) توصیف گردد مقدار کلسیم موردنیاز (بر حسب مول در کیلوگرم) برابر خواهد بود با حاصل‌ضرب CEC در تغییر ESP بخش بر 100 یعنی:

$$\text{Ca (mol/kg)} = \frac{(CEC) * (\Delta ESP)}{100} \quad (3)$$

در واقع این معادله مقدار یون‌هایی که لازم است به خاک اضافه شود تا ESP آن را به‌اندازه (ΔESP) تقلیل دهد به دست می‌دهد و همان‌طور که گفته شد این یون‌ها با افزودن گچ به خاک اضافه می‌شود. باتوجه‌به قابلیت انحلال گچ $CaSO_4, 2H_2O$ در حالت اشباع حدود 30 میلی اکی‌والان در هر لیتر آب خالص و یا با محاسبه میزان سدیم اضافی خاک می‌توان گچ موردنیاز را بر اساس رابطه زیر محاسبه کرد.

$$GR = \frac{\rho_b * a * d * (ESP_i - ESP_f) * CEC * 8.61}{b} \quad (4)$$

که در آن GR نیاز گچی (کیلوگرم در هکتار)، ESPi درصد سدیم تبادلی اولیه خاک، ESPf درصد سدیم تبادلی موردانتظار بعد از اصلاح، CEC ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (میلی اکی‌والان در صد گرم خاک)، a سطح (هکتار)، d عمق خاک موردنظر برای اصلاح (متر)، pb جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و b درصد خلوص گچ مورداستفاده می‌باشد. جرم مخصوص ظاهری خاک، وزن حجم خاک است و بافت خاک و مواد آلی از جمله عوامل اساسی تعیین‌کننده آن است.

جدول 3- تخمین جرم مخصوص ظاهری خاک با استفاده از کلاس بافتی

کلاس بافتی خاک	Clay	Silty clay	Silty clay loam	Clay loam	Sandy clay	Sandy clay loam	Loam	Silty loam	Silt	Sandy loam	Loamy sand	Sand
جرم مخصوص ظاهری (g/cm3)	۱/۲۵	۱/۳	۱/۲۸	۱/۳۵	۱/۳۲	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۵	۱/۴۸	۱/۵۴	۱/۶۸	۱/۷

درصد سدیم تبادلی با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی شامل مجموع کاتیون‌های تبادلی (CEC) و سدیم تبادلی (Nax) نیاز است که اندازه‌گیری این عوامل خصوصاً در شرایط شور عملاً با دشواری‌های زیادی همراه است، به صورتی که پیشنهاد می‌شود، اگرچه SAR برای آب آبیاری محاسبه می‌شود، درصورتی‌که نتایج تجزیه خاک در دسترس باشد، بر اساس ترکیب محلول اشباع خاک مقادیر SAR محاسبه شده و با استفاده از رابطه زیر ESP به دست می‌آید.

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (5)$$

$$ESP = \frac{Na_x}{CEC} = \frac{100 * (-0.0126+0.01475 * SAR)}{1 + (-0.0126+0.01475 * SAR)} \quad (6)$$

دراین‌رابطه Na_x میزان سدیم در فاز تبادلی است که اندازه‌گیری آن در خاک‌های شور و یا سدیمی سخت می‌باشد. در صورت عدم دسترسی به نتایج آزمایش‌های خاک، مقادیر SAR را می‌توان با استفاده از مقادیر کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم موجود در آب آبیاری نیز برآورد کرد. زمان مصرف گچ نیز همانند دیگر عملیات اصلاحی بهتر است در دوره خواب گیاه و در طول دو فصل پاییز و زمستان انجام شود. البته در صورت فراهم بودن شرایط و وجود آب به مقدار کافی، می‌توان در هر فصلی از سال گچ را به خاک اضافه کرد. گچ ماده‌ای با حلالیت متوسط و دارای ضریب نمکی نسبتاً پایینی می‌باشد، بنابراین چنانچه در دوره رشد گیاه نیز به خاک داده شود از لحاظ ایجاد شوری مشکلی ایجاد نمی‌کند. گچ به هر شکلی که مصرف شود بایستی همراه با آبیاری سنگین باشد تا سدیم آزاد شده از سطوح تبادلی با مصرف آب آبیاری کافی از محدوده ریشه خارج گردند. نکته مهم اینکه آب لازم برای انحلال مقدار مشخص گچ معمولاً بر اساس حلالیت گچ در آب آزاد محاسبه می‌شود.

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به نیاز آب‌شویی خاک دشت شهمان نیاز است تا ارتفاع 200 سانتی‌متر خاک موردنظر مورد آبشویی قرار گیرد. باتوجه‌به قلیایی بودن خاک مورد تحقیق که در جدول ذیل مقدار گچ کشاورزی موردنیاز آن مشخص گردیده است نیاز گچی براساس عمق پروفیل 175 تا 200 سانتی‌متر آن 4.7meq/100 gr soil تعیین شده است، برابر 7/7 کیلوگرم در مترمکعب خاک می‌باشد.

جدول 3- مقدار گچ کشاورزی موردنیاز کاتیون‌ها برحسب meq/lit و گچ meq/100grsoil

Gypsum	PH	ESP%	ESP	SAR	CEC	Na+	Ca++	Mg++
0	8.4	12.38	0.1238	5.97	9.1	870	336	244
0	8.3	11.19	0.1119	5.04	11.4	475	129	115
0.7	8.3	28.57	0.2857	8.82	15.7	377.5	109	69
0.4	8.4	54.16	0.5416	27.21	17.4	323.5	72	51
0.7	8.4	73.33	0.7333	17.66	18	312.5	68	56
0.5	7.8	33.67	0.3367	39.44	18	300	66	45
1.1	7.9	79.12	0.7912	36.93	18.6	292	60	41
4.7	8	65.47	0.6547	35.7	18.6	285	60	41

در صورت عدم آبشویی خاک و خروج زهاب شرایط ماندابی مشکلات کشت بی‌هوازی و کاهش عملکرد در محصول مشاهده خواهد شد. بالابودن مقدار کلسیم در این خاک موجب آنتاگنیزم با پتاسیم شده و کمبود پتاسیم در محصولات مشاهده خواهد شد. باتوجه‌به عمق خاک گچ کشاورزی با برنامه‌ریزی بلندمدت در طول چند سال به خاک افزوده می‌گردد.

منابع

الیاس آذر، خ. 1381. اصلاح خاک‌های شور و سدیمی (مدیرت خاک و آب) انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه، 245 صفحه.

بذرافکن، ع. 1375. بررسی میزان آبشویی اولیه لازم در اراضی کشت و صنعت هفت تپه پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران، اهواز، 132 صفحه.

برزگر، ع. 1387. خاک‌های شور و سدیمی: شناخت و بهره‌وری. انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز. خوزستان مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. جلد 4 شماره 16، 1-14.

پذیرا، ا. و کشاورز، ع. 1378. بررسی و تعیین آب موردنیاز اصلاح خاک‌های شور و سدیمی اراضی جنوب شرقی استان کشاورزی و منابع طبیعی جلد 13 . شماره 6، 1-15.

خاکساری ، و. و ناصری، ا. 1385. آبشویی خاک به‌منظور اصلاح خاک شور و قلیا در منطقه چاه افضل استان یزد. مجله علوم

کشکولی، ح و جلالی، ع. 1388. بررسی آب موردنیاز آبشویی خاک‌های شور و سدیمی به روش آبشویی غرقابی دایم و متناوب و مقایسه نتایج با مدل‌های تجربی در اراضی جنوب استان خوزستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.

کشکولی، ح. و سرخه نژاد، م. 1389. بررسی اثرات آبشویی به دو روش غرقابی دائم و متناوب بر خاک‌های شور و سدیمی منطقه شادگان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، 122 صفحه.

نژاد هاشمی، ا. 1379. بررسی نفوذپذیری خاک‌های گچی طی فرایند آبشویی. گزارش فنی آبشویی، جلد اول، 100 صفحه.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. 1380. دستورالعمل آزمایش‌های آبشویی خاک‌های شور و سدیمی درایران. نشریه شماره 243 . چاپ اول

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. 1381. دستورالعمل آزمایش‌های آبشویی خاک‌های شور و سدیمی در ایران نشریه شماره 255، چاپ اول.

اثر اصلاح‌کننده‌های آلی و معدنی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک‌های سبک بافت شنی و بهبود راندمان مصرف آب

سید محمدحسینی بادآشیانی [1]، احمد حیدری [2]، علیرضا راهب [3]، حسن اعتصامی [4]، محمدرضا بی‌همتا [5]

[1] دانشجوی دکتری تخصصی علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

[2] استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ahaidari@ut.ac.ir

[3] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

[4] دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

[5] استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

چکیده

یکی از چالش‌های مهم محیط‌زیست و کشاورزی، خشکسالی و بیابان‌زایی است. باتوجه‌به میزان محدودیت‌های منابع آبی و الگوی نامناسب مصرف آن، بسیاری از مناطق ایران در معرض خشکسالی و بیابان‌زایی قرار دارند. ویژگی‌های معمول خاک‌های شنی ظرفیت کم نگهداری آب، نفوذپذیری بالا و توانایی کم برای ذخیره و تبادل عناصر غذایی است. هدف این مطالعه بررسی اثر اصلاح‌کننده‌های بنتونیت و کربوکسی‌متیل سلولز بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک‌های کم‌بازده شنی است. در این پژوهش اثر تیمارهای بنتونیت و کربوکسی‌متیل سلولز بر روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک‌های شنی منطقه نجم‌آباد کرج، با استفاده از طرح کاملاً تصادفی بررسی شد. نتایج نشان داد که اصلاح‌کننده بنتونیت در سطح 40 تن بر هکتار و کربوکسی متیل سلولز در سطح 5 گرم بر کیلوگرم باعث افزایش معنی‌دار میزان رطوبت اشباع (30 درصد)، رطوبت ظرفیت زراعی (75.7 درصد)، آب قابل استفاده گیاه (141 درصد) و پایداری خاکدانه‌ها (310 درصد) نسبت به خاک شاهد می‌شوند. از طرفی جرم مخصوص ظاهری خاک (18 درصد) نسبت به نمونه خاک شاهد کاهش یافت. همچنین تفاوت معنی‌داری در میزان رطوبت در نقطه پژمردگی دائم مشاهده نشد.

کلمات کلیدی: اصلاح‌کننده، بنتونیت، کربوکسی‌متیل سلولز

مقدمه

خاک‌های شنی در سرتاسر جهان از مناطق بسیار مرطوب تا معتدل و نیمه‌خشک و خشک رایج بوده و حدود 900 میلیون هکتار را پوشش می‌دهند (Yost and Hartemink, 2019). ویژگی‌های معمول خاک‌های شنی ظرفیت کم نگهداری آب، نفوذپذیری بالا و توانایی کم برای ذخیره و تبادل عناصر غذایی است. خاک‌های شنی به دلیل میزان محدود سیلت، رس و مواد آلی، ساختمان ضعیفی دارند و مستعد فرآیندهای فرسایش و تخریب هستند. کمبود آب و عناصر غذایی منجر به پایین بودن فعالیت‌های زیستی این خاک‌ها می‌شود و در نتیجه رشد گیاهان و میکروب‌ها را محدود می‌کند. احیای خاک‌های شنی باتوجه‌به تغییرات آب و هوایی و دوره‌های خشکسالی شدید ممکن است چالش برانگیز باشد به همین دلیل نیاز فوری به توسعه راهبردهای مناسب برای حفاظت و احیا آنها وجود دارد. افزایش بهره‌وری این نوع خاک‌های تخریب شده مستلزم استفاده از اصلاح کننده‌های خاک به‌منظور بازآفرینی حاصلخیزی خاک است (Bendnik et al., 2020). اصلاح کننده‌های خاک موادی هستند که حاوی عناصر ضروری برای بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و یا زیستی خاک هستند که در نهایت منجر به بهبود رشد و نمو گیاه می‌شود و عناصر غذایی را به راحتی در خاک در دسترس قرار می‌دهد.

استفاده از اصلاح‌کننده‌های خاک می‌تواند ظرفیت نگهداری آب موجود در خاک را بهبود بخشد، تبخیر تعرق را کاهش دهد، راندمان مصرف آب و کود در محصولات کشاورزی را افزایش دهد و جوانه‌زنی، رشد و عملکرد محصول را افزایش دهد (Babla et al., 2022). یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین اصلاح کننده‌های آلی کربوکسی متیل سلولزها هستند. سلولز فراوان‌ترین بیوپلیمر تجدیدپذیر است که با هزینه کم برای تهیه پلیمرهای کاربردی مختلف در دسترس است. کربوکسی متیل سلولزها ترکیباتی (پلیمرهایی) هستند که به راحتی در آب حل و کاملا در آن دیسپرس می‌شوند. خاصیت افزایش ویسکوزیته و امولسیون کنندگی، طیف وسیعی از کاربردهای تجاری، آرایشی، دارویی، کشاورزی، صنایع کاغذ، نساجی و صنایع غذایی را شامل می‌شود (Qin et al., 2022). افزودن بنتونیت یک تکنیک اصلی اصلاح خاک است که با موفقیت در اصلاح و احیای خاک‌های شنی استفاده می‌شود. بنتونیت به طور کلی یک رس ناخالص است که بیشتر از خانواده اسمکتایت تشکیل شده است. باتوجه‌به انواع مختلف نانورس‌ها، نانورس مونت‌موریلونایت (که رس غالب در بنتونیت است) به دلیل داشتن ظرفیت تبادلی کاتیونی و فضای بین لایه‌ای بالا کاربرد بیشتری پیدا کرده است. در کاربردهای کشاورزی، بنتونیت حفظ آب و عناصر غذایی را در اطراف ریشه گیاهان افزایش می‌دهد. عناصر غذایی محلول در خاک را جذب می‌کند و آن‌ها را برای مدت طولانی حفظ می‌کند و از رشد گیاه حمایت می‌کند. ازاین‌رو، می‌توان آن را همراه با کودها برای به حداکثر رساندن فواید و افزایش بهره‌وری استفاده کرد (Mi et al., 2020). وسعت قابل‌توجهی از اراضی کشور را خاک‌های شنی تشکیل داده‌اند. باتوجه‌به لزوم بهره‌برداری از این خاک‌ها از یک طرف و توان تولیدی پایین آن‌ها ضرورت اصلاح این اراضی مسئله‌ای کاملا محرز می‌باشد. به طور کلی این خاک‌ها از جنبه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی از قبیل قابلیت نگهداری آب، عناصر غذایی موردنیاز گیاه، ضعف مواد آلی خاک و ساختمان خاک نیاز به اصلاح دارند و در صورت اصلاح توان تولیدی آن‌ها بهبود قابل‌توجهی پیدا می‌کند. دستیابی به یک فرمولاسیون مناسب برای اصلاح این خاک‌ها از نظر فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و اقتصادی مسئله‌ای است که این مطالعه به دنبال آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه نمونه‌ها از عمق سطحی (20-0 سانتیمتری) یک خاک شنی غیرشور توسعه یافته از رسوبات بادی نجم‌آباد کرج تهیه شد. به‌منظور اصلاح و ارتقاء خصوصیات فیزیکی خاک شنی، از رس بنتونیت در دو سطح 20 و 40 تن در هکتار و کربوکسی متیل سلولز در دو سطح 3 و 5 گرم در کیلوگرم استفاده شد. برای انتخاب بهترین تیمارهای آزمایشی از طرح کاملا تصادفی استفاده شد. 4 نوع تیمار آزمایشی به همراه یک نمونه تیمار خاک شاهد با 3 تکرار و در مجموع 15 تیمار آزمایشی تهیه شد. پس از اعمال دوره سه ماهه انکوباسیون، برخی از آنالیزهای فیزیکی نمونه‌های خاک نظیر رطوبت اشباع (SP)، رطوبت ظرفیت زراعی (FC) و رطوبت در نقطه پژمردگی (PWP) با استفاده از دستگاه صفحات فشاری، میزان آب قابل استفاده گیاه (AW)، جرم مخصوص ظاهری (BD) به روش استوانه و پایداری خاکدانه‌ها (MWD) به روش الک تر انجام شد. جهت آنالیزهای آماری از نرم افزار SPSS 26 و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری 5 درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول 1 میانگین و سطح معنی‌داری مقادیر رطوبت اشباع، رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت نقطه پژمردگی دائم، میزان آب قابل استفاده گیاه، میزان پایداری خاکدانه‌ها و جرم مخصوص ظاهری خاک را در نمونه خاک شاهد شنی و تیمارهای مختلف متشکل از بنتونینت و کربوکسی متیل سلولز نشان می‌دهد. مقادیر رطوبت اشباع، رطوبت ظرفیت زراعی، میزان آب قابل استفاده گیاه، میزان پایداری خاکدانه‌ها و جرم مخصوص ظاهری خاک بین تیمارهای مختلف و خاک شاهد دارای تفاوت معنی‌داری هستند، اما تفاوت معنی‌داری در مقدار رطوبت نقطه پژمردگی دائم بین تیمارهای مختلف و خاک شاهد شنی مشاهده نشد. با افزایش میزان بنتونیت و کربوکسی متیل سلولز مقادیر رطوبت اشباع، رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت نقطه پژمردگی دائم، میزان آب قابل استفاده گیاه و میزان

پایداری خاکدانه‌ها نسبت به نمونه خاک شاهد شنی افزایش یافت و در مقابل جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش یافت. به‌طوری‌که تیمار B40C5 نسبت به سایر تیمارها عملکرد بهتری داشت. رس بنتونیت هنگامی که به‌عنوان اصلاح کننده خاک استفاده می‌شود، به دلیل خواص طبیعی خود می‌تواند باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، مواد آلی خاک و در دسترس بودن عناصر غذایی شود. همه این ویژگی‌ها می‌توانند وضعیت تخلخل خاک، ساختان خاک، فعالیت‌های میکروبی و در نهایت عملکرد محصول را بهبود بخشند.

کربوکسی‌متیل سلولزها، از دیگر عوامل مؤثر در افزایش خصوصیات فیزیکی خاک هستند که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم در این امر مؤثر هستند، کربوکسی‌متیل سلولز (CMC) هنگامی که در آب حل می‌شود، خواص مفید زیادی از خود نشان می‌دهد. به طور قابل‌توجهی، محلول آبی آن ویژگی‌هایی مانند ضخیم‌شدن، تشکیل فیلم، تعلیق، چسبندگی و به‌ویژه خواص نگهداری آب را نشان می‌دهد و هنگامی که روی خاک اعمال می‌شود، می‌تواند ویژگی‌های نفوذپذیری خاک و عوامل مدل نفوذ را با تشکیل یک ساختار ژل‌مانند و بهبود عملکرد نفوذ آب در خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک تغییر دهد. علاوه بر این، گروه کربوکسی‌متیل با بار منفی در زنجیره اصلی این ماده می‌تواند با کاتیون‌های محلول خاک از طریق جاذبه الکترواستاتیکی تعامل داشته باشد، به‌عنوان یک عامل اتصال قوی عمل کند که منجر به تجمع ذرات خاک، افزایش فضای منافذ خاک، افزایش تخلخل خاک و در نتیجه کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شود. در پژوهشی مشابه Shao و همکاران (2023) به اثر ترکیبی سطوح مختلف بیوچار و کربوکسی‌متیل سلولز بر خصوصیات فیزیکی خاک‌های شنی نواحی بیابانی پرداخته شد و نتایج نشان داد که ترکیب بیوچار و کربوکسی‌متیل سلولز چگالی ظاهری خاک را از9.41 تا 1.29 درصد و هدایت هیدرولیکی اشباع را از 94.98 تا 29.64 درصد کاهش می‌دهد و میزان رطوبت اشباع خاک را از 8.81 تا 30.74 درصد و ظرفیت نگهداری آب را از 13.91 تا 36.87 درصد افزایش می‌دهد. همچنین به طور مشابه میزان پایداری خاکدانه‌ها از 29 تا 256 درصد افزایش پیدا کرد.

جدول 1- میانگین و سطح معنی‌داری خصوصیات فیزیکی خاک بر اساس تجزیه واریانس و آزمون دانکن

Treatment	SP(%)	FC(%)	PWP(%)	AW(%)	MWD(%)	BD(g/cm^{-3})
Control	34/73^{d}	7/82^{d}	4/15^{a}	3/64^{c}	0/28^{c}	1/57^{a}
B20 C3	41^{c}	10/57^{c}	4/74^{a}	5/82^{b}	0/83^{b}	1/44^{ab}
B20 C5	42/9^{b}	12/8^{ab}	5/46^{a}	7/35^{ab}	1/07^{a}	1/34^{b}
B40 C3	43/24^{ab}	11/14^{bc}	4/95^{a}	6/2^{b}	1^{ab}	1/41^{ab}
B40 C5	44/99^{a}	13/74^{a}	5/57^{a}	8/8^{a}	1/15^{a}	1/33^{b}
sig	0/001*	0/001*	0/4	0/003*	0/001*	0/04*

نتیجه‌گیری

در این پژوهش کربوکسی‌متیل سلولز و رس بنتونیت به‌عنوان یک اصلاح‌کننده تأثیرات مثبتی بر خصوصیات فیزیکی خاک از جمله میزان رطوبت اشباع، رطوبت ظرفیت زراعی، میزان آب قابل‌استفاده گیاه، جرم مخصوص ظاهری و پایداری خاکدانه‌ها دارد، درصورتی‌که این اثر بر میزان رطوبت در نقطه پژمردگی دائم کمتر بود. رس بنتونیت و کربوکسی‌متیل سلولز هنگامی که به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک استفاده می‌شوند، به دلیل خواص طبیعی خود می‌تواند باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، مواد آلی خاک و دردسترس‌بودن عناصر غذایی شود. همه این ویژگی‌ها می‌توانند وضعیت تخلخل خاک و ساختان خاک را بهبود بخشند. با استفاده از یافته‌های این پژوهش می‌توان تیمار 40 تن در هکتار رس بنتونیت و 5 گرم در کیلوگرم کربوکسی‌متیل سلولز را که دارای بهترین اثرات مثبت بر بهبود خصوصیات فیزیکی خاک بود، به‌عنوان تیمار برتر جهت اصلاح خاک‌های سبک بافت شنی و افزایش کارایی مصرف آب در مزرعه انتخاب کرد. استفاده از این تیمار باعث افزایش میزان رطوبت اشباع خاک (34/73 تا 99/ 44 درصد)، رطوبت ظرفیت زراعی (7/82 تا 13/74

درصد)، میزان آب قابل‌استفاده (3/64 تا 8/8 درصد) و میزان پایداری خاکدانه‌ها (0/28 تا 1/15 درصد) نسبت به خاک شاهد شد. همچنین جرم مخصوص ظاهری خاک (1/57 تا 1/33) در این تیمار نسبت به تیمار خاک شاهد کاهش یافت.

منابع

Babla, M., Katwal, U., Yong, M. T., Jahandari, S., Rahme, M., Chen, Z. H. and Tao, Z. 2022. Value-added products as soil conditioners for sustainable agriculture. Resources, conservation and recycling, 10(6):178-195.

Bednik, M., Medyńska-Juraszek, A., Dudek, M., Kloc, S., Kręt, A., Łabaz, B. and Waroszewski, J. 2020. Wheat straw biochar and NPK fertilization efficiency in sandy soil reclamation. Agronomy, 10(4): 496-512.

Mi, J., Gregorich, E. G., Xu, S., McLaughlin, N. B. and Liu, J. 2020. Effect of bentonite as a soil amendment on field water-holding capacity, and millet photosynthesis and grain quality. Scientific Reports, 10(1): 182-288.

Qin, C. C., Abdalkarim, S. Y. H., Zhou, Y., Yu, H. Y. and He, X. 2022. Ultrahigh water-retention cellulose hydrogels as soil amendments for early seed germination under harsh conditions. Journal of Cleaner Production, 10(1): 370-388.

Shao, F., Zeng, S., Wang, Q., Tao, W., Wu, J., Su, L., ... and Lin, S. 2023. Synergistic effects of biochar and carboxymethyl cellulose sodium (CMC) applications on improving water retention and aggregate stability in desert soils. Journal of Environmental Management, 10(1): 331-347.

Yost, J. L. and Hartemink, A. E. 2019. Soil organic carbon in sandy soils: A review. Advances in agronomy, 158 (1): 217-310.

اثر پوشش مصنوعی مالچ و سایه‌بان بر بهبود کارایی مصرف آب و تنش دمایی درختان پسته

محمد سعید تدین[1]، سید مجید موسوی[2]، ناصر دواتگر[3]، علی‌اکبر عزیزی زهان[4]، سهراب صادقی[5]

[1] دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان فارس؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ شیراز، m.tadayon@areeo.ac.ir

[2] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج

[3] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج

[4] محقق مرکز توسعه تکنولوژی زرشک و عناب قائن؛ موسسه آموزش و ترویج کشاورزی؛ قائن

[5] عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان فارس؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ شیراز

چکیده

تغییرات اقلیمی موجب گسترش و تشدید تنش‌های محیطی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک تولید پسته در ایران شده است. این مطالعه به‌منظور بررسی اثر کاربرد و عدم کاربرد زمین‌پوش مصنوعی و تور سایبان بر عملکرد کمی و کیفی و تغییرات مؤلفه‌های دمایی و کارایی مصرف آب درختان پسته رقم احمد آقایی در منطقه سروستان استان فارس انجام شد. آزمایش به‌صورت قطعه‌های نواری در سه تکرار و در هر کرت 4 درخت شامل تیمارهای 1- تیمار شاهد عرف منطقه (بدون پوشش)، 2- کاربرد مستقل زمین‌پوش مصنوعی در سایه‌انداز، 3- کاربرد مستقل تور سایبان بر فراز درختان و 4- کاربرد هم‌زمان یا توأم زمین‌پوش مصنوعی و تور سایبان انجام شد. کاربرد تور سایبان همراه با زمین‌پوش موجب بهبود ویژگی‌های فتوسنتزی درختان پسته با کاهش میانگین دما تاج‌پوشش و دمای خاک در عمق مؤثر ریشه به ترتیب به میزان 9/4 و 4/2 درجه سانتی‌گراد شد. این تیمار موجب افزایش دوبرابری عملکرد و افزایش 3/5 برابری بهره‌وری مصرف آب (2/33 کیلوگرم بر مترمکعب) در درختان پسته رقم احمد آقایی شد. سودآورترین و بیشترین منفعت خاص (10914960 هزار ریال در هکتار) در باغ‌های پسته مربوط به کاربرد هم‌زمان زمین‌پوش مصنوعی به همراه تور سایبان (با نسبت سود به هزینه 1/67) بود و کاربرد مستقل تور سایبان (با نسبت سود به هزینه 1/54) و کاربرد مستقل زمین‌پوش مصنوعی (با نسبت سود به هزینه 1/42) سودآور و در رده بعد قرار داشتند.

کلمات کلیدی: زمین‌پوش، پوشش تور سایبان، کارایی مصرف آب، پسته

مقدمه

در شرایط تنش خشکی و تشعشع زیاد در فصول گرم به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک تولید پسته، به دلیل افزایش تنفس نوری، تنش اسمزی، عدم تعادل یونی و تنش اکسیداتیو تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد؛ گیاه ممکن است شرایط تنش را تحمل نماید اما میزان عملکرد آن به‌شدت کاهش می‌یابد (Bacelar و همکاران، 2024). در حال حاضر اثر این عوامل بر روی سوختگی تاج‌پوشش و سر خشکیدگی پسته و نیز ریزش میوه پسته و کاهش عملکرد مشاهده می‌گردد. کاربرد زمین‌پوش (مالچ) می‌تواند موجب بهبود الگوی توزیع رطوبت، کاهش تبخیر، تغییرات شدید رطوبتی و تنش اسمزی در منطقه ریشه در دوره‌های مختلف آبیاری شود و تأثیر مثبت در تشکیل گل و کمیت و کیفیت میوه داشته باشد. کاربرد تور سایبان می‌تواند به دلیل پایین آوردن دمای سطح برگ و تنش نوری، موجب کاهش نارسایی و عوارض فیزیولوژیکی و افزایش کارایی مصرف آب[1] در درختان میوه شود (Gutiérrez-Gamboa و همکاران، 2024).

[1] Water use efficiency (WUE)

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت قطعه‌های نواری[1] در سه تکرار و در هر کرت 4 درخت شامل تیمارهای 1- تیمار شاهد عرف منطقه (بدون پوشش)، 2- کاربرد مستقل زمین‌پوش مصنوعی، 3- کاربرد مستقل تور سایبان بر فراز درختان و 4- کاربرد همزمان یا توأم زمین‌پوش مصنوعی و تورسایبان بر فراز درختان پسته، انجام شد. تور سایبان با مش بازداشت نور 30 درصد (70 درصد عبور نور) بر فراز درخت به رنگ سبز به مدت چهار ماه از اواخر خرداد تا اوایل شهریورماه استفاده گردید و زمین‌پوش پلیمر پلی‌اتیلن تیره به ضخامت 0/9 میل پس از خاک‌ورزی در اواخر اسفندماه بر روی خاک و شبکه آبیاری قطره‌ای استفاده شد. مقدار و مدت زمان آبیاری در هر دور با در نظر گرفتن 75 درصد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی[2] (MAD) خاک تعیین شد. مدت زمان آبیاری با استفاده از تانسیومتر و میزان کل مصرف آب آبیاری با نصب کنتور محاسبه گردید. در این مطالعه شاخص‌های کمی و کیفی میوه، ویژگی‌های فتوسنتزی، مؤلفه‌های دمایی درختان وکارایی مصرف آب در زیر و بیرون از پوشش اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها و تجزیه مولفه‌های اصلی[3] (PCA) میانگین داده‌های چهار سال آزمایش انجام شد. محاسبه و ارزیابی اقتصادی پروژه توسط بودجه‌بندی جزیی[4] انجام گرفت.

نتایج و بحث

کاربرد تور سایبان توأم با زمین‌پوش مصنوعی موجب کاهش معنی‌دار درصد ریزش میوه، لهیدگی اندوکارپ، درصد پوکی پسته، افزایش درصد میوه‌های دهان باز، کاهش تعداد میوه در هر انس (28/5 گرم)، افزایش تعداد میوه در خوشه شد (جدول 1). تنش حرارتی و خشکی و افزایش تنفس نوری و کاهش ذخیره هیدروکربن درختان پسته از جمله مهم‌ترین عوامل تحریک ایجاد لایه سواگر، ریزش میوه و پوکی آن می‌باشد (Ferguson و همکاران، 2005؛ Spann و همکاران، 2008). کاربرد تیمار تور سایبان همراه با زمین‌پوش با کاهش میانگین دما تاج‌پوشش و دمای خاک در عمق مؤثر ریشه به ترتیب به میزان 9/4 و 4/2 درجه سانتیگراد (جدول 2)، موجب بهبود ویژگی‌های فتوسنتزی درختان پسته (جدول 3) شد. تیمار کاربرد تور سایبان همراه با زمین‌پوش موجب افزایش دوبرابری عملکرد (شکل 1) و افزایش 3/5 برابری بهره‌وری مصرف آب (جدول 2) در درختان پسته رقم احمد آقایی شد. این تیمار موجب بیشترین افزایش میزان محتوی نسبی آب و کارایی مصرف آب فتوسنتزی برگ (جدول 2) شد. این نتایج موید نتایج Sedaghati و همکاران (2016) که نشان دادند کاربرد زمین‌پوش پلاستیک موجب افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب را در پسته به میزان 36 تا 100 درصد می‌گردد.

جدول 1- مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر ویژگی‌های زایشی درختان پسته رقم احمد آقایی

تیمارهای آزمایش	درصد ریزش میوه	درصد پوکی پسته	درصد لهیدگی اندوکارپ	درصد میوه‌های دهان باز	تعداد میوه در خوشه	تعداد میوه در هر انس	عملکرد (کیلوگرم به ازاء هر درخت)
بدون پوشش (شاهد)	81/38 a	27/13 a	7/53 a	40/60 c	16/03 d	25/98 a	10/83 d
کاربرد زمین پوش مصنوعی	68/78 b	21/93 b	6/05 b	52/08 b	21/38 c	25/40 a	15/55 c
کاربرد تور سایبان	60/43 bc	14/95 c	4/83 c	63/18 a	30/88 b	24/83 b	19/65 b
زمین پوش مصنوعی + تور سایبان	54/40 c	12/08 c	3/55 d	65/25 a	35/40 a	24/05 c	21/70 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح 5 درصد ($P \leq 0.05$) می باشند.

[1] Restricted Randomized Strip Block
[2] Maximum Allowable Depletion
[3] Principal component analysis (PCA)
[4] Partial budgeting

جدول 2 - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر بهره‌وری مصرف آب، رشد و مولفه‌های دمایی باغ پسته رقم احمدآقایی

تیمارهای آزمایش	میانگین میزان آب مصرفی ($m^3\ tree^{-1}$)	بهره‌وری مصرف آب ($kg\ m^{-3}$)	میانگین دما تاج‌پوشش در تیرماه (°C)	میزان رشد قطر تنه درخت در طول مدت آزمایش (cm)	میانگین دمای خاک در عمق مؤثر ریشه (°C)
بدون پوشش (شاهد)	16/234 a	0/667 d	35/95 a	2/35 d	22/58 a
کاربرد زمین پوش مصنوعی	13/512 b	1/151 c	33/63 a	3/42 c	20/22 b
کاربرد تور سایبان	11/202 c	1/754 b	29/46 b	4/06 b	19/06 bc
زمین پوش مصنوعی + تور سایبان	9/315 d	2/330 a	26/52 c	5/26 a	18/37 c

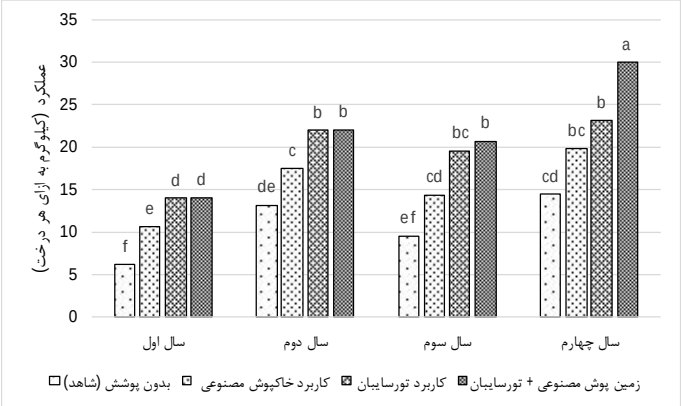
جدول 3 – مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر ویژگی‌های فتوسنتزی برگ درختان پسته رقم احمد آقایی

تیمارهای آزمایش	سطح ویژه برگ ($m^2\ kg^{-1}$)	محتوای نسبی آب برگ	میزان کلروفیل برگ ($mg\ g^{-1}\ FW$)	میزان تعرق برگ ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)	میزان فتوسنتز برگ ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)	کارایی مصرف آب فتوسنتزی برگ ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)
بدون پوشش (شاهد)	13/68 b	56/36 b	1/25 c	3/85 a	9/18 b	0/024 d
کاربرد زمین پوش مصنوعی	16/68 b	68/25 b	1/50 c	3/64 a	10/83 b	0/038 c
کاربرد تور سایبان	20/50 a	72/61 a	1/90 b	3/39 b	13/25 a	0/049 b
زمین پوش مصنوعی + تور سایبان	23/98 a	73/12 a	2/28 a	3/27 b	12/55 a	0/061 a

کاربرد تور سایبان می‌تواند موجب انتشار نور شدید آفتاب و کاهش تشعشع مستقیم خورشید و دمای سطح تاج‌پوشش و کاهش معنی‌دار آفتاب‌سوختگی درختان شود (Ranjan و همکاران، 2024). در آزمایش ما سودآورترین و بیشترین منفعت خاص (10914960 هزار ریال در هکتار) در باغ‌های پسته با نسبت منفعت به هزینه (1/67) مربوط به کاربرد هم‌زمان زمین‌پوش مصنوعی به همراه تور سایبان بود (جدول 4).

جدول 4- سود آورترین تیمار بر اساس روش بودجه‌بندی جزئی در باغ پسته رقم احمد آقایی

تیمار	هزینه‌ها / منافع			منفعت خالص (هزار ریال در هر هکتار)	نسبت منفعت به هزینه
کاربرد زمین پوش مصنوعی	منافع	R_2+C_0	19561600	5789260	1/420
	هزینه‌ها	C_2+R_0	13772340		
کاربرد تور سایبان	منافع	R_3+C_0	24678400	8613060	1/536
	هزینه‌ها	C_3+R_0	16065340		
زمین پوش مصنوعی + تور سایبان	منافع	R_3+C_0	27236800	10914960	1/669
	هزینه‌ها	C_3+R_0	16321840		



شکل 1- بر همکنش بین سال و تیمارهای آزمایشی بر میزان عملکرد درختان پسته رقم احمد آقایی (سال‌های 1402-1399).

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (جدول 5) نشان داد که مولفه اول بیشترین مقدار واریانس را با 73/1% از واریانس کل را توضیح داده و این مولفه ارتباط قوی با شاخص‌های عملکردی و فیزیولوژیکی دارد. کاهش ریزش میوه، پوکی پسته، تعرق برگ و افزایش تعداد میوه در خوشه و تعداد میوه‌های دهان باز با کاربرد همزمان زمین‌پوش مصنوعی به همراه تور سایبان و کاربرد مستقل تور سایبان می‌تواند منجر به بهبود عملکرد پسته رقم احمد آقایی شود.

جدول 5- مقادیر همبستگی بین شاخص‌ها در سه مولفه اصلی آزمون تجزیه به مولفه‌های اصلی پسته رقم احمدآقایی

ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده	PC1	PC2	PC3
درصد ریزش میوه	**-0/192**	0/028	0/013
درصد پوکی پسته	**-0/188**	0/079	-0/014
درصد لهیدگی اندوکارپ	**-0/19**	0/035	-0/071
درصد میوه‌های دهان باز	**0/188**	-0/066	-0/076
تعداد میوه در خوشه	**0/185**	-0/091	0/058
تعداد میوه در هر انس	**-0/187**	0/036	-0/139
عملکرد	**0/19**	-0/05	-0/018
میانگین میزان آب مصرفی	0/017	**0/354**	-0/126
بهره‌وری مصرف آب	-0/057	**-0/344**	-0/059
میانگین دما تاج‌پوشش	**-0/177**	0/03	0/249
میزان رشد قطر تنه درخت	-0/088	**0/303**	0/195
میانگین دمای خاک در عمق مؤثر ریشه	**-0/191**	0/012	0/075
سطح ویژه برگ	**0/187**	-0/058	0/107
محتوای نسبی آب برگ	-0/042	**0/254**	**0/447**
میزان کلروفیل برگ	**0/185**	-0/066	0/139
میزان تعرق برگ	-0/189	0/07	-0/017
میزان فتوسنتز برگ	**0/173**	-0/119	-0/188
کارایی مصرف آب فتوسنتزی برگ	**0/19**	-0/031	0/07
مقادیر ویژه (Eigenvalues)	27/063	7/63	2/307
Explained variance (%) واریانس	0/731	0/206	0/062
Accumulated variance (%) واریانس تجمعی	0/731	0/938	1
Selection criterion (SC) معیار معنی‌داری	0/096	0/181	0/329

مقادیر پررنگ در جدول بر اساس معیار انتخاب selection criterion (SC=0.5/√(PC eigenvalues انجام شده است Collins and Ovalles (1988).

نتیجه‌گیری

کنترل دمای تاج‌پوشش و محتوای نسبی آب برگ با کاربرد هم‌زمان زمین‌پوش مصنوعی به همراه تور سایبان و کاربرد مستقل تور سایبان برای بهبود فتوسنتز و کاهش مشکلات مرتبط با دما مؤثر است. افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز برگ برای بهبود عملکرد و کیفیت محصول اهمیت دارد. در مطالعه ما بالاترین عملکرد کمی و بهره‌وری مصرف آب به ترتیب مربوط به تیمار کاربرد هم‌زمان زمین-پوش مصنوعی و تور سایبان (2/33 کیلوگرم بر مترمکعب) و پس از آن تیمار کاربرد مستقل تور سایبان (1/75 کیلوگرم بر مترمکعب) بود که برای مناطق کشت پسته در جنوب و مناطق شرقی کشور قابل‌توصیه می‌باشد.

منابع

Bacelar, E., Pinto, T., Anjos, R., Morais, M.C., Oliveira, I., Vilela, A. and Cosme, F. 2024. Impacts of Climate Change and Mitigation Strategies for Some Abiotic and Biotic Constraints Influencing Fruit Growth and Quality. Plants, 13(14), p.1942.

Ferguson, L., Beede, RH., Freeman, MW., Haviland, DR., Holtz, BA. and Kallsen, CE. 2005. Pistachio Production Manual, 4th ed. Fruit and Nut Research and Information Center, University of California, Davis, CA.

Gutiérrez-Gamboa, G., Villalobos-Soublett, E., Garrido-Salinas, M. and Verdugo-Vásquez, N. 2024. Monofilament Shading Nets Improved Water Use Efficiency on High-Temperature Days in Grapevines Subjected to Hyperarid Conditions. Horticulturae, 10(2), p.176.

Ranjan, R., Amogi, B.R., Chandel, A.K., Khot, L.R., Sallato, B.V. and Peters, R.T. 2024. Efficacy evaluation of apple sunburn mitigation techniques in WA 38 cultivar using crop physiology sensing system. Computers and Electronics in Agriculture, 216, p.108501.

Sedaghati, N., Alizadeh, A., Ansari, H. and Hosseinifard, S. J. 2016. Study of Changes in Soil Moisture and Salinity Under Plastic Mulch and Drip Irrigation in Pistachio Trees. Journal of Nuts, 7(1):21-33.

Spann, T.M., Beede, R.H. and DeJong, T.M., 2008. Seasonal carbohydrate storage and mobilization in bearing and non-bearing pistachio (Pistacia vera) trees. Tree Physiol. 28, 207–213.

اثر تنش کم‌آبی و کود بر برخی از ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژی گلرنگ (Carthamus tinctorius L.)

رضا سلیمانی[1]، عاطفه رشیدی فرد[2]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، soleimanir@hotmail.com

[2] محقق بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام

چکیده

باتوجه‌به شرایط اقلیمی خشک شهرستان مهران و لزوم کشت گیاهان زراعی با نیاز آب کمتر، گیاه گلرنگ برای این پژوهش انتخاب شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. عامل اصلی شامل دو سطح تنش کم‌آبی (I1 و I2)، آبیاری به ترتیب پس از 70 و 140 میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و عامل فرعی اول در دو سطح پتاسیم (عدم مصرف و مصرف 100 کیلوگرم در هکتار= K1 و K2) و عامل فرعی دوم، دو سطح کود زیستی (عدم مصرف و مصرف قارچ میکوریزا= F1 و F2) بود. ویژگی‌های کارایی مصرف آب، نشت یونی، مقدار نسبی آب برگ، کلروفیل a و b و درصد روغن تعیین شد. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد به طوری‌که عملکرد دانه گلرنگ با آبیاری پس از 140 میلی‌متر نسبت به تیمار آبیاری پس از 70 میلی‌متر، 57/8 درصد کمتر شد. هم‌چنین اثر تنش کم‌آبی بر ویژگی‌های کارایی مصرف آب، مقدار نسبی آب برگ، کلروفیل a، و نشت یونی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. تنش کم آبی مقدار نسبی آب برگ و درصد روغن را کاهش و بر نشت یونی اثر افزایشی داشت. از طرف دیگر اثر کاربرد پتاسیم بر کارایی مصرف آب و اثر اصلی کود زیستی بر مقدار نسبی آب برگ، کلروفیل a و b و درصد روغن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. برهمکنش کم آبی و کاربرد پتاسیم هم بر ویژگی کارایی مصرف آب تأثیر معنی‌داری داشت. کم آبی (آبیاری پس از 140 میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) کلروفیل a و b را در گلرنگ به ترتیب 21/2 و 20/3 درصد نسبت به شاهد کاهش داد. کاربرد پتاسیم و کود زیستی (قارچ میکوریزا) بر کارایی مصرف آب و مقدار نسبی آب برگ اثر معنی‌داری داشتند. در شرایط تنش کم‌آبی، بیشترین مقدار کلروفیل b (29/3 میکروگرم بر میلی‌لیتر) با کاربرد پتاسیم و کود زیستی به‌دست آمد. در حالت کلی، کاربرد پتاسیم و قارچ میکوریزا سبب کاهش خسارت تنش کم‌آبی در کلزا گردید.

کلمات کلیدی: زراعت، کم‌آبی، گلرنگ، میکوریزا، پتاسیم

مقدمه

استفاده از پتاسیم و میکوریزا و راهکارهای به‌زراعی دیگر به‌منظور بهره‌برداری بهینه از خاک و آب و استفاده از گیاهانی از جمله گلرنگ در تناوب که تحمل بیشتری به تنش کم‌آبی داشته و تولید پایداری نیز در اراضی کم‌بازده دارند باید موردتوجه قرار گیرد. کاربرد عناصر غذایی و بهبود ویژگی‌های شیمیایی و زیستی بهبود شرایط خاک از جمله راهکارهای بهبود شرایط محیط رشد ریشه گیاه گلرنگ برای نفوذ و گسترش بیشتر محسوب می‌گردد. همچنین پتاسیم می‌تواند کمک مناسبی به مدیریت آب در گیاه برای کاهش اثر تنش کم‌آبی نماید. تولید محصول اگر تنها با استفاده از کود شیمیایی انجام گیرد سبب بروز مشکلات محیط زیستی و همچنین تخریب ساختمان خاک گردد. تأمین عناصر غذایی و بهبود گسترش ریشه گیاه سبب رشد مناسب اندام‌های هوایی شده و عملکرد مناسبی در پی خواهد داشت. گلرنگ با نام علمی Carthamus tinctorius L. بوده این گیاه یک‌ساله، دارای ریشه عمودی است. گلرنگ یکی از گیاهان با

دانه روغنی محسوب شده که در شرایط تنش آبی عملکرد آن کاهشی می‌شود. اغلب ارقام گلرنگ دارای شاخه‌های فرعی فراوان و برخی دیگر دارای شاخه فرعی کمتر هستند. تولیدکنندگان اصلی گلرنگ در جهان، چین آمریکا، هند، و استرالیا هستند. به همین دلیل تعیین واکنش آن نسبت به مدیریت‌های مختلف آب آبیاری بسیار حائز اهمیت است. در پژوهش دانایی و همکاران (1401) مشخص شد که تعداد غوزه در بوته و عملکرد دانه در کاشت بهاره به طور معنی‌داری بیشتر از کاشت تابستانه بود. در کاشت بهاره، وجود تنش در زمان گلدهی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد نسبت به شرایط آبیاری کامل شد. بیشترین عملکرد دانه به مقدار 3287 کیلوگرم در هکتار در کاشت بهارهٔ رقم فرامان و با آبیاری کامل به دست آمد. شهیدی و همکاران (1402) نیز بیشترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد روغن گلرنگ را در آبیاری کامل و کاربرد 40 گرم در هکتار سلنیوم و به ترتیب به میزان 3987، 9514 و 609 کیلوگرم در هکتار به دست آوردند. کاربرد سلنیوم در تیمارهای قطع آبیاری سبب کاهش معنی‌دار اثر خشکی بر اجزای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد روغن شد. رقم محلی اصفهان دارای بالاترین تعداد طبق بارور در بوته، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد روغن بود؛ بنابراین می‌توان با کاربرد 40 گرم در هکتار سلنیوم و کاشت رقم محلی اصفهان، ضمن کاهش اثرات خشکی، در شرایط بدون تنش هم‌افزایش عملکرد دانه و روغن را به دست آورد. قبادی و همکاران (1401) در پژوهش خود دریافتند که قطع آبیاری در مرحله آغاز دانه‌بندی و 50 درصد گل‌دهی به ترتیب منجر به کاهش 16/2 و 68/1 درصدی عملکرد دانه نسبت به آبیاری معمول گردید. با کاهش 50 درصدی نیتروژن نسبت به تأمین کامل آن، عملکرد دانه 8/5 درصد و زیست‌توده 12 درصد کاهش یافت. برهمکنش سه‌گانه آبیاری، کود و رقم در صفات قطر ساقه و طبق معنی‌دار شد. رقم گلمهر بیشترین و رقم گلدشت کم‌ترین قطر ساقه را در سطوح مختلف آبیاری و کود نشان دادند. بر همکنش سطوح آبیاری و نیتروژن نشان داد که با کاهش سطوح آبیاری، جذب نیتروژن نیز کاهش‌یافته و باعث کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود بااین‌وجود تأمین 100درصد نیاز نیتروژن در شرایط تنش خشکی مانع افت شدیدتر تعداد دانه در طبق می‌شود. سید شریفی و همکاران (1402) نشان دادند که کاربرد توأم ورمی کمپوست و محلول‌پاشی50 میلی‌گرم در لیتر نانوسیلیکون تحت شرایط آبیاری کامل، شاخص کلروفیل (45/2%)، تعداد طبق در بوته (40%)، دانه در طبق (40%)، وزن هزار دانه (45%)، طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه (به ترتیب 40/9 و 31/9 درصد) را نسبت به شرایط عدم کاربرد ورمی کمپوست، نانوسیلیکون و قطع آبیاری در مرحله تکمه دهی افزایش داد. نورقلی‌پور و همکاران (1401) در پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیدند که در اصفهان بیشترین مقدار عملکرد از رقم گلدشت و سطح 50 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت. در دزفول نیز بیشترین مقدار عملکرد، از همین مقدار کود به دست آمد. در کرمان بیشترین مقدار عملکرد دانه از رقم گلدشت و سطح 150 کیلوگرم در هکتار کود حاوی فسفر به دست آمد که با دیگر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری داشت. با کاربرد کود سوپر فسفات تریپل در مناطق داراب، دزفول و اصفهان به ترتیب 20%، 78% و 28% افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایلام اجرا شد. عامل اصلی شامل دو سطح تنش کم‌آبی (I1 و I2)، آبیاری به ترتیب پس از 70 و 140 میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و عامل فرعی اول در دو سطح پتاسیم (عدم مصرف و مصرف 100 کیلوگرم در هکتار= K1 و K2) و عامل فرعی دوم، دو سطح کود زیستی (عدم مصرف و مصرف قارچ میکوریزا= F1 و F2) بود. ویژگی‌های کارایی مصرف آب، نشت یونی، مقدار نسبی آب برگ، کلروفیل a و b و درصد روغن تعیین شد.

نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که کم‌آبی آبیاری پس از 140 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A)) درصد روغن را در گلرنگ، 21/3 درصد نسبت به شاهد کاهش داد. باتوجه‌به جدول (1)، بین تیمارهای شاهد و تنش کم آبی

تفاوت‌های معنی‌داری در محتوای نسبی آب برگ وجود داشت و کاهش 7/16 درصدی این ویژگی نسبت به شاهد مشاهده شد. محتوای نسبی آب برگ یکی از شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل گیاه به تنش کم‌آبی بوده و افت این ویژگی در شرایط تنش کم‌آبی نشان دهنده کاهش پایداری تورژسانس سلولی است. این موضوع سبب محدودیت آب در دسترس برای رشد سلولی و در آخر باعث کاهش رشد و نمو گیاه می‌شود. بالا بودن مقدار این صفت در شرایط تنش کم‌آبی با پایداری غشای سلولی و افزایش تحمل به خسارت‌های ناشی از کمبود آب در ارتباط است.

همچنین در شرایط تنش کم‌آبی، کاهش کلروفیل a و کلروفیل b نشانه‌ای از کاهش فعالیت کلروفیل و اکسیداسیون نوری بوده که می‌تواند در اثر کاهش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی عملکرد گلرنگ کاهش می‌یابد. همچنین کاربرد پتاسیم بر پاسخ گیاهان در شرایط تنش کم‌آبی اثرگذار است. نتایج مشابهی در مورد گیاهان مختلف و در شرایط ویژگی‌های مختلف خاک گزارش شده است. بیشترین مقدار کلروفیل a (46/3 میکروگرم بر میلی‌لیتر) در شرایط آبیاری کامل به‌دست آمد. بین تیمار شاهد و تیمار کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار پتاسیم تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بر اساس نتایج جدول (1) بیشترین درصد نشت یونی در شرایط تنش کم‌آبی و عدم کاربرد پتاسیم و میکوریزا به دست آمد. کاربرد پتاسیم و میکوریزا سبب کاهش نشت یونی به ترتیب در مقادیر 11/4 و 15/6 درصدی شد. بیشترین و کمترین درصد نشت یونی به ترتیب در شاهد و کاربرد پتاسیم و میکوریزا به‌دست آمد. این تغییرات به دلیل افزایش ترکیب‌های اکسیژن فعال از جمله رادیکال‌های آزاد و پراکسید هیدروژن در شرایط تنش کم‌آبی است. تنش کم‌آبی سبب اختلال در رابطه بین پروتئین‌ها و چربی‌های آزاد در غشای سلولی می‌گردد. کاربرد قارچ میکوریزا سبب توسعهٔ ریشه و افزایش توانایی جذب عناصر غذایی توسط ریشه و افزایش پایداری غشای سلولی می‌شود. همچنین تأثیر پتاسیم بر ویژگی‌های فیزیولوژی گیاه به عواملی مانند رقم بستگی دارد.

جدول 1- نتایج مقایسهٔ میانگین

ویژگی	واحد اندازه‌گیری	تیمار آبیاری	
		I1	I2
کارایی مصرف آب	کیلوگرم بر مترمکعب	۰/۹۵b	۱/۱۶a
درصد روغن	درصد	۳۶/۵b	۴۰/۱a
مقدار نسبی آب برگ	درصد	۰/۶۶b	۰/۷۲a
نشت یونی	درصد	۳۲/۵a	۱۹/۷b
کلروفیل a	میکروگرم بر میلی‌لیتر	۰/۲۹b	۰/۴۸a
کلروفیل b	میکروگرم بر میلی‌لیتر	۰/۳۲b	۰/۴۵a

عامل اصلی شامل دو سطح تنش کم‌آبی (I1 و I2)، آبیاری به ترتیب پس از 70 و 140 میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و عامل فرعی اول در دو سطح پتاسیم (عدم مصرف و مصرف 100 کیلوگرم در هکتار= K1 و K2)

جدول 2- نتایج مقایسهٔ میانگین برهمکنش کم‌آبی و پتاسیم بر کلروفیل a

تیمار	کلروفیل a	کلروفیل b
I1K1	۳۳/۴	۳۴/۸
I1K2	۳۷/۲	۳۶/۳
I2K1	۴۹/۱	۴۷/۱
I2K2	۵۳/۵	۵۲/۶

نتیجه‌گیری

در کشور ایران باتوجه‌به تنش کم‌آبی برای افزایش کارایی کاربرد آب باید به دنبال راهکارهای مختلفی بود. استفاده بهینه از آب و کود می‌تواند در این راه کمک‌کننده باشد. کشت گیاهان دارای تحمل نسبی مناسب نسبت به تنش کم‌آبی مستلزم ایجاد شرایط به-زراعی مناسب از جمله کاربرد عناصر غذایی مهم در روابط آبی گیاه مانند پتاسیم و همچنین کودهای زیستی به‌ویژه قارچ‌های میکوریزا می‌باشد. باتوجه‌به ویژگی‌های استثنایی گیاه گلرنگ که دارای کاربردهای متعددی نیز مانند کاربرد در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی می‌باشد می‌توان این گیاه را در الگوی کشت برخی از مناطق کشور قرار داد. کاربرد پتاسیم و قارچ میکوریزا نتایج مثبتی بر ویژگی‌های فیزیولوژی گیاه گلرنگ به‌ویژه در شرایط تنش کم‌آبی داشت و پیشنهاد می‌گردد کاربرد این کودها در نظر گرفته شود.

منابع

دانایی، ش.، پاساری، ب. و رخزادی، ا. 1401. بررسی اثرات قطع آبیاری بر واکنش دو رقم گلرنگ در شرایط کشت بهاره و تابستانه. پژوهش‌های علوم کشاورزی پایدار، 2(4)، 74-90.

سید شریفی، ر. و سیدشریفی، خ. 1402. تأثیر قطع آبیاری در مراحل رشد زایشی و کاربرد ورمی کمپوست و سیلیکون بر عملکرد کمی و کیفی و دوره پر شدن دانه گلرنگ. دانش کشاورزی و تولید پایدار، 33(1)، 141-156.

شهیدی، ح.، ساجدی، ن. و دهقان‌زاده، ح. 1402. تأثیر کاربرد سلنیوم بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و درصد روغن دو رقم گلرنگ تحت شرایط کم آبیاری. دانش کشاورزی وتولید پایدار، 33(2)، 105-116.

قبادی، ف.، مجنون حسینی، ن.، اویسی، م. و اکبری، غ. 1401. اثر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برخی ارقام گلرنگ در استان البرز. به زراعی کشاورزی (مجله کشاورزی پردیس ابوریحان)، 24(3)، 761-775.

نورقلی پور، ف.، رضاخانی، ل.، میرزاشاهی، ک.، نقوی، ه.، رجایی، م. و یحیی آبادی، م. 1401. بررسی واکنش ارقام گلرنگ به سطوح مختلف فسفر در مناطق گرم. پژوهش‌های خاک، 36(3)، 243-257.

اثر زمین‌پوش مصنوعی و تور سایبان بر مؤلفه‌های دمایی و کارایی مصرف آب درختان انار

محمد سعید تدین[1]، سید مجید موسوی[2]، ناصر دواتگر[3]، علی‌اکبر عزیزی زهان[4]، سهراب صادقی[5]

[1] دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان فارس؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ شیراز، m.tadayon@areeo.ac.ir

[2] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج

[3] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج

[4] محقق مرکز توسعه تکنولوژی زرشک و عناب قائن؛ موسسه آموزش و ترویج کشاورزی؛ قائن

[5] عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان فارس؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ شیراز

چکیده

تغییرات اقلیمی و به‌تبع آن تنش‌های شدید محیطی از جمله تشعشع شدید، تنش خشکی و تنش دمایی و غیره در طی گرمایش زمین به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا در حال گسترش است. این مطالعه به‌منظور بررسی اثر کاربرد و عدم کاربرد زمین‌پوش مصنوعی و تور سایبان بر عملکرد کمی و کیفی و تغییرات مؤلفه‌های دمایی و کارایی مصرف آب درختان انار رقم رباب در منطقه نی‌ریز (قطرویه) انجام شد. آزمایش به‌صورت قطعه‌های نواری در سه تکرار و در هر کرت 4 درخت شامل تیمارهای 1- تیمار شاهد عرف منطقه (بدون پوشش)، 2- کاربرد مستقل زمین‌پوش مصنوعی در سایه‌انداز، 3- کاربرد مستقل تور سایبان بر فراز درختان و 4- کاربرد هم‌زمان یا توأم زمین‌پوش مصنوعی و تور سایبان انجام شد. کاربرد تور سایبان توأم با زمین‌پوش مصنوعی موجب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی میوه انار از جمله افزایش 44 درصدی وزن تر میوه، افزایش 18/5 درصدی آب‌میوه، افزایش 1/7 برابری میانگین عملکرد و افزایش 2/2 برابری بهره‌وری مصرف آب و کاهش معنی‌دار درصد ترک‌خوردگی، آفتاب‌سوختگی و دانه سفیدی میوه شد. سودآورترین و بیشترین منفعت خاص (2551990 هزار ریال در هکتار) مربوط به کاربرد هم‌زمان زمین‌پوش مصنوعی به همراه تور سایبان (با نسبت سود به هزینه 1/25) بود.

کلمات کلیدی: زمین‌پوش، پوشش تور سایبان، کارایی مصرف آب، انار

مقدمه

تنش دمایی و شدت بالای تشعشع موجب تأخیر در رشد سلولی، کاهش فعالیت فتوسنتزی و در نهایت اثر منفی بر عملکرد و بهره‌وری گیاه می‌شوند (Wei و همکاران، 2021). روش دفاعی گیاهان در مواجه با تنش‌های غیرزیستی عمل نموده، اما این مسئله موجب تلفات فتوسنتزی و کاهش عملکرد می‌گردد. مهم‌ترین دلیل تشدید خسارت تنش‌های محیطی افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن، اکسیداسیون نوری لیپیدها و رنگ‌دانه‌های کلروپلاست است (Vafaei و همکاران، 2023). کاهش رطوبت نسبی هوا می‌تواند بر شدت تنش خشکی تأثیرگذار باشد و باعث افزایش تبخیر آب از سطح برگ‌ها و میوه‌ها شده که موجب افزایش ریزش، خشکی و ترک‌خوردگی پوست میوه و نفوذ بیماری‌های قارچی می‌شود (Rajanna و همکاران، 2023). کاربرد زمین‌پوش (مالچ) می‌تواند موجب بهبود الگوی توزیع رطوبت، کاهش تبخیر، تغییرات شدید رطوبتی و تنش اسمزی در منطقه ریشه شده و تأثیر مثبت در تشکیل گل و کمیت و کیفیت میوه داشته باشد (Hussain و همکاران، 2023). کاربرد تور سایبان می‌تواند به دلیل پایین آوردن دمای سطح برگ و

تنش نوری، موجب کاهش نارسایی و عوارض فیزیولوژیکی و افزایش کارایی مصرف آب[1] در درختان میوه شود (Gutiérrez-Gamboa و همکاران، 2024؛ Yaqoobi و همکاران، 2024).

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت قطعه‌های نواری[2] در سه تکرار و در هر کرت 4 درخت شامل تیمارهای 1- تیمار شاهد عرف منطقه (بدون پوشش)، 2- کاربرد مستقل زمین‌پوش مصنوعی، 3- کاربرد مستقل تور سایبان بر فراز درختان و 4- کاربرد همزمان یا توأم زمین‌پوش مصنوعی و تورسایبان بر فراز درختان انار رقم رباب در شهرستان نیریز (قطرویه)، انجام شد. تور سایبان با مش بازداشت نور 30 درصد (70 درصد عبور نور) بر فراز درخت به رنگ سبز به مدت چهار ماه از اواخر خرداد تا اوایل شهریورماه استفاده گردید و زمین‌پوش پلیمر پلی‌اتیلن تیره به ضخامت 0/9 میل پس از خاک‌ورزی در اواخر اسفندماه بر روی خاک و شبکه آبیاری قطره‌ای استفاده شد. مقدار و مدت زمان آبیاری در هر دور با در نظر گرفتن 75 درصد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی[3] (MAD) خاک تعیین شد. مدت زمان آبیاری با استفاده از تانسیومتر و میزان کل مصرف آب آبیاری با نصب کنتور محاسبه گردید. در این مطالعه شاخص‌های کمی و کیفی میوه، ویژگی‌های فتوسنتزی، مؤلفه‌های دمایی درختان وکارایی مصرف آب در زیر و بیرون از پوشش اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها و تجزیه مولفه‌های اصلی[4] (PCA) میانگین داده‌های چهار سال آزمایش انجام شد. محاسبه و ارزیابی اقتصادی پروژه توسط بودجه‌بندی جزیی[5] انجام گرفت.

نتایج و بحث

کاربرد تور سایبان توأم با زمین‌پوش مصنوعی موجب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی میوه انار از جمله افزایش 44 درصدی وزن تر میوه، افزایش 18/5 درصدی آب‌میوه، افزایش 1/7 برابری میانگین عملکرد (شکل 1) و افزایش 2/2 برابری بهره‌وری مصرف آب شد (جدول 1). کاربرد تور سایبان توأم با زمین‌پوش مصنوعی موجب بیشترین میزان محتوی نسبی آب و کارایی مصرف آب فتوسنتزی برگ (جدول 2) و کاهش معنی‌دار درصد ترک‌خوردگی، درصد آفتاب‌سوختگی و عارضه دانه سفیدی میوه درختان انار رقم رباب شد (جدول 3). افزایش رطوبت نسبی موجب افزایش رشد و نمو میوه انار و کاهش دمای سطح میوه و آسیب آفتاب‌سوختگی و ترک‌خوردگی آن می‌شود (Singh و همکاران، 2020). کاربرد تور سایبان می‌تواند موجب انتشار نور شدید آفتاب شده و کاهش تشعشع مستقیم خورشید و دمای سطح تاج‌پوشش شود (Ranjan و همکاران، 2024).

جدول 1 - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر ویژگی‌های زایشی درختان انار رقم رباب

تیمارهای آزمایش	درصد میوه بندی	وزن تر میوه (g)	درصد آب‌میوه	کل مواد جامد قابل‌حل (°Brix)	میزان عملکرد درخت (kg tree^{-1})	میانگین میزان آب مصرفی درخت	بهره‌وری مصرف آب (kg m^{-3})
بدون پوشش (شاهد)	2/54 c	203/23 c	42/15 c	18/94 a	72/63 d	25/036 a	2/863 c
کاربرد زمین پوش مصنوعی	3/21b	249/45 b	46/11 b	18/56 a	88/78 b	22/241 b	3/988 b
کاربرد تور سایبان	3/53 a	258/93 b	48/83 a	16/82 b	94/96 b	20/953 b	4/529 b
زمین پوش مصنوعی + تور سایبان	3/82 a	292/72 a	49/97 a	16/19 b	124/73 a	19/718 c	6/324 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح 5 درصد ($P \leq 0.05$) می باشند.

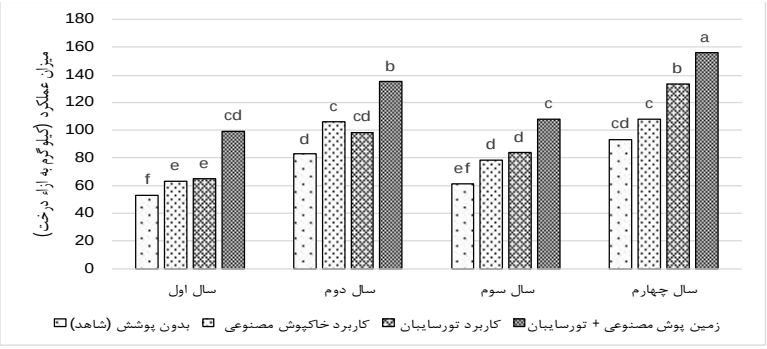
جدول 2 - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر ویژگی‌های فتوسنتزی برگ درختان انار رقم رباب

[1] Water use efficiency (WUE)
[2] Restricted Randomized Strip Block
[3] Maximum Allowable Depletion
[4] Principal component analysis (PCA)
[5] Partial budgeting

تیمارهای آزمایش	سطح ویژه برگ ($m^2 kg^{-1}$)	محتوای نسبی آب برگ	میزان کلروفیل برگ ($mg\ g^{-1}\ FW$)	میزان تعرق برگ ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)	میزان فتوسنتز برگ ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)	کارایی مصرف آب فتوسنتزی برگ ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)
بدون پوشش (شاهد)	4/12 c	69/39 d	2/89 c	4/31 a	15/33 c	0/021 c
کاربرد زمین پوش مصنوعی	4/84 b	72/84 c	3/14 b	4/48 a	18/61 b	0/028 b
کاربرد تور سایبان	5/36 a	76/06 b	3/86 a	3/83 b	21/16 a	0/038 a
زمین پوش مصنوعی + تور سایبان	5/51 a	79/51 a	3/92 a	3/52 b	22/64 a	0/042 a

جدول 3 - مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر نارسایی‌های میوه و مولفه‌ها دمایی درختان انار رقم رباب

تیمارهای آزمایش	درصد آفتاب‌سوختگی میوه	درصد ترک‌خوردگی میوه	شاخص دانه سفیدی انار Browning index (BI) (%)	میانگین دما تاج‌پوشش در تیرماه (°C)	میانگین دمای خاک در عمق مؤثر ریشه (°C)	میانگین زمان رسیدن میوه (روز)
بدون پوشش (شاهد)	10/37 a	13/45 a	9/71 a	38/53 a	26/84 a	231/48 b
کاربرد زمین پوش مصنوعی	8/34 a	11/51 a	6/97 b	36/25 a	23/14 b	237/91 b
کاربرد تور سایبان	2/46 c	1/34 b	3/73 c	31/47 b	18/65 c	251/62 a
زمین پوش مصنوعی + تور سایبان	2/43 c	1/15 b	2/91 c	29/51 b	18/42 c	253/18 a



شکل 1- بر همکنش بین سال و تیمارهای آزمایشی بر میزان عملکرد درختان انار رقم رباب (سال‌های 1402-1399).

در آزمایش ما سودآورترین و بیشترین منفعت خاص (2551990 هزار ریال در هکتار) مربوط به کاربرد هم‌زمان زمین‌پوش مصنوعی به همراه تور سایبان (با نسبت سود به هزینه 1/25) بود (جدول 4).

جدول 4- سود آورترین تیمار بر اساس روش بودجه‌بندی جزئی در باغ انار رقم رباب

تیمار	هزینه‌ها / منافع		منفعت خالص (هزار ریال در هر هکتار)	نسبت منفعت به هزینه
کاربرد زمین پوش مصنوعی	منافع	R_2+C_0	9175522	1564085	1/205
	هزینه‌ها	C_2+R_0	7611437		
کاربرد تور سایبان	منافع	R_3+C_0	9792904	-66333	0/993
	هزینه‌ها	C_3+R_0	9859237		
زمین پوش مصنوعی + تور سایبان	منافع	R_3+C_0	12766927	2551990	1/249
	هزینه‌ها	C_3+R_0	10214937		

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) نشان داد که سطح ویژه برگ و میزان فتوسنتز با PC1 همبستگی بالایی دارند و مدیریت صحیح برگ‌ها و بهینه‌سازی شرایط فتوسنتز با کاربرد هم‌زمان زمین‌پوش مصنوعی به همراه تور سایبان می‌تواند به افزایش عملکرد درختان کمک کند (جدول 5). همچنین باتوجه‌به همبستگی منفی دمای تاج‌پوشش در تیرماه با PC2، مدیریت دمای تاج‌پوشش در ماه‌های گرم تابستان و جلوگیری از تنش گرمایی می‌تواند تأثیر مثبتی بر عملکرد درختان داشته باشد.

جدول 5- مقادیر همبستگی بین شاخص‌ها در سه مولفه اصلی آزمون تجزیه به مولفه‌های اصلی انار رقم رباب

ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده	PC1	PC2	PC3
میزان عملکرد درخت	**0/152**	-0/035	-0/284
میانگین میزان آب مصرفی	**0/146**	0/12	0/262
بهره‌وری مصرف آب	**-0/139**	-0/189	0/193
سطح ویژه برگ	**0/163**	-0/023	0/095
محتوای نسبی آب برگ	**-0/033**	**0/363**	-0/293
میزان کلروفیل برگ	**0/159**	0/093	0/066
میزان تعرق برگ	**-0/14**	-0/184	0/2
میزان فتوسنتز برگ	**0/164**	-0/014	0/017
کارایی مصرف آب فتوسنتزی برگ	**0/163**	0/037	0/001
میانگین دما تاج‌پوشش در تیرماه(ºC)	0/015	**-0/369**	-0/297
میانگین دمای خاک در عمق مؤثر ریشه(ºC)	**-0/162**	-0/026	-0/126
مقادیر ویژه (Eigenvalues)	37/106	6/184	1/71
Explained variance (%) واریانس	0/825	0/137	0/038
Accumulated variance (%) واریانس تجمعی	0/825	0/962	1
Selection criterion (SC) معیار معنی‌داری	0/0821	0/201	0/382

مقادیر پررنگ در جدول بر اساس معیار انتخاب selection criterion (SC=0.5/√(PC eigenvalues)) انجام شده است Collins and Ovalles (1988).

نتیجه‌گیری

بالاترین بهره‌وری مصرف آب به ترتیب مربوط به تیمار کاربرد هم‌زمان زمین‌پوش مصنوعی و تور سایبان (6/32 کیلوگرم بر مترمکعب)، تیمار کاربرد مستقل تور سایبان (4/53 کیلوگرم بر مترمکعب) و تیمار کاربرد مستقل زمین‌پوش مصنوعی (3/99 کیلوگرم بر مترمکعب) بود که برای مناطق کشت انار در مناطق مشابه قابل‌توصیه می‌باشد.

منابع

Gutiérrez-Gamboa, G., Villalobos-Soublett, E., Garrido-Salinas, M. and Verdugo-Vásquez, N. 2024. Monofilament Shading Nets Improved Water Use Efficiency on High-Temperature Days in Grapevines Subjected to Hyperarid Conditions. Horticulturae, 10(2), p.176.

Hussain, S.B., Karagiannis, E., Manzoor, M. and Ziogas, V. 2023. From Stress to Success: Harnessing Technological Advancements to Overcome Climate Change Impacts in Citriculture. Critical Reviews in Plant Sciences, 42(6), pp.345-363.

Rajanna, G.A., Suman, A. and Venkatesh, P. 2023. Mitigating Drought Stress Effects in Arid and Semi-Arid Agro-Ecosystems through Bioirrigation Strategies—A Review. Sustainability, 15(4), p.3542.

Ranjan, R., Amogi, B.R., Chandel, A.K., Khot, L.R., Sallato, B.V. and Peters, R.T. 2024. Efficacy evaluation of apple sunburn mitigation techniques in WA 38 cultivar using crop physiology sensing system. Computers and Electronics in Agriculture, 216, p.108501.

Singh, A., Shukla, A.K. and Meghwal, P.R. 2020. Fruit cracking in pomegranate: extent, cause, and management–A Review. International Journal of Fruit Science, 20(sup3), pp. S1234-S1253.

Vafaei, A.H., Kia, M.R.G., Gougerdchi, V., Dehghanian, Z., Lajayer, B.A., Aftab, T. and Astatkie, T. 2023. Insight on abiotic stress management in plants by improving plant nutritional status. Sustainable Plant Nutrition, pp.381-402.

Wei, W., Zhang, H., Zhou, J., Zhou, L., Xie, B. and Li, C. 2021. Drought monitoring in arid and semi-arid region based on multi-satellite datasets in northwest, China. Environmental Science and Pollution Research, 28, pp.51556-51574.

Yaqoobi, S.A., Davarynejad, G., Ahmadzadeh, H., Azizi, M. and Taghizadeh, S.F. 2024. Simultaneous Effects of Shade Nets and Different Water Supplies for Mapping Multiple Physicochemical Traits of 'Jonagold'Apple: Insights from a High-Density Orchard in Iran. Applied Fruit Science, pp.1-15.

اثر مالچ‌ها و مواد جاذب رطوبت در کارایی مصرف آب در نهال‌کاری با قره‌داغ Nitraria schoberi در مناطق بیابانی

فرزانه بهادری [1]، محمد کیا کیانیان گل افشانی [2]

[1] استادیار بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سمنان، farbahadori@gmail.com

[2] استادیار دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان

چکیده

گیاه قره‌داغ (Nitraria schobori L.) درختچه‌ای مقاوم به تنش خشکی است. در این پژوهش اثر کاربرد مالچ‌ها و مواد جاذب رطوبت در قالب طرح آماری بلوک کامل تصادفی با پنج تیمار شامل: 1) کاه و کلش جو، 2) شن، 3) پانل جاذب رطوبت پلانت بک، 4) هیدروژل زیستی و 5) تیمار شاهد (بدون مالچ)، با سه تکرار و 10 مشاهده در هر تکرار، در سال‌های 1393 تا 1396 در محل ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی شهرستان سمنان موردبررسی قرار گرفت. کاربرد پانل جاذب رطوبت پلانت بک به ترتیب منجر به 82 و 81 درصد افزایش معنی‌دار در عملکرد اندام هوایی خشک و کارایی مصرف آب شد. کاربرد شن (2 تا 5 میلی‌متر) سبب 54 درصد ارتقا عملکرد اندام خشک هوایی و 53 درصد افزایش کارایی مصرف آب نسبت به تیمار شاهد گردید. هیدروژل زیستی و کاه و کش نیز سبب افزایش 32 درصدی در عملکرد خشک اندام هوایی و 31 درصد ارتقا در کارایی مصرف آب شدند. گرچه مالچ‌های طبیعی و مواد بیولوژیک معرفی شده در این پژوهش سبب افزایش عملکرد و کارایی آب در گیاه قره‌داغ شدند؛ اما اثربخش‌ترین تیمارها پلنت بک و شن بودند.

کلمات کلیدی: قره داغ، مالچ، بیابان‌زدایی، کارایی مصرف آب، علوفه

مقدمه

بر اساس ویژگی‌های جغرافیایی، ایران در شرایط خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده است (Honarjoo et al., 2010). یکی از راه‌های جلوگیری از گسترش شن در نواحی بیابانی از طریق روش‌های تثبیت بیولوژیکی مانند کاربرد گونه‌های گیاهی سازگار است (Honarjoo et al., 2010). گیاه قره داغ با نام علمی Nitraria schoberi از تیره Zygophyllaceae یکی از بهترین گیاهان تثبیت‌کننده شن‌های روان می‌باشد (باغستانی میبدی، 1375) که در مقایسه با بسیاری از گیاهان شورپسند و شن دوست از برتری خاص برخوردار است. این گیاه درختچه‌ای مقاوم به خشکی است و در ایران، سوریه و افغانستان انتشار دارد. در ایران از بلوچستان تا خراسان و در شوره‌زارهای بیابانی کویرمیقان اراک، سواحل دریاچه نمک و کویر غول آباد شمال کاشان گسترش‌یافته است. در سواحل دریاچه نمک در خط هم باران 100 متر مشاهده شده و ارتفاع رویشگاهی آن از 800 متر در دریاچه نمک تا 1700 متر در کویرمیقان متغیر است. بررسی چگونگی توسعه کشت این گیاه علوفه‌ای و دارویی در مناطق بیابانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بهبود کارایی مصرف آب و استفاده بهینه از منابع آب به‌عنوان یکی از محورهای اصلی کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح می‌باشد. کمبود شدید بارندگی، توزیع نامناسب زمانی و مکانی آن، تبخیر و تعرق بسیار بالا، قابلیت بسیار اندک ظرفیت نگهداری آب در برخی خاک‌ها، از مهم‌ترین چالش‌های موجود برای استقرار نهال در عرصه‌های بیابانی است، به‌طوری‌که بیش از 70 درصد اعتبارات پروژه‌های بیولوژیک و تثبیت ماسه‌های روان صرف تأمین آب و آبیاری در مناطق بیابانی کشور می‌شود (Jafarian & Lahouti, 2006). اختلاط برخی مواد افزودنی مانند

بقایای گیاهی، کود دامی، کمپوست و مواد پلیمری سوپر جاذب می‌توانند مقادیر متفاوتی آب را در خود ذخیره نموده و قابلیت نگهداری آب خاک را افزایش دهد. ترکیب این مواد با خاک، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و به تعبیری متغیرهای طراحی و مدیریتی آبیاری را متأثر نموده و امکان افزایش بهره‌وری مصرف آب را فراهم می‌نماید (Montazer, 2008). کاربرد مالچ سبب نگهداشتن رطوبت کافی در خاک شده و آن نیز با افزایش فعالیت میکروبی و افزایش تحرک مواد غذایی موجب استفاده مطلوب‌تر گیاه از آن‌ها برای رشد می‌شود (Dahiya et al., 2007). Zhongkui و همکاران (2006) آزمایشی جهت مطالعه اثرات مالچ پاشی با ماسهٔ درشت و شن در اندازه‌های مختلف بر روی کاهش تبخیر تعرق در یک مزرعه هندوانه در شمال غربی چین انجام دادند. نتایج نشان داد که تبخیر به طور خطی با اندازهٔ شن افزایش یافت. بنابراین تیمار مالچ شنی با قطر 5-2 میلی‌متر نسبت به سایر تیمارها در کاهش تبخیر اثر بهتری نشان داد. اسلامی و فرزام‌نیا (1388) در بررسی اثر انواع مالچ بر افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و عملکرد درختان پسته گزارش کردند که استفاده از مالچ به‌طورکلی باعث افزایش ذخیره رطوبتی در خاک گردید. Monzon و همکاران (2006) بیان کردند پوشش زمین به‌وسیله بقایای گیاه و کاه و کلش، ماده آلی خاک و ذخیره آب را افزایش داده و با استفاده از کاه و کلش تبخیر از خاک کاهش می‌یابد که مقدار آن بستگی به میزان بارش و شرایط اقلیمی دارد. در این پژوهش کارایی چندین مالچ برای افزایش استقرار و بررسی کارایی مصرف آب در گیاه قره داغ و به‌منظور اجرا در طرح‌های بیابان‌زدایی موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

ابتدا بذرهای گونه قره‌داغ در نهالستان ایستگاه حسن‌آباد دامغان در گلدان‌های پلاستیکی کاشته شده و سپس نهال‌های مربوطه به ایستگاه تحقیقات سمنان منتقل گردید. آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار شامل: 1) کاه و کلش، 2) شن، 3) صفحات پلنت بک[1]، 4) مالچ بیولوژیک (پلیمر بیولوژیک) و 5) تیمار شاهد (بدون مالچ) در سه تکرار و در هر تکرار 10 مشاهده اجرا شد. در تیمار با پوشش کاه و کلش از باقیمانده کلش جو به ضخامت پنج سانتی‌متر در سطح خاک اطراف نهال‌ها مورداستفاده قرار گرفت. در تیمار شن، سطح خاک با 3 الی 5 سانتی‌متر شن با قطر متوسط (2-5 میلی‌متر) پوشیده شد و در تیمار صفحات پلنت بک، دولایه 60×20 سانتی‌متر در عمق 60 سانتی‌متری چاله کاشت نهال جاسازی گردید و سپس نهال‌ها کشت شدند. در تیمار مالچ بیولوژیک نیز مقدار توصیه شده در ریزوسفر و همچنین در سایه انداز نهال‌ها به کار رفت. فاصله کشت نهال‌ها 3×3 بوده هر تکرار در یک ردیف 10تایی قرار گرفت. زمان کشت در هفته اول آذرماه بود، پس از کشت یک نوبت آبیاری به میزان مساوی برای استقرار هر نهال انجام شد. زمان آبیاری نهال‌ها در فصل تابستان و طی 4 آبیاری (15 خرداد، 15 تیر، 15 مرداد و 15 شهریور) در سال اول بود (شکل9). در سال دوم در تاریخ 15 تیر و 15 مرداد آبیاری با حجم مساوی برای همه نهال‌ها انجام شد. میزان حجم آب برای آبیاری همهٔ تیمارها، بر اساس رسیدن رطوبت به حدود نقطه پژمردگی (حد تخلیه مجاز) در گیاه شاهد (بدون مالچ) و میزان آب موردنیاز تا رسیدن به ظرفیت زراعی در گیاه شاهد بود (به میزان 15 لیتر برای هر نهال) که این حد با کمک دستگاه TDR کالیبره گردید. در نهایت باتوجه‌به حجم آب مصرفی (ثابت در حالت مقایسه با شاهد) برای همهٔ تیمارها و بیومس حاصله در هر تیمار، کارایی مصرف آب (WUE) تعیین گردید. ویژگی‌های موردبررسی گزارش شده در این مقاله شامل درصد زنده‌مانی (استقرار)، عملکرد خشک بوته‌ها در هکتار و کارایی مصرف آب می‌باشد. کارایی مصرف آب از طریق رابطه (1) محاسبه شد (Paperi Moghaddam & Bahrani, 2005).

$$WUE = DM/W \quad (1)$$

[1] Plantbac Panel

که در این معادله DM: میزان ماده خشک تولیدی، بر حسب کیلوگرم و W: آب تأمین شده (آبیاری) بر حسب مترمکعب می‌باشد.

نتایج و بحث

درصد استقرار

داده‌های تجزیه واریانس نشان داد که اثر مالچ و مواد جاذب رطوبت بر درصد استقرار بوته قره داغ در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها (جدول 1) نشان داد بیشترین درصد استقرار با کاربرد کاه و کلش و شن بود که نسبت به گیاهان شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند.

آزمایش‌های DeVarennes و Queda (2005) و Zangooei Nasab و همکاران (2013) نشان داد، که استقرار گیاه در مقایسه با شاهد تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد که این تاثیر مثبت ناشی از افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک توسط این مواد است، که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

عملکرد خشک اندام هوایی در هکتار

داده‌های تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال، مالچ و مواد جاذب رطوبت و اثر متقابل سال در تیمار بر عملکرد خشک اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل مالچ و مواد جاذب رطوبت در سال (جدول 2) نشان داد که در سال اول تمامی تیمارها نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌دار داشتند از نظر مشاهداتی بیشترین عملکرد در سال اول مربوط به تیمار شن بود که 58 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. سال دوم بیشترین عملکرد خشک اندام هوایی با (204 کیلوگرم بر هکتار) مربوط به پلنت بک بود پس از آن تیمار شن با (173 کیلوگرم بر هکتار) نسبت به تیمار شاهد با (112 کیلوگرم بر هکتار) افزایش معنی‌داری نشان داد. بر اساس آزمایش‌های Boatright و همکاران (1997) و DeVarennes و Queda (2005) نیز مشخص شد، افزودن مالچ به خاک به علت افزایش قدرت نگهداری آب سبب بهبود رشد و وزن خشک برگ گیاهان شده است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. در پژوهش حاضر افزایش سطح برگ و عملکرد در گیاهان تیمار شده با مالچ‌های گوناگون در مقایسه با گیاه شاهد نشان‌دهندهٔ بهبود فرایندهای فتوسنتزی در گیاهان تیمار شده بود. طبق نتایج Sivapalan (2006) و Yangyuoru و همکاران (2006)، بررسی تأثیرات مواد اصلاحی و مالچ بر گیاه نشان‌دهنده اثرات مثبت آنها بر رشد گیاه بوده است.

کارایی مصرف آب

داده‌های تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال، مالچ و مواد جاذب رطوبت و اثر متقابل سال در تیمار بر کارایی مصرف آب قره داغ در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل مالچ و مواد جاذب رطوبت در سال (جدول 2) نشان داد که در سال اول بیشترین کارایی مصرف آب در تیمار شن دیده شد که نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌دار داشت. سال دوم کارایی مصرف آب باتوجه‌به افزایش عملکرد بوته نسبت به سال اول افزایش چشمگیری نشان داد. همه تیمارهای به‌کاررفته نسبت به گیاهان شاهد افزایش کارایی آب را در پی داشتند. بیشترین افزایش در تیمار پلنت بک با (2/32 کیلوگرم بر مترمکعب بر هکتار) مشاهده شد پس از آن تیمار شن با (1/96 کیلوگرم بر مترمکعب بر هکتار) بود، دو تیمار کاه و کلش و هیدروژل زیستی با (1/68 و 1/71 کیلوگرم بر مترمکعب بر هکتار) نسبت به گیاهان شاهد با (1/28 کیلوگرم بر مترمکعب بر هکتار) افزایش چشمگیری داشتند.

کارایی مصرف آب یکی از خصوصیات مهم فیزیولوژیک است که نشان‌دهنده توانایی گیاه در مقابله با تنش آب می‌باشد (Frank et al., 1987; Daniel & Scott, 1991). هر عاملی که عملکرد گیاه را افزایش دهد، غالباً کارایی مصرف آب را نیز بهبود می‌بخشد. هم چنین عواملی که کاهش تبخیر تعرق طی فصل رشد را به همراه داشته باشند بر افزایش این خصوصیت مؤثر می‌باشند (Stanhill,1986). افزایش ویژگی‌های عملکردی در گیاه قره داغ با کاربرد مالچها و مواد جاذب رطوبت، توانست سبب افزایش کارایی مصرف آب شود. در تحقیقی با عنوان اثر پوشش بقایای گیاهی و ساختمان آن بر روی دما و انتقال آب در سطح خاک‌نشان دادند که افزودن مالچ گیاهی، سبب کاهش میزان تبخیر از سطح خاک و کاهش روان آب و بهبود نفوذ آب در خاک و تعدیل دمای خاک و

حفاظت از باروری خاک شد. به‌طورکلی، مالچ معدنی نسبت به بخار آب غیرقابل‌نفوذ است و بنابراین انتظار می‌رود برای حفظ آب خاک مؤثرتر از مالچ آلی باشد (Li, 2000). برخی مطالعات اثر مالچ شن بر کاهش تبخیر را با مقایسه میزان تبخیر تجمعی خاک‌های مالچ پاشی شده با شن با سطح خاک لخت در آزمایشگاه نشان دادند که رطوبت خاک، با اندازه سنگ، ضخامت لایه‌های مالچ سنگ افزایش می‌یابد (Yujun & Xiao-Yan,. 2011.).

جدول1- مقایسه میانگین‌های اثرمالچ و مواد جاذب رطوبت بر تعدادی از ویژگی‌های نهال‌های بذری گیاه قره داغ Nitraria schobe

تیمار	درصد استقرار (%)	عملکرد علوفه خشک قره داغ ($Kg.ha^{-1}$)	کارایی مصرف آب ($Kgm^{-3}ha^{-1}$)
شاهد	86.67 b	60.09 d	0.69 d
هیدروژل زیستی	85.00 b	80.97 c	0.94 c
کاه و کلش	96.67 a	78.90 c	0.91 c
شن	95.00 a	94.75 b	1.10 b
پلنت بک	86.67 b	108.34 a	1.25 a

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

جدول(2) مقایسه میانگین اثر متقابل مالچ و مواد جاذب رطوبت در سال بر عملکرد خشک علوفه و کارایی مصرف آب در نهال‌های بذری گیاه قره داغ Nitraria schoberi

سال	تیمار	عملکرد ($Kg.ha^{-1}$)	کارایی مصرف آب ($Kgm^{-3}ha^{-1}$)
سال اول	شاهد	7.76 g	0.11 f
	هیدروژل زیستی	11.61 ef	0.16 ef
	کاه و کلش	9.917 ef	0.14 f
	شن	16.68 e	0.23 e
	پلنت بک	12.30 ef	0.17 ef
سال دوم	شاهد	112.42 d	1.28 d
	هیدروژل زیستی	150.34 c	1.71 c
	کاه و کلش	147.88 c	1.68 c
	شن	172.81 b	1.96 b
	پلنت بک	204.38 a	2.32 a

حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

نتیجه‌گیری

گیاه قره داغ (Nitraria schoberi) یکی از گیاهان شورپسند است که شاخ‌وبرگ آن علوفه مناسبی جهت تعلیف شتر و گوسفند در مناطق خشک و بیابانی است. از سوی دیگر این‌گونه به‌عنوان گونه‌ای دارویی و صنعتی نیز شناخته شده است. کمبود شدید بارندگی، توزیع نامناسب زمانی و مکانی آن، تبخیر تعرق بسیار بالا، قابلیت بسیار اندک ظرفیت نگهداری آب در برخی خاک‌ها و بالابودن میزان املاح موجود در خاک و آب از مهم‌ترین چالش‌های موجود برای استقرار نهال در عرصه‌های بیابانی است، هدف از اجرای این پژوهش بررسی اثر مالچ‌ها (شن و کاه و کلش) و مواد جاذب الرطوبه گوناگون (مانند پلنت بک و هیدروژل زیستی) در کشت و استقرار و تولید گونهٔ چندمنظوره قره داغ، و دستیابی به بهترین نتایج کاربردی در مناطق خشک و بیابانی استان با تأکید بر افزایش کارایی مصرف آب بود. نتایج نشان داد که کاربرد مالچ‌ها و مواد جاذب رطوبت گوناگون در مقایسه با تیمار شاهد (خاک بدون پوشش)، سبب افزایش رشد رویشی و در پی آن افزایش چشمگیر عملکرد خشک گیاه در هکتار شدند و کارایی مصرف آب را بهبود بخشیدند. در میان مالچ‌های

بررسی شده، صفحات پلنت بک امیدبخش‌ترین نتایج را نشان داد به‌گونه‌ای که نسبت به گیاهان شاهد در سال دوم، سبب 82 درصد ارتقا عملکرد اندام خشک هوایی و 53 درصد افزایش کارایی مصرف آب شد. دومین مادهٔ برگزیده در پژوهش حاضر کاربرد شن با قطر متوسط (2-5 میلی‌متر) در سطح خاک به ضخامت 5 سانتی‌متر بود این مالچ نتایج امیدبخش خود را از سال اول کاربرد به‌خوبی نشان داد و در سال دوم سبب شد تا 54 درصد افزایش در عملکرد اندام هوایی خشک و ارتقا 53 درصدی کارایی مصرف آب نسبت به گیاهان شاهد حاصل شود. هیدروژل زیستی و کاه و کلش نیز سبب افزایش 32 درصدی در عملکرد خشک اندام هوایی و 31 درصد ارتقا در کارایی مصرف آب نسبت به گیاهان شاهد شدند. گیاهان تیمار شده با مالچ شن از نظر رشد رویشی و عملکرد نهایی بوته نسبت به مالچ کاه و کلش و هیدروژل زیستی افزایش چشمگیری نشان دادند. رشد گیاه قره داغ در بافت شنی به‌مراتب بیشتر بود و علت آن ممکن است وجود ریشه‌های نابجای بیشتر گیاه در شن باشد که می‌تواند آب و مواد غذایی را از بین ذرات شن مکش نموده و رشد کند. هر عاملی که عملکرد گیاه را افزایش دهد، غالباً کارایی مصرف آب را نیز بهبود می‌بخشد. هم چنین عواملی که کاهش تبخیر تعرق طی فصل رشد را به همراه داشته باشند بر افزایش این خصوصیت مؤثر می‌باشند. افزایش ویژگی‌های عملکردی در گیاه قره داغ با کاربرد مالچ پلنت بک، شن، هیدروژل زیستی و کاه و کلش توانست سبب افزایش کارایی مصرف آب شود. کاربرد مالچ‌ها دارای اثرات معنی‌داری بودند زیرا با نگهداشت رطوبت مناسب در خاک و کاهش تبخیر فیزیکی به طور قابل‌ملاحظه‌ای میزان آب در دسترس گیاه را افزایش داده و باعث بهبود صفات مورد اندازه‌گیری شدند.

کاربرد مالچ‌های طبیعی و مواد بیولوژیک معرفی شده در این پژوهش می‌تواند علاوه بر گسترش پوشش گیاهی و کاهش بیابان‌زایی، امکان تولید علوفه و مواد اولیه صنایع دارویی را در اراضی کم‌بازده و شور رها شده در پیشانی اکثر شهرهای مناطق خشک کشور را فراهم آورده، ضمن ایجاد کمربند حفاظتی در اطراف شهرها، درآمدی پایدار را برای بهره‌برداران منطقه ایجاد نماید.

منابع

Boatright, J.L, Balint, D.E., Mackay, W.A. and Zajicek, J.M. 1997. Incorporation of a hydrophilic polymer into annual landscape beds. Journal of Environment Hortriculture, 15, 37–40.

Dahiya, R. and Malik, R.S. 2002. Trash and green mulch effects on soil N and P availability, www. www.tropentag.de/2002/proceedings.

Daniels, M.B. and Scott, H.D. 1991. Water use efficiency of double cropped wheat and soybean. Agron. J. 83:564-570.

DeVarennes, A.D. and Queda, C. 2005. Application of an insoluble polyacrylate polymer to coppercontaminated soil enhances plant growth soil quality. Soil Use Management, 21, 410–414.

Frank, A.B., Barker, R.E. and Berdahl, J.D. 1987. Water use efficiency of grasses grown under controlled and field conditions. Agron. J.79:541-544.

Honarjoo, N., Mojiri, A., Jalalian, A. and Karimzadeh, H.R. 2010. The effects of salinity and alkalinity of soil on growth of Haloxylon sp. In Segzi plain (Iran). International Conference on Chemistry and Chemical Engineering (ICCCE 2010), Kyoto, Japan 1-3 August, 285-288.

Jafarian, V. and Lahouti, A. 2006. Application of water Superabsorbent polymers in projects bleaching-biological desert. J. For. Range. 70: 62-58. (In Persian)

Li, X.Y. 2000. Soil and water conservation in arid and semi-arid areas: the Chinese experience. Ann. Arid Zone 39, 377–393 (in Chinese).

Montazer, A. 2008. Study the effect of Stockosorb super absorbent polymer on the flow advance time and infiltration parameters in furrow irrigation. J. Soil and Water (Agricultural Science and Technology). 22: 22. 341-356. (In Persian)

Monzon, J.P., Sadras, V.O. and Andrade, F.H. 2006. Fallow soil evaporation and water storage as affected by stubble in sub-humid (Argentina) and semi-arid (Australia) environments. Filed Crops Research 98 (2-3): 83-90.

Paperi Moghaddam, A. and Bahrani, M.J. 2005. Effect of nitrogen application on some characteristics of sesame. Iranian Journal of Agriculture Science 36(1): 129-135.(In Persian with English Summary).

Sivapalan, S. 2001. Effect of Polymer on Soil Water Holding Capacity and Plant Water Use Efficiency. In Irrigation 2001 Regional Conference, 11-12, Toowoomba, Queensland, Australia.

Yujun, M., Xiao-Yan, L .2011.Water accumulation in soil by gravel and sand mulches: Influence of textural composition and thickness of mulch layers. Journal of Arid Environments, 75(5):432-437.

Zangooei Nasab, Sh., Emami, H., Astaraei, A.R. and Yari, A.R. 2013. Effects of stockosorb hydrogel and irrigation intervals on some soil physical properties and growth of haloxylon seedling Journal of Soil Management and Sustainable Production, 3, 167-182

Zhongkui, X., Yajun, W., Wenlan, J. and Xinghu, W. 2006. Evaporation and evapotranspiration in a watermelon field mulched with gravel of different sizes in northwest China. Agricultural water management. Vol. 81, No. 1-2, pp. 173-184.

اثر مدیریت آبیاری و سطوح مختلف اسیدآمینه بر عملکرد لوبیا

مجید عاشوری [1]، غلام‌حسین جوانمرد کلده [2]

[1] دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، majidashouri69@gmail.com

[2] استادیارگروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان

چکیده

به‌منظور اثر مدیریت آبیاری و سطوح مختلف اسیدآمینه بر عملکرد لوبیا، آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی در 3 تکرار در سال زراعی 1400 در استان گیلان انجام پذیرفت. تیمار اصلی شامل بدون آبیاری و نیاز آبی 60، 80 و 100 درصد، و تیمار فرعی شامل مقادیر مختلف اسیدآمینه با 0، 1، 1/5 و 2 لیتر در هکتار بود. نتایج تحقیق نشان داد که اثر آبیاری و سطوح مختلف اسیدآمینه بر عملکرد بیولوژیک در سطح 1 درصد معنی‌دار بود؛ ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار 100 درصد نیاز آبی با میانگین 5891 کیلوگرم در هکتار بود. حداکثر عملکرد بیولوژیک در سطوح مختلف اسیدآمینه در تیمارهای 1، 1/5 و 2 لیتر در هکتار به ترتیب 4062، 4218 و 4006 کیلوگرم در هکتار بود. اثر آبیاری در سطح 5 درصد و اثر کود اسیدآمینه در سطح 1 درصد بر عملکرد غلاف معنی‌دار بود؛ ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد. بیشترین عملکرد غلاف با 3110 کیلوگرم در هکتار در تیمار 100 درصد نیاز آبی بود. حداکثر عملکرد غلاف در سطوح مختلف اسیدآمینه در تیمارهای 1، 1/5 و 2 لیتر در هکتار به ترتیب 2280، 2411 و 2437 کیلوگرم در هکتار بود.

کلمات کلیدی: عملکرد بیولوژیک، کود، لوبیا معمولی، نیاز آبی

مقدمه

حبوبات پس از غلات، دومین منبع غذایی بشر محسوب می‌شوند. در بین حبوبات، لوبیا یکی از مهم‌ترین این گروه از گیاهان محسوب می‌شود. حدود 60 درصد تولید لوبیا در کشورهای در حال توسعه تحت شرایط تنش آبی انجام می‌گیرد (Acosta et al., 2002). تنش آبی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که یک خطر جدی در تأمین امنیت غذایی جهان است. با برنامه‌ریزی صحیح آبیاری و تعیین زمان و میزان مناسب مصرف، آب موردنیاز آبی گیاه تأمین شده و ضمن عدم مصرف بی‌رویه آب از بروز اثرات تنش خشکی و کاهش عملکرد محصول جلوگیری می‌شود. مرحله حساس لوبیا به تنش آبی از ابتدای گلدهی تا مرحله تشکیل غلاف می‌باشد. کمبود آب در این دوره خسارت زیادی به لوبیا وارد می‌کند. اسیدهای آمینه که در طبیعت از چهار عنصر، کربن، اکسیژن، نیتروژن و فسفر ساخته می‌شوند هر کدام دارای بیست نوع ساختار اختصاصی می‌باشند. گیاهان قادرند از اسیدهای آمینه به‌عنوان منبع نیتروژن استفاده کنند. نقش اسیدهای آمینه در تامین نیتروژن گیاه در مزارعی که فعالیت‌های میکروبی آن کم است، قابل توجه می‌باشد. همچنین این ترکیبات می‌توانند به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد فعالیت‌های سوخت و ساز گیاه را تحت تأثیر قرار داده و مقدار محصولات حاصل از این فعالیت‌ها را تغییر دهند. اسید آمینه روی جذب نیتروژن از خاک اثر گذاشته و بر فعالیت آنزیم‌های موثر در آسیمیلاسیون نیتروژن در گیاه نقش دارد و منجر به کاهش تجمع نیترات در گیاه می‌شوند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی در 3 تکرار در سال زراعی 1400 در استان گیلان انجام پذیرفت. تیمار اصلی شامل بدون آبیاری و تأمین 60، 80 و 100 درصد نیاز آبی، و تیمار فرعی شامل مقادیر مختلف اسیدآمینه با 0،

1، 1/5 و 2 لیتر در هکتار بود. هر واحد آزمایشی دارای ابعاد 4x2/5 متر و دارای 7 ردیف کشت بود. میزان بارندگی در طول فصل رشد 90/8 میلی‌متر بود (جدول 1). خصوصیات مربوط به هر لایهٔ خاک در منطقهٔ موردمطالعه در جدول (2) ارائه شده است. واریتهٔ کشت‌شدهٔ لوبیا در این تحقیق از نوع لوبیای محلی دهسری انتخاب گردید. برای تعیین تیمارهای آبیاری از تخلیه رطوبتی خاک استفاده شد و نیاز آبی گیاه به‌عنوان تیمار 100 درصد آبیاری در نظر گرفته شد و سایر تیمارهای آبیاری به‌عنوان درصدی از این مقدار منظور گردید. برای دستیابی به تیمار 100 درصد آبیاری، رطوبت خاک در عمق ریشه گیاه به نحوی محاسبه گردید که رطوبت خاک تا عمق ریشه به حد ظرفیت مزرعه برسد (معادله 1).

$$d_n = (\theta_{Fc} - \theta_i).\rho_b.D_r \quad (1)$$

θ_{Fc}: درصد وزنی رطوبت در ظرفیت زراعی، θ_i: درصد وزنی رطوبت موجود در خاک، ρ_b: جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، D_r: عمق مؤثر ریشه (سانتی‌متر)، میزان آب مصرفی در گیاه از مجموع آب آبیاری و مقدار بارندگی تأمین شد. اندازه-گیری مقدار آب تحویلی به هر واحد آزمایشی توسط کنتور انجام گرفت. تجزیهٔ واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها (آزمون دانکن در سطح 5 درصد) با نرم‌افزار MSTATC انجام شد. رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

جدول 1- میانگین داده‌های هواشناسی در ماه‌های موردمطالعه

ماه	حداکثر دما (سانتی‌گراد)	حداقل دما (سانتی‌گراد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	حداکثر رطوبت (درصد)	حداقل رطوبت (درصد)
اردیبهشت	22/6	3/18	1/1	79	62
خرداد	29/6	26/3	1/6	87	67
تیر	31/2	24/6	1/3	84	58

جدول 2- خصوصیات مربوط به خاک در مزرعه آزمایشی

جنس خاک	اعماق خاک (سانتی‌متر)	هدایت الکتریکی (ds/m)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل‌جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل‌جذب (mg/kg)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن
لوم	20-0	0/631	0/71	0/91	3/80	239	20	31	49
لوم	40 – 20	0/656	0/73	0/87	2/47	191	18	32	50

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک، غلاف و دانه

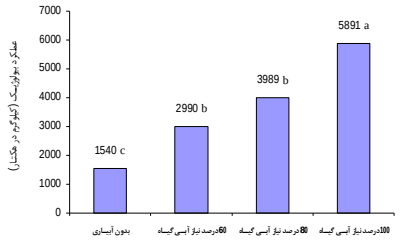
اثر آبیاری و سطوح مختلف اسیدآمینه در سطح 1 درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول 3). بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک با 5891 کیلوگرم در هکتار در تیمار 100 درصد نیاز آبی بود (شکل 1). بیشینه مقدار عملکرد بیولوژیک در سطوح مختلف اسیدآمینه در تیمارهای 1، 1/5 و 2 لیتر در هکتار به ترتیب 4062، 4218 و 4006 کیلوگرم در هکتار بود (شکل 2). اثر آبیاری در سطح 5 درصد و سطوح مختلف اسیدآمینه در سطح 1 درصد بر عملکرد غلاف معنی‌دار شد ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول 3). بیشترین مقدار عملکرد غلاف با 3110 کیلوگرم در هکتار در تیمار 100 درصد نیاز آبی بود (شکل 3). بیشینه مقدار عملکرد غلاف در سطوح مختلف اسیدآمینه در تیمارهای 1، 1/5 و 2 لیتر در هکتار به ترتیب 2280، 2411 و 2437 کیلوگرم در هکتار بود (شکل 4). اثر آبیاری در سطح 5 درصد و سطوح مختلف اسیدآمینه در سطح 1 درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول 3). مقدار عملکرد دانه در تیمار 60، 80 و 100 درصد نیاز آبی یکسان بود (شکل 5). بیشینه مقدار

عملکرد دانه در سطوح مختلف اسیدآمینه در تیمارهای 1/5 و 2 لیتر در هکتار به ترتیب 935 و 738 کیلوگرم در هکتار بود (شکل 6). نقش موثر اسید آمینه آزاد در ساخت زنجیره پروتئینی و زمان مصرف مناسب آن نیز می‌تواند تأثیر چشم‌گیری در افزایش مقدار عملکرد داشته باشد و باعث بهبود انتقال مواد غذایی در سیستم آوندی از طریق نفوذپذیری غشای سلولی شود (Anjum et al., 2014). رشد بخش هوایی و عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد (شریفی،1381). کمبود آب طی دوره پر شدن دانه می‌تواند سبب کاهش وزن دانه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه شود. گزارش شده است که تنش خشکی می تواند از طریق تأثیر بر مواد فتوسنتزی سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه شود (Mendham et al., 1990).

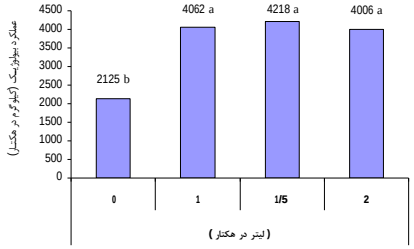
جدول 3- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده لوبیا در شرایط آبیاری و اسید آمینه

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد غلاف	عملکرد دانه
تکرار	2	1928438/01^{ns}	797651/27^{ns}	108340/89^{ns}
آبیاری	3	40067286/41**	10206686/19*	741297/69*
خطا	6	2489922/49	2302757/85	388153/73
اسیدآمینه	3	11736054/67**	5735619/41**	74586/41**
اثر متقابل	9	3214282/76^{ns}	1449261/01^{ns}	144044/37^{ns}
خطا	24	2603164/76	1521638/21	151000/38
ضریب تغییرات (درصد)		4/78	6/70	7/54

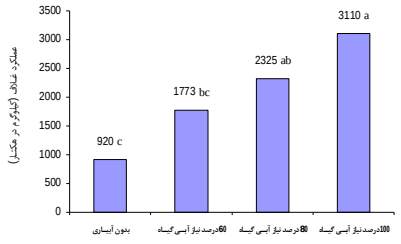
ns، *،** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد



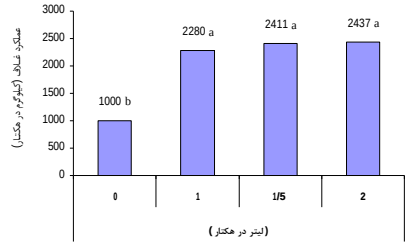
شکل 1- اثر آبیاری بر عملکرد بیولوژیک



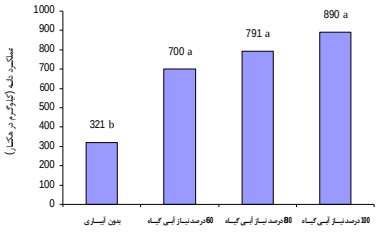
شکل 2- اثر مقادیر اسیدآمینه بر عملکرد بیولوژیک

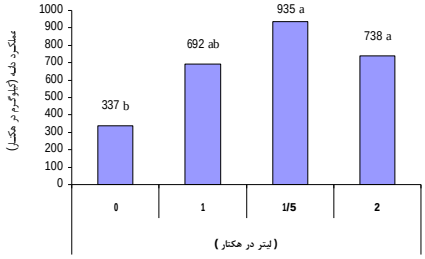


شکل 3- اثر آبیاری بر عملکرد غلاف



شکل 4- اثر مقادیر اسیدآمینه بر عملکرد غلاف





شکل 5- اثر آبیاری بر عملکرد دانه در لوبیا

شکل 6- اثر مقادیر اسیدآمینه بر عملکرد دانه

نتیجه‌گیری

نتیجهٔ تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک با 5891 کیلوگرم در هکتار در تیمار 100 درصد نیاز آبی بود. بیشینه عملکرد بیولوژیک در سطوح اسیدآمینه در تیمارهای 1، 1/5 و 2 لیتر در هکتار به ترتیب 4062، 4218 و 4006 کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین عملکرد غلاف با 3110 کیلوگرم در هکتار در تیمار 100 درصد نیاز آبی بود. بیشینه عملکرد غلاف در سطوح مختلف اسیدآمینه در تیمارهای 1، 1/5 و 2 لیتر در هکتار به ترتیب 2280، 2411 و 2437 کیلوگرم در هکتار بود. مقدار عملکرد دانه در تیمار 60، 80 و 100 درصد نیاز آبی یکسان بود. بیشینه عملکرد دانه در سطوح مختلف اسیدآمینه در تیمارهای 1/5 و 2 لیتر در هکتار به ترتیب 935 و 738 کیلوگرم در هکتار بود.

منابع

شریفی، ح.ر.1381. الگوی رشد و ضراب تخصصی ماده خشک در ارقام گندم دیم. پایان نامه دکتری زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. 125 ص.

Acosta, D.K., Shibata, J., Acosta, G. and Alberto, J. 2002. Yield and its components in bean under drought conditions. Agricultural Technical-en Mexico. 23 (2), 139-150.

Anjum, N.A., Gill, S.S. and Gill., R. 2014. Plant Adaptation to Environmental Change: Significance of Amino Acids and their Derivatives. Published by CABI, Oxfordshire, UK.

Mendham, N.J., Russell, J. and Jarosz, N.K. 1990. Responses to sowing time of three contrasting Australian cultivars of oilseeds rape (Brassica napus L.) J. Agric. Sci. Camb., 114: 275-283.

استفاده از شاخص مقیاس به‌منظور تعیین نفوذ آب به خاک در زراعت گندم

محمدرضا امداد [1]، آرش تافته [2]

[1] دانشیار بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، emdadmr591@yahoo.com

[2] دانشیار بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

یکی از مشخصه‌های فیزیکی خاک که مدیریت آبیاری را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد مسئله نفوذ و تغییرات آن می‌باشد که در طراحی و ارزیابی روش‌های آبیاری مهم می‌باشد. تعیین نفوذ آب به خاک با روش‌های مناسب، آسان و دقیق نقش اساسی در مدیریت بهینه آب و افزایش عملکرد گیاهان داشته و سهم شایانی در بهبود و ارتقا کارایی مصرف آب دارد. دراین‌ارتباط روند تغییرات نفوذ آب به خاک در آبیاری جویچه‌ای در کشت گندم با روش استفاده از شاخص مقیاس و اطلاعات پیشروی تعیین و مقادیر آن با نتایج اندازه‌گیری شده مقایسه گردید. نتایج نشان داد که روند تغییرات نفوذ تجمعی در استفاده از شاخص مقیاس همخوانی و همبستگی معنی‌داری (با ضریب همبستگی پیرسون 0/96) با مقادیر اندازه‌گیری داشته و روند مشابهی دارد. میانگین قدرمطلق خطا در مقایسه با روش شاخص مقیاس کم (0/00215) و حاکی از مناسب‌بودن این روش در تعیین نفوذ آب به خاک در کشت گندم با استفاده از مدل بیلان حجمی در آبیاری جویچه‌ای می‌باشد.

کلمات کلیدی: شاخص مقیاس، نفوذ، مدیریت آبیاری

مقدمه

عوامل گوناگونی در پایین‌بودن کارایی مصرف آب دخالت دارند که از جمله مهم‌ترین آنها تغییرات نفوذ و تلفات رواناب در آبیاری سطحی می‌باشد. تغییرات نفوذ ایجاد شده در خاک باعث می‌شود تا آب کافی به منطقه ریشه گیاه نرسیده و موجب کاهش عملکرد می‌شود که نهایتاً این امر کارایی مصرف آب را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. نفوذ از عوامل مهم در طراحی روش‌های آبیاری است که برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری نیز بر آن اساس طراحی می‌شود (راین، 1999). در بسیاری از نقاط جهان بیش از 90 درصد اراضی آبی با روش‌های مختلف آبیاری سطحی آبیاری می‌شوند. مشکل عمده این روش‌ها پایین‌بودن راندمان آبیاری است که از ضعف مدیریت آبیاری منتج می‌شود (کاتری و اسمیت، 2006). راین و مک کلیمونت (1997) و جلیز و اسمیت (2007) گزارش کردند که در صورت اعمال صحیح مدیریت آبیاری و درنظرگرفتن ویژگی‌های خاک، راندمان‌های بالا در آبیاری سطحی دور از انتظار نخواهند بود.

راین (1999) عنوان کرد که توانایی روش آبیاری به‌منظور کاربرد و توزیع یکنواخت آب عامل مهمی در حفظ و ذخیره منابع آب قلمداد می‌شود و از نظر اقتصادی حائز اهمیت می‌باشد. طراحی و مدیریت مناسب آبیاری می‌تواند تضمین‌کننده این موضوع باشد. لنگت و همکاران (2008) و کاتری و اسمیت (2006) گزارش نمودند که تغییرات زمانی و مکانی نفوذ از عوامل تأثیرگذار بر غیریکنواختی آب در مزرعه می‌باشد. نفوذپذیری در طول یک فصل تغییر کرده و استفاده از متوسط تغییرات زمانی نفوذ (به‌منظور بهینه‌سازی مدیریت‌های آبیاری) می‌تواند سبب افزایش یکنواختی کاربرد آب به‌اندازه 25 تا 30 درصد گردد. کاتری و اسمیت (2006) بر روی تعیین خصوصیات نفوذپذیری خاک در مدیریت مزرعه‌ای آبیاری جویچه‌ای به روش زمان واقعی و شاخص مقیاس گزارش نمودند که با این عامل می‌توان با حداقل داده موردنیاز از مزرعه با روش زمان واقعی خصوصیات نفوذ خاک را برآورد کرد. نتایج به‌دست‌آمده از این روش برای اصلاح متغیرهای مدیریتی (مانند قطع زمان جریان برای همان آبیاری) استفاده می‌شود.

الیوت و واکر (1982) به‌منظور ارزیابی ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف- لوئیز روش دو نقطه‌ای (بر اساس بیلان حجمی) را پیشنهاد کردند. روش آنها پس از تعیین و اندازه‌گیری نفوذ پایه (با روش ورودی- خروجی) و با استفاده از اندازه‌گیری‌های سرعت پیشروی برای دونقطه (نقاط میانی و انتهایی جویچه) و با استفاده از روابط لوئیز میلن و معادله نفوذ کوستیاکوف- لوئیز می‌باشد. اگر چه از ضعف‌های روش آبیاری سطحی پایین‌بودن راندمان و افزایش تلفات آب می‌باشد؛ اما با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب و تعیین و اندازه‌گیری‌های عوامل تأثیرگذار در کارایی روش آبیاری سطحی می‌توان ضمن کاهش تلفات آب، راندمان بالاتری را نیز از این روش آبیاری انتظار داشت که شناسایی و شناخت مدیریت صحیح، مستلزم مطالعه و بررسی اثرات متقابل روابط آب‌وخاک می‌باشد. این پژوهش با استفاده از مدل بیلان حجمی، اطلاعات پیشروی آب در جویچه و سایر متغیرهای هیدرولیکی و با استفاده از زمان واقعی حرکت آب در جویچه و شاخص مقیاس، مقادیر نفوذ آب در خاک را به‌منظور اعمال مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب آبیاری و در راستای ارتقا کارایی مصرف آب در زراعت گندم تعیین می‌کند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور اجرای این پژوهش، قطعه زمینی انتخاب و پس از انجام عملیات خاک‌ورزی (شخم، دیسک و تسطیح)، جویچه‌هایی احداث گردیدند. طول جویچه‌ها 80 متر و فواصل آنها از یکدیگر 60 سانتی‌متر بود. تعداد جویچه‌ها 25 عدد و آزمایش در چهار تکرار و برای هر تکرار سه جویچه در نظر گرفته شد که اندازه‌گیری در جویچه وسطی صورت پذیرفت و دو جویچه به‌صورت بافر در نظر گرفته شد. گیاه موردنظر گندم بود که در قطعه موردنظر توسط ردیف‌کار کشت گردید. زمان آبیاری بر مبنای رطوبت خاک قبل از آبیاری تعیین شد. زمان آبیاری بر اساس تخلیه 50 درصد آب قابل‌استفاده تعیین شد. با استفاده از معادلات بیلان حجمی و درنظرگرفتن معادله نفوذ کوستیاکوف- لوئیز نسبت به تعیین نفوذپذیری در نوبت‌های آبیاری اقدام گردید. نفوذ نهایی خاک با روش ورودی-خروجی و دبی خروجی توسط فلوم WSC تیپ دو اندازه‌گیری گردید.

رابطه دبی – ارتفاع فلوم مربوطه به‌صورت رابطه ذیل می‌باشد.

$$Q = 0/00374 \times H^{2/64}$$

که در آن، H، ارتفاع آب در فلوم بر حسب سانتی‌متر و Q، دبی بر حسب لیتر در ثانیه است. در نوبت‌های آبیاری اطلاعات پیشروی در طول جویچه (وسط و انتها) به همراه دبی ورودی و خروجی اندازه‌گیری گردید. با استفاده از شاخص مقیاس و اطلاعات پیشروی در نصف طول جویچه و مدل بیلان حجمی نسبت به تعیین نفوذ اقدام گردید. قبل از کاشت، نمونه خاک برداشت و خواص فیزیکی و شیمیایی آن در آزمایشگاه اندازه‌گیری گردید. جدول 1 برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک را ارائه می‌کند.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

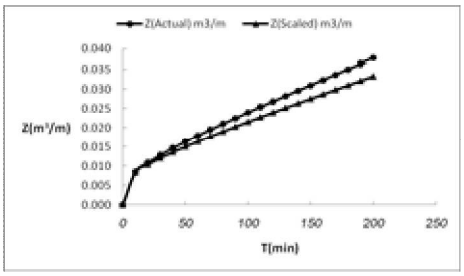
درصد رطوبت وزنی		درصد اشباع	pH	EC (dS/m)	شن	سیلت	رس
PWP	FC					(%)	
8/2	18/2	30	7/5	0/53	43	30	27

کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	سولفات	کلر	SAR
(mg/l)						
20	54/7	24/8	6/5	120/5	44	0/65

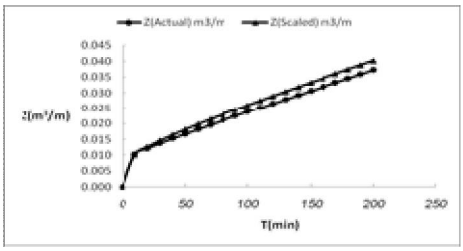
نتایج و بحث

تغییرات نفوذ تجمعی در نوبت‌های آبیاری در چهار جویچه در دو شرایط اندازه‌گیری شده و استفاده از شاخص مقیاس در شکل‌های

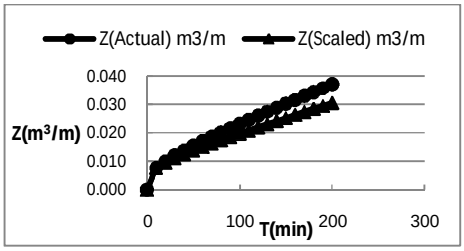
1، 2، 3 و 4 ارائه گردیده است. جدول 2 میانگین قدرمطلق خطا را در دو شرایط اندازه‌گیری و شاخص مقیاس ارائه می‌کند.



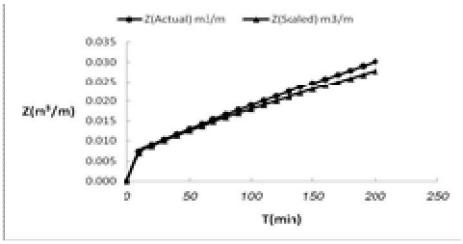
شکل1 - تغییرات نفوذ تجمعی در شرایط استفاده از شاخص مقیاس و مقادیر اندازه‌گیری شده در جویچه 1



شکل2 - تغییرات نفوذ تجمعی در شرایط استفاده از شاخص مقیاس و مقادیر اندازه‌گیری شده در جویچه 2



شکل3 - تغییرات نفوذ تجمعی در شرایط استفاده از شاخص مقیاس و مقادیر اندازه‌گیری شده در جویچه 3



شکل4 - تغییرات نفوذ تجمعی در شرایط استفاده از شاخص مقیاس و مقادیر اندازه‌گیری شده در جویچه 4

جدول2- میانگین قدرمطلق خطا در شرایط استفاده از شاخص مقیاس و مقادیر اندازه‌گیری

	AAE
جویچه 1	0/00231
جویچه 2	0/00193
جویچه 3	0/00329

جویچه 4	0/00109
میانگین	0/00215

جدول 2 نشان می‌دهد که مقادیر نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده با روش شاخص مقیاس با داشتن میانگین قدر مطلق خطای کم (میانگین 0/00215) روش مناسبی در برآورد نفوذ تجمعی بوده است. همچنین آنالیز همبستگی بین مقادیر نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده با مقادیر حاصل شده از روش شاخص مقیاس نشان داد که همبستگی تغییرات این دو معنی‌دار (با ضریب همبستگی پیرسون 0/96) می‌باشد. بنابراین روش استفاده از شاخص مقیاس و مدل بیلان حجمی با داشتن میانگین قدرمطلق خطای کم (0/00215) و ضریب همبستگی پیرسون معنی‌دار (0/96) روش مناسبی بمنظور تعیین نفوذ آب به خاک در آبیاری جویچه‌ای و کشت گندم (شرایط مشابه) می‌باشد.

منابع

Elliott, R. and Walker, W.R. 1982. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. ASAE. 25(2): 396-400.

Gillies M, and Smith R, 2007. Infiltration parameters from surface irrigation advance and run-off data. Irrigation Science 24(1): 25-35.

Khatri, L. and Smith, R. 2006. Real- time prediction of soil infiltration characteristics for the management of furrow irrigation. Irrigation Science 25(1): 33-43.

Langat, R., Smith, R. and Raine, S.R. 2008. Estimating the furrow infiltration characteristics from a single advance point. Irrigation Science 26(5): 367-374.

Raine, R. 1999. Research, development and extension in irrigation. National centre for engineering in agriculture. NCEA Publication, 179743/2: 1-12.

Raine, R. and Mcclymont, J. 1997. The development of guidelines for surface irrigation in areas with variable infiltration. Proceeding of Australian Society of Sugar Cane Technologists: 293-301.

بررسی اثر سطوح آبیاری و برخی از محرک‌های رشد گیاهی بر عملکرد گیاه کلزا در استان اردبیل

محمد پسندیده [1]، ساناز توحیدلو [2]، حسین صفاری [3]

[1] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج، mpassandideh@yahoo.com

[2] محقق موسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج

[3] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج

چکیده

در کشاورزی نوین، مدیریت بهینه آبیاری با استفاده از محرک‌های رشد، از راهکارهای مقابله با اثرات کم‌آبی است. به‌منظور مقایسه اثرات سطوح مختلف آبیاری و محرک‌های رشد بر عملکرد کلزا، آزمایشی در سال زراعی 98-1397در ایستگاه مغان به‌صورت کرت‌های خرد شده (قطعه‌های کامل تصادفی) با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل عامل اصلی رژیم آبیاری در دو سطح؛ آبیاری بعد از 70 الی80 و 130 الی 140 میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A در کرت اصلی بود و کرت فرعی با شش تیمار؛ تیمار اول: شاهد؛ تیمار دوم: محلول‌پاشی آمینواسید؛ تیمار سوم، کاربرد کود آبیاری اسیدهیومیک؛ تیمار چهارم: محلول‌پاشی اسیدفولویک؛ تیمار پنجم: محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و تیمار ششم: مصرف توأم تیمارهای دوم، سوم و پنجم بود. نتایج نشان داد که مصرف اسیدهای آلی، اثرات تنش را کاهش داد. در شرایط آبیاری کامل، به ترتیب تیمارهای مصرف تلفیقی محرک‌های رشد> هیومیک‌اسید> فولویک‌اسید> عصاره جلبک دریایی> آمینواسید با افزایش 22/7، 14/3، 6/4، 6/3 و 3/4 درصدی نسبت به شاهد، بیشترین اثربخشی را داشتند. در شرایط تنش خشکی، بیشترین تأثیر به ترتیب شامل تیمارهای مصرف تلفیقی محرک‌های رشد> آمینواسید> عصاره جلبک دریایی> فولویک‌اسید> هیومیک‌اسید با افزایش 31/9، 21/3، 15/9، 11/9 و 11/1 درصدی نسبت به شاهد بود. در شرایط تنش خشکی تیمار ششم (مصرف تلفیقی اسیدهای آلی) به‌عنوان تیمار برتر جهت توصیه به کلزاکاران منطقه توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: اسیدهای آلی، تنش رطوبتی، رژیم آبیاری و محرک‌های رشد

مقدمه

کم‌آبی از عمده‌ترین تنش‌های محیطی برای تولید موفق محصولات زراعی به‌ویژه کلزا در ایران و جهان است. زیرا آب به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین نیازهای حیاتی گیاه، در هنگام اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر رشد گیاه، در درجه اول اهمیت قرار می‌گیرد. بیشترین نواحی که تحت‌تأثیر تنش‌های رطوبتی قرار می‌گیرند، مناطق نیمه‌خشک از جمله ایران است (جهان و همکاران، 1394). یکی از راهکارهای مؤثر در این زمینه، استفاده از تکنیک‌های جدید تغذیه به کمک ترکیبات هوموسی از جمله هیومیک اسید و فولویک‌اسید در مدیریت مصرف آب است. مولکول‌های هیومیک اسید با پیوند به مولکول‌های آب، تا حد زیادی مانع تبخیر آب می‌گردند. همچنین، مولکول‌های فولویک‌اسید (بخش ریز مولکول‌های هیومیک اسید) به درون بافت‌های گیاهی نفوذ می‌کنند و با پیوند شدن به مولکول‌های آب، تعریق و تعرق گیاه را کاهش داده و به حفظ آب درون گیاه کمک می‌کنند Aiyafar et al (2015). درکل، به نظر می‌رسد شیوه‌های نوین تغذیه گیاهی، سمت‌وسویی جدید را جهت مدیریت آب در مزرعه رهنمون سازد؛ لذا، باتوجه‌به عدم وجود مطالعات کافی در خصوص اثرات طیف وسیعی از محرک‌های رشد بر عملکرد کلزا، در تحقیق حاضر، اثرات برخی از محرک رشد گیاهی بر کاهش تنش خشکی کلزا در منطقه مغان مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر مواد محرک رشد گیاهی بر کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی و مدیریت بهینه آبیاری در زراعت کلزا، آزمایشی در سال زراعی 98-1397 در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مغان انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه قطعه‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با دو کرت اصلی (آبیاری کامل و تنش) و کرت فرعی با ابعاد 5×2/4 متر و در چهار ردیف کاشت با کشت کلزای رقم دلگان (رقم جدید آزادگرده‌افشان معرفی شده برای منطقه مغان) انجام گرفت. تیمارهای مورد آزمایش، شامل عامل اصلی رژیم آبیاری در دو سطح کامل و تنش آبیاری (آبیاری بعداز 70 الی80 میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A و آبیاری بعد از 130 الی 140 میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) در کرت اصلی بوده و کرت فرعی نیز شامل شش تیمار؛ تیمار اول: شاهد (کاربرد کودهای شیمیایی مطابق آزمون خاک)؛ تیمار دوم: محلول‌پاشی آمینواسید با غلظت پنج درهزار در دو مرحله (خروج از رزت و شروع گلدهی)؛ تیمار سوم: کاربرد کودآبیاری اسید هیومیک به میزان پنج کیلوگرم درهکتار در دو مرحله از رشد (آبیاری دوم و خروج از رزت)؛ تیمار چهارم: محلول‌پاشی اسیدفولویک با غلظت پنج درهزار در دو مرحله (خروج از رزت وشروع گلدهی)؛ تیمار پنجم: محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت پنج درهزار در دو مرحله (خروج از رزت وشروع گلدهی) و تیمار ششم: مصرف توأم تیمارهای دوم، سوم و پنجم بودند.

مقادیر 100 کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و 50 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بر اساس آزمون خاک همزمان با آماده سازی و قبل از کاشت مصرف شد. همچنین کود سرک اوره (سرک اول 50 کیلوگرم اوره در هکتار) نیز پس از سبز شدن مصرف و پس از برداشت، عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح آماری یک و پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9/1 انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه: باتوجه‌به جدول یک، اثر تکرار و آبیاری به‌تنهایی در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود. اثر تیمار محرک‌های رشد و اثر متقابل تیمارهای محرک رشد و آبیاری بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

باتوجه‌به جدول دو، کم آبیاری باعث کاهش عملکرد دانه از 3620/9 کیلوگرم بر هکتار به 3502/2 کیلوگرم بر هکتار شد که این کاهش در سطح پنج درصد معنی‌دار نبود. باتوجه‌به اینکه آب یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در رشد گیاه بوده و در اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عملکرد محصولات کشاورزی، وجود آب در درجه اول اهمیت قرار می‌گیرد، نتیجه به دست آمده دور از انتظار نبود. احتمالا دلیل عدم معنی‌داری تنش خشکی بر عملکرد دانه را می‌توان به وقوع بارندگی‌های موثر در طول دوره رشد گیاه نسبت داد. نتیجه اینکه در مرحله زایشی که حساس‌ترین دوره رشد گیاه به تنش خشکی می‌باشد، گیاه از تنش رطوبتی در امان بوده است.

بررسی نتایج مربوط به اثر اصلی تیمارهای محرک رشد بر عملکرد (جدول 3) نشان داد که تیمارهای آمینواسید (3560/33 کیلوگرم در هکتار)، هیومیک‌اسید (3588/33 کیلوگرم در هکتار) و تیمار عصاره جلبک دریایی (3528/00 کیلوگرم در هکتار) در یک گروه آماری قرار گرفت. هم‌چنین، تیمارهای فولویک‌اسید (3467/33 کیلوگرم در هکتار)، اسید آمینه (3560/33 کیلوگرم در هکتار)، با عصاره جلبک دریایی (3528/00 کیلوگرم در هکتار) به لحاظ گروه آماری مشابه بوده و اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد باهم نداشتند. همه این تیمارها و تیمار مصرف تلفیقی اسیدهای آلی (4044/71 کیلوگرم در هکتار) با شاهد (3181/17 کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نشان دادند.

باتوجه‌به شکل یک، در شرایط آبیاری کامل و بدون تنش، به ترتیب تیمارهای مصرف تلفیقی محرک‌های رشد>هیومیک‌اسید> فولویک‌اسید>عصاره جلبک دریایی> آمینواسید با افزایش 22/7، 14/3، 6/4، 6/3 و 3/4 درصدی نسبت به تیمار شاهد، بیشترین اثربخشی را داشته؛ اما در شرایط تنش خشکی، بیشترین تأثیر به ترتیب مربوط به تیمارهای مصرف تلفیقی محرک‌های

رشد>آمینواسید>عصاره جلبک دریایی>فولویک‌اسید>هیومیک اسید به ترتیب با افزایش 31/9، 21/3، 15/9، 11/9 و 11/1 درصدی نسبت به تیمار شاهد بود.

جدول1 - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی خصوصیات گیاه کلزا ایستگاه مغان

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
تکرار	2	27240/03 ns
آبیاری (کرت اصلی)	1	126736 ns
خطا (کرت اصلی)	2	48154/75 ns
محرک رشد (کرت فرعی)	5	465997/84**
آبیاریxمحرک رشد	5	80579**
خطا (کرت فرعی)	20	9942/86
ضریب تغییرات		2/80

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، اثر معنی‌دار در سطح پنج درصد و در سطح یک درصد می‌باشد.

جدول 2- اثر اصلی تیمارهای آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا ایستگاه مغان

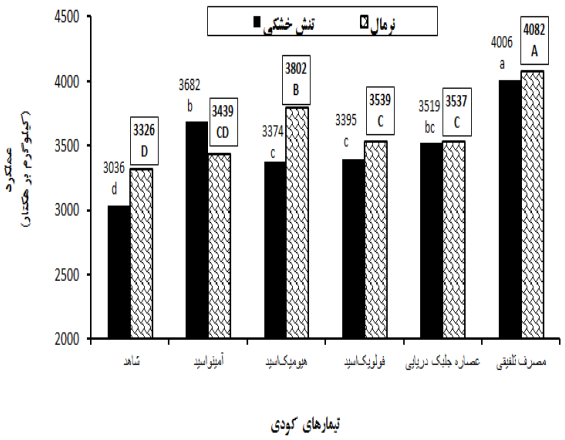
سطوح آبیاری	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
نرمال	3620/9[a]
خشکی	3502/9[a]

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف آماری مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول 3- اثر اصلی تیمارهای محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا ایستگاه مغان

محرک‌های رشد	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
شاهد	3181/17[d]
آمینواسید	3560/33[b c]
هیومیک اسید	3588/33[b]
فولویک‌اسید	3467/33[c]
عصاره جلبک دریایی	3528[b c]
مصرف تلفیقی	4044/17[a]

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف آماری مشترک هستند بر اساس آزمون LSD تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل 1- تأثیر برهمکنش سطوح آبیاری و تیمارهای محرک رشد بر عملکرد کلزا

در هر دو گروه شرایط نرمال (حروف بزرگ) و تنش خشکی (حروف کوچک)، میانگین‌هایی که دارای حروف آماری مشترک هستند، بیانگر آن است که تفاوت آماری، در سطح احتمال پنج درصد، معنی‌دار نیست. (مصرف تلفیقی اسیدهای آلی (تیمار ششم) با 22/7 درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد به‌عنوان تیمار برتر می‌باشد).

منابع

جهان، م.، نصیری محلاتی، م.، رنجبر، ف.، آریایی، م. و کمایستانی، ن. 1394. اثرات کاربرد پلیمر سوپر جاذب رطوبت در خاک و محلول‌پاشی اسید هیومیک روی برخی ویژگی‌های اگروفیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی چغندرقند در شرایط مشهد. مجله اگرواکولوژی. 6 (4). 735-466.

Aiyafar, S., Minab Poudineh, H. and Forouzandeh, M. 2015. Effect of Humic Acid onQualitative andQuantitative Characteristics and Essential Oil of Black Cumin (Nigellasativa L.) under Water Deficit Stress. International Journal of Science, 4(2), 2277-5641.

Anjum, S.A., Wang, L., Farooq, M., Xue, L. and Ali, S. 2011. Fulvic acid application improves the maize performance under well-watered and drought conditions. Journal of Agronomy and Crop Science, 197(6), 409-417.

Jouni, H.J., Liaghat, A., Hassanoghli, A. and Henk, R. 2018. Managing controlled drainage in irrigated farmers' fields: A case study in the Moghan plain, Iran. Agricultural Water Management, 208, 393-405.

بررسی اثرات مقادیر مختلف ورمی کمپوست بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد کمی و کیفی سیب

فردین حامدی [1]، حسین جعفری [2]

[1] استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، کرمانشاه، fardin_hamedi@yahoo.com

[2] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات مقادیر مختلف ورمی کمپوست بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد سیب‌زمینی آزمایشی به مدت دو سال به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی با 12 تیمار و در سه تکرار شامل 1- بدون مصرف کود شیمیایی+ بدون مصرف ورمی کمپوست 2- بدون مصرف کود شیمیایی+ مصرف 1/5 تن در هکتار ورمی کمپوست 3- بدون مصرف کود شیمیایی+ مصرف 3 تن در هکتار ورمی کمپوست 4- بدون مصرف کود شیمیایی+ مصرف 4/5 تن در هکتار ورمی کمپوست 5- مصرف کودهای شیمیایی بر اساس 50 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک و بدون مصرف کود ورمی کمپوست 6- مصرف کودهای شیمیایی بر اساس 50 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + مصرف 1/5 تن در هکتار ورمی کمپوست 7- مصرف کودهای شیمیایی بر اساس 50 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + مصرف 3 تن در هکتار ورمی کمپوست 8- مصرف کودهای شیمیایی بر اساس 50 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + مصرف 4/5 تن در هکتار ورمی کمپوست 9- مصرف کودهای شیمیایی بر اساس 75 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + بدون مصرف ورمی کمپوست 10- مصرف کودهای شیمیایی بر اساس 75 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + مصرف 1/5 تن در هکتار ورمی کمپوست 11- مصرف کودهای شیمیایی بر اساس 75 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + مصرف 3 تن در هکتار ورمی کمپوست 12- مصرف کودهای شیمیایی بر اساس 75 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + مصرف 4/5 تن در هکتار ورمی کمپوست در ایستگاه تحقیقاتی ماهیدشت اجرا شد. رقم سیب زمینی کشت شده رقم آگریا بود. نتایج نشان داد که اثرات اصلی فاکتور مصرف ورمی کمپوست و عامل مصرف کود شیمیایی از نظر آماری در سطح یک درصد بر میزان عملکرد کل غده در هکتار معنی‌دار شد. اثرات متقابل مصرف ورمی کمپوست و مصرف کود شیمیایی از نظر آماری بر میزان عملکرد کل غده در هکتار معنی‌دار نشد. تجزیه خاک بعد از برداشت سیب زمینی نیز نشان داد که با افزایش مصرف ورمی کمپوست خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک نسبت به شاهد بهبود یافت. بنابراین باتوجه به نتایج بدست آمده بهترین تیمار ناشی از مصرف کودهای شیمیایی(NPK) بر اساس 75 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + مصرف 4/5 تن در هکتار ورمی کمپوست بود که قابل توصیه برای منطقه می‌باشد.

کلمات کلیدی: ورمی کمپوست، سیب‌زمینی، عملکرد کمی، خواص فیزیکی خاک، خواص شیمیایی خاک

مقدمه

ورمی کمپوست به کودی اطلاق می‌شود که از مدفوع کرم‌های خاکی به دست می‌آید. برای تهیه ورمی کمپوست از گونه خاصی از کرم‌های قرمزرنگ مناطق گرم و مرطوب که بنام کرم ببری یا کرم بارانی (Eisenia foetida) معروف می‌باشند استفاده می‌شود. (فرمحمدی، 1385). فرایند تولید ورمی کمپوست عبارت است از عبور آرام پیوسته مواد آلی از درون دستگاه گوارش کرم و تغییر حالت این مواد به مدفوع کرم، فضولات کرم‌ها شامل مواد مغذی برای گیاهان بوده و دارای حالتی است که به‌موقع برای تغذیه گیاه آزاد می‌شود.

استفاده ورمی کمپوست در کشاورزی پایدار علاوه بر افزایش حمایت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک مانند قارچ‌های میکوریز و میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات در جهت فراهمی عناصر غذایی موردنیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبودی رشد و عملکرد گیاه زراعی می‌شود (Arancon et al., 2004).

باتوجه‌به اینکه در فرایند تولید این کود از هیچ ماده شیمیایی استفاده نمی‌شود محصولات کشاورزی تولید شده کاملاً طبیعی خواهند بود. این ویژگی‌های منحصربه‌فرد توجه علاقه‌مندان به محیط‌زیست را نیز در سراسر جهان به خود جلب کرده و آینده روبه‌رشدی برای استفاده وسیع از ورمی کمپوست در کشاورزی ارگانیک را رقم خواهد زد (علیزاده و همکاران، 1388). گیاهان کاشته شده در خاک‌های مخلوط شده با ورمی کمپوست عملکرد بیشتری داشته‌اند و عکس‌العمل گیاهان مختلف متفاوت بوده است (Atieh et al., 2000).

ورمی کپوست تأثیر مهمی بر قابلیت جذب عناصر در خاک دارد. این کود از عناصر ضروری برای رشد گیاه مثل نیترات، فسفر، منیزیم، پتاسیم و کلسیم تشکیل شده است و همچنین حاوی آهن، منگنز، روی، مس و بور نیز می‌باشد. مهم‌تر از همه این که کلیه این عناصر به فرم قابل‌استفاده برای گیاه و محلول در آب هستند (Peyvast et al., 2008).

در تحقیقی که توسط سماوات و همکاران (1382) بر روی چگونگی تولید ورمی کمپوست از کود دامی به همراه کاه و کلش انجام شد، دریافتند که در مقایسه با کود دامی در ورمی کمپوست میزان شوری کاهش و عناصر ازت، فسفر، پتاسیم و ریزمغذی همگی افزایش قابل‌توجهی را نشان می‌دهد. از طرفی مقایسه خصوصیات شیمیایی ورمی کمپوست نسبت به کمپوست معمولی نشان می‌دهد که اسیدیته ورمی کمپوست اندکی کاهش (7/8 به 6/8) میزان شوری بیش از سه برابر (3/6 به 11/7) درصد ازت کل دو برابر، ازت نیتراته حدود شش برابر، درصد فسفر، پتاسیم، کلسیم و سدیم کل افزایش قابل توجه درصد منیزیم کل اندکی کاهش (0/57 به 0/46)، آهن کل کاهش (11690 به 7563 میلی‌گرم در کیلوگرم)، مقدار روی قابل جذب دو برابر افزایش و بقیه عناصر ریزمغذی منگنز، مس و بُر افزایش محسوسی داشته است. انصاری (2008) در گزارش تحقیقاتی بر روی بررسی تاثیر ورمی کمپوست (4، 5 و 6 تن در هکتار) بر روی عملکرد سیب زمینی، اسفناج و کلم بیان داشت که ورمی کمپوست مورد نیاز برای اسفناج 4 تن در هکتار و برای سیب زمینی و کلم 6 تن در هکتار بهترین نتایج را دارد و از طرفی در بین تیمارهای مختلف ورمی کمپوست بکار رفته تیمار 6 تن در هکتار ورمی کمپوست موجب بهبود کیفیت خاک شد (Ansari et al., 2008).

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت خرد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 12 تیمار و در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی ماهیدشت واقع در کیلومتر 20 جاده کرمانشاه، اسلام‌آباد غرب با مشخصات جغرافیایی (34 درجه و 8 دقیقه عرض شمالی و 46 درجه و 26 دقیقه طول شرقی)، ارتفاع از سطح دریا 1365 متر و متوسط بارندگی سالیانه 397 میلی‌متر در اسفندماه سال زراعی 1392 و به مدت 30 ماه اجرا شد. بر اساس مطالعات خاکشناسی تفصیلی انجام شده در ایستگاه تحقیقاتی ماهیدشت خاک‌های محل اجرای طرح بر اساس U.S.D.A Soil Taxonomyجزء فامیل Fine Clayey Mixed Thermic و تحت گروه Calcixerepts طبقه‌بندی و دارای بافت سطحی Silty Clay می‌باشند. تیمارهای آزمایشی عبارت‌اند از:

1- بدون مصرف کود شیمیایی+ بدون مصرف ورمی کمپوست 2- بدون مصرف کود شیمیایی+ مصرف 1/5 تن در هکتار ورمی کمپوست 3- بدون مصرف کود شیمیایی+ مصرف 3 تن در هکتار ورمی کمپوست 4- بدون مصرف کود شیمیایی+ مصرف 4/5 تن در هکتار ورمی کمپوست 5- مصرف کودهای شیمایی بر اساس 50 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک و بدون مصرف کود ورمی کمپوست 6- مصرف کودهای شیمایی بر اساس 50 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + مصرف 1/5 تن در هکتار ورمی کمپوست 7- مصرف کودهای شیمایی بر اساس 50 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + مصرف 3 تن در هکتار ورمی کمپوست 8- مصرف کودهای شیمایی بر اساس 50 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + مصرف 4/5 تن در هکتار ورمی

کمپوست 9- مصرف کودهای شیمیایی بر اساس 75 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + بدون مصرف ورمی کمپوست 10- مصرف کودهای شیمیایی بر اساس 75 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + مصرف 1/5 تن در هکتار ورمی کمپوست 11- مصرف کودهای شیمیایی بر اساس 75 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + مصرف 3 تن در هکتار ورمی کمپوست 12- مصرف کودهای شیمیایی بر اساس 75 درصد مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک + مصرف 4/5 تن در هکتار ورمی کمپوست.

نتایج و بحث

باتوجه‌به خاک محل اجرای آزمایش دارای مواد آلی کم و آهک و اسیدیته بالا می باشد. بنابراین در این شرایط قابلیت جذب عناصر غذایی در این خاک پایین است. از سوی دیگر میزان فسفر و پتاسیم قابل‌جذب خاک نیز در حدود 8/9 و 330 میلی‌گرم در کیلوگرم بوده که کمتر از حد بحرانی آن برای کشت سیب‌زمینی در منطقه می‌باشد. الفتی و همکاران (1379) حد بحرانی فسفر و پتاسیم را برای گیاه سیب‌زمینی در خاک‌های آهکی منطقه کرمانشاه به ترتیب 15 و 450 میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش نمود. بنابراین طبیعی است که واکنش گیاه به مصرف کودهای شیمیایی و آلی مثبت بوده و مصرف آن باعث افزایش جذب عناصر غذایی از خاک و نهایتاً افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول گردد. بر اساس نتایج اخذ شده مصرف کود شیمیایی از سطح صفر تا سطح 75 درصد بر اساس آزمون خاک توانست عملکرد، اجزای عملکرد و حتی خصوصیات رویشی گیاه را تحت‌تأثیر قرار داده به‌طوری‌که نسبت به شاهد (عدم مصرف کود شیمیایی) افزایش نشان داد. این میزان افزایش برای عملکرد کل غده 12873 و برای غده‌های گروه A (غده‌هایی با اندازه 55 میلی‌متر و بزرگ‌تر) برابر با 3087 و برای غده‌های گروه B (غده‌هایی با اندازه 55-35 میلی‌متر) برابر با 7006 و برای غده‌های گروه C (غده‌هایی با اندازه 35 میلی‌متر و کوچک‌تر) برابر با 1435 کیلوگرم در هکتار بود. همچنین با افزایش مصرف کود شیمیایی از سطح صفر تا سطح 75 درصد بر اساس آزمون خاک حجم غده، درصد ماده خشک در غده، ارتفاع بوته 25 روز پس از کاشت، ارتفاع بوته قبل از برداشت، تعداد گل 52 روز پس از کاشت، تعداد ساقه در بوته، تعداد شاخه در بوته، قطر ساقه نسبت به شاهد به ترتیب 1/3 سانتی‌متر مکعب، 0/5 درصد، 5 میلی‌متر، 52 میلی‌متر، 0/2 عدد، 5/8 عدد، 4.6 میلی‌متر افزایش یافت. از بین عوامل مورد اندازه‌گیری در این آزمایش تنها میزان شدت نور زیر سطح سایه‌انداز با افزایش مصرف کود شیمیایی از سطح صفر تا سطح 75 درصد بر اساس آزمون خاک کاهش یافت که این میزان کاهش نسبت به شاهد 639 لوکس بود؛ بنابراین مشاهده می‌شود که عکس‌العمل گیاه نسبت به مصرف کود شیمیایی تا سطح 75 درصد بر اساس آزمون خاک روندی افزاینده و مثبت بود که تا حد زیادی باعث جبران کمبود این عناصر (NPK) در خاک گردید.

کاربرد ورمی کمپوست نیز باعث افزایش عملکرد، اجزای عملکرد و حتی خصوصیات رویشی در گیاه شد. به‌طوری‌که با افزایش مصرف ورمی کمپوست از سطح صفر تا 4/5 تن در هکتار عملکرد کل غده، میانگین عملکرد غده‌های گروه A (غده‌هایی با اندازه 55 میلی‌متر و بزرگتر)، میانگین عملکرد غده‌های گروه B (غده‌هایی با اندازه 55-35 میلی‌متر)، میانگین عملکرد غده‌های گروه C (غده‌هایی با اندازه 35 میلی‌متر و کوچکتر)، حجم غده، درصد ماده خشک در غده، ارتفاع بوته 25 روز پس از کاشت، ارتفاع بوته قبل از برداشت، تعداد گل 52 روز پس از کاشت، تعداد ساقه در بوته، تعداد شاخه در بوته، قطر ساقه نسبت به شاهد (عدم مصرف ورمی کمپوست) بترتیب 8255 کیلوگرم، 1227 کیلوگرم، 4382 کیلوگرم، 1923 کیلوگرم، 1/1 سانتی‌متر مکعب، 1/3 درصد، 4 میلی‌متر، 8 میلی‌متر، 7 عدد، 5 عدد، 2، 0/17 افزایش یافت .

بنابراین، مشاهده می‌شود که عکس‌العمل گیاه نسبت به مصرف ورمی کمپوست تا سطح 4/5 تن در هکتار یک روند افزاینده و مثبت بود که باعث بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات رویشی گیاه گردید. در حقیقت ورمی کمپوست علاوه بر داشتن مقدار قابل‌توجهی از عناصر غذایی قابل جذب برای گیاه، این کود پس از اضافه شدن به خاک با تأثیر بر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک باعث افزایش حاصلخیزی خاک شده و با کاهش واکنش (pH) موضعی در خاک اطراف ریشه می‌تواند حلالیت عناصر غذایی را در خاک نیز افزایش دهد. در تحقیقی دیگر سریکانت و همکاران (2000) نیز کاهش واکنش خاک را با افزودن ورمی کمپوست به خاک گزارش نمودند. بنابراین در این آزمایش هر چقدر بر میزان مصرف ورمی کمپوست افزوده گردد بر میزان عناصر غذایی قابل جذب نیز در

خاک افزوده می‌گردد. مانیوانان و همکاران (2009) نیز گزارش نمودند که پتاسیم محلول در ورمی‌کمپوست به آسانی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. بنابر این ورمی کمپوست با آزاد سازی عناصر غذایی در خاک باعث افزایش عملکرد، اجزای عملکرد و بهبود خصوصیات رویشی گیاه گردیده است .

همچنین نتایج نشان داد که اثرات متقابل مصرف کود شیمیایی و ورمی کمپوست بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات رویشی گیاه از نظر آماری معنی‌دار نگردید. بااین‌وجود روند تغییرات به‌گونه‌ای بود که با افزایش مصرف ورمی کمپوست از صفر تا 4/5 تن در هکتار و با افزایش مصرف کود شیمیایی از صفر تا 75 درصد بر اساس آزمون خاک عملکرد، اجزای عملکرد و حتی خصوصیات رویشی گیاه بهبود یافت. به‌طوری‌که در تیمار (مصرف 75 درصد کود شیمیایی + مصرف 4/5 تن در هکتار ورمی کمپوست) عملکرد کل غده، حجم غده، درصد ماده خشک در غده، ارتفاع بوته 25 روز پس از کاشت، ارتفاع بوته قبل از برداشت، تعداد گل 52 روز پس از کاشت، تعداد ساقه در بوته، تعداد شاخه در بوته، قطر ساقه نسبت به شاهد (عدم مصرف کود شیمیایی و ورمی کمپوست) بترتیب 8255 کیلوگرم، 1227 کیلوگرم، 4382 کیلوگرم، 1923 کیلوگرم، 1/1 سانتی‌متر مکعب، 1/3 درصد، 4 میلی‌متر، 8 میلی‌متر، 7 عدد، 5 عدد، 2، 0/17 افزایش یافت .

ازآنجایی‌که سیب‌زمینی نیاز زیادی به عناصر غذایی پرمصرف دارد تیمار بدون مصرف کود شیمایی و بدون مصرف ورمی کمپوست دارای کمترین عملکرد (25362 کیلوگرم در هکتار) و تیمار مصرف 75 درصد کود شیمیایی + مصرف 4/5 تن در هکتار ورمی کمپوست دارای بیشترین عملکرد (45911 کیلوگرم در هکتار) بود. همچنین در سطح ثابت مصرف کود شیمیایی هر چه بر میزان مصرف ورمی کمپوست افزوده گردید عملکرد کل غده نیز افزایش یافت. به طور مثال در سطوح ثابت مصرف 75 درصد کود شیمیایی (معادل 225 کیلوگرم اوره، 75 کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و 75 کیلوگرم سولفات پتاسیم) با افزایش مصرف ورمی کمپوست در سطوح صفر، 1/5، 3، 4/5 تن در هکتار عملکرد کل غده بترتیب 32796، 38112، 41823 و 45911 کیلوگرم در هکتار بود که از تیمارهای A1B3، A2B3، A3B3، A4B3 بدست آمد. از سوسی دیگر نیز در سطوح ثابت ورمی کمپوست هر چقدر بر میزان کود شیمیایی افزوده گردید عملکرد کل غده نیز افزایش یافت. به طور مثال در سطوح ثابت مصرف 4/5 تن در هکتار ورمی کمپوست با افزایش مصرف کود شیمیایی از صفر، 50 و 75 درصد میزان عملکرد بترتیب 30077، 3885 و 4591 کیلوگرم در هکتار بود که از تیمارهای، A4B1، A4B2، A4B3 بدست آمد. این بدان معناست که کود شیمیایی و کود ورمی کمپوست مکمل یکدیگر بوده به‌طوری‌که در کشت سیب‌زمینی با مصرف ورمی کمپوست به میزان 4/5 تن در هکتار + مصرف کود شیمیایی به میزان 75 درصد بر اساس آزمون خاک می‌توان به عملکردی در حدود 45911 کیلوگرم در هکتار دست یافت. این در حالی است که در تیمار بدون مصرف ورمی کمپوست + مصرف کود شیمیایی به میزان 75 درصد بر اساس آزمون خاک میزان عملکرد 32796 کیلوگرم در هکتار و در تیمار مصرف ورمی کمپوست به میزان 4/5 تن در هکتار + بدون مصرف کود شیمیایی هم میزان عملکرد 30077 کیلوگرم بود. بنابراین با مصرف ورمی کمپوست در کشت سیب‌زمینی به تنهایی می‌توان باعث افزایش عملکرد محصول شد اما این مقدار قابل‌توجه نبوده و قابل توصیه نیست. لذا می‌توان با مصرف توام کودهای شیمیایی و آلی به عملکرد بالاتری که مقرون به صرفه باشد دست یافت. نتایج تحقیقات پارساسراسی و همکاران (2008) نیز نشان داد که مصرف ورمی کمپوست همراه با کود شیمیایی بهترین نتیجه را دارد و کود ورمی کمپوست به تنهایی نمی‌تواند جایگزین کودهای شیمیایی شود.

منابع

الفتی، م. ملکوتی م. ج. بلالی م.ر. مجیدی ع. درودی م.س. قادری ج. کیانی ش. و شهبازی ک. 1379. توصیه بهینه کودی برای محصولات زراعی و باغی استان کرمانشاه. نشریه فنی شماره 198، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، معاونت ترویج، تهران، ایران.

سماوات، س. و ملکوتی م. ج. 1382. ضرورت تولید صنعتی ورمی کمپوست با استفاده از ضایعات کشاورزی. نشریه فنی شماره 317. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، معاونت ترویج، تهران، ایران.

علیزاده ا. علیزاده ا. و آریانا ل. 1388. بهینه‌سازی مصرف نیتروژن و فسفر در زراعت پایدار ذرت با استفاده از میکوریزا و ورمی کمپوست. مجله یافته‌های نوین کشاورزی، سال 3. شماره 3.

فرمحمدی، س. 1385. طراحی و راه‌اندازی یک کارگاه پرورش کرم خاکی. انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان.

Ansari, A.A. 2008. Effect of Vermicompost on the Productivity of Potato (Solanum tuberosum), Spinach (Spinacia oleracea) and Turnip (Brassica campestris). World Journal of Agricultural Sciences. ISSN: 1817-3047. 333-336

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Atiyeh, R.M. and Metzger, J.D .2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on greenhouse peppers. Bioresource Technology. 93: 139-144

Atieh, R.M., Edward, C.A., Sulber, S. and Metzger, J.D. 2000. Earth worm processed organic wastes as component of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedling. Compost Science and Utilization. 8(30): 215-223

Manivannan, S., Balamurugan, M., Parthasarathi, K., Gunasekaran, G. and Ranganathan, L.S. 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity – beans (Phaseolus vulgaris). Journal of Environmental Biology 30:275–281.

Parthasarathi, K., Balamurugan, 1M. and Ranganathan, L.S. 2008. Influence of vermicompost on the Physico Chemical and Biological properties in different types of soil along with yield and quality of the pulse Crop–Blackgram. Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering. 5(1): 51-58

Peyvast, G., Olfati, J.A., Madeni, S. and Forghani, A. 2008 Effect of vermicompost on the growth and yield of spinach (Spinacia oleraceaL.). Journal of Food Agriculture and Environment, 6, 110-113

Srikanth, K., Srinivasamurthy, C.A. and Siddamarappa, V.R. 2000 Direct and residual effect of enriched compost, vermicompost and fertilizerz on properties of an Alfisol. J. Ind. Soc. ofSoil Sci. 48(3):496-499.

بررسی تأثیر پساب فاضلاب شهری بر نفوذپذیری خاک

محسن دهقانی [1]، پریسا مشایخی [2]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، mdehqani@gmail.com

[2] عضو هیئت‌علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی اصفهان، mashayekhi_enj@yahoo.com

چکیده

باتوجه‌به کمبود آب آبیاری و پایین‌رفتن سطح آب‌های زیرزمینی و همچنین حجم بالای فاضلاب شهری و مشکل دفع فاضلاب، استفاده از پساب در کشاورزی به‌عنوان راه‌حل مناسب جهت تأمین نیازهای آبیاری مطرح است. این تحقیق با استفاده از پساب فاضلاب شهری و به‌صورت طرح آماری کرت‌های خرد شده با پایه قطعه کاملاً تصادفی با سه سطح تیمار آبیاری (آبیاری با پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب، آبیاری به‌صورت تناوبی با پساب و آب چاه و آبیاری با آب چاه)، در منطقه شمال اصفهان، انجام گردید. میزان هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده در تیمار آبیاری با پساب در حدود 20 درصد بیشتر از تیمار آبیاری با آب چاه بود. همچنین بیشترین میزان اختلاف بین زمان پیشروی و پسروی در تیمار آبیاری با پساب (68/4 دقیقه) و کمترین آن مربوط به آبیاری با آب چاه (50/8 دقیقه) بود. نشان داد فرصت نفوذ آب به خاک در تیمار پساب بیشتر از تیمار آبیاری شده با آب چاه بوده است. روند کلی ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف- لوییس در تیمار آب چاه نسبت به پساب کاهشی بود (به ترتیب حدود 58 و 60 درصد برای ضرایب k و a). بیشترین میزان میانگین نفوذ تجمعی مربوط به پساب و کمترین مقدار مربوط به تیمار تناوبی بود. میزان سرعت نفوذ آب به خاک در تیمار آبیاری با پساب در حدود 0/001 متر بر دقیقه و در تیمار آبیاری با آب چاه در حدود 0/0008 متر بر دقیقه بود که تقریباً معادل 73 درصد کاهش در سرعت نفوذ می‌باشد.

کلمات کلیدی: آبیاری سطحی، پساب، سرعت نفوذ

مقدمه

به‌کارگیری فاضلاب‌ها و پساب حاصل از تصفیه آن‌ها در آبیاری محصولات کشاورزی، از جمله راهکارهای مقابله با مسئله بحران آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در تحقیقی تأثیر پساب شاهین‌شهر بر ویژگی‌های زراعی تحت آبیاری بارانی و سطحی موردبررسی قرار گرفت و گزارش گردید که استفاده از پساب اثر معنی‌داری بر افزایش سرعت نفوذ نهایی خاک در مقایسه با تیمار آب چاه داشت (Vali Nejad et al., 2001). همچنین نتایج یک تحقیق نشان داد افزایش سرعت نفوذ نهایی خاک در اثر کاربرد فاضلاب قابل‌ملاحظه است (Abedi-Koupai and Bakhtiarifar, 2003). در همین رابطه محققین دیگری به بررسی چندین رژیم نفوذ باهدف دستیابی به سرعت نفوذ بالا پرداختند و نتیجه گرفتند که سرعت نفوذ آب به‌داخل خاک شنی در اثر انباشتگی مواد آلی کاهش خواهد یافت و تجمع مواد آلی در لایه سطحی خاک مهم‌ترین عاملی است که باعث کاهش نفوذپذیری در خاک می‌شود (Nadav et al., 2012). نتایج یک تحقیق نشان داد میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در لایسیمترهای مورد آبیاری با فاضلاب خام، بالاتر از میانگین آن در لایسیمترهای آبیاری شده با پساب تصفیه شده ثانویه و این مورد نیز بالاتر از میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در لایسیمترهای

آبیاری شده با آب چاه قرار دارد (Hasan Oqli et al., 2005) . گزارش‌های متفاوتی از تأثیر استفاده از پساب بر جرم مخصوص خاک ارائه شده است. تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در اثر استفاده از پساب تصفیه‌خانه مشهد موردبررسی قرار گرفت. نتایج مبین این مطلب بود که آبیاری با فاضلاب تصفیه شده مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک را کاهش داده به‌طوری که میزان کاهش از 2% در تیمار یک نوبت آبیاری به کاهش 0/6درصد در تیمار پنج نوبت آبیاری رسید. همچنین افزایش غلظت یون سدیم منجر به ایجاد لایه سله و کاهش نفوذپذیری خاک شد (Yazdani et al., 2014). در چند سال اخیر، خشکسالی و کاهش حق آبه کشاورزان سبب استفاده از پساب‌ها و فاضلاب‌ها از سوی کشاورزان گردیده است. از طرفی کاربرد فاضلاب و پساب آن به دلیل افزودن نمک‌ها و مواد معلق (آلی و معدنی) به خاک سبب می‌شود که ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و هیدرولیکی خاک به‌مرورزمان دستخوش تغییرات قرار گیرد. ازآنجایی‌که ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک یک عامل مهم در کشاورزی و از عوامل تعیین‌کننده در برنامه‌ریزی آبیاری است؛ لذا آگاهی از تأثیر آبیاری با پساب بر ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک به‌عنوان امری اجتناب‌ناپذیر در استفاده از آب‌های نامتعارف مطرح می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی 98-1397 در یک مزرعه در مجاور تصفیه خانه فاضلاب شهری شمال شرق اصفهان اجرا شد. این تحقیق به‌صورت طرح آماری فاکتوریل با پایه قطعه کاملاً تصادفی با سه سطح تیمار آبی (آبیاری با پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب و آبیاری به‌صورت تناوبی با پساب و آب چاه و آبیاری با آب چاه) در سه تکرار و چهار نوبت نمونه‌برداری انجام گردید. در زمین موردنظر، در ابتدا با استفاده از دوربین نقشه‌برداری شیب‌بندی زمین انجام گردید و جویچه‌ها ایجاد شد. فاصله پشته‌ها در جویچه‌های ایجاد شده 75 سانتی‌متر و طول جویچه‌ها 50 متر در نظر گرفته شد. در هر قطعه چهار مرتبه آبیاری با تیمارهای موردنظر انجام گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری دبی ورودی و خروجی و میزان نفوذ به زمین و تحت کنترل بودن شرایط آزمایش در ابتدا و انتهای جویچه‌ها فلوم‌ها کارگذاشته و تراز گردید. فلوم‌ها از تیپ WSC2 انتخاب گردید. به‌منظور اندازه‌گیری زمان پیشروی و پسروی فاصله بین فلوم‌ها توسط میخ چوبی به ده قسمت مساوی تقسیم شد. در این پژوهش برای بررسی تاثیر پساب بر ویژگی‌های هیدرولیکی خاک، نفوذ، راندمان، پیشروی و پسروی در آبیاری جویچه‌ای از روش دو نقطه‌ای الیوت واکر (Elliott and Walker, 1982) استفاده شد. این روش با تعیین نفوذ پایه (f_0) از هیدروگراف دبی ورودی- خروجی، شروع می‌شود. سپس با استفاده از اندازه‌گیری سرعت پیشروی در دو نقطه وسط و انتهای جویچه پارامترهای معادله نفوذ تعیین می‌گردد. در اواخر آبیاری، خاک به سرعت نفوذ پایه f_0 رسیده است. f_0 را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد.

$$f_0=\frac{Q_{in}-Q_{out}}{l} \quad (1)$$

در رابطه Q_{in} دبی هیدروگراف ورودی و Q_{out} دبی هیدروگراف خروجی و l طول جویچه می‌باشد. آزمایش با واردکردن دبی به جویچه شروع شده و همان لحظه دبی ورودی (ارتفاع آب در فلوم ورودی)، زمان رسیدن آب به میخ‌ها (زمان پیشروی) و دبی خروجی (ارتفاع آب در فلوم خروجی) قرائت گردید. همچنین در بین مدت آزمایش ارتفاع فلوم ورودی و خروجی قرائت گردید. زمانی که دبی هیدروگراف ورودی و خروجی هر دو هم زمان ثابت (حداقل سه قرائت با هم مساوی) شود، دبی ورودی قطع گردید و زمان پسروی (زمان محوشدن آب از سطح زمین) قرائت شد.

رابطه فرم معادله نفوذ کوستیاکف- لوئیس را نشان می‌دهد که در آن Z نفوذ تجمعی بر حسب مترمکعب بر مترمربع، t فرصت زمان نفوذ دقیقه، f_0 سرعت نفوذ نهایی بر حسب مترمکعب بر متر بر دقیقه و a و K پارامترهای تجربی، این پارامترها از طریق برازش داده‌های نفوذ بر منحنی نفوذ تجمعی در برابر زمان در برنامه اکسل برآورد شدند.

$$Z= k^* ta + f_0 t \quad (2)$$

نتایج و بحث

جدول 1 نتایج آنالیز فیزیکی خاک منطقه موردمطالعه و نیز آنالیز شیمیایی آب و پساب استفاده شده در این پژوهش به ترتیب در جداول 1 و 2 ارائه شده است.

جدول 1- میانگین ویژگی‌های فیزیکی خاک مزارع موردمطالعه (قبل از آزمایش)

ویژگی‌های موردمطالعه	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی (%)	رطوبت حجمی در ظرفیت زراعی (%)	وزن مخصوص ظاهری ($gr.cm^{-3}$)
خاک مزرعه	16	34	50	14	23/9	1/27

جدول 2- میانگین ویژگی‌های شیمیایی آب‌های استفاده شده برای آبیاری

	EC	pH	HCO3-	Cl	So42-	Ca+Mg	Na+	SAR
	$ds.m^{-1}$		$mEql^{-1}$					$Mmoll^{-1}$
آب چاه	2/8	7/0	3/0	13/7	12	14	14/1	5/3
پساب	1/5	7/5	4/7	7/2	21	8	7/5	3/8

همان‌طور که مشخص است pH پساب بالاتر از آب چاه بود که این امر به علت بالابودن غلظت یون بی‌کربنات در پساب بوده است. از سوی دیگر شوری آب چاه بالاتر از پساب بود.

ضرایب معادله نفوذ آب در خاک

آبیاری با پساب سبب افزایش سرعت نفوذ آب نسبت به آبیاری با آب چاه شد. نفوذپذیری خاک بستگی زیادی به درصد سدیم تبادلی خاک دارد و نفوذپذیری با افزایش سدیم، کاهش می‌یابد. پائین بودن نفوذپذیری زمین‌هایی که با آب چاه آبیاری شده‌اند نسبت به پساب به همین علت می‌باشد. برخی از محققان استفاده از پساب‌ها را سبب بهبود نفوذپذیری خاک می‌دانند (Hasan Oqli et al., 2005).

نتایج مربوط به تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری در چهار نوبت بر روی ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف- لوئیز در جدول 3 ارائه شده است. همان‌طور که مشخص است تأثیر تیمار آبیاری و همچنین نوبت آبیاری و اثر متقابل این دو بر روی ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف- لوئیس در سطح 1 درصد معنی‌دار بوده است. باتوجه‌به کوتاه‌بودن طول جویچه‌ها (50 متر) و پائین بودن زمان آبیاری (حدود 50 دقیقه) در تحقیق انجام شده بر طبق شرایط محاسبه نفوذ به روش الیوت واکر، مقدار نفوذ پایه در محاسبات ناچیز به دست آمد که برابر صفر در نظر گرفته شد. جدول 4 نتایج مقایسه میانگین‌های این ضرایب را در تیمارهای مختلف آبیاری در چهار نوبت آبیاری نشان می‌دهد.

جدول3- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف آبیاری بر روی ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف - لوئیس

منابع تغییرات	درجه آزادی	a	k
تکرار	2	$0/005^{ns}$	$0/000^{ns}$
تیمار آبیاری(a)	2	$1/22^{**}$	$0/00^{**}$
زمان نمونه‌برداری (b)	3	$0/25^{**}$	$0/00^{**}$
A*b	6	$0/76^{**}$	$0/00^{**}$
خطا	22	0/001	0/000

ضریب تغییرات	-	5/64	2/31

ns، *، ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد را نشان می‌دهد

جدول4- میانگین ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف- لوئیس بعد از اعمال تیمارها در نوبت‌های مختلف آبیاری

تیمار	f0	a	k
آب چاه	0	0/651b	0/013b
پساب	0	1/720a	0/031a
تناوب آب چاه و پساب	0	0/234c	0/008b

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

باتوجه‌به جدول 3 نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری بر روی ضریب k و a در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و جدول 9 نشان می‌دهد روند کلی ضرایب k و a در تیمار آب چاه نسبت به پساب کاهشی بوده است (به ترتیب حدود 58 و 60 درصد). علت این امر می‌تواند مربوط به وجود سدیم در آب چاه باشد که سبب پراکنده شدن ساختمان خاک و کاهش نفوذپذیری می‌گردد.

نفوذ تجمعی آب به خاک در اثر کاربرد تیمارها

بیشترین میزان میانگین نفوذ تجمعی مربوط به پساب و برابر با 0/057 مترمکعب در متر و کمترین مقدار مربوط به تیمار تناوبی با 0/014 مترمکعب در متر بود (شکل 15). در آبیاری چهارم تیمار آب چاه و تناوبی به دلیل استفاده از آب چاه ویژگی‌های فیزیکی خاک و نفوذپذیری کاهش می‌یابد، در تیمار پساب به دلیل بهبود ویژگی‌های خاک نفوذپذیری و نفوذ تجمعی افزایش یافت.

در زمان ثابت‌شدن سرعت نفوذ آب به خاک (50 دقیقه) میزان سرعت نفوذ آب به خاک در تیمار آبیاری با پساب در حدود 0/001 متر بر دقیقه و در تیمار آبیاری با آب چاه در حدود 0/0008 متر بر دقیقه بود که تقریبا معادل 73 درصد کاهش در سرعت نفوذ می‌باشد. علت بیشتر بودن سرعت نفوذ تیمار پساب نسبت به آبیاری‌های قبل و نسبت به تیمار آب چاه تاثیر مثبت پساب بر هدایت هیدرولیکی و تخلخل خاک و افزایش نفوذپذیری و نیز وجود مواد آلی بالا در پساب و بهبود ساختمان خاک می‌باشد. در تیمار آب چاه نیز به دلیل تاثیر سدیم و SAR آب چاه نفوذپذیری کاهش پیدا کرده و سرعت نفوذ کم شده است. سیستم آبیاری نیز اثر معنی‌داری بر سرعت نفوذ نهایی خاک نشان داد که با نتایج محققان دیگر مطابقت داشت (Nadav et al., 2012).

نتیجه‌گیری

روند کلی ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف- لوییس در تیمار آب چاه نسبت به پساب کاهشی بوده است (به ترتیب حدود 58 و 60 درصد برای ضرایب k و a). علت این امر نیز مربوط به وجود سدیم بالاتر در آب چاه بوده که سبب پراکنده شدن ساختمان خاک و کاهش نفوذپذیری شده است. در کل بیشترین میزان میانگین نفوذ تجمعی مربوط به پساب و برابر با 0/057 مترمکعب در متر و کمترین مقدار مربوط به تیمار تناوبی با 0/014 مترمکعب در متر بود. در زمان ثابت‌شدن سرعت نفوذ آب به خاک (50 دقیقه) میزان سرعت نفوذ آب به خاک در تیمار آبیاری با پساب در حدود 0/001 متر بر دقیقه و در تیمار آبیاری با آب چاه در حدود 0/0008 متر بر دقیقه بود که تقریباً معادل 73 درصد کاهش در سرعت نفوذ می‌باشد. در کل به نظر می‌رسد مصرف پساب باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک موردمطالعه در این پژوهش شده است.

منابع

Abedi-Koupai, J. and Bakhtiarifar, A. 2003. Investigation of the effect of treated wastewater on hydraulic properties of emitters in trickle irrigation system. In: 20th Eur. Region. Conf. CD Int. Workshop Irrigation technologies and method: Research development and testing Montpellier France.

Elliott, R.L. and Walker, WR. 1982. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. Transaction ASAE, 25, 396-400.

Hasan Oqli, A., Liaqat, A., Mirabzadeh, M., Vothoqi, M. and Tomorrow, AH . 2005. Investigating the effects of irrigation with domestic wastewater on the transfer of substances to the depth of the soil and the quality of drainage water coming out of the lysimeter. Proceedings of the 11th Conference of Iran's National Irrigation and Drainage Committee. Tehran, January 3 and 4, 2012, 317-334. In Persian.

Nadav, I., Arye, G., Tarchitzky J. and Chen, Y. 2012. Enhanced infiltration regime for treated-wastewater purification in soil aquifer treatment (SAT). Journal of Hydrology, 421, 275–283.

Vali Nejad, M., Mostafazadeh, B. and Mirmohammadi Meybodi, SAM. 2012. The effect of Shahin Shahr treated wastewater on the agricultural and chemical characteristics of corn under rain and surface irrigation systems. Agricultural Sciences and Natural Resources, 9(1), 103-115.

Yazdani, V., Kahraman, B., Davari, K. and Fazli, A. 2014. The effect of wastewater on the physical and chemical characteristics of soil. Environmental Science and Technology, 16, 558-543. In Persian.

بررسی تأثیر کاربرد اصلاح‌کنندهٔ گچ کشاورزی در اصلاح خاک‌های شور در منطقه شهمان خوزستان

معصومه رمضانی [1]، مهدی سرایی تبریزی [2]، سعید فصیحی [3]

[1] دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده موضوعی کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندها، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

[2] عضو هیئت علمی گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده موضوعی کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندها، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، m.sarai@srbiau.ac.ir

[3] دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده موضوعی کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندها، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

چکیده

اصلاح خاک‌ها، یکی از روش‌های حفظ و توسعه پایدار اراضی کشاورزی محسوب می‌گردد. وجود یون سدیم در کنار شوری، تشکیل یک خاک شور- سدیمی را داده و موجب بروز مشکلات فراوانی در روند رویشی گیاهان می‌گردد، لذا اتخاذ راهکارهای لازم جهت اصلاح این خاک‌ها، با توسل به روش‌های فیزیکی و شیمیایی، همچون کاربرد کلسیم در آبشویی، اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. در این پژوهش، جهت بررسی وضعیت خاک‌های منطقه، با حفر پروفیل، از اعماق 0 تا 200 سانتی‌متری از سطح خاک در فواصل 25 سانتی‌متر، اقدام به تهیه نمونه گردید. پس از تجزیه آن در آزمایشگاه و محاسبه مقادیر SAR، EC، ESP، CEC و غیره به مطالعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن پرداخته شد. مقدار آب موردنیاز جهت آبشویی، به میزان 100 سانتی‌متر و در 4 مرحله (هر مرحله به عمق 25 سانتی‌متر) تعیین گردید. بررسی نتایج، بیانگر آن است که خاک از نوع شور- سدیمی بود. خاک‌های شور- سدیمی دارای هدایت الکتریکی بیش از 4 دسی‌زیمنس بر متر و درصد سدیم تبادلی بیش از 15 ds/m است. درنتیجه مشکل مضاعف این خاک‌ها، بالابودن مقدار نمک‌های محلول و درصد سدیم تبادلی است و pH کم‌تر از 8/5 می‌باشد که با آبشویی به خاک سدیمی تبدیل شده است و pH به مرز 8/5 رسیده است که برای جلوگیری ازهم‌پاشیدگی خاکدانه‌ها از اصلاح‌کننده گچ کشاورزی استفاده شد که با مصرف گچ برخی دیگر از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و حتی بیولوژیکی خاک نیز اصلاح گردید.

کلمات کلیدی: خاک‌های شور، سدیم قابل تبادل، شوری‌زدایی، ماده اصلاح‌کننده گچ کشاورزی

مقدمه

امروزه به علت محدودیت منابع خاک مناسب، آب متعارف، خشکسالی و شوری در بخش بزرگی از اراضی تحت کشت کشور، استفاده از منابع آب‌وخاک شور برای تولید برخی محصولات کشاورزی و تأمین نیاز غذایی جامعه گریزناپذیر است. در چنین شرایطی باتوجه‌به اثرات منفی شوری و سدیمی بودن خاک بر تولید محصول، استفاده از مواد اصلاح‌کننده ضروری است. یکی از پرکاربردترین مواد اصلاحی در دسترس در مناطق خشک «گچ کشاورزی» با فرمول «CaSO4,2H2O» می‌باشد. هدف اصلی از مصرف گچ کشاورزی برای اصلاح خاک، ورود مقادیر بیش‌تر کلسیم به خاک و جایگزینی آن با سدیم اضافی موجود روی سطوح تبادلی ذرات خاک است. بر همین اساس محاسبهٔ مقدار، زمان و نحوهٔ مصرف مناسب این اصلاح‌گر بسیار بایسته بوده و کمک شایانی به سودمندی کاربرد آن می‌نماید. از سویی استفاده غیرکارشناسانه و بی‌رویه از این ماده اصلاح‌کننده، همانند مواد اصلاح‌کنندهٔ دیگر، اثرات زیان‌باری بر محیط‌زیست داشته و می‌تواند منجر به کاهش حاصلخیزی خاک شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دشت شهمان استان خوزستان انجام گرفت. در این پژوهش، با استفاده از متغیرهایی همچون هدایت الکتریکی خاک، درصد سدیم قابل‌جذب، اسیدیته خاک، میزان کاتیون‌های دوظرفیتی کلسیم و منیزیم و آنیون‌ها، شامل کربنات و بی‌کربنات‌ها و همچنین برآورد تجربی میزان آهک و نیاز گچی خاک قبل و بعد از عملیات آبشویی به بررسی آبشویی، در اراضی شور و سدیمی پرداخته می‌شود. ازآنجاکه انتظار می‌رفت استفاده از گچ، به‌عنوان یک ماده اصلاح‌کننده ارزان، موجب کاهش درصد سدیم تبادلی در خاک‌های سدیمی گردد، لذا در این پژوهش به روش غرقاب متناوب، اجرای دو تیمار در دستور کار قرار گرفت. در تیمار اول، آبشویی با آب آبیاری و در تیمار دوم، گچ مورداستفاده قرار گرفت تا تأثیر آب مختلط با گچ، نسبت به تیمار شاهد، مورد مقایسه قرار گرفته، تأثیرات گچ بر روند آبشویی بخصوص تأثیر بر خصوصیت سدیمی بودن این خاک‌ها، موردبررسی قرار گیرد. در این پژوهش، آبشویی خاک‌های شور و سدیمی به‌صورت طرح آزمایشی بلوک‌های کاملاً تصادفی اجرا شد. در اجرای روش غرقابی متناوب، 2 تیمار برای 4 عمق مختلف آب کاربردی شامل 100، 75، 50 و 25 سانتی‌متر در نظر گرفته شدند. دوره تناوب در نظر گرفته شده با احتساب زمان لازم برای نفوذ آب به درون خاک و رسیدن به حد ظرفیت زراعی، در تمامی تیمارها برابر 8 روز به دست آمد. عمق موردنظر آبشویی املاح از خاک، یک متر در نظر گرفته شد. براین‌اساس نمونه‌برداری‌ها از خاک تا عمق یک‌متری و در عمق صفر تا 100 سانتی‌متر در 4 عمق 25 سانتی‌متری انجام گرفت. در تیمار اول، آبشویی متناوب با آب آبیاری و در تیمار دوم به آب آبشویی، گچ به میزان 3 گرم در لیتر افزوده شد. جهت بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب و تغییرات آن در مراحل مختلف آبشویی، نمونه‌برداری‌های لازم انجام گردید. در حین آزمایش‌ها، بعد از انجام هر مرحله آبشویی از هر تکرار، چهار نمونه در چهار عمق (اعماق 25- 0، 50- 25، 75-50 و 100-75) برداشت و به آزمایشگاه برده شد. برای نمونه‌برداری خاک، از آگر (مته نمونه‌برداری کلاسیک دست‌خورده) استفاده گردید. در آزمایشگاه از هر نمونه خاک، پس از تهیه عصاره اشباع، مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های خاک و همچنین آهک و گچ‌خاک و مقادیر اسیدیته، هدایت الکتریکی، کلسیم، منیزیم و سدیم اندازه‌گیری شد. عمق آب کاربردی در آبشویی این تیمارها 100 سانتی‌متر و در 4 تناوب 25 سانتی‌متری به‌کاررفته است.

نتایج و بحث

یکی از بهترین روش‌ها برای اصلاح‌کردن خاک شور، آبشویی است. با شستشوی نمک‌های اضافی و حفظ تعادل نمک می‌توان این خاک را اصلاح کرد. این امر تنها با تأمین آب کافی برای شستشوی نمک در زیر ناحیه ریشه و نه در ذخایر آب زیرزمینی حاصل خواهد شد. از آبشویی می‌توان برای کاهش نمک‌های داخل خاک استفاده کرد. برای این کار می‌توانید به‌اندازه کافی آب کم‌نمک به سطح خاک اضافه کنید تا نمک‌های خاک در آن حل شوند و به زیر ناحیه ریشه منتقل شوند. آب باید نسبتاً عاری از نمک به‌خصوص نمک‌های سدیمی‌باشد. دراین‌خصوص آزمایش آب می‌تواند سطح املاح آب را تعیین کند تا بتوانید از آب مناسبی در این روش برای حل مشکل استفاده کنید. اصلاح خاک شور به روش آبشویی بیش‌تر برای خاک‌هایی تأثیر دارد که ساختار و زهکشی داخلی خوبی دارند. بهتر است ابتدا آزمایشی برای تعیین میزان آب موردنیاز برای اصلح خاک‌های شور انجام دهیم. پس از آبشویی خاک باید دوباره مورد آزمایش و بررسی قرار گیرد تا مشخص شود که آیا به‌اندازه کافی شسته شده است یا خیر. خاک‌های بسیار شور باید چندین بار شسته شوند تا آب به‌خوبی از آن تخلیه شود. در این جا ممکن است زهکشی یک مشکل باشد؛ اگر آب نتواند به خاک نفوذ کند، املاح را نمی‌توان حل کرد و از خاک خارج کرد. قبل از شروع طرح، از خاک منطقه مورد آزمون به طور تصادفی در یک نقطه و در هشت عمق، تا عمق دو متر، نمونه‌برداری انجام شد. جدول (1) نتایج تجزیه شیمیایی خاک و جدول (2)

مشخصات فیزیکی لایه‌های مختلف خاک مورد آزمون و عمق آب موردنیاز برای تأمین کسر رطوبت خاک در هر لایه تا عمق دو متری را نشان می‌دهد.

جدول 1- اطلاعات اولیه آبشویی

	Depth (cm)	ECe (dS/m)	Eceq (dS/m)	Eciw (dS/m)	Ecf/Eci
	0--25	2.5	0.308333	1	0.020559
	25--50	2.7	0.376327	1	0.052023
	50--75	5	0.387069	1	0.122549
	75--100	11.6	0.342297	1	0.333333
100	100-125	9.2	0.348101	1	0.277108
	125--150	40.4	0.436508	1	1.311688
	150--175	34.6	0.416667	1	1.138158
	175--200	30.5	0.429688	1	0.968254

جدول 2- اطلاعات فنی آبشویی

Depth	Thickness	Soil Texture	BD(gr/cm³)	D(gr/cm³)	Porosity(%)
0--25	25	CL	1.53	2.7	43.33
25--50	25	SiCL	1.6	2.72	41.18
50--75	25	SiC	1.65	2.7	38.89
75--100	25	SiC	1.5	2.72	44.85
100--125	25	SiCL	1.42	2.72	47.79
125--150	25	SiCL	1.42	2.72	47.79
150--175	25	SiCL	1.42	2.72	47.79
175--200	25	SiCL	1.42	2.72	47.79

روش آبشویی با استفاده از معادله LF نسبت یا جزء آبشویی و iw و EC_e به ترتیب علامت آب آبیاری و متوسط هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک قبل از آبشویی است.

$$L \qquad (1)$$

نتایج جدول (1) بیانگرآن است که خاک تا عمق دو متری، شور و سدیمی می‌باشد. میزان شوری و سدیمی لایه‌های مختلف، با افزایش عمق، کاهش می‌یابد. هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک تا عمق دو متری، به متوسط در حدود 30 دسی زیمنس برمتر می‌باشد. ضمنا مقادیر درصد سدیم تبادلی، گویای عدم یکنواختی در لایه‌های مختلف و روند کاهشی، از سطح به سوی لایه‌های زیرین خاک می‌باشد. به طوری که در لیه 25 – 0 سانتی‌متری، میزان آبشویی 43/9 درصد می‌رسد. براساس طبقه‌بندی آزمایشگاه شوری ایالات متحده آمریکا، خاک مورد آزمون، جزو خاک‌های شور و سدیمی طبقه بندی می‌شود. همچنین براساس طبقه بندی خاک‌های شور و سدیمی درایران، خاک مورد آزمون، از نظر شوری، در کلاس جدول ویل‌کوکس 4 (S مشکل شوری بسیار زیاد) و از نظر سدیمی در کلاس 4 (C مشکل سدیمی بسیار زیاد) قرار می‌گیرد.

اصلاح خاک‌های شور معمولاً بوسیله غرقاب کردن زمین انجام می‌گیرد. عمق خاکی که به این طریق اصلاح می‌شود حدوداً برابر عمق آبی است که در خاک نفوذ و از آن عبور می‌کند. با جابه‌جاشدن مقدار آبی معادل یک برابر حجم فضای خالی خاک شوری به نصف تقلیل می‌یابد و اگر مقدار آب جابه‌جا شده معادل 1/5 تا 2 برابر حجم فضاهای خالی خاک باشد شوری به اندازه 80% کاهش می‌یابد. چون حجم نسبی فضاهای خالی خاک حدوداً 50% است (یعنی 50 درصد حجم خاک فضای خالی آن است) لذا جابجا شدن مقدار آبی معادل دو برابر حجم فضای خالی خاک برابر ارتفاع آبی است که به اندازه عمق خاک می‌باشد. مثلاً اگر بخواهیم خاکی به عمق 0/5 متر را شستشو دهیم، به‌طوری‌که حجم آب جابجا شده در داخل خاک به اندازه دو برابر حجم فضای خاک باشد، به ارتفاع آبی معادل 0/5 متر نیاز خواهد بود.

برای آبشویی نصف املاح خاک به عمق 200 سانتی‌متر ارتفاع آبی معادل 100 سانتی‌متر حاوی املاح کم کافی است. طبق آزمایشاتی که در جنوب ایالت کالیفرنیا بر روی خاک‌های خیلی شور انجام شد، فرمول تجربی زیر را برای تعیین عمق آب لازم جهت آبشویی ارایه گردید:

$$D_{iw} = [(\frac{ECei}{5ECef}) + 0.15]\, D_s \qquad (2)$$

D_{iw} ارتفاع آب جهت شستشوی املاح محلول، D_s عمق خاک، ECe_i متوسط هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک قبل از آبشویی و ECe_f متوسط هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک بعد از آبشویی (که در حقیقت همان ECe قابل‌تحمل گیاه است) می‌باشد.

باتوجه‌به داده‌های جدول پس از آبشویی مشخص گردید که خاک موردنظر از خاک شور به خاک شوری- سدیمی تبدیل شد که در این حالت نیاز به اصلاح‌کننده می‌باشد. معمولی‌ترین ماده اصلاح‌کننده خاک گچ یا $CaSO_4, 2H_2O$ است که به خاک یا آب آبیاری اضافه می‌شود.

هدف اصلی مصرف گچ در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی، ورود مقادیر بیشتر کلسیم به خاک و جایگزینی آن با سدیم اضافی موجود روی سطوح تبادلی ذرات خاک است. با علم به اینکه واکنش تبادلی طبق قوانین معمول شیمی با اکی والان‌های برابر صورت می‌گیرد.

تعیین مقدار ماده اصلاح‌کننده برای خاک‌های سدیمی بستگی به ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) خاک، تغییر موردنظر در ESP وزن مخصوص ظاهری خاک و عمق خاک دارد. اگر CEC بر حسب مول در کیلوگرم خاک (mol/kg) توصیف گردد مقدار کلسیم موردنیاز (بر حسب مول در کیلوگرم) برابر خواهد بود با حاصل‌ضرب CEC در تغییر ESP بخش بر 100 یعنی:

$$Ca\ (mol/kg) = \frac{(CEC) * (\Delta ESP)}{100} \qquad (3)$$

در واقع این معادله مقدار یون‌هایی که لازم است به خاک اضافه شود تا ESP آن را به‌اندازه (ΔESP) تقلیل دهد به دست می‌دهد و همان‌طور که گفته شد این یون‌ها با افزودن گچ به خاک اضافه می‌شود. باتوجه‌به قابلیت انحلال گچ $CaSO_4, 2H_2O$ در حالت اشباع حدود 30 میلی اکی والان در هر لیتر آب خالص است و یا با محاسبه میزان سدیم اضافی خاک می‌توان گچ موردنیاز را بر اساس رابطه زیر محاسبه کرد.

$$GR = \frac{\rho_b * a * d * (ESP_i - ESP_f) * CEC * 8.61}{b} \qquad (4)$$

که در آن GR نیاز گچی (کیلوگرم در هکتار)، ESPi درصد سدیم تبادلی اولیه خاک، ESPf درصد سدیم تبادلی موردانتظار بعد از اصلاح، CEC ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (میلی اکی‌والان در صد گرم خاک)، a سطح (هکتار)، d عمق خاک موردنظر برای اصلاح (متر)، pb جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و b درصد خلوص گچ مورداستفاده می‌باشد. جرم مخصوص ظاهری خاک، وزن حجم خاک است و بافت خاک و مواد آلی از جمله عوامل اساسی تعیین‌کننده آن است.

جدول 3- تخمین جرم مخصوص ظاهری خاک با استفاده از کلاس بافتی

کلاس بافتی خاک	Clay	Silty clay	Silty clay loam	Clay loam	Sandy clay	Sandy clay loam	Loam	Silty loam	Silt	Sandy loam	Loamy sand	Sand
جرم مخصوص ظاهری (g/cm3)	۱/۲۵	۱/۳	۱/۲۸	۱/۳۵	۱/۳۲	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۵	۱/۴۸	۱/۵۴	۱/۶۸	۱/۷

درصد سدیم تبادلی با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی شامل مجموع کاتیون‌های تبادلی (CEC) و سدیم تبادلی (Nax) نیاز است که اندازه‌گیری این متغیرها خصوصاً در شرایط شور عملاً با دشواری‌های زیادی همراه است، به صورتی که پیشنهاد می‌شود، اگرچه SAR برای آب آبیاری محاسبه می‌شود، درصورتی‌که نتایج تجزیه خاک در دسترس باشد، بر اساس ترکیب محلول اشباع خاک مقادیر SAR محاسبه شده و با استفاده از رابطه زیر ESP به دست می‌آید.

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (5)$$

$$ESP = \frac{Na_x}{CEC} = \frac{100 * (-0.0126+0.01475 * SAR)}{1 + (-0.0126+0.01475 * SAR)}$$

دراین‌رابطه Na_x میزان سدیم در فاز تبادلی است که اندازه‌گیری آن در خاک‌های شور و یا سدیمی سخت می‌باشد. در صورت عدم دسترسی به نتایج آزمایش‌های خاک، مقادیر SAR را می‌توان با استفاده از مقادیر کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم موجود در آب آبیاری نیز برآورد کرد. زمان مصرف گچ نیز همانند دیگر عملیات اصلاحی بهتر است در دوره خواب گیاه و در طول دو فصل پاییز و زمستان انجام شود. البته در صورت فراهم بودن شرایط و وجود آب به مقدار کافی، می‌توان در هر فصلی از سال گچ را به خاک اضافه کرد. گچ ماده‌ای با حلالیت متوسط و دارای ضریب نمکی نسبتاً پایینی می‌باشد، بنابراین چنانچه در دوره رشد گیاه نیز به خاک داده شود از لحاظ ایجاد شوری مشکلی ایجاد نمی‌کند. گچ به هر شکلی که مصرف شود بایستی همراه با آبیاری سنگین باشد تا سدیم آزاد شده از سطوح تبادلی با مصرف آب آبیاری کافی از محدوده ریشه خارج گردند. نکته مهم اینکه آب لازم برای انحلال مقدار مشخص گچ معمولاً بر اساس حلالیت گچ در آب آزاد محاسبه می‌شود.

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به نیاز آب‌شویی خاک دشت شهمان نیاز است تا ارتفاع 200 سانتی‌متر خاک موردنظر مورد آبشویی قرار گیرد. باتوجه‌به قلیایی بودن خاک مورد تحقیق که در جدول ذیل مقدار گچ کشاورزی موردنیاز آن مشخص گردیده است نیاز گچی براساس عمق پروفیل 175 تا 200 سانتی‌متر آن 4.7meq/100 gr soil تعیین شده است، برابر 7/7 کیلوگرم در مترمکعب خاک می‌باشد.

جدول 3- مقدار گچ کشاورزی موردنیاز کاتیون‌ها برحسب meq/lit و گچ meq/100grsoil

Gypsum	PH	ESP%	ESP	SAR	CEC	Na+	Ca++	Mg++
0	8.4	12.38	0.1238	5.97	9.1	870	336	244
0	8.3	11.19	0.1119	5.04	11.4	475	129	115
0.7	8.3	28.57	0.2857	8.82	15.7	377.5	109	69
0.4	8.4	54.16	0.5416	27.21	17.4	323.5	72	51
0.7	8.4	73.33	0.7333	17.66	18	312.5	68	56
0.5	7.8	33.67	0.3367	39.44	18	300	66	45
1.1	7.9	79.12	0.7912	36.93	18.6	292	60	41
4.7	8	65.47	0.6547	35.7	18.6	285	60	41

در صورت عدم آبشویی خاک و خروج زهاب شرایط ماندابی مشکلات کشت بی‌هوازی و کاهش عملکرد در محصول مشاهده خواهد شد. بالابودن مقدار کلسیم در این خاک موجب آنتاگنیزم با پتاسیم شده و کمبود پتاسیم در محصولات مشاهده خواهد شد. باتوجه‌به عمق خاک گچ کشاورزی با برنامه‌ریزی بلندمدت در طول چند سال به خاک افزوده می‌گردد.

منابع

الیاس آذر، خ. 1381. اصلاح خاک های شور و سدیمی (مدیرت خاک و آب) انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه، 245 صفحه.

بذرافکن، ع. 1375. بررسی میزان آبشویی اولیه لازم در اراضی کشت و صنعت هفت تپه پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران، اهواز، 132 صفحه.

برزگر، ع. 1387. خاک‌های شور و سدیمی: شناخت و بهره‌وری. انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز. خوزستان مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. جلد 4 شماره 16، 1-14.

پذیرا، ا. و کشاورز، ع. 1378. بررسی و تعیین آب موردنیاز اصلاح خاک‌های شور و سدیمی اراضی جنوب شرقی استان کشاورزی و منابع طبیعی جلد 13، شماره 6، 1-15.

خاکساری، و. و ناصری، ا. 1385. آبشویی خاک به‌منظور اصلاح خاک شور و قلیا در منطقه چاه افضل استان یزد. مجله علوم

کشکولی، ح. و جلالی، ع. 1388. بررسی آب موردنیاز آبشویی خاک‌های شور و سدیمی به روش آبشویی غرقابی دایم و متناوب و مقایسه نتایج با مدل‌های تجربی در اراضی جنوب استان خوزستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.

کشکولی، ح. و سرخه نژاد، م. 1389. بررسی اثرات آبشویی به دو روش غرقابی دائم و متناوببر خاک‌های شور و سدیمی منطقه شادگان، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، 122 صفحه.

نژاد هاشمی، ا. 1379 بررسی نفوذپذیری خاک‌های گچی طی فرایند آبشویی. گزارش فنی آبشویی، جلد اول، 100 صفحه.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. 1380. دستورالعمل آزمایش‌های آبشویی خاک‌های شور و سدیمی درایران. نشریه شماره 243 . چاپ اول.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. 1381. دستورالعمل آزمایش‌های آبشویی خاک‌های شور و سدیمی در ایران نشریه شماره 255، چاپ اول.

بررسی تأثیر کاربرد کودهای آلی و مدیریت آبیاری بر صفات زراعی و عملکرد برنج

مرتضی کمالی [1]، مجتبی رضایی [2]

[1] استادیار موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، Mortezakamali2013@gmail.com

[2] دانشیار موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت

چکیده

این پژوهش باهدف بررسی اثرات دورهای آبیاری و مقادیر مختلف کود آلی بر صفات کمی و عملکرد برنج رقم هاشمی، در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال 1400 انجام شد. عامل اصلی در این آزمایش، دور آبیاری در چهار سطح شامل غرقاب دائم، آبیاری با دور هشت روز، آبیاری با دور پانزده روز، آبیاری با دور بیست و یک روز و عامل فرعی کود مصرفی در پنج سطح شامل 10 تن کود مرغی فرآوری شده، 20 تن کود گاوی کاملاً پوسیده و 40 تن کود گوسفندی در هکتار، کود شیمیایی و تیمار صفر کودی در نظر گرفته شد. نتایج برگرفته از این پژوهش نشان داد که در بین تیمارهای کود آلی، تیمار 20 تن در هکتار کود گاوی با جبران حدود 90 درصدی عملکرد شلتوک نسبت به کود شیمیایی بهترین عملکرد را داشته‌اند. نتایج تیمارهای آبیاری نیز نشان می‌دهد که دور آبیاری 8 روزه با کاهش عملکرد میانگین 11 درصد نسبت به آبیاری غرقاب، به میزان 16 درصد صرفه‌جویی در مصرف آب را افزایش داده است که از نظر اقتصادی و حفظ بهره‌وری مناسب است.

کلمات کلیدی: تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، قطعه‌های کامل تصادفی، دور آبیاری

مقدمه

بنا بر گزارش مرکز تحقیقات بین‌المللی برنج (IRRI) میزان تولید برنج تا سال 2035 باید حداقل 26 درصد افزایش پیدا کند. این در حالیست که باتوجه‌به وضعیت بحرانی منابع آبی جهان در حال حاضر، برداشت از این منابع را تنها تا 10 درصد میزان فعلی برای کلیه محصولات کشاورزی می‌توان افزایش داد (FAO, 2015). آبیاری غرقاب دائم با عمق آب 5 سانتی‌متر، که به طور گسترده در سراسر جهان برای کشت برنج استفاده می‌شود، یکی از عوامل مؤثر در کاهش بهره‌وری آب و از دست رفتن منابع است. تاکنون پژوهش‌های زیادی با هدف کاهش مصرف آب، کاهش تبخیر و تعرق و افزایش بهره‌وری آب در کشت برنج انجام شده که به معرفی روش‌های آبیاری جایگزین نظیر آبیاری تناوبی و آبیاری با فواصل زمانی مشخص منجر شده‌اند (رضایی و همکاران، 1390).

از سوی دیگر گیاهان زراعی برای رشد و تولید محصول به عناصر غذایی نیاز دارند که عمدتاً از طریق کودهای شیمیایی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (عبدی رکنی و همکاران، 1397). اما بررسی اثرات تجمعی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی در طی سالیان اخیر نشان می‌دهد که مصرف بی‌رویه این قبیل نهاده‌ها موجب بروز انواع آلودگی در منابع آب و خاک و ورود بقایای آن‌ها به چرخه غذایی انسان و دام شده است (شهدی‌کومله، 1398). استفاده از کودهای آلی در بخش کشاورزی به‌منظور تأمین عناصر غذایی و بهبود شرایط فیزیکی خاک برای تقویت رشد و افزایش عملکرد گیاهان از اهمیت خاصی برخوردار است (مدرومی و همکاران، 1394). در بسیاری از خاک‌های کشاورزی مشاهده شده است که مواد آلی، خاکدانه‌سازی را افزایش داده و از این طریق روی ظرفیت آب قابل دسترس گیاه تأثیر می‌گذارد. همچنین، کودهای آلی می‌توانند با جذب و آزادسازی تدریجی رطوبت نقش مهمی در جلوگیری از هدررفت آب در شالیزار داشته باشند (باقری و افراسیاب، 1394).

لذا باتوجه‌به بحران‌های موجود در زمینه کمبود منابع آب و همچنین، لزوم ارائه راهکارهای مناسب در جهت تعدیل و کاهش مصرف کودهای شیمیایی و حفظ پایداری منابع آب‌وخاک، این پژوهش باهدف ارائه راهکارهای قابل‌توصیه به‌منظور افزایش بهره‌وری آب در شرایط شالیزاری و تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه برنج از طریق منابع آلی و دست‌یابی به عملکرد پایدارتر برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی در سه تکرار در اراضی شالیزاری مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) طی سال زراعی (1399) انجام شد. فاکتور اصلی در این آزمایش، دور آبیاری در چهار سطح شامل غرقاب دائم، آبیاری با دور هشت روز، آبیاری با دور پانزده روز و آبیاری با دور بیست و یک روز به ترتیب با مصارف آب 660، 550، 410 و 320 میلی‌متر در طول فصل زراعی و فاکتور فرعی، کاربرد کود در پنج سطح شامل تیمار صفر کودی، تیمار با کود شیمیایی (میزان 150 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره، 100 کیلوگرم در هکتار کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و 100 کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم از منبع کلرور پتاسیم قبل از نشا)، 10 تن کود مرغی فراوری شده، 20 تن کود گاوی کاملاً پوسیده و 40 تن کود گوسفندی در هکتار در نظر گرفته شد.

تقریباً یک هفته قبل از نشاکاری کودهای دامی توزین و هم‌زمان با عملیات شخم ثانویه در سطح کرت‌های آزمایشی توسط نیروی کارگری پخش شد. به‌منظور جلوگیری از نفوذ کود و آب از کرتی به کرت دیگر و همچنین رشد علف‌های هرز، مرزها با پوشش نایلونی پوشانده شدند. نشاهای مورداستفاده برای کشت برنج رقم هاشمی در مرحله 3 تا 5 برگی از خزانه مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت تهیه گردید. کشت نشاهای برنج به فواصل 20×20 سانتی‌متر از یکدیگر انجام گرفت. پس از انتقال نشاءها به زمین اصلی، کرت‌ها به مدت 10 روز تمام غرقاب دائم نگه داشته شد و نشاءها استقرار یافت. پس از آن، مدیریت آبیاری در کرت‌ها بر مبنای برنامه اعمال گردد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای دور آبیاری و سطوح مختلف کودی بر صفت ارتفاع بوته به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول 1). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای غرقاب دائم (134/9 سانتی‌متر) و مصرف کود شیمیایی (136 سانتی‌متر) و تیمارهای آبیاری 21 روزه (118/8 سانتی‌متر) و شاهد صفر کودی (116/7 سانتی‌متر) به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین ارتفاع بوته بودند (جدول‌های 2 و 3). تیمار 20 تن کود گاوی نیز بالاترین ارتفاع بوته (128/3 سانتی‌متر) را در میان تیمارهای کود آلی به خود اختصاص داد (جدول 3). به طور کلی از نظر ارتفاع بوته در بین تیمارهای آبیاری، آبیاری غرقاب با آبیاری هشت روزه و در بین تیمارهای کودی، تمامی تیمارهای آلی با تیمار شیمیایی، تفاوت معنی‌داری نداشتند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کاربرد سطوح مختلف کودی بر تعداد پنجه بارور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 1). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمارهای کود شیمیایی با میانگین 14/3 و صفر کودی با میانگین 10/7 به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین میانگین تعداد پنجه بارور در هر کپه بودند. تیمار 20 تن کود گاوی نیز با 13/4 تعداد پنجه بارور بیشتری نسبت به دو تیمار دیگر کود آلی داشت. همچنین بین تیمارهای کود گاوی و کود گوسفندی با تیمار کود شیمیایی از نظر تعداد پنجه بارور تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول 3).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر دور آبیاری و کود بر عملکرد شلتوک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 1). بیشترین عملکرد شلتوک از تیمار مصرف کود شیمیایی (3533/2 کیلوگرم در هکتار) و غرقاب دائم (3318/1 کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد از تیمار شاهد صفر کودی (1831/3کیلوگرم در هکتار) و دور آبیاری بیست و یک روز (2423/3 کیلوگرم در هکتار)

بدست آمد (جدول‌های 2 و 3). در بین تیمارهای آبیاری، آبیاری هشت روزه از نظر عملکرد، تفاوت معنی‌داری با آبیاری غرقاب ندارد، به‌طوری‌که با کاهش عملکرد 11 درصدی، 17 درصد در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود. در بین تیمارهای کود آلی نیز کودهای گاوی و گوسفندی به ترتیب با عملکرد 3175/7 و 3039/2 کیلوگرم در هکتار، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. ولی استفاده از کود گاوی کاهش 10 درصدی عملکرد نسبت به کود شیمیایی را سبب می‌شود.

جدول 1- تجزیه واریانس صفات زراعی برنج رقم هاشمی طی سال زراعی 1400

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		ارتفاع بوته	تعداد پنجه بارور	عملکرد شلتوک
تکرار	2	325/5	0/282^{ns}	69764/13^{ns}
دور آبیاری	3	867/39*	4/14^{ns}	2073281**
خطای دور آبیاری	6	140/14 ^{ns}	5/75 ^{ns}	82032/1 ^{ns}
کود	4	585/1**	21/47**	4948730/44**
دور آبیاری x کود	12	46/29^{ns}	3/05 ^{ns}	1847055/21 ^{ns}
خطا	32	134/46	2/63	105778/87
ضریب تغییرات		9/16	12/76	11/32

* و ** و ns به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیرمعنی‌دار.

جدول 2- میانگین اثر سطوح مختلف دور آبیاری بر صفات زراعی برنج رقم هاشمی طی سال زراعی 1400

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار)
غرقاب دائم	134/9 ^{a}	3318/1 ^{a}
آبیاری هشت‌روزه	130/8 ^{ab}	2956/2 ^{ab}
آبیاری پانزده‌روزه	121/5 ^{bc}	2787 ^{bc}
آبیاری بیست و یک‌روزه	118/8 ^{c}	2423/3 ^{c}

اعداد با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD هستند.

جدول 3- میانگین اثر سطوح مختلف کودی بر صفات زراعی برنج رقم هاشمی طی سال زراعی 1400

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد پنجه بارور	عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار)
صفر کودی	116/7 ^{b}	10/7 ^{c}	1831/3 ^{d}
کود مرغی	124/3 ^{ab}	12/1 ^{bc}	2776/4 ^{c}
کود گوسفندی	127 ^{ab}	12/9 ^{ab}	3039/2 ^{bc}
کود گاوی	128/3 ^{ab}	13/4 ^{ab}	3175/7 ^{b}
کود شیمیایی	136 ^{a}	14/3 ^{a}	3533/2 ^{a}

اعداد با حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD هستند.

پژوهش‌های Salam et al. (2021) و Villano et al. (2015) نشان داد که استفاده از کودهای آلی دارای اثر مثبتی بر عملکرد برنج است. ازاین‌رو به نظر می‌رسد که کاربرد مقادیر بالای کود دامی در زمان وقوع تنش خشکی (کم‌آبی) با قابلیت جذب و آزادسازی تدریجی رطوبت می‌تواند تا حد زیادی موجب افزایش بهره‌وری و صرفه‌جویی در مصرف آب، تعدیل و کاهش مصرف نهاده‌های مصنوعی، توسعه

کشت پایدار برنج و تولید محصول سالم- ارگانیک گردد. همچنین در صورتی که بتوان از کودهای آلی و معدنی به‌صورت همزمان استفاده کرد علاوه بر افزایش عملکرد برنج، به بهبود شرایط خاک نیز منجر خواهد شد (Anisuzzaman et al., 2021; Arif et al., 2014).

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده در بین تیمارهای مصرف کود آلی، تیمار 20 تن کود گاوی در هکتار با دور آبیاری هشت روزه دارای بیشترین تأثیر در افزایش عملکرد برنج رقم هاشمی بود. البته باتوجه‌به تمایل کشاورزان به استفاده از کود شیمیایی به‌صورت کامل، می‌توان در ابتدا ترکیب کودهای آلی و شیمیایی را به کشاورزان پیشنهاد داد تا علاوه بر حفظ سلامت خاک و کمک به بهره‌وری آب، از نظر اقتصادی نیز کشاورز را اقناع نمود که به خدمات ترویجی از سوی نهادهای دولتی و غیردولتی با هدف دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی نیازمند است. در زمینه آبیاری نیز نیاز است تا باتوجه‌به کمبود روزافزون منابع آب، روش‌های آبیاری تناوبی و استفاده از دورهای ثابت را به کشاورزان آموزش داد تا ضمن صرفه‌جویی در آب، بهره‌وری آب نیز افزایش یابد.

منابع

باقری، ح. و افراسیاب، پ. 1394. مقایسه اثرات سوپرجاذب و ورمی کمپوست بر مقدار رطوبت ذخیره شده خاک در سطوح مختلف شوری آب آبیاری. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک 22 (3). 191-179.

رضایی، م. امیری، ا. و معتمد، م.ک. 1390. اثر آبیاری تناوبی و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم محلی هاشمی در گیلان. پژوهش‌های کاربردی زراعی (پژوهش و سازندگی) 24 (4). 67-57.

شهدی‌کومله، ع. 1398. مروری بر کاربرد کودهای آلی رایج در کشت و تولید برنج سالم و ارگانیک. نشریه مدیریت اراضی 7 (2). 165-143.

عبدی رکنی، خ.، حسینی یکانی، س.ع.، عابدی، س. و کشیری کلایی، ف. 1397. مدیریت مصرف کودهای شیمیایی برای تولید محصول برنج (مطالعه موردی گهرباران ساری). اقتصاد کشاورزی و توسعه 26 (101). 53-29.

مدرومی، ف.، امامی، ح.، خراسانی، ر. و آستارایی، ع. 1394. مقایسه مدل‌های سینتیکی برای تخمین معدنی شدن نیتروژن کودهای آلی در شرایط رطوبتی مختلف. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک 22 (2). 174-159.

Anisuzzaman, M., Rafii, M.Y., Jaafar, N.M., Ramlee, S.I., Ikbal, M.F. and Haque, M.A. 2021. Effect of Organic and Inorganic Fertilizer on the Growth and Yield Components of Traditional and Improved Rice (Oryza sativa L.) Genotypes in Malaysia. Agronomy. 11 (9): 1830-1852.

Arif, M., Tasneem, M., Bashir, F. and Yaseen, G. 2014. Effect of Integrated Use of Organic Manures and Inorganic Fertilizers on Yield and Yield Components of Rice. J. Agric. Res. 52, 197–206.

FAO. 2015. Daugherty Institute. In Yield Gap Analysis of Field Crops, Methods and Case Studies; FAO Water Report 41, Water for Food. FAO: Rome, Italy.

Salam, A., Sarker, N.I. and Sharmin, S. 2021. Do organic fertilizer impact on yield and efficiency of rice farms? Empirical evidence from Bangladesh. Heliyon. 7 (8).

Villano, R., Bravo-Ureta, B., Solís, D. and Fleming, E. 2015. Modern rice technologies and productivity in the Philippines: disentangling technology from managerial gaps. J. Agric. Econ. 66 (1), 129–154.

بررسی تغییرات نسبت کلسیم به منیزیم آب‌های زیرزمینی منطقه اشتهارد

لیلا اسماعیل‌نژاد [1]، سعید سعادت [2]

[1] استادیار، عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک وآب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، esmaeilnejad.leila@gmail.com

[2] دانشیار، عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک وآب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

نسبت کلسیم به منیزیم یکی از عوامل مهم در ارزیابی کیفیت آب‌های آبیاری است. کاهش این نسبت به مقادیر کوچک‌تر از یک، به‌ویژه در شرایط شور، بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اثر منفی داشته و با برهم‌زدن توازن تغذیه‌ای، باعث کاهش عملکرد گیاهان می‌شود. خشکسالی‌های مکرر و بهره‌برداری زیاد از منابع آب‌های زیرزمینی موجب افت شدید سطح آب و کیفیت آن، از جمله افزایش شدید شوری و در برخی موارد افزایش نسبی غلظت یون منیزیم شده است. به‌منظور بررسی تغییرات این نسبت در آب‌های آبیاری منطقه اشتهارد، نتایج تجزیه بیش از 2323 نمونه از آب‌های آبیاری این منطقه موردبررسی قرار گرفت. بررسی این داده‌ها نشان داد که در بازه زمانی 1400-1381، میانگین نسبت کلسیم به منیزیم در آب چاه‌های زیرزمینی اشتهارد حدود 63 درصد کاهش داشته است. اما هنوز بالاتر از حد بحرانی یعنی یک قرار داشته؛ ولی چنانچه روند کاهشی این نسبت طی سال‌های آتی ادامه یابد، باید اقدامات مدیریتی برای استفاده بهینه از آب و همچنین جلوگیری از تخریب خاک تحت آبیاری در این منطقه اتخاذ نمود.

کلمات کلیدی: استان البرز، تخریب خاک، شاخص شوری، کیفیت آب آبیاری

مقدمه

توسعه پایدار، یکی از مهم‌ترین چالش‌های جامعه بشری در قرن حاضر است. در این راستا، دسترسی به منابع آب کافی باکیفیت مطلوب را اولین شرط دستیابی به توسعه پایدار، امنیت غذایی و استقرار جمعیت به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح می‌کنند. گرچه آب زیرزمینی فراوان‌ترین منبع قابل‌دسترس آب شیرین در دنیاست و 97 درصد منابع آب شیرین دنیا را به‌جز یخ‌های قطبی و یخچال‌ها تشکیل می‌دهند و گاهی ثروت پنهان نامیده می‌شود، اما وجود و اهمیت آن به‌خوبی تبیین نشده است. در نتیجه اقدامات لازم برای شناسایی، حفاظت و مدیریت آن در راستای کشاورزی و محیط زیست پایدار یا انجام نمی‌شود یا بسیار دیر انجام می‌شود (Singh et al., 2020). تقریباً 85 درصد از مساحت ایران را مناطقی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک در بر گرفته است که کاملاً به منابع آب زیرزمینی وابسته بوده و به‌خاطر پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش، منبع آب جایگزینی برای تأمین نیازهای آبی‌شان نداشته که در چنین شرایطی افت کیفیت آب‌های زیرزمینی را در پی دارد. در سال‌های اخیر گزارشاتی مبنی بر تلخ شدن آب چاه‌های کشاورزی از طرف کشاورزان یا محققین به گوش می‌رسد که علت آن افزایش نسبت منیزیم به کلسیم در این آب‌هاست. همچنین در منابع آبی که نسبت منیزیم به مجموع کلسیم و منیزیم به بیش از 50 درصد برسد (Mg/Ca>1) صدمات ناشی از منیزیم معنی‌دار خواهد بود (Ayers and Westcot, 1985). در چنین شرایطی در اثر استفاده از این آب‌ها، احتمال پراکنش ذرات خاک افزایش یافته و تخریب ساختمان خاک و فرسایش را در پی خواهد داشت. در خاک آهکی، هرگاه نسبت Mg/(Ca+Mg) به بیش از 65-50 درصد برسد، عملکرد به دلیل کمبود کلسیم ناشی از مازاد منیزیم کاهش می‌یابد. با عنایت به موارد فوق این گونه استنباط می‌شود که استفاده از آب آبیاری دارای نسبت کلسیم به منیزیم کوچکتر از یک، به ویژه در شرایط شور باید با احتیاط صورت گیرد (Wu et al., 2018). کاهش سطح سفره‌های آب زیر زمینی در اغلب مناطق کشور همراه با کاهش کیفیت آب است. به‌رغم این مساله، استفاده از این آب‌ها، به دلیل کمبود

منابع آب، ضروری است. افزایش غلظت منیزیم و کاهش نسبت کلسیم به منیزیم در بسیاری از این آب‌ها، در درازمدت می‌تواند روی کیفیت خاک‌های کشور و در نهایت تولید محصولات کشاورزی اثر نامطلوبی داشته باشد، از این نظر تحقیق در این زمینه از دیدگاه اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی دارای اهمیت بسیار زیادی است. بر این اساس، در این تحقیق، شناسایی و تعیین پراکندگی منابع آب دارای منیزیم زیاد و یا نسبت کم کلسیم به منیزیم، موردتوجه و بررسی قرار گرفت و در گام بعدی، تغییرات این نسبت در بازه زمانی 1381-1400 بررسی شد.

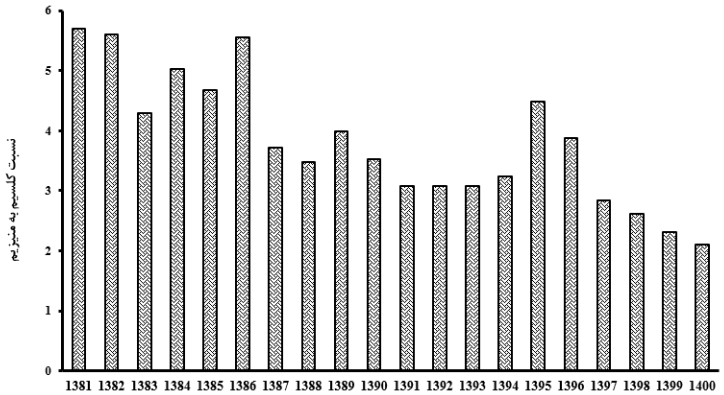
روش تحقیق

برای انجام این تحقیق از داده‌های کیفیت آب منطقه اشتهارد در بازه زمانی سال‌های 1381 تا 1400 مربوط به 53 حلقه چاه اخذ شده از شرکت مدیریت منابع آب ایران استفاده شد. این داده‌ها شامل اطلاعات کیفی آب همراه با مختصات چاه‌های عمیق، نیمه عمیق، قنات‌ها، و چشمه‌هایی است که از آب آنها برای آبیاری اراضی کشاورزی در اشتهارد استفاده شدند.

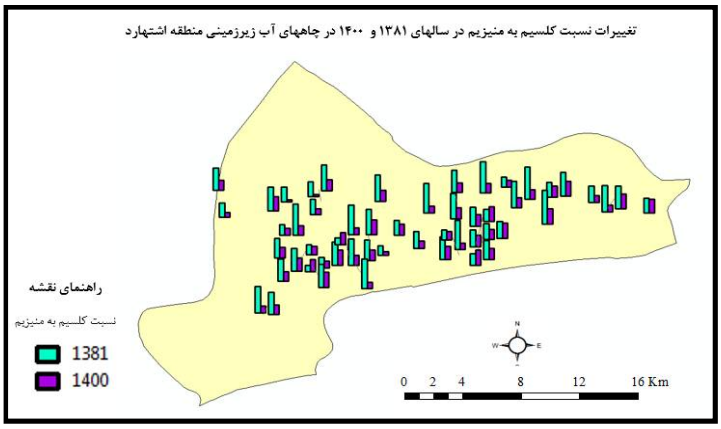
نتایج و بحث

میانگین تغییرات نسبت کلسیم به منیزیم در آب آبیاری چاه‌های زیرزمینی شهرستان اشتهارد در شکل 1 نشان داده شده است. بر این اساس، مقدار این نسبت از 5/69 در سال 1381 به 2/1 در سال 1400 رسیده است. این کاهش 63 درصدی باعث نزدیک شدن این نسبت به حالت نرمال (نسبت کلسیم به منیزیم برابر با یک) شده است. اما نکته قابل تامل اینست که چنانچه این روند کاهشی طی سال‌های آتی نیز ادامه داشته باشد و این نسبت به کمتر از یک، تقلیل یابد، هشداری برای تخریب خاک‌های کشاورزی در اثر استفاده از این آب‌ها خواهد بود. همچنین 3 درصد از چاه‌های آب زیرزمینی در سال 1381 دارای نسبت کلسیم به منیزیم کمتر از یک بودند که این مقدار در سال 1400 به 7 درصد افزایش یافت. همچنین تغییرات نسبت کلسیم به منیزیم در هر یک از چاه‌های بررسی شده، در سال‌های 1381 و 1400 به تفکیک نشان داده شده است. روند نزولی این نسبت در همه چاه‌های آب زیرزمینی مشاهده می‌شود (شکل 2).

در سال‌های اخیر، به دلیل کاهش بارش‌ها و کاهش کمی منابع آب متعارف در کشاورزی، استفاده از آب‌های نامتعارف مثل فاضلاب‌های صنعتی و شهری روبه‌افزایش است. منطقه اشتهارد نیز به دلیل نزدیکی به شهرک صنعتی اشتهارد از این مقوله مستثنی نبوده و در موارد زیادی فاضلاب صنعتی یا پساب تصفیه شده که حاوی مقادیر زیادی منیزیم است (Pescod, 1992; Kiziloglu et al., 2007) به سمت اراضی کشاورزی رهاسازی می‌شود که یا به طور مستقیم یا به‌صورت اختلاط آن با آب‌های متعارف برای آبیاری اراضی کشاورزی استفاده می‌شود. اکسید مورداستفاده در صنعت چرم‌سازی و رهاسازی فاضلاب این صنعت در اراضی کشاورزی، در طی دهه‌ها باعث افزایش غلظت منیزیم در خاک‌های آبیاری شده با چنین آب‌هایی در پاکستان شده است (Rengasamy and Marchuk, 2011).



شکل 1- تغییرات نسبت کلسیم به منیزیم آب‌های آبیاری در منطقه اشتهارد استان البرز



شکل 2- تغییرات نسبت کلسیم به منیزیم آب‌های آبیاری در منطقه اشتهارد استان البرز

منابع

Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985. Water Quality for agriculture. In FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29 (Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Kiziloglu, F.M., Turan, M., Sahin, U., Angin, I.and Okuroglu, M. 2007. Effects of wastewater irrigation on soil and cabbage-plant (Brassica olerecea var. capitata cv. Yalova-1) chemical properties. J. Plant Nutr. Soil Sci. 170, 166–172.

Pescod, M.B. (Ed.). 1992. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. Irrigation and Drainage Paper No. 47. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Rengasamy, P. and Marchuk, A. 2011. Cation ratio of soil structural stability (CROSS). Soil Res. 49, 280–285.

Singh, K.K., Tewari, G. and Kumar, S. 2020. Evaluation of groundwater quality for suitability of irrigation purposes: a case study in the Udham Singh Nagar, Uttarakhand. Journal of Chemistry, 27(3), 265-280.

Wu, Z., Wang, X., Chen, Y., Cai, Y. and Deng, J. 2018. Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China, Science of the Total Environment 612 :914 –922.

بررسی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و ساکاروز سنتتاز کینوا در مواجهه با تنش شوری

پیوند پاپن [1]، شیدا شاهین زاده [2]، بیژن نظری [3]

[1] کارشناس سازمان آب و برق خوزستان، payvand_p2006@yahoo.com

[2] کارشناس سازمان آب و برق خوزستان

[3] استاد دانشگاه بین المللی امام خمینی قزوین

چکیده

به‌منظور بررسی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و ساکاروز سنتتاز کینوا (Chenopodium quinoa willd.) تحت‌تأثیر شوری آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت طرح قطعه‌های کامل تصادفی در شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک‌خان در جنوب غرب خوزستان در سال 1398با 3 تکرار اجرا شد. در این تحقیق ارقام کینوا به‌عنوان عامل اصلی و آبیاری دو سطح شوری (شاهد و 45 دسی زیمنس بر متر) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج تحقیق نشان داد افزایش غلظت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز در سطح شوری 45 دسی زیمنس بر متر به‌وضوح مشخص است به‌طوری‌که در تیمارهای بیشترین عملکرد دانه به ترتیب به 9.2 و 19.7 میکروگرم بر میلی‌گرم پروتئین رسید. با افزایش سطح تنش شوری، غلظت آنزیم ساکاروز سنتتاز کاهش می‌یابد. در تیمارهای واقع در شرایط بدون تنش (شاهد)، حداکثر میزان آنزیم ساکاروز سنتتاز حاصل شد که به‌عنوان عامل مهم در رشد و تولید گیاه شناخته می‌شود. طی آبیاری با آب بسیار شور (45 دسی زیمنس بر متر)، اگرچه عملکرد دانه کاهش یافت؛ اما به دلیل افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز تولید دانه در گیاه میسر بود. افزایش فعالیت آنزیم‌ها در شرایط تنش شوری نشان‌دهنده کارایی بهتر بوته‌های کینوا از نظر جنبه‌های مختلف رشدی و متابولیسم است. باتوجه‌به هدف طرح مبنی بر رفتارشناسی ارقام کینوا و بررسی تحمل آن‌ها به شوری، می‌توان کشت آن را به‌عنوان یک راهکار در اراضی جنوب اهواز بکار برد.

کلمات کلیدی: پراکسیداز، ساکاروز سنتتاز، شوری، کینوا

مقدمه

در بسیاری از مناطق دنیا به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک منابع آب غیر شور محدود بوده و پیوسته در حال کاهش است (Jiang et al., 2012)؛ بنابراین، کشاورزان مجبور به استفاده از آب‌های نامتعارف، نظیر آب‌های شور و لب‌شور می‌شوند. آبیاری مزارع با این قبیل آب‌ها حتی برای گیاهان مقاوم به شوری نیز، علاوه بر کاهش محصول، مشکلات ناشی از شور و نامرغوب شدن اراضی را در پی دارد (Abdelgawad et al., 2005). تأثیر منفی شوری بر رشد گیاه، به علت پتانسیل اسمزی پایین محلول خاک (تنش اسمزی)، سمیت یونی (تنش شوری) و عدم تعادل عناصر غذایی ایجاد می‌شود (Sadat Noori et al., 2011). نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که تنش شوری سبب ایجاد رادیکال‌های آزاد اکسیژن مانند سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل در کلروپلاست و دیگر اندامک‌های سلولی گیاه می‌شود. این رادیکال‌های آزاد آسیب‌های زیادی را از طریق اکسیداسیون چربی‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک به سلول وارد می‌کنند. در مقابل، گیاهان از طریق فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان طی بروز تنش شوری، اثر سوء تنش اکسیداتیو را کاهش می‌دهند (Ashraf et al., 2009).آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در واقع سریع‌ترین واحدهای مقابله‌کننده در برابر حمله اکسیژن‌های فعال به شمار می‌آیند. آنزیم‌های دخیل در فرایند غیرسمی کردن انواع اکسیژن فعال شامل کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز، پراکسیداز، آسکوربیک

پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز می‌باشند که در پاک‌سازی انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول‌های گیاهی به طور مستقیم نقش دارند (Ashraf & Harris, 2004). نتایج تحقیقات نشان داده گیاهانی که توانایی سیستم آنتی‌اکسیدان بالایی داشته باشند، در محیط‌های شور تحمل بیش‌تری دارند (Hasanuzzaman et al., 2013).

در گیاهان تحت تنش شوری عدم تعادل عناصر غذایی به شکل‌های مختلف بروز می‌نماید. ممکن است شوری با تأثیر بر قابلیت استفاده از برخی عناصر، جذب، انتقال یا توزیع عناصر غذایی درون گیاه را دچار اختلال کند و یا با غیرفعال نمودن نقش فیزیولوژیک عنصر غذایی مصرف شده، منجر به افزایش ذاتی نیاز غذایی گیاه شود (Malakooti & Homayi, 2004). نیتروژن از اجزای تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، پپتیدها، کلروفیل، آلکالوئیدها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌ها است در شرایط کمبود نیتروژن سنتز کلروپلاست و کلروفیل و بسیاری از آنزیم‌های فرایندهای مختلف متابولیکی، مختل می‌شود (Majd & Ardakani, 2003). به دلیل این‌که شوری بر جذب و اسیمیلاسیون نیتروژن در گونه‌های مختلف گیاهی تأثیر می‌گذارد، منبع نیتروژن نقش مهمی در تعادل شوری گیاه بازی می‌کند (Abdelgadir et al., 2010).

کینوا با نام علمی Chenopodium quinoa از خانواده Amaranthaceae یک‌شبه غله کم‌حجم باارزش غذایی بالا، منبع غنی از پروتئین، آهن، منیزیم، فیبر، فسفر و ویتامین و باتحمل بالا به انواع تنش‌های زنده و غیرزنده (خشکی و شوری) نسبت به غلات معمولی است (Basra et al., 2014). نیاز کودی کینوا به دلیل تنوع شرایط اکولوژیکی در سراسر دنیا هنوز تحت مطالعه است. برای مثال ایرلی و همکاران (Erley et al., 2005) گزارش کردند که کینوا به‌شدت به کود نیتروژنه پاسخ داده و کاربرد 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در خاک لومی عملکرد دانه بیشتر از 350 کیلوگرم در هکتار را نشان داده است و عملکرد دانه نسبت به شاهد 94 درصد رشد داشته است. کینوا به تجمع یون‌های نمکی در بافت‌ها و تعدیل پتانسیل آب برگ (Razzaghi et al., 2012) به‌وسیله استراتژی‌های ساختاری و فیزیولوژیکی متفاوت مانند فرار از خشکی، تحمل خشکی، سیستم ریشه‌ای متراکم و عمیق و برگ‌هایی با دیوارهای ضخیم و افتاده، شناخته شده است (Adolf et al., 2012). کینوا دارای یک سیستم بسیار کارآمد برای تنظیم فشار اسمزی، برای تنش افزایش ناگهانی NaCl است (Hariadi et al., 2010) و قادر به تکمیل چرخه زندگی خود و تولید بذر حتی در شوری آب دریا می‌باشد (Koyro et al., 2008). در استان خوزستان سالانه حدود چهار میلیارد مترمکعب زهاب در اثر فعالیت‌های مختلف به‌ویژه کشاورزی، تولید می‌گردد که سبب ایجاد مشکلات جدی زیست‌محیطی می‌شود. واحدهای توسعه نیشکر و مزارع پرورش ماهی از تولیدکنندگان اصلی زهاب هستند (kwpa report, 2011). کشت کینوا باتوجه‌به اهمیت آن به‌عنوان یک گیاه زراعی مقاوم به شوری به‌خصوص با استفاده از زهاب در مناطق جنوبی ایران موجب ایجاد تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار و ایجاد افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی خواهد شد. ازآنجایی‌که در مورد سازوکارهای مرتبط با کاهش اثرات نامطلوب تنش شوری منتهی به تنش اکسیداتیو در کینوا از طریق کاربرد نیتروژن مطالعات چندانی انجام نشده است، بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی برخی تغییرات بیوشیمیایی گیاه کینوا در شرایط تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در دو سال زراعی 98-97 و 99-98 جهت بررسی امکان کشت کینوا در اراضی شور در اهواز انجام گرفت. در سال اول اجرای طرح، دو فاکتور رقم و تاریخ کاشت موردبررسی قرار گرفت. فاکتور اول فاکتور رقم، که شامل 15 رقم و ژنوتیپ و فاکتور دوم تاریخ کاشت که در 5 نوبت شامل 25 آبان، 15 آذر، 5 دی، 25 دی و 15 بهمن به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه قطعه‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه به‌صورت گلدانی اجرا گردید. در سال دوم اجرای طرح با انتخاب سه رقم برتر و دو تاریخ کاشت مناسب‌تر حاصل از آزمایش سال اول و همچنین دو تاریخ کاشت جدید 15 مهر و 5 آبان با چهار سطح شوری (شاهد، 15، 30، 45 دسی زیمنس بر متر) به‌صورت طرح قطعه‌های کامل تصادفی در قالب آزمایش اسپلیت فاکتوریل در کشت گلدانی خارج از گلخانه (در مزرعه) اجرا شد. این تحقیق در شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان (طول جغرافیایی 31 درجه و 2 دقیقه شمالی وعرض جغرافیایی 62 درجه و 29 دقیقه شرقی) با ارتفاع 45 متر از سطح دریا انجام گردید بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی آبادان و خرمشهر میانگین بارندگی سالانه

160 میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه 25/4 درجه سانتی‌گراد (میانگین دمای دوره رشد 17درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی 47/1 درصد می‌باشد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول 1 و کیفیت آب آبیاری در جدول 2 نشان داده شده است.

جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکی وشیمیایی خاک

عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil Texture	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	فسفر قابل‌استفاده Available Phosphorus ($mg\ kg^{-1}$)	Cl*	K*	Na*	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$*	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	SAR
					$mg\ L^{-1}$					
0-25	Cl	7.98	5.05	14.45	918	17.5	667	1025	0.038	7.23
25-50	Cl	8	2.55	14.15	569	6.24	305	334	0.024	5.81
50-75	S C L	8.01	2	13.81	438	5.46	266	304	0.022	5.33

جدول 2- ویژگی‌های آب استفاده شده در این پژوهش

Source of water	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	SAR	Cl^- ($meq\ L^{-1}$)	Ca^{2+} ($meq\ L^{-1}$)	Mg^{2+} ($meq\ L^{-1}$)	Na^+ ($meq\ L^{-1}$)	$NO_3\ NO_2$ ($mg\ L^{-1}$)
Karun	2.41	7.79	9.03	16.70	3.6	3.26	16.72	3.23
Sugar-cane rainaged	7.56	7.99	9.92	40.46	16.87	16.40	40.40	4.87

در بررسی تأثیر سطوح شوری، ژنوتیپ و تاریخ کاشت در کینوا، فعالیت‌های آنزیمی نیز موردبررسی قرار گرفت. برای این منظور، از همه تیمارهای آزمایشی نمونه‌هایی از بافت تر گیاه (برگ، ساقه و گل‌آذین) تهیه شد و در فریزر گیاهی نگه‌داری شد. بین همه عامل‌های موردبررسی (رقم، تاریخ کاشت و شوری) نمونه‌هایی شامل: بیشترین عملکرد و کمترین عملکرد در پایین‌ترین سطح شوری (شاهد) و همچنین بیشترین عملکرد و کمترین عملکرد در بالاترین سطح شوری (45 دسی زیمنس بر متر) انتخاب شدند. در سال دوم طرح رقم Giza1 بیشترین عملکرد در تیمار شاهد و کمترین عملکرد در شوری 45 دسی زیمنس بر متر نشان داد. و رقم تی تی کاکا کمترین عملکرد در تیمار شاهد و بیشترین عملکرد در شوری 45 دسی زیمنس بر متر نشان داد. نمونه‌های تهیه شده از برگ‌های ارقام کینوا انتخاب شده که هر کدام شامل 3 تکرار بود، جهت اندازه‌گیری و ارزیابی بعضی از فعالیت‌های آنزیمی به آزمایشگاه منتقل شدند و پارامترهای موردنظر اندازه‌گیری شدند. تحت شرایط تنش صفاتی از جمله: میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و ساکاروز سنتتاز اندازه‌گیری شدند.

برای استخراج و سنجش پروتئین از روش بن دیویس و همکاران (2000) استفاده شد. جهت بررسی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، ابتدا پروتئین گیاه چه یا اندام‌های سبز استخراج می‌شود. 5 گرم بافت تر در یک هاون چینی محتوی 5 میلی‌لیتر بافر تریس HCl 0/05 مولار با pH 7/5 به مدت 30 دقیقه در حمام یخ کاملاً ساییده شد. سپس مخلوط همگن حاصل در لوله سانتریفیوژ ریخته و 10 دقیقه به حالت سکون نگهداری شد. سپس به مدت 20 دقیقه در دور 13000 و دمای 4 درجه سانتی‌گراد با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ یخچال‌دار، عمل سانتریفیوژ نمونه‌ها انجام شد (Sudhakar et al., 2001). برای سنجش فعالیت آسکوربات پراکسیداز ازآنجاکه این آنزیم در غیاب آسکوربات بسیار ناپایدار می‌باشد، به بافر عصاره‌گیری فوق 0/2 میلی‌لیتر آسکوربات 5 میلی مولار اضافه شد و تمامی مراحل همانند سایر آنزیم‌ها به انجام رسید.

در پایان مرحله سانتریفیوژ لوله‌ها به‌آرامی از دستگاه خارج و محلول رویی از چندلایه پارچه عبور داده شد و از عصاره‌های پروتئینی حاصل برای بررسی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز استفاده شد. برای سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات

پراکسیداز : پس از آماده‌سازی عصاره‌های پروتئینی، برای سنجش فعالیت سینتیکی آنزیم آسکوربات پراکسیداز معرف زیر مورداستفاده قرار گرفت:1 میلی‌لیتر بافر فسفات (0/5 مولار و pH 6.5)، 0/2 میلی‌لیتر آب‌اکسیژنه (3% V/V) و 0/2 میلی‌لیتر آسکوربات 50 میکرومولار را در حمام یخ با هم مخلوط کرده، بلافاصله 0/1 میلی‌لیتر عصاره آنزیمی به آن افزوده شد. منحنی تغییرات جذب در طول‌موج 265 نانومتر خوانده شد و فعالیت آنزیمی برحسب تغییرات جذب در دقیقه به‌ازای هر میلی‌گرم پروتئین و بر اساس تغییرات جذب در دقیقه به‌ازای هر گرم وزن تر بافت گیاهی محاسبه گردید.

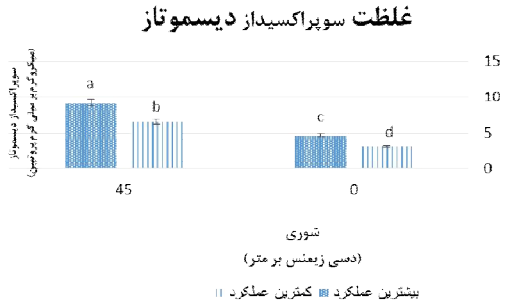
نتایج و بحث

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

باتوجه‌به شکل، تأثیر میزان شوری در افزایش غلظت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز مشاهده می‌شود (شکل1). نتایج نشان داد که تجمع نمک در اطراف ریشه گیاه و به دنبال آن ایجاد رادیکال‌های آزاد، به افزایش آنزیم سوپراکسید دیسموتاز منجر می‌شود که از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول 3). تغییرات غلظت سوپراکسید دیسموتاز تحت شرایط تنش، صعودی بود. به‌گونه‌ای که در بالاترین حد شوری اعمال شده، به حداکثر مقدار دست‌یافت. در حالت آبیاری با آب معمولی (شاهد)، میزان غلظت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز از 3/1 به 4/7 میکروگرم بر میلی‌گرم پروتئین از محتوی بافت‌های سبز تیمار کمترین عملکرد دانه نسبت به بیشترین عملکرد دانه، رسید. بااین‌حال افزایش این آنزیم در هر دو تیمار در سطح شوری 45 دسی زیمنس بر متر به‌وضوح مشخص است به‌طوری‌که در بیشترین عملکرد دانه به 9/2 میکروگرم بر میلی‌گرم پروتئین رسید.

جدول1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات سطوح شوری بر کینوا

	درجه آزادی	سوپراکسید دیسموتاز	پراکسیداز	ساکاروز سنتاز
تیمار	3	20.3**	155.54*	95.7*
تکرار	2	1.35	3.09	2.13
خطا	6	0.07	0.5	0.3
ضریب تغییرات		4.7	8.12	7.7



شکل1- تغییرات آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تحت سطوح مختلف شوری

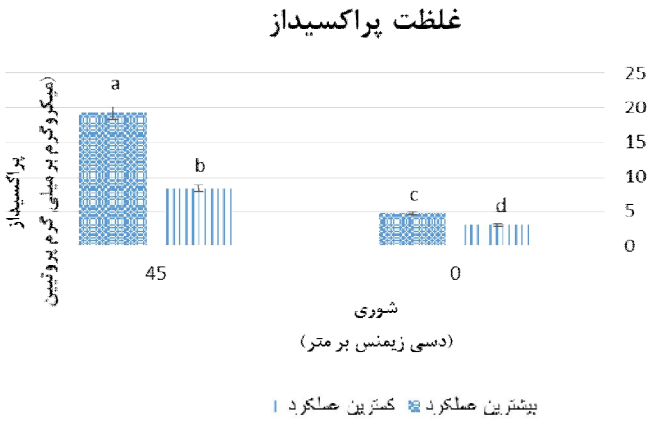
مطالعات نشان داد که با افزایش میزان شوری از سطح شاهد (صفر) تا 12 دسی زیمنس بر متر، میزان سوپراکسید دسموتاز افزایش یافت. این درحالی است که بین شاهد و شوری 6 دسی زیمنس برمتر، اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نگردید (برزویی و همکاران، 1390). سوپر اکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز از جمله کارآمدترین آنتی اکسیدان‌ها در ایجاد مقاومت در گیاهان

می‌باشند. گزارش شد که در ارقام برنج تحت تنش شوری، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز افزایش چشمگیری در ارقام مقاوم نسبت به ارقام حساس نشان دادند (Wi et al., 2006).

پراکسیداز

پراکسیداز مجموعه‌ای از آنزیم‌ها هستند که در فرایندهای مختلف بیولوژکی نقش دارند. ازآن‌جهت پراکسیداز نامیده می‌شوند که معمولاً باعث تجزیه پراکسیدها می‌شوند. روند تغییرات پراکسیداز با افزایش میزان شوری، صعودی است (شکل 2). نتایج نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری روی غلظت این آنزیم داشت (جدول 1). کمترین غلظت پراکسیداز در شرایط بدون تنش و کمترین عملکرد دانه (3/1 میکروگرم بر میلی‌گرم پروتئین) حاصل شد بااین‌حال در همین سطح از تنش و در تیمار بیشترین عملکرد دانه به‌دست‌آمده، با 50 درصد افزایش به 4/7 میکروگرم بر میلی‌گرم پروتئین رسید. در شرایط تنش زیاد شوری، پراکسیداز افزایش چشمگیری داشت و به 19/7 میکروگرم بر میلی‌گرم پروتئین در تیمار بیشترین عملکرد دانه، دست‌یافت. اشرف و علی (2008) اظهار داشتند که تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان یراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در برگ کلزا شد که نهایتاً منجر به کاهش اثرات نامطلوب تنش گردید.

از طرف دیگر گزارش‌ها حاکی از این است که بین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان پراکسیداز و کاتالاز و میزان مقاومت به شوری در گیاهان، همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد (قربانی و همکاران، 1385). گزارش‌ها نشان داد گیاهان می‌توانند با تولید آنزیم‌های آنتی اکسیدانی نظیر پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز منجر به حذف گونه‌های اکسیژن فعال ناشی از تنش، فعالیت نمایند (Meloni et al., 2003). محققان دریافتند که سطوح مختلف شوری اثر بسیار معنی‌داری ($P<0.01$) روی فعالیت آنزیم پراکسیداز داشت. سطوح 100 و 150 میلی‌مول نمک در تمامی ارقام مورد بررسی در مقایسه با تیمار شاهد (بدون تنش) افزایش معنی‌داری نشان داد (چم حیدر و فرهودی، 1397).



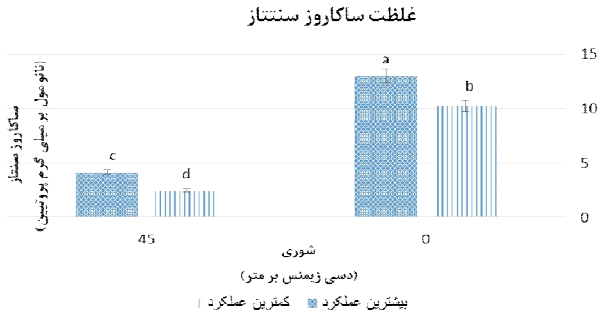
شکل 2- تغییرات غلظت پراکسیداز تحت شرایط شور

آنزیم ساکاروز سنتتاز

آنزیم ساکاروز سنتتاز در تبدیل گلوکز به ساکاروز نقش ایفا می‌کند که این فراورده در رشد سلول‌ها و اندوختن مواد غذایی در بافت‌ها مؤثر است. نتایج نشان داد که ساکاروز سنتتاز تحت‌تأثیر معنی‌دار سطوح شوری قرار می‌گیرد (جدول 3). تنش‌های شوری بر فعالیت آنزیم‌هایی نظیر آلفاآمیلاز و ساکاروز سنتتاز تأثیر منفی قابل‌توجهی می‌گذارد به‌طوری‌که با افزایش سطوح شوری از سطح شاهد (بدون تنش) به 15 دسی زیمنس بر متر، روند نزولی ساکاروز سنتتاز مشاهده شد (چم حیدر و فرهودی، 1397).

با کاهش فعالیت ساکاروز سنتتاز، جوانه‌زنی و رشد گیاهان مختل خواهد شد. گزارش شد که آنزیم پراکسیداز در کم‌اثر نمودن گونه‌های اکسیژن فعال تولید شده ناشی از شوری نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. در گزارش دیگری محققان اذعان داشتند که در اثر اختلال در فعالیت آنزیم ساکاروز سنتتاز و به دنبال آن کاهش فرایند فتوسنتز، رشد گیاه با کاهش قابل‌ملاحظه‌ای همراه می‌شود (Cavalanti et al., 2007).

روند تغییرات ساکاروز سنتتاز نزولی می‌باشد (شکل 3). باتوجه‌به شکل، با افزایش سطح تنش شوری، غلظت این آنزیم کاهش می‌یابد. در تیمارهای واقع در شرایط بدون تنش (شاهد)، حداکثر میزان آنزیم ساکاروز سنتتاز حاصل شد که به‌عنوان عامل مهم در رشد و تولید گیاه شناخته می‌شود. در محیط رشد بدون تنش شوری، بیشترین غلظت آنزیم در تیمار حد بالای عملکرد دانه با 13 نانو مول‌بر میلی‌گرم پروتئین مشاهده شد. با ادامه اعمال تنش شوری، گیاه دچار اختلال می‌شود و روند تولید و افزایش عملکردی گیاه با کاهش روبرو می‌شود که به دلیل افت غلظت ساکاروز سنتتاز می‌باشد. کمترین غلظت ساکاروز سنتتاز (5/2 نانو مول بر میلی‌گرم پروتئین) در تیمار کمترین عملکرد دانه تحت‌تأثیر سطح بالای شوری، حاصل شد.



شکل 3- اثرات سطوح شوری بر غلظت ساکاروز سنتتاز

نتیجه‌گیری

طبق نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، افزایش غلظت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز در سطح شوری بالا به‌وضوح مشخص است به‌طوری‌که در تیمارهای بیشترین عملکرد دانه به ترتیب به 9/2 و 19/7 میکروگرم بر میلی‌گرم پروتئین رسید. با افزایش سطح تنش شوری، غلظت آنزیم ساکاروز سنتتاز کاهش می‌یابد. در تیمارهای واقع در شرایط بدون تنش (شاهد)، حداکثر میزان آنزیم ساکاروز سنتتاز حاصل شد که به‌عنوان عامل مهم در رشد و تولید گیاه شناخته می‌شود. طی آبیاری با آب بسیار شور، اگرچه عملکرد دانه کاهش یافت اما به دلیل افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانی از جمله فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز تولید دانه در گیاه میسر بود. با این حال اگرچه این قبیل آنزیم‌ها در شرایط تنش افزایش می‌یابند، و تا حدودی تحمل گیاه به شرایط نامساعد را ارتقاء می‌دهند، و همین عامل باعث تولید محصول در مقایسه با گیاهان غیر هالوفیت حتی در این سطح از شوری می‌شود اما تجمع زیاد شوری در محیط رشد گیاه، خسارت‌های جبران ناپذیری را به همراه دارد. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مورد بررسی با افزایش شوری نشان دهنده کارایی بهتر بوته‌های کینوا از نظر جنبه‌های مختلف رشدی و متابولیسم است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دفتر پژوهش‌های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان، و شرکت کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک‌خان به واسطه حمایت‌های مالی قدردانی می‌نمایند.

منابع

حبیب الهی، ن.، مهدیه، م. و امیرجانی، م. 1391. اثر تنش شوری بر رشد، پرولین، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کارایی فتوسیستم **II** در ارقام حساس و مقاوم برنج. زیست‌شناسی گیاهی. 4(13):96-85.

قربانلی، م.، حمدی، ف.، منفرد، ع. و بخشی، غ. 1391. اثر تنش شوری و برهم‌کنش آن با آسکوربات بر میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، پرولین و مالون دی آلدئید در گیاه زیره سبز (Cuminum cyminum L.) چهار هفته بعد از جوانه‌زنی. فصلنامه علمی‌پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. شماره 28(1): 27-14.

قربانعلی، م.، ساطعی، آ. و مقیسه، آ. 1382. تأثیر مقادیر متفاوت شوری بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و نیترات ردکتاز در ریشه و برگ های ارقام کلزا. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. 58: 43-39.

Abdelgadir, EM., Fadul, E.M., Fageer, E.A. and Ali, E.A. 2010. Response of wheat to nitrogen fertilizer at reclaimed high terrace salt-affected soils in Sudan. Journal of agriculture & social sciences. 6: 43-47.

Abdelgawad, G., Arslan, A., Gaihbe, A. and Kadouri, F. 2005. The effects of saline irrigation water management and salt tolerant tomato varieties on sustainable production of tomato in Syria (1999–2002). Agricultural Water Management. 78: 39-53.

Agrawal, S., Sairam, R. K., Srivasta, G.C., Tyagi, A. and Meena, R.C. 2005. Role of ABA, salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedling. Plant Science. 169: 559-570.

Agarwal, S. and Shaheen, R., 2007. Stimulation of antioxidant system and lipid peroxidation by abiotic stress in leaves of Momordica charantia. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19(2): 149-161.

Ashraf, M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers.Biotech. Adv. 27: 84-93.

Ashraf, M.. and Harris, P.J.C. 2004. Potential biochemical indicators on salinity tolerance in plants. Plant science,166:3-16.

Ashraf, M. and Ali, Q. 2008. Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (Brassica napus L.). Environmental and Experimental Botany. 63: 266–273.

Basra, S.M.A., Iqbal, S. and Afzal, I. 2014. Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes, International Journal of Agriculture and Biology, 16(5).

Bazile, D., Fuentes, F. and Mujica, A. 2013. "Historical perspectives and domestication," in Quinoa: Botany, Production and Uses, eds A. Bhargava and S. Srivastava (Wallingford: CABI Publishing), 16–35.

Bendevis, M. A., Sun, Y., Shabala, S., Rosenqvist, E., Liu, F. and Jacobsen, S.-E. 2014. Differentiation of photoperiod-induced ABA and soluble sugar responses of two quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Cultivars. J. Plant Growth Regul. 33: 562–570.

Benlhabib, O. 2005: Les cultures alternatives: quinoa, amarante et epeautre. Trans. Technol. Agric. 133, 1–4.

Cavalanti, F.R., Lima, J.P.M.S., Silva, S.L.F., Viegas, R.A. and Silveira, J.A.G. 2007. Roots and leaves display contrasting Oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. Journal of Plant Physiology 164: 591-600.

Erley, G.S.A., Kaul, H. Kruse, M. and Aufhammer, W. 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. European Journal of Agronomy, 22(1), 95-100.

Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S. E. and Shabala, S. 2010. Ionic and osmotic relations in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) plants grown at various salinity levels. Journal of experimental botany, 62(1), 185-193.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K. and Fujita, M. 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. In: Ahmad P, Azooz MM, PrasadMNV (eds) Ecophysiology and responses of plants under salt stress. Springer, New York. pp 25–87.

Jianga, J., Huo, Z., Feng, Sh and Zhang, CH. 2012. Effect of irrigation amount and water salinity on water consumption and water productivity of spring wheat in Northwest China. Field Crops Research.

Khuzestan Water and Power Authoriy Company (Kwpa). 2011. Khuzestan province drainage management studies report.

Koyro, H.W. and Eisa, S.S. 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of Chenopodium quinoa willd. Plant and Soil, 302(1-2), 79-90.

Malakooti, M. J. and Homayi, M. 2004. Fertility of arid and semi-arid soils. Tarbiat Modares University Press. Tehran. (In Farsi).

Majd, F. and Ardakani, M.R. 2003. Nuclear techniques in agricultural sciences. Tehran University Press. (In Farsi)

Meloni, D.A., Oliva, M.A., Martinez, C.A. and Cambraia, J. 2003. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. Brazilian Journal of Plant Physiology. 15(2): 12-21.

Razzaghi, F., Plauborg, F., Jacobsen, S.-E., Jensen, C.R. and Andersen, M.N. 2012. Effect of nitrogen and water availability of three soil types on yield, radiation use efficiency and evapotranspiration in field-grown quinoa. Agriculture Water Management. 109, 20–29. [CrossRef]

Sadat Noori, S. A., Ferdosizadeh, L., Izadi-Darbandi, A., Mortazavian, S.M.M. and Saghafi, S. 2011. Effects of salinity and laser radiation on proline accumulation in seeds of spring wheat. Journal of Plant Physiology and Breeding. 5(5): 45-51.

Sudhakar, Y., Kuotsu, A,K. and Bandyopadhyay, K. 2006. Buccal bioadhesive drug delivery A promising option for orally less efficient drugs. Journal of Controlled Release 14(1), 15-40.

Wi, S.G., Chung, B.Y., Kim, J.H., Lee, K.S. and Kim, J. S. 2006. Deposition pattern of hydrogen peroxide in the leaf sheaths of rice under salt stress. Biologia Plantarum .50: 469-472.

بررسی فواصل آبیاری و سطوح کودهای آلی بر عملکرد برنج در استان گیلان

غلامحسین جوانمرد کلده [1]، سید مصطفی صادقی [2]

[1] دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، Javanmardmasoud@gmail.com

[2] دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان

چکیده

کاربرد کودهای آلی می‌تواند گام مؤثری در جهت کاهش اثرات سوء کودهای شیمیایی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باشد. تنش آبی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید برنج شناخته می‌شود. این تحقیق به‌منظور بررسی فواصل آبیاری و سطوح کودهای آلی بر عملکرد برنج رقم هاشمی انجام گرفت. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 1401 در استان گیلان اجرا شد. عامل اصلی شامل شرایط آبیاری 3 و 12روز و عامل فرعی شامل کود آلی مرغی با سطوح صفر، 1000، 2500 و 4000 کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد که اثر آبیاری و کود آلی و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر عملکرد شلتوک، کاه و بیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در اثر متقابل آبیاری و کود آلی مرغی، بیش‌ترین عملکرد شلتوک، کاه و بیولوژیک در شرایط آبیاری 3 روز و مصرف کود آلی مرغی به مقدار 1500 کیلوگرم در هکتار به ترتیب با میانگین 5957/5، 4613/8 و 10571/3 کیلوگرم بر هکتار به‌دست آمد.

کلمات کلیدی: آب مصرفی، تنش آبی، کود مرغی، رقم هاشمی

مقدمه

برنج غذای اصلی میلیون‌ها انسان است که تأمین‌کننده 27 درصد انرژی، 20 درصد پروتئین و 3 درصد چربی در رژیم غذایی افراد در کشورهای مختلف آسیایی است (FAO, 2022). تنش آبی تقریباً در اراضی تولید برنج دنیا اتفاق می‌افتد و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی شناخته می‌شود (Carrers et al., 2016). تنش آبی در زراعت برنج همیشه مطرح بوده و اثر آن بر فرایندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاه مانند فتوسنتز و تنفس سلولی، منجر به کاهش جذب یون‌ها، کاهش تولید کربوهیدرات‌ها و اختلال در متابولیسم رشد می‌شود (Jaleel et al., 2017). این تنش می‌تواند مرفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمی گیاهان را تحت‌تأثیر قرار دهد و تقریباً بر کلیه جنبه‌های رشد و نمو آن‌ها اثر بگذارد؛ بنابراین، ارزیابی برنج از نظر میزان تحمل و یا حساسیت به تنش آبی از اهمیت بالایی برخوردار است (Venuprasad et al., 2018). در مزارع، مواد آلی و عناصر غذایی خاک به‌سرعت تخلیه می‌شوند و این کاهش عملکرد می‌تواند ناشی از کاهش فعالیت بیولوژیک و نامساعد شدن خصوصیات فیزیکی خاک باشد (Adediran et al., 2014). کودهای آلی از جمله کودهای مرغی قادرند علاوه بر تأمین بخشی از مواد غذایی موردنیاز گیاه سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه شوند. هدف از این پژوهش، بررسی فواصل آبیاری و سطوح کودهای آلی بر عملکرد برنج در منطقه موردمطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 1401 در استان گیلان اجرا شد. عامل اصلی شامل شرایط آبیاری 3 و 12روز و عامل فرعی شامل کود آلی مرغی با سطوح صفر، 1000، 2500 و 4000 کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول (1) نشان داده شده است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کودهای آلی در جدول (2) ارائه شد. در شرایط آبیاری 3 و 12روز میزان آب مصرفی به ترتیب 580 و 395 میلی‌متر بود. تمام کودها قبل از نشاءکاری به‌زمین اضافه و به‌خوبی با خاک مخلوط شدند. تسطیح کرت‌ها 7 روز قبل از نشاءکاری انجام شد. طرح موردنظر زمینی به‌مساحت 1300 متر مربع و ابعاد کرت‌ها 3x4 متر بود. جهت تعیین عملکرد شلتوک، بوته‌ها در هر کرت از بالای سطح زمین برداشت شدند (سطحی معادل یک متر مربع) و در آون 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت قرار داده شد. سپس دانه‌های این بوته‌ها از کاه جدا و توزین گردید. برای تعیین وزن هزار دانه، در هر کرت آزمایشی 1000 عدد دانه (از بوته‌های برداشت شده در تعیین عملکرد نهایی) استفاده گردید. بعد وزن دانه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت یک صدم گرم اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم شکل‌ها با نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش تا عمق 30 سانتی‌متر

نوع خاک	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
رسی	7/2	0/56	2/7	0/19	0/8	145/2

جدول 2- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کود مرغی

اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر (قسمت در میلیون)	پتاسیم (قسمت در میلیون)	نسبت کربن به نیتروژن
11/8	05/9	27/36	91/4	46/0	92/0	39/7

نتایج و بحث

وزن هزاردانه

نتایج نشان داد که اثر آبیاری و کود آلی در سطح یک درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود؛ ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول 3). بیشترین وزن هزار دانه در شرایط آبیاری 3 روز و حداکثر مصرف کود آلی مرغی به مقدار 1500 کیلوگرم در هکتار به ترتیب 18 و 20/1 گرم شد (اشکال 1و 2). کود مرغی با ایجاد شرایط محیطی مناسب، موجب افزایش وزن هزار دانه می‌شود. به دلیل معدنی شدن سریع‌تر کود مرغی نسبت به سایر کودهای آلی، این کود به‌عنوان منبع با ارزشی برای تغذیه گیاهان می‌باشد (Khademi et al., 2012).

عملکرد شلتوک

نتایج نشان داد که اثر آبیاری و کود آلی و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر عملکرد شلتوک معنی‌دار بود (جدول 3). بیشترین میزان عملکرد در اثر متقابل آبیاری و تیمارهای کودی، در فاصله آبیاری 3 روز و مصرف 1500 کیلوگرم در هکتار با میانگین 5957/5 کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول 4). در پژوهشی مشاهده شد که با افزایش مصرف کود مرغی مقدار عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف خاک به‌طور معنی‌دار افزایش یافت و با جذب این عناصر، رشد رویشی گیاه افزایش یافت (Jaleel et al., 2017).

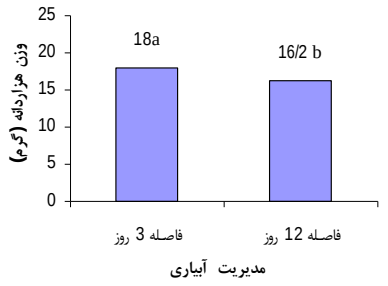
عملکرد کاه

نتایج نشان داد که اثر آبیاری و کود آلی مرغی و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر وزن کاه معنی‌دار بود (جدول 3). در اثر متقابل آبیاری و کود آلی مرغی، بیشترین عملکرد کاه در شرایط آبیاری 3 روز و مصرف کود مرغی به مقدار 1500 کیلوگرم در هکتار با میانگین 4613/8 گرم به دست آمد (جدول 4).

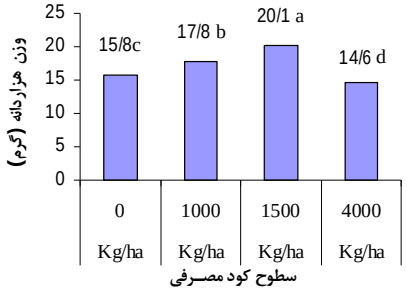
جدول 3- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط آبیاری و کود آلی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن هزاردانه	عملکرد	وزن کاه	عملکرد بیولوژیک
تکرار	2	0/472^{ns}	102378/13^{ns}	29251/76^{ns}	241078/32^{ns}
آبیاری	1	19/984**	2638342/22**	1938755/59**	9100538/49**
خطا	2	0/515	6469/53	10786/133	548/633**
کود	3	35/236**	6439130/98**	5134892/15**	23061619/31**
آبیاری×کود	3	0/250^{ns}	428780/68**	263925/33**	1355813/69**
خطا	12	0/196	25114/974	9259/05	51945/768
ضریب تغییرات (درصد)		2/59	3/40	2/84	2/83

*و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح 5 و 1 درصد



شکل 1- اثر مدیریت آبیاری بر وزن هزار دانه



شکل 2- اثر سطوح کود مصرفی بر وزن هزار دانه

جدول 4- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط آبیاری و کود آلی

اثر متقابل آبیاری و کود آلی		وزن هزار دانه (g)	عملکرد (kg/ha)	عملکرد کاه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)
فواصل 3 روز	0	16/5e	4737/5e	3486/3e	8223/8e
	1000(kg/ha)	18/8c	5228/8c	3841/3c	9070/0c
	1500(kg/ha)	21/3a	5957/5a	4613/8a	10571/3a
	4000(kg/ha)	15/5e	4035/0f	2751/3f	6786/3f
فواصل 12 روز	0	15/2e	3521/3g	2465/0g	5986/3g
	1000(kg/ha)	61/9d	5027/5d	3708/8d	8736/3d
	1500(kg/ha)	19/0b	5748/8b	4311/3b	10060b
	4000(kg/ha)	13/7f	3008/8h	1933/8h	4942/5h

عملکرد کل اجزاء

نتایج نشان داد که اثر آبیاری، کود آلی و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول 3). در اثر متقابل آبیاری و کود آلی مرغی، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری 3 روز و مصرف کود مرغی به مقدار 1500 کیلوگرم در هکتار با میانگین 4613/8 گرم به‌دست آمد (جدول 4). کود مرغی با افزایش ظرفیت بیولوژیک، سبب بالارفتن درجه‌حرارت خاک و افزایش قدرت جذب برنج می‌شود (Pantuwan et al., 2022).

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به اهمیت کودهای آلی و تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه چنین استنباط می‌شود که ترویج و توصیه کاربرد این کودها در شالیزار می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مؤثر در جهت کاهش معضلات ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و حفظ منابع تجدیدناپذیر از آلودگی، بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی و دستیابی به محصول برنج سالم باشد. نتایج تحقیق نشان داد که در اثر متقابل آبیاری و کود آلی مرغی، بیش‌ترین عملکرد شلتوک، کاه و بیولوژیک در شرایط آبیاری 3 روز و مصرف کود آلی مرغی به مقدار 1500 کیلوگرم در هکتار به ترتیب با میانگین 5957/5، 4613/8 و 10571/3 کیلوگرم بر هکتار به‌دست آمد.

منابع

Adediran, J. A., Taiwo, L. B., Akande, M. O. Sobulo, R. A. and O. J. Idowu. 2014. Application of organic and inganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition. 27: 1163-1181.

Carrers, R. C., Tome, R. G., Sendrea, J., Ballestors, R., Vallente, E. F., Quesada, A., Niera, M. and F. Leganes. (2016). Effect of nitrogen rates on rice growth and biological nitrogen fixation. Journal of Agricultural Science. 127: 295-302.

FAO, 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://faostat.fao.org.

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. and R. Panneerselvam. 2017. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in Catharanthus roseus; effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 60: 110-116.

Khademi, A., Golchin, A., Shafiei, S. and E. Zaree. 2012. Effects of manure and sulfur on nutrients uptake by corn (Zea mays L.). Agronomy Journal. 103: 2-11.

Pantuwan, G., Fukai, S., Cooper, M., Rajatasereekul, S. and J. C. O. Toole. 2022. Yield response of rice (Oryza sativa L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands: part 1. Grain yield and yield components. Field Crops Research. 73: 153-168.

Venuprasad, R., Sta Cruz, M.T., Amante, M., Magbanua, R., Kumar, A. and G.N. Atlin. 2018. Response to two cycles of divergent selection for grain yield under drought stress in four rice breeding populations. Field Crops Research. 107: 232-244.

بهبود دقت پیش‌بینی مکانی کلاس‌های خاک بر اساس رویکرد متعادل‌سازی داده

مستانه رحیمی [1]، محمدامیر دلاور [2]، محمدجمشیدی [3]

[1] دانش آموخته دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، mastanehrahimi@yahoo.com

[2] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

[3] استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

دستیابی به اطلاعات دقیق در مورد وضعیت و طبقه‌بندی خاک‌ها و پیش‌بینی پراکنش مکانی آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است؛ اما محدودیت‌های مربوط به عدم تعادل داده‌ها به‌عنوان موضوع تحقیقاتی مهمی در زمینه داده‌کاوی است که اخیراً توجه محققان زیادی را برای رفع این چالش به خود جلب کرده است. این پژوهش باهدف رفع چالش‌های نامتعادل بودن داده‌ها و بهبود دقت طبقه‌بندی کلاس‌های خاک در بخشی از اراضی جنوب غربی استان زنجان انجام گرفت. دراین‌ارتباط تعداد 148 خاک رخ طبق الگوی طبقه‌بندی تصادفی و با میانگین فاصله 500 متر حفر و تشریح و طبقه‌بندی آن‌ها بر اساس روش جامع رده‌بندی خاک آمریکایی انجام شد. خاک‌ها در پنج کلاس با توزیع نامتعادل تیپیک کلسی‌زرپتز، تیپیک هاپلوزرپتز، جیپسیک هاپلوزرپتز، تیپیک زراورتنتز و لیتیک زراورتنتز قرار گرفتند. مناسب‌ترین متغیرهای محیطی بر اساس نظر کارشناسی و رویکرد تحلیل مؤلفه اصلی از میان 57 متغیر شامل اطلاعات نقشه‌های ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی، مدل رقومی ارتفاع و داده‌های حاصل از تصاویر سنجنده لندست 8 برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک انتخاب شد. مدل‌سازی رابطه خاک - زمین‌نما با استفاده از الگوریتم یادگیرنده جنگل تصادفی و رویکرد نمونه‌گیری مجدد (برای متعادل‌سازی داده‌ها) در محیط نرم‌افزار "R_{studio}" انجام شد. نتایج نشان داد مقادیر صحت کلی و ضریب کاپا برای ارزیابی نقشه خاک در مدل جنگل تصادفی قبل از متعادل‌سازی داده‌ها به ترتیب برابر با 65 درصد و 0/32 و پس از متعادل‌سازی داده‌ها با رویکرد نمونه‌گیری مجدد به ترتیب 71 درصد و 0/54 به دست آمد. نتایج صحت کاربر و صحت تولیدکننده نیز نشان داد دو کلاس جیپسیک هاپلوزرپتز و لیتیک زراورتنز که هنگام آموزش با استفاده از مجموعه‌داده نامتعادل حذف شده بودند، پس از متعادل‌سازی بادقت کاربر 100 و 78 درصد و دقت تولیدکننده 75 و 88 درصد در الگوریتم جنگل تصادفی به‌خوبی پیش‌بینی شدند. نتایج ارزیابی مدل‌ها نشان می‌دهد که متعادل‌سازی داده‌ها، با استفاده از روش نمونه‌برداری مجدد می‌تواند منجر به بهبود قابل‌توجهی در حفظ کلاس‌های خاک با تعداد مشاهده کمتر و ارتقا دقت مدل‌های مبتنی بر روابط خاک - زمین‌نما در مطالعات نقشه‌برداری رقومی خاک گردد.

کلمات کلیدی: داده‌های نامتعادل، صحت کلی، نمونه‌گیری مجدد، یادگیری ماشین

مقدمه

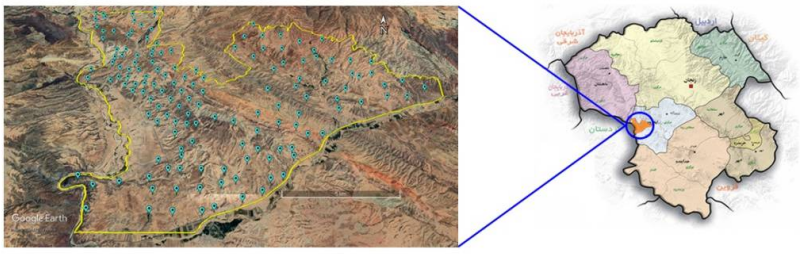
در سال‌های اخیر، علم خاکشناسی شاهد توسعه سریع در زمینه فعالیت‌های نقشه‌برداری رقومی خاک بوده است. این توسعه ناشی از همگرایی چندین عامل مهم از جمله افزایش دسترسی به داده‌ها، سهولت دسترسی به داده‌های مکانی محیطی و توسعه راه‌حل‌های نرم-افزاری با استفاده از ابزارهای محاسباتی برای تجزیه‌وتحلیل دقیق‌تر این داده‌ها است (Wadoux et al., 2020). اما یکی از مشکلات بسیار رایج که معمولاً خاک‌شناسان و محققان با آن مواجه هستند، مسئله عدم تعادل در تعداد مشاهده‌ها برای انواع مختلف خاک است. این

عدم تعادل ممکن است به دلیل وجود عواملی که در فرایند تشکیل و توسعه خاک تأثیر دارند، رخ دهد (Heung et al., 2016; Taghizadeh-Mehrjardi et al., 2020) مشکل عدم تعادل داده‌ها موجب کاهش دقت و ازدست‌دادن کلاس‌های اقلیت در پیش‌بینی‌های نهایی و تولید نقشه‌های نامطمئن یا گمراه‌کننده می‌شود (Sharififar et al., 2019b). رویکردهای متفاوتی که برای غلبه بر مشکل عدم توازن کلاس‌های خاک وجود دارد، اما تحقیقات معدودی دراین‌خصوص انجام شده است. رویکرد نمونه‌گیری مجدد یکی از روش‌هایی است که می‌تواند عدم تعادل داده‌های آموزشی با تعدیل تعداد نمونه‌ها از کلاس‌های اکثریت و اقلیت، داده‌های آموزشی را متعادل کند (Krawczyk, 2016). شریفی فر و همکاران (2019a) دو روش نمونه‌برداری مجدد نمونه‌برداری بیش از حد تصادفی و نمونه‌برداری کمتر از حد تصادفی را برای مقابله با مسئله داده‌های نامتعادل خاک مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که متعادل‌سازی کلاس‌های خاک منجر به کاهش قابل‌توجه عدم قطعیت الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌شود.

این مطالعه، به بررسی چالش‌ها و راه‌حل‌های مرتبط با پیش‌بینی مکانی کلاس‌های نامتعادل خاک با استفاده از رویکرد نمونه‌گیری مجدد در بخش از اراضی غرب استان زنجان پرداخته و تأکید می‌کند استفاده از رویکرد نمونه‌گیری مجدد می‌تواند منجر به تحلیل بهتر و کاربردی‌تر داده‌های خاک شود.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه به مساحت 13823 هکتار در جنوب غربی استان زنجان در مختصات جغرافیائی 47 درجه و 91 دقیقه تا 48 درجه و 11 دقیقه طول شرقی و 36 درجه و 37 دقیقه تا 36 درجه و 31 دقیقه عرض شمالی واقع شده است (شکل 1). باتوجه‌به آمار بلندمدت 20 ساله، متوسط بارندگی سالانه 340 میلی‌متر و متوسط دمای سالانه 14 درجه سلسیوس است. میانگین ارتفاع منطقه 1482 متر از سطح دریا بین 1379 تا 1699 متر متغیر است (سالنامه آماری استان زنجان، 1398). خاک‌های منطقه دارای رژیم حرارتی مزیک و رژیم رطوبتی زریک هستند (موسسه تحقیقات خاک و آب، 1389).



شکل1- موقعیت منطقه موردمطالعه و نقاط نمونه‌برداری

پس از انجام بازدیدهای صحرایی تعداد 148 خاک‌رخ بر اساس الگوی طبقه‌بندی تصادفی با میانگین فاصله 500 متر مطابق روش‌های استاندارد مطالعه (Soil science division staff, 2017) و نمونه‌برداری از هر خاک‌رخ انجام شد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری، طبق روش‌های استاندار (Usda, 2004) تحت تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی قرار گرفتند. بر اساس نتایج تشریح خاک‌رخ‌های حفرشده و نتایج آزمایشگاهی نمونه‌های خاک، رده‌بندی تمامی خاک‌رخ‌ها بر مبنای سامانه‌ی رده‌بندی آمریکایی (Soil Survey Staff, 2022) تعیین گردید.

متغیرهای محیطی مورداستفاده شامل اطلاعات نقشه‌های ژئومورفولوژی، نقشه زمین‌شناسی، داده‌های سنجش‌ازدور و توپوگرافی هستند. برای این منظور نقشه زمین‌شناسی با مقیاس 1:250000 منطقه تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور در محیط Arc-GIS نسخه 10/7 زمین مرجع و رقومی شد. از مدل رقومی ارتفاع باقدرت تفکیک مکانی 30×30 متر سنجنده استر، 18 شاخص پستی‌وبلندی در محیط نرم‌افزار SAGA GIS استخراج شد. 36 شاخص سنجش‌ازدور از تصاویر سنجنده (OLI/TIRS) سنجنده لندست

8 باقدرت تفکیک مکانی 30×30 متر (USGS 2014) پس از اعمال تصحیحات رادیومتریکی و جوی در محیط نرم‌افزار ENVI تهیه و استخراج شد. نقشه ژئومورفولوژی منطقه بر اساس تلفیق لایه‌های اطلاعاتی شامل واحدهای لندفرم و مواد مادری به همراه تفسیر تصاویر سنجنده بر اساس رویکرد سلسله مراتبی ارائه شده توسط زینک (2016) تهیه گردید. در ادامه بر اساس رویکرد تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) در نرم‌افزار SPSS و رتبه‌بندی اهمیت نسبی مدل یادگیری ماشین از میان 57 متغیر محیطی تولید شده 10 متغیر محیطی شامل اطلاعات نقشه‌های ژئومورفولوژی، اطلاعات زمین‌شناسی و ویژگی‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاع شامل تجزیه‌وتحلیل سایه‌اندازی تپه‌ها[1]، طلوع خورشید[2]، عمق دره[3]، شاخص طول در جهت شیب[4]، فاصله تا شبکه آبراهه[5]، شاخص رطوبتی توپوگرافی[6] و شاخص همواری بالای پشته با درجه تفکیک بالا[7] پس از یکسان‌سازی مقیاس‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS به‌عنوان مؤثرترین متغیرهای محیطی برای پیش‌بینی کلاس‌های خاک و به‌عنوان ورودی مدل انتخاب گردید (Kuhn and Johnson, 2013).

مدل جنگل تصادفی یک فن یادگیرنده فعال و توسعه‌یافته از مدل طبقه‌بندی و رگرسیون درختی است. در این روش داده‌ها به طور تکراری برای به‌دست‌آوردن ارتباط بین متغیر پاسخ و متغیرهای مستقل و انجام تخمین جداسازی می‌شوند. در روش جنگل تصادفی برخلاف سایر روش‌های درختی که تعداد محدودی درخت ترسیم می‌کنند، صدها یا هزاران درخت طبقه‌بندی تولید می‌شود (Breiman and Cutler, 2004). این روش یک روش یادگیری گروهی است و برای طبقه‌بندی با ساختن تعداد درختان زیاد عمل می‌نماید (Breiman, 2001). اساس روش‌های یادگیرنده گروهی این است که گروهی از یادگیرنده‌های ضعیف، مجموعه‌ای از یادگیرنده‌های قوی را تشکیل می‌دهند.

برای بهبود داده‌های نامتعادل از دو عملکرد درمان داده؛ یعنی بیش نمونه‌گیری از کلاس‌های خاک اقلیت (تابع ubOver) و کم نمونه‌گیری از کلاس‌های خاک اکثریت (تابع ubUnder) از بسته نامتعادل در نرم‌افزار Rstudio استفاده شد (Dal Pozzolo et al, 2015). روش کم نمونه‌گیری به طور تصادفی تعداد مشاهده‌ها را در کلاس‌های اکثریت کاهش می‌دهد. درحالی‌که روش بیش نمونه‌گیری، مشاهده‌ها در کلاس‌های اقلیت خاک را تکرار می‌کند، به‌طوری‌که مشاهده‌ها اضافه شده از قبل در منطقه وجود داشته و هیچ داده نامربوطی اضافه نمی‌شود. در واقع هدف این است که توزیع داده‌های کلاس خاک متعادل شود (Abdi and Hashemi, 2015).

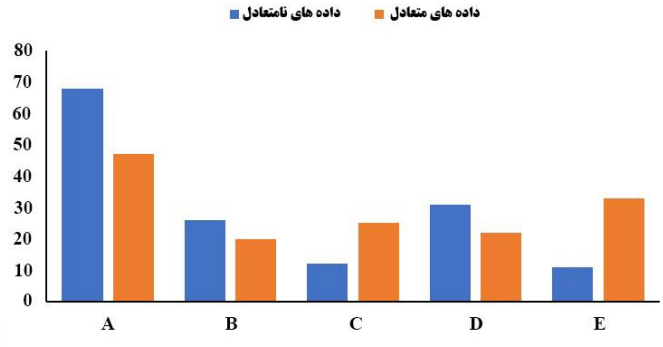
به‌منظور ارزیابی صحت مدل مورداستفاده، داده‌ها به طور تصادفی به دودسته داده‌های آموزشی و اعتبارسنجی تقسیم شدند. 80 درصد داده‌ها برای آموزش مدل و 20 درصد دیگر به‌عنوان داده‌های اعتبارسنجی برای ارزیابی مورداستفاده قرار گرفتند (رحیمی و همکاران، 1402). هر مدل با داده‌های آموزشی برازش داده شد و سپس پیش‌بینی برای داده‌های اعتبارسنجی انجام شد. کلاس‌های پیش‌بینی‌شده با استفاده از ماتریس خطا برحسب درصد بیان شد. عوامل استخراج شده از ماتریس خطا شامل صحت کلی نقشه (Overall accuracy)، صحت تولیدکننده (Producer accuracy)، صحت کاربر (Users accuracy) و ضریب کاپا (Kappa index) برای اعتبارسنجی مورداستفاده قرار گرفت (Congalton, 1991 ; Jensen, 2005).

نتایج و بحث

نتایج طبقه‌بندی خاک‌رخ‌ها نشان داد که خاک‌های منطقه در دو رده انتی‌سولز و اینسپتی‌سولز قرار می‌گیرند. این خاک‌ها در سطح زیرگروه در پنج کلاس تیپیک کلسی‌زرپتز (کلاس A)، تیپیک هاپلوزرپتز (کلاس B)، جیپسیک هاپلوزرپتز (کلاس C)، تیپیک زراورتنتز

[1] Analytical Hill shading
[2] Sunrise
[3] Valley Depth
[4] LS_Factor
[5] Channel Network Distance
[6] Topographic Wetness Index (TWI)
[7] Multi-Resolution Ridge Top Flatness Index (MRRTF)

(کلاس D) و لیتیک زراورتنتز (کلاس E) طبقه‌بندی شدند. شکل 2 فراوانی کلاس‌های خاک قبل و بعد از نمونه‌برداری مجدد داده‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل نمونه‌برداری کمتر برای کلاس‌های اکثریت A، B و D (کلاس‌های با تعداد فراوانی داده بیشتر) و نمونه‌برداری بیش از حد برای کلاس‌های اقلیت C وE (کلاس‌های با تعداد فراوانی داده کمتر) انجام گرفت.



شکل 2- فراوانی کلاس‌های خاک قبل و بعد از نمونه‌برداری مجدد داده‌ها

نتایج مقادیر صحت‌سنجی پیش‌بینی مکانی هر یک از کلاس‌های خاک بر اساس چهار آماره صحت کلی، ضریب کاپا، صحت کاربر و صحت تولیدکننده توسط الگوریتم جنگل تصادفی در جداول 1 و 2 نشان‌داده‌شده است. مطابق با نتایج ارائه شده در جدول 1 مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی در شرایط داده‌های نامتعادل به ترتیب برابر 65 و 0/32درصد پیش‌بینی شده است. پس از متعادل‌سازی داده‌ها با رویکرد نمونه‌گیری مجدد این مقادیر به ترتیب به 71 و 0/54 درصد افزایش پیدا کرده است. شریفی‌فر و همکاران (2019a) بهبود نتایج طبقه‌بندی با استفاده از مدل‌های میدان‌های تصادفی زنجیره مارکوف با روش نمونه‌برداری مجدد داده‌ها برای نقشه‌برداری کلاس‌های خاک را گزارش کردند. تقی‌زاده مهرجردی و همکاران (2020) برای حل مشکل داده‌های نامتعادل با مقایسه چندین روش نمونه‌برداری مجدد از داده‌ها بیان کردند متعادل‌سازی داده‌ها با استفاده از الگوریتم‌های نمونه‌گیری مجدد می‌تواند باعث افزایش دقت پیش‌بینی کلاس‌های خاک شده و به طور قابل‌توجهی دقت پیش‌بینی در نقشه‌برداری رقومی خاک را بهبود بخشد.

جدول 1- صحت پیش‌بینی کلاس‌های خاک در سطح زیرگروه (قبل و بعد از متعادل‌سازی داده‌ها)

شاخص‌های صحت‌سنجی	داده‌های نامتعادل	داده‌های متعادل
ضریب کاپا	0/32	0/54
صحت کلی (%)	65	71

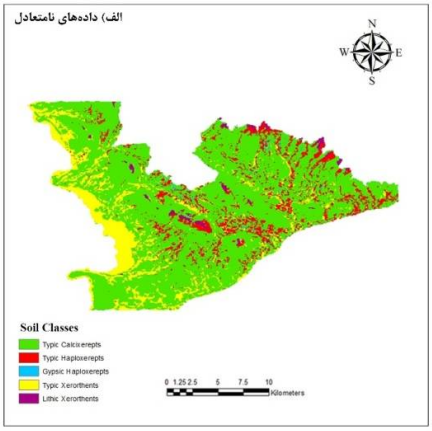
طبق نتایج به‌دست‌آمده از آماره صحت کاربر و صحت تولیدکننده در جدول 2، در شرایط داده‌های نامتعادل هیچ پیش‌بینی برای دو کلاس اقلیت جیپسیک هاپلوزرپتز و لیتیک زراورتنز صورت نگرفته است و این دو کلاس اقلیت حذف شده‌اند، اما پس از آموزش مدل با مجموعه داده‌های بهبود یافته (متعادل) به ترتیب با صحت کاربر 100 و 78 درصد و صحت تولیدکننده 75 و 88 درصد به‌خوبی پیش‌بینی شدند. شکل 2 نیز نقشه‌های تولید شده قبل و بعد از متعادل‌سازی داده‌ها با استفاده از الگوی جنگل تصادفی را نشان می‌دهد. باتوجه‌به نقشه ارائه شده بهبود قابل‌توجهی در کلاس‌های اقلیت جیپسیک هاپلوزرپتز و لیتیک زراورتنز بهبود پس از متعادل‌سازی داده‌ها دیده می‌شود. این نتایج بیان می‌کند که اصلاحات اعمال شده در داده‌ها و افزایش تعداد نمونه‌ها در کلاس‌های کم تکرار کمک می‌کند تا الگوی بهترین تصمیم را برای این کلاس‌های اقلیت بگیرد و از حذف آن‌ها جلوگیری کند. نتایج مطالعات شریفی‌فر و سرمدیان (2023) و تقی‌زاده و همکاران (2021) نشان داد که روش‌های بهبود داده‌های نامتعادل سبب افزایش دقت پیش‌بینی مکانی کلاس‌های خاک پس

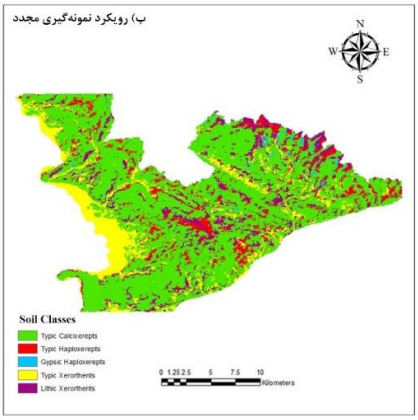
از متعادل‌سازی داده‌ها و افزایش دقت و قابلیت اطمینان مدل‌های نقشه‌برداری خاک می‌شوند. نتایج مطالعه رحیمی و همکاران (1402) نشان داد که متعادل‌سازی داده‌ها با رویکرد نمونه‌گیری مجدد سبب افزایش دقت پیش‌بینی مکانی کلاس‌های خاک و نقشه تولید شده می‌گردد.

جدول 2- صحت تولیدکننده و کاربر برای کلاس‌های خاک در سطح زیرگروه (قبل و بعد از متعادل‌سازی داده)

	صحت تولیدکننده (%)		صحت کاربر (%)	
کلاس خاک در سطح زیرگروه	داده‌های متعادل	داده‌های نامتعادل	داده‌های متعادل	داده‌های نامتعادل
تیپیک کلسی‌زرپتز	85	85	75	61
تیپیک هاپلوزرپتز	25	50	34	100
جیپسیک هاپلوزرپتز	75	0	100	NaN
تیپیک زراورتنتز	34	34	34	65
لیتیک زراورتنتز	88	0	78	NaN

*NaN: عدد نیست، هیچ پیش‌بینی برای این کلاس انجام نشده است.





شکل2- نقشه‌های تولیدشده توسط الگوریتم جنگل تصادفی الف) با داده‌های نامتعادل و ب) بعد از متعادل‌سازی داده‌ها با رویکرد نمونه‌گیری مجدد

استفاده از الگوریتم‌های معمول برای نقشه‌برداری رقومی کلاس‌های خاک بدون توجه به تعداد کلاس‌های مشاهده شده نامتعادل خاک در یک منطقه می‌تواند منجر به کم‌توجهی مدل به کلاس‌های کم‌تکرار یا ازدست‌دادن کلاس‌های اقلیت و تخمین بیش از حد مدل از کلاس‌های اکثریت یا پر تکرار شود. این مطالعه با بررسی کارایی یکی از روش‌های متعادل‌سازی داده‌ها نشان داد که کاربرد روش‌های بهبود داده‌های نامتعادل برای تهیه نقشه رقومی خاک منجر به تهیه نقشه‌های دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر می‌شود.

منابع

Abdi, L. and Hashemi, S. 2015. To combat multi-class imbalanced problems by means of over-sampling techniques. IEEE transactions on Knowledge and Data Engineering, 28(1): 238-251.

Breiman, L. 2001. Random forests. Machine learning, 45, pp.5-32.

Breiman, L. and Cutler, A. 2004. Random Forests. Department of Statistics, University of Berkeley.

Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote sensing of environment, 37(1): 35-46.

Dal Pozzolo, A., Caelen, O., Waterschoot, S. and Bontempi, G. 2013. Racing for unbalanced methods selection. In Intelligent Data Engineering and Automated Learning–IDEAL 2013: 14th International Conference, IDEAL 2013, Hefei, China, October 20-23, 2013. Proceedings 14: 24-31.

Heung, B., Ho, H.C., Zhang, J., Knudby, A., Bulmer, C.E. and Schmidt, M. G. 2016. An overview and comparison of machine-learning techniques for classification purposes in digital soil mapping. Geoderma, 265: 62-77.

Krawczyk, B. 2016. Learning from imbalanced data: open challenges and future directions. Progress in Artificial Intelligence, 5(4), pp.221-232.

Jensen, J.R. 1996. Introductory digital image processing: a remote sensing perspective (No. Ed. 2). Prentice-Hall Inc...

Kuhn, M. and, Johnson, K. 2013. Applied predictive modeling (Vol. 26, p. 13). New York: Springer.

Rahimi mashkale, M., Delavar, M. A., jamshidi, M. and sharififar, A. 1402. Improving the classification of Soil imbalanced data using machine learning algorithms in Some Part of Zanjan provice land. Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization, (Scientific Journal of Agriculture), 46(1), 61-82.

Sharififar, A., Sarmadian, F. and Minasny, B. 2019a. Mapping imbalanced soil classes using Markov chain random fields models treated with data resampling technique. Computers and Electronics in Agriculture, 159: 110-118.

Sharififar, A., Sarmadian, F., Malone, B. P. and Minasny, B. 2019b. Addressing the issue of digital mapping of soil classes with imbalanced class observations. Geoderma, 350: 84-92.

Sharififar, A. and Sarmadian, F. 2023. Coping with imbalanced data problem in digital mapping of soil classes. European Journal of Soil Science, 74(3): e13368.

Soil and Water Research Institute. 1389. Site Selection, Soil Survey and Land Evaluation for Development of Orchards in Zanjan Province, Iran.

Soil Survey Staff. 2022. Keys to soil taxonomy, 13th edition. USDA Natural Resources Conservation Service.

Statistical Yearbook of Zanjan Province. 1398. Land and Climate, National Statistics Organization.

Taghizadeh-Mehrjardi, R., Minasny, B., Toomanian, N., Zeraatpisheh, M., Amirian-Chakan, A. and Triantafilis, J. 2019. Digital mapping of soil classes using ensemble of models in Isfahan region, Iran. Soil Systems, 3(2): 37.

Taghizadeh-Mehrjardi, R., Schmidt, K., Eftekhari, K., Behrens, T., Jamshidi, M., Davatgar, N., Toomanian, N. and Scholten, T. 2020. Synthetic resampling strategies and machine learning for digital soil mapping in Iran. European Journal of Soil Science, 71(3): 352-368.

Wadoux, A.M.C., Minasny, B. and McBratney, A.B. 2020. Machine learning for digital soil mapping: Applications, challenges and suggested solutions. Earth-Science Reviews, 210: 103359.

Zinck, J. A., Metternicht, G., Bocco, G. and Del Valle, H. 2016. Geopedology. An integration of geomorphology and pedology for soils and landscape studies: Springer International Publishing Switzerland, 556p.

تأثیر آبیاری و کود فسفر بر آب نسبی برگ، سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ در برنج

سید مهدی میرحسینی مقدم [1]

[1] استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، Mirhoseinimoghaddam@gmail.com

چکیده

این پژوهش باهدف تأثیر آبیاری و کود فسفر بر آب نسبی برگ، سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ در برنج به‌صورت کرت‌های دوبارخرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های 1396 و 1397 در شهر لاهیجان اجرا شد. تیمارهای موردمطالعه شامل ارقام برنج هاشمی و گیلانه به‌عنوان عامل اصلی، فواصل آبیاری شامل غرقاب پیوسته و متناوب با فاصله 5 و 10 روز به‌عنوان عامل فرعی و میزان کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل با مصرف 5، 75 و 100 کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عامل فرعی-فرعی بود. نتایج نشان داد که در اثر متقابل مدیریت آبیاری و کود مصرفی و رقم، بیشترین آب نسبی برگ و میزان سرعت رشد گیاه در شرایط آبیاری 5 روز و مصرف 50 کیلوگرم فسفر در هکتار در رقم گیلانه به ترتیب با میانگین 0/65 سانتی‌متر و 20/08 گرم برمترمربع در روز مشاهده شد. بیشترین شاخص سطح برگ در شرایط آبیاری 5 روز و سطح کودی 75 کیلوگرم فسفر در هکتار در رقم گیلانه با میانگین 4/31 به دست آمد. بیشترین شاخص سطح برگ در شرایط آبیاری غرقاب و سطح کودی 100 کیلوگرم فسفر در هکتار در رقم گیلانه با میانگین 149/63 بود.

کلمات کلیدی: برنج هاشمی، برنج گیلانه، فواصل آبیاری

مقدمه

برنج (Oryza sativa L.) غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت دنیا را تشکیل می‌دهد (Bodh and Rai, 2015). خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است که تقریباً تولید اراضی در جهان را محدود ساخت است. برنج از حساس‌ترین گیاهان در برابر کمبود آب است و بیشترین نیاز آبی را در بین غلات دارد (Hamed at al., 2011). خشکی از عمده خطرات جدی برای تولید موفق محصولات زراعی به‌خصوص برنج در جهان است که می‌تواند در هر زمان طی فصل رشد رخ دهد (Miri et al., 2012). وظیفه عمده فسفر، ذخیره و انتقال انرژی و نگهداری غشای سلولی در حالت طبیعی می‌باشد. فسفر در درون گیاه پویا است و سبب افزایش پنجه‌دهی، توسعه ریشه و گلدهی می‌شود و زمان رسیدگی را نیز به‌ویژه در شرایطی که دما پایین باشد، تسریع می‌کند. تحقیقی گزارش شد که اجتناب از آبیاری در برنج برای 15، 10، 5 یا 20 روز در مرحله شکل‌گیری خوشه یا مرحله تقسیم کاهشی سلول، سبب کاهش طول برگ، طول خوشه و نسبت پر شدن دانه می‌شود (Hong-Bo et al., 2006).

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف تأثیر آبیاری و کود فسفر بر آب نسبی برگ، سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ در برنج به‌صورت کرت‌های دوبارخرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های 1396 و 1397 در شهر لاهیجان اجرا شد. تیمارهای موردمطالعه شامل ارقام برنج هاشمی و گیلانه به‌عنوان عامل اصلی، فواصل آبیاری شامل غرقاب پیوسته و متناوب بافاصله 5 و

10 روز به‌عنوان عامل فرعی و میزان کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل با مصرف 5، 75 و 100 کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عامل فرعی- فرعی بود. اندازه واحدهای آزمایشی 2 مترمربع و با تراکم 25 بوته در هر مترمربع بود. جهت تأمین نیاز کودی ارقام، کود نیتروژن به میزان 150 کیلوگرم در هکتار (نصف در زمان کاشت و نصف در مرحله پنجه دهی) و کود فسفره به میزان 100 کیلوگرم در هکتار در ابتدای کاشت داده شد. کلیه عملیات زراعی از قبیل وجین، مبارزه با آفات و بیماری‌ها مطابق با روش معمول انجام شد. برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ از معادله (1) استفاده شد.

$$RWC = (F_w - D_w / S_w - D_w) \times 100 \quad (1)$$

که در آن، Fw= وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری، Dw= وزن خشک برگ بعد از قرارگرفتن در آون، Sw= وزن اشباع برگ بعد از قرارگرفتن در آب مقطر. برای تعیین سرعت رشد گیاه از معادله (2) استفاده شد.

$$CGR = [b + 2c(GDD)]. (\exp [a + b(GDD) + c(GDD)^2]) \quad (2)$$

a, b, c = ضرایب معادله، GDD= شاخص حرارتی درجه روز رشد است. به منظور تعیین سطح برگ، از هر پلات، نمونه برگ‌ها از ساقه جدا و توسط دستگاه Leaf Area Meter، سطح آن‌ها اندازه‌گیری گردید. تجزیه‌وتحلیل و مقایسه میانگین دادها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS (آزمون دانکن در سطح 5 درصد) انجام شد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

سال	نوع خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	نیتروژن کل خاک (درصد)	فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم بر لیتر)	پتاس قابل‌جذب (میلی‌گرم بر لیتر)
96	رسی سیلتی	1/2	7/4	0/184	17/8	280
97	رسی سیلتی	1/12	7/4	0/155	17	290

نتایج و بحث

آب نسبی برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل آبیاری و کود، اثر رقم، اثر متقابل آبیاری و رقم، اثر کود و رقم، اثر متقابل آبیاری، کود و رقم در سطح 1 درصد و اثر آبیاری و اثر کود در سطح 5 درصد بر آب نسبی برگ معنی‌دار بودند (جدول 2). در اثر متقابل مدیریت آبیاری و کود مصرفی و رقم، بیشترین آب نسبی برگ در شرایط آبیاری 5 روز و مصرف 50 کیلوگرم فسفر در هکتار در رقم گیلانه با میانگین 0/65 سانتی‌متر مشاهده شد (جدول 3).

سرعت رشد گیاه

اثر آبیاری، اثر کود، اثر متقابل آبیاری و کود، اثر رقم، اثر متقابل آبیاری و رقم، اثر کود و رقم، اثر متقابل آبیاری، کود و رقم در سطح یک درصد بر سرعت رشد گیاه معنی‌دار بودند (جدول 2). در اثر متقابل مدیریت آبیاری و کود مصرفی و رقم، بیشترین میزان سرعت رشد گیاه در شرایط آبیاری 5 روز و سطح کودی 50 کیلوگرم فسفر در هکتار در رقم گیلانه با میانگین 20/08 گرم بر مترمربع در روز به دست آمد (جدول 3).

حداکثر شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر آبیاری، اثر کود، اثر متقابل آبیاری و کود، اثر رقم، اثر متقابل آبیاری و رقم، اثر کود و رقم، اثر متقابل آبیاری، کود و رقم در سطح یک درصد بر بیشترین شاخص سطح برگ معنی‌دار بودند (جدول 2). در اثر متقابل مدیریت آبیاری و کود

مصرفی و رقم، بیشترین شاخص سطح برگ در شرایط آبیاری 5 روز و سطح کودی 75 کیلوگرم فسفر در هکتار در رقم گیلانه با میانگین 4/31 به دست آمد (جدول 3).

جدول 2- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در سال‌های موردمطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	آب نسبی برگ	سرعت رشد گیاه	حداکثر شاخص سطح برگ	شاخص سطح برگ روزانه
سال	1	0/259^{ns}	3/756^{ns}	0/302^{ns}	297/837^{ns}
سال^{x}تکرار	4	0/0001^{ns}	0/091^{ns}	0/004^{ns}	40/539^{ns}
آبیاری	2	0/014*	35/780**	4/371**	6859/914**
سال^{x}آبیاری	2	0/006^{ns}	1/759^{ns}	0/235^{ns}	112/479^{ns}
خطایa	6	0/0001	0/222	0/008	30/114
کود	2	0/028*	21/822**	1/279**	1439/318**
سال^{x}کود	2	0/011^{ns}	2/792^{ns}	0/031^{ns}	5/56^{ns}
آبیاری^{x}کود	4	0/002**	17/734**	0/173**	386/705**
سال^{x}آبیاری^{x}کود	4	0/001^{ns}	4/096^{ns}	0/031^{ns}	23/22^{ns}
خطایb	12	0/0001	0/107	0/010	10/295
رقم	1	0/006**	338/495**	21/307**	22204/917**
سال^{x}رقم	1	0/018^{ns}	11/008^{ns}	0/134^{ns}	6/547^{ns}
آبیاری^{x}رقم	2	0/145**	97/422**	1/814**	2154/197**
سال^{x}آبیاری^{x}رقم	2	0/005^{ns}	0/983^{ns}	0/133^{ns}	53/341^{ns}
کود^{x}رقم	2	0/002**	3/194**	2/058**	2543/540**
سال^{x}کود^{x}رقم	2	0/002^{ns}	2/338^{ns}	0/178^{ns}	6/314^{ns}
آبیاری^{x}کود^{x}رقم	4	0/020**	30/329**	5/598**	5610/182**
سال^{x}آبیاری^{x}کود^{x}رقم	4	0/005^{ns}	4/409^{ns}	0/105^{ns}	33/856^{ns}
خطایc	50	0/0001	0/216	0/011	1/670
ضریب تغییرات (%)		3/05	2/87	3/63	1/32

ns، *،** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد

جدول 3- اثرمتقابل آبیاری، کود و رقم بر صفات موردمطالعه

آبیاری	کود	رقم	آب نسبی برگ (درصد)	سرعت رشد گیاه گرم بر مترمربع در روز	حداکثر شاخص سطح برگ	شاخص سطح برگ روزانه
غرقاب	0	گیلانه	0/45g	17/93	3/37	115/99
		هاشمی	0/58c	19/57	2/84	95/25
	50	گیلانه	0/54d	14/30	2/89	100/14
		هاشمی	0/59c	15/92	3/89	129/12
	75	گیلانه	0/55d	19/22	4/11	149/63
		هاشمی	0/57c	15/85	2/38	92/79
5 روز	0	گیلانه	0/65a	20/8	2/85	90/97
		هاشمی	0/38i	10/91	2/26	71/39
	50	گیلانه	0/58c	19/58	4/31	146/38
		هاشمی	0/49f	12/22	1/62	57/16
	75	گیلانه	0/62b	19/07	3/37	109/17
		هاشمی	0/50e	15/91	2/70	80/00
10روز	0	گیلانه	0/42h	16/95	2/92	100/96
		هاشمی	0/52e	14/44	1/77	70/76
	50	گیلانه	0/49f	16/59	2/42	78/23
		هاشمی	0/53d	13/13	2/65	93/29

75	گیلانه	0/53d	17/93	3/70	120/46
	هاشمی	0/55d	11/83	1/86	64/07

شاخص سطح برگ روزانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر آبیاری، اثر کود، اثر متقابل آبیاری و کود، اثر رقم، اثر متقابل آبیاری و رقم، اثر کود و رقم، اثر متقابل آبیاری، کود و رقم در سطح یک درصد بر شاخص سطح برگ روزانه معنی‌دار بودند (جدول 2). در اثر متقابل مدیریت آبیاری و کود مصرفی و رقم، بیشترین شاخص سطح برگ روزانه در شرایط آبیاری غرقاب و سطح کودی 100 کیلوگرم فسفر در هکتار در رقم گیلانه با میانگین 149/63 به دست آمد (جدول 3).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در اثر متقابل آبیاری و کود مصرفی و رقم، بیشترین آب نسبی برگ و میزان سرعت رشد گیاه در شرایط آبیاری 5 روز و مصرف 50 کیلوگرم فسفر در هکتار در رقم گیلانه به ترتیب با میانگین 0/65 سانتی‌متر و 20/08 گرم بر مترمربع در روز بود و حداکثر شاخص سطح برگ در آبیاری 5 روز و سطح کودی 75 کیلوگرم فسفر در هکتار در رقم گیلانه با میانگین 4/31 به دست آمد. بیشینه شاخص سطح برگ روزانه در آبیاری غرقاب و سطح کودی 100 کیلوگرم فسفر در هکتار در رقم گیلانه با میانگین 149/63 بود.

منابع

Bodh, PC. and Rai, J.P. 2015. Agricultural Statistics for 2014. Oxford University Press, New Delhi. Ministry of Agriculture.

Hameed, K. A., Mosa, A. K. J. and Jabe, F.A. 2011. Irrigation water reduction using System of Rice Intensification compared with conventional cultivation methods in Iraq. Paddy and Water Environment, 9: 121-127.

Hong-Bo, S.H., Xian-Yan, CH., Li- E, Ch., Xi- Ning, Zh., Gang, W., Yong- Bing, Y., Chang- Xing, Zh. and ZanMin, H. 2006. Investigation on the relationship of prolife with wheat anti-drought under soil water deficits. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. (53). 113-119.

Miri, H.R., Niakan, V. and Bagheri, A.R. 2012. Effect of intermittent irrigation on yield, yield components, water productivity in rice directly cultivation in the region Kazeroon. Production of Horticultural Crops 5: 13-26.

تأثیر کاربرد توأم کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر تغییر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک در روش‌های زراعی مختلف در کرت‌های دایم

سید علی غفاری‌نژاد [1]، سید مجید موسوی [2]

[1] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ma_ghaffari51@yahoo.com

[2] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

ارزیابی حاصلخیزی خاک نیازمند تحقیقات درازمدت است. آزمایش‌های درازمدت خاک آزمایش‌های مزرعه‌ای با کرت‌های ثابت هستند که به طور منظم از آن‌ها نمونه‌برداری می‌شود تا تغییرات ویژگی‌های خاک را طی مقیاس زمانی دهه کمی کنند. آزمایش‌های درازمدت در ایران به طور بسیار محدود و عمدتاً در مورد یک عنصر غذایی اجرا شده‌اند. باتوجه‌به تأکید روزافزون بر پایداری کشاورزی و نظر به کاربرد آزمایش‌های مذکور در ارزیابی اثرات درازمدت مدیریت‌های مختلف عناصر غذایی از جمله استفاده توام از کودهای معدنی و آلی بر ویژگی‌های خاک و تعادل عناصر غذایی این آزمایش به مرحله اجرا درآمد. این پروژه به دنبال اجرای پروژه "تأثیر کاربرد توام کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر تولید محصول در تناوب‌های زراعی مختلف در کرت‌های ثابت" و به‌منظور بررسی تغییرات خصوصیات کیفی خاک ناشی از اعمال تیمارهای زیر در قالب قطعه‌های کامل تصادفی از مهرماه سال 1396 به مدت چهار سال زراعی در استان فارس (ایستگاه بختاجرد داراب) (تناوب کلزا، ذرت، گندم، پنبه، گندم، ذرت، گندم، پنبه) اجرا شد. نتایج نشان داد که تیمار کاربرد 20 کود گاوی هر دو سال یک‌بار+ کاربرد کودهای نیتروژنی، فسفری و پتاسیمی بر اساس آزمون خاک در هر کشت+ کاربرد محرک‌های زیستی رشد گیاه نسبت به سایر تیمارها سبب بهبود ویژگی‌های حاصلخیزی خاک و پایداری آن و بهبود مدیریت آب در مزرعه شد. وجود آیش در تناوب زراعی سبب بهبود مدیریت آب در مزرعه و بازیابی توان خاک و پایداری حاصلخیزی خاک به‌ویژه در مناطقی که مدیریت حاصلخیزی خاک ضعیف است می‌شود.

کلمات کلیدی: پایداری حاصلخیزی خاک، کاربرد توأم کودها، کرت دایم (ثابت)، ویژگی‌های بیولوژیک خاک، ویژگی‌های شیمیایی خاک، ویژگی‌های فیزیکی خاک

مقدمه

آزمایش‌های درازمدت خاک آزمایش‌های مزرعه‌ای با کرت‌های دایم هستند که به طور منظم از آنها نمونه‌برداری می‌شود تا تغییرات خاک را طی مقیاس زمانی دهه، کمی کنند. بررسی تغییرات حاصلخیزی خاک و تأثیر مصرف کودهای شیمیایی و آلی در آزمایش‌های درازمدت به‌صورت کرت‌های دایم در جهان سابقه طولانی دارد (Diacono and Montemurro, 2010). با انجام این آزمایش‌ها می‌توان به اطلاعات اساسی دست‌یافت که معمولاً با آزمایش‌های کوتاه‌مدت قابل‌دستیابی نمی‌باشند.

این آزمایش‌ها مشاهدات و اطلاعات مستقیم برای پاسخگویی به سؤالاتی در مورد چگونگی و چرایی تغییرات خاک به ما می‌دهد (Hofmockel et al., 2007; Gami et al., 2001). از این آزمایش‌ها برای ارزیابی تأثیر کشت مداوم بر پایداری فراهمی عناصر غذایی در خاک و به دنبال آن پایداری تولید یک روش زراعی استفاده می‌شود. نتایج این آزمایش‌ها می‌تواند در توسعه کشاورزی و مسائل محیط

زیستی استفاده شود و اهمیت آنها در پاسخ به سؤالاتی است که در آینده در زمینه کشاورزی و محیط‌زیست به وجود می‌آید. باتوجه‌به اینکه گذشت زمان سبب به‌وجودآمدن شرایط متفاوت در خاک‌های گوناگون شده است، این مزارع تحقیقاتی می‌توانند برای پاسخ به سؤالات پیچیده به کار روند. همچنین نتایج آزمایش‌های انجام شده در این مزارع می‌تواند در به‌وجودآوردن و اعتباربخشی مدل‌ها مورداستفاده قرار گیرد (Heidborn, 2007).

آزمایش‌های درازمدت نقش اساسی در بهبود تولید غذا و مدیریت خاک در دهه‌های آینده دارند. این روش‌ها می‌توانند به ارزیابی روش‌های زراعی جدید که حداقل تأثیر بر روی محیط را دارند کمک کنند و به‌منظور بررسی عملکرد کمی و کیفی، پایداری خاک و تأثیرات محیطی طراحی شوند. این آزمایش‌ها می‌توانند اخطار اولیه در زمینه تهدیدات ناشی از تولید محصولات کشاورزی را در آینده صادر کنند و به‌عنوان شاخص‌های پیشرو برای پایداری تولید و اخطار اولیه کاهش عملکرد به کار می‌روند. در این شرایط محققان این شانس را دارند که عوامل مؤثر بر تولید را قبل از آنکه در مزارع کشاورزان خود را نشان دهد ارزیابی کنند. این آزمایش‌ها می‌تواند به‌منظور افزایش بهره‌وری خاک در مناطقی که در آن حاصلخیزی خاک در حال کاهش است اجرا شود (Hofmockel et al., 2007). بسیاری تأثیرات مانند ترسیب کربن[1] در خاک و احتمال رسیدن عناصر به حد سمیت یا کمبود به‌کندی انجام می‌شود، بنابراین نیاز به آزمایش‌های درازمدت است (Triberti et al., 2016). باتوجه‌به کاربردها و نتایج ذکر شده از آزمایش‌های مذکور و تأکید روزافزون بر پایداری کشاورزی و نیاز به اطلاعات در مورد تأثیر درازمدت استفاده از کودهای معدنی و آلی بر ویژگی‌های خاک، ارزیابی تأثیر مدیریت‌های مختلف عناصر غذایی بر روش‌های زراعی، و ... برنامه‌ریزی برای اجرای این آزمایش‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مواد و روش‌ها

این پروژه به دنبال اجرای پروژه "تأثیر کاربرد توأم کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر تولید محصول در تناوب‌های زراعی مختلف در کرت‌های ثابت" و به‌منظور بررسی تغییرات خصوصیات کیفی خاک ناشی از اعمال تیمارهای زیر از آبان سال 1396 به مدت پنج سال در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی به مرحله اجرا درآمد. تیمارها عبارت بودند از: T1- نکاشت، T2- شاهد بدون مصرف کود، T3- کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنی، فسفری و پتاسیم بر اساس آزمون خاک در هر کشت، T4- کاربرد 20 تن در هکتار کود گاوی هر دو سال یکبار + کاربردکود شیمیایی نیتروژن 75% و فسفر و پتاسیم به میزان 50% توصیه شده بر اساس آزمون خاک در هر کشت، T5- کاربرد20 تن در هکتار کمپوست پسماند هر دو سال یکبار + کود شیمیایی نیتروژن 75% و فسفر و پتاسیم به میزان 50% توصیه شده بر اساس آزمون خاک در هر کشت، T6- کاربرد سالانه20 تن در هکتار کود دامی+ 75% کود شیمیایی نیتروژن توصیه شده بر اساس آزمون خاک در هر کشت، T7- کاربرد سالانه20 تن در هکتار کمپوست پسماند+ 75% کود شیمیایی نیتروژن توصیه شده بر اساس آزمون خاک در هر کشت، T8- کاربرد سالانه 20 تن کود گاوی (10 تن در کشت اول و 10 تن در کشت دوم)، T9- کاربرد سالانه 20 تن کود کمپوست پسماند (10 تن در کشت اول و 10 تن در کشت دوم)، T10- کاربرد کودهای نیتروژنی، فسفری و پتاسیمی بر اساس آزمون خاک در هر کشت+ کاربرد محرک‌های زیستی رشد گیاه، T11- کاربرد 20 تن در هکتار کود گاوی هر دو سال یکبار + کاربرد کود شیمیایی نیتروژن 75% و فسفر و پتاسیم به میزان 50% توصیه شده بر اساس آزمون خاک در هر کشت + کاربرد محرک‌های زیستی رشد گیاه، T12- کاربرد 20 تن در هکتار کمپوست پسماند هر دو سال یکبار + کاربرد کود شیمیایی نیتروژن 75% و فسفر و پتاسیم به میزان 50% توصیه شده بر اساس آزمون خاک در هر کشت + کاربرد محرک‌های زیستی رشد گیاه، T13- کاربرد 20 کود گاوی هر دو سال یکبار+ کاربرد کودهای نیتروژنی، فسفری و پتاسیمی بر اساس آزمون خاک در هر کشت + کاربرد محرک‌های زیستی رشد گیاه.

پروژه در استان فارس، ایستگاه بختاجرد داراب با تناوب کلزا، ذرت، گندم، پنبه، گندم، ذرت، گندم، پنبه اجرا شد. آبیاری به روش سطحی جویچه‌ای انجام شد. کودها بر اساس دستورالعمل‌های مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه برای گندم، کلزا، ذرت و

[1] Carbon Sequestration

پنبه مصرف شدند کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم موردنیاز به ترتیب از منبع اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم تأمین گردید. در کشت گندم، کود اوره در سه تقسیط و به‌صورت 20 تا 30 درصد در زمان کاشت و 40 درصد در مرحله پنجه‌زنی و 30 تا 40 درصد در مرحله ساقه روی مصرف شد. در کشت ذرت کود اوره طی سه نوبت شامل یک‌سوم هنگام کاشت، یک‌سوم در مرحله 6 تا 7 برگی و یک‌سوم در مرحله قبل از ظهور گل‌های نر همراه با آب آبیاری، در کشت کلزا کود اوره در چهار نوبت شامل 10% زمان کاشت و مابقی به‌صورت مساوی در زمان‌های خروج از روزت، ساقه روی و شروع گلدهی مصرف شد. در کشت پنبه کود اوره طی سه نوبت یعنی 20 درصد پس از آبیاری اول، 30 درصد بعد از وجین و تنک و 50 درصد مابقی قبل از گلدهی (حدود 65 روز پس از کاشت) و در کشت ماش کود اوره به میزان 50 کیلوگرم در هکتار استفاده شد. از دو نوع کود آلی متداول شامل کود گاوی و کمپوست بستر قارچ استفاده گردید و کود زیستی مصرفی از نوع فلاویت بود. کود زیستی به‌صورت بذر مال و به میزان یک لیتر به‌ازای 100 کیلوگرم بذر گندم، 15 کیلوگرم بذر ذرت، 15 کیلوگرم بذر پنبه و 6 کیلوگرم بذر کلزا استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده توسط روش آماری طرح قطعه‌های کامل تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SAS در جهت رسیدن به اهداف آزمایش مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

بحث و نتیجه‌گیری

خاک محل انجام پروژه در ایستگاه بختاجرد داراب خاکی آهکی، با میزان کربن آلی کم، داری بافت لوم، فاقد محدودیت شوری و از نظر ویژگی‌های حاصلخیزی در حد متوسط بود. غلظت عناصر غذایی قابل‌استفاده در این خاک در محدوده حد بحرانی بود. استفاده از گزینه‌های مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه سبب تأثیر زیادی بر میزان قابلیت هدایت الکتریکی خاک نشد و در پایان کشت هشتم قابلیت هدایت الکتریکی در تیمار تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. pH خاک تحت‌تأثیر تیمارهای آزمایش به طور معنی‌دار تغییر نکرد که باتوجه‌به ویژگی بافری خاک‌های آهکی از نظر تغییر واکنش خاک یک نتیجه منطقی بود. میزان فسفر قابل‌استفاده خاک در تیمار T1 (نکاشت) طی چهار سال اجرای پروژه تغییر خاصی را نشان نداد. تخلیه فسفر در تیمار T2 (شاهد بدون مصرف کود) طی هشت کشت انجام شده به‌وضوح مشخص بود. میزان فسفر قابل‌استفاده خاک در این تیمار پس از کشت اول 7/53 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. در پایان کشت هشتم این میزان به 4/53 میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش یافت که کاهش سه میلی‌گرم در کیلوگرم (حدود 40 درصدی) را نشان داد. یعنی با استفاده 20 تن در هکتار کود آلی یک سال در میان و کاهش میزان کود شیمیایی فسفره به میزان 50 درصد یا کاربرد سالانه 20 تن کود آلی در هکتار (چه به‌صورت یکجا در کشت اول یا 10 تن در کشت اول و 10 تن در کشت دوم) بدون استفاده از کود شیمیایی فسفره میزان فسفر قابل‌استفاده خاک را در حد مصرف کود بر اساس آزمون خاک یا بیشتر از آن افزایش داد. بین دو منبع کود آلی مورداستفاده در این آزمایش تفاوت معنی‌داری از میزان فسفر قابل‌استفاده خاک مشاهده نشد.

در مورد پتاسیم قابل‌استفاده خاک در تیمار T1 (نکاشت) میزان پتاسیم قابل‌استفاده کم‌وبیش ثابت بود. تخلیه پتاسیم قابل‌استفاده خاک در تیمار T2 (شاهد بدون مصرف کود) کاملاً واضح بود، به‌طوری‌که میزان پتاسیم قابل‌استفاده خاک در این تیمار از 241/3 میلی‌گرم در کیلوگرم به 180/5 در پایان این کشت هفتم رسید که کاهش 60 میلی‌گرم در کیلوگرم (حدود 25 درصد) نشان داد. استفاده از پتاسیم بر اساس آزمون خاک سبب افزایش معنی‌دار میزان پتاسیم قابل استفاده خاک در مقایسه با تیمار شاهد شد. هر کدام از گزینه‌های مورداستفاده در این آزمایش می‌تواند پتاسیم خاک را همانند فسفر به میزان مصرف کود بر اساس آزمون یا بیشتر از آن افزایش دهد. بین دو منبع کود آلی مورداستفاده در این آزمایش تفاوت معنی‌داری از میزان پتاسیم قابل استفاده خاک مشاهده نشد. در مورد عناصر کم مصرف آهن، منگنز و روی استفاده از کودهای آلی سبب افزایش غلظت میزان قابل استفاده این عناصر شد و تفاوتی بین دو منبع کود آلی ملاحظه نشد.

میزان ظرفیت تبادل کاتیونی در پایان کشت هشتم در تیمارهایی که کود آلی دریافت کرده بودند (تیمارهای T4 تا T13) به طور معنی‌دار بیشتر از تیمارهایی بود که هیچ کودی دریافت نکرده بودند یا فقط در آنها کود شیمیایی استفاده شده بود (تیمارهای T2 و T3). استفاده از کودهای آلی در برخی کشت‌ها سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک شد؛ اما این تأثیر از یک‌روند ثابت پیروی نکرد. به نظر می‌آید باتوجه‌به خاک‌ورزی مرسوم انجام شده در این آزمایش برگرداندن خاک سبب اکسیداسیون ماده آلی اضافه شده به خاک و به‌هم‌ریختن ویژگی‌های فیزیکی خاک شد. تأثیر تیمارهای آزمایش بر میزان بیومس میکربی خاک در اغلب کشت‌ها معنی‌دار بود. بیومس میکروبی خاک معمولاً در تیمارهایی که در آنها سابقه مصرف کود آلی و زیستی وجود داشت در مقایسه با تیمارهایی که در آنها از این مواد استفاده نشده بود به طور معنی‌داری بیشتر بود. در ایستگاه بختاجرد داراب ارزیابی کلی ویژگی‌های حاصلخیزی خاک نشان داد تیمار T13 نسبت به سایر تیمارها سبب بهبود ویژگی‌های حاصلخیزی خاک و پایداری آن و بهبود مدیریت آب در مزرعه شدند. نکته قابل‌توجه این است که تفاوت این تیمار با بقیه تیمارها که در آنها از کود آلی استفاده شده بود قابل‌توجه نبود.

منابع

خوگر، ز.، محمدزاده، ا.، جواهری، ا. و سماوات، س. 1384. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی "بررسی افزایش ماده آلی (از طریق کود سبز) خاک در کاهش مصرف کود نیتروژنه در تناوب گندم چغندر قند در پلاتهای ثابت" موسسه تحقیقات خاک و آب کشور.

Diacono, M. and F. Montemurro. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. Agronomy for sustainable development. 30(2): 401-422.

Gami, S., Ladha, J., Pathak, H., Shah, M., Pasuquin, E., Pandey, S., Hobbs, P., Joshy, D. and Mishra, R. 2001. Long-term changes in yield and soil fertility in a twenty-year rice-wheat experiment in Nepal. Biology and Fertility of Soils. 34(1): 73-78.

Heidborn, K.(ed.). 2007. Success stories of agricultural long term experiments. Report from a Conference at the at the Royal Swedish Academy of Agriculture and Foresty.

Hofmockel, M., Callaham, M. A., Powlsonand, D. S. and Smith. P. 2007. Long-term soil experiments: Keys to managing Earth's rapidly changing ecosystems. Soil Science Society of America Journal, 71(2): 266-279.

Triberti, L., Nastri, A. and Baldoni, G. 2016. Long-term effects of crop rotation, manure and mineral fertilization on carbon sequestration and soil fertility. European Journal of Agronomy. 74: 47-55.

تأثیر کاربرد سطوح مختلف بیوچار بر جرم ویژه ظاهری و پایداری خاکدانه‌ها در خاک تحت کشت نیشکر

اکبر کریمی [1]، الهام زنگنه یوسف‌آبادی [2]، نعمت‌الله زکوی [3]، حسین نوروزی [4]، شعبان زارعی [5]

[1] محقق گروه تحقیقات به‌زراعی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز، akbar.karimi84@yahoo.com

[2] محقق گروه تحقیقات آبیاری و زهکشی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز

[3] محقق گروه تحقیقات به‌زراعی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز

[4] مدیر گروه تحیقیقات به‌زراعی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز

[5] معاونت پایش و تحقیقات کشاورزی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر سطوح مختلف بیوچار تهیه شده از بقایای نیشکر بر جرم ویژه ظاهری خاک و پایداری خاکدانه‌ها در خاک تحت کشت نیشکر بود. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار شاهد (C) و کاربرد بیوچار در سه سطح 5 (B_5)، 10 (B_{10}) و 15 (B_{15}) تن در هکتار و در سه تکرار انجام شد. بیوچار بقایای نیشکر در دمای 350 درجه سلسیوس در شرایط پیرولیز آهسته تهیه شد. تیمارهای بیوچار قبل از کشت قلمه نیشکر اعمال شدند. در زمان 4 ماه پس از کشت جرم ویژه ظاهری خاک و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد کاربرد سطوح مختلف بیوچار سبب کاهش معنی‌دار جرم ویژه ظاهری خاک و افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها شد. کم‌ترین مقدار جرم ویژه ظاهری خاک و بیش‌ترین مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها مربوط به دو تیمار B_{10} و B15 بود و اختلاف معنی‌داری میان مقدار این دو عامل در دو تیمار B_{10} و B15 مشاهده نشد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد کاربرد بیوچار در سطح 10 تا 15 تن در هکتار می‌تواند راه‌کار مناسبی جهت بهبود جرم ویژه ظاهری خاک و افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در خاک‌های تحت کشت نیشکر باشد.

کلمات کلیدی: بقایای نیشکر، ماده آلی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، ویژگی‌های فیزیکی خاک

مقدمه

یکی از مشکلات مزارع نیشکر در استان خوزستان، فشردگی خاک، ایجاد سله‌های سطحی و تخریب ساختمان خاک است که عمدتاً ناشی از کمبود ماده آلی خاک، تردد ماشین‌های کشاورزی و عملیات خاک‌ورزی می‌باشد. کاربرد اصلاح‌کننده‌های آلی مانند بیوچار یکی از راهکارهای مناسب جهت افزایش ماده آلی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، است. کاربرد بیوچار به‌عنوان یک اصلاح‌کننده آلی به‌منظور بهبود ویژگی‌های مختلف خاک، در سال‌های اخیر موردتوجه قرار گرفته است (Zanutel et al., 2023). بیوچار یک ماده متخلخل و غنی از کربن است که از تجزیه حرارتی زیست‌توده‌های مختلف طی فرایند پیرولیز در شرایط بدون اکسیژن و یا اکسیژن حداقل تهیه می‌شود. باتوجه‌به پایداری بالای کربن بیوچار و زمان ماندگاری طولانی آن در خاک، کاربرد بیوچار سبب افزایش مقدار ماده آلی خاک به مدت طولانی و در نتیجه بهبود ویژگی‌های خاک، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌گردد (Khan et al., 2024; do Nascimento et al., 2023). نتایج مطالعات نشان داده افزودن بیوچار به خاک به دلیل ساختار متخلخل آن، سبب تشکیل منافذ ثانویه و تغییر اندازه منافذ خاک شده و تأثیر زیادی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله تهویه، چگالی ظاهری، رطوبت و ظرفیت نگه‌داری آب خاک دارد

(Da Silva Mendes et al., 2021; Zanutel et al., 2023). جرم ویژه ظاهری خاک یکی از ویژگی‌های فیزیکی مهم خاک است که بر روابط خاک و گیاه از جمله توسعه ریشه، انتقال اکسیژن و سایر گازها، فراهمی آب برای گیاه و فعالیت ریز جانداران مؤثر است. بیوچار ساختار متخلخلی داشته و جرم ویژه ظاهری آن در محدوده 0/05 تا 0/57 گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده و چگالی آن بسیار کم‌تر از کانی‌های خاک است؛ بنابراین کاربرد بیوچار می‌تواند سبب بهبود ساختمان خاک و کاهش تراکم خاک شود (Singh et al., 2022).

پایداری خاکدانه‌ها، یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی وضعیت ساختمان خاک و کیفیت خاک است که ویژگی‌هایی مختلف از جمله ایجاد سله در سطح خاک را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. بیوچار می‌تواند با بهبود کربن آلی، تخلخل و سطح ویژه خاک، جاودانه‌سازی خاک را تحت‌تأثیر قرار داده و سبب بهبود ساختمان خاک شود. تأثیر مثبت بیوچارهای تهیه شده در شرایط گرماکافت آهسته در دماهای 300-600 درجه سلسیوس در بهبود ساختمان خاک به دلیل افزایش ماده آلی خاک، افزایش تخلخل، کاهش جرم ویژه ظاهری و افزایش پایداری خاکدانه‌ها در خاک‌های تیمار شده با بیوچار توسط پژوهشگران مختلف گزارش شده است (Das and Ghosh, 2024).

باتوجه‌به لزوم استفاده از اصلاح‌کننده‌های خاک در آینده در مزارع نیشکر جهت اصلاح ویژگی‌های فیزیکی خاک و همچنین مدیریت بقایا، بررسی تأثیر کاربرد بیوچار و تعیین مقدار بهینه کاربرد آن در مدیریت خاک حائز اهمیت می‌باشد. ازآنجایی‌که تاکنون مطالعات چندانی در زمینه تأثیر کاربرد بیوچار بر ویژگی‌های فیزیک خاک در شرایط مزرعه‌ای در خاک‌های تحت کشت نیشکر انجام نشده است، بنابراین این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد بیوچار بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک و تعیین مقدار بهینه کاربرد آن انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی با چهار تیمار شامل شاهد (بدون کاربرد بیوچار) و کاربرد بیوچار بقایای نیشکر در سه سطح 5، 10 و 15 تن در هکتار و در سه تکرار انجام شد. اندازه هر کرت آزمایشی 27/5 مترمربع (5/5×5 متر) شامل سه ردیف جوی و پشته به فواصل حدود 1/83 متر و طول 5 متر بود. قبل از انجام این پژوهش نمونه‌برداری خاک از مزرعه محل انجام آزمایش به‌صورت مرکب انجام شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد. خاک موردمطالعه دارای بافت لومی رسی، کربن آلی کم (0/42 درصد)، pH بالا (7/72) و آهکی بود.

بیوچار بقایای برداشت سبز نیشکر در کوره الکتریکی در شرایط پیرولیز آهسته و در دمای 350 درجه سلسیوس تهیه شد. سپس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار تهیه شده اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول 1 آمده است.

جدول 1- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار مورداستفاده در این پژوهش

ویژگی	pH	EC (%)	چگالی ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	سطح ویژه ($g\ m^{-2}$)	کربن (%)	نیتروژن (%)
مقدار	6/95	4/23	0/23	56/7	53/2	1/79

تیمارهای بیوچار قبل از کشت قلمه نیشکر اعمال شدند. پس از اعمال تیمارهای بیوچار، کشت قلمه نیشکر واریته CP69-1062 انجام شد. کشت قلمه نیشکر به‌صورت دو ردیفه در کف جویچه انجام شد. کوددهی نیز بر اساس نتایج آزمون خاک انجام شد. به‌منظور ارزیابی تأثیر تیمارهای بیوچار، در زمان 4 ماه پس از اعمال تیمارهای بیوچار، جرم ویژه ظاهری خاک اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری جرم ویژه ظاهری، با استفاده از سیلندرهای نمونه‌برداری (با حجم مشخص) نمونه خاک دست‌نخورده تهیه شد و پس از خشک نمودن در آون در دمای 105 درجه سلسیوس به مدت 24 ساعت، جرم ویژه ظاهری خاک از نسبت جرم خاک خشک (m_s) (گرم) به حجم کل خاک (V_t) (سانتی‌متر مکعب) محاسبه شد.

برای ارزیابی اثر کاربرد سطوح مختلف بیوچار بر وضعیت ساختمان خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (Mean Weight Diameter) به روش الک تر اندازه‌گیری شد و بر اساس رابطه (1) محاسبه شد (Ebrahim et al., 2020).

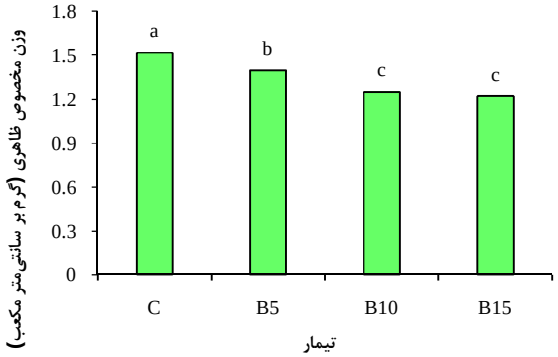
$$M \qquad (1)$$

که دراین‌رابطه MWD شاخص میانگین وزنی قطر خاکدانه، $\overline{xi}$ میانگین قطر خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی هر الک (میلی‌متر) و wi نسبت جرم خاکدانه‌های روی هر الک به وزن کل خاک می‌باشد.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که کاربرد سطوح مختلف بیوچار سبب کاهش معنی‌دار وزن مخصوص ظاهری خاک شد (شکل 1). به‌طوری‌که مقدار جرم ویژه ظاهری در تیمارهای کاربرد 5، 10 و 15 تن در هکتار بیوچار، به‌ترتیب 7/9، 17/6 و 19/6 درصد کم‌تر از این مقدار در تیمار شاهد بود.



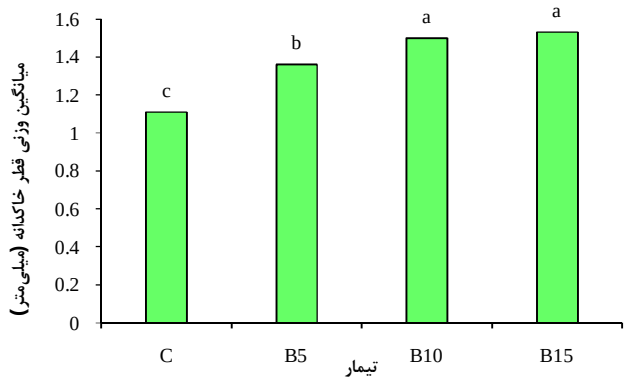
شکل 1- مقایسه میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای مختلف

میانگین‌های دارای حروف متفاوت بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد، اختلاف معنی‌داری دارند.

C: شاهد و B5، B10 و B15 به ترتیب تیمارهای کاربرد 5، 10 و 15 تن در هکتار بیوچار می‌باشند.

یکی از دلایل کاهش جرم ویژه ظاهری خاک در اثر کاربرد بیوچار بقایای نیشکر، ساختار متخلخل، سطح ویژه زیاد و کم‌بودن مقدار جرم ویژه ظاهری بیوچار مورداستفاده (0/23 گرم بر سانتی‌متر مکعب) می‌باشد (جدول 1). بدین ترتیب که افزودن بیوچار به خاک از طریق افزایش سهم ذرات آلی نسبت به معدنی در فاز جامد خاک، سبب کاهش جرم ویژه ظاهری خاک می‌شود. دلیل دیگر کاهش جرم ویژه ظاهری خاک در تیمارهای کاربرد بیوچار، افزایش ماده آلی خاک در اثر کاربرد این تیمارها می‌باشد. ماده آلی سبب بهبود ساختمان خاک، تشکیل خاکدانه‌ها و پایداری آن‌ها می‌گردد و از این طریق جرم ویژه ظاهری خاک کاهش می‌یابد (Da Silva Mendes et al., 2023).

نتایج نشان داد کاربرد سطوح مختلف بیوچار سبب افزایش معنی‌دار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها شد (شکل 2). کاربرد سطوح 5، 10 و 15 تن در هکتار بیوچار، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها را به‌ترتیب 37/8، 35/1 و 22/5 درصد افزایش داد. نتایج هم‌چنین نشان داد بین مقدار جرم ویژه ظاهری در دو تیمار B10 و B15 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.



شکل 1- مقایسه میانگین میانگین وزنی قطر خاکدانه در تیمارهای مختلف

میانگین‌های دارای حروف متفاوت بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد، اختلاف معنی‌داری دارند.

C: شاهد و B5، B10 و B15 به ترتیب تیمارهای کاربرد 5، 10 و 15 تن در هکتار بیوچار می‌باشند.

کم‌بودن میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها بیانگر ناپایداری ساختمان خاک و از پیامدهای خاکورزی‌های متوالی و مقدار کم ماده آلی خاک‌ها است. افزایش عملیات خاکورزی با کاهش کربن آلی خاک، سبب کاهش پایداری خاکدانه‌ها شده و پایداری ساختمان خاک را کاهش می‌دهد. کربن آلی موجود در ساختار بیوچار می‌تواند لیگاندهای آلی را به همراه پیوند با کاتیون‌های چندظرفیتی در سطح ذرات خاک تشکیل دهند که ترکیب ذرات آلی و معدنی سبب افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و تشکیل خاکدانه‌های پایدار می‌شود. نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که کاربرد بیوچار در خاک با افزایش مقدار کربن آلی خاک و بهبود هماوری و چسبندگی خاکدانه‌ها ویژگی‌های ساختمانی خاک را تحت‌تأثیر قرار داده و سبب افزایش پایداری خاکدانه‌ها به‌ویژه در خاک‌های با درصد رس زیاد، می‌گردد (Zanutel et al., 2023).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر مثبت کاربرد بیوچار در کاهش جرم ویژه ظاهری خاک و افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه بود؛ بنابراین بر اساس این نتایج می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاربرد بیوچار می‌تواند در بهبود تخلخل خاک و ساختمان خاک مؤثر باشد. باتوجه‌به مشکلات ناشی از تراکم خاک در مزارع نیشکر و همچنین تولید سالانه مقدار بسیار زیادی بقایای نیشکر در کشت و صنعت‌های نیشکر استان خوزستان، فراوری این بقایای گیاهی و تولید بیوچار آن‌ها و به دنبال آن کاربرد آن‌ها در مزارع نیشکر، می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای کاهش پیامدهای منفی ناشی از فشردگی خاک، موردتوجه قرار گیرد.

منابع

Da Silva Mendes, J., Fernandes, J.D., Chaves, L.H.G., Guerra, H. O. C., Tito, G.A. and de Brito Chaves, I. 2021. Chemical and physical changes of soil amended with biochar. Water, Air, & Soil Pollution, 232(8), 338.

Das, S.K. and Ghosh, G.K. 2024. Conversion of biomass into low-cost biochar along with organic manure improved soil hydro-physical environment through technological intervention for sandy soil restoration. Biomass Conversion and Biorefinery, 14(4), 5373-5385.

do Nascimento, Í.V., Fregolente, L.G., de Araújo Pereira, A.P., do Nascimento, C.D. V., Mota, J.C.A., Ferreira, O.P. and Costa, M.C.G. 2023. Biochar as a carbonaceous material to enhance soil quality in drylands ecosystems: A review. Environmental Research, 233, 116489.

Ibrahim, M., Mahmoud, E. and Ibrahim, D. 2020. Assessing the impact of water treatment residuals and rice straw compost on soil physical properties and wheat yield in saline sodic Soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 51(18), 2388-2397.

Khan, S., Irshad, S., Mehmood, K., Hasnain, Z., Nawaz, M., Rais, A., Gul, S., Wahid, M.A., Hashem, A., Abd_Allah, E.F. and Ibrar, D. 2024. Biochar production and characteristics, its impacts on soil health, crop production, and yield enhancement: A review. Plants, 13(2), 166.

Zanutel, M., Garré, S., Sanglier, P. and Bielders, C. 2024. Biochar modifies soil physical properties mostly through changes in soil structure rather than through its internal porosity. Vadose Zone Journal, 23(1), 20301.

تأثیر کم آبیاری و کود آلی بر عملکرد ذرت در استان هرمزگان

محمدعلی احمدی راد [1]

[1] محقق، بخش تحقیقات مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ahmadirad61@gmail.com

چکیده

اهمیت ذرت در تغذیه انسان، دام و طیور و مصارف صنعتی باعث شده است محققان به‌دنبال روش‌های مختلف مدیریتی به جهت افزایش بهره‌وری آب و کود مصرفی برای تولید این محصول باشند. در این پژوهش، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده با طرح قطعه کامل تصادفی در 3 تکرار در سال 1401 در شهرستان حاجی‌آباد واقع در استان هرمزگان اجرا شد. عامل اصلی شامل بدون آبیاری و تأمین 25، 50، 75 و 100 درصد نیاز آبی و عامل فرعی شامل مقادیر کود آلی شامل صفر، 10، 20 و 30 تن در هکتار بود. نتایج نشان داد که اثر نیاز آبی، اثر کود آلی و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد بر عملکرد بیولوژیک و دانه معنی‌دار بود. در اثر متقابل، بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک و دانه در تیمار کودی 30 تن در هکتار و 100 درصد نیاز آبی به ترتیب 19604 و 8267 کیلوگرم در هکتار بود. حداکثر شاخص برداشت در تیمار بدون آبیاری با میانگین 0/53 درصد و کمترین آن در شرایط 25 درصد نیاز آبی بود.

کلمات کلیدی: سینگل کراس 704، شاخص‌برداشت، مدیریت آبیاری

مقدمه

ذرت یکی از مهم‌ترین غلات به‌شمار می‌آید و میزان تولیدات آن بعد از گندم و برنج در رتبه سوم قرار دارد (واجدی روشن، 1394). مواد آلی عامل اصلی حاصلخیزی و باروری خاک هستند و برای حفظ سطح و قابلیت تولید خاک، میزان مواد آلی آن باید در سطح مناسبی حفظ شود (کریمی و همکاران، 1390). کودهای دامی حاوی اکثر عناصر موردنیاز گیاهان هستند و جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی هستند، زیرا کود دامی علاوه بر وجود عناصر پرمصرف به مقدار کمتری دارای ریزمغذی‌ها بوده و خاک را در درازمدت در جهت تعادل پیش خواهد برد (ملکوتی و بلالی، 1383). روش‌های کم آبیاری از جمله روش‌های آبیاری با دیدگاه افزایش تولید به‌ازای واحد مصرف آب می‌باشند که مزیت آن‌ها در اراضی وسیع و در سال‌هایی که به‌دلیل کاهش نزولات جوی، منابع آب محدود می‌گردد، بیشتر است (Fereres and Soriano, 2007; Webber et al., 2006). در پژوهشی بیان شد که کاربرد کود دامی باعث کاهش میزان آب مصرفی در گیاه ذرت دانه‌ای رقم هیبرید سینگل کراس 704 شد (پرویزی و نباتی، 1383).

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده با طرح قطعه کامل تصادفی در 3 تکرار در سال 1401 در شهرستان حاجی‌آباد واقع در استان هرمزگان اجرا شد. عامل اصلی شامل بدون آبیاری و تأمین 25، 50، 75 و 100 درصد نیاز آبی و عامل فرعی شامل مقادیر کود آلی شامل صفر، 10، 20 و 30 تن در هکتار بود. خصوصیات هواشناسی و مشخصات خاک منطقه موردمطالعه به ترتیب در جداول 1 و 2 ارائه شده است. رقم مورداستفاده سینگل کراس704 بود. فاصله بین پشته‌ها 60 سانتی‌متر و فاصله روی پشته‌ها 20 سانتی‌متر بود. بعد از رسیدن محصول، اندازه‌گیری صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص با انتخاب 15 بوته و با حذف اثرات حاشیه‌ای از خطوط میانی برداشت شد. پس از خشک‌شدن نمونه‌ها در آون به مدت 48 ساعت و با درنظرگرفتن رطوبت چهارده درصد، با ترازوی دقیق 0/01 توزین گردیدند. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک به دست آمد. برای تعیین تیمارهای آبیاری از تخلیه

رطوبتی خاک استفاده شد و نیاز آبی گیاه به‌عنوان تیمار 100 درصد آبیاری در نظر گرفته شد و سایر تیمارهای آبیاری به‌عنوان درصدی از این مقدار منظور گردید. برای دستیابی به تیمار 100 درصد آبیاری، رطوبت خاک در عمق ریشه گیاه، به نحوی محاسبه گردید که رطوبت خاک تا عمق ریشه به حد ظرفیت مزرعه برسد (رابطه 1). مدت‌زمان آبیاری بر اساس رسیدن آب به جبهه رطوبتی در اطراف عمق ریشه گیاه بود.

$$d_n = (\theta_{Fc} - \theta_i).\rho_b.D_r \quad (1)$$

θ_{Fc}: درصد وزنی رطوبت در ظرفیت زراعی، θ_i: درصد وزنی رطوبت موجود در خاک، ρ_b: جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، D_r: عمق مؤثر ریشه (سانتی‌متر). تعیین رطوبت لایه‌های مختلف خاک به روش وزنی انجام شد. برای تعیین آب مصرفی از کنتور استفاده شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC (آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد) و رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

جدول 1. برخی از خصوصیات هواشناسی منطقه مورد آزمایش در طول دوره رشد

پارامترهای هواشناسی	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بارندگی (میلی‌متر)	31/3	8/5	30/0	15/1	1
متوسط رطوبت نسبی (درصد)	41/4	32/2	31/3	36/5	24/9
سرعت باد (متر بر ثانیه)	1/88	1/80	2/0	1/99	2/70
حداکثر دما (سانتی‌گراد)	39/0	46/6	44	45	42
حداقل دما (سانتی‌گراد)	12/1	17/5	21	23	15

جدول 2- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه‌برداری (cm)	فسفر قابل‌استفاده (mg/kg)	پتاسیم قابل‌استفاده (mg/kg)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	کربن آلی (%)
صفر تا 30	4/02	104	62	24	14	لوم شنی	1/43	0/483
30 تا 60	3/35	130	68	20	12	لوم شنی	1/54	0/328

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک

اثر نیاز آبی، اثر کود آلی و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول 3). در اثر متقابل، بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار کودی 30 تن نیتروژن در هکتار و تیمار 100 درصد نیاز آبی با مقدار 19604 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. کمترین آن در شرایط بدون آبیاری و بدون کود با میانگین 8822 کیلوگرم در هکتار بود (جدول 5).

جدول 3- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در شرایط نیاز آبی و کود آلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
تکرار	2	1687789/31^{ns}	112527/02^{ns}	0/0001^{ns}
آبیاری	4	82186704/85**	7136663/52**	0/031**
خطا	8	10772/23	1744/22	0/0001
نیتروژن	3	46336689/62**	8635773/98**	0/0001^{ns}
اثر متقابل	12	295927/52**	25684/21**	0/0001^{ns}
خطا	30	1245/56	85/85	0/0001

ضریب تغییرات (درصد)	0/24	0/15	0/30

ns بی‌معنی، ** و * ارتباط معنی‌داری در سطح 1 و 5 درصد.

عملکرد دانه

اثر نیاز آبی، اثر کود آلی و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول 3). در اثر متقابل، بیشترین میزان عملکرد دانه در تیمار کودی 30 تن نیتروژن در هکتار و تیمار 100 درصد نیاز آبی با مقدار 8267 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. کمترین آن در شرایط بدون آبیاری و بدون کود با میانگین 4650 کیلوگرم در هکتار بود (جدول 5). علت کاهش عملکرد دانه در اثر تنش آبی را می‌توان کاهش آهنگ رشد بلال که مقصد قوی برای مواد فتوسنتزی می‌باشد عنوان نمود، زیرا عرضه مواد پرورده تحت تأثیر تنش رطوبتی کاهش می‌یابد.

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در شرایط نیاز آبی و کود آلی

نیاز آبی	کود آلی	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
100 درصد	30 (تن در هکتار)	19604a	8267a
	20 (تن در هکتار)	18624b	7854b
	10 (تن در هکتار)	17644c	7440c
	0	14703f	6200g
75 درصد	30 (تن در هکتار)	17644c	7461c
	20 (تن در هکتار)	16762d	7088d
	10 (تن در هکتار)	15879e	6715e
	0	13233h	5596i
50 درصد	30 (تن در هکتار)	16664d	6878d
	20 (تن در هکتار)	15830e	6534f
	10 (تن در هکتار)	14997f	6191g
	0	12498i	5159j
25 درصد	30 (تن در هکتار)	15683e	6316f
	20 (تن در هکتار)	14899f	6000g
	10 (تن در هکتار)	14115g	5684h
	0	11762j	4737k
بدون آبیاری	30 (تن در هکتار)	11762j	6200g
	20 (تن در هکتار)	11175j	5890h
	10 (تن در هکتار)	10586k	5580i
	0	8822l	4650k

جدول 5- مقایسه میانگین شاخص برداشت در شرایط نیاز آبی و کود آلی

تیمارها		شاخص برداشت (درصد)
نیاز آبی (درصد)	100 درصد	0/42 c
	75 درصد	0/42 c
	50 درصد	0/41 d
	25 درصد	0/40 e
	بدون آبیاری	0/53 a

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری و اثر کود آلی در سطح 1 درصد بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول 3). حداکثر شاخص برداشت در تیمار بدون آبیاری با میانگین 0/53 درصد و کمترین آن در شرایط 25 درصد نیاز آبی بود (جدول 5).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که اثر نیاز آبی، اثر کود آلی و اثر متقابل آن‌ها در سطح 1 درصد بر عملکرد بیولوژیک و دانه معنی‌دار بود. در اثر متقابل، بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک و دانه در تیمار کودی 30 تن در هکتار و تیمار 100 درصد نیاز آبی به ترتیب به میزان 19604 و 8267 کیلوگرم در هکتار به دست آمد. حداکثر شاخص برداشت در تیمار بدون آبیاری با میانگین 0/53 درصد و کمترین آن در شرایط 25 درصد نیاز آبی بود.

منابع

کریمی، ه.، د. مظاهری، س. ع. پیغمبری و م. میراب‌زاده اردکانی. 1390. اثر مصرف کودهای آلی و معدنی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای سینگل کراس 704. مجله علوم زراعی ایران. 13(4): 611-626.

ملکوتی،م.ج. و بلالی، م.ر. 1383. مصرف بهینه کود راهی برای پایداری در تولیدات کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی، کرج، 575 ص

واجدی‌روشن، س.آ. رحیمی پطرود، ا. میرزایی، غ.ر. و مبصر، ح.ر. 1394. تأثیر کاربرد کود آلی و کود شیمیایی نیتروژن بر صفات زراعی ذرت دانه‌ای رقم SCK704 . نشریه یافته های نوین کشاورزی. 9(3). 237-251.

پرویزی، ی. و نباتی، ع. ا. 1383. تأثیر دور آبیاری و کود دامی بر کارایی مصرف آب و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی.63: 21-29.

Fereres, E. and M. A. Soriano. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany. 58: 147-159.

Webber, H.A., Madramootoana, C.A. and Bourgout, M. 2006. Water use efficiency of common Bean using alternate furrow and deficit irrigation. Crop Protection. 70: 234-240.

تأثیر کود مرغی و دور آبیاری بر برخی صفات زراعی برنج

غلام حسین جوانمرد کلده [1]، سیده صدیقه حسینی چهارده [2]

[1] دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، Javanmardmasoud@gmail.com

[2] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان

چکیده

مصرف کود مرغی باعث اصلاح ساختمان خاک و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی می‌شود. برنج در برابر کمبود آب حساس است و بیشترین نیاز آبی را در بین غلات دارد. این تحقیق به‌منظور تأثیر دور آبیاری و سطوح کود مرغی در گیاه برنج انجام گرفت. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 1401 در استان گیلان اجرا شد. عامل اصلی شامل دور آبیاری 3 و 12روز و عامل فرعی شامل کود مرغی با سطوح صفر، 1000، 2500 و 4000 کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد که اثر آبیاری و اثر کود مرغی در سطح یک درصد بر ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، طول‌خوشه و وزن تک خوشه معنی‌دار بود. اثر متقابل آبیاری و کود مرغی بر تعداد پنجه در بوته و وزن تک خوشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود، ولی بر ارتفاع بوته و طول خوشه در بوته معنی‌دار نشد. بیشترین میزان تعداد پنجه در بوته و وزن تک خوشه در اثر متقابل آبیاری و کود مرغی در دور آبیاری 3 روز و مصرف 1500 کیلوگرم در هکتار به ترتیب با میانگین 588 عدد و 1/4 گرم به دست آمد.

کلمات کلیدی: آب مصرفی، رقم محلی، کود آلی مرغی، مدیریت آبیاری

مقدمه

برنج یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی خانواده غلات در دنیا است که غذای اصلی تقریباً نیمی از مردم جهان را تشکیل می‌دهد. نیاز آبی این گیاه از سایر غلات بیشتر می‌باشد و مقدار آن تابع رقم، مرحله رشد، طول دوره رشد، بافت خاک و حتی روش کاشت و شرایط آب‌وهوایی است. کمبود آب یک مشکل جدی تولید برنج در دنیا است. گیاه برنج در تمام مراحل فنولوژی حساس به خشکی است و تنش‌های شدید خشکی ممکن است باعث ازدست‌دادن کل محصول شود (Lasaltia et al., 2008). مصرف کود مرغی باعث اصلاح ساختمان خاک و تهویه آن می‌شود و به‌تدریج موجب آزادسازی عناصر غذایی خواهد شد (Abou El-Magd et al., 2006). پژوهشی نشان داد که با مصرف کود مرغی میزان رطوبت خاک در مقایسه با شاهد، 3 درصد افزایش داشت (Martens and Frankenberger, 1992). گزارش شد که کاربرد 2 تا 8 تن در هکتار کود مرغی به‌طور متوسط باعث افزایش میزان نیتروژن خاک از 0/09 به 0/14 درصد گردید (Boateng et al., 2006). این پژوهش باهدف بررسی دور آبیاری و کود مرغی بر صفات زراعی برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح قطعه‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 1401 در استان گیلان اجرا شد. عامل اصلی شامل دور آبیاری 3 و 12روز و عامل فرعی شامل کود مرغی با سطوح صفر، 1000، 2500 و 4000 کیلوگرم در هکتار بود. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و کود مرغی به ترتیب در جداول 1و 2 ارائه شد. در دور آبیاری 3 و 12روز میزان آب مصرفی به‌ترتیب 580 و 395 میلی‌متر بود. تمام کودها قبل از نشاءکاری با خاک مخلوط شدند. زمین طرح موردنظر دارای مساحت 1300

مترمربع با ابعاد کرت‌ها 3x4 متر بود. ارتفاع بوته و طول خوشه با خط‌کش انجام شد. برای تعیین وزن تک خوشه، از سطحی معادل یک-متر مربع نمونه‌گیری، و در آون با دمای 70 درجه سانتی‌گراد به‌مدت 48 ساعت قرار داده شد. سپس دانه‌ها از کاه جدا و و با ترازوی دیجیتالی با دقت یک‌صدم گرم وزن شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها (آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد) با نرم‌افزار MSTATCو رسم شکل‌ها با نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش تا عمق 30 سانتی‌متر

نوع خاک	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
رسی	7/2	0/56	2/7	0/19	0/8	145/2

جدول 2- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کود مرغی

اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر (قسمت در میلیون)	پتاسیم (قسمت در میلیون)	نسبت کربن به نیتروژن
11/8	05/9	27/36	91/4	46/0	92/0	39/7

نتایج و بحث

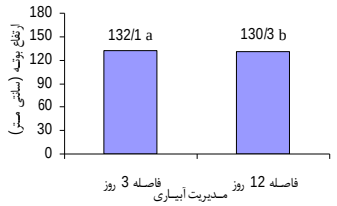
ارتفاع بوته

اثر آبیاری و کود مرغی در سطح یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود؛ ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول 3). بیشترین ارتفاع بوته در دور آبیاری 3 روز با میانگین 132/1 سانتی‌متر بود (شکل 1). حداکثر ارتفاع بوته با مصرف کود مرغی به میزان 1500 کیلوگرم در هکتار با میانگین 144/9 سانتی‌متر بود (شکل 2). تنش آبی به واسطه کاهش محتوای آب سلول، موجب کاهش ارتفاع بوته می‌شود (Jaleel et al., 2009). در پژوهشی گزارش شد که با مصرف کود مرغی، مقدار عناصر غذایی خاک به طور معنی‌دار افزایش یافت در رشد رویشی گیاه موثر بود (Jaleel et al., 2011).

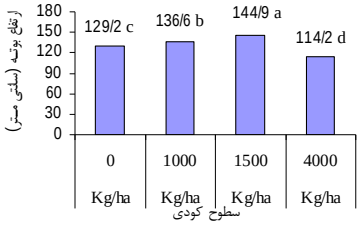
جدول 3- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط آبیاری و کود مرغی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته	تعداد پنجه در بوته	طول خوشه	وزن تک خوشه
تکرار	2	5/162^{ns}	344/531^{ns}	0/65^{ns}	0/0001^{ns}
آبیاری	1	19/802**	4746/094**	4/002**	0/007**
خطا	2	0/432	0/781	0/198	0/0001
کود	3	1020/37**	77971/09**	25/599**	0/109**
آبیاری×کود	3	1/165^{ns}	458/594**	0/203^{ns}	0/017**
خطا	12	1/657	68/49	0/201	0/003
ضریب تغییرات (درصد)		0/98	1/90	1/64	4/31

*و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح 5 و 1 درصد



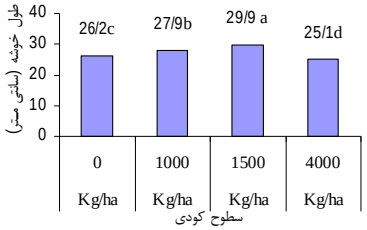
شکل 1- اثر مدیریت آبیاری بر ارتفاع بوته



شکل 2- اثر سطوح کود مصرفی بر ارتفاع بوته



شکل 1- اثر مدیریت آبیاری بر طول خوشه



شکل 2- اثر سطوح کود مصرفی بر طول خوشه

جدول 4- مقایسه میانگین صفات در شرایط آبیاری و کود مرغی

اثر متقابل آبیاری و کود مرغی		تعداد پنجه در بوته (عدد)	وزن تک خوشه (گرم)
فواصل 3 روز	صفر	398 d	1/2c
	1000(kg/ha)	488 c	1/2c
	1500(kg/ha)	588 a	1/3b
	4000(kg/ha)	330 f	1/1d
فواصل 12 روز	صفر	348 e	1/1d
	1000(kg/ha)	480 c	1/3b
	1500(kg/ha)	558 b	1/4a
	4000(kg/ha)	305 g	0/9e

تعداد پنجه در مترمربع

نتایج نشان داد که اثر آبیاری و کود مرغی و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر تعداد پنجه در بوته معنی‌دار بود (جدول 3). بیشترین میزان تعداد پنجه در بوته در اثر متقابل آبیاری و تیمارهای کودی، در فاصله آبیاری 3 روز و مصرف 1500 کیلوگرم در هکتار با میانگین 588 عدد به دست آمد (جدول 4). تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار تعداد پنجه و تعداد خوشه برنج می‌شود (خورشیدی و همکاران، 1387).

طول خوشه در بوته

اثر آبیاری و کود مرغی در سطح یک درصد بر طول خوشه در بوته معنی‌دار بود؛ ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول 3). بیشترین طول خوشه در شرایط آبیاری 3 روز با میانگین 27/7 سانتی‌متر بود (شکل 1) و حداکثر طول خوشه با مصرف کود مرغی به مقدار 1500 کیلوگرم در هکتار با میانگین 29/9 سانتی‌متر بود (شکل 2).

وزن تک خوشه

نتایج نشان داد که اثر آبیاری و کود مرغی و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد بر وزن تک خوشه معنی‌دار بود (جدول 3). در اثر متقابل آبیاری و تیمارهای کودی، بیشترین میزان وزن تک خوشه در دور آبیاری 3 روز و مصرف 1500 کیلوگرم در هکتار با میانگین 1/4 گرم به دست آمد (جدول 4).

نتیجه‌گیری

به طور کلی، استفاده از کود مرغی سبب بهبود صفات زراعی در برنج شد و مقایسه دور آبیاری 3 و 12 روز نشان داد که عدم وجود تنش آبی، مناسب‌ترین شرایط به‌شمار می‌رود. با افزایش فاصله بین روزهای آبیاری به‌دلیل افزایش شدت تنش آبی، صفات زراعی برنج کاهش یافت، به‌طوری‌که دور آبیاری 3 روز بهترین شرایط را برای رشد گیاه فراهم نمود.

منابع

خورشیدی بنام، م.ب.، عبدی، م.، ایرانی پور،ش. و اکبری،ر. 1387. تأثیر تنش خشکی پایان فصل بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد 9 لاین و ارقام اصلاح شده برنج. دانش کشاورزی و تولید پایدار. 19(1): 59-70.

Abou El-Magd M.M., El-Bassiony A.M. and Fawzy Z.F. 2006. Effect of organic manure with or without chemical fertilizers on growth, yield and quality of some varieties of broccoli plants. J. Applied Sci. Res., 2(10): 791-798.

Boateng A., Zickermann S.J. and Kornahrens M. 2006. Poultry manure effect on growth and yield of maize. West Afric. J. Applied Ecol., 9: 1-11.

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2017. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in Catharanthus roseus; effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 60: 110-116.

Jaleel, J.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Jasim al-juburi, H., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. Journal of Agriculturall Biology, 11: 100-105.

Lasaltia, F., Miranda, J.G. and Michelle, I. 2008. Physiological characterization for drought tolerance of selected rice varieties in Lake Sebu, Philippines.USM R and D Journal, 16:13-16.

Martens D.A. and Frankenberger J.W.T. 1992. Modification of infiltration rates in an organic-amended irrigated soil. Agron. J., 84(4): 707-717.

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. and R. Panneerselvam. 2017. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in Catharanthus roseus; effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 60: 110-116.

تخمین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی بر پایه ویژگی‌های زودیافت خاک به کمک برخی توابع انتقالی

سمیه شامی هریس[1]، محبوبه مظهری[2]، مهناز اسکندری[3]

[1] دانشجو دکتری منابع خاک و ارزیابی اراضی، دانشگاه گیلان، shamishami1362@gmail.com

[2] استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

[3] استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

ظرفیت تبادل کاتیونی یکی از شاخص‌های مهم برای تعیین کیفیت و بهره‌وری خاک است. ازآنجاکه اندازه‌گیری این ویژگی، پرهزینه، زمان‌بر و نیازمند کاربرد دستگاه‌های آزمایشگاهی ویژه‌ای است، تخمین آن به کمک روش‌های اندازه‌گیری غیرمستقیم می‌تواند مقرون‌به‌صرفه باشد. هدف از انجام این پژوهش، پیش‌بینی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به کمک برخی ویژگی‌های زودیافت خاک با استفاده از سه مدل جنگل تصادفی، درخت تصمیم و رگرسیون خطی بود. نخست، 188 نمونه مرکب خاک به روش نمونه‌برداری منظم بافاصله یک کیلومتر، از دشت داراب استان فارس تهیه شد. سپس ظرفیت تبادل کاتیونی ($Cmol^{+}\ kg^{-1}$)، Hp، درصد آهک، کربن آلی، درصد رس، شن و سیلت در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. با کمک 70 درصد داده‌ها، مدل‌های موردنظر طراحی و با 30 درصد باقیمانده، اعتبارسنجی یا آزمون مدل انجام پذیرفت. نتایج همبستگی نشان داد ظرفیت تبادل کاتیونی دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با مقدار رس خاک (0/73) و کربن آلی (0/46) و همبستگی منفی و معنی‌دار با مقدار شن (0/56-) است. مقایسه نتایج حاصل از سه مدل نشان داد که جنگل تصادفی به ترتیب با ضریب تبیین 0/60 و RMSE برابر 2/658، مناسب‌ترین مدل برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی می‌باشد.

کلمات کلیدی: CEC، الگوریتم جنگل تصادفی، درخت تصمیم، رگرسیون خطی

مقدمه

خاک یک منبع حیاتی است که خدمات اکوسیستمی متنوعی مانند تولید غذا، چرخه کربن و مواد مغذی ارائه می‌دهد. ازاین‌رو حفظ خاک امری حیاتی و ضروری است تا برای حمایت از تنوع زیستی برای زندگی انسان و شرایط اجتماعی- اقتصادی، موردتوجه قرار گیرد. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) [1] شاخص مهمی برای تعیین کیفیت و بهره‌وری خاک است. این ویژگی بر پایداری ساختاری خاک، دردسترس‌بودن مواد مغذی، pH و واکنش به کودها تأثیرگذار است. ظرفیت تبادل کاتیونی معمولاً با واحد میلی اکی‌والان در 100 گرم خاک (meq 100g-1) یا سانتی مول بار بر کیلوگرم خاک ($cmol\ (+)\ kg^{-1}$) بیان می‌شود (جمشیدی، 1391).

باتوجه‌به اهمیت ظرفیت تبادل کاتیونی، تاکنون مطالعات متعددی در زمینه مقایسه کارایی روش‌های تخمین مانند فازی[2]، شبکه‌های عصبی مصنوعی[3] و نروفازی[4] انجام شده است (کدخدایی و همکاران، 2009). همچنین، ماشین‌های یادگیری[5] نیز روش‌های جدید برای پیش‌بینی ویژگی‌های خاک می‌باشند. درخت تصمیم[6] یک ابزار برای پشتیبانی از تصمیم است که به طور معمول در تحقیق‌ها و عملیات

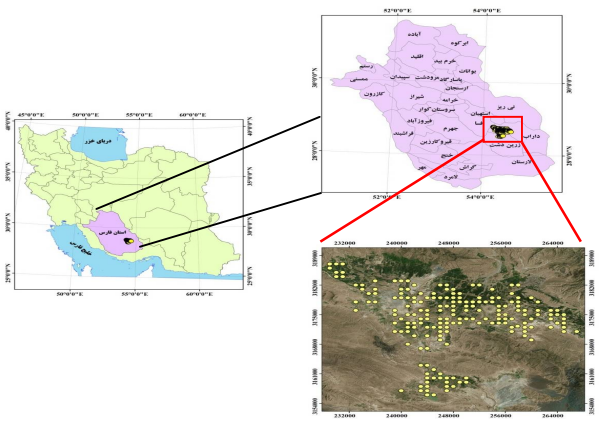
[1] Cation Exchange Capacity (CEC)
[2] Fuzzy logic
[3] Artificial Neural Networks
[4] Neurofuzzy
[5] Machine learning
[6] Decision Tree

مختلف استفاده می‌شود.

الگوی جنگل تصادفی (RF) [1] یکی از انواع روش‌های یادگیری و داده‌کاوی است. این روش در سال 2001 توسط بریمن ارائه شد. از الگوهای مورداستفاده در این پژوهش مدل جنگل تصادفی است. این الگو به دلیل سادگی و قابلیت استفاده، هم برای دسته‌بندی (Classification) و هم رگرسیون (Regression)، یکی از پرکاربردترین الگوهای یادگیری ماشین محسوب می‌شود. در این روش چندین درخت تصمیم آموزش داده می‌شود تا دقت مدل را افزایش دهند. بنابراین نتیجه حاصل پیش‌بینی گروهی از درختان تصمیم‌گیری است (بریمان، 2001). خاموشی و همکاران (1397) برای تهیه نقشه رقومی‌خاک در منطقه آبیک استان قزوین از مدل جنگل تصادفی استفاده کردند. در این پژوهش به روش مکعب لاتین مشروط از منطقه نمونه‌برداری شد و پس از انجام آنالیزهای آزمایشگاهی، با استفاده از مدل جنگل‌های تصادفی و متغیرهای کمکی مستخرج از مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک مکانی 30 متر و تصاویر سنجنده لندست 8، نقشه خاک منطقه تهیه شد. نتایج حاصل نشان داد که مدل توانسته است کلاس‌های خاک منطقه را با دقت بالایی (ضریب کاپای 0/83) پیش‌بینی کند. هدف از انجام این پژوهش 1) تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با استفاده از برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زودیافت خاک، 2) تعیین مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر در تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک‌های منطقه انتخابی و 3) مقایسه دقت مدل جنگل تصادفی (RF) با رگرسیونی خطی و درخت تصمیم از طریق ارزیابی عملکرد آن‌ها در خاک‌های منطقه انتخابی بود.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه در استان فارس در غرب و جنوب شهر داراب در مختصات جغرافیایی ″36 ′23 ° 54 تا ″36 ′35 °54 طول شرقی و ″57 ′37 °28 تا ″02 ′50 °28 عرض شمالی قرار گرفته است. شکل 1 موقعیت منطقه موردمطالعه را در استان فارس نشان می‌دهد.



شکل 1- موقعیت منطقه موردمطالعه و محل نقاط نمونه‌برداری شده در استان فارس

محدوده موردمطالعه داراب بر اساس طبقه‌بندی جامع خاک‌ها (Soil Taxonomy) در رده‌های آنتی سول (Entisols)، اینسپتی‌سول (Inceptisols) و ورتی سول (Vertisols) در پنج گروه بزرگ و در شش زیرگروه و 14 فامیل طبقه‌بندی گردیده است. متوسط بارندگی

[1] Random Forest

سالانه در منطقه در حدود 257 میلی‌متر و ماکزیمم سالانه درجه‌حرارت آن 40 درجه و مینیمم سالانه دما در منطقه 14/4 درجه است. رژیم رطوبتی، Ardic Ustic و حرارتی، Hyperthermic می‌باشد (جمشیدی، شرکت مهندسی مشاور حاسب کرجی، 1391).

داده‌های مورداستفاده در این پژوهش، از مطالعه "گزارش پهنه‌بندی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها به‌منظور بررسی توان خاک‌ها در نگهداری و انتقال عناصر آلاینده در استان‌های خوزستان و فارس" مربوط به استان فارس که در سال 1391 توسط محققین مؤسسه تحقیقات خاک و آب انجام شده است، برداشت شد. مساحت نمونه‌برداری در منطقه موردنظر در حدود 53217 هکتار بود که 47800 هکتار آن در دشت داراب و 5417 هکتار آن در زرین‌دشت واقع شده است. 188 نمونه مرکب خاک از عمق 30-0 سانتی‌متری به روش نمونه‌برداری منظم بافاصله یک کیلومتر از یکدیگر در این منطقه برداشت شده است. سپس ویژگی‌های خاک برای هر نمونه در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. در این مطالعه CEC خاک‌ها به روش باور (رودز، 1982)، بافت خاک به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، کربن آلی (OC) به روش واکلی و بلاک (Walkley and Black, 1934)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش جانشینی کاتیون‌ها با سدیم استات (Chapman, 1965)، واکنش خاک (pH) به روش pHمتر و آهک (TNV) به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد (بی‌نام، 1387).

مدل‌های رگرسیون خطی[1]، درخت تصمیم[2] و الگوریتم جنگل تصادفی[3] برای تخمین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به کمک زودیافت خاک استفاده شد. در این پژوهش از متغیرهای کمکی مؤثر در ظرفیت تبادل کاتیونی استفاده شد که با استفاده از انتقال متغیرها در قالب یک فایل عددی با فرمت (CSV) از بسته 'Random Forest' به محیط نرم‌افزار R Studio نسخه 1.1.456 به همراه کدنویسی صورت پذیرفت. نخست باید مجموعه‌داده‌های به‌دست‌آمده را به دودسته آموزش و آزمون طبقه‌بندی نمود؛ بنابراین با استفاده از 70 درصد داده‌ها مدل طراحی شد و با 30 درصد باقیمانده، اعتبارسنجی یا آزمون مدل انجام پذیرفت. هر مجموعه‌داده شامل داده‌های ورودی یعنی کربن آلی، واکنش خاک، آهک و بافت و مقدار خروجی یعنی ظرفیت تبادل کاتیونی است. جنگل تصادفی به‌عنوان یک مدل یادگیری ماشین نظارت شده، یاد می‌گیرد که در فاز آموزش یا برازش مدل، داده‌های ورودی را به خروجی نگاشت کند. پس از اتمام آموزش و به‌دست‌آوردن آماره‌هایی مانند R2 و RMSE که نشان از صحت کارکرد مدل داشته باشد، داده‌های آزمون به مدل وارد می‌شوند. پس از محاسبه مقدار خروجی برای داده‌های آزمون، مقادیر پیش‌بینی‌شده با مقادیر واقعی داده‌ها مقایسه شد تا دقت کارکرد مدل طراحی‌شده مشخص گردد.

ارزیابی مدل‌ها بر پایه برخی آماره‌ها شامل حداکثر خطا (ME)، میانگین ریشه دوم خطا (RMSE)، ضریب تبیین (CD)، کارایی مدل‌سازی (EF)، و ضریب باقیمانده (CRM) انجام شد (فلامکی و اسکندری، 1391).

$$ME = \max \left| P_i - O_i \right|_{i=1}^{n} \quad (1)$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} \left(P_i - O_i \right)^2}{n} \right]^{0.5} \frac{100}{\overline{O}} \quad (2)$$

$$CD = \frac{\sum_{i=1}^{n} (O_i - \overline{O})^2}{\sum_{i=1}^{n} (p_i - \overline{O})^2} \quad (3)$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^{n} (O_i - \overline{O})^2 - \sum_{i=1}^{n} (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} (O_i - \overline{O})^2} \quad (4)$$

[1] Simple Linear Regression
[2] Decision Tree
[3] Random Forest

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{n} O_i - \sum_{i=1}^{n} P_i}{\sum_{i=1}^{n} O_i} \quad (5)$$

در رابطه‌ها Pi مقدار پیش‌بینی‌شده، Oi مقدار اندازه‌گیری شده (مشاهده‌شده)، n تعداد نمونه‌های به‌کاررفته و $\overline{O}$ مقدار متوسط مقادیر O است. حداکثر مقدار EF برابر یک است. حداقل مقدار ME، RMSE و CD صفر است. مقدار منفی EF بیانگر آن است که میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده، برآوردی بهتر از مقادیر پیش‌بینی‌شده دارد. آماره CRM نشانگر تمایل مدل برای بیش برآوردی و یا کم برآوردی در مقایسه با اندازه‌گیری‌ها است. چنانچه تمام مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده با هم برابر باشند، مقدار عددی این آماره‌ها برابر است با: ME=0، RMSE=0، CD=1، EF=1 و CRM=0 (فلامکی و اسکندری، 1391).

نتایج و بحث

نتایج مربوط به آمار توصیفی ویژگی‌های موردبررسی خاک در این پژوهش، شامل میانگین، کمینه، بیشینه، انحراف معیار، واریانس، چولگی و کشیدگی، در جدول 1 ارائه شده است. باتوجه‌به نتایج به دست آمده کمترین و بیشترین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی به ترتیب $Cmol^{+}\ kg^{-1}$ 5/1 و $Cmol^{+}\ kg^{-1}$ 28/6 و با میانگین $Cmol^{+}\ kg^{-1}$ 16/444 بدست آمد. همچنین مقدار انحراف معیار نمونه خاک‌های مربوطه برای ظرفیت تبادل کاتیونی برابر 4/4847 می‌باشد. حداقل و حداکثر مقدار pH خاک برابر 7/17 و 8/60 با میانگین 7/91 است که نشان می‌دهد خاک‌های موردمطالعه در محدوده خنثی تا قلیایی قرار دارند. پس از بررسی درصد آهک (TNV) در 188 نمونه مورد بررسی نشان داده شد که تنوع صفت آهک در خاک‌های مورد بررسی زیاد بوده به طوریکه کمترین مقدار آهک برابر 21/5 و 74/5 درصد با میانگین 45/012 درصد بدست آمد. مقدار درصد کربن آلی در نمونه خاک‌های موردمطالعه دارای میانگین 0/96 با حداقل و حداکثر مقدار 0/17 و 2/58 درصد بود. خاک‌های مورد بررسی دارای مقادیر متنوع شن، سیلت و رس بودند به طوریکه مقدار کمینه و بیشینه برای شن به ترتیب برابر 5/2 و 77/4، برای سیلت 11/0 و 63/2 و برای رس برابر 10/0 و 54/0 درصد بود.

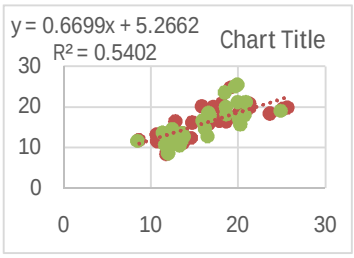
جدول 1- آماره‌های توصیفی برای 188 نمونه خاک مورد بررسی در منطقه مورد مطالعاتی

خصوصیات	تعداد نمونه	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	واریانس	چولگی		کشیدگی	
ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)$Cmol^{+}\ kg^{-1}$	188	1/5	6/28	444/16	4847/4	113/20	460/0	177/0	282/0-	353/0
واکنش خاک (pH)	188	17/7	60/8	9140/7	22901/0	052/0	169/0	177/0	836/0	353/0
آهک (TNV) %	188	5/21	5/74	012/45	6766/6	578/44	984/0	177/0	373/3	353/0
کربن آلی (%)	188	17/0	58/2	9632/0	37324/0	139/0	578/0	177/0	403/1	353/0
شن SAND %	188	2/5	4/77	210/27	5724/14	354/212	980/0	177/0	834/0	353/0
سیلت SILT%	188	0/11	2/63	213/41	5345/9	907/90	419/0-	177/0	555/00	353/0
رس CLAY %	188	0/10	0/54	577/31	6351/9	835/92	043/0-	177/0	461/0-	353/0

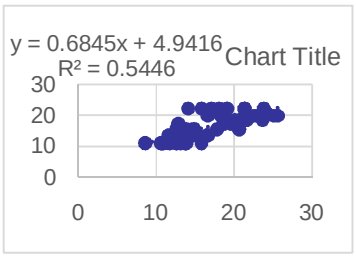
الگوی پراکنش نقاط بر روی مثلث بافت خاک نشان‌دهنده تجمع نقاط در قسمت مرکزی است؛ بنابراین بیشتر نقاط در بافت‌های لوم، کلی لوم و سیلتی کلی لوم قرار گرفته‌اند. هیچ یک از نقاط نمونه‌برداری شده در کلاس‌های بافتی sand, loamy sand, silt, sandy clay قرار نگرفته است. از طرفی کمترین تعداد داده‌ها در کلاس بافتی sandy clay loam و بیشترین در کلاس بافتی clay loam می‌باشد.

نتایج همبستگی پیرسون بین متغیرهای خاک در 188 نمونه مورد بررسی در منطقه مطالعاتی نشان داد که ظرفیت تبادل کاتیونی دارای

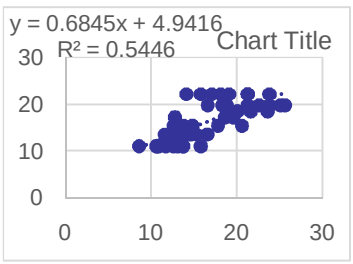
همبستگی مثبت و معنی‌دار با مقدار رس خاک (0/73) و کربن آلی (0/46) می‌باشد. بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار را با مقدار شن (0/56-) داشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت همبستگی بالای ظرفیت تبادل کاتیونی با درصد رس و کربن آلی ناشی از این است که این متغیر به شدت تحت تأثیر این دو صفت قرار دارد و می‌توانند در پیش‌بینی ظرفیت تبادل کاتیونی نقش اساسی داشته باشند. نتایج حاصل از پیش‌بینی مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از رگرسیون خطی و درخت تصمیم به ترتیب 54/02 و 54/46 درصد را نشان می دهد (شکل2 و 3). همچنین مقادیر پیش‌بینی شده ظرفیت تبادل کاتیونی توسط مدل جنگل تصادفی در شکل 5 نیز ارائه شده است.



شکل 2- مقادیر پیش‌بینی ظرفیت تبادل کاتیونی توسط مدل رگرسیون خطی



شکل 3- مقادیر پیش‌بینی شده ظرفیت تبادل کاتیونی توسط مدل درخت تصمیم

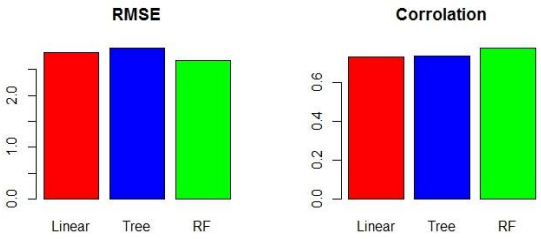


شکل 4- مقادیر پیش‌بینی شده ظرفیت تبادل کاتیونی توسط مدل جنگل تصادفی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از روش جنگل تصادفی به ترتیب صفات درصد رس، درصد شن، کربن آلی، درصد آهک و pH بیشترین تأثیر را در مدل داشته‌اند. مقایسه سه مدل جنگل تصادفی، درخت تصمیم و رگرسیون خطی در جدول 2 ارائه شده است که نشان می‌دهد بیشترین مقدار ضریب تبیین مربوط به مدل جنگل تصادفی با مقدار 0/60 درصد و به ترتیب بعد از آن مدل رگرسیون خطی و درخت تصمیم با ضریب تعیین 0/54 و 0/54 درصد است. نتایج ارزیابی مدل‌های مورد بررسی در پیش‌بینی ظرفیت تبادل کاتیونی براساس R^2 و RMSE در شکل 5 ارائه شده است.

جدول 2- آماره‌های ارزیابی مدل‌های مورد بررسی در پیش‌بینی ظرفیت تبادل کاتیونی

CRM	MAE	EF	RMSE	CD	
0/001	2/305	0/536	2/827	540/0	رگرسیون خطی
0/0123	2/295	0/508	2/910	544/0	درخت تصمیم
-0/001	2/156	0/590	2/658	609/0	جنگل تصادفی



شکل 5- ارزیابی صحت مدل‌های مورد بررسی در پیش‌بینی ظرفیت تبادل کاتیونی براساس R و RMSE

هرچه مقدار میانگین ریشه دوم خطا (RMSE) کمتر باشد نشان‌دهنده دقت بالای مدل است. بر اساس نتایج، مقدار RMSE در مدل‌های جنگل تصادفی، رگرسیون خطی و درخت تصمیم به ترتیب برابر است با 2/658، 2/827 و 2/910 که نشان می‌دهد مدل جنگل تصادفی بهترین مدل برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی است. بر اساس کارایی مدل (EF) نیز مدل جنگل تصادفی با مقدار 0/590 دارای بالاترین کارایی است. هرچه مقدار CRM به صفر نزدیک باشد نشان می‌دهد که مدل برآورد مناسبی از مقادیر CEC داشته است.

نتیجه‌گیری

مقایسه سه مدل جنگل تصادفی، درخت تصمیم و رگرسیون خطی در برآورد مقدار CEC خاک‌نشان داد که مدل جنگل تصادفی با مقدار ضریب تبیین 60/84 و بعد از آن مدل درخت تصمیم و رگرسیون خطی با ضریب تبیین 54/46 و 54/02 به ترتیب بهترین مدل می‌باشند. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده مدل جنگل تصادفی دارای کمترین مقدار RMSE و بالاترین کارایی مدل (EF) بود. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که جنگل تصادفی یک روش آسان و مقرون به صرفه برای پیش‌بینی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک است که می‌تواند به تخمین مقدار آن به‌جای اندازه‌گیری این ویژگی کمک نماید.

منابع

بی‌نام. 1387. دستورالعمل تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و آب، نشریه شماره 467. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور.

جمشیدی، م. 1391. گزارش پهنه‌بندی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها به‌منظور بررسی توان خاک‌ها در نگهداری و انتقال عناصر آلاینده در استان‌های خوزستان و فارس، شرکت مهندسی مشاور حاسب کرجی، 1391).

فلامکی، ا. و اسکندری، م. 1391. گزارش تخمین ضریب توزیع خاک-آب فلزات سنگین با کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی، نشریه علمی- پژوهشی حفاظت منابع آب‌وخاک.

Kadkhodaie, A., Rezaee, MR. and Rahimpour-Bonab, H.A. 2009. committee neural network for prediction of normalized oil content from well log data: An example from South Pars GasField, Persian Gulf. Journal of Petroleum Science and Engineering. 2009; 65: 23-32.

تعیین ضرایب گیاهی نیشکر رقم CP57-614 در شرایط کاربرد اصلاح‌کننده‌های آلی خاک در لایسیمترهای حجمی

الهام زنگنه یوسف‌آبادی[1]، اکبر کریمی[2]، علی شینی‌دشتگل[3]، شعبان زارعی[4]، مجید حمودی[5]، شهرزاد امیریه[6]

[1] محقق گروه تحقیقات آبیاری و زهکشی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز، ez1357h@yahoo.com

[2] محقق گروه تحقیقات به‌زراعی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز

[3] مدیر گروه تحیقیقات آبیاری و زهکشی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز

[4] معاونت پایش و تحقیقات کشاورزی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز

[5] رئیس اداره آب و خاک، کشت و صنعت امیرکبیر، اهواز، [6] سرپرست آزمایشگاه آب و خاک، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز

چکیده

تعیین دقیق مقدار نیاز آبی گیاه، پایه و اساس یک برنامه‌ریزی دقیق در کشاورزی می‌باشد. جهت برآورد دقیق مقدار نیاز آبی گیاه لازم است ابتدا ضرایب گیاهی (Kc)، بر مبنای مراحل رشد، تعیین گردند. ضریب گیاهی باتوجه‌به نوع رقم گیاه، شرایط آب‌وهوایی، مدیریت آبیاری و ویژگی‌های خاک، متفاوت می‌باشد. استفاده از اصلاح‌کننده‌های آلی خاک از جمله کمپوست و بیوچار بقایای گیاهی، می‌تواند در مدیریت مصرف آب و بهبود نگهداشت رطوبت در خاک مؤثر باشد. پژوهش حاضر باهدف تعیین ضرایب گیاهی نیشکر رقم CP57-614در شرایط استفاده از اصلاح‌کننده‌های آلی خاک در لایسیمترهای حجمی زهکش‌دار در کشت و صنعت امیرکبیر خوزستان انجام شد. آزمایش با سه تیمار شاهد، کاربرد کمپوست و کاربرد بیوچار و در سه تکرار انجام شد. تبخیر تعرق روزانه واقعی به روش بیلان آب در لایسیمترها برآورد شد و تبخیر تعرق مرجع با استفاده از گیاه چمن محاسبه گردید و ضرایب گیاهی در ماه‌های مختلف (اسفند تا خرداد) تعیین شد. نتایج نشان داد کاربرد بیوچار و کمپوست با افزایش فراهمی آب در خاک، موجب کاهش ضرایب گیاهی در ماه‌های مختلف سال در مقایسه با تیمار شاهد شد. در دوره زمانی بررسی شده کاربرد تیمارهای بیوچار و کمپوست ضریب گیاهی و نیاز آبی نیشکر واریته CP57-614 را در مقایسه با تیمار شاهد به طور میانگین به ترتیب 7/2 و 6/6 درصد کاهش داد.

کلمات کلیدی: تبخیر تعرق، بیوچار، کمپوست، نیاز آبی

مقدمه

تعیین آب مصرفی نیازمند محاسبه تبخیر تعرق محصول می‌باشد. روش بیلان آبی یک روش آسان و ساده در مقایسه با روش‌های متعدد دیگر موجود در منابع علمی است. تبخیر تعرق با استفاده از روش بیلان آبی با درنظرگرفتن تغییرات در ذخیره رطوبت، بین دوره‌های مورد محاسبه، آبیاری و مقدار آب زهکشی تعیین می‌شود. روش لایسیمتری معمولاً به دلیل دقت زیاد، به‌عنوان یک روش پایه و مبنا برای بررسی اعتبار سایر روش‌های برآورد تبخیر تعرق می‌باشد (Antunes Junior et al., 2021). جهت برآورد دقیق مقدار نیاز آبی گیاه، لازم است ابتدا تبخیر تعرق گیاه مرجع به روش‌های مستقیم یا به کمک داده‌های هواشناسی توسط روابط تجربی و مدل‌های کامپیوتری محاسبه شده و سپس با تعیین ضریب گیاهی (Kc) ، بر مبنای مراحل رشد، مقدار دقیق نیاز آبی گیاه برای یک روش آبیاری تعیین گردد؛ بنابراین تعیین ضریب گیاهی (Kc)، برای محاسبه دقیق نیاز آبی گیاه، استفاده بهتر از منابع آب و

مدیریت بهینه آب آبیاری، مدل‌سازی عملکرد گیاه بر اساس رطوبت خاک، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک ضروری است (Dingre and Gorantiwar, 2020; Hussain et al., 2023).

در سال‌های اخیر برای افزایش بهره‌وری آب، علاوه بر توسعه روش‌های نوین آبیاری، تلاش‌های زیادی برای بهبود شرایط خاک از نظر افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، جهت مدیریت بهینه آب صورت‌گرفته است (Cataldo et al., 2019). از جمله روش‌های مدیریتی مصرف بهینه آب در مزرعه، می‌توان به بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و افزایش نگهداشت آب در خاک با استفاده از اصلاح‌کننده‌های خاک از جمله کمپوست و بیوچار بقایای گیاهی اشاره کرد (Lal, 2020; Ghorbani et al., 2023).

Dingre and Gorantiwar (2020) با انجام مطالعات مزرعه‌ای در یک خاک رسی در منطقه نیمه‌خشک ماهاراشترا هندوستان، نیاز آبی (ETc) و ضریب گیاهی (Kc) نیشکر را تعیین کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که تبخیر تعرق گیاه مرجع (ETo) و نیاز آبی گیاه (ETc) به ترتیب 1318-1426 میلی‌متر و 1291-1388 میلی‌متر بود. میانگین تبخیر تعرق برآورد شده برای نیشکر به روش محاسبه بیلان آب در مزرعه، 1339 میلی‌متر در سال بود. مقدار آب موردنیاز آبیاری و بارندگی مؤثر نیز به ترتیب 991 و 424 میلی‌متر در سال بود. مقادیر Kc تعیین شده برای مراحل پنجه‌زنی، رشد سریع و رسیدگی نیشکر به ترتیب 0/70، 1/20 و 0/78 تعیین شد.

باتوجه‌به سطح زیاد کشت نیشکر در استان خوزستان و لزوم استفاده از اصلاح‌کننده‌های خاک در آینده جهت مدیریت آب و همچنین مدیریت بقایا، اندازه‌گیری ضریب گیاهی گیاه نیشکر در مراحل مختلف رشد در شرایط استفاده از کمپوست و بیوچار جهت برآورد دقیق نیاز آبی گیاه، حائز اهمیت می‌باشد. ازآنجایی‌که تاکنون مطالعات چندانی در زمینه تأثیر کاربرد اصلاح‌کننده‌های خاک بر تبخیر تعرق واقعی گیاه نیشکر و ضرایب گیاهی انجام نشده است، بنابراین این پژوهش به‌منظور تعیین نیاز آبی و ضرایب گیاهی نیشکر واریته CP57-614 در مراحل مختلف رشد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شرایط لایسیمتری در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر واقع در 45 کیلومتری جنوب اهواز با مختصات جغرافیایی 31 درجه و 6 دقیقه شمالی و 48 درجه 18 دقیقه شرقی انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری تبخیر تعرق گیاه نیشکر از 10 لایسیمتر حجمی زهکش‌دار به طول 6 متر، عرض 2 متر و مساحت 12 مترمربع استفاده شد. آزمایش با سه تیمار 1- شاهد (C) (بدون کاربرد اصلاح‌کننده‌ها)، 2- کاربرد کمپوست بقایای نیشکر در سطح 30 تن در هکتار و 3- کاربرد بیوچار بقایای نیشکر (B) در سطح 10 تن در هکتار و در سه تکرار انجام شد. کمپوست بقایای برداشت سبز نیشکر در سایت تولید کمپوست نیشکر کشت و صنعت حکیم فارابی تولید شد و کمپوست بیوچار بقایای نیشکر نیز در کوره الکتریکی در کشت و صنعت امام خمینی (ره) در شرایط پیرولیز آهسته و در دمای 350 درجه سلسیوس تهیه شد. در این پژوهش به‌منظور تعیین تبخیر تعرق گیاه مرجع (ET0)، در یک لایسیمتر گیاه مرجع چمن، کشت شد. پس از اعمال تیمارهای بیوچار و کمپوست، کشت نیشکر واریته CP57-614 طبق روش مرسوم کاشت نیشکر در منطقه کشت انجام شد. در هر یک از نه لایسیمتر، تعداد سه ردیف جوی و پشته به فواصل حدود 1/83 متر ایجاد شده و قلمه نیشکر به‌صورت دو ردیفه در کف جویچه کشت شد. کوددهی نیز بر اساس نتایج آزمون خاک انجام شد.

در این پژوهش، آب موردنیاز هر تیمار بر اساس شرایط رطوبتی خاک تعیین شد. بدین ترتیب که در هر آبیاری کمبود رطوبتی خاک نسبت به وضعیت ظرفیت زراعی (FC) با درنظرگرفتن 65 درصد به‌عنوان حداکثر تخلیه مجاز (MAD) یا حد آب سهل‌الوصول، محاسبه شد و بر این اساس آبیاری انجام گردید. تبخیر تعرق گیاه نیشکر، با استفاده از رابطه بیلان آبی محاسبه شد.

$$ET_C = I + P - DP - L \pm \Delta S \quad (1)$$

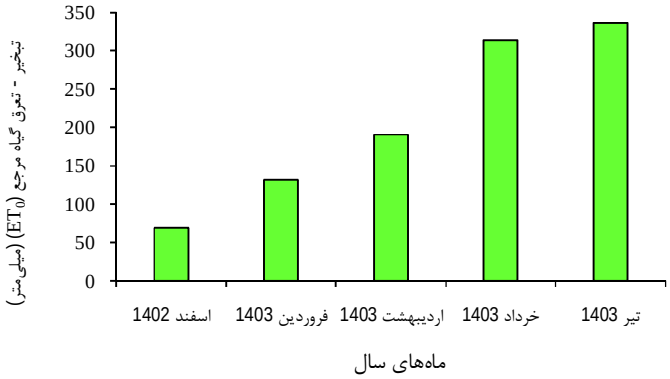
دراین‌رابطه ET_C: تبخیر تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر بر روز)، P: بارندگی (میلی‌متر)، I: مقدار آب آبیاری (میلی‌متر)، D: آب زهکش شده (میلی‌متر)، L: نیاز آبشویی که باتوجه‌به شوری آب آبیاری و شوری زهاب خروجی محاسبه شد (میلی‌متر) و ΔS: تغییرات ذخیره‌ای رطوبت خاک یا محتوای آب خاک (میلی‌متر) در دوره موردنظر، می‌باشد. رطوبت خاک در هر لایسیمتر قبل و پس از آبیاری با استفاده از دستگاه TDR اندازه‌گیری شد. تبخیر تعرق گیاه مرجع چمن (ET_0)، با استفاده از رابطه بیلان آبی و مقدار ضرایب گیاهی (K_c) در ماه‌های مختلف و دوره‌های مختلف رشد، با استفاده از رابطه (2) محاسبه شد:

$$K \qquad (2)$$

دراین‌رابطه Kc ضرایب گیاهی در ماه‌های مختلف، ET_0 تبخیر تعرق گیاه مرجع چمن و ETc تبخیر تعرق واقعی گیاه می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج تبخیر تعرق گیاه مرجع (ET_0) در دوره زمانی بررسی شده نشان داد که از اسفندماه تا تیرماه روند آن افزایشی بود. به‌طوری‌که کمترین و بیشترین مقدار آن به ترتیب مربوط به اسفندماه (69/4 میلی‌متر) و تیر ماه (336/7 میلی‌متر) بود (شکل 1). نتایج هم‌چنین نشان دهنده روند افزایشی چشم‌گیر تبخیر تعرق گیاه مرجع (ET_0) از اسفند تا خرداد ماه و تغییرات کمتر آن در بازه خرداد تا تیر ماه بود.



شکل 1- تبخیر تعرق گیاه مرجع (ET_0) در ماه‌های مختلف

نتایج نیاز آبی و ضرایب گیاهی در ماه‌های مختلف به ترتیب در جداول 1 و 2 آمده است. در همه تیمارها روند تغییرات نیاز آبی و ضرایب گیاهی از اسفند ماه تا تیر ماه افزایشی بود و کمترین و بیشترین ضریب گیاهی و نیاز آبی خالص ماهانه گیاه به‌ترتیب مربوط به ماه‌های اسفند و تیر بود. نتایج نشان داد در همه ماه‌های بررسی شده نیاز آبی در تیمارهای کاربرد کمپوست و بیوچار کمتر از تیمار شاهد بود. در ماه‌های اسفند تا تیر، نیاز آبی در تیمار بیوچار به‌ترتیب 10/3، 8/7، 5/1، 4/8، 6/8 و 7/2 درصد و در تیمار کمپوست به‌ترتیب 6/4، 11/1، 7/1، 3/2 و 5/3 درصد کمتر از تیمار شاهد بود (جداول 1 و 2). به‌طور میانگین در دوره زمانی بررسی شده کاربرد تیمارهای بیوچار و کمپوست ضریب گیاهی و نیاز آبی نیشکر واریته CP57-614 را در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب 7/2 و 6/6 درصد کاهش داد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که بین دو تیمار کمپوست و بیوچار اختلاف چندانی وجود نداشت.

جدول 1- نیاز آبی (میلی‌متر) نیشکر واریته CP57-614 در ماه‌های مختلف

ماه‌های سال	شاهد	کمپوست	بیوچار
اسفند 1402	54/1	50/7	48/6
فروردین 1403	112/2	99/7	102/4
اردیبهشت 1403	186/8	173/4	177/2

خرداد 1403	389/3	376/7	370/5
تیر 1403	444/5	420/9	414/2
مجموع	1186/9	1121/5	1112/8

جدول 2- ضرایب گیاهی نیشکر واریته CP57-614 در ماه‌های مختلف

ماه‌های سال	شاهد	کمپوست	بیوچار
اسفند 1402	0/78	0/73	0/70
فروردین 1403	0/85	0/76	0/78
اردیبهشت 1403	0/98	0/91	0/93
خرداد 1403	1/24	1/20	1/18
تیر 1403	1/32	1/25	1/23

کاربرد اصلاح‌کننده‌های آلی مانند کمپوست و بیوچار در خاک، به‌عنوان راهکاری جهت بهبود ظرفیت نگهداشت آب خاک پیشنهاد شده است. نتایج مطالعات مختلف نشان داده که کاربرد بیوچار در خاک به دلیل تخلخل بالا، سطح ویژه بالا و حضور ترکیبات آب‌دوست و افزایش تخلخل خاک، سبب افزایش نگهداشت آب در خاک می‌شود (Villagra-Mendoza and Horn, 2018؛ Gao et al., 2020)؛ بنابراین کاهش نیاز آبی نیشکر در تیمارهای بیوچار و کمپوست می‌تواند به دلیل بهبود نگهداشت آب در خاک و افزایش فراهمی آب برای گیاه باشد. Alfadil و همکاران (2021) با انجام مطالعه مزرعه‌ای گزارش کردند کاربرد سطوح مختلف بیوچار سبب افزایش تخلخل کل خاک و افزایش آب قابل دسترس برای گیاه شد. آن‌ها هم‌چنین گزارش کردند ورود بیوچار به‌دلیل سطح ویژه بالا به منافذ ریز و درشت خاک، به‌عنوان یک لایه پوششی عمل نموده و سبب افزایش نگه‌داشت آب در خاک می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر مثبت کاربرد کمپوست و بیوچار در کاهش نیاز آبی نیشکر واریته CP57-614 بود؛ بنابراین بر اساس این نتایج می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاربرد کمپوست و بیوچار می‌تواند در بهبود شرایط رطوبتی و نگهداشت آب در خاک و کاهش نیاز آبی نیشکر مؤثر باشد؛ بنابراین باتوجه‌به کاهش منابع آب در سال‌های اخیر و همچنین تولید سالانه مقدار بسیار زیادی بقایای نیشکر در کشت و صنعت‌های نیشکر استان خوزستان، فراوری این بقایای گیاهی و تولید کمپوست و بیوچار آن‌ها و به دنبال آن کاربرد آن‌ها در مزارع نیشکر واریته CP57-614، می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای بهبود نگهداشت آب در خاک و کاهش مصرف آب، موردتوجه قرار گیرد.

منابع

Alfadil, A. A., Shaghaleh, H., Alhaj Hamoud, Y., Xia, J., Wu, T., Hamad, A. A. A., Wang, Y., Oumarou Abdoulaye, A. and Sheteiwy, M.S. 2021. Straw Biochar-induced Modification of the Soil Physical Properties Enhances Growth, Yield and Water Productivity of Maize under Deficit Irrigation. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1-17.

Antunes Junior, E.D.J., Alves Júnior, J., Evangelista, A.W.P., Casaroli, D., Battisti, R. and Sena, C.C. 2021. Water demand of sugarcane varieties obtained by lysimetry. Sugar Tech, 23(5), 1010-1017.

Cataldo, E., Salvi, L., Paoli, F., Fucile, M., Masciandaro, G., Manzi, D., Masini, C.M. and Mattii, G.B. 2021. Application of zeolites in agriculture and other potential uses: A review. Agronomy, 11(8): 1547.

Dingre, S.K. and Gorantiwar, S.D. 2020. Determination of the water requirement and crop coefficient values of sugarcane by field water balance method in semiarid region. Agricultural Water Management, 232, 106042.

Gao, Y., Shao, G., Lu, J., Zhang, K., Wu, S. and Wang, Z. 2020. Effects of biochar application on crop water use efficiency depend on experimental conditions: A meta-analysis. Field Crops Research, 249, 107763.

Ghorbani, M., Neugschwandtner, R.W., Konvalina, P., Asadi, H., Kopecký, M. and Amirahmadi, E. 2023. Comparative effects of biochar and compost applications on water holding capacity and crop yield of rice under evaporation stress: A two-years field study. Paddy and Water Environment, 21(1), 47-58.

Lal, R. 2020. Soil organic matter and water retention. Agronomy Journal, 112(5), 3265-3277.

تغییرات شوری آب در دشت اشتهارد؛ هشداری برای تخریب خاک

سعید سعادت[1]، لیلا اسماعیل‌نژاد[2]، حامد رضایی[3]، رسول میرخانی[4]

[1] دانشیار، عضو هیئت‌علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، saeed_saadat@yahoo.com

[2] استادیار، عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] دانشیار، عضو هیئت‌علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[4] استادیار، عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک یکی از مهم‌ترین چالش‌های تهدیدکننده زیست‌محیطی و امنیت غذایی بوده که در سال‌های اخیر و با گسترش ناهنجاری‌های اقلیمی و کاهش بارندگی‌ها، روندی افزایشی داشته است. 20 درصد از اراضی زراعی آبی جهان (45 میلیون هکتار از مجموع 227 میلیون هکتار کشت آبی)، تحت‌تأثیر نمک قرار دارند. افزایش شوری و کاهش کیفیت آب‌های آبیاری، در افزایش شوری خاک موثر است. در این مطالعه، روند تغییرات شوری خاک‌های کشاورزی منطقه اشتهارد در بازه زمانی 1400-1390، با استفاده از فن سنجش‌ازدور بررسی و با تغییرات شوری آب‌های زیرزمینی منطقه در این بازه زمانی مورد تحلیل و واکاوی قرار گرفت. نتایج نشان داد شوری خاک‌های کشاورزی منطقه اشتهارد طی این دوره زمانی رو به افزایش بوده و حدود 18 درصد از سطح خاک‌های غیر شور کاسته شده و به درجات مختلف شور شده‌اند. همین روند افزایشی در شوری آب‌های زیرزمینی نیز دیده شده که می‌تواند بر افزایش شوری و تجمع نمک در خاک‌های این منطقه تاثیرگذار باشد.

کلمات کلیدی: آبیاری، استان البرز، شاخص شوری، نیاز آبشویی

مقدمه

شوری خاک به دلیل تأثیر نامطلوب آن بر بهره‌وری و پایداری کشاورزی، یک مسئله مهم جهانی است. مشکلات شوری در همه شرایط آب‌وهوایی رخ می‌دهد و می‌تواند ناشی از روند طبیعی و اقدامات انسانی باشد. به‌طورکلی، خاک‌های شور در مناطق خشک و نیمه‌خشک که میزان بارندگی برای تأمین آب موردنیاز محصولات کشاورزی کافی نیست و نمک‌های معدنی در ناحیه ریشه تجمع می‌یابد بیشتر دیده می‌شوند. در یک بررسی جامع از وضعیت شوری خاک در جهان، Shahid (2013) گزارش داد که حدود 200 میلیون هکتار اراضی جنوب غربی ایالات متحده آمریکا و مکزیک تحت‌تأثیر شوری قرار دارد. در اسپانیا بیش از 20 درصد از مساحت اراضی را بیابان تشکیل می‌دهد، یا به‌طورجدی تخریب شده و در نتیجه غیرمولد است. در خاورمیانه، 20 میلیون هکتار تحت‌تأثیر افزایش شوری خاک است که دلایل آن شیوه‌های آبیاری نامناسب، نرخ تبخیر بالا، افزایش سبخاها (جوش‌های نمک) و افزایش شوری آب‌های زیرزمینی است. افزون بر این، بهره‌وری از اراضی آبی حوضه فرات (سوریه، عراق) به‌طورجدی توسط شوری محدود شده است. طبق آخرین آمار ارائه شده، حدود 7/2 میلیون هکتار از اراضی کشاورزی ایران، دارای درجات مختلفی از شوری هستند (سعادت و همکاران، 1401) که بیشترین سطح اراضی شور مربوط به اراضی زراعی تحت آبیاری است. به نظر می‌رسد کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی و شورشدن آنها و عدم رعایت مدیریت آبشویی در مزارع، می‌تواند شورشدن خاک‌ها را تشدید کند. به همین دلیل، پایش تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی

می‌تواند به تحلیل روند شورشدن خاک‌ها کمک کند؛ لذا در این مطالعه، با استفاده از داده‌های شرکت مدیریت منابع آب ایران، تغییرات شوری آب‌های زیرزمینی منطقه اشتهارد موردبررسی قرار گرفته و در تحلیل روند شوری خاک‌های این منطقه مورداستفاده قرار گرفت.

روش تحقیق

الف) بررسی روند تغییرات شوری خاک

برای اطلاع از روند شورشدن خاک‌های منطقه، از تصاویر سنجنده لندست 8، مربوط به سال‌های 1400-1390 در محدوده اشتهارد استفاده شد. پس از گردآوری تصاویر، پیش پردازش تصاویر، تصحیحات هندسی، تصحیحات رادیومتریکی و تصحیحات اتمسفری انجام شد. در مرحله پردازش، شاخص‌های شوری مختلف بر روی تصاویر پیش‌پردازش شده اعمال شده و میزان شوری برای هر یک از نقاط نمونه‌برداری از روی نقشه‌های بدست آمده محاسبه و آزمون مقایسه میانگین برای میانگین‌های بدست آمده از تصاویر و داده‌های زمینی انجام شد. در نهایت نقشه شوری خاک با استفاده از دقیق‌ترین شاخص (دارای بیشترین همبستگی و کمترین ضریب خطا) در سال‌های مختلف تهیه و با یکدیگر مقایسه شدند.

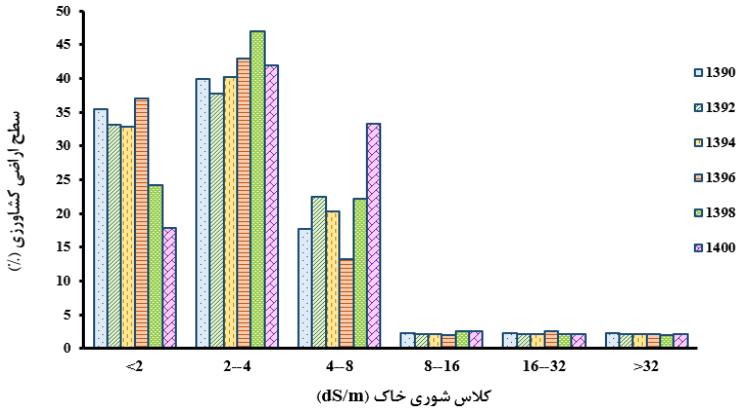
ب) بررسی روند تغییرات شوری آب

برای انجام این تحقیق از داده‌های کیفیت آب منطقه اشتهارد در بازه زمانی سال‌های 1381 تا 1400 مربوط به 53 حلقه چاه اخذ شده از شرکت مدیریت منابع آب ایران استفاده شد. این داده‌ها شامل اطلاعات کیفی آب همراه با مختصات چاه‌های عمیق، نیمه عمیق، قنات‌ها، و چشمه‌هایی است که از آب آن‌ها برای آبیاری اراضی کشاورزی در اشتهارد استفاده شدند.

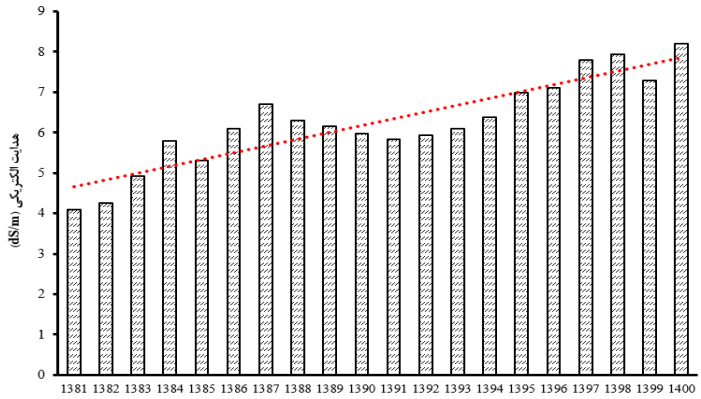
نتایج و بحث

شکل 1، تغییرات شوری خاک در سال‌های 1390-1400 را نشان می‌دهد. بر این اساس، در سال 1390، سطح کلاس خاک‌های غیر شور (EC<2 dS/m) حدود 35/5 درصد بوده که در سال 1400 این مقدار به 17/8 درصد رسیده است. این سطح از اراضی، به درجات مختلفی تحت تأثیر شوری قرار گرفته‌اند. بدین ترتیب که تنها دو درصد از این اراضی غیر شور وارد کلاس با شوری کم (4-2 دسی زیمنس بر متر) شده ولی به سطح کلاس شوری متوسط (8-4 دسی زیمنس بر متر) 15/5 درصد افزوده شده است. هم‌چنین درصد افزایش سطح کلاس شوری زیاد (16-8 دسی زیمنس بر متر) حدود 0/38 درصد بوده است. کلاس‌های شوری نسبتا زیاد و خیلی زیاد تغییر چندانی نداشته و تقریبا ثابت بوده‌اند. این تغییرات حاکی از روند افزایشی شوری خاک در این منطقه بوده و نکته قابل توجه و هشدار دهنده این است که افزایش شوری بیشتر در مسیری در جریان است که خاک‌های غیر شور تبدیل به خاک‌هایی با شوری متوسط و زیاد می‌شوند.

شکل 2، تغییرات شوری آب‌های زیرزمینی منطقه اشتهارد را در بازه زمانی 1400-1381 نشان می‌دهد. میانگین شوری آب چاه‌های منطقه در سال 1381 حدود 4/1 دسی‌زیمنس بر متر بوده که طی یک روند افزایشی در سال 1390 به 5/98 دسی‌زیمنس بر متر و با شدت تغییرات بیشتری تا سال 1400 به 8/2 دسی‌زیمنس بر متر رسیده است.



شکل 1- تغییرات شوری خاک در اراضی کشاورزی اشتهارد در بازه زمانی 1400-1390



شکل 2- تغییرات شوری آب در منطقه اشتهارد استان البرز

افزایش شوری آب در این بازه زمانی ازاین‌جهت حائز اهمیت است که افزون بر اینکه کیفیت آب مورداستفاده در حال کاهش است، به دلیل نیاز مبرم به آبیاری برای کشت محصولات در این منطقه، استفاده از این آب‌های دارای کیفیت پایین می‌تواند منجر به شورشدن و تخریب خاک‌های تحت آبیاری باشد. میزان تأثیر شورشدن خاک‌ها در اثر آبیاری با این آب‌ها از جمله مباحثی است که نیاز به بررسی‌های بیشتر داشته و از حوصله این مقاله خارج است.

منابع

Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1985. Water Quality for agriculture. In FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29 (Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Singh, K.K., Tewari, G. and Kumar, S. 2020. Evaluation of groundwater quality for suitability of irrigation purposes: a case study in the Udham Singh Nagar, Uttarakhand. Journal of Chemistry, 27(3), 265-280.

Wu, Z., Wang, X., Chen, Y., Cai, Y. and Deng, J. 2018. Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China, Science of the Total Environment 612 :914 –922.

مقایسه تأثیر کاربرد کودهای آلی بر تغییرات سرعت نفوذ آب در خاک در تناوب‌های مختلف کشت در کرت‌های دایم

محمدرضا امداد[1]، آرش تافته[2]، سیدعلی غفاری‌نژاد[3]

[1] دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، emdadmr591@yahoo.com

[2] دانشیار، موسسه تحقیقات خاک و آب ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

[3] استادیار، موسسه تحقیقات خاک و آب ، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

نظر به نقش و تأثیر کاربرد کودهای آلی (از منابع دامی و کمپوست ضایعات شهری) بر سرعت نفوذ آب به خاک، این پژوهش در راستای تأثیر کاربرد کود آلی از منابع دامی و کمپوست ضایعات شهری در تناوب‌های زراعی مختلف و متعارف (گندم، آیش، گندم، ذرت، گندم، آیش) در کرت‌های ثابت و به‌منظور بررسی تغییرات سرعت نفوذ آب در خاک ناشی از اعمال تیمارهای مصرف کود به مقدار سالانهٔ 20 تن در هکتار در استان البرز اجرا شد. میانگین سرعت نفوذ در تیمارهای بدون مصرف کود حدود 28/1 میلی‌متر بر ساعت و میانگین سرعت نفوذ در تیمارهای مصرف کود دامی و کمپوست به ترتیب حدود 32/7 و 33/3 میلی‌متر بر ساعت شد. میانگین سرعت نفوذ در تیمارهای مصرف کود دامی و کمپوست به ترتیب به میزان حدود 16 و 19 درصد نسبت به میانگین سایر تیمارها بیش‌تر بوده که بیانگر تأثیر کاربرد کود دامی و کمپوست در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و نیز افزایش نفوذ نهایی خاک است.

کلمات کلیدی: نفوذ نهایی، نگهداشت آب خاک، ویژگی‌های فیزیکی خاک

مقدمه

مادهٔ آلی یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک است (Stevenson, 1994; Anon, 1982). مواد آلی باعث افزایش نگهداشت آب در خاک شده و به انتقال آب‌وهوا در خاک کمک می‌کند. مواد آلی از فشردگی خاک جلوگیری کرده و موجب بهبود فیزیکی خاک می‌شود. به‌عبارت‌دیگر کاربرد مواد آلی باعث افزایش نفوذپذیری خاک، کاهش رواناب و سلهٔ سطحی و نیز شرایط را برای نفوذ ریشه فراهم می‌آورد (Lal, 2012). مقدار مواد آلی خاک در طبیعت تابع عواملی چون اقلیم، ویژگی‌های خاک و مدیریت زراعی به‌خصوص در مرحلهٔ شخم است. واقع‌شدن اکثر مناطق ایران در منطقهٔ خشک و نیمه‌خشک سبب شده بخش عمدهٔ خاک‌های زیر کشت در کشور، دارای مواد آلی پایینی باشد. با افزایش مصرف کودهای شیمیایی و سوزاندن بقایای گیاهی و نیز عدم برگشت بقایای گیاهی به خاک، از میزان مواد آلی خاک کاسته شده و موجبات تخریب خاک فراهم می‌شود. مواد آلی شامل بقایای گیاهی، کودهای دامی و مرغی، مواد حاصل از زباله‌های شهری و کمپوست حاصل از باگاس نیشکر، ضایعات کارخانه‌های قند و فاضلاب شهری و سایر موارد مشابه است. تأثیر مثبت مواد آلی خاک بر سایر ویژگی‌های فیزیکی خاک چون پایداری خاکدانه‌ها نیز تأیید شده است (Zhang et al.,1997).

یکی از مشخصه‌های فیزیکی خاک که نقش مهمی در مدیریت و طراحی روش‌های آبیاری دارد مسئلهٔ نفوذپذیری است. مدیریت آبیاری مناسب با تعیین دقیق نفوذ آب در خاک میسر بوده که ضمن رساندن آب کافی به ریشهٔ گیاه از تلفات و هدررفت آب نیز جلوگیری می‌کند. نفوذ یکی از مشکل‌ترین و زمان‌برترین اندازه‌گیری عوامل فیزیکی خاک بوده که بایستی به‌منظور برنامه‌ریزی صحیح آبیاری تعیین شده و با کاربرد مواد آلی در خاک‌های مختلف تغییر می‌کند. تأثیر مواد آلی خاک‌اره، پودر پوسته میوه‌های هسته‌دار، زوائد

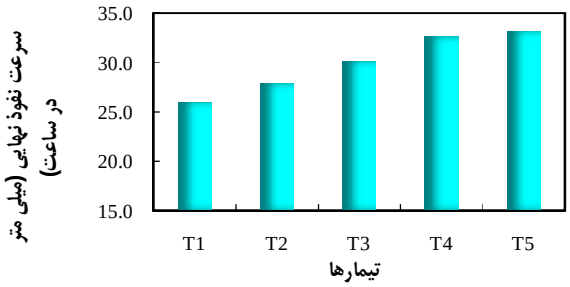
بیرونی میوهٔ آناناس و کود دامی به میزان 5/2 و پنج‌تن در هکتار نشان داد که سرعت نفوذپذیری در شرایط کاربرد موارد مذکور به ترتیب 8، 11/9، 15/6، و 16 میلی‌متر در ساعت بوده که در مقایسه با شاهد (9/7 میلی‌متر در ساعت)، باعث افزایش سرعت نفوذ شده است (Thampan, 1995). ویژگی‌های فیزیکی خاک نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای در شرایط خاک و نیز مدیریت آبیاری داشته و تغییرات آن‌ها بر میزان نگهداشت آب در خاک و سایر موارد مرتبط با رابطهٔ آب، خاک و گیاه تأثیرگذار است. نظر به نقش و تأثیر کاربرد کودهای آلی (از منابع دامی و کمپوست ضایعات شهری) بر ویژگی‌های فیزیکی خاک، ضروری است در راستای ارتقا بهره‌وری از خاک و آب، تغییرات سرعت نفوذ نهایی خاک در مدیریت‌های مختلف زراعی بررسی و مورد ارزیابی واقع شود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در راستای تأثیر کاربرد کود آلی از منابع دامی و کمپوست ضایعات شهری در تناوب‌های زراعی مختلف و متعارف در کرت‌های ثابت و به‌منظور بررسی تغییرات ویژگی‌های فیزیکی خاک ناشی از اعمال تیمارهای زیر در استان البرز (در ایستگاه تحقیقاتی مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب، کرج) اجرا شد. پس از کاشت گندم زمین در تناوب با آیش قرار گرفت. در پاییز مجدداً کاشت گندم و در تیرماه سال بعد ذرت کاشته شد. در پاییز مجدداً کاشت گندم و سپس زمین در تناوب با آیش قرار گرفت. این پژوهش در قالب قطعه‌های کامل تصادفی در پنج تیمار و سه تکرار در کرت‌هایی با مساحت 200 مترمربع (20×10 متر) انجام شد. تیمارها شامل: 1) بدون کشت (T1)، 2) شاهد بدون مصرف کود (T2)، 3) کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنی، فسفری و پتاسیم بر اساس آزمون خاک (T3)، 4) کاربرد سالانهٔ 20 تن کود دامی (T4) و 5) کاربرد سالانهٔ 20 تن کود کمپوست پسماند (T5) بودند. با استفاده از دبل رینگ تغییرات نفوذ آب در خاک در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

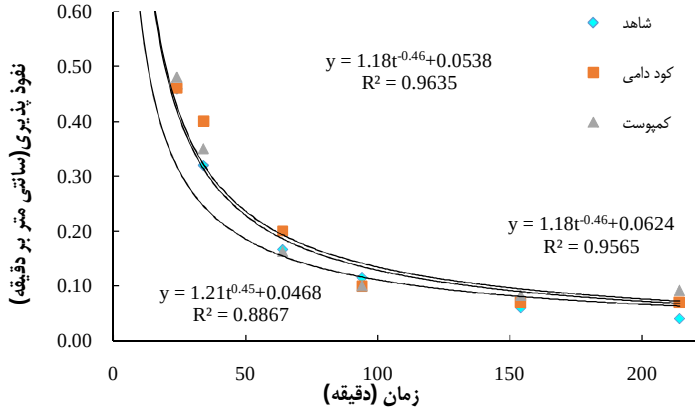
سرعت نفوذ نهایی خاک یکی از شاخص‌های فیزیکی خاک بوده که تحت‌تأثیر ساختمان خاک، بافت خاک، کیفیت آب آبیاری، عملیات خاک‌ورزی و موارد دیگر می‌باشد. دراین‌ارتباط تغییرات نفوذ نهایی خاک برای تیمارهای مختلف موردبررسی و ارزیابی قرار گرفت (شکل 1).



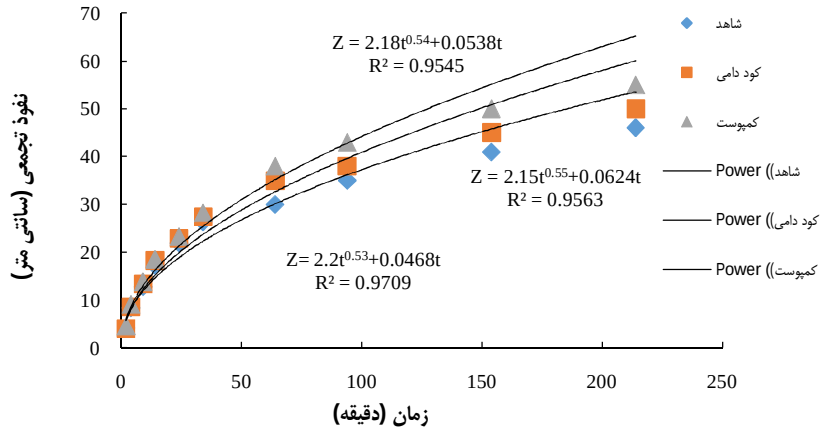
شکل 1 - میانگین تغییرات نفوذ نهایی خاک در تیمارهای مختلف

همان‌گونه که در شکل 1 ملاحظه می‌شود، افزایش نسبی نفوذ نهایی در تیمارهای مصرف کود دامی و کمپوست نسبت به سایر تیمارها مشخص می‌شود. میانگین سرعت نفوذ در تیمارهای بدون مصرف کود حدود 28/1 میلی‌متر بر ساعت و میانگین سرعت نفوذ در تیمارهای مصرف کود دامی و کمپوست به‌ترتیب حدود 32/7 و 33/3 میلی‌متر بر ساعت است. میانگین سرعت نفوذ در تیمارهای مصرف کود دامی و کمپوست به‌ترتیب به میزان حدود 16 و 19 درصد نسبت به میانگین سایر تیمارها بیشتر شده است که نشان‌گر تأثیر کاربرد

کود دامی و کمپوست در افزایش نفوذ نهایی خاک است (شکل 2). در پژوهشی، Thampan (1995) افزایش سرعت نفوذ آب به خاک را در کاربرد مواد آلی تا 16 میلی‌متر در ساعت نسبت به تیمار شاهد (9/7 میلی‌متر بر ساعت) گزارش کرد. نتایج تغییرات نفوذ تجمعی در شکل 3 نشان می‌دهد که نفوذ تجمعی در تیمارهای کاربرد کود دامی و کمپوست بیشتر از تیمارهای بدون مصرف کود است. افزایش کود دامی و کمپوست به‌ترتیب موجب افزایش نفوذ تجمعی خاک به میزان حدود 27 و 11 درصد نسبت به تیمار بدون مصرف کود شد.



شکل 2- تغییرات سرعت نفوذ در تیمارهای مختلف



شکل 3- تغییرات نفوذ تجمعی در تیمارهای مختلف

سرعت نفوذ نهایی خاک یکی از شاخص‌های فیزیکی خاک بوده که تحت‌تأثیر ساختمان خاک، بافت خاک، عملیات خاک‌ورزی و موارد دیگر است. میانگین سرعت نفوذ در تیمارهای بدون مصرف کود حدود 28/1 میلی‌متر بر ساعت و میانگین سرعت نفوذ در تیمارهای مصرف کود دامی و کمپوست به‌ترتیب حدود 32/7 و 33/3 میلی‌متر بر ساعت است. میانگین سرعت نفوذ در تیمارهای مصرف کود دامی و کمپوست به‌ترتیب به میزان حدود 16 و 19 درصد نسبت به میانگین سایر تیمارها بیشتر شده که نشانگر تأثیر کاربرد کود دامی و کمپوست در افزایش نفوذ نهایی خاک است.

منابع

Anon. 1982. Organic matterial and soil productivity in the near east. FAO. Soil Bulletin, No. 45.

Lal, R.and Stewart, B.A. Eds. 2012. Soil water and agronomic productivity (advances in soil science). CRC Press, Taylor & Francis Group. New York. pp. 427-454. doi:10.1201/b12214

Stevenson, F.G. 1994. Humus Chemistry. John Wily and Sons Publication. New York.

Thampan, PK. 1995. Perspectives on organic agriculture. Peekay Tree Crops Development Foundation, Cochin, pp 1–38.

Zhang, H., Hartge, KH. and Ringe, H. 1997. Effectiveness of organic matter incorporation in reducing soil compacitibility. Soil Science Society of American Journal. 61(1), 239-254.https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100010033x

نقش زمین‌پوش مصنوعی و تور سایبان در مدیریت دمایی و مصرف آب درختان پرتقال

محمد سعید تدین[1]، سید مجید موسوی[2]، ناصر دواتگر[3]، علی‌اکبر عزیزی زهان[4]، سهراب صادقی[5]

[1] دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان فارس؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ شیراز، m.tadayon@areeo.ac.ir

[2] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج

[3] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج

[4] محقق مرکز توسعه تکنولوژی زرشک و عناب قائن؛ موسسه آموزش و ترویج کشاورزی؛ قائن

[5] عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان فارس؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ شیراز

چکیده

کمبود آب و تغییرات اقلیمی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا است. این مطالعه به‌منظور بررسی اثر کاربرد و عدم کاربرد زمین‌پوش مصنوعی و تور سایبان بر عملکرد کمی و کیفی و تغییرات مؤلفه‌های دمایی و کارایی مصرف آب درختان پرتقال واشنگتن ناول در منطقه جهرم انجام شد. آزمایش به‌صورت قطعه‌های نواری در سه تکرار و در هر کرت 4 درخت شامل تیمارهای 1- تیمار شاهد عرف منطقه (بدون پوشش)، 2- کاربرد مستقل زمین‌پوش مصنوعی در سایه‌انداز، 3- کاربرد مستقل تور سایبان بر فراز درختان و 4- کاربرد هم‌زمان یا توأم زمین‌پوش مصنوعی و تور سایبان انجام شد. کاربرد تور سایبان توأم با زمین‌پوش مصنوعی موجب افزایش دوبرابری درصد میوه‌بندی، کاهش معنی‌دار درصد ترک‌خوردگی و آفتاب‌سوختگی میوه، افزایش 1/46 برابری میانگین عملکرد و افزایش 1/95 برابری بهره‌وری مصرف آب شد. سودآورترین و بیشترین منفعت خاص (3252480 هزار ریال در هکتار) مربوط به کاربرد هم‌زمان زمین‌پوش مصنوعی به همراه تور سایبان (با نسبت سود به هزینه 1/25) بود و پس از آن کاربرد مستقل تور سایبان (با نسبت سود به هزینه 1/24) با منفعت خاص (3192980 هزار ریال در هکتار) قرار داشت.

کلمات کلیدی: زمین‌پوش، پوشش تور سایبان، کارایی مصرف آب، مرکبات

مقدمه

در شرایط خشکی و تشعشع زیاد در فصول گرم به دلیل افزایش تنفس نوری، تنش اسمزی، عدم تعادل یونی و تنش اکسیداتیو، رشد گیاه تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد، گیاه ممکن است شرایط تنش را تحمل نماید اما میزان عملکرد آن به‌شدت کاهش می‌یابد. در مناطق جنوبی کشور مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر عملکرد درختان میوه، دمای بیش از حد، تشعشع زیاد، وزش باد گرم، تبخیر و تعرق بالا است (کوچکی و همکاران، 1394). در حال حاضر اثر این عوامل بر روی سوختگی تاج‌پوشش و ریزش میوه، ترک‌خوردگی و کاهش عملکرد مشاهده می‌گردد. کاربرد زمین‌پوش (مالچ) می‌تواند موجب بهبود الگوی توزیع رطوبت، کاهش تبخیر، تغییرات شدید رطوبتی و تنش اسمزی در منطقه ریشه در دوره‌های مختلف آبیاری شود و تأثیر مثبت در تشکیل گل و کمیت و کیفیت میوه داشته باشد (Kotilainen et al., 2018; Hussain et al., 2023). کاربرد تور سایبان می‌تواند به دلیل پایین آوردن دمای سطح برگ و تنش نوری، موجب کاهش نارسایی و عوارض فیزیولوژیکی و افزایش کارایی مصرف آب[1] در درختان میوه شود (Gutiérrez-Gamboa et al., 2024; Yaqoobi et al., 2024).

[1] Water use efficiency (WUE)

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت قطعه‌های نواری[1] در سه تکرار و در هر کرت 4 درخت شامل تیمارهای 1- تیمار شاهد عرف منطقه (بدون پوشش)، 2- کاربرد مستقل زمین‌پوش مصنوعی، 3- کاربرد مستقل تور سایبان بر فراز درختان و 4- کاربرد همزمان یا توأم زمین‌پوش مصنوعی و تورسایبان بر فراز درختان، انجام شد. تور سایبان با مش بازداشت نور 30 درصد (70 درصد عبور نور) بر فراز درخت به رنگ سبز به مدت چهار ماه از اواخر خرداد تا اوایل شهریورماه استفاده گردید و زمین‌پوش پلیمر پلی‌اتیلن تیره به ضخامت 0/9 میل پس از خاکورزی در اواخر اسفندماه بر روی خاک و شبکه آبیاری قطره‌ای استفاده شد. مقدار و مدت زمان آبیاری در هر دور با در نظر گرفتن 50 درصد حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی[2] (MAD) خاک تعیین شد. مدت زمان آبیاری با استفاده از تانسیومتر و میزان کل مصرف آب آبیاری با نصب کنتور محاسبه گردید. در این مطالعه شاخص‌های کمی و کیفی میوه، ویژگی‌های فتوسنتزی، مؤلفه‌های دمایی درختان وکارایی مصرف آب در زیر و بیرون از پوشش اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها و تجزیه مولفه‌های اصلی[3] (PCA) میانگین داده‌های چهار سال آزمایش انجام شد. محاسبه و ارزیابی اقتصادی پروژه توسط بودجه‌بندی جزیی[4] انجام گرفت.

نتایج و بحث

کاربرد تور سایبان توأم با زمین‌پوش مصنوعی موجب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی میوه از جمله افزایش دوبرابری درصد میوه‌بندی، افزایش 34 درصدی وزن تر میوه، افزایش 28/4 درصدی آب‌میوه، کاهش 1/33 برابری میانگین میزان آب مصرفی، افزایش 1/46 برابری میانگین عملکرد (شکل 1)، و افزایش 1/95 برابری بهره‌وری مصرف آب (جدول 1). کاربرد تور سایبان توأم با زمین‌پوش مصنوعی موجب بیشترین میزان محتوی نسبی آب و کارایی مصرف آب فتوسنتزی برگ (جدول 2) و کاهش معنی‌دار درصد ترک‌خوردگی و درصد آفتاب‌سوختگی میوه درختان پرتقال واشنگتن ناول شد (جدول 3). این نتایج مطابق با توصیه Devin و همکاران (2023) در ارتباط با مدیریت باغات در مقابله با تنش خشکی بود.

جدول 1 – مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر ویژگی‌های زایشی درختان پرتقال واشنگتن ناول

تیمارهای آزمایش	درصد میوه بندی	وزن تر میوه (g)	درصد آب‌میوه	کل مواد جامد قابل‌حل (°Brix)	میزان عملکرد درخت (kg tree^{-1})	میانگین میزان آب مصرفی درخت (m^3 tree^{-1})	بهره‌وری مصرف آب (kg m^{-3})
بدون پوشش (شاهد)	6/15 d	212/18 c	49/64 c	12/26 a	102/33 c	27/361 a	3/739 d
کاربرد زمین پوش مصنوعی	8/12 c	244/86 b	53/80 b	12/03 a	121/05 b	24/429 b	4/955 c
کاربرد تور سایبان	10/84 b	268/65 a	60/71 a	11/57 b	143/10 a	22/940 b	6/238 b
زمین پوش مصنوعی + تور سایبان	12/25 a	284/13 a	63/75 a	10/96 c	149/40 a	20/522 c	7/280 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف آماری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح 5 درصد ($P \leq 0.05$) می باشند.

جدول 2 –مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر ویژگی‌های فتوسنتزی برگ درختان پرتقال واشنگتن ناول

تیمارهای آزمایش	سطح ویژه برگ (m^2 kg^{-1})	محتوای نسبی آب برگ	میزان کلروفیل برگ (mg g^{-1} FW)	میزان تعرق برگ (µmol m^{-2} s^{-1})	میزان فتوسنتز برگ (µmol m^{-2} s^{-1})	کارایی مصرف آب فتوسنتزی برگ (µmol m^{-2} s^{-1})
بدون پوشش (شاهد)	3/84 c	49/69 d	1/09 c	5/08 a	10/02 d	0/019 d
کاربرد زمین پوش مصنوعی	4/12 b	53/86 c	1/35 b	4/64 b	12/54 c	0/026 c

[1] Restricted Randomized Strip Block
[2] Maximum Allowable Depletion
[3] Principal component analysis (PCA)
[4] Partial budgeting

کاربرد تور سایبان	4/36 a	58/12 b	1/46 a	3/25 c	15/37 b	0/032 b
زمین پوش مصنوعی + تور سایبان	4/56 a	63/43 a	1/52 a	3/14 c	17/19 a	0/045 a

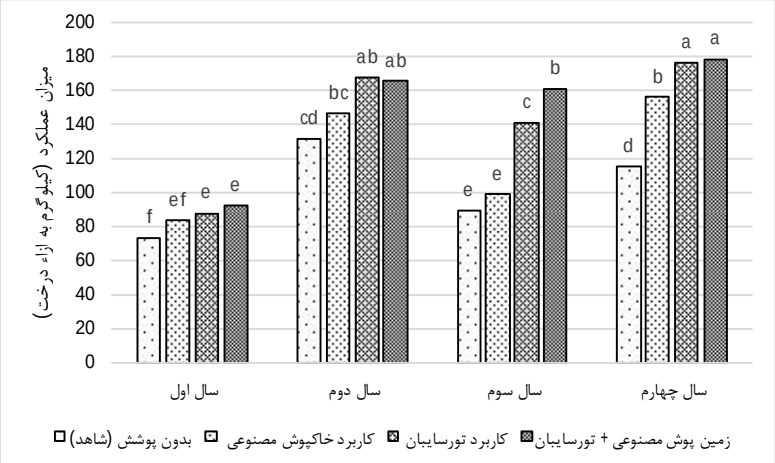
جدول 3 – مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی بر نارسایی‌های میوه و مولفه‌ها دمایی درختان پرتقال واشنگتن ناول

تیمارهای آزمایش	درصد آفتاب‌سوختگی میوه	درصد ترک‌خوردگی میوه	میانگین دما تاج‌پوشش در تیرماه (°C)	میانگین دمای خاک در عمق مؤثر ریشه (°C)	میانگین زمان رسیدن میوه (روز)
بدون پوشش (شاهد)	13/61 a	17/09 a	42/16 a	35/62 a	246/12 b
کاربرد زمین پوش مصنوعی	12/52 a	14/82 b	39/40 b	31/25 b	252/68 b
کاربرد تور سایبان	3/75 b	5/16 c	35/64 c	27/12 c	266/73 a
زمین پوش مصنوعی + تور سایبان	3/16 b	3/89 c	34/78 c	28/67 c	271/40 a

کاربرد تور سایبان می‌تواند موجب انتشار نور شدید آفتاب شده و کاهش تشعشع مستقیم خورشید و دمای سطح تاج‌پوشش و میوه‌ها موجب کاهش معنی‌دار آفتاب‌سوختگی می‌شود (Ranjan و همکاران، 2024). در آزمایش ما سودآورترین و بیشترین منفعت خاص (3252480 هزار ریال در هکتار) مربوط به کاربرد هم‌زمان زمین‌پوش مصنوعی به همراه تور سایبان (با نسبت سود به هزینه 1/25) بود و با اختلاف بسیار کم پس از آن کاربرد مستقل تور سایبان (با نسبت سود به هزینه 1/24) با منفعت خاص (3192980 هزار ریال در هکتار) قرار داشت (جدول 4).

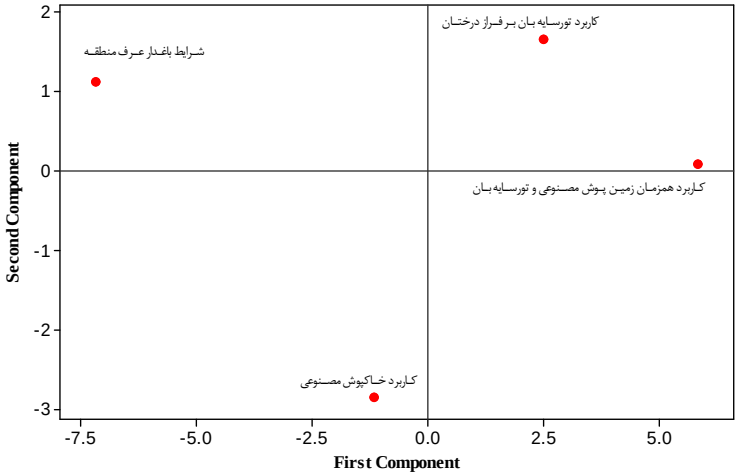
جدول 4- سود آورترین تیمار بر اساس روش بودجه‌بندی جزئی در باغ پرتقال رقم واشنگتن ناول

تیمار	هزینه‌ها / منافع			منفعت خالص (هزار ریال در هر هکتار)	نسبت منفعت به هزینه
کاربرد زمین پوش مصنوعی	منافع	R_2+C_0	13455600	2217580	1/197
	هزینه‌ها	C_2+R_0	11238020		
کاربرد تور سایبان	منافع	R_3+C_0	15748800	3192980	1/244
	هزینه‌ها	C_3+R_0	12555820		
زمین پوش مصنوعی + تور سایبان	منافع	R_3+C_0	16404000	3252480	1/254
	هزینه‌ها	C_3+R_0	13151520		



شکل 1- برهمکنش بین سال و تیمارهای آزمایشی بر میزان عملکرد درختان پرتقال واشنگتن ناول (سال‌های 1402-1399).

باتوجه‌به نمودار Score plot (شکل 2) به ترتیب در مولفه اول از سمت راست تیمار کاربرد همزمان زمین پوش مصنوعی و تورسایبان و تیمار کاربرد تورسایبان به تنهایی بیشترین تأثیر را بر بهبود شاخص‌های اندازه‌گیری شده داشتند.



شکل 2- نمودار Score plot مربوط به اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد پرتقال رقم واشنگتن ناول باتوجه‌به کلیه اثرات ممیزه و شاخص‌های توزیع واریانس اندازه‌گیری شده، به ترتیب مولفه اول (81/9 درصد) و مولفه دوم (9/2 درصد) در آزمون تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی.

نتیجه‌گیری

بالاترین عملکرد کمی و بهره‌وری مصرف آب به ترتیب مربوط به تیمار کاربرد هم‌زمان زمین‌پوش مصنوعی و تور سایبان (7/28 کیلوگرم بر مترمکعب) و پس از آن تیمار کاربرد مستقل تور سایبان (6/24 کیلوگرم بر مترمکعب) بود که برای مناطق کشت مرکبات جنوبی کشور قابل‌توصیه می‌باشد.

منابع

Devin, S.R., Prudencio, Á.S., Mahdavi, S.M.E., Rubio, M., Martínez-García, P.J. and Martínez-Gómez, P. 2023. Orchard management and incorporation of biochemical and molecular strategies for improving drought tolerance in fruit tree crops. Plants, 12(4), p.773.

Gutiérrez-Gamboa, G., Villalobos-Soublett, E., Garrido-Salinas, M. and Verdugo-Vásquez, N. 2024. Monofilament Shading Nets Improved Water Use Efficiency on High-Temperature Days in Grapevines Subjected to Hyperarid Conditions. Horticulturae, 10(2), p.176.

Hussain, S.B., Karagiannis, E., Manzoor, M. and Ziogas, V. 2023. From Stress to Success: Harnessing Technological Advancements to Overcome Climate Change Impacts in Citriculture. Critical Reviews in Plant Sciences, 42(6), pp.345-363.

Kotilainen, T., Robson, T.M. and Hernandez, R. 2018. Light quality characterization under climate screens and shade nets for controlled-environment agriculture. PLoS One, 13(6), p.e0199628.

Ranjan, R., Amogi, B.R., Chandel, A.K., Khot, L.R., Sallato, B.V. and Peters, R.T. 2024. Efficacy evaluation of apple sunburn mitigation techniques in WA 38 cultivar using crop physiology sensing system. Computers and Electronics in Agriculture, 216, p.108501.

Yaqoobi, S.A., Davarynejad, G., Ahmadzadeh, H., Azizi, M. and Taghizadeh, S.F. 2024. Simultaneous Effects of Shade Nets and Different Water Supplies for Mapping Multiple Physicochemical Traits of 'Jonagold'Apple: Insights from a High-Density Orchard in Iran. Applied Fruit Science, pp.1-15.

محور 7 -

نقش نظام بهره‌برداری، آموزش و ترویج
در مدیریت مصرف آب در کشاورزی

ارزیابی اثربخشی فعالیت‌های بخش تحقیقات آبیاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب در دهه اخیر

یداله آذرین‌فر [1]، آرش تافته [2]

[1] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، yazarinfar10@gmail.com

[2] دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، arash_tafteh@yahoo.com

چکیده

هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی میزان اثربخشی فعالیت‌های بخش تحقیقات آبیاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب در دهه اخیر است. در این راستا، اثربخشی دستاوردها از ابعاد مختلف شامل آثار اقتصادی، تأثیر بر فرایند تولید محصولات کشاورزی، آثار اجتماعی، توسعه یا حفاظت از منابع تولید، سیاست‌گذاری و انتشارات علمی موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در مقوله‌های اثرگذاری اقتصادی، اجتماعی، بهبود فرایند تولید، و توسعه یا حفاظت از منابع به ترتیب حدود 15/5، 15، 21 و 17 درصد توان پیش‌بینی شده برای دستاوردهای بخش تحقیقات آبیاری محقق شده است. همچنین در نتیجه دستاوردهای بخش تحقیقات آبیاری موسسه تحقیقات خاک و آب، تعداد شش دستورالعمل مرتبط با سیاست‌های کلان کشور در بخش کشاورزی تصویب شده است. بررسی میزان اثربخشی فعالیت‌های بخش تحقیقات آبیاری در زمینه انتشارات علمی مبین اثربخشی این بخش در ابعاد انتشار مقالات علمی شاخص (29 مقاله)، انتشار کتاب (3 عنوان) و نشریات ترویجی (2 عنوان) است.

طبقه‌بندی JEL: Q_{20} ،Q_{13} ،D_{61}

کلمات کلیدی: اثربخشی، اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، بخش تحقیقات آبیاری

مقدمه

نقش تحقیقات در تولید دانش نوین در نظام نوآوری ملی به‌سرعت در حال افزایش است (Etzkowitz et al., 2005). فرایند تحقیق‌وتوسعه کشاورزی در کشورهای درحال‌توسعه دولتی بوده و بخش خصوصی در این حوزه فعالیت نمی‌کند. ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست و فعالیت‌های تحقیق‌وتوسعه کشاورزی با حمایت و پشتیبانی دولت انجام و پیگیری می‌شود و به طور مشخص، امور مربوط به تحقیق‌وتوسعه کشاورزی در ایران توسط سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی انجام می‌شود (مهرابی بشر آبادی و جاودان، 1390). این در حالی است که سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به‌عنوان مهم‌ترین نهاد ملی تحقیقات کشاورزی در ایران با چالش تأمین منابع مالی و رویکرد نه‌چندان مساعد سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان اقتصادی نسبت به تحقیقات کشاورزی مواجه است (آبیار و همکاران، 1400). در این شرایط، ارزیابی میزان اثربخشی اقتصادی و اجتماعی فعالیت‌های پژوهشی سازمان به‌منظور اطلاع از شیوه عملکرد و مدیریت فعالیت‌های پژوهشی و بازنگری در سیاست‌های اجرایی به‌منظور کاهش شکاف اثربخشی فعالیت‌ها و دستاوردهای مؤسسات تابعه سازمان حائز اهمیت است.

این موضوع در شرایطی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که توسعه دانش‌بنیان یکی از جنبه‌های مهم تضمین‌کننده رقابت پایدار و بلندمدت برای سازمان‌ها و کشورها به شمار می‌رود که دراین‌بین، مراکز تحقیقاتی نقش درخور توجهی دارند (کاظمی و همکاران، 1395). با عنایت به اهمیت نیل به خودکفایی در تولید محصولات کشاورزی، تحقیقات کشاورزی راهبردی مناسب برای افزایش تولید و عرضه محصولات کشاورزی و در نتیجه، رفع شکاف عرضه و تقاضا محسوب می‌شود (آبیار و حسینی، 1393و حسینی و همکاران، 1394).

سابقه ارزیابی آثار اقتصادی و اجتماعی تحقیقات کشاورزی در تاریخچه اقتصاد کشاورزی جهان طولانی است. Schultz (1953) نخستین اقتصاددانی بود که به‌صورت روشمند به ارزیابی اقتصادی تحقیقات کشاورزی پرداخت. Griliches (1958) در ادامه مسیر تحقیقاتی شولتز، هزینه‌ها و بازده اجتماعی تحقیقات ذرت هیبرید و نرخ بازده مربوطه را در آمریکا برآورد کرد. در ادامه این مسیر مطالعات دیگری هم انجام‌شده است که نقطه اوج آن‌ها تحقیق Aleston و همکاران (2012) است (محمدی و همکاران، 1401). برخی از محققان مانند زارع و همکاران (1400)، آبیار و همکاران (1400)، محمدی و همکاران (1401)، عسکری بزایه و همکاران (1402)، بهرامی و آبیار (1402)، Raitzer and Kelley (2008)، Aleston (2010) و Rosegran و همکاران (2023) در سال‌های اخیر در داخل و خارج از ایران مطالعاتی در خصوص موضوع این تحقیق انجام داده‌اند. نتایج بررسی مطالعات بیانگر آن است که تاکنون مطالعه مدونی در خصوص ارزیابی اثربخشی دستاوردهای مؤسسه تحقیقات خاک و آب و با تمرکز بر بخش‌های تحقیقاتی صورت نگرفته است؛ بنابراین، تمرکز مطالعه حاضر بر روی بررسی و ارزیابی دستاوردهای بخش تحقیقات آبیاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب در دهه اخیر است.

روش تحقیق

هدف کلی پژوهش حاضر ارزیابی میزان اثربخشی فعالیت‌های بخش آبیاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب از ابعاد مختلف شامل آثار اقتصادی، تأثیر بر فرایند تولید محصولات کشاورزی، آثار اجتماعی، توسعه یا حفاظت از منابع تولید، سیاست‌گذاری و انتشارات علمی در دهه اخیر است. اندازه‌گیری آثار اقتصادی دستاوردها در ابعاد مختلفی مانند تغییر سالانه در تولید، تغییر هزینه تولید، تغییر در واردات (صرفه‌جویی ارزی) صورت گرفت. در زمینه آثار دستاوردها بر فرایند تولید از شاخص‌های میزان استفاده از نهاده‌های تولید شامل نیروی کار، آب، انرژی، کود، سم و... استفاده شد. آثار اجتماعی دستاوردها نیز با بهره‌گیری از شاخص‌هایی مانند بهبود سلامت انسان، دام و طیور، آبزیان و میزان اشتغال‌زایی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری میزان تأثیر دستاوردهای مؤسسه از بعد توسعه یا حفاظت از منابع از طریق شاخص‌هایی نظیر حفاظت از منابع آبی، حفاظت از خاک، برنامه‌ریزی و مدیریت بهره‌برداری از خاک‌های کشاورزی، جمع‌آوری و نگهداری ریز جانداران مفید خاکزی، و برنامه‌ریزی آبیاری انجام شد. برای اندازه‌گیری تأثیر دستاوردها در زمینه سیاست‌گذاری نیز از شاخص‌هایی مانند تهیه لایحه، آیین‌نامه و دستورالعمل و همچنین تهیه دستورالعمل‌های مرتبط با سیاست‌های کلان کشور در بخش کشاورزی بهره گرفته شد. در زمینه انتشارات علمی نیز تعداد مقالات داخلی و خارجی منتشرشده برگرفته از دستاوردهای مؤسسه و همچنین تعداد کتاب‌های داخلی و بین‌المللی منتشر شده و تعداد نشریات فنی یا ترویجی موردنظر است. اطلاعات مذکور بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده در طرح‌های پایلوت و همچنین نظرات کارشناسان مرتبط جمع‌آوری شد. محاسبه شاخص‌های اثربخشی با بهره‌گیری از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

مهم‌ترین دستاوردهای بخش تحقیقات آبیاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب در دهه اخیر سامانه نیاز آبیاری گیاهان زراعی و باغی کشور و برنامه‌ریزی آبیاری است که در ادامه نتایج ارزیابی اثربخشی این دستاوردها ارائه و موردبررسی قرار می‌گیرد (جدول 1).

جدول 1 - مشخصات کلی دستاوردهای بخش تحقیقات آبیاری در دهه اخیر

عنوان	سال معرفی	دوره تأثیر دستاورد (سال)	عرصه تحت‌تأثیر (میلیون هکتار)
سامانه نیاز آبیاری گیاهان زراعی و باغی کشور	1401	10	8
برنامه‌ریزی آبیاری	1397	5	8

منبع: یافته‌های تحقیق

ارزیابی اثربخشی دستاوردهای بخش تحقیقات آبیاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب

نتیجه ارزیابی اثربخشی دستاوردهای بخش تحقیقات آبیاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب در ابعاد مختلف به تفکیک در ادامه تشریح شده است.

1- شاخص‌های اثربخشی اقتصادی و اجتماعی بخش تحقیقات آبیاری

نتیجه ارزیابی میزان اثربخشی دستاوردهای بخش تحقیقات آبیاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب در زمینه شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی در بخش کشاورزی در جدول 2 ارائه شده است.

جدول 2- شاخص‌های اثربخشی اقتصادی و اجتماعی بخش تحقیقات آبیاری

شاخص		واحد	پتانسیل	تحقق‌یافته	شکاف اثربخشی (درصد)
ارزش اقتصادی	میزان تولید	میلیون تن	7/43	1/11	-85
	ارزش تولید	میلیارد ریال	1114272	165840	-85
	هزینه تولید	میلیارد ریال	-24/09	-4/15	-83
	میزان واردات	میلیون دلار	-452	-68	-85
آثار اجتماعی	میزان اشتغال	نفر سال	11648	1728	-85

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی میزان اثربخشی دستاوردهای بخش تحقیقات آبیاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب نشان داد که فعالیت‌های این بخش در دوره موردنظر، در مقوله اثرگذاری اقتصادی منجر به افزایش تولید محصولات کشاورزی به میزان 1 میلیون تن به ارزش 165840 میلیارد ریال، کاهش هزینه تولید به میزان 4/15 میلیارد ریال، صرفه جویی ارزی به میزان 68 میلیون دلار و ایجاد 1728 نفر سال فرصت شغلی شده است. این در حالی است که دستاوردهای این بخش پتانسیل بیشتری در خصوص شاخص‌های مذکور داشته‌اند که در جدول 2 قابل مشاهده است.

2- شاخص‌های اثربخشی بخش تحقیقات آبیاری در بعد بهبود فرایند تولید محصولات کشاورزی

ارزیابی تأثیر دستاوردهای بخش تحقیقات آبیاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب در بعد بهبود فرایند تولید محصولات کشاورزی (جدول 3) نشان داد که دستاوردهای این بخش در دوره موردنظر منجر به افزایش استفاده از نیروی کار به میزان 432000 روز نفر و کاهش مصرف آب به میزان 3/7 میلیارد مترمکعب شده است. لازم به ذکر است که با عنایت به سال معرفی دستاوردها به‌ویژه سامانه نیاز آبیاری گیاهان زراعی و باغی کشور، دسترسی به پتانسیل پیش‌بینی‌شده دور از انتظار نیست.

جدول 3- شاخص‌های اثربخشی بخش تحقیقات آبیاری در بعد بهبود فرایند تولید محصولات کشاورزی

نهاده	واحد	پتانسیل	تحقق‌یافته	شکاف اثربخشی (درصد)
نیروی کار	روز- نفر	2912000	432000	-85
مصرف آب	میلیارد مترمکعب	-13/720	-3/68	-73

منبع: یافته‌های تحقیق

3- شاخص‌های اثربخشی بخش تحقیقات آبیاری در بعد توسعه یا حفاظت منابع

ارزیابی اثربخشی دستاوردهای بخش تحقیقات آبیاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب در بعد توسعه یا حفاظت از منابع (جدول 4) نشان داد که دستاوردهای این بخش حدود 1/6 میلیارد مترمکعب به تغذیه آبخوان‌ها و حفاظت از 3/6 میلیارد مترمکعب از منابع آبی مساعدت کرده است. بخش تحقیقات آبیاری موسسه تحقیقات خاک و آب در خصوص برنامه‌ریزی آبیاری، دوازده برنامک بر اساس روش‌های مختلف آبیاری و خصوصیات مختلف خاک و نیاز آبی محصولات برای گیاهان گندم، جو، یونجه، انگور، پنبه، دانه‌های روغنی، چغندرقند، گوجه‌فرنگی، لوبیا، گل محمدی، سیب و درختان هسته‌دار تهیه‌کرده است.

جدول 4- شاخص‌های اثربخشی بخش تحقیقات آبیاری در بعد توسعه یا حفاظت منابع

شاخص	واحد	پتانسیل	تحقق‌یافته	شکاف اثربخشی (درصد)
تغذیه آبخوان	میلیارد مترمکعب	9/28	1/6	-83
برنامه‌ریزی آبیاری	برنامک	12	12	0
حفاظت از منابع آبی	میلیارد مترمکعب	3/6	3/6	0

منبع: یافته‌های تحقیق

4- شاخص‌های اثربخشی بخش تحقیقات آبیاری در بعد سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی

دستاوردهای بخش تحقیقات آبیاری در دهه اخیر در زمینه لایحه و آیین‌نامه‌ها منجر به تهیه تعداد 6 دستورالعمل مرتبط با سیاست‌های کلان کشور در بخش کشاورزی شده است.

5- شاخص‌های اثربخشی بخش تحقیقات آبیاری در بعد انتشارات علمی

وضعیت شاخص‌های اثربخشی بخش تحقیقات آبیاری در بعد انتشارات علمی مبین آن است که تعداد 29 مقاله در نشریات داخلی برگرفته از فعالیت‌های این بخش در طول دوره موردنظر منتشر شده است. هم‌چنین تعداد 4 مقاله در نشریات خارجی (Q2 و Q3) به چاپ رسیده است. انتشار 1 عنوان کتاب و 2 نشریه ترویجی منتج از فعالیت‌های بخش تحقیقات آبیاری از دیگر انتشارات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب است که می‌توان به آن اشاره کرد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

هدف کلی پژوهش حاضر ارزیابی میزان اثربخشی فعالیت‌های بخش آبیاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب از ابعاد مختلف شامل آثار اقتصادی، تأثیر بر فرایند تولید محصولات کشاورزی، آثار اجتماعی، توسعه یا حفاظت از منابع تولید، سیاست‌گذاری و انتشارات علمی طی دهه اخیر است. بر اساس یافته‌ها علی‌رغم وجود میانگین شکاف 83 درصدی در تحقق پتانسیل‌های پیش‌بینی شده برای دستاوردهای این بخش در حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی، بهبود فرایند تولید، و توسعه و حفاظت از محیط‌زیست، کاهش شکاف محاسبه شده و تحقق اهداف بالقوه متصور شده باتوجه‌به سال معرفی دستاوردها به‌ویژه سامانه نیاز آبیاری گیاهان زراعی و باغی کشور دور از انتظار نیست.

منابع

آبیار، ن.م.، زارع، ش.، عسگری بزایه، ف.، عین‌اللهی، م.، بهرامی، ع.، اسدپور، ح.، حسینی، ی.، ساعی، م.، رحمانی، ص.، یعقوبی، و.، رضایی، ج.، پهلوانی، ر. و سلیمانی‌پور، ا. 1400. ارزیابی آثار اقتصادی فعالیت‌های پژوهشی مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی. دوازدهمین کنفرانس ملی اقتصاد کشاورزی ایران، کردستان.

بهرامی، ع. و آبیار، ن. م. 1402. ارزیابی بازده اقتصادی تحقیقات کشاورزی در استان کردستان. راهبردهای توسعه روستایی، 10(3): 275-287. doi: 10. 2048/rdsj.2022.363109.2055

حسینی، س.ص.، شهبازی، ح. و عباسی‌فر، ا. 1394. بررسی اثر سرریز تحقیقات بر بهره‌وری (مطالعه موردی بخش کشاورزی ایران). مدیریت بهره‌وری (فراسوی مدیریت)، 9(33): 47-76.

زارع، ا.، آگاه، م. ج.، رحمانی، ر.، نفیسی، م.، آذربایجانی، ع.، نبی نژاد، ع. و نیکویی، ع. 1400. ارزیابی اقتصادی و اثربخشی پژوهش در صنعت مرغداری. بازتاب تات، 4(14): 26-27.

عسکری بزایه، ف.، آبیار، ن.م. و عباسی مژدهی، م. 1402. ارزیابی آثار اقتصادی فعالیت‌های پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان در بازه زمانی 1387 تا 1391. اقتصاد کشاورزی و توسعه، 31(3): 227-255. doi: 10.30490/aead.2023.359683.1457

کاظمی، ح. و باقری، ف. و نصری نصرآبادی، ش. 1395. ارزیابی عملکرد مراکز تحقیقاتی با استفاده از رویکرد مدل تعالی سازمانی؛ مطالعه موردی مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور. سیاست علم و فناوری، 9(4): 77-93.

محمدی، ح.، منصوریان، ن.، آبیار، ن. ضیائی، س. و احمدپور برازجانی، م. 1401. ارزیابی آثار اقتصادی تحقیقات پنبه دراستان خراسان رضوی تحت گزینههای اقتصاد باز و بسته. اقتصاد کشاورزی و توسعه، 30(1): 207-229. doi: 10. 0490/aead.2022.355533.1370

مهرابی بشرآبادی، ح. و جاودان، ا. 1390. تأثیر تحقیق و توسعه بر رشد و بهره‌وری در بخش کشاورزی ایران. اقتصاد و توسعه کشاورزی، 52(2): 172-180. doi: 10. 2067/jead2.v1390i2.9707

Alston, J. M. 2010. The Benefits from agricultural research and development, innovation, and productivity growth. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 31, OECD Publishing, Paris. http://dx.doi.org/10.1787/5km91nfsnkwg-en

Etzkowitz, H., Mell, J. and Almeida, M. 2005. Towards "meta-innovation" in Brazil: the evolution of the incubator and the emergence of a triple helix. Res Policy, 34(4):411– 424.

Raitzer, D. and Kelley, T. 2008. Benefit–cost meta-analysis of investment in the International Agricultural Research Centers of the CGIAR. Agricultural Systems, 96: 108-123. 10.1016/j.agsy.2007.06.004.

Rosegrant, M.W., Wong, B., Sulser, T.B., Dubosse, N. and Lybbert, T.J. 2023. Benefit–Cost analysis of increased funding for agricultural research and development in the Global South. Journal of Benefit-Cost Analysis.14(S1):181-205. doi:10.1017/bca.2023.27.

ارزیابی فنی عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی اراک

فاطمه کیخایی[1]

[1]عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، Keykhaei80@gmail.com

چکیده

یکی از اجزای لاینفک هر آبیاری به‌منظور اصلاح روش و مدیریت آن ارزیابی می‌باشد. در این تحقیق 10 مورد روش آبیاری کلاسیک ثابت در دشت اراک به طور کاملاً تصادفی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که معیارهای ارزیابی در اکثر روش‌ها، دارای مقادیر نامطلوب و غیرقابل‌قبولی بوده و پایین‌تر از حد مجاز مریام و کلر می‌باشند، به‌نحوی‌که مقادیر میانگین معیارهای CU، DU، PELQ و AELQ در این 10 مورد به ترتیب 58/92، 51/27، 39/43 و 39/43 درصد به دست آمد. فشار نامناسب روش و فواصل زیاد آبپاش در مناطق بادخیز در طراحی نامناسب دیده می‌شد. استفاده از آبپاش‌هایی با مشخصات و مدل‌های مختلف در یک روش نیز از دلیلی دیگر در پایین‌بودن یکنواختی توزیع آب بود. طراحی نادرست، اجرای نامناسب و آموزش ناکافی بهره‌برداران باعث اتلاف سرمایه‌های اولیه و بروز مشکلات در بهره‌برداری و کوتاهی عمر مفید طرح‌ها در این منطقه است.

کلمات کلیدی: آبپاش، آبیاری، ضریب یکنواختی، طراحی

مقدمه

اگرچه در سال‌های اخیر روش‌های آبیاری بارانی توانسته‌اند تا حدی جایگزین روش‌های سطحی شوند؛ اما توسعه و بهبود کیفی این روش‌ها مستلزم بررسی و ارزیابی وضعیت موجود طراحی و بهره‌برداری طرح‌های آبیاری بارانی اجرا شده و سازگاری آن‌ها با شرایط آب‌وهوایی مناطق مختلف کشور است. مریام و کلر (Merriam and Keller, 1987) ارزیابی یک روش آبیاری را آنالیز بر پایه اندازه‌گیری‌ها در شرایط واقعی مزرعه و در حین کار طبیعی روش تعریف کرده‌اند. برای این منظور شاخص‌هایی برای مقایسه عملکرد واقعی یک روش آبیاری با معیارهای طراحی پیش‌بینی شده پیشنهاد شده است. این شاخص‌ها متغیرهای قابل‌اندازه‌گیری هستند که اوضاع سیستم و تغییرات آن نسبت به زمان و مکان را شرح می‌دهند. اوجاقلو و همکاران (1396) عملکرد فنی روش‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک را در استان زنجان موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که باد، اثر قابل‌توجهی بر کاهش یکنواختی و راندمان کاربرد آب داشته است و به‌کاربردن عمق آب آبیاری زیاد و تغییرات فشار در روش‌های آبیاری بارانی مذکور، به‌عنوان عوامل مؤثر دیگر بر کاهش عملکرد فنی روش‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت شناخته شد. مشکلات اصلی روش‌های آبیاری بارانی در اراک توسط بختیاری و همکاران (1399) بررسی شد و بی‌دقتی در طراحی، اجرانکردن صحیح، مدیریت و نگهداری غیراصولی و به‌کاربردن وسایل باکیفیت نامناسب عنوان شد.

روش تحقیق

در این تحقیق 10 مورد روش آبیاری بارانی از نوع کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک اجرا شده در دشت اراک بررسی و ارزیابی شد تا با تعیین عوامل ارزیابی مشخص گردد که اجرای این نوع روش تا چه اندازه در بهبود راندمان آبیاری و توزیع یکنواخت آب در مزرعه اثر داشته است و به‌عنوان راهنما برای توسعه سایر پروژه‌های مشابه در منطقه باشد. برای تعیین مقدار آب پخش شده از آبپاش باتوجه‌به حداکثر شعاع پاشش، زمین به شبکه‌های 3×3 متر تقسیم‌بندی شد. بر روی هر گره باتوجه‌به استاندارد ایزو (ISO,1990) و جامعه مهندسان کشاورزی امریکا (ASAE S, 2001) به روش استقرار آبپاش منفرد و به تعداد 40 مورد انجام پذیرفت. یک قوطی لبه تیز

آلومینیومی با قطر و ارتفاع 10 سانتی‌متر قرار داده شد. بدین ترتیب در مجموع 144 قوطی مورداستفاده واقع شد. بعد از 1 ساعت کار سیستم، پمپ خاموش شده و بلافاصله حجم آب جمع شده در هر قوطی قرائت می‌شد. حجم جمع شده باتوجه‌به قطر بالایی قوطی تبدیل به عمق آب می‌شد. به‌منظور لحاظ‌کردن اثر تبخیر بر عمق آب داخل قوطی‌ها، تعدادی قوطی با مقدار آب مشخص به‌عنوان شاهد در نظر گرفته می‌شد و در پایان آزمایش در صورت کسرشدن آب از آن‌ها، آن مقدار به مقادیر قرائت شده اضافه می‌شد. در این تحقیق تعداد 8 قوطی مشابه با قوطی‌های جمع‌آوری آب بدین منظور مورداستفاده قرار گرفت. علاوه بر این به‌منظور بررسی تأثیر سرعت باد بر ضریب یکنواختی، با استفاده از یک دستگاه بادسنج کنتوری در ارتفاع 2 متری نزدیک مزرعه، سرعت باد اندازه‌گیری و ثبت می‌شد. انتخاب مزارع، کاملاً به‌صورت تصادفی و با پراکنش قابل‌قبول در منطقه اراک انجام شده و حداقل یک دوره زراعی از بهره‌برداری سیستم‌ها سپری شده بود. این مزارع همگی دارای سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک بوده، منبع آب تمامی آنها چاه بوده و با اسامی اختصاری A، B، C، D، E، F، G، H ، I و J معرفی شده‌اند. عوامل ارزیابی در این پژوهش شامل پنج نوع عامل ارزیابی تحت عناوین زیر بود: CU یا ضریب یکنواختی آب؛ DU یا یکنواختی توزیع آب؛ Ea یا راندمان کاربرد آب؛ AELQ یا راندمان کاربرد واقعی آب در ربع پایین؛ PELQ یا راندمان کاربرد پتانسیل آب در ربع پایین.

نتایج و بحث

طبق جدول (1) عوامل CUs و DUs، در هر 10 مورد، کمتر از مقادیر مطلوب توصیه شده مریام و کلر (1978) می‌باشند (مقادیر مطلوب طبق نظر مریام و کلر برای DU بین 67 تا 80 درصد و برای CUs بین 81 تا 87 درصد و برای PELQs و AELQs بین 65 تا 85 درصد می‌باشند). میانگین مقادیر PELQs و AELQs در تمامی روش‌ها نامطلوب می‌باشد (هر دو در محدوده 40 درصد)، برابر بودن مقادیر PELQs و AELQs در تمامی این روش‌ها نشانه کم آبیاری می‌باشد. پایین‌بودن مقادیر PELQs از محدوده مجاز مریام وکلر نشان‌دهنده ضعف در طراحی فنی این روش‌ها می‌باشد. به‌طورکلی پایین‌بودن مقدار AELQs نشان‌دهنده ضعف در بهره‌برداری و مدیریت هر روش می‌باشد بدین معنی که در اثر آبیاری بیش از حد اتلاف آب به‌صورت نفوذ عمقی در یک سیستم زیاد صورت می‌گیرد. اما چون مقادیر AELQs در این تحقیق با مقادیر PELQs برابر شده‌اند، ضعف در بهره‌برداری و مدیریت روش‌ها به‌نحوی‌که اشاره شد (اتلاف آب) وجود ندارد، بلکه ضعف در طراحی سیستم وجود دارد، لیکن این ضعف تنها متوجه شرکت‌های طراح و مجری نبوده، گاهی مالکین طبق مشاهدات مزرعه‌ای با تعویض مدل آبپاش‌ها و قطر نازل آن‌ها و یا با استفاده از چند مدل آبپاش به طور هم‌زمان باعث این نوع ضعف شده‌اند. برابر شدن مقادیر AELQs و PELQs نشان می‌دهند که اکثر زارعین در این پژوهش (با کاهش‌دادن مدت‌زمان آبیاری و افزایش تعداد آبپاش‌های هم‌زمان) اقدام به کم آبیاری نیز نموده‌اند.

جدول 1- عوامل ارزیابی در کل سیستم مزارع مورد آزمایش

نام مزرعه	(%)DUs	(%)CUs	ER	(%)PELQs	(%)AELQs	(%)Dp	(%)ADirr
A	43/17	54/65	0/06	21/13	21/13	29	25
B	46/12	55/22	0/01	45/58	45/58	20	48
C	57/13	61/66	0/04	35/42	35/42	15	39
D	62/14	65/83	0/03	61/17	61/17	17	65
E	52/41	71/83	0/01	39/18	39/18	13	44
F	57/10	63/25	0/08	49/02	49/02	15	55
G	51/66	59/81	0/04	44/3	44/3	10	49
H	49/43	55/32	0/05	29/31	29/31	8	35
I	39/12	41/45	0/02	43/41	43/41	6	48
J	54/48	60/13	0/03	55/02	55/02	13	59
میانگین	51/27	58/92		39/43	39/43	12/8	47/1
حد مطلوب	67 - 80	81 - 87	_	65 - 85	65 - 85		-

که البته پدیده کم آبیاری تا حدی باعث افزایش راندمان آبیاری نیز می‌شود، لیکن کم آبیاری بیش از حد در آب‌وهوای خشک، مجدداً باعث کاهش شدید راندمان آبیاری می‌شود، زیرا کم آبیاری بیش از حد با تأثیر بر کاهش Dq و DU باعث افت PELQ و به‌تبع آن AELQ می‌گردد. بر اساس نتایج به علت اعمال کم آبیاری در تمامی مزارع راندمان واقعی و راندمان پتانسیل کاربرد برابر بوده است و مشاهده می‌شود که در بیشتر روش‌ها ضمن وجود نفوذ عمقی زیاد، کفایت آبیاری نسبتاً پایین و غیرقابل‌قبول بوده است. به‌عنوان یک قاعده کلی در این نوع آبیاری، سیستم‌ها با فشار کارکرد متوسط 4 تا 4/5 بار طراحی می‌شوند؛ اما در این تحقیق حداکثر اختلاف فشار آبپاش‌ها نیز در برخی از این سیستم‌ها، بیشتر از حد مجاز آن که 20 درصد فشار متوسط آبپاش‌ها است بود. در برخی مزارع افزایش تعداد آبپاش‌های هم‌زمان به طور عمد توسط زارعین به علت بیم از نشت آب در اتصالات انجام شده است. همچنین در طراحی روش‌های آبیاری بارانی اگر منطقه بادخیز باشد با افزایش سرعت باد فواصل شبکه‌ای آبپاش‌ها می‌بایست کاهش یابد.

به‌طورکلی فشار نامناسب سیستم و فواصل زیاد آبپاش در مناطق بادخیز در طراحی نامناسب دیده می‌شد. استفاده از آبپاش‌هایی با مشخصات و مدل‌های مختلف در یک سیستم نیز دلیلی دیگر در پایین‌بودن یکنواختی توزیع آب بود. طراحی نادرست، اجرای نامناسب و آموزش ناکافی بهره‌برداران باعث اتلاف سرمایه‌های اولیه و بروز مشکلات در بهره‌برداری و کوتاهی عمر مفید طرح‌ها در این منطقه است.

منابع

اوجاقلو، ح.، بیگدلی، ز. و شیردلی، ع. .1396 بررسی اثر سرعت باد بر عملکرد فنی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در استان زنجان. فصلنامه علمی‌پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. 7(28): 1-96 .

بختیاری، س.، محسنی موحد، س. ا.، مقدسی، م. و داودمقامی، د. 1399. ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک در استان مرکزی. مجله پژوهش آب ایران. :36.

کیخایی، ف.، اکبری، م.، رودبارانی، ج. و گنجی خرم دل، ن. 1396. ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری تحت فشار در شهرستان اراک. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

Merriam, J. L. and Keller, J. 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for management. Utah state university, Utah. 271 p.

بحران آب: چالش طبیعت یا ناکارآمدی مدیریت؟

سیدواحد موسوی[1*]، رضا رادفر[2]، سعید ستایشی[3]

[1] دانشجوی دکتری، دانشکده مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه علوم تحقیقات تهران،ایران، Email:Sava.Moosavi@gmail.com

[2] استاد، دانشکده مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه علوم تحقیقات تهران ،ایران

[3] استاد، دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه امیرکبیرتهران، ایران

چکیده

بحران آب به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های جهانی تبدیل شده و تأثیرات گسترده‌ای بر امنیت غذایی، اقتصاد، محیط‌زیست و جوامع بشری دارد. این مقاله به بررسی عوامل اصلی این بحران پرداخته و دو جنبه کلیدی آن یعنی تغییرات اقلیمی و ناکارآمدی مدیریت منابع آب را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. از یک سو، تغییرات اقلیمی مانند افزایش دما، کاهش بارش و خشک‌سالی‌های پی‌درپی به‌عنوان عوامل طبیعی شناخته می‌شوند که منابع آبی را به‌شدت تحت‌تأثیر قرار داده‌اند. از سوی دیگر، ناکارآمدی در مدیریت منابع آب، مانند سیاست‌های نادرست، زیرساخت‌های فرسوده و استفاده غیر پایدار از منابع، به تشدید این بحران دامن زده است. این مقاله به طور متوازن هر دو عامل را بررسی کرده و نشان می‌دهد که بحران آب نه‌تنها ناشی از عوامل طبیعی، بلکه به طور قابل‌توجهی تحت‌تأثیر ناکارآمدی مدیریت است. پیامدهای این بحران، از جمله کاهش تولیدات کشاورزی، افزایش قیمت‌ها، ناآرامی‌های اجتماعی و مهاجرت، نیز مورد تحلیل قرار می‌گیرد. این مقاله نتیجه‌گیری می‌کند که ناکارآمدی مدیریت در قبال محیط‌زیست و منابع طبیعی نقش مهم‌تری در بحران آب دارد، زیرا نه‌تنها بسیاری از عوامل تغییرات اقلیمی را تحت‌الشعاع قرار داده، بلکه با اتخاذ سیاست‌های نادرست، امکان مدیریت بهتر و کاهش اثرات این تغییرات از بین رفته است. ازاین‌رو، مدیریت کارآمد مبتنی بر نگرش سیستمی، پایدار و فناورانه، کلید اصلی مقابله با بحران آب و بحران‌های مترتب بر آن است.

کلمات کلیدی: بحران آب، تغییرات اقلیمی، ناکارآمدی مدیریت

مقدمه

در دهه‌های اخیر، فشارهای روزافزون جمعیتی، تغییرات اقلیمی، و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب باعث شده‌اند که کمبود آب به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های قرن بیست و یکم تبدیل شود (World Bank, 2020). به نقل از گزارشی از FAO استفاده از آب در قرن گذشته با سرعتی بیش از دوبرابر رشد جمعیت در حال افزایش بوده است و تعداد فزاینده‌ای از مناطق به حدی رسیده‌اند که در آن خدمات آبی به‌صورت پایدار قابل‌ارائه نیست. در اصل، رشد جمعیت و توسعه اقتصادی فشار بی‌سابقه‌ای بر منابع آبی تجدیدپذیر، اما محدود، به‌ویژه در مناطق خشک وارد می‌کند. پیش‌بینی می‌شود تا سال 2025، 1800 میلیون نفر در کشورها یا مناطقی زندگی کنند که با کمبود مطلق آب مواجه هستند (کمتر از 500 مترمکعب در سال به‌ازای هر نفر) و دو سوم جمعیت جهان ممکن است در شرایط «فشار» (بین 500 تا 1000 مترمکعب در سال به‌ازای هر نفر) قرار گیرند. این وضعیت با رشد سریع مناطق شهری که فشار زیادی بر منابع آبی هم‌جوار وارد می‌کنند، وخیم‌تر خواهد شد. پیش‌بینی می‌شود که در آینده، تغییرات اقلیمی و تقاضا برای انرژی زیستی، رابطه پیچیده بین توسعه جهانی و تقاضای آب را بیش‌ازپیش بغرنج نماید. مفهوم کمبود تا حدی مبهم و پیچیده است و تعریف آن مستلزم درنظرگرفتن ابعاد مختلف است. اولاً، کمبود باید به‌عنوان یک مفهوم نسبی درک شود، یعنی عدم تعادل بین «عرضه» و «تقاضا» که بسته به شرایط محلی

متفاوت است. دوم، کمبود آب اساساً پویا است. با افزایش تقاضای کاربران و کاهش کمیت و کیفیت منابع، این کمبود تشدید می‌شود. در نتیجه، چندین بُعد از کمبود آب وجود دارد که می‌توان آنها را به شرح زیر خلاصه کرد: (1) کمبود دردسترس‌بودن آب شیرین باکیفیت قابل‌قبول نسبت به تقاضای کل، در ساده‌ترین حالت یعنی کمبود فیزیکی آب؛ (2) کمبود در دسترسی به خدمات آب به دلیل ناتوانی نهادهای موجود در تضمین تأمین قابل‌اعتماد آب برای کاربران؛ (3) کمبود به دلیل نبود زیرساخت‌های مناسب، صرف‌نظر از سطح منابع آبی، به دلیل محدودیت‌های مالی. در دو حالت اخیر، ممکن است کشورها از منابع آبی نسبتاً بالایی برخوردار باشند، اما به دلیل محدودیت منابع مالی برای توسعه زیرساخت‌ها یا عدم توانایی نهادی برای حفظ و مدیریت آنها به‌درستی، قادر به مهار و توزیع این منابع نباشند(FAO,2024) .

دسترسی مستمر و پایدار به آب سالم و کافی برای همه افراد جامعه، به‌عنوان یکی از اولویت‌های اصلی دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی مطرح شده است (United Nations, 2021) . بر اساس گزارش‌های سازمان ملل متحد، تا سال 2050، نزدیک به دو سوم جمعیت جهان ممکن است با کمبود شدید آب مواجه شوند (UN, 2021)، این وضعیت نه‌تنها به تهدیدی جدی برای امنیت غذایی و سلامت عمومی تبدیل شده، بلکه موجب افزایش تنش‌های بین‌المللی بر سر منابع مشترک آب نیز شده است .(Mekonnen & Hoekstra, 2016) مناطق خشک و نیمه‌خشک که عمدتاً در آفریقا و خاورمیانه قرار دارند، به دلیل کمبود منابع آبی و رقابت شدید بر سر این منابع، بیش‌ازپیش در معرض خطر نزاع‌های مسلحانه و مهاجرت‌های گسترده قرار گرفته‌اند.(Wutich et al, 2022) علاوه بر این، تغییرات اقلیمی نیز به‌شدت الگوهای بارندگی و دسترسی به منابع آبی را تحت‌تأثیر قرار داده است .(IPCC, 2021) افزایش دما، کاهش بارش‌ها و بروز خشکسالی‌های مکرر، موجب کاهش منابع آب تجدیدپذیر و افزایش وابستگی به منابع آب زیرزمینی شده است (Rodell et al., 2018). این شرایط نه‌تنها تهدیدی برای تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی محسوب می‌شود، بلکه به طور مستقیم به بی‌ثباتی اجتماعی و اقتصادی در کشورها دامن می‌زند (Schröder et al., 2019).

مقدار آب شیرین موجود به‌ازای هر نفر در جهان به دلیل ترکیبی از عوامل مختلف، از جمله افزایش جمعیت، آلودگی آب، برنامه‌ریزی و مدیریت ناکافی آب‌های مشترک و مرزی، و عملکرد ناکارآمد سیستم‌های تأمین و توزیع آب، کاهش‌یافته و همچنان در حال کاهش است. در نتیجه، پتانسیل کمبود آب، بحران و درگیری‌های مرتبط با آن در جهان، به‌ویژه در مناطق درحال‌توسعه، در آینده روبه‌افزایش است، اگر روند کنونی مصرف و مدیریت آب ادامه یابد. در این جهان در حال تغییر سریع و بسیار متصل به یکدیگر، مشکلات مرتبط با بحران آب و درگیری‌ها فراوان، پیچیده و چالش‌برانگیز هستند. تلاش‌ها برای حل مؤثر این مشکلات نیازمند دیدگاهی روشن از وضعیت آینده دردسترس‌بودن و تقاضای آب، و نیز روش‌های جدید تفکر، توسعه و اجرای برنامه‌ریزی و مدیریت آب است (Sivakumar, 2011).

2. کم آبی

کم‌آبی به‌خودی‌خود یک بحران طبیعی نیست، بلکه نتیجه تعاملات پیچیده میان عوامل طبیعی و انسانی است. عوامل طبیعی مانند شرایط جغرافیایی، تغییرات اقلیمی، الگوهای بارندگی، و دسترسی به منابع آب می‌توانند کم‌آبی را به طور طبیعی ایجاد کنند. بااین‌حال، در بسیاری از مناطق، فعالیت‌های انسانی مانند بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب، مدیریت نادرست، و توسعه نامتوازن اقتصادی و جمعیتی نقش مهم‌تری در ایجاد یا تشدید کم‌آبی دارند.

عوامل طبیعی: برخی مناطق به طور طبیعی به دلیل موقعیت جغرافیایی خود، مانند مناطق بیابانی، با کم‌آبی مواجه هستند. در این مناطق، میزان بارندگی بسیار پایین است و دسترسی به منابع آب سطحی یا زیرزمینی محدود است. همچنین پدیده‌های طبیعی مانند خشکسالی‌ها می‌توانند کم‌آبی را تشدید کنند (UN-Water,2024).

تغییرات اقلیمی: تغییرات اقلیمی که ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند سوزاندن سوخت‌های فسیلی و جنگل‌زدایی است، الگوهای بارندگی را تغییر داده و منجر به کاهش منابع آب شیرین می‌شود. افزایش دما، خشکسالی‌های طولانی‌تر و شدیدتر، و کاهش ذخایر آبی ناشی از ذوب یخچال‌ها نیز بحران کم‌آبی را وخیم‌تر کرده است (US EPA, 2024).

عوامل انسانی: بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب، کشاورزی ناپایدار، رشد سریع جمعیت، و مدیریت نادرست منابع آب از عوامل کلیدی بحران کم‌آبی در بسیاری از مناطق هستند. به‌عنوان‌مثال، در بسیاری از کشورها استفاده بیش از حد از آب‌های زیرزمینی برای مصارف کشاورزی و صنعتی باعث کاهش سطح این منابع و در نتیجه بحران‌های آبی شده است (UN-Water,2024).

مدیریت نادرست منابع آب: در برخی کشورها، زیرساخت‌های آب‌رسانی ناکارآمد و روش‌های سنتی مدیریت آب باعث هدررفت آب و ایجاد نابرابری در دسترسی به منابع آب می‌شود. این موضوع بحران کم‌آبی را تشدید می‌کند و باعث می‌شود که حتی در مناطق دارای منابع آب کافی نیز کم‌آبی تجربه شود.

در نتیجه، کم‌آبی یک پدیده طبیعی می‌تواند باشد، اما عوامل انسانی و تغییرات اقلیمی نقشی بسیار پررنگ‌تر در تبدیل آن به یک بحران جهانی دارند. با مدیریت صحیح منابع آب، بهره‌برداری پایدار، و مقابله با تغییرات اقلیمی، می‌توان تا حد زیادی این بحران را کاهش داد.

3. نقش تغییرات اقلیمی در بحران آب

تغییرات اقلیمی تأثیرات قابل‌توجهی، به‌ویژه از طریق تغییر در الگوهای بارندگی، افزایش دما، و شدت خشکسالی‌ها و سیلاب‌ها بر بحران آب خواهد داشت. این تغییرات اقلیمی نه‌تنها منابع آب شیرین را تهدید می‌کند، بلکه باعث ناپایداری در تأمین آب برای مصارف مختلف انسانی، کشاورزی و صنعتی نیز می‌شود. این تأثیرات به چند شکل بر منابع آب و بحران آب تأثیرگذار هستند (UN,2024) .

کاهش منابع آب شیرین: تغییرات اقلیمی می‌تواند منجر به کاهش منابع آب شیرین شود. افزایش دما باعث تبخیر بیشتر از دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، و منابع آبی زیرزمینی می‌شود. همچنین در مناطقی که به برف و یخ برای تأمین آب وابسته‌اند (مانند مناطق کوهستانی)، ذوب یخچال‌های طبیعی سریع‌تر رخ می‌دهد و تأمین آب برای این مناطق در بلندمدت به مشکل خواهد خورد (US EPA, 2024) .

تغییر در الگوهای بارندگی: یکی از اثرات کلیدی تغییرات اقلیمی، تغییر در الگوهای بارندگی است. برخی مناطق با افزایش بارش روبرو می‌شوند که می‌تواند منجر به سیلاب‌های ناگهانی و شستشوی خاک شود، درحالی‌که مناطق دیگر کاهش بارندگی و خشکسالی را تجربه خواهند کرد. این نوسانات می‌تواند توزیع نامتوازن آب را به همراه داشته باشد. همچنین، کاهش بارش برف و یخبندان‌ها در نیمکره شمالی موجب کاهش آب ذخیره شده در مخازن طبیعی می‌شود که اثرات منفی زیادی بر کشاورزی دارد. کشاورزان با کمبود آب برای آبیاری در فصل‌های رشد مواجه می‌شوند که به کاهش تولید محصولات منجر می‌شود (NG, 2024).

افزایش خشکسالی‌ها: با افزایش دما، بسیاری از مناطق با خشکسالی‌های شدید و طولانی‌مدت روبرو خواهند شد. این خشکسالی‌ها منجر به کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و خشک‌شدن رودخانه‌ها و دریاچه‌ها خواهد شد. در نتیجه، کشاورزی، تأمین آب شرب و تولید انرژی از منابع آبی با چالش‌های بیشتری مواجه می‌شوند.

کاهش کیفیت آب: تغییرات اقلیمی همچنین می‌تواند منجر به کاهش کیفیت آب شود. به‌عنوان‌مثال، با افزایش دما و کاهش بارش، تمرکز آلاینده‌ها در منابع آبی افزایش می‌یابد و می‌تواند منابع آب شیرین را آلوده کند. این مسئله به‌ویژه برای مناطقی که به منابع آب محدود دسترسی دارند بحرانی است (US EPA, 2024) .

افزایش تقاضا برای آب: با افزایش دما و رشد جمعیت، تقاضا برای آب در بخش‌های کشاورزی، صنعتی و خانگی افزایش می‌یابد. این افزایش تقاضا، به‌ویژه در مناطقی که هم‌اکنون نیز با کمبود آب مواجه هستند، فشار بیشتری بر منابع آبی وارد می‌کند (US EPA, 2024).

آسیب به زیرساخت‌های آبی: سیلاب‌ها و طوفان‌های شدیدتر به زیرساخت‌های آبی مانند سدها، کانال‌ها و تصفیه‌خانه‌های آب آسیب وارد می‌کند. این اتفاق‌ها می‌توانند تأمین آب را برای مناطق گسترده‌ای مختل کنند و نیاز به سرمایه‌گذاری‌های جدید و پرهزینه برای بازسازی زیرساخت‌ها را ضروری سازند.

ذوب‌شدن یخچال‌های طبیعی: که جریان آب شیرین را کاهش داده و سطح آب دریاها را بالا می‌برد (US EPA, 2024). این امر باعث نفوذ آب‌شور به منابع آب زیرزمینی و کاهش دسترسی به آب شیرین می‌شود. مناطقی مانند خاورمیانه و شمال آفریقا که از خشکسالی‌های مداوم رنج می‌برند، به فرایندهای پرهزینه و انرژی‌بر مانند نمک‌زدایی وابسته شده‌اند (NG, 2024).

در نتیجه، تغییرات اقلیمی به شکل گسترده‌ای بحران آب را تشدید خواهد کرد و به‌خصوص در مناطقی که پیش‌ازاین نیز با مشکلات کمبود آب روبرو بودند، این بحران به مرحله بحرانی‌تری خواهد رسید. برای مقابله با این چالش‌ها، باید اقداماتی مانند مدیریت بهتر منابع آب، بهره‌وری بیشتر در مصرف آب، و توسعه تکنولوژی‌های تصفیه و بازیافت آب انجام شود (UN-Water,2024) .

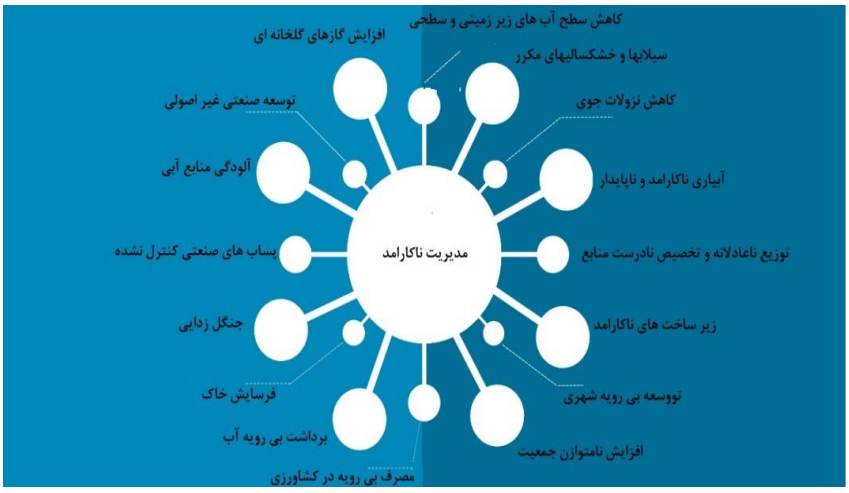
4. مدیریت ناکارامد منابع آبی

مدیریت ناکارآمد در استفاده از منابع آبی به معنای بهره‌برداری و مدیریت نادرست و غیرمؤثر از منابع آب است که می‌تواند به مشکلات جدی مانند کم‌آبی، کاهش کیفیت آب، و بحران‌های زیست‌محیطی و به‌طورکلی ناامنی آبی منجر شود. در ادامه به تشریح برخی از ابعاد و مصادیق مدیریت ناکارآمد (شکل 1) منابع آبی پرداخته شده است:

1. برداشت بیش از حد از منابع آبی زیر زمینی، رودخانه‌ها و در یاچه‌ها: برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی، صنعتی، و خانگی می‌تواند منجر به کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و خشکسالی در مناطق مختلف شود. این برداشت‌ها معمولاً بالاتر از نرخ تجدیدپذیری طبیعی منابع آبی است. همچنین استفاده بیش از حد از آب‌های سطحی برای کشاورزی و تولید انرژی می‌تواند سطح آب در رودخانه‌ها و دریاچه‌ها را کاهش دهد و به نوسانات شدید در دسترسی به آب در مناطق مختلف منجر شود.

2. آبیاری ناپایدار و ناکارآمد: استفاده از روش‌های آبیاری سنتی و غیرموثر، مانند آبیاری سطحی، می‌تواند منجر به هدررفت آب و کاهش بهره‌وری کشاورزی شود. این روش‌ها معمولاً آب را به‌صورت یکنواخت بر روی سطح زمین پخش می‌کنند، که موجب تبخیر زیاد و نفوذ ناکافی می‌شود. علاوه بر این، عدم استفاده از فن‌آوری‌های مدرن آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای یا آبیاری زیرسطحی، که می‌توانند بهره‌وری آب را افزایش دهند، به هدررفت منابع آب منجر می‌شود.

3. مدیریت ضعیف در زیرساخت‌ها: زیرساخت‌های قدیمی و فرسوده مانند لوله‌های آبرسانی می‌توانند باعث نشت و هدررفت مقادیر زیادی آب شوند. این مشکلات به ویژه در سیستم‌های توزیع آب شهری و روستایی شایع است. معضل دیگر، ناتوانی در ذخیره‌سازی است. عدم وجود مخازن مناسب برای ذخیره‌سازی آب در زمان‌های پرآبی و استفاده ناکافی از ذخایر آب می‌تواند منجر به کمبود آب در دوره‌های کم‌بارش شود.



شکل 1- مصادیق و ابعاد مدیریت ناکارامد

4. آلودگی منابع آب: تخلیه فاضلاب‌های صنعتی و خانگی به منابع آبی بدون تصفیه مناسب می‌تواند به آلودگی منابع آب منجر شود. این آلودگی کیفیت آب را کاهش داده و سلامت عمومی و محیط زیست را تهدید می‌کند. هم‌چنین، استفاده نادرست از کودها و سموم شیمیایی در کشاورزی می‌تواند باعث آلودگی منابع آب به مواد شیمیایی و فلزات سنگین شود.

5. مدیریت ناکافی در توزیع و تخصیص منابع: توزیع ناعادلانه و تخصیص نادرست منابع آب بین مناطق و بخش‌های مختلف (کشاورزی، صنعت، مصارف خانگی) می‌تواند به مشکلات کم‌آبی در برخی مناطق و هدررفت منابع در مناطق دیگر منجر شود. عدم وجود برنامه‌ریزی مناسب و استراتژی‌های بلندمدت برای مدیریت منابع آب می‌تواند به عدم توانایی در مواجهه با بحران‌ها و نوسانات طبیعی منجر شود.

جدول 1- تاثیرات غیر مستقیم مدیریت کارامد بر نزولات جوی

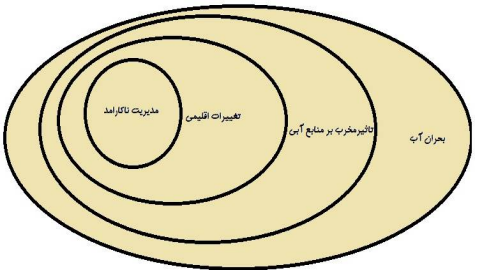
ردیف	تأثیر	شرح	پیامد
1	ازبین‌رفتن پوشش گیاهی	استفاده ناپایدار از منابع آبی و تغییرات در کاربری زمین، به‌ویژه جنگل‌زدایی و تبدیل اراضی طبیعی به اراضی کشاورزی یا شهری، می‌تواند منجر به کاهش پوشش گیاهی شود. پوشش گیاهی نقش مهمی در تبخیر تعرق آب از سطح زمین دارد.	کاهش تبخیر تعرق باعث کاهش بخار آب در جو می‌شود که منجر به کاهش تشکیل ابرها و در نتیجه کاهش بارش‌های جوی می‌گردد.
2	فرسایش خاک و تغییرات در چرخه آب	کشاورزی ناپایدار و عدم مدیریت صحیح منابع آب می‌تواند به فرسایش خاک منجر شود. فرسایش خاک و کاهش کیفیت آن باعث کاهش توانایی خاک در نگهداری و ذخیره آب می‌شود.	این کاهش ذخیره آب در خاک می‌تواند بر تبخیر تعرق تأثیر منفی گذاشته و بر چرخه آب تأثیر بگذارد که ممکن است به کاهش بارش‌های محلی و جوی منجر شود
3	کاهش سطح آب‌های سطحی	برداشت بیش از حد از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سایر منابع آب‌های سطحی می‌تواند به کاهش سطح این منابع و کاهش میزان تبخیر از سطح آب منجر شود	تبخیر از سطح آب‌های سطحی به تشکیل بخار آب در جو کمک می‌کند و کاهش آن می‌تواند به کاهش بارش‌های جوی منجر شود.
4	تأثیر بر الگوهای دما و رطوبت	عدم مدیریت صحیح منابع آب و استفاده ناپایدار می‌تواند به گرمایش محلی منجر شود. گرمایش محلی به تغییرات در الگوهای دما و رطوبت می‌انجامد	می‌تواند به تغییر در الگوهای بارش و کاهش نزولات جوی در مناطق خاص منجر شود.
5	آلودگی و تأثیر بر چرخه آب	آلودگی منابع آب به‌ویژه از طریق فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی می‌تواند به تغییرات در کیفیت آب و تأثیرات منفی بر فرایندهای طبیعی آب مانند تبخیر و تعرق منجر شود.	این تغییرات می‌توانند به کاهش بارش‌های جوی کمک کنند.
6	تغییرات در الگوهای کاربری زمین	تبدیل اراضی طبیعی به مناطق شهری و صنعتی می‌تواند به تغییر در الگوهای جریان هوا و دما منجر شود	این تغییرات می‌توانند به کاهش میزان بخار آب و در نتیجه کاهش بارش‌های جوی منجر شوند.
7	انتشار گازهای گلخانه‌ای	فعالیت‌های انسانی مانند استفاده بی‌رویه از سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث تغییرات اقلیمی می‌شود.	این تغییرات اقلیمی می‌توانند به کاهش یا تغییر در الگوهای بارش‌های جهانی و محلی منجر شوند.

مدیریت ناکارآمد در استفاده از منابع آبی به معنای عدم استفاده مؤثر و پایدار از منابع آب است که می‌تواند به کاهش کیفیت آب، افزایش هزینه‌ها، و مشکلات جدی زیست‌محیطی و اجتماعی منجر شود. برای مقابله با این مشکلات، نیاز به اجرای استراتژی‌های مدیریتی جامع، استفاده از فناوری‌های نوین، بهبود زیرساخت‌ها و سیاست‌گذاری‌های مؤثر است.

ازاین‌گذشته، مدیریت ناکارآمد در استفاده از منابع آبی می‌تواند به طور غیرمستقیم بر تغییرات اقلیمی و کاهش نزولات جوی تأثیر بگذارد. این اثرات به‌صورت پیچیده و از طریق چندین مکانیسم به وقوع می‌پیوندد که در جدول 1 نشان داده شده است. مدیریت ناکارآمد منابع آبی می‌تواند به کاهش نزولات جوی از طریق تأثیرات غیرمستقیم بر تبخیر تعرق، کاهش سطح آب‌های سطحی، تغییرات در الگوهای دما و رطوبت، و آلودگی منابع آب منجر شود. برای جلوگیری از این تأثیرات، ضروری است که سیاست‌ها و روش‌های مدیریت منابع آب به‌گونه‌ای طراحی شوند که به حفظ پوشش گیاهی، کاهش هدررفت آب، و بهبود کیفیت آب کمک کنند تا چرخه طبیعی آب و بارش‌های جوی حفظ شود.

5. اثر موجی

در مدیریت و علوم اجتماعی، پدیده ایجاد امواج دایره‌ای پس از انداختن سنگ در آب به‌عنوان یک استعاره بسیار رایج به کار می‌رود. این استعاره معمولاً برای توصیف تأثیرات تدریجی و گسترش‌یابندهٔ یک عمل، تصمیم یا رویداد استفاده می‌شود. به طور خاص، این پدیده به‌عنوان "اثر موجی" یا "اثر موج‌دار (Ripple Effect) "شناخته می‌شود. در روان‌شناسی، از اصطلاح "اثر موجی" برای توصیف تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم یک رفتار یا رویداد استفاده می‌شود. به‌عنوان‌مثال، یک عمل مهربانانه یا تصمیم مثبت فردی می‌تواند به‌صورت زنجیره‌ای تأثیرات مثبتی بر دیگران بگذارد و به‌تدریج گسترش یابد. همچنین در مورد تأثیرات منفی نیز همین اصل صدق می‌کند؛ یک رویداد منفی ممکن است پیامدهای گسترده‌تری در اطرافیان و جامعه داشته باشد. در مدیریت، تصمیمات مدیریتی مانند تغییر در سیاست‌ها، استراتژی‌ها یا رهبری ممکن است تأثیرات گسترده‌ای در سطوح مختلف سازمان و حتی خارج از آن ایجاد کند. این امواج از مرکز (تصمیم یا تغییر) شروع شده و به‌تدریج به سایر بخش‌ها گسترش می‌یابند، درست مانند موجی که پس از افتادن سنگی در آب پدیدار می‌شود و به اطراف گسترش می‌یابد.



شکل2- اثر موجی ناکارآمدی مدیریت روی بحران آب

توصیف نحوه ارتباط میان مدیریت ناکارآمد، تغییرات اقلیمی، و تأثیرات مخرب بر منابع آبی و بحران آب از طریق مفهوم اثر موجی، باتوجه‌به شکل 2 بشرح ذیل است:

1. مدیریت ناکارآمد (پرتاب سنگ): مدیریت ناکارآمد به‌عنوان نقطه شروع یا پرتاب سنگ در نظر گرفته می‌شود. این نوع مدیریت شامل تصمیمات و اقدامات نادرست است که می‌تواند شامل سیاست‌های ناپایدار و بدون تحقیق کافی، برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت و عدم توجه به اثرات بلندمدت، بی‌توجهی به مسائل محیطی و منابع طبیعی، سیاست‌های اقتصادی یا کشاورزی نامناسب که به بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی منجر می‌شود، عدم سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آبی، تصفیه و بهینه‌سازی مصرف آب و غیره باشد. در واقع سنگ تصمیمات نادرست موجی از پیامدها و تبعات را ایجاد می‌کند که در ادامه به آن اشاره خواهد شد.

2. اولین موج (تغییرات اقلیمی): مدیریت ناکارآمد باعث بروز تغییرات اقلیمی به‌عنوان اولین موج می‌شود. این تغییرات شامل افزایش دما و نوسانات شدید آب و هوایی، تغییر در الگوهای بارش و افزایش خشکسالی، افزایش گازهای گلخانه‌ای و تغییرات در الگوهای باد و دما، فرسایش خاک، جنگل زدایی و... می‌شود. نیروی حاصل ازتغییرات بنیادین در شرایط اقلیمی محرکی کافی برای تولید موج دوم است.

3. دومین موج (تأثیرات مخرب بر منابع آبی): تغییرات اقلیمی به نوبه خود باعث تأثیرات مخرب بر منابع آبی می‌شود، که شامل، کاهش منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی به دلیل کاهش بارش و افزایش تبخیر، آلودگی منابع آبی ناشی از تغییرات در الگوهای بارش و سیلاب‌ها، تغییر در کیفیت و دسترسی به منابع آب و افزایش تقاضا و مشکلات مرتبط با آن می‌شود.

4. سومین موج (بحران آب): در نهایت، تأثیرات مخرب بر منابع آبی به بحران آب تبدیل می‌شود که به‌عنوان سومین موج ظاهر می‌شود. این بحران شامل کمبود شدید منابع آب برای مصارف کشاورزی، صنعتی و خانگی، تأثیرات منفی بر بهداشت عمومی و کیفیت زندگی به دلیل کمبود آب، افزایش قیمت مواد غذایی، افزایش تنش‌ها و درگیری‌ها بر سر منابع آب و مهاجرت‌های اجباری به دلیل بحران آب و معضلات امنیتی در تمام ابعاد خواهد بود.

نتیجتاً، اثر موجی که از مدیریت ناکارآمد شروع می‌شود، به‌تدریج به تغییرات اقلیمی و سپس به تأثیرات مخرب بر منابع آبی و در نهایت به بحران آب منجر می‌شود. این روند به‌خوبی نشان می‌دهد که چگونه یک مشکل در سطح مدیریتی می‌تواند به‌صورت پیوسته و گسترده‌تر به بحران‌های محیطی و اجتماعی تبدیل شود. برای جلوگیری از این اثرات، نیاز است که مدیریت منابع طبیعی و محیط‌زیست به شکلی پایدار و پیش‌بینانه انجام شود. تصمیمات باید به طور جامع و با درنظرگرفتن پیامدهای بلندمدت اتخاذ شوند تا از بروز مشکلات بزرگ‌تر جلوگیری شود.

نتایج و بحث

تغییرات اقلیمی تا حد زیادی می‌تواند نتیجه ناکارآمدی مدیریت انسان در تعامل با طبیعت باشد. در واقع، بسیاری از عوامل انسانی که منجر به تغییرات اقلیمی شده‌اند، ناشی از ناکارآمدی مدیریت منابع و سیاست‌های ناپایدار زیست‌محیطی هستند. به برخی از این موارد می‌توان اشاره کرد:

1. استفاده بی‌رویه از سوخت‌های فسیلی: افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای به دلیل استفاده گسترده از سوخت‌های فسیلی مانند نفت، گاز و زغال‌سنگ، یکی از عوامل اصلی تغییرات اقلیمی است. این امر نتیجه نبود سیاست‌های انرژی پایدار و مدیریت ضعیف در زمینه کاهش وابستگی به انرژی‌های آلاینده است.
2. جنگل‌زدایی: قطع بی‌رویه درختان و نابودی جنگل‌ها به‌منظور بهره‌برداری از زمین‌ها برای کشاورزی و ساخت‌وساز، باعث افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن شده است. این تخریب زیستگاه‌ها اغلب ناشی از سیاست‌های نادرست در مدیریت منابع طبیعی است.
3. مدیریت نامناسب در کشاورزی: روش‌های کشاورزی ناپایدار، مانند استفاده زیاد از آب و مواد شیمیایی، تخریب خاک و انتشار گازهای مضر مثل متان از دامپروری، به‌شدت تغییرات اقلیمی را تشدید کرده‌اند.
4. صنعت و توسعه شهری ناپایدار: توسعه بی‌رویه صنایع و شهرها بدون درنظرگرفتن اصول زیست‌محیطی و برنامه‌های بلندمدت، نقش بزرگی در افزایش آلودگی هوا و تخریب اکوسیستم‌ها دارد.

بنابراین، می‌توان گفت تغییرات اقلیمی تا حد زیادی نتیجه ناکارآمدی مدیریت و بی‌توجهی به سیاست‌های پایدار زیست‌محیطی است و مقابله با این بحران نیازمند اصلاح در نحوه مدیریت منابع طبیعی و انرژی است. باتوجه‌به توضیحات فوق، می‌توان نتیجه گرفت که ناکارآمدی مدیریت نقش مهم‌تری نسبت به عوامل طبیعی در تشدید بحران آب و تغییرات اقلیمی دارد. دلایل این نتیجه‌گیری به شرح جدول 2 قابل ملاحظه است.

جدول 2-دلایل دست بالای ناکارآمدی مدیریت در بحران آب

ردیف	دلیل	شرح
1	عوامل انسانی پشت تغییرات اقلیمی	بسیاری از بحران‌های زیست‌محیطی که به تغییرات اقلیمی و کمبود منابع آبی دامن زده‌اند، ناشی از تصمیمات نادرست مدیریتی و بهره‌برداری‌های غیر پایدار از منابع طبیعی هستند. از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی تا جنگل‌زدایی و کشاورزی ناپایدار، همگی تحت‌تأثیر سیاست‌های نادرست مدیریتی قرار گرفته‌اند. اگر مدیریت بهینه‌تری برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، حفظ جنگل‌ها و توسعه پایدار کشاورزی به کار گرفته می‌شد، بسیاری از این مشکلات کاهش می‌یافتند.
2	توانایی مدیریت برای کنترل بحران	درحالی‌که تغییرات اقلیمی و پدیده‌های طبیعی ممکن است غیرقابل‌اجتناب باشند، ناکارآمدی مدیریت و ناکارآمدی در مدیریت منابع آب و محیط‌زیست می‌تواند اثرات این پدیده‌ها را تشدید کند. مدیریت صحیح منابع می‌تواند به کاهش اثرات مخرب بحران‌های طبیعی کمک کند، درحالی‌که ناکارآمدی مدیریت این بحران‌ها را تشدید می‌کند. برای مثال، کشورهایی که توانسته‌اند با استفاده از فناوری‌های نوین و سیاست‌های هوشمندانه مدیریت آب، مصرف را بهینه کنند، اثرات بحران آب را کاهش داده‌اند.
3	مدیریت نادرست به‌عنوان عامل بحران‌ساز	نه‌تنها بحران آب، بلکه بخش بزرگی از تغییرات اقلیمی نیز خود نتیجه تصمیمات مدیریتی نامناسب در سطح جهانی است. نبود برنامه‌های پایدار و مدیریت نادرست منابع طبیعی نه‌تنها بحران‌ها را حل نکرده، بلکه در بسیاری موارد به

بحران‌های جدید دامن زده است.

نتیجه‌گیری

تغییرات اقلیمی تأثیرات قابل‌توجهی، به‌ویژه از طریق تغییر در الگوهای بارندگی، افزایش دما، و شدت خشکسالی‌ها و سیلاب‌ها بر بحران آب خواهد داشت. بااین‌حال، ناکارآمدی مدیریتی نقش مهم‌تری در بحران آب دارد، زیرا نه‌تنها بسیاری از عوامل تغییرات اقلیمی را تحت‌تأثیر قرار داده و خود باعث‌وبانی اصلی تغییرات اقلیمی است؛ بلکه با اتخاذ سیاست‌های نادرست، امکان مدیریت بهتر و کاهش اثرات این تغییرات از بین رفته است؛ بنابراین، مدیریت صحیح و پایدار، کلید اصلی مقابله با بحران‌های طبیعی و انسانی است. اثر موجی مدیریت ناکارآمد در حوزه منابع طبیعی و آبی، می‌تواند منجر به بحران آب و حتی تهدیداتی برای امنیت و ثبات جوامع شود. در این استعاره، مدیریت نادرست همان سنگی است که به آب انداخته می‌شود و امواج آن به‌تدریج به اقلیم، منابع آبی، کشاورزی، و در نهایت بحران در جامعه و اقتصاد گسترش می‌یابد. هر موج پیامدی پیچیده‌تر و بزرگ‌تر را به همراه دارد و در نهایت، کل سیستم را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. برای جلوگیری از این اثرات موجی منفی، لازم است که مدیریت منابع به شیوه‌ای کارآمد و باتوجه‌به پایداری زیست‌محیطی و بلندمدت بودن تصمیمات انجام شود. کارهای زیادی وجود دارد که همه می‌توانند برای کاهش تغییرات اقلیمی و تأثیرات آن انجام دهند. خیلی ساده، به‌جای رانندگی، پیاده‌روی یا دوچرخه‌سواری‌کردن، در مقیاس بزرگ‌تر، مدیریت کارآمد و فناورانه و پایدار را جایگزین ناکارآمدی مدیریتی نمودن، وابستگی صنایع به سوخت‌های فسیلی را به منابع انرژی تجدیدپذیر و پاک‌تر تغییردادن، گذار به نگرش صحیح سیستمی و نهایتاً انجام کارها و تصمیمات درست در قبال محیط‌زیست و مراقبت از اقلیم، همگی به نوبه خود می‌تواند اثر موجی مثبت برای پیشگیری از پدیده مخرب بحران آب در سیاره ما ایجاد نماید و آن را به محیط امن‌تری برای زیستن تبدیل سازد.

منابع

UN 2024. Water and Climate Change. Available (online) at: https://www.unwater.org/water-facts/water-and-climate-change

NG 2024. How Climate-Change-Impacts-Water-Access . available (Online) At: https://www.nationalgeographic.org/article/how-climate-change-impacts-water-access

USEPA 2024. climate-change-impacts-freshwater-resources Available Online At :https://www.epa.gov/ climateimpacts/ climate- change- impacts-freshwater-resources

UN-Water 2024. Progress on Implementation of Integrated Water Resources Management Available (online) at : SDG6_Indicator_Report_651_Progress-on-Implementation-of-IWRM_2024_EN_0.pdf (unwater.org)

UNESCO. 2018. The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

World Bank . 2020. Water Scarcity: Global Challenge, Local Solutions. World Bank Group.

FAO . 2024. Water scarcity, Available (Online) At : https://www.fao.org/land-water/water/water-scarcity/en/

UN 2021. World Water Development Report 2021: Valuing Water. United Nations.

Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y. (2016). "Four Billion People Facing Severe Water Scarcity." Science Advances, 2(2), e1500323.

Wutich, A., Beresford, M., Montoya, T., Radonic, L. and Workman, C. 2022. Water security and scarcity. Oxford research encyclopedia of anthropology. Oxford University Press. https://doi. org/10.1093/acrefore/9780190854584.013, 475.

IPCC 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Rodell, M., et al. 2018. Emerging Trends in Groundwater Depletion and Its Implications for Water Security. Nature Reviews Earth & Environment, 1(6), 374-390.

Schröder, P., et al. 2019. Water Scarcity and Its Implications for Agriculture and Food Security. Agricultural Systems, 176, 102-114.

Sivakumar, B. 2011. Water crisis: From conflict to cooperation—an overview. Hydrol. Sci. J. 56(4), 531–552.

برخی چالش‌ها و برنامه‌ها در کشاورزی سیستان

فاطمه کیخایی [1]، حامد رضایی [2]

[1] عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، Keykhaei80@gmail.com

[2] عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

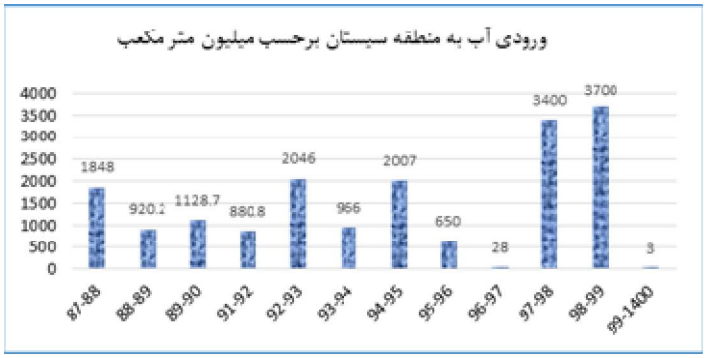
بخش کشاورزی وظیفه تأمین نیاز غذایی با اتکا بر تولید ملی، استفاده بهینه و کارآمد از منابع تولید و افزایش درآمد کشاورزان را برعهده دارد. دشت سیستان با 250 هزار هکتار اراضی قابل کشت، 120 هزار هکتار تحت کشت در شرایط پر آبی و محصولات اصلی آن غلات، جالیز، سبزی صیفی و تاکستان در شمال استان سیستان و بلوچستان می‌باشد و منبع اصلی تامین آب این منطقه، رودخانه مرزی هیرمند است که کاهش آورد رودخانه هیرمند و خشکسالی‌های پی‌درپی ساکنین این دشت را بامسائل و مشکلات جدی در زمینه کشاورزی روبرو نموده است. مهمترین چالش‌ها در زمینه کشاورزی در این منطقه نوسانات شدید تولید محصولات کشاورزی بدلیل بالابودن ریسک تولیدات کشاورزی ناشی از ریزگردها و وزش بادهای شدید و مهاجرت کشاورزان و متخصصین بدلیل خشکسالی‌های پی‌درپی ناشی از ناپایداری سهم آب ایران از رودخانه مرزی هیرمند می‌باشد. توسعه کشت در گلخانه‌های صنعتی و کوچک وایجاد صنایع تبدیلی و تکمیلی وابسته، توسعه گیاهان دارویی و کم آب‌بر از برنامه‌های توسعه سیستان می‌باشد و کلیه برنامه‌های توسعه منطقه به طور مستقیم و یا غیرمستقیم به مسئله پایداری آب رودخانه هیرمند مرتبط می‌باشد.

کلمات کلیدی: برنامه، چالش، سیستان، کشاورزی، هیرمند

مقدمه

بخش کشاورزی با برخورداری از 6.6 درصد تولید ناخالص داخلی، 17.7 درصد اشتغال، 5.9 درصد صادرات غیرنفتی، تأمین‌کننده حدود 80 درصد مواد غذایی و 80-90 درصد مواد اولیه صنایع موردنیاز کشور، جایگاه مهمی در اقتصاد کلان کشور دارد. این بخش با برخورداری از 6.6 درصد تولید ناخالص داخلی، 17.7 درصد اشتغال، 5.9 درصد صادرات غیرنفتی، تأمین‌کننده حدود 80 درصد مواد غذایی و 80-90 درصد مواد اولیه صنایع موردنیاز کشور، جایگاه مهمی در اقتصاد کلان کشور دارد (کشاورز،1400). منطقه سیستان به مساحت 15197 کیلومتر مربع، حوزه مسطح و مسدودی است که از آبرفت‌های دلتای قدیمی و فعلی رود هیرمند تشکیل شده است. این منطقه در شمال استان سیستان و بلوچستان و دارای 250 هزار هکتار اراضی قابل کشت، 120 هزار تحت کشت در شرایط پر آبی و محصولات اصلی آن غلات، جالیز، سبزی صیفی و تاکستان می‌باشد. منبع اصلی تامین آب این منطقه، رودخانه مرزی هیرمند با کیفیت آب بدون محدودیت کشاورزی (سهمیه منطقه سیستان ایران از آب هیرمند سالانه 820 میلیون مترمکعب، معادل 26 مترمکعب در هر ثانیه است) و نیز چاهک‌های سطحی منطقه با عمق 10 تا 25 متر و با نوسان بالا در شرایط ترسالی و خشکسالی می‌باشد. علاوه بر بروز

خشکسالی، کاهش آورد رودخانه مرزی هیرمند بدلیل دخالت افغان‌ها در میزان آب ورودی به ایران نیز موجب شده تا منطقه مرزی سیستان با مسائل جدی‌تری نسبت به مناطق دیگر کشور روبرو شود و کم‌آبی بقای حیات در دشت را تهدید نماید. نوسانات شدید ورودی آب به این منطقه طی سال‌های زراعی 88-87 لغایت 1400- 1399 در نمودار (1) دیده می‌شود.



نمودار1-میزان آب ورودی به منطقه سیستان از رودخانه هیرمند

بر اساس نمودار فوق میزان آب ورودی به منطقه به‌جز در سال‌هایی که سیل اتفاق افتاده کمتر از میزان حقابه ایران از هیرمند می‌باشد (کیخایی،1402). تحقیقات نشان داده که سطح زیر کشت محصولات آبی در حوزه آبریز هیرمند در افغانستان از 103 هزار هکتار در سال 1990 به حدود 167 هزار هکتار در سال 2011 رسید که 62 درصد افزایش داشته است و موید تأثیر قطعی این رشد بر کاهش رواناب ورودی به هیرمند در ایران است (حاجی حسینی، 1392).

چالش‌ها

مهم‌ترین مسائل بخش کشاورزی کشور که در اکثر مناطق ایران مشترک است به‌قرار ذیل می‌باشد: نبود راهبردهای میان‌مدت و بلندمدت، ناپایداری منابع کشاورزی، عدم تعادل سفره‌های آب زیرزمینی، ناهماهنگی برنامه‌های آب و کشاورزی، بالابودن هزینه تمام شده تولید، عدم کفایت سرمایه‌گذاری و بالابودن نرخ کارمزد، تغییرات اقلیم، عدم حمایت از گسترش خصوصی‌سازی بخش کشاورزی در کلیه ابعاد، نارسایی زنجیره تأمین و عدم تعادل عرضه و تقاضای محصولات کشاورزی، پایین‌بودن سرانه زمین و محدودیت دسترسی فعالان بخش کشاورزی به تکنولوژی‌های مناسب (کشاورز، 1400). علاوه بر چالش‌های فوق به دلیل شرایط اقلیمی و جغرافیای خاص سیستان و وابستگی کامل کشاورزی و حیات منطقه به رودخانه مرزی هیرمند برخی مسائل در این منطقه دارای اهمیت بیشتری است و نیازمند برنامه جدی جهت رفع این مسائل توسط دولتمردان و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی می‌باشد. مهم‌ترین چالش‌ها در زمینه کشاورزی در این منطقه عبارت‌اند از نوسانات شدید تولید محصولات کشاورزی به دلیل متغیر بودن مقدار و زمان تحویل آب بالابودن ریسک تولیدات کشاورزی ناشی از ریزگردها و وزش بادهای شدید، مهاجرت کشاورزان و متخصصین به دلیل خشکسالی‌های پی‌درپی؛ کاهش ذخایر ژنتیکی مخصوصاً گیاهان دارویی بومی و ارقام مقاوم به شوری و خشکی در منطقه؛ نبود بازارهای مناسب و پایدار فروش تولیدات کشاورزی و دامپروری به دلیل تغییرات سالانه سطح کشت ناشی از تغییرات آورد رودخانه هیرمند؛ کمبود سردخانه‌های مجهز برای تولیدات کشاورزی و صنایع تبدیلی در منطقه؛ ممنوعیت فروش برخی محصولات در خارج از منطقه؛ سواد کم، سن زیاد و بنیه مالی ضعیف کشاورزان در سیستان؛ پایین‌بودن ضریب مکانیزاسیون در منطقه به دلیل نداشتن توجیه اقتصادی خرید ادوات کشاورزی و سواد کم کشاورزان؛ عدم آشنایی کشاورزان با فناوری‌های جدید و عدم دسترسی به‌موقع به ارقام جدید و اصلاح شده؛ عدم مشارکت‌بخش خصوصی در احداث گلخانه‌های مجهز (به‌خصوص کشت بافت و نشاء)؛ استفاده از روش‌های آبیاری غرقابی؛ حذف یارانه دولت به کشاورزان در خصوص روش‌های آبیاری تحت‌فشار؛ کمبود نیروی متخصص در نگهداری از شبکه‌های آبیاری و مشکل تأمین قطعات موردنیاز روش‌های آبیاری تحت‌فشار

موجود؛ نبود الگوی کشت مناسب برای مصرف بهینه آب؛ بنیه کم حاصلخیزی خاک برای تولید پایدار؛ دسترسی نامناسب به نهاده‌های کشاورزی (عدم توجیه اقتصادی برای فعالان در این زمینه به دلیل نبود کشاورزی گسترده در منطقه و دوری از پایتخت).

برنامه‌های توسعه‌ای

چالش‌های فوق نشان می‌دهد که بحرانی‌بودن وضعیت منابع آب‌وخاک و شرایط جغرافیایی در منطقه سیستان، این منطقه را با مشکل جدی مواجه نموده است و علاوه بر تأمین آب توجه کافی به مدیریت بهینه منابع آب‌وخاک، در راستای ایجاد کشاورزی پایدار و حفظ حیات در این منطقه ضروری است و لازم است تا برنامه جامعی توسط دولتمردان تدوین شود و به طور خاص شرایط اقتصادی و اجتماعی کشاورزان، میزان و نحوه حمایت دولت از کشاورزان، مشارکت بنگاه‌های اقتصادی و سرمایه‌گذاران بخش خصوصی در آن دیده شود. ازجمله برنامه‌ها برای توسعه کشاورزی سیستان با تأکید بر برنامه‌های پژوهشی مواردی قابل‌ذکر است که عبارت‌اند از:

توسعه کشت در گلخانه‌های صنعتی و کوچک‌مقیاس و ایجاد صنایع تبدیلی و تکمیلی وابسته؛ توسعه گیاهان دارویی و کم آب‌بر (کم‌توقع بودن گیاهان دارویی به آب، سازگاری با انواع تنش‌ها و شرایط سخت محیطی، ارزش قابل‌توجه اقتصادی و ایجاد اشتغال، امتیازات مثبتی است که می‌تواند توسعه کشت این گیاهان جزو اولویت‌های الگوی کشت منطقه سیستان قرار گیرد)؛ افزایش بهره‌وری آب با استفاده از مدیریت مناسب آبیاری در الگوی کشت (بر اساس سامانه نیاز آب)؛ طراحی مناسب روش‌های آبیاری سطحی به‌منظور کاهش رواناب و تبخیر؛ مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهان برای اراضی کوچک‌مقیاس و کشاورزان کم‌درآمد؛ تعیین تناسب اراضی منطقه برای انواع روش آبیاری به‌منظور استفاده در الگوی کشت بهینه (بر اساس سامانه تناسب اراضی)؛ تحقیق، آموزش و ترویج استفاده صحیح از منابع آب‌وخاک در منطقه.

همچنین دولت می‌تواند با تأمین نهاده‌های دامی و کمک‌های بلاعوض در بخش دامپروری بارونق بخشیدن به این بخش، اقتصاد کشاورزان آسیب‌دیده از خشکسالی بهبود بخشد. همچنین ارتقا ضریب مکانیزاسیون و آموزش تخصصی کشاورزان با حمایت دولت می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری کشاورزی و در نتیجه رشد اقتصاد کشاورزان شود.

گفتنی است اجرای برنامه‌های توسعه‌ای سیستان و تحقق اهداف این برنامه‌ها، به طور مستقیم و یا غیرمستقیم به‌شدت تحت‌تأثیر آورد رودخانه هیرمند قرار دارد و بسته به حجم جریان‌های آب ورودی به منطقه سیستان، سطح زیر کشت، عملکرد و کیفیت محصولات باغی و زراعی منطقه دارای تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای است. به‌عبارت‌دیگر مسئله ناپایداری حقابه سیستان مهم‌ترین چالش این منطقه می‌باشد و کلیه برنامه‌های توسعه منطقه به طور مستقیم و یا غیرمستقیم به این مسئله مرتبط می‌شوند.

منابع

کشاورز، ع. 1400. چالش‌های موجود در بخش کشاورزی ایران. مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران. https://iranthinktanks.com.

کیخایی، ف.، دلبری، م.، حسن‌پور، ف.، دوات‌گر،ن.، جمشیدی، م. و افراسیاب، پ. 1402. تهیه نقشه رقومی مقدار آب در دسترس خاک و ارزیابی عدم قطعیت مرتبط با آن در دشت سیستان. رساله دکتری گروه مهندسی آب. دانشگاه زابل.

حاجی حسینی، م.، حاجی حسینی، ح.، شایگان،م.، مرید، س.، وطن فدا، ج. و نجفی، ع. 1392. بررسی تغییرات کاربری اراضی پایین‌دست سد کجکی حوضه هیرمند افغانستان با استفاده از طبقه‌بندی‌کنندهٔ بیشترین شباهت، درخت تصمیم گیری و ماشین‌های بردار پشتیبان. سنجش‌ازدور و GIS ایران. شماره 4: 20ص.

بررسی احکام بخش آبیاری و زهکشی در قانون برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران

نواب دانشی [1]

[1] دانشجوی دکترای علوم و مهندسی آب- آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب دانشگاه شهرکرد، navab.daneshi93@gmail.com،

چکیده

ساختار برنامه‌های توسعه از جمله عوامل مؤثر بر امکان توفیق آن برنامه‌ها و دستیابی برنامه‌ریزان به خواسته‌های ذکر شده در برنامه است؛ درصورتی‌که این عوامل نادیده یا دست‌کم گرفته شود، شانس دستیابی به اهداف برنامه کاهش می‌یابد. بخش مرتبط با آبیاری و زهکشی در قانون برنامه هفتم توسعه، ذیل فصل‌های هفتم و هشتم، مشتمل بر احکامی در زمینه‌های توسعه و ایجاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی درجه 3 و 4 در پایاب سدها و احداث آبراهه (کانال) های عمومی و انتقال آب کشاورزی با لوله، استقرار روش‌های نوین آبیاری (سطحی و زیرسطحی) و زهکشی اراضی کشاورزی، اصلاح اهداف و عملیات طرح‌ها و زیر طرح‌های در دست اجرای آبیاری و زهکشی و استقرار مدیریت مشارکتی آب با ایجاد یا تقویت تشکل‌های بهره‌برداران و واگذاری بخشی از تصدی‌گری دستگاه‌های متولی آب به این تشکل‌ها تهیه شده است. با بررسی احکام و ماده‌های مربوطه، ضمن بیان نقاط قوت و ضعف پیشنهادها و راهکارهای متناسب ارائه گردیده است.

کلمات کلیدی: برنامه هفتم توسعه، آبیاری، زهکشی، نقاط قوت و ضعف

مقدمه

به دلیل افزایش تقاضا برای مصرف آب در بخش‌های شرب و صنعت، به دلیل رشد جمعیت و توسعه صنعت و لزوم تأمین نیازهای زیست‌محیطی، رقابت بر سر آب بین این بخش‌ها و بخش کشاورزی افزایش‌یافته است، لذا از سهم کشاورزی از منابع آب تجدیدپذیر باید کاشته شود. از طرفی ایران دارای رتبه چهارم در بین 45 کشوری است که در معرض خشکسالی شدید قرارداد (حیدری و نخجوانی‌مقدم، 1402)، لذا ضرورت آینده‌نگری، برنامه‌ریزی و مدیریت موثر در آب کشاورزی بیش از پیش مشخص خواهد شد.

سند برنامه توسعه یکی از مهم‌ترین ابزارهای نظام تدبیر در جهت اداره خردورزانه امور است. ساختار برنامه‌های توسعه از جمله عوامل مؤثر بر امکان توفیق آن برنامه‌ها و دستیابی برنامه‌ریزان به خواسته‌های ذکر شده در برنامه است؛ درصورتی‌که این عوامل نادیده یا دست‌کم گرفته شود، شانس دستیابی به اهداف برنامه کاهش می‌یابد (خلعتبری،1382). در برنامه‌های توسعه، گاهی ارتباط بین خط‌مشی‌ها و محتوای اقدامات اجرایی مجهول است، لذا مواد موجود در قانون برنامه باید در راستای عینی‌سازی و عملیاتی نمودن سیاست‌های کلی باشد نه اینکه دوباره به بیان عبارت‌های کلی بپردازد، بنابراین سطح تفصیل خط‌مشی‌های یک برنامه توسعه می‌بایست ارتقا یابد به گونه‌ای که از ویژگی‌های «مشخص و غیرمبهم بودن»، «اهداف کمی قابل ارزیابی»، «مشخص بودن دستگاه مسئول»، «اقدامات مشخص و قابل اجرا» و «زمانبندی تعیین شده برای اجرا» برخوردار باشد (بختیاری نژاد، 1402؛ ذاکری، 1402). فلذا در این نوشتار احکام و ماده‌های مرتبط با مبحث آبیاری و زهکشی در قانون برنامه هفتم توسعه از حیث تطابق با این ویژگی‌ها مورد واکاوی قرار گرفته است.

احکام مرتبط با موضوع آبیاری و زهکشی در برنامه هفتم توسعه

احکام مرتبط با این حوزه، در ماده‌های 32 و 33 از فصل هفتم با عنوان «امنیت غذایی و ارتقای تولید محصولات کشاورزی» و 37 تا

40 از فصل هشتم با موضوع « نظام مدیریت یکپارچه منابع آب» تهیه شده است. که مواردی از قبیل توسعه و ایجاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی درجه 3 و 4 در پایاب سدها و احداث آبراهه (کانال)ای عمومی و انتقال آب کشاورزی با لوله، استقرار روش‌های نوین آبیاری (سطحی و زیرسطحی) و زهکشی اراضی کشاورزی، اصلاح اهداف و عملیات طرح‌ها و زیرطرح‌های در دست اجرای آبیاری و زهکشی و استقرار مدیریت مشارکتی آب با ایجاد یا تقویت تشکل‌های بهره‌برداران و واگذاری بخشی از تصدی‌گری دستگاه‌های متولی آب به این تشکل‌ها را شامل می‌شود (جدول 1).

اظهارنظر در خصوص احکام مرتبط با موضوع آبیاری و زهکشی

در تهیه برنامه‌های توسعه، گاهی ارتباط بین خط‌مشی‌ها و اهداف مبنایی و تفصیلی و محتوای اقدامات اجرایی مجهول است و در حقیقت، برخی اهداف مبنایی به اهداف تفصیلی تبدیل نشده و شاید قابلیت تفصیلی شدن نیز نداشته باشد که این امر نه‌تنها در اجرا بلکه در نظارت نیز مشکلاتی را ایجاد می‌کند (کشاورز، 1401). لذا ضروری است که ارتباط لایحه دولت با سیاست‌های کلی برنامه هفتم توسعه و اهتمام دولت به ارتقا سطح تفصیل خط‌مشی‌های سیاست‌های کلی به‌منظور عملیاتی شدن آنها مشخص شود (بختیاری‌نژاد، 1402). بنابراین در این بخش احکام مرتبط با مبحث آبیاری و زهکشی از حیث ویژگی‌هایی از قبیل شفافیت، قابلیت اجرا، اهداف کمی و زمانبندی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت که نتیجه آن در جدول شماره 1 ذکر گردیده است.

جدول 1- اظهار نظر در خصوص متن احکام مرتبط با مباحث آبیاری و زهکشی در قانون برنامه هفتم توسعه

<table>
<tr><th>ماده/حکم</th><th>متن</th><th>اظهارنظر</th></tr>
<tr><td>ماده 32</td><td>در اجرای سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی و بندهای (6) و (11) سیاست‌های کلی برنامه پنج‌ساله هفتم و به‌منظور تأمین امنیت غذایی پایدار و غذای سالم و باکیفیت برای آحاد جامعه، پایداری مناطق روستایی و عشایری و توزیع متعادل جمعیت بین مناطق روستایی و شهری و تحقق اهداف کمی زیر مطابق با احکام این فصل اقدام می‌شود:
جدول شماره (6)- سنجه عملکردی امنیت غذایی و ارتقای تولید محصولات کشاورزی
<table><tr><th>سنجه عملکردی</th><th>واحد متعارف (در پایان برنامه)</th><th>هدف کمی</th></tr><tr><td>توسعه و ایجاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی درجه 3 و 4 در پایاب سدها و احداث آبراهه (کانال) ای عمومی و انتقال آب کشاورزی با لوله</td><td>هزار هکتار (سالانه)</td><td>70</td></tr><tr><td>استقرار سامانه‌های نوین آبیاری (تحت‌فشار) در اراضی کشاورزی</td><td>هزار هکتار (سالانه)</td><td>200</td></tr><tr><td>استقرار سامانه‌های نوین آبیاری زیرسطحی هوشمند با کاهش مصرف آب کشاورزی تا 50 درصد و بهره‌وری تولید 1.5 برابر</td><td>هزار هکتار (سالانه)</td><td>150</td></tr><tr><td>تجهیز و نوسازی و زهکشی اراضی</td><td>هزار هکتار (سالانه)</td><td>60</td></tr></table></td><td>-در خصوص سنجه توسعه شبکه‌های درجه 3 و 4 به میزان مشخص شده، در مواردی مستلزم ایجاد شبکه‌های درجه 2 و در نتیجه افزایش نیاز به مصرف بیشتر آب بوده که ممکن است با اهداف سند آمایش سرزمینی و صرفه‌جویی در میزان مصرف آب مغایر باشد.
- باتوجه‌به تکلیف دستگاه‌ها در اخذ مجوزهای زیست‌محیطی قبل از اجرا (بند «الف» ماده 22 همین قانون) و همچنین لزوم ارزیابی راهبردی زیست‌محیطی طرحهای کلان توسعه‌ای توسط ادارات مجری و ارائه گزارش و اخذ تائیدیه از سازمان محیط‌زیست(بند «ب» ماده 22 همین قانون)، عدم اخذ تائیدیه لازم بواسطه پیامدهای زیست‌محیطی طرحهای زهکشی محتمل می‌باشد.
- اهداف کمی به تفکیک هر سال مشخص نشده است، فلذا برنامه‌ریزی و بودجه‌بندی در هرسال از برنامه قابل سنجه نخواهد بود.</td></tr>
<tr><td>ماده 33، بند «ت»، جزء 2</td><td>(برای تولید محصولات اساسی، وزارت جهاد کشاورزی مکلف است:)
نسبت به تکمیل و اجرای طرح‌های پیشران کشاورزی به‌ویژه در حوزه آبخاک از جمله اجرای گام (فاز) دوم طرح احیا و بهبود اراضی کشاورزی (550 هزارهکتاری خوزستان و ایلام)، طرح جامع احداث و ساماندهی زیرساخت‌های منابع آب‌وخاک کشاورزی در استان‌های شمالی در سطح یک میلیون هکتار و تکمیل و توسعه و بهره‌برداری از طرح‌های گرمسیری و سردسیری با هماهنگی وزارت نیرو در قالب بودجه سنواتی و به میزان اختصاص منابع اقدام نماید.</td><td>اجرای طرح‌ها به میزان تخصیص منابع منوط شده است که عملاً تحقق اهداف کمی موضوع جدول شماره 7 را با چالش جدی مواجه می‌نماید.
مکلف نمودن وزارتخانه جهاد کشاورزی به اجرای طرح‌های گرمسیری و سردسیری در این جزء، می‌تواند در مواردی مغایر با تکلیف بند «چ» جزء1 ماده 38 می‌باشد.</td></tr>
</table>

ماده 33، بند «ت»، جزء 3	(برای تولید محصولات اساسی، وزارت جهاد کشاورزی مکلف است): نسبت به بهره‌برداری از سامانه کشاورزی هوشمند پیشرفته آبیاری زیرسطحی (طرح نهاد پیشران)، مبتنی بر رطوبت‌رسانی، تغذیه خاک و هوارسانی زیرسطحی در اراضی کشت و صنعت کارون و اراضی کشاورزی بالای ده هکتار کل کشور در قالب بودجه سنواتی و به میزان اختصاص منابع به نحوی اقدام نماید که در اراضی مذکور به‌صورت تدریجی، رأساً یا از طریق بخش‌های دیگر از جمله خصوصی، تعاونی و غیردولتی، مصرف آب کشاورزی حداقل پنجاه‌درصد (50%) کاهش یابد و بهره‌وری تولید حداقل یک و نیم برابر ارتقا یابد.	- در توسعه استقرار سامانه‌های نوین زیرسطحی هوشمند، باتوجه‌به هزینه بالای نصب، راه‌اندازی و نگهداری، نیاز به دانش و مهارت کافی برای نصب و نگهداری، احتمال عدم‌پذیرش بین کشاورزان و جامعه هدف، محدودیت در استفاده از آب‌های غیرمتعارف و استفاده در شرایط خاص (کشت دیم، اراضی مناطق خشک و بیابانی، اراضی شیب‌دار) ممکن است با اهداف آمایش سرزمینی و اجرای الگوی کشت منطقه‌ای سازگاری نداشته باشد، از طرفی اجرای طرح‌ها به اختصاص منابع مشروط شده است، به همین دلیل تحقق اهداف کمی با تردید جدی مواجه می‌باشد. - به‌منظور تحقق صرفه‌جویی آب، تضمینی در خصوص عدم افزایش سطح زیر کشت و مصرف همان میزان آب وجود ندارد.
ماده 33، بند «ت»، جزء 5	نسبت به صرفه‌جویی سالانه یک درصد (1%) از مصارف کشاورزی آب‌های زیرزمینی از طریق کشت ارقام مقاوم به خشکی و شوری، توسعه روش‌های شرورزی در مناطق مستعد ساحلی کشور اقدام نماید.	تحقق صرفه‌جویی بستگی به عدم افزایش سطح زیر کشت جدید، در صورت اجرای این حکم می‌باشد.
ماده 37	ماده 37- در اجرای بند (7) سیاست‌های کلی برنامه پنجساله هفتم و به‌منظور تحقق اهداف کمی زیر مطابق با احکام این فصل اقدام می‌شود: جدول شماره (7)- اهداف کمّی سنجه‌های عملکردی نظام مدیریت یکپارچه منابع آب بر مبنای سال آبی 1401 اهداف کمّی در پایان برنامه | واحد متعارف | سنجه عملکردی 65 | میلیارد مترمکعب | کشاورزی	-اهداف کمی تعیین شده برای مصرف آب کشاورزی (کاهش مصرف نسبت به گذشته) با هدف‌گذاری موضوع سنجه‌های خودکفایی در محصولات اساسی پرآب بر، بخصوص برنج، گوشت قرمز و ذرت (موضوع جدول 6) در مغایرت خواهد بود، بویژه اینکه اجرای پروژه‌های آبیاری و زهکشی به تخصیص اعتبارات منوط گردیده (ماده 33) و به تغییرات اقلیمی توجه لازم نشده است.
ماده 38، بند «پ»	طی سال‌های اجرای این قانون به‌منظور تقویت و حفظ منابع آبی کشور وزارت امور اقتصادی و دارایی (گمرک جمهوری اسلامی ایران) موظف است، سالانه نیم درصد (5/0%) از ارزش محصولات کشاورزی و غذایی پر آب‌بر صادراتی خلاف الگوی کشت را به‌عنوان عوارض اخذ و هرسال نیم درصد (5/0%) به این عوارض اضافه نماید تا در پایان سال پنجم میزان آن به دو و نیم درصد (5/2%) برسد و درآمد حاصل از عوارض فوق را به‌ردیف مربوط درآمدی نزد خزانه‌داری کل کشور واریز نماید. هفتاد درصد (70%) درآمد حاصل از اجرای این بند به‌منظور احیای قنوات، افزایش بهره آب و محصولات کشاورزی، اجرای طرح (پروژه) های آبخیزداری و الگوی کشت در اختیار وزارت جهاد کشاورزی و سی درصد (30%) مابقی به‌منظور نصب شمارشگر (کنتور) های هوشمند چاه‌های آب کشاورزی در اختیار وزارت نیرو قرار می‌گیرد. فهرست محصولات کشاورزی و غذایی مشمول این بند، به‌صورت سالانه توسط وزارت جهاد کشاورزی در ابتدای هرسال تهیه و ابلاغ می‌گردد.	- اجرای این بند با اهداف کمی تعیین شده برای تحقق 90 درصدی متوسط وزنی ضریب خودکفایی محصولات اساسی کشاورزی (برنج و گوشت قرمز) و 40 درصدی ذرت در پایان برنامه به دلیل نیاز آبی زیاد این محصولات مغایرت دارد.
ماده 38، بند «چ»- جزء 1	وزارتخانه‌های نیرو و جهاد کشاورزی مکلف‌اند با لحاظ طرح‌های مکمل از جمله شبکه‌های آبیاری و زهکشی اصلی و فرعی و باهدف تعادل‌بخشی مثبت و افزایش بهره‌وری، تمامی طرح‌های در دست اجرای خود را بررسی و نسبت به اصلاح اهداف و عملیات طرح‌ها و زیر طرح (پروژه) های یاد شده باهدف توجیه‌پذیر کردن آنها تا پایان سال اول اجرای این قانون اقدام نمایند.	– تکلیف این بند در خصوص طرح‌های «در دست اجرا» به دلیل مواردی از قبیل گستردگی پروژه‌های تکلیفی در برنامه ششم توسعه، ایجاد انتظارات و هزینه‌های قبلی، لزوم تغییر موافقت‌نامه، تعیین تکلیف قراردادها با پیمانکاران و برنامه‌ریزی مجدد، مستعد ایجاد چالش‌های قانونی و حقوقی، مالی و اجتماعی قابل‌توجه و در نتیجه ایجاد اخلال و وقفه در اجرا می‌باشد.
ماده «39» بند «پ»	به وزارتخانه‌های نیرو و جهاد کشاورزی اجازه داده می‌شود به‌منظور هماهنگی و تسریع در تکمیل و بهره‌برداری از طرح‌های شبکه‌های اصلی و فرعی آبیاری و زهکشی اصلی و فرعی، اعتبارات مصوب طرح‌های مربوط و منابع داخلی را به‌صورت کمک‌های فنی و اعتباری، بابت حمایت از سرمایه‌گذاران در طرح‌های مشارکت منافع شبکه‌های آبیاری و زه‌کشی مطابق	

	الگویی که ظرف شش‌ماهه از لازم‌الاجرا شدن اجرای این قانون با پیشنهاد مشترک وزارتخانه‌های مذکور به تصویب هیئت وزیران می‌رسد، هزینه نمایند.	
ماده «39» بند «ت» و تبصره‌های ذیل آن	ت- شرکت‌های کشت و صنعت و اشخاص حقیقی و حقوقی دارای اراضی آبی ده هکتار و بیشتر، اعم از پیوسته و ناپیوسته، مکلف‌اند به‌منظور افزایش بهره‌وری آب کشاورزی، شبکه‌های آبیاری نوین (سطحی و یا زیرسطحی) اراضی خود را تا پایان سال دوم برنامه با حمایت‌های مصوب هیئت وزیران اجرا نمایند. در صورت عدم اجرا، از ابتدای سال سوم برنامه، آب‌بهای شرکت‌ها و اشخاص حقیقی و حقوقی مزبور، به بالاترین نرخ آب کشاورزی منطقه اخذ می‌شود. وزارت جهاد کشاورزی مکلف به نظارت بر حسن اجرای این بند است. تبصره 1- اجرای این حکم منوط به‌تصویب حمایت‌ها و اجرای آنها است. تبصره 2- دولت مکلف است نسبت به افزایش بهره‌وری آب کشاورزی موضوع سیاست‌های کلی برنامه هفتم از طریق سایر روشها، غیر از موارد موضوع این بند اقدام قانونی به‌عمل آورد.	اجرای این حکم منوط به تصویب حمایت‌ها توسط هیئت وزیران و اجرای آنها گردیده است، از طرفی بر اساس بند «ب» ماده 33 همین قانون، حمایت از کشاورزان متناسب با میزان رعایت برنامه تولید بهینه (الگوی کشت) تعیین‌شده صورت می‌گیرد، فلذا میزان موفقیت به کمیت و کفایت این حمایتها بستگی خواهد داشت. تحقق هدف تعیین شده در اراضی ناپیوسته بالای ده هکتار متعلق به اشخاص، به دلیل پراکندگی، مستلزم هماهنگی در سایر اراضی اطراف و ایجاد زیرساخت‌ها در آن ناحیه می‌باشد. بر اساس بند «پ» ماده 33، تا سال پایانی اجرای این قانون به تدریج حمایت‌های قیمتی و غیرقیمتی، فنی، مالی و تسهیلاتی بخش تولید محصولات کشاورزی و غذایی به انتهای زنجیره تولید (تولیدکننده) بر اساس کیفیت و کمیت محصول تولیدی و متناسب با برنامه بهینه تولید (الگوی کشت) منتقل خواهد شد.
ماده 40 بند «پ»	در راستای پایداری تأمین مصارف وابسته به آب زیرزمینی در دشت‌های بحرانی، وزارت نیرو مکلف است با هماهنگی وزارتخانه‌های نفت و جهاد کشاورزی و به‌منظور مدیریت (کنترل) اضافه برداشت از منابع آبی، نسبت به نصب شمارشگر (کنتور) بر روی چاه‌ها اقدام نماید. در صورت برداشت آب مازاد بر پروانه بهره‌برداری پس از دو بار اخطار به آنان به فاصله هر بار حداقل یک‌ماهه، نسبت به اخذ جریمه متناسب با درصد اضافه برداشت، تا معادل قیمت تمام‌شده آب سطحی منطقه‌ای اقدام و مبلغ مزبور را به‌حساب خزانه‌داری کل کشور واریز کند. در صورت تکرار اضافه‌برداشت آب، به میزان بیش از چهل درصد (40%) پروانه بهره‌برداری، وزارت نیرو ملزم است نسبت به قطع موقت سهمیه آب در فصل کشت بعد به مدت یک فصل کشت اقدام نماید. آیین‌نامه اجرائی این بند توسط وزارت نیرو با همکاری وزارت جهاد کشاورزی تهیه می‌شود و به تصویب هیئت وزیران می‌رسد.	-در این بند، فقط مدیریت دشت‌های بحرانی تکلیف گردیده است، ضمن آنکه ایجاد دوباره فرصت به فاصله هر بار حداقل یک‌ماهه در خلال اخطاریه و بعد از آن مشروط کردن قطع سهمیه آب به تجاوز از 40% درصد پروانه بهره‌برداری عملاً با ایجاد فرصت برای افراد متخلف، باعث بی‌اثری این حکم می‌گردد، ضمن آنکه جریمه مازاد بر برداشت مالی و متناسب با میزان برداشت و معادل قیمت تمام شده آب سطحی منطقه‌ای در صورت ارتکاب تخلف دوباره تعیین گردیده است. -برای میزان برداشت مازاد بر پروانه بهره‌برداری تا 40% در دفعه سوم تخلف تعیین تکلیف نگردیده است.
ماده «40» بند «ت»	وزارت نیرو با هماهنگی وزارت جهاد کشاورزی مکلف است: 1- ظرف یک‌سال از لازم‌الاجرا شدن این قانون، نسبت به استقرار مدیریت مشارکتی آب با ایجاد یا تقویت تشکلهای بهره‌برداران موضوع ماده (5) قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی مصوب 1389/4/23 در هریک از آبخوان‌های کشور اقدام نماید. 2- وظایف تصدی‌گری خود در حفاظت و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و سطحی نظیر گشت و بازرسی و تأمین حقابه بوم‌شناختی زیست‌بوم (اکوسیستم اکولوژیک)های آبی، جلوگیری از برداشت غیرمجاز از منابع آبهای سطحی، جلوگیری از اضافه برداشت از چاههای مجاز، اقدامات مربوط به انسداد چاههای غیرمجاز، جمع‌آوری آب‌بها و تعمیر و نگهداری شبکه‌های آبیاری را در صورت وجود تشکلهای مذکور در جزء (1) این بند، با عقد قرارداد به آنها واگذار نماید. نظارت بر عملکرد این تشکلها بر عهده وزارت نیرو است.	- باتوجه‌به تکالیف این بند و لزوم انجام مراحل قانونی ایجاد تشکل‌ها و تهیه ضوابط مربوط به آن و چالش‌های مرتبط با استقرار آنها، مدت‌زمان یک‌ساله برای عملیاتی‌شدن اهداف کافی به نظر نمی‌رسد. - تحقق هدف واگذاری وظایف تصدی‌گری وزارت نیرو به‌ویژه در بخش حفاظت و بهره‌برداری، جلوگیری از برداشت غیرمجاز و اقدامات انسداد چاه‌ها، به تشکل‌های بهره‌برداران در بدو تشکیل به دلیل عدم تجربه کافی و نیاز به دانش و آموزش‌های حقوقی و قانونی و تعارض منافع اعضاء مورد تردید جدی می‌باشد. - ماده (5) قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی تمامی تشکل های صنفی و اتحادیه های مرتبط منطقه ای و یا کشوری در زیر بخش های مختلف کشاورزی و منابع طبیعی را شامل می‌شود که برخی از این تشکلها غیرمرتبط با موضوعات آب می‌باشند.

نتایج و بحث

یکی از اصلی‌ترین ابزارهای سیاست‌گذاری کشور در طول سه دهه گذشته، برنامه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی بوده است که ساختار آن از جمله عوامل مؤثر بر امکان توفیق آن برنامه‌ها و دستیابی برنامه‌ریزان به خواسته‌های ذکر شده در برنامه است، درصورتی‌که این عوامل نادیده یا دست‌کم گرفته شود، شانس دستیابی به اهداف برنامه کاهش می‌یابد.

«مشخص و غیرمبهم بودن»، «اهداف کمی قابل‌ارزیابی»، «مشخص‌بودن دستگاه مسئول»، «اقدامات مشخص و قابل‌اجرا» و

«زمان‌بندی تعیین شده» برای اجرا احکام لایحه به‌منظور تحقق حداکثری اهداف نیز واجد اهمیت فراوان می‌باشد. با بررسی قانون ابلاغی برنامه هفتم توسعه کشور به شرح جدول (1) نقاط قوت و ضعف احکام و ماده‌های مرتبط با مبحث آبیاری و زهکشی به شرح زیر قابل‌ذکر می‌باشد:

نقاط قوت:

- توجه به مدیریت غیرسازه‌ای از طریق حمایت از تشکل‌های مردمی و سرمایه‌گذاران بخش خصوصی
- تأکید بر اجرای الگوی کشت و تعیین ضمانت اجرا برای آن
- توجه به افزایش بهره‌وری آب
- تلاش جهت محدودیت صادرات محصولات پرآب بر (آب مجازی)
- حمایت از طرح‌های بهبود مصرف آب
- اصلاح پروژه‌های غیرضرور

نقاط ضعف:

مغایرت در برخی از اهداف و احکام

عدم واقع‌بینی در نحوه مشارکت تشکل‌های بهره‌برداری از حیث تعارض منافع، معضلات اجتماعی، حقوقی و زمان‌بندی اجرایی

توجه‌نکردن به پیامدهای قانونی و حقوقی در خصوص اصلاح و بازنگری طرح‌ها

مشخص‌نشدن اهداف کمی به تفکیک سال‌های برنامه

متناسب نبودن برنامه زمان‌بندی اجرا باتوجه‌به واقعیات منابع مالی و عدم هم‌زمانی اجرای پروژه‌های وابسته

نبود تضمین در خصوص عدم افزایش سطح زیر کشت با آب حاصل از صرفه‌جویی

عدم توجه کافی به واقعیات اقلیمی کشور در هدف‌گذاری کاهش سهم آب کشاورزی

بااین‌وجود تحقق تمامی اهداف کمی در طول برنامه با تردید جدی مواجه می‌باشد. فلذا:

هماهنگی در برنامه‌ریزی برای اجرای بعضی احکام از جمله موضوع کاهش مصرف آب در کشاورزی بین وزارتخانه‌های نیرو (متولی تأمین آب) و جهاد کشاورزی (متولی مدیریت و مصرف آب) به‌منظور تعیین اولویت‌ها و توزیع متناسب اهداف کمی به تفکیک سال‌های برنامه و اولویت در اجرای طرح‌های پایه ضروری به نظر می‌رسد.

رفع مغایرت‌های موجود در احکام از طریق تنظیم آیین‌نامه‌ها و حتی‌الامکان استفساریه از مجلس شورای اسلامی لازم می‌باشد.

آموزش و دانش‌افزایی مستمر کشاورزان و تشکل‌های آب‌بر به‌منظور پذیرش و مدیریت روش‌های نوین و مشارکت در برنامه‌های هدف ضروری می‌باشد

باتوجه‌به اینکه اجرای برخی از طرح‌ها منوط به تخصیص اعتبارات گردیده و از طرفی سابقه اجرای برنامه‌های توسعه درگذشته نشان از عدم تحقق تخصیص لازم دارد، استفاده از ظرفیت سرمایه‌های نقدی و غیرنقدی تعاونی‌ها و ذی‌نفعان از طریق تسهیل در مشارکت و تضمین منافع سرمایه‌گذاران در برنامه‌ریزی‌ها پیش‌بینی گردد.

منابع

بختیاری‌نژاد، ر. 1402. بررسی خط‌مشی‌های سیاست‌های کلی برنامه هفتم توسعه و نسبت لایحه دولت با آنها. گزارش مرکز پژوهش‌های

مجلس شورای اسلامی. 23 صفحه.

حیدری، ن. و نخجوانی مقدم، م. 1402. مقایسه کمی توسعه آبیاری تحت‌فشاردر ایران در مقایسه با جهان. نشریه مدیریت آب در کشاورزی. (2)10. 194-171

خلعتبری، ف. 1382. درباره لایحه برنامه چهارم توسعه (4): درباره شمول نگرش و ساخت .گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی شماره مسلسل : 6898. 15 صفحه

ذاکری، ز.، بنی‌طبا، م.، علوی‌منش، م.، برزگر خسروی، م. و بامتی طوسی، ا. 1402. ویژگی‌های شکلی موردانتظار از مواد و احکام لایحه برنامه‌های توسعه پنج‌ساله کشور با استفاده از تجربه برنامه ششم توسعه. گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. شماره مسلسل 19011. 7 صفحه.

کشاورز، م. 1401. بررسی سیاست‌های کلی برنامه‌های توسعه پس از انقلاب اسلامی (مبانی، آسیب‌ها و مسائل). مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری. 42 صفحه.

بررسی مقادیر فسفر در آب‌های سطحی و اراضی کشاورزی در راستای حفظ محیط‌زیست در دریاچه پارس‌آباد مغان

محمد پسندیده[1]، کریم شهبازی[2]، ساناز توحیدلو[3]

[1] استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج، mpassandideh@yahoo.com

[2] دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج

[3] محقق موسسه تحقیقات خاک و آب؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ کرج

چکیده

بررسی کیفیت آب دریاچه‌ها به لحاظ مقدار فسفر محلول یکی از عوامل مهم محیط زیستی به‌حساب می‌آید. این آزمایش، در سال 1397 در مزارع زراعی شهر پارس‌آباد انجام شد. برای انجام آزمایش در فصول مختلف، مقادیر فسفر قابل جذب و فسفر کل خاک اطراف دریاچه و همچنین مقادیر فسفر محلول و فسفر کل دریاچه در طول سال اندازه‌گیری شد. سپس، با بررسی روابط رگرسیونی فسفر خاک با فسفر دریاچه، ضمن بررسی ضریب همبستگی نقطه شکست منحنی به‌عنوان شاخص بحرانی محیط زیستی تعیین گردید. با مقایسه روابط همبستگی، مشاهده شد که بیشترین همبستگی (R^2= 0.67) مربوط به همبستگی بین فسفر قابل‌جذب خاک با مقدار فسفر محلول در روان‌آب و کمترین همبستگی (R^2= 0.20) مربوط به همبستگی بین فسفرکل خاک با مقدار فسفر محلول در روان‌آب است. افزایش فسفر خاک اطراف دریاچه به بیش از 12 میلی‌گرم بر کیلوگرم موجب افزایش نمایی فسفر دریاچه شد. اندازه‌گیری مقدار فسفرکل خاکی را که در فصول مختلف سال از اراضی مزارع منطقه خارج می‌شود، نشان داد که به‌طور متوسط مقدار 2/38 کیلوگرم فسفر از مزرعه خارج می‌شود که در فصل بهار کمترین و در فصل پاییز و زمستان بیشترین خروجی فسفر از مزرعه و ورود آن به آب‌های سطحی وجود دارد.

کلمات کلیدی: کیفیت آب، اتروفیکاسیون، فسفر محلول، فسفر کل

مقدمه

امروزه بررسی کیفیت آب دریاچه‌ها به لحاظ مقدار فسفر محلول یکی از عوامل مهم محیط زیستی به‌حساب می‌آید. زیرا افزایش فسفر آب‌های سطحی می‌تواند باعث یک‌سری مشکلات زیست‌محیطی از جمله آب تباهی[1] شود. آب تباهی به فرایندی گفته می‌شود که در اثر اضافه‌شدن عناصر غذایی همچون نیتروژن و فسفر در مرداب‌ها، تالاب‌ها و دریاچه‌ها، رشد جلبک‌ها و آزولا بیش از اندازه شده و مسائل زیست‌محیطی نظیر کاهش اکسیژن آب و حتی تلف‌شدن ماهی‌ها را به دنبال خواهد داشت. بدیهی است برای جلوگیری از شدت یافتن آب تباهی آب‌های سطحی، کنترل و کاهش ورود فسفر از جانب دانشمندان زیست‌محیطی به‌عنوان راهکاری مؤثر پیشنهاد شده است (Sharpley et al., 2003 و Bolster et al., 2014). علاوه بر آب تباهی، بر اساس گزارش‌های علمی، در مناطقی که آب‌های سطحی غنی-شده با فسفر، به‌عنوان آب شرب مورداستفاده قرار می‌گیرد، سلامت مردمان آن منطقه به شکل‌های مختلف از جمله بیماری‌های عصبی

[1] Utrification

در خطر خواهد بود (Yang et al., 2008)؛ بنابراین در مناطقی که از دریاچه‌های طبیعی و یا مصنوعی برخوردار هستند آگاهی از مقادیر فسفر آن و ارائه راهکارهای عملی لازم و ضروری است؛ لذا این تحقیق، در دریاچه شهید غفاری واقع پارس‌آباد مغان طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

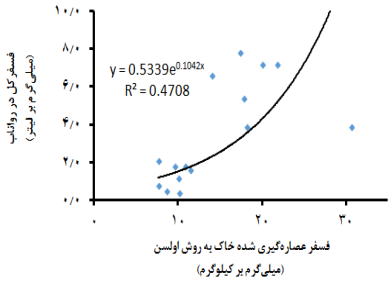
این آزمایش در سال 1397 در مزارع زراعی شهر پارس‌آباد یکی از شهرهای استان اردبیل در شمال غربی ایران انجام شد. پارس‌آباد در ساحل جنوبی رود ارس و غرب دریای خزر و بین مدارهای 39 درجه و 12 دقیقه تا 39 درجه و 42 دقیقه عرض‌شمالی و 47 درجه و 10 دقیقه تا 48 درجه و 21 دقیقه طول‌شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. در این منطقه به‌منظور تامین آب شرب ساکنین، دریاچه مصنوعی با ظرفیت 10 میلیون مترمکعب احداث شده است که متاسفانه کیفیت آب آن به‌دلیل ورود مواد آلی و معدنی ناشی از زه‌آب‌های کشاورزی و مقدار زیاد فسفات (0/44 میلی‌گرم بر لیتر) نامطلوب گزارش شده است (وطن‌خواه سادات، 1388و فتائی، 1390).
برای انجام آزمایش در فصول مختلف، مقادیر فسفر قابل‌جذب و فسفر کل خاک اطراف دریاچه و همچنین مقادیر فسفر محلول و فسفر کل دریاچه در طول سال اندازه‌گیری شد. سپس، با بررسی روابط رگرسیونی فسفر خاک با فسفر دریاچه، ضمن بررسی ضریب همبستگی نقطه شکست منحنی به‌عنوان شاخص بحرانی محیط زیستی تعیین گردید.**Error! Reference source not found.**

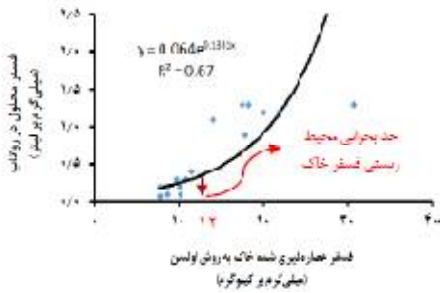
نتایج و بحث

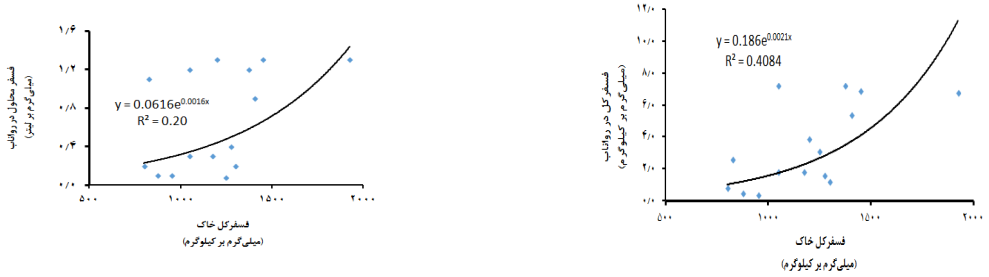
رابطه آماری مقدار فسفر رواناب با فسفر خاک

در شکل (1) رابطه آماری بین مقدار فسفرکل و فسفر قابل‌جذب خاک با فسفرکل و محلول روان‌آب نشان داده شده است. همچون روابط رگرسیون در علوم محیط‌زیست از اهمیت بالایی برخوردار است. به‌طوریکه دانشمندان محیط‌زیست نیز درگذشته در تلاش بودند که از این منحنی در تعیین حدود بحرانی فسفر خاک برای شاخص محیط زیستی استفاده نمایند. با مقایسه روابط همبستگی، مشاهده می‌شود که بیشترین همبستگی (R^2= 0.67) مربوط به همبستگی بین فسفر قابل‌جذب خاک با مقدار فسفر محلول آب و کمترین همبستگی (R^2= 0.20) مربوط به همبستگی بین فسفرکل خاک با مقدار فسفر محلول در آب است. همانطوریکه مشاهده می‌شود افزایش فسفر خاک اطراف دریاچه به بیش از 12 میلی‌گرم بر کیلوگرم موجب افزایش نمایی فسفر دریاچه می‌شود.

دراین‌خصوص نکته مهم این است که نتایج به‌دست‌آمده از یک منطقه برای منطقه دیگر قابل‌توصیه نیست. زیرا در گزارش‌های مربوط به روابط رگرسیون خطی بین مقدار فسفر خاک با فسفر محلول رواناب که در مناطق مختلف با شرایط متفاوت اقلیمی انجام شده است، مشاهده گردید که زاویه و یا شیب‌خط رگرسیون در مطالعات گوناگون، متفاوت است.







شکل 1- رابطه آماری فسفرکل و قابل‌جذب خاک با فسفرکل و محلول روان‌آب

بررسی مقادیر خروج فسفر از مزارع در فصول مختلف

در جدول (1) مقدار فسفر کل خاکی را که در فصول مختلف سال از اراضی مزارع منطقه خارج می‌شود، نشان‌داده‌شده است. مشاهده می‌شود که به طور متوسط مقدار 2/38 کیلوگرم فسفر از مزرعه خارج می‌شود که حدودا 32 درصد آن به شکل فسفر محلول و 68 درصد از آن به شکل فسفر چسبیده به ذرات خاک است. در فصل بهار کمترین و در فصل پاییز و زمستان بیشترین خروجی فسفر از مزرعه و ورود آن به آب‌های سطحی وجود دارد. شاید دلیل این نتیجه مربوط به پوشش گیاهی کم و نزولات آسمانی بیشتر در این فصل از سال باشد. دراین خصوص Bolster و همکاران (2014) بیان می‌کنند که اگر مقدار خروجی فسفر خارج‌شده از مزرعه کمتر از 2/2 کیلوگرم در هکتار فسفر (P) باشد، می‌توان آن مزرعه را از نظر زیست‌محیطی در کلاس کم‌خطر (با شاخص زیست‌محیطی کمتر از 40) در نظر گرفت. همچنین اگر مقدار خروجی فسفر از مزرعه بیشتر 5/6 کیلوگرم در هکتار باشد، می‌توان آن مزرعه را در کلاس پرخطر (با شاخص زیست‌محیطی بیشتر از 100) در نظر گرفت. بدین‌ترتیب، اگر مقدار مقدار خروجی فسفر از مزرعه بین 2/2 تا 5/6 کیلوگرم در هکتار باشد، آن مزرعه به‌لحاظ خطرپذیری در کلاس متوسط (شاخص زیست‌محیطی بین 40 تا 100) قرار خواهد گرفت.

جدول 1- مقادیر فسفر خارج شده از مزارع بر حسب کیلوگرم فسفر در هکتار

	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	جمع کل فصول (سالانه)
فسفر محلول	0/41	0/08	0/12	0/16	0/77
فسفر همراه با ذرات خاک	0/11	0/31	0/67	0/52	1/61
فسفر کل	0/52	0/39	0/79	0/68	2/38

نتیجه‌گیری کلی

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان موارد زیر در خصوص منطقه موردمطالعه بیان کرد:

1. رابطه آماری بین فسفر قابل‌جذب خاک و مقدار فسفر محلول آب به دلیل همبستگی بالا (R^2= 0.67) می‌تواند برای در تعیین حدود بحرانی فسفر خاک و حفظ وضعیت کیفی آب دریاچه به کار رود. افزایش فسفر خاک اطراف دریاچه به بیش از 12 میلی‌گرم بر کیلوگرم موجب افزایش نمایی فسفر دریاچه می‌شود.
2. باتوجه‌به مقدار سالانه فسفر خروجی از مزارع (و یا فسفر ورودی به دریاچه) که حدوداً 2/38 کیلوگرم فسفر در هکتار می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که اراضی کشاورزی اطراف دریاچه به لحاظ شاخص محیط زیستی در محدوده متوسط قرار دارد.

منابع

فتائی ا. 1390. بررسی مقادیر پارامترهای کیفی کانال‌های آب‌رسانی شهرستان پارس‌آباد. سازمان حفاظت محیط‌زیست. فصلنامه علمی محیط‌زیست. شماره 50. ص 81-72.

وطن‌خواه سادات، ا. 1388، امکان‌سنجی اقلیمی کشت مرکبات در پارس‌آباد مغان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد اهر. اهر. ایران.

Bolster C., Horvath, T., Lee, B., Mehlhope, S., Higgins, S. and Delgado, J. 2014. Development and testing of a new phosphorus index for Kentucky. Journal of Soil and Water Conservation 69(3): 183-196.

Sharpley, A.N., Weld, J.L., Beegle, D.B., Kleinman, P.J.A., Gburek, W. J., Moore, P.A. Jr. and Mullins, G. 2003. Development of phosphorus indices for nutrient management planning strategies in the United States. Journal of Soil and Water Conservation 58(3): 137-152.

Yang, X. e., Yang, X.E., Wu, X., Hao, H. L. and He, Z. L. 2008. Mechanisms and assessment of water eutrophication. Journal of Zhejiang University Science B 9(3): 197-209.

بررسی میزان نیترات ورودی و خروجی از شبکه آبیاری و زهکشی کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک‌خان

مریم عاگونی [1]، عبدعلی ناصری [2]، امیرسلطانی محمدی [3]

[1] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، agoni.m67@gmail.com

[2] استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز

[3] استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی برای رشد نیشکر است که باعث رشد و نمو محصول، افزایش پنجه‌زنی، طولانی‌شدن میان‌گره‌ها، ریشه‌دهی بیشتر و افزایش عملکرد می‌شود. پژوهش حاضر باهدف تعیین تغییرات میزان نیترات و کود اوره وارد شده به مزارع از طریق کودآبیاری و میزان نیترات و آمونیوم باقیمانده در خاک در طول دوره رشد نیشکر کشت و صنعت میرزا کوچک‌خان انجام پذیرفت. به این منظور میزان نیترات موجود در آب آبیاری و در نتیجه میزان اوره وارد شده به مزارع همراه با آب آبیاری و خروجی از سیستم‌های زهکشی شبکه آبیاری و زهکشی، از فروردین‌ماه تا مهرماه سال 1401 اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد بیشترین مقدار نیترات و اوره وارد شده به مزارع به ترتیب برابر 24/93 و 12/2 کیلوگرم در هکتار، و بیشترین مقدار نیترات در آب خروجی از زهکش‌ها و کود اوره شسته شده از خاک به ترتیب به میزان 12/40 و 6/76 کیلوگرم در هکتار مربوط به اردیبهشت‌ماه بود.

کلمات کلیدی: آمونیوم، سیستم زهکشی، کودآبیاری، نیشکر

مقدمه

ازت یکی از کودهای اصلی برای فعالیت کشاورزی می‌باشد. ازآنجاکه این عنصر به حد کافی در خاک وجود ندارد، برای تأمین نیاز گیاهان، کشاورزان مجبور به استفاده از کودهای ازته می‌باشند. از جمله مهم‌ترین آلودگی‌هایی که در اثر توسعه کشاورزی به وجود می‌آید، آلودگی ناشی از کودهای ازته از جمله نیترات است (مقیمی و همکاران، 1393). به دلیل قابلیت حلالیت بسیار بالا و عدم نگهداشت نیترات توسط خاک در صورت کاربرد زیاد و همچنین آبیاری بیش از حد به‌راحتی به خارج از ناحیه ریشه حرکت می‌کند. درصورتی‌که در این مناطق زهکش‌های زیرزمینی نصب گردند، نیترات شسته شده از طریق زهکش‌های زیرسطحی به آب‌های سطحی انتقال می‌یابد. از اواخر سال 1970 افزایش غلظت نیترات در رودخانه‌ها و جریان‌های سطحی در جهان روند روبه‌رشدی داشته است (هاشمی و همکاران، 1390). نیترات یکی از آنیون‌های معدنی است که در نتیجه اکسیداسیون نیتروژن حاصل می‌شود و به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین و مهم‌ترین شاخص آلودگی منابع آب زیرزمینی و سطحی و نیز آب جاری در شبکه‌های زهکشی در نتیجه فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد (سیدیان و همکاران، 1395). باتوجه‌به نتایج تحقیقات، بیشترین آلودگی نیترات در آب‌های زیرزمینی در اکثر نواحی مربوط به مناطق کشاورزی بوده و مناطق صنعتی و شهری در رتبه‌های بعدی قراردارند (جعفری ملک آبادی و همکاران، 1383).

زهکش‌های کشاورزی مقدار زیادی نیترات را که شامل ازت موجود در خاک است، از پروفیل خاک خارج می‌کنند. بالابودن نیترات در زه آب‌ها نشان‌دهنده کاربرد نامناسب کود و راندمان پایین کوددهی بوده که علاوه بر ایجاد هزینه‌های تولید، موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی شده و رشد جلبک‌ها را در دریاچه‌ها و تالاب‌ها افزایش می‌دهد (Stewart et al., 2005).

شناخت مسائل آبشویی نیترات به چندین جهت حائز اهمیت است، اول اینکه به علت جذب‌نشدن نیترات به ذرات خاک و مستعد بودن آن به شسته شدن، از دسترس گیاه خارج‌شده و در نتیجه این آبشویی کاهش معنی‌داری در تولید و اقتصاد کشاورزی ایجاد می‌گردد، دوم اینکه نیتریت و نیترات وارد شده به منابع آب زیرزمینی برای سلامتی انسان و دام بسیار مضر بوده و افزایش کاربرد آن سبب ایجاد تغییراتی در تعادل مواد مغذی و عملیات اکولوژیکی آب‌های سطحی نیز می‌گردد (Allende-Montalbán wt al., 2022؛ Bibi et al., 2016). هدف از این بررسی تعیین مقدار نیترات موجود در آب آبیاری و زه آب‌های خروجی از شبکه آبیاری و زهکشی کشت و صنعت نیشکر میرزاکوچک و تعیین روند تغییرات آن و همچنین مقدار معادل کود اوره ورودی به مزارع از طریق آب آبیاری و خروجی از سیستم زهکشی و میزان مفید آن است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور رسیدن به اهداف تحقیق، میزان نیترات موجود در آب آبیاری و در نتیجه میزان اوره وارد شده به مزارع همراه با آب آبیاری و خروجی از سیستم‌های زهکشی شبکه آبیاری و زهکشی کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک‌خان از فروردین‌ماه تا مهرماه سال 1401 انجام شد. مساحت کل مزارع این کشت و صنعت حدود 2329 هکتار بوده که حدود 20000 هکتار آن تحت کشت می‌باشد. آب آبیاری این کشت و صنعت از طریق کانال اصلی توسط ایستگاه پمپاژ وارد لوله انتقال آب شده و سپس توسط هیدروفلوم در مزارع تقسیم می‌گردد. زهکش‌ها در عمق 1/8 متری از سرآب لترال‌ها با شیب 0/8-0/4در هزار و در عمق 2/2-2 متری عمود بر کلکتورها نصب شده و از طریق ایستگاه پمپاژ به درون کانال خاکی انتقال زه آب تخلیه می‌شوند. نمونه‌برداری از آب کانال آبیاری و زهکشی کشت و صنعت میرزاکوچک خان به‌صورت یک روز در میان صورت گرفت و میزان نیترات و آمونیوم در نمونه‌های موجود در آزمایشگاه اندازه‌گیری و سپس نتایج مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

در جدول (1) مقدار کود اوره ورودی به مزارع و مقدار نیترات همراه با آب آبیاری در ماه‌های مختلف، نشان داده شده است. باتوجه‌به جدول (1) ملاحظه می‌شود باتوجه‌به استاندارد میزان نیترات در آب آبیاری، در مهر و شهریورماه مقدار نیترات در آب آبیاری کمتر از 10 میلی‌گرم بر لیتر (کلاس کم) و در فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد بین 20 - 10 میلی‌گرم بر لیتر (کلاس متوسط) می‌باشد؛ که دلیل آن به ورود آلاینده‌های بالادست و خروجی نیترات از زه آب‌ها و نوسان تخلیه به کارون در بازه‌های زمانی مختلف می‌باشد. بالاترین میانگین نیترات در آب آبیاری با 15/58 میلی‌گرم برلیتر مربوط به اردیبهشت‌ماه می‌باشد. افزایش مقدار نیترات در اردیبهشت‌ماه در آب آبیاری می‌تواند به دلیل فرارسیدن فصل کوددهی در مزارع مناطق بالادست و ورود زه آب‌های کشاورزی غنی از نیترات باشد. پس از آن به دلیل حذف منابع نیترات ورودی به رودخانه کارون، تا پایان مهرماه نیترات آب روند کاهشی نشان داد. در جدول (1) باتوجه‌به میانگین تعداد راندهای آبیاری، بالاترین مقدار نیترات و اوره وارد شده به مزارع در اردیبهشت‌ماه به ترتیب برابر 24/93 و 12/2 کیلوگرم در هکتار بوده است. دلیل اصلی این افزایش مربوط به نیترات موجود در آب آبیاری است که در این ماه نیز دارای حداکثر مقدار نیترات بود. همچنین این افزایش می‌تواند مربوط به کوددهی ازته در اراضی کشاورزی بالادست در شمال و جنوب منطقه باشد. معمولاً کود ازته از منبع اوره به مزارع گندم داده‌شده و بخشی از آن که طی فرآیند نیتریفیکاسیون به نیترات تبدیل شده است در اثر آبیاری و یا بارندگی به رودخانه شسته می‌شود. مقدار نیترات و اوره بعد از اردیبهشت تا مهر ماه روند کاهشی از خود نشان داد.

خصوصیات خاک، عملیات زراعی، نحوه آبیاری، نوع گیاه، مقدار کود مصرفی و شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تلفات نیترات از سیستم‌های زهکشی می‌باشند. با افزایش کود مصرفی، پتانسیل تلفات نیترات افزایش می‌یابد (Cladiocco et al., 2004). بر اساس استاندارد سازمان محیط‌زیست، حد مجاز رهاسازی نیترات به آب‌های سطحی برابر 50 میلی‌گرم در لیتر است. غلظت نیترات زه آب در فصل کشت کمتر از حد مذکور بود.

جدول 1- مقدار کود اوره و نیترات ورودی به مزارع همراه با آب آبیاری شبکه آبیاری و زهکشی در ماه‌های مختلف

تاریخ نمونه‌گیری	نیترات (میلی-گرم در لیتر)	میانگین تعداد راند	میانگین آب مصرفی هر راند (مترمکعب در هکتار)	مقدار نیترات ورودی (کیلوگرم در هکتار)	مقدار نیتروژن ورودی (کیلوگرم در هکتار)	مقدار کود اوره ورودی (کیلوگرم در هکتار)
فروردین	13/73	1/5	1800	24/71	5/58	12/1
اردیبهشت	15/58	3	1600	24/93	5/63	12/2
خرداد	10/83	4	1700	18/40	4/16	9
تیر	12/25	3	1400	17/15	3/87	8/4
مرداد	11/36	4	1300	14/77	3/34	7/3
شهریور	8/37	2	1200	10/04	2/27	4/9
مهر	3/96	2	1400	5/55	1/25	2/7
میانگین	10/85	19/5	1486	115/6	26/09	56/7

در جدول (2) مقدار کود اوره خروجی از زهاب مزارع و مقدار نیترات همراه با آب خروجی در ماه‌های مختلف، نشان داده‌شده است. بیشترین مقدار نیترات در آب خروجی از زهکش‌ها و همچنین بیشترین مقدار کود اوره شسته شده از خاک و وارد شده به سیستم‌های زهکشی، مربوط به اردیبهشت‌ماه بوده است. تغییرات نیترات و اوره در آب زهکش‌ها نشان می‌دهد که نیترات آبشویی شده و اوره خروجی کمتر از نیترات و اوره ورودی توسط آب آبیاری بوده است. مقدار اوره و نیترات آبشویی شده از خرداد تا مهر روند کاهشی داشت. یکی از عوامل مؤثر بر آبشویی نیترات بافت خاک می‌باشد؛ بافت رسی به دلیل ریز بودن منافذ و کند بودن سرعت حرکت آب و املاح در این بافت، به‌تدریج نیترات خروجی در زه‌آب آشکار می‌گردد. باتوجه‌به بافت خاک منطقه، درصد رس بالا بر شدت آبشویی نیترات تأثیر گذاشته است (ادیب و همکاران، 1392؛ Asadi, 2004). غلظت نیترات ورودی یکی دیگر از عوامل مؤثر بر آبشویی نیترات می‌باشد. هر چه غلظت بیشتر باشد آبشویی نیز افزایش می‌باشد. بنابراین باتوجه‌به جدول قبل، نیترات ورودی در اردیبهشت بیشترین مقدار بوده و میزان آبشویی آن در این ماه نیز حداکثر مقدار را نشان داد که با نتایج Jia و همکاران (2005) و Wang (2003) و Wang (2008) مطابقت دارد. Ramos و همکاران (2012) عامل اصلی تجمع و آبشویی نیترات نیز استفاده بیش‌ازحد از آب و کودهای نیتروژنه می‌دانستند.

جدول 2- مقدار نیترات و کود اوره خروجی از سیستم زهکشی شبکه آبیاری و زهکشی در ماه‌های مختلف

تاریخ نمونه‌گیری	نیترات (میلی-گرم در لیتر)	میانگین تعداد راند	میانگین آب خروجی هر راند (مترمکعب در هکتار)	مقدار نیترات خروجی (کیلوگرم در هکتار)	مقدار نیتروژن خروجی (کیلوگرم در هکتار)	مقدار کود اوره خروجی (کیلوگرم در هکتار)
فروردین	-	1/5	583	11/99	2/68	6/49
اردیبهشت	14/05	3	485	12/40	2/75	6/76
خرداد	10/93	4	568	8/37	1/98	4/56
تیر	11/23	3	458	8/53	1/84	4/84
مرداد	11/36	4	420	7/10	1/57	3/66
شهریور	8/53	2	388	5	1/08	2/62
مهر	10/13	2	389	2/76	0/60	1/33
میانگین	11/04	19/5	470	8/02	1/78	4/22

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد که بالاترین میانگین نیترات در آب آبیاری با 15/58 میلی‌گرم بر لیتر مربوط به اردیبهشت‌ماه و همچنین بیشترین مقدار نیترات و اوره وارد شده به مزارع در همین ماه به ترتیب برابر 24/93 و 12/2 کیلوگرم در هکتار بوده است. بیشترین مقدار نیترات در آب خروجی از زهکش‌ها به میزان 12/40 کیلوگرم در هکتار و همچنین بیشترین مقدار کود اوره شسته شده از خاک و واردشدن به سیستم‌های زهکشی به مقدار 6/76 کیلوگرم در هکتار، مربوط به اردیبهشت‌ماه بوده است.

منابع

ادیب، ا.، فرزادیان، ع.، محمد نیا، م. و موسوی، س. ع. ا. 1392. تأثیر بافت، سطوح مختلف نیتروژن و روش کودآبیاری بر مدیریت زه آب و کنترل آبشویی نیترات توسط علف ونتور، اولین همایش ملی زهکشی در کشاورزی پایدار، تهران _ اسفند ماه 1392.

جعفری ملک‌آبادی، ع.، افیونی، م.، سید موسوی، ف. و خسروی، ا. 1383. بررسی غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی استان اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی،8(3): 69-82.

سیدیان، م.، فراستی، م.، حشمت‌پور، ع. و رسولی، ا. 1395. بررسی میزان تلفات نیترات در خاک رس، مجله مهندسی بهداشت محیط، سال سوم، 3(4): 313-322.

مقیمی، ن. ناصری، ع. سلطانی محمدی، امیر. و هاشمی گرم دره، س. ا. 1395. بررسی عملکرد باگاس نیشکر در کاهش نیترات خروجی از زهاب زهکش‌های زیرزمینی. علوم و مهندسی آبیاری, 39(2), 49-58. doi: 10. 2055/jise.2016.12111

هاشمی، س. ا. حیدرپور، منوم. و مصطفی زاده فرد، ب. 1390. بررسی میزان حذف نیترات در دو حالت قرارگیری فیلترهای زیستی در سیستم‌های زهکشی زیرزمینی. علوم و مهندسی آبیاری34(2): 82-7.

Allende-Montalbán, R., Martín-Lammerding, D., del Mar Delgado, M., Porcel, M. A. and L. J. Gabriel. 2022. Nitrate leaching in maize (Zea mays L.) and wheat (Triticum aestivum L.) irrigated cropping systems under nitrification inhibitor and/or intercropping effects. Agriculture, 12(4):478.

Asadi , M. E. 2004. Effect of irrigation and tillage practices on nitrate leaching . Program and Abstract . 3rd . International Nitrogen Conference October , 12-16 . Nanting , China.

Bibi, S., Naeem, S. A. and Dahlawi, S. 2016. Environmental impacts of nitrogen use in agriculture, nitrate leaching and mitigation strategies. Soil science: Agricultural and environmental prospectives, 131-157

Jia , X ., Larson, D., Slack , D. and Walworth , J. 2005. Electrokinetic control of nitrate movement in soil. Engineening Geology , 77: 273-283 .

Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Onus, A.N. 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit and Ornamental. Plant Research. 12: 183-189.

Ramos, T.B., Šimunek, J., Goncalves, M.C., Martins, J.C., Prazeres, A. and Pereira, L.S. 2012. Two-dimensional modeling of water and nitrogen fate from sweet sorghum irrigated with fresh and blended saline waters. Agricultural Water Management. 111, 87–104.

Stewart, L., Charlesworth, P., Bristow, K. and Thorburn, P. 2005. Estimating deep drainage and nitrate leaching from the root zone under sugarcane using APSIM-SWIM. Agricultural Water Management.

Wang , C ., Jian , D ., Hui , J. and Juan , R. 2003. Optimum nitrogen rate for a high productive rice wheat system and its impact on the ground water in the Taihu Lakearea . Acta Pedologica Sinica, 40 : 426-432 .

Wang , C. 2008. Experimental study of nitrogen transport and transformation in soils. Advance in Water Science , 8: 116-432.

بررسی نتایج مهندسی ارزش در اجرای پیمان طرح‌ها در شبکهٔ اصلی و فرعی آبیاری اراضی پایاب سامانه گرمسیری در استان ایلام

یزدان خدا رحمی [1]، علی محمدی [2]، محمد منصوری فر [3]

[1] دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز، Khodarahmi1372@gmail.com

[2] دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر

[3] استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر

چکیده

در این تحقیق به بررسی اجرای مهندسی ارزش در پروژهٔ شبکهٔ اصلی و فرعی آبیاری اراضی پایاب سامانه گرمسیری در استان ایلام به مساحت 16257 هکتار پرداخته شده است. روش تحقیق بر اساس جمع‌بندی نظر نخبگان، 6 کارکرد «تعیین الگوی کشت بهینه»، «بهبود روش‌های آبیاری»، «انتخاب زمین مناسب»، «بهره‌برداری مرحله‌ای»، «نظام بهره‌برداری و مسائل اجتماعی» و «کل طرح» به‌عنوان کارکردهای منتخب جهت فاز خلاقیت و ایده‌پردازی انتخاب شدند و برای هر کدام ایده مطرح گردید. بر اساس نتایج حاصل معیارهای «تأمین مطمئن آب (کمی و کیفی)»، «رعایت مسائل زیست‌محیطی» و «افزایش بهره‌وری» به ترتیب با 14، 12/6 و 12/5 درصد از مجموع وزن معیارها، بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند و بر مبنای نتایج در دستهٔ آب زیرزمینی، سه ایدهٔ تهیه مدل آب زیرزمینی محدوده طرح باتوجه‌به واقعیت‌های منطقه، بررسی امکان بهره‌برداری تدریجی با استفاده از منابع آب زیرزمینی و بررسی وضعیت سفره‌های آب زیرزمینی مرزی غرب کشور برای فاز توسعه انتخاب شدند.

کلمات کلیدی: مهندسی ارزش، شبکهٔ اصلی و فرعی آبیاری، اراضی پایاب سامانه گرمسیری در استان ایلام، تأمین آب، محیط‌زیست

مقدمه

مهندسی ارزش تلاشی است سازمان‌یافته که باهدف بررسی و تحلیل تمام فعالیت‌های یک طرح، (از زمان شکل‌گیری تفکر اولیه تا مرحله طراحی و اجرا و سپس راه‌اندازی و بهره‌برداری) انجام می‌شود و به‌عنوان یکی از کارآمدترین و مهم‌ترین روش‌های اقتصادی در عرصه فعالیت‌های مهندسی، شناخته شده است. ایدهٔ استفاده از مهندسی ارزش در اجرای پیمان طرح و ساخت مربوط به آبیاری و زهکشی می‌تواند حلقهٔ گمشدهٔ اجرای این طرح‌ها در ایران باشد (پاک و همکاران، 1396). استفاده از روش مهندسی ارزشی در تعیین اولویت طرح‌ها باتوجه‌به شاخص ارزش آنها یعنی نسبت ارزش‌های اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی آنها به هزینه‌های اجرایی باقیمانده، می‌تواند در تخصیص منابع و تسریع در خاتمه طرح‌های با اولویت بیشتر (شاخص ارزش بیشتر) اثر بسیار مهمی داشته باشد. در ضمن از این روش می‌توان برای حل مسائل طرح‌ها و کاهش هزینه‌های غیرلازم و ضروری نیز بهره گرفت. در عمل با اعمال مهندسی ارزشی شامل مراحل انتخاب، بررسی اطلاعات، هم‌اندیشی (خلاقیت)، ارزیابی (قضاوت)، بسط و توسعه، ارائه، اجرا و ممیزی در مقاطع زمانی مناسب می‌توان انتظار داشت که با صرف حداقل هزینه به اهداف پروژه نائل آمد و در نهایت از کارآمدی سرمایه‌گذاری در بخش احداث شبکه‌های آبیاری زهکشی که خود چالش اساسی برنامه‌های توسعه، خصوصاً در کشورهای جهان سوم است، اطمینان بیشتری حاصل نمود. از طرف دیگر توصیه می‌گردد زیرساخت‌های فرهنگی لازم در معرفی و اشاعه مهندسی ارزش و همچنین بسترهای قانونی در فرایندهای مشاوره‌ای

و ساختمانی آن فراهم گردد تا تصمیم‌گیرندگان و دست‌اندرکاران طرح‌های توسعه آبیاری و زهکشی باور نمایند که مهندسی ارزش می‌تواند راهکاری بسیار مناسب در این زمینه باشد (توحیدی، 2010). این تحقیق نیز در همین راستا تعریف شده است. در این تحقیق به بررسی اجرای مهندسی ارزش در یکی از مهم‌ترین طرح‌های شبکه‌های اصلی و فرعی آبیاری و زهکشی رودخانه‌های مرزی کشور یعنی پروژهٔ شبکهٔ اصلی و فرعی آبیاری اراضی پایاب سامانه گرمسیری در استان ایلام پرداخته خواهد شد. وسعت شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی استان ایلام از محل رودخانه‌های مرزی 29670 هکتار و محدوده طرح گرمسیری 16257 هکتار می‌باشد. مشخص است که اجرای چنین طرح عظیمی بدون مطالعات دقیق می‌تواند منجر به نتایج نامطلوبی گردد. در این تحقیق با استفاده از به‌روزترین مطالعات مرتبط با مهندسی ارزش تلاش خواهد شد که وضعیت اجرای این پروژه در حالت بهینه و مطلوب تعریف گردد.

مواد و روش‌ها

وضعیت آب‌رسانی در گستره طرح:

از جمله ایده‌های مطرح شده در مطالعات مهندسی ارزش، بررسی امکان پمپاژ از رژیم طبیعی رودخانه در صورت وجود و یا احداث استخرهای ذخیره آب باتوجه‌به آورد بهنگام و نابهنگام رودخانه‌ها جهت تأمین موقت آب برای سطوح هرچند کوچک اراضی می‌باشد. منابع آب سطحی منطقه مهران شامل رودخانه گاوی و کنجانچم هستند. در تحقیق تحت گزینه‌های مختلف با بررسی دبی پایه رودخانه‌ها و تهیه مدل منابع و مصارف منطقه طرح برای رودخانه‌های موجود در محدوده طرح، امکان بهره‌برداری موقت از هریک از منابع آبی بررسی گردید، سپس حجم موردنیاز برای ذخیره باتوجه‌به میزان نیازها در گزینه‌ها برآورد و هزینه آن محاسبه گردید. باتوجه‌به اطلاعات موجود در گزارش هیدرولوژی مطالعات به‌هنگام‌سازی منابع آب طرح گرمسیری در شهریور سال 94، آورد بلندمدت (دوره آماری 92-91 تا 37-36)، متوسط 15ساله و میانگین سه سال منتهی به سال 92-91 رودخانه گاوی در محل بند بان‌رحمان و بند آل‌اسحاق در جداول 1 و 2 ارائه شده است.

جدول 1- آورد بلند مدت و 15 سال منتهی به سال 92-91 رودخانه گاوی در محل بند بان‌رحمان

دوره	بلندمدت		15 سال منتهی به 92-91	
واحد	مترمکعب بر ثانیه	میلیون مترمکعب	مترمکعب بر ثانیه	میلیون مترمکعب
فروردین	3/05	8/17	0/04	0/1
اردیبهشت	1/88	5/04	0/5	1/3
خرداد	0/56	1/5	1/18	3/1
تیر	0/22	0/59	2/67	6/9
مرداد	0/16	0/43	2/51	6/5
شهریور	0/1	0/27	3/23	8/1
مهر	0/12	0/31	1/89	5/1
آبان	0/51	1/32	1/37	3/7
آذر	1/29	3/34	0/44	1/2
دی	2/56	6/64	0/07	0/2
بهمن	3/16	8/19	0/06	0/2
اسفند	3/51	8/79	0/04	0/1

مجموع	1/43	45/1	1/17	36/8

جدول 2- آورد سه سال منتهی به سال 92-91 رودخانه کنجانچم در محل بند آل‌اسحاق

سال	89-90	90-91	91-92	میانگین	میانگین
واحد		(مترمکعب بر ثانیه)			(میلیون مترمکعب)
فروردین	2/9	5/6	3/72	4/07	3/35
اردیبهشت	7/25	1/34	12/35	6/98	7/87
خرداد	1/07	0/26	0/77	0/7	9/06
تیر	0/63	0/12	0/35	0/37	10/36
مرداد	0/38	0/19	0/29	0/29	26/27
شهریور	0/41	0/16	0/23	0/27	6/45
مهر	0/75	2/9	0/1	1/25	10/56
آبان	0/74	3/79	4/29	2/94	18/09
آذر	1/7	4/45	4	3/38	1/81
دی	1/49	4/17	5/94	3/87	0/95
بهمن	6/04	4/29	19/09	9/81	0/74
اسفند	2/34	1/87	3/02	2/41	0/67
مجموع	2/14	2/43	4/51	3/03	95/45

روش آبیاری مورداستفاده در این منطقه به‌طورکلی سنتی و غرقابی است و تنها در اراضی محدودی در محل بان‌رحمان که از چاه استفاده می‌نمایند روش آبیاری کلاسیک ثابت وجود دارد. راندمان کاربرد آبیاری سطحی در منطقه 50 درصد اعلام شده است. الگوی کشت غالب در این منطقه شامل گندم، کلزا و ذرت می‌باشد. برای به‌دست‌آوردن نیاز آبی در وضع موجود دو فرض در نظر گرفته شده است: فرض 1: تأمین نیاز آبی برای 1400 هکتار از اراضی شبکه بان‌رحمان. فرض 2: تأمین نیاز آبی برای 4000 هکتار از اراضی شبکه بان‌رحمان. محصول غالب در این منطقه گندم در نظر گرفته شده و نیاز خالص آن در دشت مهران در جدول 3 ارائه گردیده است.

جدول 3- نیاز آبی خالص گندم در دشت مهران – مترمکعب در هکتار

محصول	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	مجموع
گندم- مترمکعب	1291	58	0	0	0	0	0	722	176	284	666	1073	4270

نیاز آبی وضع موجود در منطقه بان‌رحمان باتوجه‌به محصول غالب گندم و راندمان کاربرد آبیاری سطحی 50 درصد و راندمان کل 38 درصد برای دو فرض فوق در جدول 4 محاسبه گردیده است.

جدول 4. نیاز آبی ناخالص اراضی موجود با محصول گندم در منطقه بان‌رحمان باتوجه به سیستم آبیاری سطحی – میلیون‌مترمکعب

محصول	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	مجموع
فرض 1 (1400 هکتار اراضی)	3.61	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.02	0.49	0.80	1.86	3.00	11.96
فرض 2 (4000 هکتار اراضی)	10.33	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.78	1.41	2.27	5.33	8.58	34.16

به‌منظور تامین نیاز آبی اراضی توسعه به طور موقت از طریق رودخانه گاوی باتوجه‌به میزان مساحت و نوع محصول در اراضی شمال شهرک اسلامیه 3 گزینه تعریف گردیده که در جدول 5 ارائه شده است.

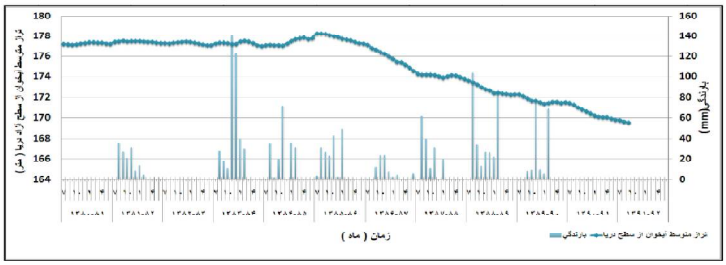
جدول 5- گزینه‌های تعریف شده برای تامین نیاز آبی به‌طور موقت از طریق رودخانه کنجانچم

شماره گزینه	شرح گزینه
1	آورد: سه سال منتهی به 92-91 - آبدهی سالانه 33.2 میلیون‌مترمکعب اراضی وضع موجود: 1400 هکتار از اراضی بان‌رحمان با روش آبیاری سطحی و محصول گندم با نیاز سالانه 15.6 میلیون‌مترمکعب اراضی توسعه: 200 هکتار انگور با روش آبیاری قطره‌ای با نیاز سالانه 1.45 میلیون‌مترمکعب و 150 هکتار گندم با روش آبیاری بارانی با نیاز سالانه 0.87 میلیون‌مترمکعب
2	آورد: سه سال منتهی به 92-91 - آبدهی سالانه 33.2 میلیون‌مترمکعب اراضی وضع موجود: 1400 هکتار از اراضی بان‌رحمان با روش آبیاری سطحی و محصول گندم با نیاز سالانه 15.6 میلیون‌مترمکعب اراضی توسعه: 200 هکتار انگور با روش آبیاری قطره‌ای با نیاز سالانه 1.45 میلیون‌مترمکعب و 300 هکتار گندم با روش آبیاری بارانی با نیاز سالانه 1.73 میلیون‌مترمکعب
3	آورد: سه سال منتهی به 92-91 - آبدهی سالانه 33.2 میلیون‌مترمکعب اراضی وضع موجود: 1400 هکتار از اراضی بان‌رحمان با روش آبیاری سطحی و محصول گندم با نیاز سالانه 15.6 میلیون‌مترمکعب اراضی توسعه: 300 هکتار انگور با روش آبیاری قطره‌ای با نیاز سالانه 2.18 میلیون‌مترمکعب و 150 هکتار گندم با روش آبیاری بارانی با نیاز سالانه 0.87 میلیون‌مترمکعب

اتکای قابل‌توجه محدوده طرح به منابع آب زیرزمینی در وضع موجود که تبعاتی نظیر اضافه برداشت از آبخوان‌ها (تا حدود 3 برابر) و در نتیجه افت شدید سطح آب زیرزمینی و کاهش کمی و کیفی آن در سالیان اخیر را به‌دنبال داشته است، مقوله "آب زیرزمینی" را به‌عنوان یکی از موضوعات جدی و حائز اهمیت در طرح شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی سامانه گرمسیری استان ایلام، مطرح ساخته است. اثرات انتقال آب گرمسیری به دشت‌های محدوده طرح و چگونگی بهره‌برداری از منابع آب موجود در منطقه (سطحی و زیرزمینی) در آینده طرح، از جمله مواردی است که در این مطالعات موردتوجه تیم مهندسی ارزش قرار گرفته است. پس از بحث و بررسی در خصوص وضعیت منابع آب زیرزمینی محدوده طرح و باتوجه‌به ایده‌های مطرح شده در مطالعات مهندسی ارزش، در نهایت ایده‌های زیر جهت توسعه در فاز مطالعات تکمیلی انتخاب شدند: الف) تهیه مدل آب زیرزمینی محدوده طرح باتوجه‌به واقعیت‌های منطقه ب) بررسی امکان بهره‌برداری تدریجی با استفاده از منابع آب زیرزمینی ج) بررسی وضعیت سفره‌های آب زیرزمینی مرزی غرب کشور و برآورد حجم آب خروجی و بررسی امکان استحصال و جلوگیری از خروج آن.

بررسی مدل منابع آب زیرزمینی دشت‌های مهران و دهلران

یکی از مباحث مطروحه در مطالعات مهندسی ارزش شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی اراضی پایاب سامانه گرمسیری استان ایلام، بررسی مدل منابع آب زیرزمینی دشت‌های مهران و دهلران بوده است تا باتوجه‌به نتایج این بررسی‌ها، در خصوص امکان استفاده از نتایج این مدل در مراحل بعدی مطالعات مهندسی ارزش، تصمیم‌گیری شود. مبنای اطلاعات منابع آب زیرزمینی و اطلاعات آبخوان از جمله اطلاعات گمانه‌ها، برداشت‌ها و مطالعات ژئوفیزیک برای تعیین هندسه آبخوان و...، آمار و اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای استان ایلام می‌باشد. دوره آماری استفاده شده در تهیه مدل آب زیرزمینی دشت مهران بازه زمانی 90-1380 می‌باشد، درحالی‌که آمار و اطلاعات دشت برای سال‌های 1374 تا 1394 موجود است؛ لذا علت عدم استفاده از کل دوره آماری دشت مورد سؤال است.



شکل 1- هیدروگراف واحد دشت مهران مورداستفاده در مدل آب زیرزمینی

خاک و تناسب اراضی گستره طرح

به‌طورکلی مطالعات خاک‌شناسی این طرح در سطح نیمه تفصیلی تهیه شده است که در نتیجه حاوی برخی از اطلاعات نبوده و یا برخی از اطلاعات در سطح موردنیاز در آن وجود ندارد؛ لذا به‌منظور بهبود وضعیت خاک اراضی محدوده طرح که یکی از پیش‌نیازهای اساسی در جهت توسعه کشاورزی منطقه محسوب می‌گردد، ایده‌های مختلفی در مطالعات مهندسی ارزش شبکه‌های فرعی سامانه گرمسیری استان ایلام مطرح و پیشنهاد گردید که در نهایت، ایده‌های زیر جهت بررسی بیشتر در فاز توسعه انتخاب شد: الف) اصلاح محدودیت‌های خاک در اراضی مشکل‌دار (سنگلاخی و...) ب) تخصیص آب به اراضی مناسب و باکیفیت بیشتر برای کشت باهدف انجام تمهیدات جهت بهبود طرح ج) شناخت محدودیت‌های خاک و تعیین الگوی کشت بر مبنای آن ج) تهیه نقشه‌های حاصلخیزی خاک به‌ویژه در دشت مهران.

مسائل اجتماعی و نظام بهره‌برداری گستره طرح

با عنایت به ویژگی‌های خاص منطقه مهران و مطالعات و بررسی‌های صورت‌گرفته در خصوص نوع مالکیت، بافت اجتماعی- اقتصادی و توان مشارکت‌پذیری و توانمندی‌های کشاورزان، عشایر و سایر نیروهای کار موجود متناسب با الزامات طرح سامانه گرمسیری، دو نوع نظام بهره‌برداری مدرن را در منطقه مهران به شرح زیر پیشنهاد نموده است: الف) سهامی زراعی (اراضی مرتعی بدون بهره‌برداری زراعی) ب) تعاونی تولید (اراضی دارای مالکیت و بهره‌برداری زراعی). در مطالعات مهندسی ارزش شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی اراضی پایاب سامانه گرمسیری استان ایلام، مباحث مختلفی در خصوص مسائل اجتماعی و نظام بهره‌برداری طرح ارائه و ایده‌های متنوعی نیز پیشنهاد گردید. باتوجه‌به فرهنگ سنتی حاکم بر منطقه و عشایری بودن آن، بدون تردید ایجاد شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی در محدوده اراضی توسعه با استفاده از روش‌های آبیاری تحت‌فشار و توسعه کشاورزی مدرن در این منطقه مستلزم آموزش، فرهنگ‌سازی و ایجاد بستر مناسب خواهد بود. به‌طورکلی دو رویکرد اصلی در مواجهه با ملاحظات اجتماعی طرح را می‌توان به‌صورت زیر تشریح نمود: الف) کاهش سطح تکنولوژی و سیستم‌های شبکه تا سطح دانش و آگاهی مردم منطقه (عشایر) ب) آموزش و فرهنگ‌سازی به‌منظور ارتقای سطح دانش و آگاهی مردم منطقه جهت استفاده بهینه از روش‌های نوین و تکنولوژی روز.

مدل هزینه طرح مبنا

به‌منظور انتخاب معیاری صحیح و مناسب برای انجام مقایسات بین گزینه‌های مختلف (خروجی مطالعات مهندسی ارزش) با طرح پایه، توافق در خصوص هزینه‌های طرح مبنا به‌عنوان مدل هزینه شناخته می‌شود. مدل هزینه استخراج شده در این پژوهش به شرح جدول 6 می‌باشد.

جدول 6- مدل هزینه طرح مبنا

ردیف	شرح	واحد	مقدار	قیمت واحد (ریال)	جمع کل (میلیون ریال)
1	لوله‌گذاری	متر	6.664.110	250.000	1.666.028
2	اتصالات	عدد	399.300	550.000	219.615

3	فیلترریزی	مترمکعب	999.617	339.374	339.244
4	احداث حوضچه	مترمکعب (بتن)	4.491	7.187.898	32.281
5	ابنیه فنی	مترمکعب (بتن)	3.314	9.506.354	31.504
6	ایستگاه پمپاژ	مترمربع	0	16.019.133	0
7	خاکبرداری	مترمکعب	45.000	198.025	8.911
8	خاکریزی جاده سرویس	مترمکعب	399.847	280.893	112.314
9	مصالح تونان جاده سرویس	مترمکعب	199.923	384.749	76.920
10	نصب انواع شیرآلات	عدد	46.857	980.000	45.920
	جمع کل (میلیون ریال)*				2.532.737

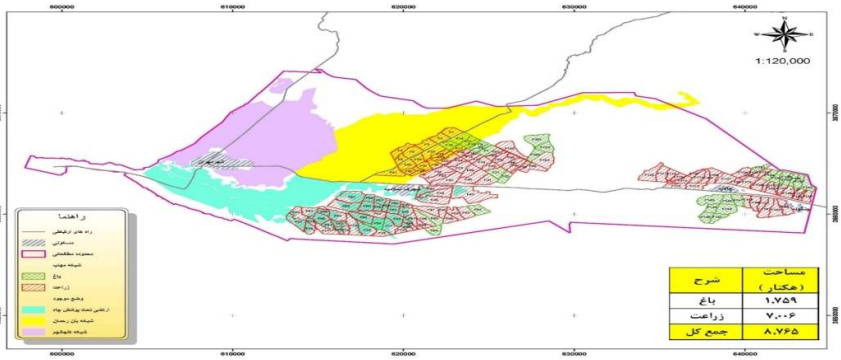
فاز تحلیل کارکرد

پس از اتمام فاز اطلاعات، فاز تحلیل کارکرد در پژوهش حاضر انجام گردید. در این مرحله، نمودار تحلیل کارکرد (FAST) پروژه ترسیم می‌شود و کل پروژه را در قالب یک نمودار به تصویر می‌کشد. با استفاده از منطق ذاتی، این نمودار بایستی به نحوی ترسیم شود که کارکرد سطح بالا به کارکردهای سطح پایین متصل گردند و میان کارکردها ارتباط منطقی برقرار شود. با منطق استفاده از رویکرد کارکردگرایانه و استخراج کارکردهای اصلی متمرکز بر پروژه شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی سامانه گرمسیری استان ایلام، فلسفه پرداختن به «کارکرد» و «تحلیل کارکرد» مورداستفاده قرار گرفت. مطابق هدف تعریف‌شده برای فاز تحلیل کارکرد، درک کامل پروژه از مصداق‌های انجام کار به کارکردها، استخراج کارکردهای ضروری و غیرضروری و استخراج بهترین فرصت‌های صرفه‌جویی در هزینه‌ها از مهم‌ترین اهداف این فاز محسوب می‌شود. استخراج فهرست اجزای پروژه شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی سامانه گرمسیری استان ایلام، استخراج کارکردهای مثبت و منفی هر یک از اجزا و در نهایت ترسیم نمودار FAST «پروژه شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی اراضی پایاب سامانه گرمسیری استان ایلام»، مراحل دستیابی به کارکردهای مهم پروژه را تشکیل داد.

نتایج و بحث

تأمین موقت آب از طریق رودخانه گاوی

در شمال شهرک اسلامیه حدود 675 هکتار از اراضی جهت آبیاری قطره‌ای برای باغات، 1500 هکتار سطح سنترپیوت، 430 هکتار سطح تلفیقی بین سنترپیوت‌ها و 550 هکتار آبیاری تلفیقی در نظر گرفته شده است. به دلایلی که در ابتدا مطرح شد، برای تامین نیاز آبی به‌طور موقت برای زیرکشت بردن بخشی از اراضی طرح گرمسیری استان ایلام در دشت مهران می‌توان امکان استفاده از منابع آب سطحی رودخانه گاوی را بررسی نمود. شکل 2 موقعیت اراضی دشت مهران به تفکیک باغی و زراعی را نشان می‌دهد.



شکل 2- موقعیت اراضی دشت مهران به تفکیک زراعی و باغی

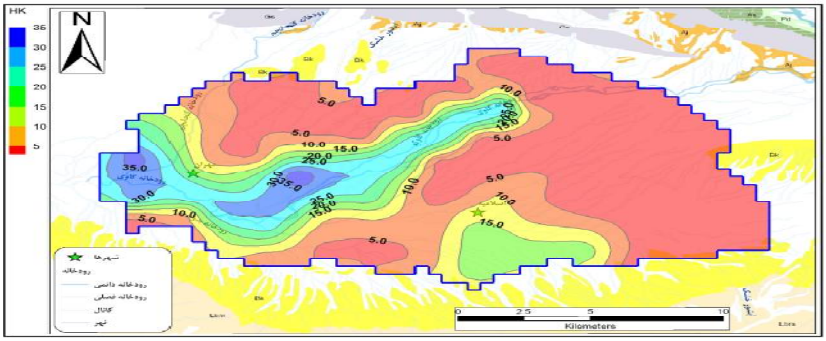
تأمین موقت آب از طریق رودخانه کنجانچم

همان‌طور که پیشتر عنوان شد، در شمال شهرک اسلامیه حدود 675 هکتار سطح قطره‌ای برای باغات، 1500 هکتار سطح سنترپیوت، 430 هکتار سطح تلفیقی بین سنترپیوت‌ها و 550 هکتار سطح تلفیقی در طرح در نظر گرفته شده است. برای تأمین نیاز آبی به طور موقت برای زیرکشت بردن برخی از اراضی طرح گرمسیری استان ایلام در دشت مهران می‌توان امکان استفاده از منابع آب سطحی رودخانه کنجانچم موردبررسی قرار گرفت. برای تأمین نیاز آبی به طور موقت از طریق رودخانه کنجانچم باتوجه‌به میزان مساحت و نوع محصول در اراضی شمال شهرک اسلامیه 3 گزینه تعریف گردیده که شرح این گزینه‌ها در جدول 7 ارائه شده است.

جدول 7- گزینه‌های تعریف شده برای تامین نیاز آبی به‌طور موقت از طریق رودخانه کنجانچم

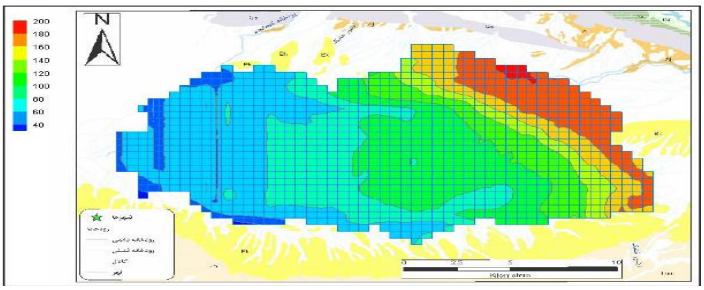
شماره گزینه	شرح گزینه
1	آورد: سه سال منتهی به 92-91 با آبدهی متوسط سالانه 95.45 میلیون‌مترمکعب اراضی وضع موجود: 3800 هکتار از اراضی کنجانچم با روش آبیاری سطحی و محصول گندم با نیاز سالانه 42.4 میلیون‌مترمکعب اراضی توسعه: 675 هکتار انگور با روش آبیاری قطره‌ای با نیاز سالانه 4.91 میلیون‌مترمکعب و 1500 هکتار گندم با روش آبیاری بارانی با نیاز سالانه 8.66 میلیون‌مترمکعب
2	آورد: سه سال منتهی به 92-91 با آبدهی متوسط سالانه 95.45 میلیون‌مترمکعب اراضی وضع موجود: 3800 هکتار از اراضی کنجانچم با روش آبیاری سطحی و محصول گندم با نیاز سالانه 42.4 میلیون‌مترمکعب اراضی توسعه: 500 هکتار انگور با روش آبیاری قطره‌ای با نیاز سالانه 3.64میلیون‌مترمکعب و 1000 هکتار گندم با روش آبیاری بارانی با نیاز سالانه 5.77 میلیون‌مترمکعب
3	آورد: سه سال منتهی به 92-91 با آبدهی متوسط سالانه 95.45 میلیون‌مترمکعب اراضی وضع موجود: 3800 هکتار از اراضی کنجانچم با روش آبیاری سطحی و محصول گندم با نیاز سالانه 42.4 میلیون‌مترمکعب اراضی توسعه: 500 هکتار انگور با روش آبیاری قطره‌ای با نیاز سالانه 3.64 میلیون‌مترمکعب و 500 هکتار گندم با روش آبیاری بارانی با نیاز سالانه 2.89 میلیون‌مترمکعب

دشت مهران دشتی است که در بالادست آن رودخانه‌ها و مخروط افکنه‌هایی وجود دارد و بافت خاک درشت‌دانه است و به‌تدریج به سمت خروجی دشت، ذرات خاک ریزدانه می‌شوند. اصولاً میزان هدایت هیدرولیکی در مناطق درشت‌دانه بالا و در مناطق ریزدانه پایین می‌باشد. همان‌طور که در شکل 3 ملاحظه می‌گردد، توزیع مقادیر واسنجی شده عامل هدایت هیدرولیکی در محدوده مدل‌سازی دشت مهران برحسب متر در روز نشان داده است. مطابق شکل 3، میزان هدایت هیدرولیکی در قسمت خروجی دشت زیاد (مقادیر 30-35 متر در روز) و در قسمت‌های درشت‌دانه کم (مقادیر 5-10 متر در روز) می‌باشد. همچنین، در منطقه بان‌رحمان باوجود بافت درشت‌دانه و آبرفتی، میزان هدایت هیدرولیکی آن کمتر از منطقه خروجی دشت با بافت ریزدانه و حدود 15-20 متر در روز می‌باشد. به نظر می‌رسد که این مقادیر باتوجه‌به ساختار دشت مهران و بافت خاک آن در قسمت‌های مختلف دشت و موقعیت رودخانه‌ها و مخروط‌افکنه‌های محدوده دشت، نیازمند بررسی مجدد است.



شکل3- توزیع مقادیر واسنجی شده هدایت هیدرولیکی در محدوده مدل دشت مهران (متردرروز)

هندسه آبخوان از مشخصات مهم یک آبخوان است. مورفولوژی سنگ کف آبخوان از روی هندسه آبخوان قابل‌درک می‌باشد. شکل 4 تراز سنگ کف آبخوان دشت در گزارش مطالعات تعیین سقف کف‌شکنی دشت مهران را نشان می‌دهد. کمترین تراز سنگ کف در مطالعات مدل منابع آب زیرزمینی معادل 40 متر از سطح دریا و کمترین تراز سنگ کف 40- متر از سطح دریا می‌باشد که وجود اختلاف 80 متری در تراز سنگ کف باوجود اطلاعات یکسان، سؤال‌برانگیز و مورد ابهام است. همچنین، شکل دشت مهران کاسه مانند و به لحاظ زمین‌شناسی حالت ناودیس دارد و این در حالی است که در هندسه آبخوان مورداستفاده در مدل این‌گونه نمی‌باشد.



شکل 4- تراز سنگ کف آبخوان دشت مهران – مورداستفاده در مدل منابع آب زیرزمینی

در ابتدای دشت مهران، بافت خاک درشت‌دانه و در نواحی مرکزی و خروجی بافت خاک ریزدانه است. از طرفی باتوجه‌به ارتفاع بالاتر و بارندگی بیشتر در ابتدای دشت نسبت به نواحی مرکزی و خروجی دشت که ارتفاع و بارندگی کمتری دارد، انتظار می‌رود که مقدار تغذیه در نواحی ابتدایی بیشتر از نواحی مرکزی و خروجی دشت باشد؛ ولیکن مطابق آنچه که در شکل 4 ملاحظه می‌گردد، عکس این موضوع در مدل اتفاق افتاده است. یعنی در نواحی مرکزی و خروجی دشت میزان تغذیه بیشتر از نواحی ابتدایی است که یکی از دلایل آن می‌تواند به محاسبه هدایت هیدرولیکی مربوط باشد.

اصلاح خاک محدوده طرح

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، پس از انجام بررسی‌های لازم و بازدیدهای صحرایی، بخشی از اراضی محدوده طرح به دلیل مشکلات خاک‌شناسی و فقدان کیفیت مناسب از طرح حذف گردید. بر اساس مباحث مطروحه در مطالعات مهندسی ارزش، اصلاح یا تعویض خاک به‌عنوان یکی از راهکارهای قابل‌بررسی به‌منظور بهبود و تقویت خاک ضعیف منطقه در اراضی مشکل‌دار (که شناسایی دقیق آن‌ها پس از انجام مطالعات تفصیلی خاک‌شناسی منطقه میسر خواهد شد) قابل‌توجه و بررسی است. مطابق بررسی‌های صورت‌گرفته، باتوجه‌به شرایط محدوده طرح و تجارب قبلی در کشاورزی منطقه، یکی از روش‌های معمول بهبود کیفیت خاک در محدوده مهران، اضافه‌کردن ترکیب خاک رس و کود جهت تقویت خاک‌های فقیر منطقه است که در اینجا بدان اشاره می‌گردد: در این روش برای باغات در منطقه

رشد هر درخت، اضافه نمودن یک مترمکعب خاک اصلاح شده (1 x 1 x 1) و برای سطوح زراعی، اضافه کردن 20 تا 25 سانتی‌متر لایه خاک اصلاح شده، جهت بهبود و تقویت خاک پیشنهاد می‌گردد. این خاک ترکیبی از خاک رس (تهیه شده از منبع قرضه مناسب در محدوده طرح) و کود مناسب (کود حیوانی یا کود سبز) خواهد بود. هم‌چنین، به‌جای استفاده از کود سبز یا کود حیوانی، می‌توان در اراضی موردنظر برای یک سال زراعی اقدام به کاشت یونجه نمود و سپس با به‌هم زدن خاک، اصلاح و تامین مواد مغذی خاک را امکان‌پذیر ساخت. بدین منظور، شناسایی منابع قرضه مناسب جهت تعویض و جایگزینی خاک ضروری است. در ایده فوق پیشنهاد می‌گردد تا از منابع قرضه رس موجود در منطقه مهران جهت تامین خاک لازم برای اصلاح اراضی استفاده شود.

تناسب کیفی اراضی با لحاظ شرایط اقلیمی

نتایج نشان می‌دهد که در اغلب مناطق ایران محدودیت اقلیمی (میزان بارندگی) مهم‌ترین محدودیت در تولید محصولات دیم است و محصولات آبی به علت تأمین بخشی از آب آبیاری در وضعیت مناسب‌تری قرار می‌گیرند. همچنین محدودیت‌های موجود در کشور ایران در بسیاری از مواقع شامل محدودیت شوری و قلیائیت، pH، گچ و آهک و زهکشی می‌باشد. یکی از علل اصلی سرعت فرسایش زیاد و عدم حفظ منابع طبیعی و اراضی کشاورزی ایران، عدم ارزیابی تناسب اراضی با کشت مربوطه در این اراضی می‌باشد. روش فائو از میان سایر روش‌های تناسب اراضی تقریباً بیشترین کاربرد را در کشورهای درحال‌توسعه دارد. مطالعات تناسب اراضی بر مبنای روش فائو با استفاده از خصوصیات اراضی و تطبیق آن‌ها با جداول نیازهای گیاهی و تعدیل و تصحیح با شرایط منطقه موردمطالعه انجام می‌شود. در این روش برای تیپ‌های بهره‌وری مختلف، نتایج مطالعات اقلیم و خاک با هم تلفیق شده و در نهایت تناسب واحدهای اراضی برای محصولات مختلف مشخص می‌شود. ارزیابی تناسب اراضی به‌عنوان ارائه‌دهنده اصول صحیح استفاده از اراضی از اهمیت زیادی برخوردار است. تناسب اراضی اختصاص‌دادن زمین به مناسب‌ترین تیپ بهره‌برداری از زمین است. متأسفانه در کشور ما تاکنون توجه زیادی در بخش کشاورزی به این مقوله مهم نشده است. ارزیابی اراضی عکس‌العمل زمین را در قبال بهره‌وری‌های ممکن تعیین می‌کند. به کمک ارزیابی اراضی، رابطه بین زمین و انواع بهره‌وری مختلف مشخص می‌گردد و بر اساس این رابطه می‌توان به نوع استفاده مناسب و تخمینی از میزان نهاده‌های ورودی لازم و اطلاعات خروجی حاصل پی برد. در همین راستا و باهدف ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای کشت‌های متداول منطقه در اراضی دشت‌های مهران و دهلران واقع در استان ایلام، ارزیابی تناسب کیفی اراضی محدوده طرح و تعیین الگوی کشت نهایی بر مبنای آن پیشنهاد می‌شود.

مسائل اجتماعی و نظام بهره‌برداری گستره طرح

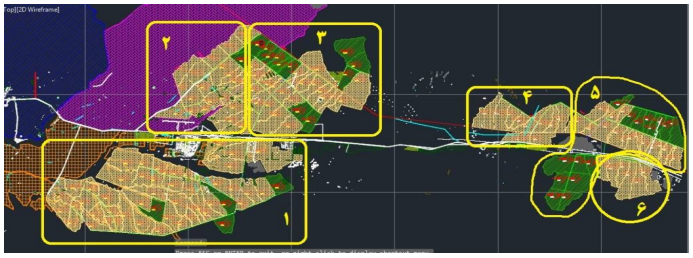
با عنایت به ویژگی‌های خاص منطقه مهران و مطالعات و بررسی‌های صورت‌گرفته در خصوص نوع مالکیت، بافت اجتماعی- اقتصادی و توان مشارکت‌پذیری و توانمندی‌های کشاورزان، عشایر و سایر نیروهای کار موجود متناسب با الزامات طرح سامانه گرمسیری، دو نوع نظام بهره‌برداری مدرن را در منطقه مهران به شرح زیر پیشنهاد نموده است: الف) سهامی زراعی (اراضی مرتعی بدون بهره‌برداری زراعی) ب) تعاونی تولید (اراضی دارای مالکیت و بهره‌برداری زراعی) که باتوجه‌به قوانین موجود در راستای ایجاد نظام‌های بهره‌برداری دو نوع تشکل در اراضی دارای مالکیت و فاقد مالکیت خصوصی بایستی ایجاد نمود:

الف) اراضی دارای مالکیت (جنوب شهرک - حدود 3000 هکتار و اراضی شمال شهرک اسلامیه- حدود700 هکتار)

ب) مابقی اراضی محدوده که جزو اراضی منابع طبیعی بوده و فاقد مالکیت خصوصی هستند.

به‌غیراز دسته اول اراضی کشاورزی (دارای مالکیت) که به‌صورت آبی کشت می‌شوند، دسته دوم مراتع و یا اراضی ملی هستند که در اطراف روستاهای بان‌رحمان، چالاب، چنگوله و دول گل قرار داشته و دارای حقوق عرفی می‌باشند و بر اساس قانون، قابلیت واگذاری به دامداران ذی‌حق را دارا هستند. به عبارتی این مراتع چون دارای دامداران ساکن و عشایر ذی‌حق بوده که سال‌هاست در فصل قشلاق از این مراتع برای چرای دام‌ها بهره‌برداری می‌کنند، باید برای مدیریت بهینه آن‌ها واجد طرح بهره‌برداری شده و در قالب این طرح‌ها به بهره‌برداران ذی‌نفع واگذار شود تا تعادل بین دام، علوفه و سایر نهاده‌ها با زمین، نیروی انسانی و منابع مالی، مطابق طرح برقرار شود؛ به‌نحوی‌که استفاده بهینه از کلیه منابع به دست آید، بدون آنکه آسیبی به پوشش گیاهی و خاک وارد گردد. در طرح‌های مرتع‌داری دامداران برای استفاده متعادل و عادلانه از مرتع قادرند که با

سایر دامداران ذی‌حق اقدام به ایجاد تشکل یا تعاونی مرتع‌داری کنند. ایجاد تشکل مرتع‌داری مانند انجمن یا تعاونی به آنان این توانمندی را خواهد بخشید که آن‌ها با همیاری و مشارکت یکدیگر مدیریت بهره‌برداری از تمامی نهاده‌های موجود در مرتع مانند زمین، آب، منابع انسانی و مالی را برای استفاده بهینه و پایدار از کلیه منابع موجود به دست آورند. ایجاد تعاونی یا تشکل بهره‌برداری از کل منابع موجود در مرتع این امکان را برای دامداران ذی‌حق مهیا می‌کند که آنان در چارچوب قوانین موجود حق بهره‌برداری بلندمدت از این مراتع و منابع آن را به دست آورده و مدیریت مرتع را بر اساس طرح تصویب شده انجام داده و منافع بلندمدت خویش را تأمین نمایند؛ لذا مدیریت آب تأمین شده از سوی دولت برای اراضی مستعد این مراتع نیز می‌تواند یکی از منابع این مرتع محسوب شده و دامداران همانند مدیریت اراضی مرتعی، مدیریت شبکه آبیاری و زهکشی آن بخش از اراضی این مراتع را نیز در قالب همان تشکل یا تعاونی تشکیل شده، مدیریت نمایند و یا اینکه به‌صورت جداگانه برای بهره‌برداری از شبکه آبیاری و زهکشی طراحی شده برای اراضی مستعد در این مرتع اقدام به ایجاد تشکل آب‌بران جداگانه نمایند. شکل 5 محدوده تشکل‌های پیشنهادی دشت مهران را نشان می‌دهد.



شکل 5- محدوده تشکل‌های پیشنهادی دشت مهران

در جدول 8 پیشنهادات مطالعات مهندسی ارزش در ارتباط با مسایل اجتماعی و نظام بهره‌برداری ارائه گردیده است.

جدول 8- پیشنهادات مطالعات مهندسی ارزش در ارتباط با "مسایل اجتماعی و نظام بهره‌برداری"

ردیف	شرح ایده
1	ظرفیت‌سازی در بخش خصوصی برای پشتیبانی از تولید کشاورزی
2	ایجاد شرکت‌های سهامی زراعی و جداسازی فرایند بهره‌برداری
3	تأمین مالی ارکان تعاونی‌ها یا شرکت‌ها از سوی دولت تا زمان تولید
4	ایجاد شرکت‌های سهامی زراعی در اراضی مهران باتوجه‌به وجود عشایر و دامداران و ایجاد سهم بری به‌جای مالکیت
5	تهیه دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری باتوجه‌به ویژگی‌های منطقه
6	لزوم تعیین تکلیف مسائل اجتماعی و نظام بهره‌برداری پیش از اتمام اجرای طرح
7	فراخوان جذب سرمایه‌گذاری و شرکت‌های بهره‌برداری با درنظرگرفتن سیاست‌های تشویقی نظیر معافیت مالیاتی و...
8	تعیین تکلیف وضعیت خروج دام
9	تعیین نحوه تأمین مالی شرکت‌های زراعی
10	تعیین حدنصاب فنی و اقتصادی شرکت‌های زراعی
11	مشخص نمودن وضعیت بازگشت عشایر در زمان قشلاق
12	تعیین تکلیف وضعیت عشایر بهره‌بردار مراتع پس از تحویل پروانه چرا
13	تأمین امنیت اراضی که در آن‌ها طرح اجرا می‌شود؛ اما فاقد تشکل هستند
14	استفاده از سرمایه‌گذار بخش خصوصی برای اراضی فاقد مالکیت که طرح شامل آن‌ها شده است

وزن‌دهی معیارهای ارزیابی

در مطالعات مهندسی ارزش «شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی اراضی پایاب سامانه گرمسیری استان ایلام (دشت‌های مهران و دهلران)» پس از بازبینی و تدقیق معیارهای ارزیابی تعیین شده در گام پیش مطالعه، در نهایت 9 معیار کیفی منتخب، با استفاده از نظر نخبگان وزن‌دهی شدند. روش مورداستفاده برای وزن‌دهی معیارها، روش مقایسه زوجی (AHP) و ابزار به‌کار رفته، جداول از پیش طراحی شده برای سهولت وزن‌دهی نخبگان بوده است. براساس نظرات نخبگان، معیارهای «تامین مطمئن آب (کمی و کیفی)»، «رعایت مسایل زیست‌محیطی» و «افزایش بهره‌وری» به ترتیب با 14، 12/6 و 12/5 درصد از مجموع وزن معیارها، بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند. جدول شماره 9 نتایج وزن‌دهی معیارهای ارزیابی طرح را نمایش می‌دهد.

جدول 9- نتایج معیارهای ارزیابی طرح

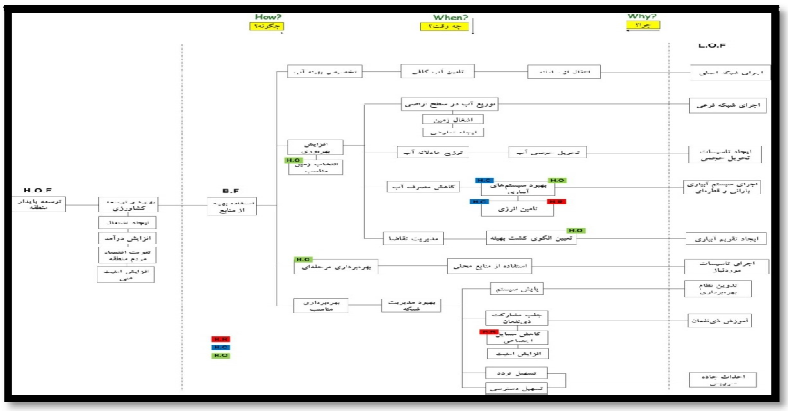
ردیف	معیار ارزیابی	امتیاز	درصد
1	تأمین مطمئن آب (کمی و کیفی)	604	14/0
2	رعایت مسائل زیست‌محیطی	543	12/6
3	افزایش بهره‌وری	541	12/5
4	کاهش مسائل اجتماعی (افزایش مشارکت مردمی)	524	12/1
5	افزایش ایمنی، مدیریت ریسک و پدافند غیرعامل	510	11/8
6	سهولت بهره‌برداری و نگهداری	455	10/5
7	افزایش انعطاف‌پذیری طرح	418	9/7
8	کاهش زمان اجرا و شروع زودتر بهره‌برداری	363	8/4
9	سهولت اجرا	362	8/4
	جمع	4320	100

نتایج تحلیل کارکرد

پس از اتمام فاز اطلاعات، فاز تحلیل کارکرد انجام شد. استخراج فهرست اجزای پروژه شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی سامانه گرمسیری استان ایلام، استخراج کارکردهای مثبت و منفی هر یک از اجزا و در نهایت ترسیم نمودار FAST «پروژه شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی اراضی پایاب سامانه گرمسیری استان ایلام»، مراحل دستیابی به کارکردهای مهم پروژه را تشکیل می‌دهند. اجزای اصلی این پروژه در محدوده مطالعات مهندسی ارزش شامل عوامل سامانه گرمسیری، شبکه اصلی، شبکه فرعی، اراضی (زراعی و باغی)، آبخوان، تجهیزات برقی، روش‌های آبیاری، نظام بهره‌برداری، مخازن ذخیره (سد کنجانچم) و طرح کل می‌باشد.

ترسیم نمودار FAST

پس از تعیین کارکردها، ارتباط این کارکردها به‌صورت نمودار تحلیل کارکرد زیرساختی ترسیم گردید. هدف از ترسیم این نمودار، شناخت رابطه بین کارکردها و نیز شناسایی راه‌حل‌های دیگر منتهی به دستیابی به یک کارکرد مشخص است. استاندارد نحوه قرارگیری کارکردها در کنار یکدیگر در پاسخ به دو پرسش «چگونه؟» از چپ به راست و پرسش «چرا؟» از راست به چپ و مطابق نمودار شکل 6 خواهد بود. پس از ترسیم نمودار، استخراج کارکردهای دارای هزینه بالا، ریسک بالا و نیز فرصت بالا برای ایده‌پردازی در فاز خلاقیت، مدنظر قرار گرفت.



شکل6. نمودار تحلیل کارکرد زیرساخت (FAST) پروژه

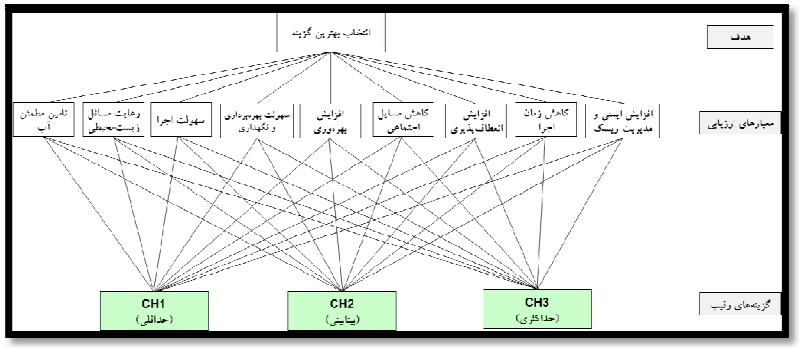
بر اساس جمع‌بندی نظر نخبگان، 6 کارکرد «تعیین الگوی کشت بهینه»، «بهبود روش‌های آبیاری»، «انتخاب زمین مناسب»، «بهره‌برداری مرحله‌ای»، «نظام بهره‌برداری و مسایل اجتماعی» و «کل طرح»، به‌عنوان کارکردهای منتخب جهت فاز خلاقیت و ایده‌پردازی انتخاب شدند. کارکردهای منتخب به شرح جدول 10 ارایه شده است. همچنین به‌منظور سهولت امر آدرس‌دهی در فاز خلاقیت یک کد متناسب با عنوان هر کارکرد، به آن اختصاص داده شد.

جدول10- کد و عنوان کارکردهای منتخب طرح

ردیف	کد کارکرد	عنوان کارکرد
1	CP	تعیین الگوی کشت بهینه
2	IS	بهبود روش‌های آبیاری
3	LS	انتخاب زمین مناسب
4	SO	بهره‌برداری مرحله‌ای
5	SM	نظام بهره‌برداری و مسائل اجتماعی
6	OS	کل طرح

وزن‌دهی و مقایسه گزینه‌های پیشنهادی به روش AHP

در مطالعات مهندسی ارزش پروژه گرمسیری، درخت سلسله‌مراتب تصمیم به‌صورت زیر (شکل 7) ایجاد شد و سپس با همفکری و مشارکت اعضای تیم، معیارهای ارزیابی تدقیق و نهایی گردیده و به روش AHP وزن‌دهی گردید.



شکل 7- درخت سلسله‌مراتب تصمیم مطالعات مهندسی ارزش پروژه گرمسیری

جدول 11 اولویت‌بندی معیارهای ارزیابی براساس نتایج وزن‌دهی به روش AHP را نشان می‌دهد.

جدول11- اولویت‌بندی معیارهای ارزیابی بر اساس نتایج وزن‌دهی به روش AHP

ردیف	معیار ارزیابی	درصد
1	تأمین مطمئن آب (کمی و کیفی)	14/0
2	رعایت مسائل زیست‌محیطی	12/6
3	افزایش بهره‌وری	12/5
4	کاهش مسائل اجتماعی (افزایش مشارکت مردمی)	12/1
5	افزایش ایمنی، مدیریت ریسک و پدافند غیرعامل	11/8
6	سهولت بهره‌برداری و نگهداری	10/5
7	افزایش انعطاف‌پذیری طرح	9/7
8	کاهش زمان اجرا و شروع زودتر بهره‌برداری	8/4
9	سهولت اجرا	8/4
	جمع	100

همان‌طور که در جدول فوق ملاحظه می‌گردد، بر اساس نظرات تیم مهندسی ارزش، معیارهای «تأمین مطمئن آب (کمی و کیفی)»، «رعایت مسائل زیست‌محیطی» و «افزایش بهره‌وری» به ترتیب با 14، 12/6 و 12/5 درصد از مجموع وزن معیارها، بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس تحلیل‌های صورت‌گرفته در این تحقیق، مهم‌ترین اهداف پروژهٔ شبکهٔ اصلی و فرعی آبیاری اراضی پایاب سامانه گرمسیری در استان ایلام کنترل و جلوگیری از خروج آب رودخانه‌های مرزی کشور و تدارک امکانات و تسهیلات زندگی و ایجاد اشتغال جهت جلوگیری از مهاجرت از منطقه تشخیص داده شد. بر اساس نتایج حاصل معیارهای «تأمین مطمئن آب (کمی و کیفی)»، «رعایت مسائل زیست‌محیطی» و «افزایش بهره‌وری» به ترتیب با 14، 12/6 و 12/5 درصد از مجموع وزن معیارها، بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند. در این تحقیق بر اساس جمع‌بندی نظر نخبگان، 6 کارکرد «تعیین الگوی کشت بهینه»، «بهبود روش‌های آبیاری»، «انتخاب زمین مناسب»، «بهره‌برداری مرحله‌ای»، «نظام بهره‌برداری و مسائل اجتماعی» و «کل طرح» به‌عنوان کارکردهای منتخب جهت فاز خلاقیت و ایده‌پردازی انتخاب شدند. در زمینهٔ دستهٔ آب سه ایدهٔ استفاده از مطالعات برنامه‌ریزی منابع آب منطقه جهت شناسایی راهکارهای تأمین آب موقت طرح، اولویت‌بندی اجرا بر اساس توان منابع آب موجود و بررسی امکان بهره‌برداری تلفیقی منابع آب سطحی و زیرزمینی در کل شبکه برای فاز توسعه انتخاب شدند. در دستهٔ خاک و تناسب اراضی سه ایدهٔ اصلاح محدودیت‌های خاک در اراضی مشکل‌دار (سنگلاخی و...)، تخصیص آب به اراضی مناسب و باکیفیت بیشتر برای کشت باهدف انجام تمهیدات جهت بهبود طرح و شناخت محدودیت‌های خاک و تعیین الگوی کشت بر مبنای آن (تناسب کیفی اراضی با لحاظ شرایط اقلیمی) برای فاز توسعه انتخاب شدند. در دستهٔ آب زیرزمینی، سه ایدهٔ تهیه مدل آب زیرزمینی محدوده طرح باتوجه‌به واقعیت‌های منطقه، بررسی امکان بهره‌برداری تدریجی با استفاده از منابع آب زیرزمینی، بررسی وضعیت سفره‌های آب زیرزمینی مرزی غرب کشور و برآورد حجم آب خروجی و بررسی امکان استحصال و جلوگیری از خروج آن برای فاز توسعه انتخاب شدند. در نهایت بر اساس نظرات تیم مهندسی ارزش، معیارهای «تأمین مطمئن آب (کمی و کیفی)»، «رعایت مسائل زیست‌محیطی» و «افزایش بهره‌وری» به ترتیب با 14، 12/6 و 12/5 درصد از مجموع وزن معیارها، بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند.

منابع

بیات، م. ح. و قره، س. 1397، بررسی میزان تأثیر مدیریت ریسک در کارایی مدیریت پروژه‌های صنعت ساخت با استفاده از مهندسی ارزش، نشریه علمی پژوهش در مهندسی عمران و معماری ایران، دوره: 9، شماره: 2.

پاک، پ. و خسروی پور، ب. و غنیان، م. 1396، بهبود مدیریت آبیاری با رویکرد مهندسی ارزش، نشریه علمی پژوهش در مهندسی عمران و معماری ایران، دوره: 2، شماره: 7.

شکیبا زاهد، ه. و رحمانیان، د. 1393، بررسی قابلیت اجرای نشریه 290 (پیشنهاد تغییر با نگاه مهندسی ارزش) مطالعه موردی پروژه آبیاری و زهکشی، کنفرانس ملی مهندسی ارزش و مدیریت هزینه ،تهران، ایران.

علامتیان، الف. و سیفی عبدل‌آبادی، ف. 1397، تلفیق مهندسی ارزش مهندسی ریسک در پروژه های آبیاری تحت فشار نواحی گرم خشک، سیزدهمین سمپوزیوم بین المللی پیشرفت‌های علوم و تکنولوژی: سرزمین پایدار، مهندسی عمران و محیط زیست، مشهد، ایران.

Charles, Y.J., Cheah, S. and Kiong T., 2005. Appraisal of value engineering in construction in Southeast Asia, International Journal of Project Management, Volume 23, Issue 2, Pages 151-158.

Tohidi, H. 2010. Review the benefits of using value engineering in information technology project management, Procedia Computer Science, Volume 3.

Sahid, N., Safiki, A., Solikink M., Zainorizuank M. and Yee Yong, L. 2017. Alvin John Meng Siang L, Mohamad Hanifi O, Siti Nazahiyah R and Mohd Shalahuddin A. 2017. Building Design Variables Usage as a Tool of Value Engineering During Designing, MATEC Web of Conferences, 10.1051/matecconf/201710303019, 103, (03019).

بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی از منظر اسناد بالادستی

فاطمه سخی [1]، علی اکبر باغستانی [2]

[1] دانش آموخته دکتری اقتصادکشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، fatemesakhi@yahoo.com

[2] استادیار پژوهشی، موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصادکشاورزی و توسعه روستایی، تهران

چکیده

افزایش دما، افزایش تبخیر تعرق، بروز خشکسالی و تغییرات آب‌وهوایی سبب تشدید نگرانی‌ها در خصوص ناترازی‌های منابع آبی شده است. بخش کشاورزی به‌عنوان یکی از تقاضاکنندگان آب، تحت‌تأثیر محدودیت فزاینده آن قرار می‌گیرد. این نگران سبب شده است تا در سیاست‌های کلی و اسناد بالادستی تکالیفی برای مدیریت عرضه و تقاضای آب در نظر گرفته است. براین‌اساس، هدف این مطالعه بررسی تطبیقی سیاست‌ها و احکام اسناد بالادستی مرتبط با مصرف آب در بخش کشاورزی است. بدین منظور، با رهیافت توصیفی - تحلیلی و مطالعه اسناد برنامه هفتم توسعه، سند الگوی کشت ملی، سند ملی دانش‌بنیان امنیت غذایی، و سند آمایش سرزمین به استخراج مضامین آن‌ها در چارچوب بهینه‌سازی و مصرف آب و تطبیق‌پذیری این اسناد با یکدیگر پرداخته شد. در اسناد بررسی شده رهنمودهایی در خصوص محدودیت‌های آب برای مصارف کشاورزی، افزایش راندمان آبیاری و بهره‌وری آب، شیوه‌های نوین آبیاری، توسعه شیوه‌های تولید متراکم و گلخانه‌ای در مناطق کم آب کشور، تطبیق الگوی کشت در مناطق باتوجه‌به ظرفیت‌های آبی، درنظرگرفتن عوارض باارزش محصولات کشاورزی و غذایی پر آب‌بر صادراتی خلاف الگوی کشت و تأمین مالی طرح‌های عمرانی آب‌وخاک بر اساس تسهیلات بانکی ارائه شده است.

کلمات کلیدی: برنامه هفتم توسعه، سند ملی الگوی کشت، سند ملی آمایش سرزمین، سند دانش‌بنیان امنیت غذایی

مقدمه

محدودیت منابع آب تجدیدشونده کشور و تقاضای روزافزون آن در بخش‌های مختلف مصرف، به‌ویژه کشاورزی؛ اهمیت و حساسیت مدیریت منابع آب کشور را افزایش داده و این حساسیت به‌ویژه در دوره‌های خشکسالی به دلیل افزایش تنش‌های اجتماعی و مدیریتی، نمود بیشتری پیدا کرده است. کمبود آب علاوه بر اینکه امنیت غذای کشور را تهدید می‌کند، به‌شدت تنوع زیستی را در اکوسیستم‌های آبی و خاکی کاهش می‌دهد. طبق محاسبات و اعلام وزارت نیرو ظرفیت «آب قابل‌برنامه‌ریزی کشور» حدود 77 میلیارد مترمکعب در سال (آب سطحی حدود 40 و منابع آب زیرزمینی 37 میلیارد مترمکعب) است. در سند الگوی کشت ملی سیاست‌گذاری شده است که کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی در حد 13 میلیارد مترمکعب در سال نسبت به وضع موجود باشد و در برنامه‌های بعدی تا 37 میلیارد مترمکعب در سال نسبت به وضع موجود ازدیاد یابد (نیکوئی و همکاران، 1402). توجه به این نکته حائز اهمیت است که تنها بخشی از منابع آب‌های موجود و در دسترس، تجدیدپذیر بوده و بخش قابل‌ملاحظه‌ای از منابع آب که از طریق آبخوان‌ها برداشت می‌شوند، تجدیدناپذیر هستند. از طرف دیگر، توزیع زمانی و مکانی منابع آب در سطح زمین نیز متوازن نیست (فهمی و همکاران،1399). بر اساس مطالعات سازمان همکاری اقتصادی و توسعه با تکنولوژی موجود، تقاضای آب تا سال2050، از افزایش 55 درصدی برخوردار خواهد بود. مصارف نادرست آب در بخش‌های مختلف و افزایش فشار بر منابع آب، امنیت آبی را تهدید کرده و استفاده کارا از منابع آب در بخش‌های

مختلف، از جمله کشاورزی می‌تواند موجب تقویت امنیت غذایی کشور باشد. با درنظرگرفتن ارتباط این دو، نیاز به برنامه‌هایی عملیاتی برای بهبود امنیت آبی کشور و کاهش تأثیرپذیری امنیت غذایی از اثرات کاهش منابع آب می‌باشد؛ بنابراین، باتوجه‌به محدود بودن منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی در کشور، افزایش بهره‌وری آب و استفاده بهینه از منابع آبی موجود در کلیه بخش‌ها از جمله بخش کشاورزی ضروری است.

وجه تمایز پژوهش انجام‌شده نسبت به مطالعات بررسی شده این است که تاکنون مطالعه‌ای تطبیقی از نوع سند پژوهشی بر اساس قوانین و اسناد بالادستی با توجه ویژه به جایگاه بخش کشاورزی و مدیریت مصرف نهاده آب در این بخش انجام نشده است. از مطالعات قبلی برای مثال می‌توان به مطالعات شعبانی روچی و همکاران (1402) با برآورد میزان صرفه‌جویی در مصرف آب در شرایط تشکیل بازار آب و بررسی آثار رفاهی آن در دشت هشتگرد استان البرز؛ دشتی و همکاران (1402) با تعیین الگوی بهینه کشت محصولات عمده زراعی دشت مرند با تأکید بر بهره‌برداری پایدار از منابع آب؛ بافکار و همکاران (1395) در خصوص بهینه‌سازی مصرف آب بخش کشاورزی با استفاده از نتایج یک مدل شبیه‌سازی رشد گندم، جو و ذرت در ماهیدشت؛ و باریکانی و همکاران (1390) با بررسی بهره‌برداری بهینه پایدار از منابع آب زیرزمینی در زیربخش زراعت دشت قزوین، اشاره داشت. ازاین‌رو، باتوجه‌به جدید بودن موضوع این تحقیق و اهمیت مصرف آب در اسناد کشور، هدف اصلی از نگارش این تحقیق، بررسی تطبیقی سند پژوهی بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی است.

مواد و روش‌ها

در تحقیق پیشرو، با استفاده از رویکردی توصیفی- تحلیلی و بامطالعه تطبیقی اسناد کتابخانه‌ای به تحلیل و بررسی احکام و تکالیف مرتبط با بهینه‌سازی مصرف آب پرداخته شده است. اسناد مورداستفاده در این تحقیق، اسناد منتشر شده برنامه هفتم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی مصوب مجلس شورای اسلامی در مورخ 1403/4/2، سند ملی دانش‌بنیان امنیت غذایی[1] مصوب شورای‌عالی انقلاب‌فرهنگی در مورخ 1402/02/12، ویراست نهایی برنامه الگوی کشت ملی محصولات کشاورزی (سال زراعی 1403-1402)[2] سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (تات) در مورخ 1401/07/19 و سند آمایش سرزمین بخش آب می‌باشد.

نتایج و بحث

در این بخش به تشریح قوانین و احکام مرتبط با آب در بخش کشاورزی در اسناد بالادستی پرداخته شده است.

«قانون برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران» مصوب جلسه مورخ 1403/3/1 مجلس شورای اسلامی، در تاریخ 1403/4/2 موافق با مجمع تشخیص مصلحت نظام تشخیص ابلاغ شد.

سنجه عملکردی مرتبط با آب در فصل (7) برنامه هفتم توسعه با عنوان «امنیت غذایی و ارتقای تولید محصولات کشاورزی» در ماده 32، مطابق با احکام این فصل در جدول (1) آمده است.

---

[1] سند ملی دانش‌بنیان امنیت غذایی در جلسه 881 مورخ 1402/02/12 شورای عالی انقلاب فرهنگی و بر اساس مصوبه جلسات 166 و 167 مورخ 1401/06/15و 1401/07/12 شورای ستاد راهبری اجرای نقشه جامع علمی کشور به تصویب رسیده است. ارکان امنیت غذایی شامل زنجیره به هم‌پیوسته‌ای از «فراهمی غذا»، «دسترسی به غذا»، «مصرف و سلامت غذا» و «تاب‌آوری (ثبات و پایداری)» است.

[2] در دولت سیزدهم با تصویب قانون بودجه سال 1401 کل کشور که در جلسه علنی مورخ 1400/12/25 مجلس شورای اسلامی به تصویب رسید، بر اساس بند (ب) تبصره 8 این قانون، وزارت جهاد کشاورزی مکلف به ابلاغ الگوی کشت کشور برای سال زراعی 1402-1401 شد و نسبت به تدوین و ابلاغ برنامه الگوی کشت محصولات کشاورزی برای استان‌های کشور (31+1)، اقدام نمود.

جدول 1- سنجه عملکردی بخش آب در فصل 7 برنامه توسعه هفتم

سنجه عملکردی	واحد متعارف	هدف کمّی
توسعه و ایجاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی درجه 3 و 4 در پایاب سدها و احداث آبراهه(کانال)های عمومی و انتقال آب کشاورزی با لوله	هزار هکتار (سالانه)	70
استقرار سامانه‌های نوین آبیاری (تحت‌فشار) در اراضی کشاورزی	هزار هکتار (سالانه)	200
استقرار سامانه‌های نوین آبیاری زیرسطحی هوشمند با کاهش مصرف آب کشاورزی تا 50 درصد و بهره‌وری تولید 1/5 برابر	هزار هکتار (سالانه)	150
تجهیز و نوسازی و زهکشی اراضی	هزار هکتار (سالانه)	60
احیا، مرمت و بازسازی و لایروبی قنوات	هزار کیلومتر (سالانه)	3
اجرای عملیات آبخیزداری و آبخوان‌داری	میلیون هکتار (در پایان برنامه)	20

منبع: برنامه هفتم توسعه

بر اساس ماده 33، بند (ت) فصل 7 از برنامه توسعه هفتم موارد زیر مطرح است:

بهره‌برداری از سامانه کشاورزی هوشمند پیشرفته آبیاری زیرسطحی (طرح نهاد پیشران)، به‌منظور کاهش حداقل پنجاه‌درصد (50%) مصرف آب در کشاورزی؛

تعرفه آب مصرفی کشت‌های گلخانه‌ای در نواحی و شهرک‌های کشاورزی، نهالستان‌ها و ایستگاه‌های تولید بذر و نهال و بوستان‌های جنگلی سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور فارغ از هر منبع تأمین به نرخ مصوب فعالیت‌های کشاورزی محاسبه می‌گردد و مجتمع‌ها و شهرک‌های کشاورزی از مزایای مندرج در ماده (81) قانون الحاق برخی مواد به قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت (2) بهره‌مند می‌شوند.

نسبت به صرفه‌جویی سالانه یک درصد (1%) از مصارف کشاورزی آب‌های زیرزمینی از طریق کشت ارقام مقاوم به خشکی و شوری و توسعه روش‌های شوروزی در مناطق مستعد ساحلی کشور اقدام نماید.

همچنین در اجرای ماده 37، بند (7) سیاست‌های کلی برنامه پنجساله هفتم و به‌منظور تحقق اهداف کمّی زیر مطابق با احکام فصل هشتم «نظام مدیریت یکپارچه منابع آب» اقدام می‌شود:

جدول 2- اهداف کمّی سنجه‌های عملکردی نظام مدیریت یکپارچه منابع آب بر مبنای سال آبی 1401

سنجه عملکردی	واحد متعارف	هدف کمّی در پایان برنامه
تأمین از منابع آب سطحی	میلیارد مترمکعب	43/4
تأمین از منابع آب زیرزمینی	میلیارد مترمکعب	36/7
تأمین از منابع آب‌های نامتعارف (آب دریا و پساب)	میلیارد مترمکعب	1/774
کشاورزی	میلیارد مترمکعب	65
شرب	میلیارد مترمکعب	9/2
صنعت	میلیارد مترمکعب	3/7
جبران تراز آب	میلیارد مترمکعب	15
حقابه محیط‌زیست	میلیارد مترمکعب	10/7

منبع: برنامه هفتم توسعه

ماده 38، بند (پ): طی سال‌های اجرای این قانون به‌منظور تقویت و حفظ منابع آبی کشور وزارت امور اقتصادی و دارایی (گمرک جمهوری اسلامی ایران) مکلف است، سالانه نیم درصد (5/0%) از ارزش محصولات کشاورزی و غذایی پر آب‌بر صادراتی خلاف الگوی کشت را به‌عنوان عوارض، أخذ و هر سال نیم درصد (5/0%) به این عوارض اضافه نماید تا در پایان سال پنجم میزان آن به دو و نیم درصد (2/5 %) برسد. هفتاد درصد (70%) درآمد حاصل از اجرای این بند به‌منظور احیای قنوات، افزایش بهره‌وری آب و محصولات کشاورزی، اجرای طرح (پروژه)های آبخیزداری و الگوی کشت در اختیار وزارت جهاد کشاورزی و سی درصد (30%) مابقی به‌منظور نصب شمارشگر (کنتور)های هوشمند چاه‌های آب کشاورزی در اختیار وزارت نیرو قرار می‌گیرد.

ماده 39- به‌منظور اصلاح الگوی مصرف بهینه آب و ارتقای بهره‌وری، اقدامات زیر انجام می‌شود:

ت- شرکت‌های کشت و صنعت و اشخاص حقیقی و حقوقی دارای اراضی آبی ده هکتار و بیشتر، اعم از پیوسته و ناپیوسته، مکلف‌اند به‌منظور افزایش بهره‌وری آب کشاورزی، شبکه‌های آبیاری نوین (سطحی و یا زیرسطحی) اراضی خود را تا پایان سال دوم برنامه با حمایت‌های مصوب هیئت وزیران اجرا نمایند. در صورت عدم اجرا، از ابتدای سال سوم برنامه، آب‌بهای شرکت‌ها و اشخاص حقیقی و حقوقی مزبور، به بالاترین نرخ آب کشاورزی منطقه اخذ می‌شود.

ماده 40- به‌منظور حفظ منابع آبی، تعادل‌بخشی و مهار افت سطح آب‌های زیرزمینی و جلوگیری از اضافه برداشت از منابع آبی کشور اقدامات زیر انجام می‌شود:

ت- وزارت نیرو با هماهنگی وزارت جهاد کشاورزی مکلف است:

1- ظرف یک‌سال از لازم‌الاجرا شدن این قانون، نسبت به استقرار مدیریت مشارکتی آب با ایجاد یا تقویت تشکل‌های بهره‌برداران موضوع ماده (5) قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی مصوب 1389/4/23 در هریک از آبخوان‌های کشور اقدام نماید.

مرور اسناد فرادست و همچنین مستندات قانونی مربوط به بهره‌برداری از منابع آب و توسعه این بخش نشان می‌دهد که تاکنون قوانین متعددی برای این بخش تصویب شده که اهم آنها در جدول (3) به شرح زیر است:

جدول 3- اهم محتوای اسناد بالادست و مستندات قانونی بخش آب در کشاورزی

اسناد بالادستی و مستندات قانونی	اهم محتوای سند/ اهم محتویات مواد قانونی
سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف (بند 8)	ارتقای بهره‌وری و نهادینه‌شدن مصرف بهینه آب در تمام بخش‌ها به‌ویژه بخش کشاورزی از طریق: سند ملی الگوی مصرف آب/ سیاست‌های تشویقی/ اصلاح الگوی کشت/ بازچرخانی آب/ تعادل بین منابع و مصارف آب.
قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی (مواد 24 تا 27)	برقی‌کردن چاه‌های آب کشاورزی؛ تعیین شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی؛ تحویل حجمی آب به بهره‌برداران بر اساس سند ملی آب، ظرفیت تحمل مجاز حوضه‌های آبریز و با درنظرگرفتن شرایط اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی؛ افزودن حداقل 15درصد متوسط بلندمدت نزولات آسمانی سالانه به حجم آب استحصالی کشور تا 1404؛ جبران 100 درصدی بیلان منفی آب‌های زیرزمینی دشت‌های کشور تا 1404.
راهبردهای مرتبط با آب در کشاورزی در مطالعه آمایش سرزمین دوره (1383-1377)	بند 22، توجه به محدودیت‌های آب برای مصارف کشاورزی؛ افزایش راندمان آب با استفاده از مهار آب، شیوه‌های مدرن آبیاری، توسعه شیوه‌های تولید متراکم و گلخانه‌ای در مناطق کم آب کشور، به‌ویژه در مناطق حاشیه کویر؛ یکپارچه‌سازی اراضی خرد و پراکنده زراعی با هدف حداکثر بهره‌برداری از منابع تجدیدشونده کمیاب (آب) و ارتقاء کارایی تولیدکنندگان؛ بندهای 29 تا 45، تدوین الگوی بهینه کشت در دشت‌ها، ارتقاء بهره‌وری آب، محدودیت کشت محصولات با نیاز آبی بالا در فضاهای باز، توسعه کشت گلخانه‌ای؛ محدودیت کشت محصولات با نیاز آبی بالا در فضاهای باز.
برنامه اول توسعه	تأکید بر اجرای طرح‌های افزایش نرخ بهره‌برداری از آب‌های تأمین شده با تکمیل شبکه‌های آبیاری و زهکشی؛ توجه بیشتر به عملیات مربوط به شبکه‌های آبیاری و زهکشی.

برنامه دوم توسعه	اولویت در تأمین اعتبارات عمرانی فصول آب و کشاورزی و منابع طبیعی و تأکید بر افزایش تولید در واحد سطح و بالابردن راندمان آبیاری؛ تحویل حجمی آب بر اساس الگوی مصرف بهینه آب کشاورزی.
برنامه سوم توسعه	تطبیق الگوی کشت در مناطق مختلف با امکانات و ظرفیت‌های آبی؛ ایجاد و توسعه شبکه‌های اندازه‌گیری مصارف آب در بخش کشاورزی؛ افزایش راندمان آبیاری و بهره‌وری از آب و افزایش سطح زیر کشت آبی.
برنامه چهارم توسعه	هماهنگی اعتباری در تهیه و اجرای هم‌زمان طرح‌های تأمین آب و طرح‌های مکمل نظیر شبکه‌های آبیاری و زهکشی در پایین‌دست و طرح‌های آبخیزداری در بالادست سدهای مخزنی.
برنامه پنجم توسعه	تحویل آب موردنیاز کشاورزان به‌صورت حجمی بر اساس الگوی کشت هر منطقه؛ افزایش تولید محصول به ازاء واحد حجم مصرفی آب.
برنامه ششم توسعه	رهاسازی حقابه‌های زیست‌محیطی برای پایداری سرزمین، پایداری و افزایش تولید در بخش کشاورزی، تعادل بخشی به سفره‌های زیرزمینی و ارتقای بهره‌وری و جبران تراز آب، به میزانی که در سال پایانی اجرای قانون برنامه یازده میلیارد مترمکعب شود؛ افزایش عملکرد در واحد سطح و افزایش بهره‌وری در تولید محصولات کشاورزی با اولویت محصولات دارای مزیت نسبی و ارزش صادراتی بالا و ارقام با نیاز آبی کمتر و سازگار با شوری، مقاوم به خشکی و رعایت الگوی کشت مناسب با منطقه؛ طراحی و اجرای الگوی کشت با تأکید بر محصولات راهبردی و ارتقای بهره‌وری آب.
رویکردهای موردنظر برای تحقق اهداف در سند الگوی کشت ملی	توجه ویژه به ارتقای بهره‌وری آب سبز با تمرکز بر زراعت دیم‌زارها از طریق بهبود سازمان کشت در دیم‌زارها با افزایش نفوذ دانش و مباحث فنی و نیز برنامه مدیریت تناوب کشت و کاهش فرصت آیش با رویکرد بهبود مدیریت مزرعه، افزایش بهره‌وری آب سبز و کاهش خلأ عملکرد؛ کاهش آب مصرفی در بخش کشاورزی مطابق با آب قابل‌برنامه‌ریزی و اسناد بالادستی؛ ارتقای بهره‌وری آب و منابع تولید و کاهش مصارف غیرمفید آب؛ افزایش سالانه راندمان آبیاری بر اساس برنامه هفتم توسعه.
مطالعات برای تحقق اهداف در سند الگوی کشت ملی	تعیین نیاز آبی محصولات زراعی، باغی و گیاهان داروئی کشور به تفکیک ماه-دهه و مناطق هدف بر اساس سامانه نیاز آبی ابلاغ وزیر محترم جهاد کشاورزی در نامه شماره 020/44562 در سال 1401؛ تعیین نیاز آبیار محصولات کشاورزی بر اساس سامانه نیاز آبیاری و تحلیل آب مصرفی آنها در شرایط مختلف تغییر اقلیمی؛ تهیه و تحلیل نقشه پهنه‌بندی کیفیت منابع آب زیرزمینی کشور برای تصمیم‌گیری مرتبط با توسعه و کاربرد روش‌های نوین آبیاری، گزینش محصول بر اساس آستانه تحمل به شوری و تدوین الگوی کشت ملی؛ ارائه وضعیت پراکنش روش‌های آبیاری و تحلیل تناسب آنها با الگوی کشت (آب‌وخاک و اقلیم و محصول)؛ تعیین و تحلیل شاخص بهره‌وری آب در شرایط آبی و بهره‌وری آب سبز در شرایط دیم، از دو منظر فیزیکی و اقتصادی و تحلیل آن برای محصولات/مکان‌ها و طی زمان و انطباق آن با سند امنیت غذایی.
سند ملی دانش‌بنیان امنیت غذایی	رکن فراهمی غذا: توسعه روش‌های نوین آبیاری؛ کاهش خلأ عملکرد و اجرای الگوی بهینه کشت‌افزایش بهره‌وری آب؛ بهبود مدیریت باغ‌ها ازنظر تنش‌های زیستی و غیرزیستی، با تأکید بر بهره‌وری آب؛ توسعه صندوق حمایت از سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی از محل تعرفه گمرکی محصولات کشاورزی به‌منظور افزایش سرمایه‌گذاری در توسعه زیرساخت‌های بخش از قبیل توسعه روش‌های آبیاری نوین. رکن تاب‌آوری (ثبات و پایداری): مدیریت دانش‌بنیان، کارآمد و یکپارچه منابع آب بر اساس آمایش سرزمین و حوضه‌های آبخیز، توزیع و تحویل حجمی آب به بخش کشاورزی و کشاورزان و ارتقا بهره‌وری آب در حوزه آبخیز، انتقال و مزرعه؛ استقرار الگوی کشت بر مبنای توان اکولوژیک حوضه‌های آبخیز و آب قابل‌برنامه‌ریزی؛ تکمیل و نوسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی به‌ویژه در اراضی تحت پوشش سدها.

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری

مرور اهداف و سیاست‌های بخش آب در برنامه‌های توسعه و دیگر قوانین و اسناد بالادستی کشور نشان می‌دهد که دیدگاه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان به آب، بر اساس سیاست‌های تدوین شده فیزیکی بوده است. در اسناد بررسی‌شده رهنمودهایی در خصوص محدودیت‌های آب برای مصارف کشاورزی، افزایش راندمان آبیاری و بهره‌وری آب، شیوه‌های نوین آبیاری، توسعه شیوه‌های تولید متراکم و گلخانه‌ای در مناطق کم آب کشور، تطبیق الگوی کشت در مناطق باتوجه‌به ظرفیت‌های آبی، درنظرگرفتن عوارض باارزش محصولات کشاورزی و غذایی پر آب‌بر صادراتی خلاف الگوی کشت و تأمین مالی طرح‌های عمرانی آب‌وخاک بر اساس تسهیلات بانکی ارائه شده است. در این میان تنها در برنامه الگوی کشت ملی به طور صریح به افزایش سالانه راندمان آبیاری بر اساس برنامه هفتم توسعه و همچنین کاهش آب مصرفی در بخش کشاورزی مطابق با آب قابل‌برنامه‌ریزی و اسناد بالادستی توجه شده است. ازاین‌رو پیشنهاد می‌شود، علاوه بر مدیریت تقاضا، به مدیریت عرضه و افزایش حجم آب قابل‌برنامه‌ریزی به‌منظور غلبه بر ناترازی در بخش آب توجه ویژه شود. یکی از موارد موردتأکید در اسناد بالادستی، تحویل حجمی آب به بخش کشاورزی است. اجرای این امر کمک می‌نماید تا میزان منابع آب در دسترس به‌منظور برنامه‌ریزی، اجرا و نظارت بر الگوی کشت محصولات کشاورزی امکان‌پذیر شود.

منابع

باریکانی، ا.، احمدیان، م. و خلیلیان، ص. 1390. بهره برداری بهینه پایدار از منابع آب زیرزمینی در بخش کشاورزی: مطالعه موردی زیربخش زراعت دشت قزوین. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، 25(2): 262-253.

بافکار، ع.، فرهادی بانسوله، ب. و برومندنسب، س. 1395. بهینه‌سازی مصرف آب بخش کشاورزی با استفاده از نتایج یک مدل شبیه‌سازی رشد گیاه (مطالعه موردی: ماهیدشت- کوزران استان کرمانشاه). نشریه پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک، 23(6): 301-315.

دشتی، ق.، موسوی اسبق، م.، حسین زاد، ج. و قاسمی، ا. 1402. تعیین الگوی بهینه کشت محصولات عمده زراعی دشت مرند با تاکید بر بهره‌برداری پایدار از منابع آب. نشریه اقتصاد کشاورزی و توسعه، 31(1): 163-184.

سند ملی دان شبنیان امنیت غذایی. 1402. ستاد راهبری اجرای نقشه جامع علمی کشور، دبیرخانه شورای‌عالی انقلاب‌فرهنگی.

شعبانی روچی، ز.، یزدانی، س. و مقدسی، ر. 1402. برآورد میزان صرفه‌جویی در مصرف آب در شرایط تشکیل بازار آب و بررسی آثار رفاهی آن: مطالعه موردی: دشت هشتگرد استان البرز. نشریه اقتصاد کشاورزی و توسعه، 31(4): 73-101.

فهمی، ه.، ابراهیمی خوسفی، م.، مصاحبی، ح.، محمدی، ب.، کیوانیا، آ.، نجار، ن.، نظری، ع. و اقدام. م. 1399. مطالعات سند ملی آمایش سرزمین، مطالعه بخش آب. انتشارات مرکز پژوهش‌های توسعه و آینده‌نگری، تهران.

نیکوئی، ع.ر.، مردی، م.، توکلی، ع.ر.، دانشیان، ج.، گل زردی، ف.، پورمیدانی، ع.، کریمی سقرلو، م.، رحمانی، ص. و فرازمند، ح. 1402. برنامه الگوی کشت ملی محصولات کشاورزی سال 1403-1402. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

رتبه‌بندی شاخص‌های بومی بازدارنده پذیرش روش‌های آبیاری تحت‌فشار در استان اردبیل (کاربرد روش دلفی)

مجتبی سوختانلو [1]، مجید رئوف [2]

[1] گروه مهندسی آب و مدیریت کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، msookhtanlo@gmail.com

[2] گروه مهندسی آب و مدیریت کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

دوره‌های خشکسالی در ایران رو به گسترش است. در این زمینه، یکی از اقدامات بنیادی برای کاهش اثرات مواجه با کمبود آب کشاورزی، ترویج و توسعه روش‌های آبیاری تحت‌فشار است. تحقیق حاضر به رتبه‌بندی شاخص‌های بومی بازدارنده پذیرش روش‌های آبیاری تحت‌فشار در استان اردبیل می‌پردازد. نمونه‌گیری به روش گلوله‌برفی از میان کارشناسان مجرب کشاورزی مناطق تحقیق در استان اردبیل به تعداد 27 نفر (پس از رسیدن به اشباع تئوریکی داده‌ها) انجام شد که بر اساس روش دلفی لیست شاخص‌های موردنظر تحقیق شناسایی و بر اساس میانگین امتیاز، رتبه‌بندی شد. مطابق نتایج رتبه‌بندی، شاخص‌های چگونگی فرایند راه‌اندازی و استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار (M =8/6)، تأثیر کاهش منابع آب زیرزمینی و جاری (M =9/2)، اعتماد به ارایه حمایت‌های مالی، تسهیلاتی و فنی دولتی (M =8/2)، تأثیر بر کاهش مصرف آب (M =8/6)، هزینه تجهیزات راه اندازی (M =8/7)، ایجاد تفاوت محسوس در راندمان آب زراعی (M =8/8)، اعتبارات حمایتی از نهادهای دولتی (M =9/5)، عدم شرایط مناسب نگهداری و تعمیر روش آبیاری تحت فشار در منطقه (M =4/5) از دیدگاه کارشناسان در رتبه‌های اول اهمیت قرار داشتند.

کلمات کلیدی: خشکسالی، روش‌های آبیاری تحت‌فشار، استان اردبیل، کارشناسان کشاورزی

مقدمه

کشور ایران به‌خاطر قرارگرفتن در کمربند خشک جغرافیایی و نوار بیابانی که در 25 تا40 درجه عرض شمالی زمین واقع شده است، از شرایط آب‌وهوایی برخوردار است که جزو مناطق با اقلیم عمدتاً گرم و خشک جهان محسوب می‌شود (آذرخشی و همکاران، 1392). همچنین بر اساس متغیر مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب و همچنین سازمان ملل، کشور ایران با بحران شدید آب روبرو است (احسانی و خالدی، 1382). افزایش کارایی آبیاری اغلب با افزایش محصول در ارتباط است (Dinar et al., 2004). توسعه اراضی آبی کشور با میزان مصرف فعلی آب توسط منابع آب محدود کشور عملی نمی‌شود، مگر با تغییر الگوی مصرف و کنترل آب در مزرعه از طریق صرفه‌جویی در مصرف آب موجود. این امر مهم نیز از طریق توسعه روش‌های آبیاری تحت‌فشار و استفاده بهینه از منابع آب موجود امکان‌پذیر است (Noruzi and Chizari, 2006). استفاده بهینه آب در کشاورزی به‌شدت به پذیرش تکنولوژی‌های آبیاری اثربخش بستگی دارد. ضرورت دارد که انگیزه لازم برای پذیرش این تکنولوژی‌ها در نواحی خشک فراهم شود. عزتی و همکاران (1393)، به بررسی موانع و مشکلات گندم‌کاران در کاربرد روش‌های آبیاری تحت‌فشار از دیدگاه اعضای تعاونی‌های تولید کشاورزی شهرستان‌های اردبیل و بیله‌سوار پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که بین میزان گندم تولیدی هر هکتار زمین زراعی قبل و بعد از اجرای سیستم آبیاری تحت‌فشار و نیز میزان درآمد خالص سالانهٔ هر هکتار گندم قبل و بعد از اجرای این سیستم در سطح 1درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همچنین

بر اساس نتایج تحلیل عاملی چالش‌های کاربرد فناوری آبیاری تحت‌فشار از دیدگاه کشاورزان موردمطالعه، این چالش‌ها در چهار گروه (عوامل فنی، اجتماعی، طبیعی و اقتصادی) دسته‌بندی شدند. در تحقیق محبوبی و همکاران (1390)، در بررسی عوامل بازدارنده و پیش‌برنده کاربرد روش‌های جدید آبیاری توسط کشاورزان غرب شهرستان بشرویه در خراسان جنوبی، به این نتایج دست یافتند که رابطه معنی‌دار بین میزان استقبال کشاورزان از روش‌های جدید آبیاری (با اطمینان 95 درصد)، نوع اقدام انجام شده برای جلب مشارکت کشاورزان برای استفاده از روش‌های مذکور (با اطمینان 99 درصد) نظر کشاورزان در مورد تهدیدات آینده کشاورزی‌شان در اثر کمبود آب (با اطمینان 95 درصد)، میزان اهمیت استفاده از روش‌های جدید آبیاری برای کشاورزی (با اطمینان 99 درصد) و تعداد ملاقات کشاورزان با مروج در طول ماه (با اطمینان 99 درصد) با عوامل بازدارنده و پیش‌برنده کاربرد روش‌های جدید آبیاری مزارع بوده است. کرمادس و همکاران (Cremades et al., 2015) به بررسی چالش‌ها و استراتژی‌های عمده در پذیرش آبیاری‌های تحت‌فشار جهت کشت محصولات کشاورزی در روستاهای چین پرداختند. نتایج نشان داد که تنها حدود نیمی از خانوارهای روستاییان روش‌های آبیاری تحت‌فشار را پذیرفته‌اند. همچنین از میان عوامل حمایتی توسط دولت، استفاده از یارانه‌های کشاورزی و خدمات آموزشی و ترویجی نقش اثرگذار در استفاده هر چه بیشتر روش‌های نوین آبیاری ایفا کرده است.

روش تحقیق

در این تحقیق، در شناسایی شاخص‌های متناسب بازنده در عدم‌پذیرش فنی، اجتماعی و اقتصادی برای پذیرش روش‌های آبیاری تحت‌فشار از روش دلفی استفاده شد. ابتدا به روش گلوله‌برفی (Snowballing Sampling) (یعنی پرسیدن از خود متخصصان و کارشناسان شناسایی شده اول، برای شناسایی دیگر متخصصان و کارشناسان مرتبط با تحقیق) 27 متخصص و کارشناس انتخاب گردید. لازم به ذکر است که متخصصان و کارشناسان مذکور شامل افرادی بودند که دارای سابقه پژوهش‌های میدانی درباره مباحث آبیاری تحت فشار و خشکسالی در مناطق هدف بوده و یا کارشناسان اجرایی ترویج بودند که به طور مستقیم در فعالیت‌ها و برنامه‌های آبیاری تحت فشار منطقه درگیر بودند. در مرحله بعد اطلاعات پرسشنامه اول استخراج شده و شاخص‌های اولیه فنی، اقتصادی و اجتماعی مشترک و با بیشترین فراوانی، مشخص و دسته بندی شد. و در نهایت در مرحله دوم، اصلاحات و تغییرات لازم اعمال شد و دوباره برای خود متخصصان و کارشناسان انتخابی ارسال شد. در مرحله سوم پرسشنامه سومی حاوی متغیرهای نهایی بازدارنده روش‌های آبیاری تحت فشار بوده و هم‌چنین شامل طیف 0 تا 10 جهت تعیین میزان اهمیت هر یک از متغیرها بود.

یافته‌ها

ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای کارشناسان: بیشترین فراوانی کارشناسانی که در پژوهش همکاری داشته‌اند، بر اساس سن مربوط به دامنه سنی 46 تا 50 سال بوده که 48/1 درصد از حجم نمونه آماری را تشکیل داده است. بیشترین فراوانی سطح تحصیلات، مربوط به تحصیلات کارشناسی ارشد بوده که 51/85 درصد از حجم نمونه آماری را تشکیل داده‌اند. 37/04 درصد از آنان دارای تحصیلات کارشناسی، همچنین 11/11 درصد از کارشناسان مشارکت کننده در پژوهش دارای تحصیلات دکتری بوده‌اند. هم‌چنین، بیشترین فراوانی کارشناسانی که در پژوهش همکاری داشته‌اند، بر اساس سابقه کار مربوط به دامنه 26 تا 35 سال بوده که 37/05 درصد از حجم نمونه آماری را تشکیل داده بود.

مؤلفه‌های بازدارنده پذیرش روش‌های آبیاری تحت‌فشار: مطابق روش دلفی، برای متغیر تأثیر شرایط اقلیمی (5 شاخص)؛ متغیر هزینه‌های روش‌های آبیاری تحت فشار (5 شاخص)؛ و متغیر حمایت‌های مالی و تسهیلاتی (3 شاخص) برای روش‌های آبیاری تحت فشار بدست آمد که ذکر جزییات آن در جداول زیر ارایه شده است:

رتبه‌بندی شاخص‌های متغیر تأثیر شرایط اقلیمی منطقه: در جدول 1، لیست بدست آمده از شاخص‌های اصلی متغیر تأثیر شرایط اقلیمی منطقه ارایه شده است. پس از محاسبه میانگین امتیاز شاخص‌های متغیر، شاخص تأثیر کاهش منابع آب زیرزمینی و جاری (M =9/2)، در رتبه اول اهمیت و شاخص تأثیر کاهش رطوبت خاک (M =4/2) در رتبه آخر اهمیت قرار داشت.

جدول 1- رتبه‌بندی شاخص‌های مربوط به متغیر تأثیر شرایط اقلیمی منطقه

شاخص‌های تأثیر شرایط اقلیمی	میانگین امتیازها (0 تا 10)	رتبه‌بندی شاخص‌ها	درصد تأیید
- تأثیر کاهش منابع آب زیرزمینی و جاری	9/2	1	100/0
- تأثیر کاهش بارندگی	6/3	2	100/0
- تأثیر افزایش دمای هوا	5/9	3	95/6
- تأثیر کاهش رطوبت هوا	4/8	4	94/8
- تأثیر کاهش رطوبت خاک	4/2	5	94/1

رتبه‌بندی شاخص‌های متغیر هزینه‌های روش‌های آبیاری تحت‌فشار

لیست شاخص‌های به‌دست‌آمده برای متغیر هزینه‌های روش‌های آبیاری تحت‌فشار که از روش دلفی به‌دست‌آمده است در جدول (2) ارایه شده است. در پایان پس از محاسبه و تعیین وزن شاخص‌های متغیر، شاخص هزینه تجهیزات راه اندازی (M =8/7)، در رتبه اول اهمیت و شاخص افزایش هزینه‌های ثابت کشاورزی (M =5/3) در رتبه آخر اهمیت قرار داشت.

جدول 2- رتبه‌بندی شاخص‌های مربوط به متغیر هزینه های روش های آبیاری تحت فشار

شاخص‌های هزینه‌های روش‌های آبیاری تحت‌فشار	میانگین امتیازها (M)(0 تا 10)	رتبه‌بندی شاخص‌ها	درصد تأیید
- هزینه تجهیزات راه‌اندازی	8/7	1	100/0
- هزینه‌های فنی در راه‌اندازی و نگهداری	8/1	2	98/9
- هزینه تجهیزات نگهداری	7/5	3	98/9
- هزینه نیروی انسانی ماهر	6/6	4	94/1
- افزایش هزینه‌های ثابت کشاورزی	5/3	5	94/1

رتبه‌بندی شاخص‌های متغیر حمایت‌های مالی و تسهیلاتی،

شاخص‌های اصلی به‌دست‌آمده برای متغیر حمایت‌های مالی و تسهیلاتی در جدول (3) ارایه شده است. در پایان پس از محاسبه و تعیین وزن شاخص‌های متغیر، شاخص اعتبارات حمایتی از نهادهای دولتی (M =9/5)، در رتبه اول اهمیت و شاخص حمایت‌های فنی دولتی توسط کارشناسان منطقه (M =6/4) از دیدگاه کارشناسان در رتبه آخر اهمیت قرار داشت.

جدول 3- رتبه‌بندی شاخص‌های مربوط به متغیر حمایت های مالی و تسهیلاتی

شاخص‌های حمایت‌های مالی و تسهیلاتی	میانگین امتیازها (0 تا 10)	رتبه‌بندی شاخص‌ها	درصد تأیید
- اعتبارات حمایتی از نهادهای دولتی	9/5	1	100/0
- اعتبارات حمایتی از نهادهای خصوصی و نیمه‌خصوصی	8/2	2	95/6
- حمایت‌های فنی دولتی توسط کارشناسان منطقه	6/4	3	100/0

نتیجه‌گیری

در بررسی رتبه‌بندی تأثیر شرایط اقلیمی منطقه مطابق دیدگاه کارشناسان از میان متغیرهای خشکسالی و اقلیمی منطقه، بیشترین اثرگذاری شرایط اقلیمی منطقه، مربوط به کاهش منابع آب زیرزمینی و جاری بود. پیشنهاد می‌شود باتوجه‌به آنکه ترمیم اعتماد کشاورزان، فرایندی زمان‌بر محسوب می‌شود، لذا تمرکز بر جلب نظر ریش‌سفیدان و معتمدان محلی بر ضرورت روش‌های آبیاری تحت‌فشار، می‌تواند نقش سازنده‌ای بر افزایش تمایل به پذیرش روش‌های آبیاری تحت‌فشار، میان کشاورزان مناطق تحقیق داشته باشد.

نتایج رتبه‌بندی متغیر هزینه‌های روش‌های آبیاری تحت‌فشار نشان داد که از دیدگاه کارشناسان، هزینه تجهیزات راه‌اندازی مهم‌ترین میزان هزینه‌ها را در برخواهد داشت و این در حالی است که افزایش هزینه‌های ثابت کشاورزی کمترین میزان را خواهد داشت. همچنین تقویت دسترسی به منابع اعتباری و تسهیلات رسمی و غیررسمی در قالب طرح‌های حمایتی دولتی، تقویت اعتبارات خرد روستایی و صندوق‌های اعتباری محلی، تخصیص سوبسید و ارائه وام‌های بدون بهره یا کم‌بهره به کشاورزانی که اقدام به راه‌اندازی روش‌های آبیاری تحت‌فشار می‌کنند؛ می‌تواند تأثیر مثبتی بر تمایل به پذیرش روش‌های آبیاری تحت‌فشار میان کشاورزان داشته باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود دولت با مدیریت شرکت‌های قراردادی و مراکز خدمات کشاورزی جهت طراحی پروژه اطلاع‌رسانی و حمایت‌های فنی برای برنامه‌های تحت‌فشار و معرفی برنامه‌های دولتی به کشاورزان منطقه می‌تواند زمینه مناسبی را جهت جلب پذیرش جهت راه‌اندازی روش‌های آبیاری تحت‌فشار میان کشاورزان ایجاد نماید.

منابع

آذرخشی، م.، فرزادمهر ج.، اصلاح، م. و صحابی، ح. 1392. بررسی روند تغییرات سالانه و فصلی بارش و پارامترهای دما در مناطق مختلف آب‌وهوایی ایران. نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، 66 (1): 16-1.

احسانی، م. و خالدی، ه. 1382. بهره‌وری آب کشاورزی. کارگروه سیستم‌های آبیاری در مزرعه، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، 82: 10-1.

عزتی، ر.، اسدی، ع.، کلانتری، خ. و رنجبر، ا. 1393. بررسی موانع و مشکلات گندم‌کاران در کاربرد فناوری آبیاری تحت فشار از دیدگاه اعضای تعاونی‌های تولید کشاورزی شهرستان‌های اردبیل و بیله سوار. فصلنامه تعاون و کشاورزی، 3 (9): 17-1.

محبوبی، م.، اسماعیلی اول، م. و یعقوبی، ج. 1390. بررسی عوامل بازدارنده و پیشبرنده کاربرد روش‌های جدید آبیاری توسط کشاورزان: مورد غرب شهرستان بشرویه در خراسان جنوبی. مجله مدیریت آب و آبیاری، 1 (1): 98-87.

Dinar, A., Campbell, M. and Zilberman, D. 2004. Adoption of improved irrigation and drainage reduction technologies under limiting environmental condition. Environmental Resource economics. Journal of environmental and resource economics. 2 (4): 373-398.

Noruzi, O. and Chizari, M. 2006. Effective Factors Involved in Adoption of Sprinkler Irrigation: A Case Study in Wheat Farmers in Nahavand Township, Iran.AIAEE. 22nd Annual Conference Proceedings. Clearwater beach, Florida.

Cremades, R., Wang, J. and Morris, J. 2015. Policies, economic incentives and the adoption of modern irrigation technology in China. Earth Syst. Dynam, 6: 399–410.

نقش ترویج فنون مدیریت زراعی مناسب برای افزایش بهره‌وری مصرف آب در زراعت کلزا

علیرضا توسلی [1]، رامین نیکان فر [2]، رضا عادل زاده [3]

[1] دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ar.tavasolee@areeo.ac.ir

[2] استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز

[3] استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز

چکیده

تغییرات اقلیمی و استمرار خشک‌سالی در چند سال اخیر باعث کاهش چشمگیر منابع آبی قابل‌دسترس، افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی، خشک‌شدن سطوح آبی بزرگ نظیر دریاچه ارومیه شده است. وجود ضعف مدیریت در تخصیص منابع آب، بخشی‌نگری در الگوی مصرف و همچنین عدم سازگاری الگوی کشت با شرایط و تغییرات اقلیمی موجود، باعث فشار مضاعف بر منابع آب زیرزمینی شده و اثرات منفی آن در قالب کاهش کمی و کیفی منابع آب قابل‌دسترس و وقوع فرونشست در اکثر دشت‌های کشاورزی کشور شده است. باتوجه‌به اینکه اکثریت مزارع کلزا در حوزه دریاچه ارومیه به‌صورت سنتی و غرقابی آبیاری می‌شوند، لذا در این طرح ترویجی طی دو سال زراعی (1398تا 1400) یکسری فنون به زراعی نظیر فنون تسطیح، بسترسازی و آماده‌سازی زمین، فنون کاشت کلزا، مدیریت تغذیه گیاهی، برنامه‌ریزی و مدیریت آبیاری، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و برداشت اصولی برای کشاورزان منطقه آموزش و ترویج گردید. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده کاهش میزان آب مصرفی در مزارع کشاورزان بود. با اجرای فنون پیشنهادی حدود 14 درصد مصرف آب کاهش یافت و از طرفی 21 درصد عملکرد کلزا نسبت به مزارع شاهد خود کشاورز افزایش داشت. لازم به ذکر است نتیجه به‌دست‌آمده در اثر اجرای چند فن زراعی می‌باشد و به‌تنهایی نمی‌توان آن را مرتبط با روش خاصی قلمداد کرد. برنامه مدیریت آبیاری بر اساس مراحل حساس به رشد گیاه تنظیم گردید. اجرای این پروژه به‌منظور آشنایی و آموزش کشاورزان و بهره‌برداران با فنون درست و اصولی کشاورزی در شرایط موجود می‌باشد و به نظر می‌رسد اگر این فنون توسط بهره‌برداران در سطح منطقه انجام شود بتواند به حفظ منابع آبی و همچنین افزایش تولید کمک نماید.

کلمات کلیدی: بهره‌وری مصرف آب، کلزا، فنون زراعی، دریاچه ارومیه

مقدمه

برآوردهای موجود نشان می‌دهد که در بخش کشاورزی کارایی مصرف آب در حال حاضر حدود یک کیلوگرم به‌ازای یک مترمکعب آب مصرفی است. این میزان کارایی را می‌توان به پشتوانه نوآوری، تحقیقات و فناوری‌های نوین و نیز با افزایش سرمایه‌گذاری و ارتقای

فرهنگ مصرف مناسب آب بر اساس اهداف برنامه افزایش داد. از سوی دیگر، باید بدانیم که بر اساس برآوردهای تحقیقاتی کاهش هر یک میلی‌متر بارندگی مؤثر، 150 تا 200 میلیارد ریال به بخش کشاورزی آسیب وارد می‌کند. همچنین زمین‌های قابل‌کشت کشور 37 میلیون هکتار بوده که 17 میلیون هکتار آن اراضی آبی و 20 میلیون هکتار آن از اراضی دیم است و از مجموع اراضی قابل‌کشت، 18 تا 18/5 میلیون هکتار در چرخه تولید قرار دارند. از نظر نوع کاربری، 88/6 درصد از اراضی کشور جزء مراتع، 18/5 درصد از اراضی زراعی و باغی، 12/4 درصد جنگل و بیشه‌زار و 44/5 درصد نیز بایر و غیرکشاورزی است (5).

حوضه آبریز دریاچه ارومیه با وسعت تقریبی 52000 کیلومترمربع در ناحیه کوهستانی شمال غربی ایران و بین استان‌های آذربایجان غربی، شرقی و کردستان واقع شده است. مساحت دریاچه ارومیه در حدود 5000 کیلومترمربع بوده و بین استان‌های آذربایجان غربی و شرقی مشترک است. این دریاچه در میان یک حوضه آبریز بسته واقع شده است به‌طوری‌که کلیه آب‌های سطحی و زیرزمینی از مناطق پیرامون به سمت دریاچه سرازیر می‌شوند. موقعیت خاص حوضه از لحاظ زمین‌شناسی، میزان تبخیر بالا و تجمع مداوم املاح در آن، منجر به تبدیل دریاچه به یک دریاچه فوق‌العاده شور شده است. این دریاچه توسط تعدادی تالاب‌های اقماری آب شیرین احاطه شده که مجموعه این تالاب‌ها یک منطقه مهم اکولوژیک در اطراف دریاچه به وجود آورده است. این حوضه آبریز در ارتفاعی بین 1280 تا 3600 متر بالاتر از سطح دریا قرارگرفته است که پَست‌ترین نقطه آن دریاچه ارومیه و دشت‌های وسیع اطراف آن می‌باشد. از لحاظ شرایط اقلیمی این حوضه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل است. متوسط میزان بارش در منطقه حدوداً 350 میلی‌متر تخمین زده می‌شود که بخش عمده بارش از فصل پاییز تا اواسط بهار رخ می‌دهد. در ماه‌های تابستان در مقایسه با دیگر فصول سال، میزان بارش بسیار اندک است. متوسط دمای سالانه برحسب ارتفاع بین 6.5 تا 13.5 درجه سانتی‌گراد متغیر است. ماه‌های مرداد و شهریور گرم‌ترین و ماه‌های دی و بهمن سردترین ماه‌های سال در آن منطقه هستند. متوسط سالانه تبخیر سطحی حوضه حدود 1500 میلی‌متر تخمین زده شده و باتوجه‌به شرایط، بین 1000 تا 2100 میلی‌متر نوسان دارد. متوسط تبخیر سالانه از سطح دریاچه بین 900 تا 1170 میلی‌متر تخمین زده می‌شود. بر اساس مطالعات انجام‌شده طی دهه اخیر، مادامی که سطح آب دریاچه بالاتر از تراز 1274.1 متر از سطح دریاهای آزاد در نوسان باشد، دریاچه به عملکرد عادی اکولوژیک خود برای حفظ تنوع زیستی و تولید آرتمیا ادامه خواهد داد. افت تراز آب دریاچه از میزان مذکور اثری منفی بر کارکردهای اکولوژیک دریاچه خواهد گذاشت. شایان ذکر است که در طی دوره‌های نرمال هیدرولوژیک، باتوجه‌به میزان سالیانه تبخیر از سطح دریاچه، برای حفظ تراز آبی دریاچه ارومیه سالیانه حداقل حدود 3.1 میلیارد مترمکعب آب موردنیاز خواهد بود. در یک دهه گذشته، کاهش چشمگیر ریزش‌های جوی و بروز خشکسالی‌های پیاپی و افزایش طرح‌های توسعه و بهره‌برداری از آب جهت مصارف کشاورزی و سایر کاربری‌ها، منجر به کاهش جریانات ورودی به دریاچه شده است (6).

آنچه اهمیت توجه به اصلاح الگوی مصرف آب کشاورزی را در ایران و حوضه‌های همچون دریاچه ارومیه ضروری‌تر می‌کند، وضعیت کشورمان از لحاظ میزان بارندگی و تبخیر سالانه است. آمارها نشان می‌دهد که متوسط بارندگی در جهان 850 میلی‌متر و متوسط تبخیر 700 میلی‌متر است. این در حالی است که این ارقام برای کشورمان به ترتیب 250 و 2100 است. این بدان معناست که بارندگی کشورمان کمتر از یک‌سوم بارندگی جهان بوده درحالی‌که ظرفیت تبخیر آن سه برابر ظرفیت جهانی است. همچنین از لحاظ پراکنش بارندگی، 70 درصد بارندگی در 25 درصد از مساحت کشور اتفاق می‌افتد و 75 درصد بقیه مساحت کشور 30 درصد از بارندگی را دریافت می‌کند (5).

وضعیت موجود بهره‌وری آبیاری که شامل انتقال، توزیع در مزرعه و مدیریت آن می‌شود، نشان می‌دهد منابع تأمین آب کشاورزی کشور به طور عمده از محل آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی است، که اولی از طریق سدهای مخزنی و انحرافی مستقل و ایستگاه‌های پمپاژ و دومی از طریق چاه مورداستفاده قرار می‌گیرد. درصد بهره‌وری این منابع 32 درصد بوده و این رقم در مورد منابع آب‌های زیرزمینی 47 درصد است. در شرایط موجود، متوسط بهره‌وری آبیاری در بخش کشاورزی حدود 41/8 درصد برآورد می‌شود که با کنترل هدررفت ناشی از انتقال و توزیع آب و نیز تجهیز مزارع به روش‌های مدیریت و بهینه‌سازی مصرف آب، دستیابی به بهره‌وری 65 تا 70 درصد امکان‌پذیر خواهد بود (5).

راهکارهای افزایش بهره‌وری را اصولاً می‌توان به دو نوع فنی و اقتصادی تقسیم کرد. راهکارهای فنی شامل اقدام‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای است. اقدام‌های غیرسازه‌ای شامل تعیین شاخص‌های کارایی و بهره‌وری آب کشاورزی، بهنگام و اجرایی‌کردن سند ملی الگوی مصرف بهینه آب کشاورزی برای تحویل حجمی آب، ایجاد و ساماندهی تشکل‌های آب‌بران با مشارکت بهره‌برداران و واگذاری امور تصدی‌گری آب به آنهاست. از سوی دیگر، با مشارکت اصولی بهره‌برداران از مرحله تصمیم‌سازی تا بهره‌برداری و نگهداری و مستندکردن نظام‌های بهره‌برداری موجود آب کشاورزی نظیر قنوات و آب‌بندان‌ها، تعادل در سرمایه‌گذاری و هم زمانی اجرای طرح‌های آب‌وخاک کشور می‌توان به‌سوی افزایش بهره‌وری آب کشاورزی گام برداشت.

البته علاوه بر اقدامات مدیریتی و غیرمدیریتی می‌توان از یک سری ابزارهای اقتصادی هم برای اصلاح الگوی مصرف آب کشاورزی استفاده کرد؛ مانند ارائه کمک‌های تشویقی به کسانی که اقدام به بهینه‌سازی در مصرف آب می‌کنند، تغییر در سازوکار وصول آب‌بها، پرداخت یارانه بیشتر برای اجرای روش‌های آبیاری نوین و عملیات زیربنایی آب و خاک یا پرداخت یارانه برای ترویج الگوی کشت سازگار با اقلیم و متناسب با منابع آب، هم‌چنین باید نوعی تعادل در سرمایه‌گذاری و اجرای طرح‌های آب و خاک از جالیز تا آبخیز برقرار شود. مهم‌ترین راه‌کار در این مورد، افزایش آگاهی‌های عمومی و ترویج استفاده بهینه از آب است. در کنار آن، افزایش بهره‌وری آبیاری و به‌تبع آن افزایش بهره‌وری آب کشاورزی نیز از روش‌های مؤثر برای کاهش اثرات خشک‌سالی است. از سوی دیگر، ازآنجاکه آب مهم‌ترین عامل تولید در مناطق خشک و نیمه خشکی نظیر کشور ماست، بنابراین نه‌تنها در سال‌های خشک‌سالی، بلکه در تمام سال‌ها مصرف آب با محوریت تقاضا باید مدیریت شود.

بخش عمده روغن‌های خوراکی مصرفی کشور از منابع غیر داخلی تهیه می‌شوند، بنابراین توسعه کشت دانه‌های روغنی از اهمیت زیادی برخوردار است. کلزا (Brassica napus L.) به‌عنوان یک‌دانه روغنی سازگار با شرایط آب‌وهوایی ایران و با داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه، از آینده نویدبخشی در توسعه کشت دانه‌های روغنی خصوصاً در اقلیم‌های سرد کشور برخوردار است (1).

با توجه با اینکه بخش عمده مصارف آب، مربوط به بخش کشاورزی می‌باشد؛ لذا ضرورت تحقیق در زمینه استفاده از منابع آب جایگزین و نیز ارائه روش‌های مصرف بهینه آن بسیار ضروری است. با عنایت به اینکه اکثریت مزارع کلزا به‌صورت سنتی و غرقابی آبیاری می‌شوند (3)، چنانچه بتوان در این سطح وسیع، با اقداماتی نظیر آماده‌سازی زمین و کاشت مکانیزه، نسبت به کاهش میزان آب مصرفی اقدام نمود، این امر منجر می‌شود که حجم قابل‌توجهی از منابع آبی را حفظ نمود. رویکرد مبنای این طرح کاهش مصرف آب بدون کاهش در عملکرد کشاورز یا حتی افزایش عملکرد کشاورز و تشویق بهره‌برداران تابع به اجرای فنون انجام شده در سایت‌های الگویی از مهم‌ترین رویکردهای مبنایی به‌کارگرفته‌شده در این پروژه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در هر دو سال اجرای پروژه مزارع انتخاب شده در شرایط آب‌وهوایی الگوی شرق دریاچه ارومیه قرار داشتند و باتوجه‌به سرد بودن این مناطق، روش متداول منطقه، کاشت و آماده‌سازی زمین در شهریور و بهترین تاریخ کاشت از 15 شهریور تا 15 مهر می‌باشد. هرچه کلزا دیرتر کاشته شود خطر مواجه‌شدن با سرمای پاییزی افزایش می‌یابد. فنون موردنظر به شرح زیر جهت اجرا در سایت‌ها انتخاب گردیدند.

فنون و توصیه‌های فنی برای اجرا در سایت‌ها

لازم به توضیح می‌باشد ممکن است در حین اجرا باتوجه‌به شرایط و امکانات و پذیرش زارعین در سال اول و دوم اجرای طرح برخی فنون تغییر یابند.

فن اول: مدیریت آماده‌سازی بستر کاشت

این فن شامل شخم و دیسک و ترجیحاً استفاده از لولر لیزری جهت تسطیح مزرعه می‌باشد. تراز بودن زمین و فراهم‌کردن شیب مناسب آبیاری باعث افزایش راندمان آبیاری و یکنواختی عمق کاشت و سبزشدن هم‌زمان بوته‌ها می‌گردد. در نتیجه عملیات داشت و برداشت نیز بادقت و سهولت انجام می‌گیرد.

فن دوم: روش کاشت

پس از تهیه بستر، کاشت با استفاده از خطی کار و یا ردیف‌کار مجهز به فاروئر (پشته ساز) انجام گردید. برای حصول نتیجه بهتر اگر چنانچه تسطیح کاملاً یکنواخت صورت نگرفته و حتی پس از استفاده از ماله و لولر، سطح خاک کاملاً یکنواخت نشده است و یا درصورتی‌که بذرکار مجهز به فاروئر نباشد، قبل از ورود بذرکار به مزرعه از فاروئر برای ایجاد جوی و پشته استفاده شود. خطی کار ریزدانه کار باید ویژگی‌های خاصی داشته باشد که عبارت‌اند از:

1- باتوجه‌به کم بودن وزن هزار دانه بذور ریز مانند کلزا، موزع این نوع خطی کار باید قابلیت اندازه‌گیری بذر در حجم کم را داشته باشد.

2-امکان تنظیم دقیق عمق کاشت وجود داشته باشد.

3- ماشین‌های ریزدانه کار باید مجهز به چرخ فشارنده بذر در خاک یا چرخ فشار خاک روی بذر برای برقراری تماس کافی بین خاک و بذر باشند تا امکان جذب رطوبت از خاک توسط بذر فراهم گردد.

4- قابلیت کاشت هم‌زمان بذر و کود بافاصله عمودی یا افقی 4 سانتی‌متر را داشته باشد به‌طوری‌که کود در زیر بذر قرار گیرد.

به‌طورکلی باتوجه‌به دانه‌ریز بودن کلزا، کشت آن با استفاده از بذرکارهای ردیف‌کار به‌صورت جوی پشته‌ای در اراضی آبی توصیه می‌شود. بهتر است فاصله فاروها 60 سانتی‌متر بوده و کشت به‌صورت 2 ردیف روی پشته بافاصله خطوط 25 تا 30 سانتی‌متر و فاصله بوته روی خطوط 5 تا 7 سانتی‌متر انجام شود.

فن سوم: مدیریت تغذیه گیاهی

برای استفاده از کودهای شیمیایی ابتدا بایستی از خاک نمونه مرکب تهیه شده و نتایج آن مشخص شود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده مقادیر کودهای موردنیاز مشخص و توصیه می‌شود که برخی هنگام کاشت و برخی دیگر در طول دوره رشد اعمال می‌شوند. کودهای فسفاته و پتاسه معمولاً در هنگام آماده‌سازی بستر کاشت با خاک مخلوط می‌گردند و کود نیتروژنه معمولاً در چند نوبت، هنگام کاشت و به‌صورت سرک در طول فصل رشد داده خواهد شد. محلول‌پاشی گیاه در طول فصل زراعی و در صورت بروز کمبود عناصر ریزمغذی و با تشخیص و توصیه کارشناس مربوطه صورت خواهد گرفت.

فن چهارم: تاریخ و رقم مورد کاشت

کلزا از جمله گیاهانی است که عملکرد دانه آن بستگی زیادی به تاریخ کاشت مناسب دارد. به‌منظور رسیدن به حداکثر عملکرد دانه، کشت باید در تاریخ کاشت توصیه‌شده منطقه انجام گیرد. منظور از تاریخ کاشت، تاریخ اولین آبیاری (تأمین رطوبت کافی برای سبزشدن بذر) می‌باشد؛ بنابراین کشاورزانی که کلزا را در سطح وسیع کشت می‌نمایند باید عملیات آماده‌سازی زمین و کشت را طوری برنامه‌ریزی کنند که در تاریخ کاشت توصیه‌شده کل قطعات کاشته شده را آبیاری نمایند.

فن پنجم: مدیریت آب و آبیاری

برای استقرار مطلوب و سبز یکنواخت مزرعه، پس از بذرکاری و آبیاری اول (خاک‌آب)، آبیاری دوم به فاصله 5 تا 7 روز توصیه می‌شود. آبیاری سوم در پاییز باتوجه‌به شرایط منطقه و در زمان مصرف کود اوره سرک ضروری می‌باشد. آبیاری در مراحل ساقه‌دهی و غنچه‌دهی کامل همراه با کودهای اوره و سولفات آمونیوم سرک توصیه می‌گردد. سه نوبت آبیاری دیگر در مراحل گل‌دهی، خورجین دهی و پر شدن دانه ضروری است. آخرین آبیاری زمانی انجام می‌شود که خورجین‌های ساقه اصلی شروع به تغییر رنگ نمایند. اگر به دلیل مصادف شدن آبیاری آخر کلزا با آبیاری‌های اول زراعت‌های بهاره امکان انجام آخرین آبیاری کلزا در این زمان فراهم نباشد، می‌توان

آخرین آبیاری را در مرحله خورجین دهی کامل انجام داد (حذف این مرحله آبیاری به کاهش 25 درصدی عملکرد دانه منجر خواهد شد). درصورتی‌که در طول دوره رشد و نمو گیاه، حدود 25 میلی‌متر نزولات جوی به طور یکجا حادث شود، می‌توان از انجام آبیاری در آن مرحله صرف‌نظر کرد مشروط بر این که دمای محیط بالای 5 درجه سانتی‌گراد باشد و این میزان بارندگی را به‌عنوان یک نوبت آبیاری تلقی نمود.

مراحل حساس به کمبود آب برای سبزشدن و رشد رویشی گیاه کشت تا استقرار بوته، ساقه روی، گل‌دهی و پر شدن دانه است و حساس‌ترین مرحله رشد کلزا به تنش خشکی و برای تولید دانه، مرحله خورجین دهی و برای تولید بذر، مرحله پر شدن دانه می‌باشد. در شرایطی که زراعت کلزا در مراحل انتهایی رشد با تنش خشکی مواجه شود بهتر است فواصل آبیاری طولانی‌تر گردد تا گیاه کلزا برای برخورد با تنش‌های آخر فصل سازگاری پیدا نموده و از افت زیاد عملکرد دانه جلوگیری شود.

مراحل آبیاری (به طور خلاصه)

1- دو بار آبیاری در مرحله کاشت با فاصله 7-5 روز جهت سبز شدن یکنواخت

2- مرحله ساقه رفتن پس از سپری شدن فصل زمستان همراه با اولین کود سرک نیتروژنه

3- مرحله ظهور گل همراه با کود نیتروژنه سرک دوم

4- مرحله تشکیل غلاف

5- مرحله پر شدن دانه

در هر مرحله از آبیاری، با استفاده از پارشال فلوم و با هماهنگی کارشناس آبیاری مقدار آب مصرف‌شده اندازه‌گیری گردید و معمولاً وقتی آب به انتهای کرت‌ها می‌رسد آبیاری قطع می‌شود.

فن ششم: مدیریت آفات و بیماری‌ها در مزرعه

این فن شامل مبارزه با علف‌های هرز بخصوص در زمان کاشت و سبزشدن کلزا و مبارزه با آفات و بیماری‌ها مخصوص کلزا در فصل بهار در منطقه می‌باشد. دراین‌خصوص استفاده از توصیه کارشناسان حفظ نباتات منطقه بسیار ضروری است.

فن هفتم: مدیریت برداشت

برداشت غیرمستقیم: زمان مناسب برداشت غیرمستقیم کلزا وقتی است که 40 تا 50 درصد خورجین‌های ساقه اصلی تغییر رنگ داده و رطوبت دانه‌ها به حدود 25 درصد برسد. در این روش پس از برداشت، بوته‌ها باید به مدت 3 تا 7 روز در شرایط مزرعه و در معرض آفتاب قرار می‌گیرند تا بذور سبز به رنگ تیره درآیند و پس از رسیدن رطوبت دانه به حدود 12 درصد، عملیات خرمن‌کوبی انجام شود. برداشت معمولاً به‌وسیله دروگر مخصوص کلزا یا انواع دروگرهای موجود و جمع‌آوری محصول از مزرعه با کمباین‌های مجهز به پیک‌آپ کلزا به‌راحتی صورت می‌گیرد.

برداشت مستقیم: در این روش، وقتی 85 تا 90 درصد دانه‌های خورجین‌های ساقه اصلی و شاخه‌های اولیه به رنگ قهوه‌ای روشن یا تیره متمایل شدند (رطوبت دانه حداکثر 12 درصد است)، می‌توان محصول را با کمباین برداشت نمود. در این حالت، تنظیمات کمباین باید به‌درستی انجام شود. چرخ و فلک و هد کمباین تا حد ممکن باید در بالاترین سطح قرار گیرد، به‌طوری‌که خورجین‌های کلزا را از پشت به داخل کمباین هدایت کند و ساقه کمتری وارد کمباین شود. ارتفاع هلیس از کف پلات فرم 12 تا 20 میلی‌متر و فواصل در طرفین باید کاملاً یکسان و دور استوانه کوبنده 800 تا 900 و سرعت فن 350 تا 450 دور در دقیقه تنظیم گردد. استفاده از هد مخصوص کلزا با تیغه برش عمودی در کاهش ریزش دانه بسیار مؤثر است.

مشخصات شاهد:

این پروژه دارای دو تیمار است تیمار اول تیمار شاهد می‌باشد که مطابق با عرف خود زارع بوده و عملیات زراعی مطابق شرایط زارع انجام می‌گردد. تیمار دوم شامل اعمال فنون پیشنهادی در بالا می‌باشد که نتایج اعمال فنون ذکرشده با عرف زارع با تیمار شاهد مقایسه خواهد شد.

اندازه‌گیری‌ها:

جهت پایش اثربخشی فنون مورداستفاده و مقایسه حجم آب مصرفی در هرکدام از تیمارها، میزان حجم آب مصرفی توسط پارشال فلوم در تیمارها اندازه‌گیری گردید.

نتایج و بحث

در هر دو سال اجرای طرح فنون زراعی موردنظر در سایت‌های انتخاب شده اجرا گردیدند.

فنون مورداستفاده در سال اول شامل: خاک‌ورزی و تسطیح با گاوآهن برگردان دار و دیسک بشقابی (دو بار عمود بر هم)، ایجاد فارو (بعد از پخش بذور)، مقدار 10 کیلوگرم در هکتار بذر ناتالی مورداستفاده قرار گرفت. کودهای مورداستفاده شامل اوره 150 کیلوگرم در هکتار (در سه قسط) سولفات آمونیوم 50 کیلوگرم در هکتار، سوپر فسفات تریپل 150 کیلوگرم در هکتار، سولفات پتاسیم 150 کیلوگرم در هکتار، گوگرد گرانول 250 کیلوگرم در هکتار، سولفات روی 100 کیلوگرم در هکتار (سرک) و آبیاری به‌صورت نواری و مطابق مراحل توضیح داده شده در مواد و روش‌ها انجام گردید.

فنون مورداستفاده در سال دوم شامل: شخم با گاوآهن برگردان دار و تسطیح با لولر، کاشت با استفاده از دستگاه ریزدانه کار، مقدار 10 کیلوگرم در هکتار بذر اوکاپی مورداستفاده قرار گرفت. کودهای مورداستفاده شامل سولفات آمونیوم 100 کیلوگرم در هکتار (در سه قسط)، سوپر فسفات تریپل 150 کیلوگرم در هکتار، سولفات پتاسیم 100 کیلوگرم در هکتار، گوگرد گرانول 250 کیلوگرم در هکتار، سولفات روی 40 کیلوگرم در هکتار (سرک) و 15 تن کود دامی پوسیده، و آبیاری به‌صورت نشتی و مطابق مراحل توضیح داده شده در مواد و روش‌ها انجام گردید.

در تیمارهای شاهد نیز زارع طبق روش مرسوم خود عملیات کاشت، داشت و برداشت رو انجام داد.

جدول 1- میزان آب مصرفی و عملکرد کلزا در هر سال اجرای طرح ترویجی

بسته فنون اعمال‌شده	میزان مصرف آب (مترمکعب در هکتار)		عملکرد (کیلوگرم در هکتار)		درصد صرفه‌جویی آب در اثر اجرای بسته تکنیکی نسبت به شاهد	درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد	بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)		درصد افزایش بهره‌وری آب در اثر اجرای بسته تکنیکی نسبت به شاهد
	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد			تیمار	شاهد	
سال اول	4300	5004	2375	1962	14	21	0/55	0/39	41
سال دوم	3865	4505	2087	1763	14/2	18	0/54	0/39	38

با اجرای فنون پیشنهادی حدود 14 درصد کاهش مصرف آب در هر دو سال اجرای طرح نسبت به آب مصرفی زارع بدست آمد و 21 و 18 درصد نیز افزایش عملکرد حاصل شد. میزان بهره‌وری استفاده از آب نیز در اثر اعمال فنون زراعی مناسب افزایش پیدا کرد. در ارتباط با نتایج بدست آمده چند تحلیل می‌توان داشت. اول اینکه این نتیجه برآوردی غیر آماری است و تکرار جهت کاهش خطا ندارد ولی به‌عنوان یک نتیجه عملی در سطح مزرعه قابل بررسی می‌باشد. نتایج بدست آمده در اثر اجرای چند تکنیک زراعی می‌باشد و به تنهایی نمی‌توان آن را مرتبط با روش خاصی قلمداد کرد. برنامه‌ریزی مدیریت آب بر اساس مراحل حساس به رشد گیاه تنظیم شده و باتوجه‌به کمبود آب در منطقه و نوبت بندی آب کشاورزان چاره‌ای جز این روش وجود ندارد. آنچه که نتایج این طرح رو قابل توجه می‌کند نزدیک بودن داده‌های حاصل به واقعیت موجود در کشاورزی منطقه می‌باشد و در اثر اعمال فنون مناسب زراعی می‌توان ضمن کاهش مصرف آب در منطقه به حفظ و حتی افزایش تولید نیز دست یافت. به هر صورت اجرای این پروژه به‌منظور آشنایی و آموزش

کشاورزان و بهره‌برداران با فنون درست و اصولی کشاورزی در شرایط موجود منطقه حاصل شده و به نظر می‌رسد اگر این فنون توسط بهره‌برداران در سطح منطقه انجام شود بتواند به حفظ منابع آبی کمک نماید.

نتیجه‌گیری

ترویج و انتقال دانش موجود در مراکز و مؤسسات تحقیقاتی به مزارع می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری و افزایش تولید به همراه کاهش در آب مصرفی در کشاورزی گردد.

تشکر و قدردانی

در اجرای این پروژه از همکاری مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، مدیریت ترویج جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان اسکو و همچنین محققین مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی که در اجرای این پروژه همکاری مشارکت داشتند تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

بی‌نام،1396، دستورالعمل تولید کلزا در ایستگاههای تحقیقاتی کشاورزی کشور، مؤسسه تحقیقات اصلاح تهیه نهال و بذر

بی‌نام،1384، آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز کلزا، سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین، حوزه ترویج و نظام بهره‌برداری

بی‌نام،1395، دستورالعمل کشت کلزا، سازمان جهاد کشاورزی استان البرز، معاونت بهبود تولیدات گیاهی

عنابی میلانی، ا، 1393، تعیین نیاز آبی کلزا به روش بیلان آبی خاک در دشت تبریز، گزارش پژوهشی سالیانه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی

معاونت آب‌وخاک وزارت جهاد کشاورزی، 1394، سند راهبردی ارتقای بهره‌وری و صرفه‌جویی مصرف آب کشاورزی، برنامه ششم آبخیزداری و آبخوان‌داری، وزارت جهاد کشاورزی،

میر ابوالقاسمی، ه، 1373، ارزیابی بازده آبیاری در تعدادی از شبکه های سنتی ایران، مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران

نور قلی‌پور، ف، و همکاران ،1395، دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور

یزدیان، ی، صادقی، م، فراهانی، ح، و فقیهی، ع،1394، آشنایی با زراعت کلزا، نشریه ترویجی، مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی استان قم

واکاوی رفتار کشاورزان در پذیرش فناوری آبیاری تحت‌فشار در دشت‌های زیر مجموعه سامانه گرمسیری استان ایلام

یزدان خدا رحمی [1]، امیر سلطانی محمدی [2]، سجاد الیاسپوریان [3]، اصغر احمدی [4]

[1] دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز، Khodarahmi1372@gmail.com

[2] استاد آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی آب و محیط زیست دانشگاه شهید چمران اهواز

[3] کارشناس سازمان جهاد کشاورزی استان ایلام

[4] کارشناس تاسیسات آب و مدیر پروژه طرح سامانه گرمسیری استان ایلام

چکیده

در حال حاضر کمبود آب به یک نگرانی در کشور تبدیل شده است و کشاورزان نیز در کانون این مشکل قرار دارند. استفاده از روش‌های آبیاری تحت‌فشار به‌عنوان یکی از راهکارهای اساسی برای حل این مشکل ارائه شده است. این پژوهش پیمایشی باهدف واکاوی رفتار پذیرش فناوری‌های آبیاری تحت‌فشار توسط کشاورزان زیر مجموعه سامانه گرمسیری استان ایلام به انجام رسید. جامعه آماری شامل کشاورزان زیر مجموعه دشت‌های سامانه گرمسیری به تعداد حدود 16000 نفر بود. حجم نمونه بر اساس فرمول کوکران تعیین گردید. نمونه‌گیری به شیوه تصادفی طبقه‌ای با انتساب متناسب صورت گرفت. نتایج نشان داد که بالاترین میانگین در سامانه گرمسیری مربوط به بعد باورهای پیامد (7/52) می‌باشد. در بین عناوین مربوط به باورهای پیامد بالاترین میانگین مربوط به‌عنوان "بهره‌مندی کشاورزان کاربر آبیاری تحت فشار از سود و مزایای آن" به میزان 9/2 بود. پس از آن بعدهای روش یادگیری، هنجارهای ذهنی، کنترل باورها، تمایل و نگرش به ترتیب با میانگین‌های 7/03، 6/94، 6/8، 6/27 و 5/82 از دیدگاه کشاورزان زیر مجموعه سامانه گرمسیری حائز اهمیت است. کمترین میانگین (4/58) مربوط به بعد نگرش و عنوان "خسته کننده بودن استفاده از آبیاری تحت فشار" به‌دست آمد. به‌طور کلی مطابق میانگین نتایج به‌دست آمده جهت اثرگذاری بالاتر روش‌های آبیاری تحت فشار و بهره‌برداری مطلوب‌تر از این روش‌ها توسط کشاورزان زیرمجموعه سامانه گرمسیری بایستی به عناوین زیر مجموعه بعد باورهای پیامد توجه ویژه‌ای صورت گیرد. هم‌چنین قابل توجه است که عنوان روش یادگیری نیز برای کشاورزان منطقه موردمطالعه اهمیت ویژه‌ای داشت. کشاورزان بهترین روش یادگیری را "یادگیری از طریق تجمع در مزرعه‌های تحقیقاتی" دانسته‌اند. هم‌چنین در بین عناوین مربوط به بعد هنجارهای ذهنی بالاترین امتیاز (8/5) را عنوان "اعتقاد کسانی که برایم مهم‌اند در به‌کارگیری آبیاری تحت فشار" کسب کرد. در بعد تمایل نیز عنوان" علاقه‌مندی به کسب اطلاعات جهت آبیاری تحت فشار" بالاترین میانگین (7) را از دیدگاه کشاورزان به دست آورد.

کلمات کلیدی: آبیاری تحت‌فشار، واکاوی رفتار کشاورزان، پذیرش فناوری، سامانه گرمسیری

مقدمه

میزان مصرف آب در بخش‌های مختلف کشاورزی در کشور حدود 94 میلیارد مترمکعب برآورد شده است که حدود 86 میلیارد مترمکعب آن به بخش کشاورزی اختصاص دارد (رستم آبادی، 1388). امروزه کمبود منابع آب با کیفیت مناسب در بخش کشاورزی، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک، از موضوعات اساسی مورد بحث است؛ همچنین کشور ایران به‌دلیل نقصان ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی بارندگی در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان همواره با مشکل کمبود آب روبه‌رو است. به

همین منظور، اعمال مدیریت‌های صحیح و به‌کارگیری روش‌های پیشرفته از جمله استفاده از روش‌های نوین آبیاری اهمیت خاصی پیدا می‌کند (اللهدادی و همکاران، 1395). آبیاری تحت فشار یکی از گزینه‌های مدیریت پایدار منابع آب در بخش کشاورزی است. باتوجه‌به اهمیت موضوع ترویج اثربخش فناوری‌های نوین آبیاری تاکنون مطالعات مختلفی در داخل کشور صورت گرفته است. طبق مطالعات صورت گرفته در استان سمنان به‌کارگیری روش‌های مشارکتی، استفاده از مدیریت پایدار منابع آب در بخش کشاورزی است. نتایج حاصل از برنامه‌های پنج ساله توسعه نشان می‌دهد که سطوح پیش‌بینی شده جهت آبیاری تحت فشار در برنامه‌های توسعه به‌طور کامل محقق نشده است؛ چرا که آبیاری سطحی همچنان روش عمده و غالب در آبیاری محصولات کشاورزی در بیشتر مناطق ایران از جمله استان ایلام می‌باشد. در پژوهش محبوبی و همکاران (1392) که به دنبال الگوی مناسبی جهت پیش‌بینی پذیرش کانال‌های مدرن آبیاری در منطقه سیاخ دارنجان در استان فارس بودند، این نتیجه حاصل شد کشاورزانی که منابع محدودی در اختیار دارند به‌منظور پذیرش فناوری‌های جدید انعطاف کمتری را نشان می‌دهند. این گونه افراد منابع موجود را بیشتر به‌منظور تأمین نیازهای کوتاه‌مدت تولید به کار می‌گیرند و در نتیجه برای آنان امکان پذیرش فناوری‌های نوین فراهم نمی‌باشد. نتایج تحقیق منفرد و توکلی (1391) بیانگر تأثیر عوامل فردی، اقتصادی، محیطی، نگرشی و اطلاعاتی باغداران شامل سن، سطح سواد، دسترسی به منابع اطلاعاتی، میزان اراضی، آگاهی در زمینه روش‌های آبیاری و آبیاری‌های نوین، ریسک‌پذیری، آینده‌نگری، انواع فناوری‌های مورداستفاده، نگرش نسبت به روش‌های آباندوز، میزان دسترسی به اعتبارات، درآمد، آگاهی نسبت به محدود بودن منابع آبی بر پذیرش روش‌های آبیاری تحت فشار توسط نخل‌کاران استان بوشهر می‌باشد. نتایج پژوهش انجام شده توسط قلی‌خانی فراهانی و حسینی (1391) نشان داد که موانع جوی و محیطی، موانع پشتیبانی، موانع فنی و خدماتی، موانع اجتماعی، موانع آموزشی- ترویجی، پنج عامل اصلی بازدارنده پذیرش و کاربرد روش‌های آبیاری پیشرفته می‌باشد. ناظمی و میرابی (1391) در پژوهش خود با کاربرد مدل پذیرش فناوری، تعاملات اجتماعی، تصویر ذهنی از فناوری، عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری معرفی نموده‌اند. اعظمی و همکاران (1390) در پی پژوهش خود مطرح نموده‌اند که یکی از اساسی‌ترین مسائل و موانع توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار که منجر به عدم ادامه و به‌کارگیری موقت آنها شده، نبود بهره‌برداران ماهر و نیروی انسانی کارآزموده می‌باشد. زیبایی (1382) در یافته‌های پژوهش خود، عدم آموزش کافی کشاورزان توسط کارشناسان ذی‌ربط را از جمله عوامل مؤثر در بی‌ثمر شدن طرح‌های روش‌های آبیاری تحت فشار که کشاورزان از طریق اخذ وام، اقدام به راه‌اندازی آن‌ها کرده بودند، معرفی کرده است. در پژوهش انجام شده توسط رسولی و همکاران (1388)، بر پذیرش و توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار در بین کشاورزان استان آذربایجان غربی مؤثر عنوان شده است. در پژوهش انجام شده توسط دادرس مقدم و گل‌محمدی (1388)، سابقه فعالیت کشاورزی پسته‌کاران، سابقه کشت پسته، دیوارکشی، میزان مالکیت، سهم آب آبیاری، فعالیت های آموزشی- ترویجی و پرداخت یارانه از عوامل مؤثر بر پذیرش نوآوری‌های جدید معرفی شده است. نتایج مطالعه کهنسال و همکاران (1388) نشان داد که سن کشاورز، تعداد نیروی کار خانوادگی، تعداد قطعات زمین، تعداد محصولات و وضعیت دسترسی به آب در پذیرش آبیاری بارانی تأثیر منفی دارد. متغیرهای مختلفی مرتبط با فناوری، پذیرندگان فناوری و رفتار آن‌ها و شرایط کاربرد فناوری در پذیرش فن‌آوری‌ها تاثیرگذارند. در بیشتر مطالعات صورت گرفته از منظر الگوی خطی نشر و پذیرش نوآوری به مقوله پذیرش فناوری آبیاری در کشور کمتر پرداخته شده و کمتر متغیرهای ذهنی مطرح در این تحقیق، به‌صورت یکپارچه مد نظر قرار گرفته است. بنابراین در این تحقیق با در نظر گرفتن متغیرهای رفتاری عینی و ذهنی در چارچوب یکپارچه برآمده از نظر رفتار برنامه‌ریزی شده و دیگر الگوهای تبیین کننده پذیرش فناوری، الگوی نظری تدوین شد.

مواد و روش‌ها

این بخش از تحقیق به لحاظ پارادایم، جز تحقیقات کمی، از نظر هدف کاربردی، از جنبه گردآوری داده‌ها، میدانی غیرنمایشی و از جنبه زمان، مقطعی است. همچنین به لحاظ راهبرد تحقیق به‌صورت پیمایشی صورت‌گرفته است. جامعه آماری پژوهش کشاورزان دشت‌های زیر مجموعه سامانه گرمسیری در استان ایلام بود. ابزار جمع‌آوری داده‌ها پرسش‌نامه محقق ساخته‌ای بود که باتوجه‌به

چارچوب نظری و اهداف تحقیق تدوین و روایی آن توسط گروهی از اساتید ترویج و آموزش کشاورزی تأیید گردید. همه مؤلفه‌های مربوط به سازه‌ها از مطالعات پیشین گرفته شد و باتوجه‌به زمینه تحقیق (آبیاری تحت‌فشار) اصلاحات لازم در آن صورت گرفت. پرسش‌نامه نهایی دارای 9 بخش بود (جدول 1). قابلیت اعتماد پرسشنامه از طریق محاسبه آلفای کرونباخ در مرحله پیش‌آزمون به دست آمد. تحلیل اطلاعات با استفاده روش توصیفی انجام پذیرفت. دشت‌های موردمطالعه شامل دشت جنوب چالاب، دشت دهلران، جنوب شهرک اسلامیه، شمال شهرک اسلامیه، دشت لیگ 2 و دشت زرین آباد با داشتن سطوح آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک) به ترتیب به میزان 1282، 2098، 2428، 1003، 357 و 179 هکتار می‌باشد، مجموع سطوح تحت پوشش این روش 7347 هکتار می‌باشد. واکاوی از کشاورزان دارای این روش صورت پذیرفت.

جدول 1- توصیف بخش‌های مختلف پرسشنامه

بخش‌های پرسش‌نامه	تعداد پرسش	ضریب آلفای کرونباخ
ویژگی فردی: جنسیت، سن، محل سکونت، سابقه کشاورزی، افراد خانواده مشغول به کشاورزی، تحصیلات	8	-
ویژگی اقتصادی: شغل اصلی، شغل فرعی، مالکیت، نوع محصول، نوع فروش محصولات، میزان آب، کیفیت آب	9	-
ویژگی اجتماعی: عضویت در تشکل‌های روستایی، شرکت در کلاس‌های ترویجی، ساعات مطالعه، استفاده از رادیو و تلویزیون، ملاقات مروج، شرکت در دوره آبیاری تحت‌فشار	15	-
فناوری آبیاری: شیوه انتقال آب، سیستم آبیاری رایج، سابقه آبیاری تحت‌فشار، مدت استفاده از آبیاری تحت‌فشار، محصولات کشت شده با آبی تحت‌فشار	13	-
ریسک آینده‌نگرانه: خطرکردن برای پذیرفتن آبیاری تحت‌فشار و برنامه‌ریزی جهت بهبود آینده کار کشاورزی	11	0/873
دانش: آشنایی با نحوه استفاده، نگهداری و تعمیر، میزان فشار بهینه، کاربرد شیر بای‌پس، دبی بهینه پمپ و زمان تمیزکردن	8	0/971
الگوی رفتار برنامه‌ریزی شده: باورهای پیامد، باورهای ذهنی، کنترل باورها، کنترل رفتار ادراک شده، تمایل به پذیرش، پذیرش آبیاری تحت‌فشار	9	0/922
برداشت از فناوری آبیاری تحت‌فشار: مشاهده‌پذیری، آزمون‌پذیری، سازگاری، مزیت نسبی و پیچیدگی آبیاری تحت‌فشار	11	0/961
ویژگی واحد بهره‌برداری: نظام بهره‌برداری، مالکیت، نوع محصول، محصولات فرعی و اصلی	8	0/965

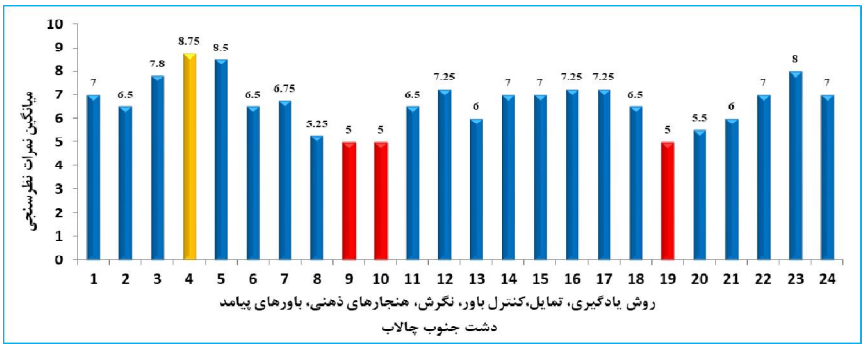
باتوجه‌به یافته‌های این بخش از پژوهش، میانگین سنی کشاورزان 49/5 سال می‌باشد که می‌توان گفت که در گروه سنی میانسال قرار دارند. میانگین تعداد اعضای خانوار پاسخگویان 5/2 نفر می‌باشد. سابقه کار کشاورزی 70 درصد پاسخگویان، کمتر از 30 سال و سابقه کشاورزی بقیه (30 درصد)، بیش از 30 سال می‌باشد. میانگین فاصله مزرعه تا مرکز خدمات 15 کیلومتر و میانگین تعداد کارگر زراعی 5/2 نفر می‌باشد. همچنین میانگین مساحت اراضی زراعی 8/4 هکتار و اراضی باغی 2/2 هکتار می‌باشد. نزدیک به نیمی از پاسخگویان (48 درصد) نیز اصلا در کلاس‌های ترویجی شرکت نکرده‌اند. میانگین تعداد ملاقات با مروج 0/58 بار و میانگین میزان شرکت در دوره‌های آموزشی آبیاری تحت فشار 0/46 می‌باشد. طبق نتایج جدول 2، مولفه‌های الگوی رفتار برنامه‌ریزی شده بر اساس میانگین سطری برای کل سامانه به ترتیب: باورهای پیامد (7/52)، روش یادگیری (7/03)، هنجارهای ذهنی (6/94)، کنترل باورها (6/8)، تمایل (6/27) و نگرش (5/82) رتبه بندی شده‌اند.

جدول 2- توصیف الگوی رفتار برنامه‌ریزی شده

بعد	گویه‌ها	میانگین	انحراف معیار	میانگین (سطری)
باورهای پیامد	کاربرد آبیاری تحت‌فشار فرصت پیشرفت اجتماعی و اقتصادی (1)	7/2	0/86	7/52
	کاربرد آبیاری تحت‌فشار تأثیر بر رفتار اجتماعی کشاورزان (2)	6/53	0/89	
	آبیاری تحت‌فشار روشی برای افزایش بازدهی و صرفه‌جویی (3)	7/45	0/81	
	بهره‌مندی کشاورزان کاربر آبیاری تحت‌فشار از سود و مزایای آن (4)	8/91	0/77	
هنجارهای ذهنی	اعتقاد کسانی که برایم مهم‌اند در به‌کارگیری آبیاری تحت‌فشار (5)	8/22	0/79	6/94
	انتظاررفتن از من جهت به‌کارگیری آبیاری تحت‌فشار (6)	6/43	0/93	
	اعتبار بین مردم و کشاورزان با به‌کارگیری آبیاری تحت‌فشار (7)	7/07	0/86	
	پیشرفت کاربران آبیاری تحت‌فشار و اجبار من به پذیرفتن آن (8)	6/06	0/98	
نگرش	خسته‌کننده بودن استفاده از آبیاری تحت‌فشار (9)	4/58	1/22	5/82
	عدم نیاز به استفاده از آبیاری تحت‌فشار (10)	5	1/11	
	بالابودن هزینه‌ها در برابر منافع آبیاری تحت‌فشار (11)	6/38	0/96	
	سودمندی آبیاری تحت‌فشار در برابر روش‌های سنتی (12)	7/31	0/84	
کنترل باورها	عدم به‌کارگیری آبیاری تحت‌فشار به دلیل مسائل فرهنگی - اجتماعی (13)	6/95	0/92	6/8
	عدم کاربرد آبیاری تحت‌فشار به دلیل مسائل مالی و خانوادگی (14)	6/9	0/94	
	انجام مراحل اداری به‌کارگیری آبیاری تحت‌فشار با صبر (15)	6/45	0/91	
	توانایی یادگیری استفاده، نگهداری و تعمیر روش آبیاری تحت‌فشار (16)	6/9	0/88	
تمایل	علاقه‌مندی به کسب اطلاعات جهت آبیاری تحت‌فشار (17)	7/13	0/85	6/27
	تمایل به شرکت در برنامه‌های آموزشی آبیاری تحت‌فشار (18)	6/88	0/93	
	علاقه‌مندی به اجرای آبیاری تحت‌فشار با سرمایه شخصی (19)	5/5	1/07	
	آمادگی برای کمک به دیگران جهت اجرای آبیاری تحت‌فشار (20)	5/58	1/03	
روش یادگیری	یادگیری از طریق رادیو و تلویزیون (21)	6/13	0/98	7/03
	یادگیری از طریق برگزاری کلاس‌های آموزشی (22)	7/33	0/8	
	یادگیری از طریق تجمع در مزرعه‌های تحقیقاتی (23)	7/92	0/83	
	یادگیری از طریق استفاده از تجارب کشاورزان منطقه (24)	6/74	0/92	

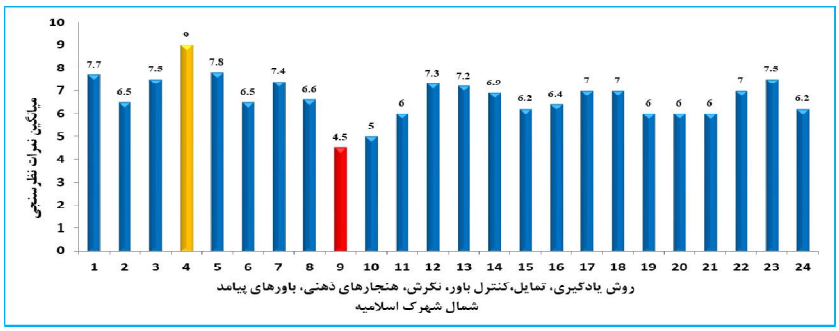
نتایج و بحث

در اشکال 1 تا 6 برای هر دشت رفتار و گرایش‌های کشاورزان مورد بررسی قرار گرفته است. سوالات مطرح شده در جدول 2 طرح گردیده است که با شماره 1 تا 24 مشخص شده‌اند، به این ترتیب که از سوال 1 تا 4 زیر مجموعه بعد باورهای پیامد، سوالات 5 تا 8 زیر مجموعه بعد هنجارهای ذهنی، سوالات 9 تا 12 زیرمجموعه بعد نگرش، سوالات 13 تا 16 مربوط به بعد کنترل باورها، سوالات 17 تا 20 زیر مجموعه بعد تمایل و سولات 21 تا 24 مربوط به بعد روش یادگیری می‌باشند. باتوجه‌به شکل 1 می‌توان گفت که در دشت جنوب چالاب بالاترین میانگین مربوط به بعد باورهای پیامد (7/51) می‌باشد که از بین سوالات مربوط به باورهای پیامد بالاترین امتیاز را کشاورزان به "بهره‌مندی کشاورزان کاربر آبیاری تحت فشار از سود و مزایای آن" به خود اختصاص داده است، می‌توان گفت که هدف اصلی کشاورزان منطقه از اجرای روش‌های تحت فشار افزایش سود است. به دنبال آن بعدهای روش یادگیری، کنترل باورها، هنجارهای ذهنی، تمایل و نگرش با میانگین‌های به ترتیب 7، 6/81، 6/75، 6/06 و 5/94 برای کشاورزان حائز اهمیت بوده است.



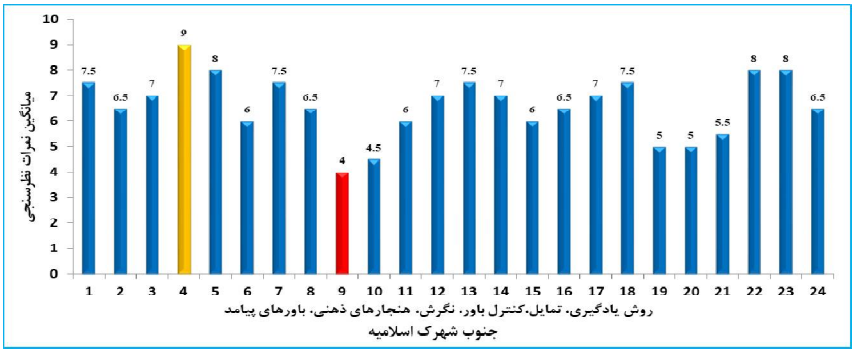
شکل 1- واکاوی رفتار کشاورزان در پذیرش فناوری آبیاری تحت فشار - دشت جنوب چالاب

شکل 2 نتایج واکاوی از کشاورزان دشت شمال شهرک اسلامیه را نشان می‌دهد. میانگین‌های خروجی از پرسش‌ها نشان داد که بالاترین میانگین مربوط به بعد باورهای پیامد (7/68) می‌باشد. پس از آن بعدهای هنجارهای ذهنی، روش یادگیری و کنترل باورها، تمایل و نگرش به ترتیب با میانگین‌های 7/08، 6/68، 6/68، 6/5 و 5/7 برای کشاورزان این منطقه حائز اهمیت است. در بین سوالات مرتبط به بعد هنجارهای ذهنی، کشاورزان بالاترین امتیاز را به‌عنوان "اعتقاد کسانی که برایم مهم‌اند به به‌کارگیری آبیاری تحت فشار" داده‌اند، باتوجه‌به دادن امتیاز بالا از سمت کشاورزان به این عنوان، می‌توان گفت که جهت اثرگذاری عملکردهای مطلوب آبیاری تحت فشار در این منطقه بایستی کلاس‌های آموزشی ویژه‌ای برای معتمدین منطقه که مورد تایید اکثریت کشاورزان هستند برگزار کرد. همچنین ذکر این نکته که در این دشت نیز بالاترین امتیاز میانگین مربوط به‌عنوان "بهره‌مندی کشاورزان کاربر آبیاری تحت فشار از سود و مزایای آن" لازم است.



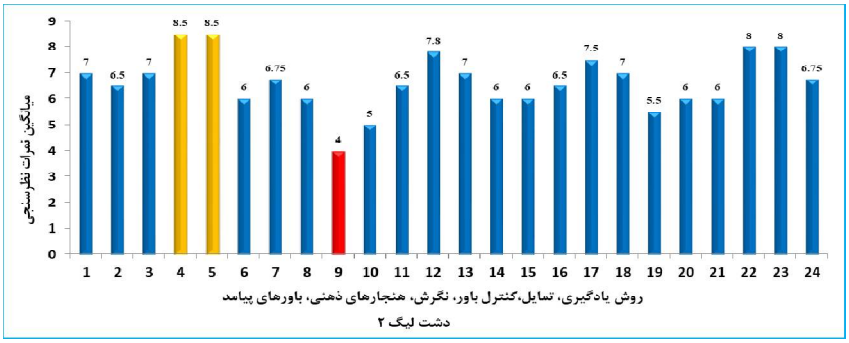
شکل2- واکاوی رفتار کشاورزان در پذیرش فناوری آبیاری تحت‌فشار - دشت شمال شهرک اسلامیه

شکل 3 نشان می‌دهد که بالاترین میانگین مربوط به بعد باورهای پیامد (7/5) می‌باشد. بعدهای هنجارهای ذهنی و روش یادگیری با میانگین یکسان 7 و به دنبال آن بعدهای کنترل باورها، تمایل و نگرش با میانگین‌های به ترتیب 6/75، 6/13 و 5/38 کمترین اهمیت را از نظر کشاورزان این منطقه داشته است. در دشت جنوب شهرک اسلامیه نیز مانند دشت‌های جنوب چالاب و شمال شهرک اسلامیه بالاترین امتیاز مربوط به‌عنوان "بهره‌مندی کشاورزان کاربر آبیاری تحت فشار از سود و مزایای آن" است. این موضوع اهمیت دادن ویژه کشاورزان به دست یافتن بالاترین سود از کشاورزی را نشان می‌دهد. یکی از مهمترین عواملی که کشاورزان را به استفاده درست از روش‌های تحت فشار ترغیب می‌کند ایجاد اطمینان خاطر در کشاورزان جهت به‌دست آوردن سودی بالاتر از روش آبیاری به روش سنتی است.



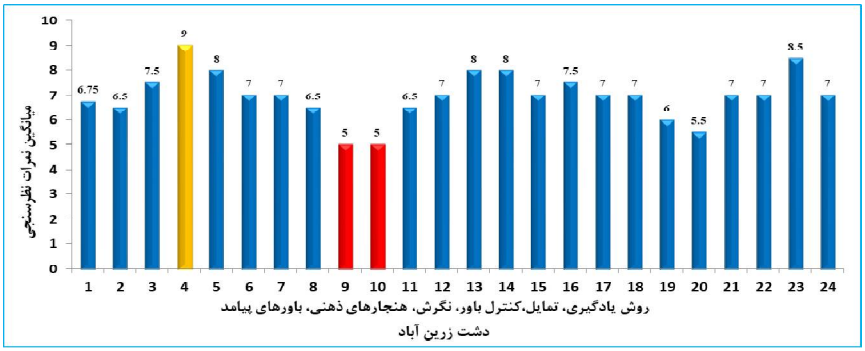
شکل3- واکاوی رفتار کشاورزان در پذیرش فناوری آبیاری تحت‌فشار - دشت جنوب شهرک اسلامیه

شکل 4 نتایج واکاوی از کشاورزان دشت لیگ2 را نشان می‌دهد. بالاترین میانگین‌ها مربوط به بعد باورهای پیامد (7/25) می‌باشد. پس از آن بعدهای روش یادگیری، هنجارهای ذهنی، تمایل، کنترل باورها و نگرش با میانگین‌های 7/19، 6/81، 6/5، 6/38 و 5/83 برای کشاورزان این منطقه حائز اهمیت بوده است. مطابق سایر دشت‌ها، در دشت لیگ 2 نیز در بین سوالات مرتبط به بعد باورهای پیامد، کشاورزان بالاترین امتیاز را به‌عنوان "بهره‌مندی کشاورزان کاربر آبیاری تحت فشار از سود و مزایای آن" داده‌اند. و کمترین امتیاز مربوط به بعد نگرش و عناوین "عدم کاربرد آبیاری تحت فشار به دلیل مسائل مالی و خانوادگی" و "انجام مراحل اداری به‌کارگیری آبیاری تحت فشار با صبر" بوده است.



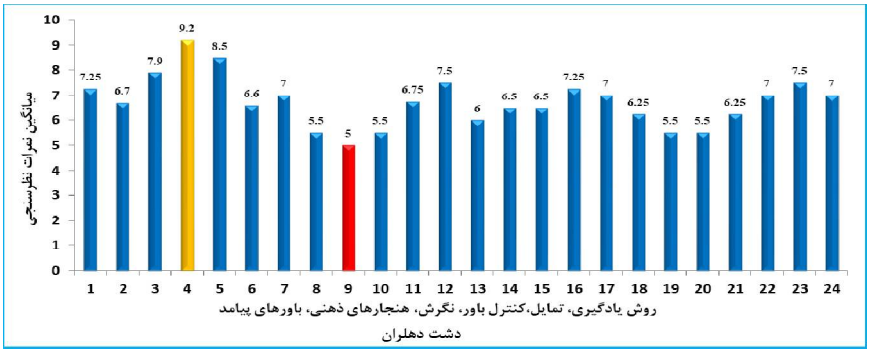
شکل4- واکاوی رفتار کشاورزان در پذیرش فناوری آبیاری تحت‌فشار - دشت لیگ 2

باتوجه‌به شکل 5 بالاترین میانگین در دشت زرین آباد مربوط به بعد کنترل باورها (7/63) می‌باشد، همچنین بعدهای باورهای پیامد، روش یادگیری، هنجارهای ذهنی، تمایل و نگرش به ترتیب با میانگین‌های 7/44، 7/38، 7/13، 6/38 و 5/88 در رتبه‌های بعدی قرار دارند. نکته قابل توجه در دشت زرین آباد این است که باتوجه‌به اینکه بالاترین امتیاز مربوط به‌عنوان "بهره‌مندی کشاورزان کاربر آبیاری تحت فشار از سود و مزایای آن "با میانگین 9 می‌باشد اما از نظر میانگین این عنوان در بعد باورهای پیامد و در جایگاه دوم قرار دارد. باتوجه‌به اینکه میانگین بعد کنترل باورها در این دشت بالاترین میزان را به خود اختصاص داده است بایستی عناوین مربوط به این بعد یعنی "عدم به‌کارگیری آبیاری تحت فشار به دلیل مسائل فرهنگی- اجتماعی"، "عدم کاربرد آبیاری تحت فشار به دلیل مسائل مالی و خانوادگی"، "انجام مراحل اداری به‌کارگیری آبیاری تحت فشار با صبر" و "توانایی یادگیری استفاده، نگهداری و تعمیر روش آبیاری تحت فشار" بررسی کنیم. به نظر می‌رسد مسائل اجتماعی در این دشت اهمیت ویژه‌ای در بحث گرایش کشاورزان به اجرا و پذیرش روش‌های تحت فشار را داراست و در صورت برگزاری کلاس‌های ترویجی بایستی این مسئله مورد تاکید قرار گیرد.



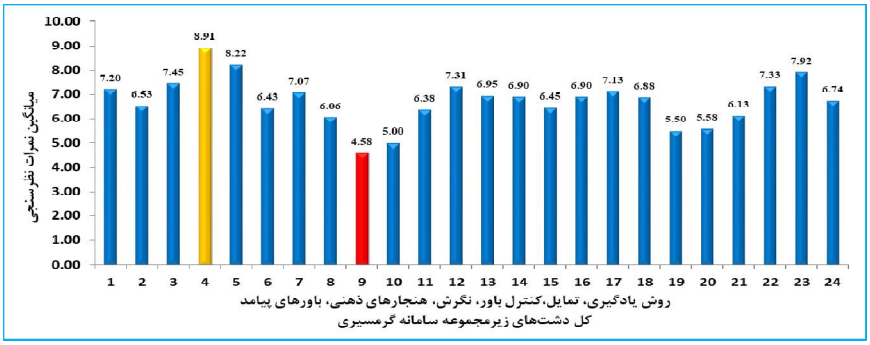
شکل5- واکاوی رفتار کشاورزان در پذیرش فناوری آبیاری تحت‌فشار - دشت زرین‌آباد

باتوجه‌به شکل 6 بالاترین میانگین مربوط به بعد باورهای پیامد (7/76) می‌باشد. بعدهای روش یادگیری، هنجارهای ذهنی، نگرش، تمایل و کنترل باورها با میانگین به ترتیب 6/94، 6/9، 6/19، 6/06 و 5/56 از نظر کشاورزان این دشت اهمیت داشته است. بالاترین میانگین مربوط به‌عنوان "بهره‌مندی کشاورزان کاربر آبیاری تحت فشار از سود و مزایای آن" به میزان 9/2 می‌باشد.



شکل6- واکاوی رفتار کشاورزان در پذیرش فناوری آبیاری تحت‌فشار - دشت دهلران

شکل 7 میانگین نتایج واکاوی رفتار کشاورزان در پذیرش فناوری آبیاری تحت فشار را برای کل سامانه گرمسیری زیر مجموعه استان ایلام نشان می‌دهد. مطابق نمودار بالاترین میانگین در سامانه گرمسیری مربوط به بعد باورهای پیامد (7/52) می‌باشد. در بین عناوین مربوط به باورهای پیامد (عناوین شماره 1 تا 4) نیز بالاترین میانگین مربوط به‌عنوان "بهره‌مندی کشاورزان کاربر آبیاری تحت فشار از سود و مزایای آن" به میزان 9/2 می‌باشد. پس از آن بعدهای روش یادگیری، هنجارهای ذهنی، کنترل باورها، تمایل و نگرش به ترتیب با میانگین‌های 7/03، 6/94، 6/8، 6/27 و 5/82 از دیدگاه کشاورزان زیر مجموعه سامانه گرمسیری حائز اهمیت است. کمترین میانگین (4/58) مربوط به بعد نگرش و عنوان "خسته کننده بودن استفاده از آبیاری تحت فشار" می‌باشد. به‌طور کلی مطابق میانگین نتایج به‌دست آمده جهت اثرگذاری بالاتر روش‌های آبیاری تحت فشار و بهره‌برداری مطلوب‌تر از این روش‌ها توسط کشاورزان زیرمجموعه سامانه گرمسیری بایستی به عناوین (1 تا 4) زیر مجموعه بعد باورهای پیامد توجه ویژه‌ای صورت گیرد. هم‌چنین قابل توجه است که عنوان روش یادگیری نیز برای کشاورزان منطقه موردمطالعه اهمیت ویژه‌ای دارد. کشاورزان بهترین روش یادگیری را "یادگیری از طریق تجمع در مزرعه‌های تحقیقاتی" دانسته‌اند. هم‌چنین در بین عناوین مربوط به بعد هنجارهای ذهنی بالاترین امتیاز (8/5) مربوط به‌عنوان " اعتقاد کسانی که برایم مهم‌اند در به‌کارگیری آبیاری تحت فشار" می‌باشد. در بعد تمایل نیز عنوان "علاقه‌مندی به کسب اطلاعات جهت آبیاری تحت فشار" بالاترین میانگین (7) را از دیدگاه کشاورزان داراست. با استفاده از نظرسنجی کشاورزان منطقه موردمطالعه جهت بالابردن راندمان‌های مهم در آبیاری و همچنین بهره‌برداری مطلوب از روش‌های تحت فشار بایستی به میانگین‌های هر بعد توجه ویژه‌ای داشت.



شکل7- واکاوی رفتار کشاورزان در پذیرش فناوری آبیاری تحت‌فشار - دشت‌های زیر مجموعه سامانه گرمسیری استان ایلام

معمولاً کشاورزان با مشاهده کاربرد آبیاری تحت‌فشار و همچنین با مشاهده سهولت و افزایش بازدهی و سایر مزایای آن به‌صورت عینی به پذیرش آن ترغیب می‌شوند. نظر اکثریت کشاورزان به نحوه یادگیری از طریق ارتباط با مروجان و یادگیری از طریق تجمع در مزرعه‌های تحقیقاتی بوده است. زیرا ارتباط با ترویج می‌تواند زمینه‌ساز کسب اطلاعات در مورد فناوری (مزایا و معایب آبیاری تحت‌فشار، نحوه اخذ تسهیلات، نحوه استفاده، تعمیر و نگهداری و سایر اطلاعات فنی) و ترغیب آن‌ها به پذیرش و اجرای فناوری باشد. این بخش از یافته با نتایج تحقیق صالحی و همکاران (1389)، دادرس مقدم و گل محمدی (1388) و زیبایی (1382) همسو می‌باشد.

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به یافته‌های تحقیق در خصوص تأثیرگذاری عوامل اقتصادی و سرمایه‌گذاری در پذیرش فناوری‌های آبیاری و مشاهدات و تجربه تیم تحقیق در جریان مطالعه از شرایط پرداخت تسهیلات اعتباری، پیشنهاد می‌شود در پرداخت تسهیلات و حمایت‌ها، از مصوبات محدودکننده (نظیر لزوم ارائه سند شش‌دانگ، معرفی ضامن و شرایط بازپرداخت و جریمه کرد) پرهیز شود و تسهیلات به‌صورت عادلانه و آسان به‌تناسب مساحت زمین پرداخت شود و ضمن توجیه کشاورزان در خصوص شرایط و ملزومات دریافت این تسهیلات، نظارت لازم برای هزینه‌کرد اعتبارات پرداختی برای توسعه آبیاری تحت‌فشار صورت گیرد. باتوجه‌به یافته‌های پژوهش دررابطه‌با کشاورزان مسن و باسابقه بهتر است از فعالیت‌های ترویجی مناسب همانند ملاقات رودررو در سر مزرعه، پخش برنامه‌هایی از صداوسیمای استان، بازدیدهای میدانی از مزارع نمایشی یا مزارع اجراکننده شیوه‌های آبیاری نوین و برگزاری نمایشگاه‌های تأسیسات آبیاری در جهاد کشاورزی هر شهرستان برای بازدید کشاورزان اقدام نمود. باتوجه‌به یافته تحقیق مبنی بر تأثیرگذاری سازه‌های روان‌شناختی و ذهنی همانند باور به سودمندی و امکان‌پذیری آبیاری تحت‌فشار، بهره‌گیری از روش‌های ترویجی مناسب نظیر مشاوره حضوری کارشناسان باتجربه و موردقبول کشاورزان برای توجیه و ترغیب آن‌ها، دایر کردن مزرعه نمایشی در سطح شهرستان و بازدید کشاورزان از مزارع موفق کاربر فناوری آبیاری تحت‌فشار می‌تواند موجب جهت‌دهی ذهنی سازنده کشاورزان به استفاده از این فناوری شود. همچنین به‌منظور امکان‌پذیر نمودن استفاده از این فناوری در نزد کشاورزان، تقویت شرکت‌های خدمات مشاوره فنی و مهندسی توانمند برای ارائه یکپارچه خدمات تخصصی موردنیاز کشاورزان برای توسعه آبیاری تحت‌فشار و نیز دایر کردن فروشگاه‌های عرضه‌کننده تجهیزات آبیاری در سطح هر شهرستان می‌تواند مؤثر واقع شود. این مهم نیازمند همکاری سازمان‌های مختلف، از جمله مراکز خدمات جهاد کشاورزی، سازمان نظام‌مهندسی، مراکز و ایستگاه‌های تحقیقاتی و آب منطقه‌ای در قالب یک برنامه راهبردی برای توسعه کشاورزی منطقه است. باتوجه‌به تأثیر ریسک‌پذیری ناشی از کاربرد فناوری‌های نوین آبیاری بر پذیرش آن‌ها، پیشنهاد می‌شود صندوق بیمه‌پذیرش این فناوری‌ها توسط کشاورزان را تحت پوشش بیمه مناسب (تحت عنوان بیمه فناوری) قرار دهد. در تداوم این بخش از تحقیق، پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی

اقدامات لازم برای تغییر الگوی کشت زراعی جهت کشت محصولات با نیاز آبی کمتر و متناسب با شرایط اقلیمی منطقه به‌طورجدی مدنظر قرار گیرد.

منابع

اعظمی، ا.، زرافشانی، ک.، دهقانی سانیچ، ح. و گرجی، ع. 1390. واکاوی نیازهای آموزشی بهره‌برداران سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در استان کرمانشاه (مطالعه موردی: شهرستان سنقز). نشریه آب‌وخاک، علوم و صنایع کشاورزی، دوره 25، شماره، 5، ص 1127-1119.

باقری، ا. و جوادی، ف. 1394. عوامل مؤثر بر پذیرش و عدم‌پذیرش ریز غده بذری سیب‌زمینی در شهرستان اردبیل .علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، دوره 11، شماره 2، ص 179-164.

بیگدلی، ا. و صدیقی، ح. 1389. بررسی رفتار پذیرش روش‌های کشاورزی پایدار توسط مددکاران ترویجی استان قزوین. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، دوره 41، شماره 3، ص 412-405.

رسولی، س.، فعلی، س. و حسینی، م. 1388. بررسی سازوکارهای موثر در پذیرش و بکارگیری سیستم‌های تحت فشار در استان آذربایجان غربی. سومین کنگره علوم ترویج و آموزش کشاورزی، مشهد، اسفند 1388، ص 12-11.

دادرس مقدم، ع. و گل محمدی، ف. 1388. بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش تکنولوژی‌ها و نوآوری‌های جدید توسط پسته کاران استان خراسان جنوبی. همایش مدیریت تکنولوژی و نوآوری. گرمسار، دانشگاه پیام‌نور استان سمنان، 25 آذر. 1388.

رستم‌آبادی، ا. 1388. رویکرد برنامه پنجم برای رفع چالش‌های مدیریت آب کشور؛ حرکت به‌سوی مدیریت یکپارچه منابع آب هفته‌نامه برنامه کشاورزی، دوره، 8 شماره،334 ص 20-16.

صالحی، س.، رضایی مقدم، ک. و آجیلی، ع. 1389. کاربرد تکنولوژی‌های نظارت عملکرد: الگویی برای کشاورزی پایدار. علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، دوره، 4، شماره 1، ص 32-15.

محبوبی، م. ر.، اسماعیلی اول، م. و یعقوبی، ج. 1392. بررسی عوامل بازدارنده و پیشبرنده کاربرد روشهای جدید آبیاری توسط کشاورزان: مورد غرب شهرستان بشرویه در خراسان جنوبی. مجله مدیریت آب و آبیاری، دوره ،1 شماره 1، ص -98 . 7

منفرد، ن. و توکلی، ک. 1391. واکاوی سازه‌های مؤثر بر پذیرش سامانه آبیاری تحت‌فشار توسط نخل‌داران، موردمطالعه :استان بوشهر. اولین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه؛ کرج، 10 خرداد.

کهنسال، م، ر.، قربانی، م. و رفیعی، ه. 1388. بررسی عوامل محیطی و غیرمحیطی مؤثر بر پذیرش آبیاری بارانی (مطالعه موردی استان خراسان رضوی). نشریه اقتصاد کشاورزی و توسعه، دوره، 17 شماره، 65، ص 110-97.

قلیخانی‌فراهانی، ن. و حسینی، م. 1391. تحلیل مولفه‌های بازدارنده پذیرش و کاربرد سیستم‌های آبیاری پیشرفته در شهرستان کرج. مجموعه مقالات چهارمین کنگره علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، کرج، 28 و 28 شهریور.

زیبایی، م. 1382. تعیین بازده سرمایه‌گذاری در زمینه نصب سیستم‌های آبیاری تحت فشار در استان فارس. مجموعه مقالات همایش تأمین مالی کشاورزی، تجربه‌ها و درس‌ها، تهران: پژوهشکده اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس.

Allah Dadi, A., Moazen Ghamsari, B., Akbari, G.H. and Zohoorian Mehr, M. 2005. Investigation of the effect of different amount of water super absorbent polymer 200-A and irrigation levels on growth and yield of forage corn. Proceedings of 3rd Specific Symposium on Application of SuperAbsorbent Polymer Hydrogels in Agriculture. Petrochemistry and Polymer Research Center Iran.

N.W. 2011. Quinn, Adaptive implementation of information technology for real-time, basin-scale salinity management in the San Joaquin Basin, USA and Hunter River Basin, Australia, Agricultural water management, 98(6) (2011) 930-940.

Ndiiri, J. A., Mati, B. M., Home, P. G., Odongo, B. and Uphoff, N. 2013. Adoption, constraints and economic returns of paddy rice under the system of rice intensification in Mwea, Kenya. Agricultural Water Management, 129,44 -55.

محور 8 -
هوشمندسازی و اتوماسیون آبیاری

آبیاری هوشمند در قلب زنجیره تأمین کشاورزی: کلید آینده بهره‌وری و پایداری

سیدواحد موسوی [1]، رضا رادفر [2]، سعید ستایشی [3]

[1] دانشجوی دکتری، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، Sava.Moosavi@gmail.com

[2] عضو هیات علمی، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

[3] عضو هیات علمی، گروه مهندسی هسته ای دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه امیرکبیر، تهران

چکیده

آبیاری هوشمند به‌عنوان یک فناوری کشاورزی، در حال تبدیل شدن به عنصر کلیدی و قلب تپنده زنجیره تأمین کشاورزی است. این مقاله به بررسی نقش حیاتی آبیاری هوشمند در تحول زنجیره تأمین کشاورزی و تأثیر آن بر بهره‌وری و پایداری می‌پردازد. با استفاده از فناوری‌های پیشرفته نظیر حسگرها، داده‌های کلان، و الگوهای تحلیل، آبیاری هوشمند به طور مؤثر مصرف آب را بهینه‌سازی کرده و نیازهای دقیق محصولات را برآورده می‌سازد. این فناوری نه‌تنها به کاهش هدررفت منابع آب و افزایش کیفیت محصولات کمک می‌کند، بلکه به کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش سودآوری نیز منجر می‌شود. مقاله به تحلیل تأثیرات عمیق آبیاری هوشمند بر تمامی مراحل زنجیره تأمین کشاورزی، از کاشت و نگهداری تا برداشت و توزیع، می‌پردازد و نمونه‌های موفق جهانی را بررسی می‌کند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که آبیاری هوشمند، به‌عنوان یک جزء اساسی، توانایی تغییرات بنیادی در زنجیره تأمین کشاورزی را دارد و می‌تواند به تحقق اهداف پایداری زیست‌محیطی و بهبود بهره‌وری اقتصادی در سطح جهانی کمک کند.

کلمات کلیدی: آبیاری هوشمند، زنجیره تأمین کشاورزی، بهره‌وری کشاورزی، پایداری زیست‌محیطی

مقدمه

کشاورزی به‌عنوان یک رکن حیاتی تأمین غذا و حفظ امنیت غذایی جهانی، با چالش‌های پیچیده‌ای روبه‌رو است. یکی از مهم‌ترین این چالش‌ها، مدیریت مؤثر آب کشاورزی است که به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت ویژه‌ای دارد (Molden et al., 2010). در این راستا، فناوری‌های نوین مانند آبیاری هوشمند (Smart Irrigation)، به‌عنوان راه‌حل‌های نوآورانه برای افزایش بهره‌وری و پایداری در زنجیره تأمین کشاورزی به شمار می‌روند (Qian et al., 2024). در دهه‌های اخیر، کشاورزی با چالش‌های بی‌سابقه‌ای مواجه شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به تغییرات اقلیمی، کمبود منابع آب و افزایش نیاز به تولید غذا برای جمعیت روبه‌رشد اشاره کرد. در این راستا، فناوری‌های نوین به‌ویژه آبیاری هوشمند، به‌عنوان یکی از راهکارهای کلیدی برای مواجهه با این چالش‌ها، در حال کسب توجه و اهمیت بیشتری هستند (García et al, 2020). آبیاری هوشمند به طور خاص، به مجموعه‌ای از فنون و زیرساخت‌های پیشرفته اطلاق می‌شود که هدف آن‌ها بهینه‌سازی استفاده از منابع آب و افزایش بهره‌وری کشاورزی است (Sharma et al, 2022). زنجیره تأمین کشاورزی به مجموعه فرایندهایی اطلاق می‌شود که شامل تولید، فراوری، توزیع و مصرف محصولات کشاورزی است. این زنجیره به طور مستقیم با تأمین منابع غذایی و پایداری زیست‌محیطی در ارتباط است (Sjah, et al., 2021) در این زنجیره، آبیاری به‌عنوان یکی از عوامل حیاتی، نقش بسزایی در تعیین کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی ایفا می‌کند (Kumar et al., 2013). بااین‌حال، روش‌های سنتی آبیاری اغلب با مشکلاتی نظیر هدررفت آب و مصرف نا بهینه منابع روبرو هستند که نیاز به نوآوری‌های فنون را بیش‌ازپیش ضروری می‌سازد (Kagalkar, 2017). آبیاری هوشمند با استفاده از فناوری‌هایی مانند حسگرها، داده‌های کلان و الگوهای تحلیل، به کشاورزان این امکان را

می‌دهد که مصرف آب را به طور دقیق‌تری کنترل کرده و نیازهای واقعی گیاهان را تأمین کنند (Badrun et al, 2021). این فناوری‌ها به کشاورزان کمک می‌کنند تا به طور مؤثرتر و بهینه‌تر از منابع آب استفاده کنند و به همین دلیل، نقش آبیاری هوشمند در افزایش بهره‌وری و پایداری کشاورزی بسیار حائز اهمیت است (Ahmed et al., 2023). تحقیقات اخیر نشان می‌دهند که پیاده‌سازی آبیاری هوشمند می‌تواند به طور قابل‌توجهی مصرف آب را کاهش داده و درعین‌حال، کیفیت و مقدار محصولات کشاورزی را بهبود بخشد (Touil et al., 2022). برای مثال، مطالعه‌ای که توسط Kumar و همکاران (2018) انجام شده، نشان می‌دهد که روش‌های آبیاری هوشمند توانسته‌اند مصرف آب را تا 40% کاهش دهند و در عین حال، عملکرد محصولات را نیز بهبود بخشیده است. زنجیره تأمین کشاورزی، که شامل مراحل مختلفی از کاشت، نگهداری، برداشت، فرآوری و توزیع محصولات است، به‌طور مستقیم تحت‌تأثیر فن‌آوری‌های نوین قرار دارد. آبیاری هوشمند، می‌تواند به‌طور مؤثر مصرف منابع آب را بهینه‌سازی کرده و به بهبود کیفیت محصولات کمک کند (She et al., 2024). این بهینه‌سازی به نوبه خود منجر به کاهش هزینه‌های تولید و افزایش سودآوری برای کشاورزان می‌شود (Mousavi et al., 2022). پایداری زیست‌محیطی یکی دیگر از جنبه‌های کلیدی است که آبیاری هوشمند به آن توجه ویژه‌ای دارد. با کاهش مصرف آب و بهبود کیفیت خاک، این فناوری به تحقق اهداف پایداری زیست‌محیطی کمک می‌کند و تأثیرات منفی کشاورزی بر محیط زیست را به حداقل می‌رساند (Lakhiar et al., 2024). هم‌چنین، فن‌آوری‌های مرتبط با داده‌های کلان و مدیریت منابع آب به کشاورزان این امکان را می‌دهد که تصمیمات بهتری بگیرند و به‌طور جامع‌تری به تحلیل وضعیت محصولات و منابع بپردازند (Shukla et al., 2021). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که پیاده‌سازی آبیاری هوشمند در زنجیره تأمین کشاورزی می‌تواند تأثیرات قابل‌توجهی بر بهبود کیفیت محصولات، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری داشته باشد. به‌طور خاص، فن‌آوری‌های پیشرفته‌ای مانند حسگرهای هوشمند و زیرساخت‌های خودکار، به کشاورزان این امکان را می‌دهند که به‌طور دقیق‌تری به مدیریت آب بپردازند و از هدر رفت آن جلوگیری کنند (Boursianis et al., 2020). نمونه‌های موفق جهانی نشان می‌دهند که استفاده از آبیاری هوشمند می‌تواند به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های عملیاتی کمک کند. به‌عنوان مثال، پروژه‌های آبیاری هوشمند در کشورهای مختلف مانند ایالات متحده و اسرائیل موفق به بهبود قابل‌توجه بهره‌وری و کاهش مصرف آب شده‌اند (Ouda et al., 2022). این تجربیات می‌توانند به‌عنوان الگوهایی برای پیاده‌سازی فن‌آوری‌های مشابه در دیگر مناطق جهان مورداستفاده قرار گیرند. در نهایت، آبیاری هوشمند به‌عنوان یک جزء اساسی در زنجیره تأمین کشاورزی، به‌طور چشمگیری به بهبود بهره‌وری و پایداری کمک می‌کند. با استفاده از این فناوری، کشاورزان قادر خواهند بود تا به‌طور مؤثرتری به مدیریت منابع آب بپردازند و به اهداف پایداری زیست‌محیطی نزدیک‌تر شوند (Ray& Majumder ,2024).

زنجیره تأمین کشاورزی

زنجیره تأمین کشاورزی از مراحلی تشکیل شده که محصولات کشاورزی از تولید تا مصرف نهایی طی می‌کنند. این زنجیره شامل فرایندهای متعددی است که به‌هم‌پیوسته و وابسته به هم هستند (جدول 1).

آب و آبیاری هوشمند جایگاه بسیار مهمی در زنجیره تأمین کشاورزی دارد، زیرا مدیریت بهینه منابع آبی در مراحل مختلف تولید و توزیع محصولات کشاورزی تأثیر مستقیمی بر بهره‌وری و پایداری این صنعت دارد. کشاورزی به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان آب، نیاز به زیرساخت‌هایی دارد که بتوانند مصرف آب را بهینه کنند. آبیاری هوشمند با استفاده از حسگرها، داده‌های هواشناسی و الگوهای یادگیری ماشین، مقدار دقیق آب موردنیاز برای هر بخش از زمین را تعیین کرده و از مصرف بی‌رویه جلوگیری می‌کند. این رویکرد کمک می‌کند تا آب به طور مؤثرتر مصرف شود و تولید محصول افزایش یابد. آبیاری هوشمند با استفاده از داده‌های به‌روز در مورد رطوبت خاک، دمای محیط و وضعیت گیاه، به کشاورزان این امکان را می‌دهد تا تصمیم دقیق‌تری در مورد زمان و مقدار آبیاری اتخاذ کنند. این مدیریت دقیق منابع می‌تواند هزینه‌های عملیاتی را کاهش داده و کیفیت محصولات را افزایش دهد. استفاده بیش از حد از آب در کشاورزی منجر به مشکلات زیست‌محیطی نظیر کاهش منابع آب‌های زیرزمینی و شورشدن خاک می‌شود. آبیاری هوشمند می‌تواند مصرف آب را به حداقل برساند و از پایداری منابع آب برای نسل‌های آینده محافظت کند. این مسئله در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. استفاده از فناوری‌های هوشمند در آبیاری نه‌تنها باعث افزایش بهره‌وری می‌شود، بلکه هزینه‌های

انرژی و نیروی کار مرتبط با مدیریت آبیاری را نیز کاهش می‌دهد. با کاهش مصرف آب و انرژی، کشاورزان می‌توانند سوددهی بیشتری داشته باشند و همچنین محصولات باکیفیت‌تری تولید کنند. در مناطقی که تغییرات آب‌وهوایی به طور چشمگیری بر کشاورزی تأثیر می‌گذارد، زیرساخت‌های آبیاری هوشمند می‌توانند به کشاورزان کمک کنند تا نوسانات آب‌وهوا را مدیریت کرده و محصولات خود را در برابر خشکسالی یا بارش‌های سنگین محافظت کنند. این انعطاف‌پذیری باعث افزایش ثبات و پایداری تولید محصولات کشاورزی در شرایط مختلف می‌شود. آبیاری هوشمند باعث می‌شود که کشاورزان بتوانند برنامه‌ریزی بهتری برای زمان برداشت محصول داشته باشند. اطلاعات دقیق در مورد میزان رشد گیاه و نیازهای آبی آن، به بهینه‌سازی زمان و کیفیت تولید محصول کمک می‌کند. این برنامه‌ریزی دقیق تأثیر مستقیمی بر مراحل بعدی زنجیره تأمین نظیر انبارداری، حمل‌ونقل و توزیع دارد. با بهبود مدیریت آب و آبیاری هوشمند، میزان تولید محصولات کشاورزی به طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. این افزایش تولید، نقش مهمی در بهبود امنیت غذایی ایفا می‌کند، به‌خصوص در مناطقی که با بحران‌های غذایی روبرو هستند.

به‌طورکلی، آبیاری هوشمند با بهینه‌سازی مصرف آب، کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و پایداری زیست‌محیطی می‌تواند تأثیر شگرفی بر زنجیره تأمین کشاورزی داشته باشد و به ایجاد زیرساخت‌های کشاورزی پایدارتر و کارآمدتر کمک کند.

جدول 1- مراحل زنجیره تامین کشاورزی

ردیف	مرحله زنجیره تأمین	زیر مراحل
1	تأمین ورودی‌های کشاورزی	بذرها و نهال‌ها: انتخاب و خرید بذر یا نهال‌های مناسب و مقاوم برای کاشت
		کودها و سموم: تأمین کودهای شیمیایی یا طبیعی و همچنین سموم دفع آفات.
		آب و تجهیزات آبیاری: برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آبی و تجهیزات مربوطه مثل روش‌های آبیاری قطره‌ای.
		ماشین‌آلات و ابزار کشاورزی: راکتور، دستگاه‌های برداشت و سایر ابزارهای مدرن و سنتی
2	کاشت	آماده‌سازی زمین: شخم‌زدن، آماده‌کردن بستر کاشت
		کاشت محصولات: کاشت بذرها یا نهال‌ها بر اساس زمان‌بندی مناسب و شرایط جغرافیایی.
		آبیاری و نگهداری: آبیاری منظم و استفاده از روش‌های مناسب برای حفظ سلامت گیاهان.
		مدیریت آفات و بیماری‌ها: جلوگیری و مبارزه با آفات و بیماری‌های کشاورزی.
3	برداشت	زمان برداشت: برداشت محصولات در زمان مناسب برای حفظ کیفیت و بازدهی بهتر.
		روش‌های برداشت: استفاده از روش‌های دستی یا ماشینی بسته به نوع محصول.
4	پردازش و بسته‌بندی	پردازش اولیه: شست‌وشو، جداسازی و در برخی موارد فراوری اولیه مانند پوست‌گیری، خشک‌کردن و بسته‌بندی اولیه.
		بسته‌بندی: بسته‌بندی مناسب برای حفظ محصول از فساد و افزایش طول عمر آن.
5	انبارداری و ذخیره‌سازی	انبارداری کوتاه‌مدت و بلندمدت: ذخیره‌سازی محصولات در شرایط مناسب (مثلاً سردخانه‌ها) برای جلوگیری از خرابی و حفظ کیفیت.
6	حمل‌ونقل	انتقال محصولات: حمل‌ونقل محصولات از مزارع به بازارها یا کارخانه‌های فراوری. این مرحله باید سریع و کارآمد باشد تا محصولات تازه به دست مصرف‌کننده برسند.
		شبکه توزیع: شبکه‌های توزیع داخلی و بین‌المللی برای ارسال محصولات به مقاصد مختلف.
7	توزیع	فروشگاه‌ها و بازارهای عمده‌فروشی: محصولات به فروشگاه‌ها، سوپرمارکت‌ها، بازارهای محلی یا مراکز عمده‌فروشی منتقل می‌شوند.
		عرضه به بازار نهایی: توزیع محصولات به مصرف‌کنندگان نهایی از طریق خرده‌فروشان یا سکوهای برخط.
8	مصرف‌کننده نهایی	مصرف نهایی: محصول به دست مصرف‌کننده نهایی می‌رسد و در خانه‌ها، رستوران‌ها یا صنایع غذایی مصرف می‌شود.
9	مدیریت پسماند و بازیافت	مدیریت ضایعات کشاورزی: مدیریت ضایعات ناشی از فرایندهای کاشت، برداشت و فراوری. این شامل بازیافت پسماندها به‌عنوان کود یا استفاده از آنها در صنایع مختلف مانند تولید انرژی (بیوگاز) می‌شود.
		ضایعات بسته‌بندی: مدیریت و کاهش استفاده از مواد بسته‌بندی پلاستیکی و جست‌وجوی جایگزین‌های پایدارتر.
10	حفظ پایداری و اثرات	پایداری کشاورزی: استفاده از روش‌های کشاورزی پایدار مثل کشاورزی ارگانیک، مدیریت منابع آب، و حفاظت از خاک.

زیست‌محیطی کاهش اثرات زیست‌محیطی: کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و سموم، کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای، و بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر.

ماهیت و اهمیت آبیاری هوشمند در زنجیره تأمین کشاورزی

آبیاری هوشمند ماهیتاً به مجموعه‌ای از فناوری‌ها و زیرساخت‌ها اطلاق می‌شود که با استفاده از داده‌های حسگرها، تحلیل‌های پیشرفته و الگوهای خودکار، فرایند آبیاری را بهینه‌سازی می‌کند. این زیرساخت‌ها به طور معمول شامل حسگرهای محیطی برای اندازه‌گیری شرایط خاک، رطوبت، دما و نیازهای آبی گیاهان هستند و از فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا (IoT)، داده‌های کلان (Big Data)و یادگیری ماشین برای تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی نیازهای آبی استفاده می‌کنند.

اهمیت آبیاری هوشمند در بهینه‌سازی مصرف آب، افزایش بهره‌وری کشاورزی، کاهش هزینه‌ها و مدیریت بهتر داده‌ها و تصمیم‌گیری است. با استفاده از آبیاری هوشمند، مصرف آب به طور دقیق و بر اساس نیاز واقعی گیاهان تنظیم می‌شود که باعث کاهش هدررفت آب و بهره‌وری بهتر منابع آبی می‌شود. این امر به‌ویژه در مناطق با کمبود آب و شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک اهمیت دارد. آبیاری هوشمند به کشاورزان کمک می‌کند تا با ارائه مقدار مناسب آب در زمان مناسب، سلامت و رشد بهینه گیاهان را تضمین کنند. این به نوبه خود می‌تواند عملکرد و تولید محصول را افزایش دهد. با کاهش مصرف آب و بهینه‌سازی فرایند آبیاری، هزینه‌های مربوط به منابع آب و انرژی کاهش می‌یابد. همچنین، بهبود کارایی روش‌های آبیاری می‌تواند هزینه‌های عملیاتی و تعمیر و نگهداری را کاهش دهد . استفاده از داده‌های حسگر و تحلیل‌های پیشرفته به کشاورزان این امکان را می‌دهد که تصمیمات بهتری در مورد زمان و مقدار آبیاری اتخاذ کنند. این تصمیمات مبتنی بر داده‌های دقیق و پیش‌بینی‌های علمی هستند.

جایگاه آبیاری هوشمند در زنجیره تأمین کشاورزی

در زنجیره تأمین کشاورزی، آبیاری هوشمند نقش کلیدی در کاهش اتلاف منابع آبی دارد. این شیوه به کاهش مصرف آب غیرضروری کمک کرده و در نتیجه، منابع آبی را برای دیگر بخش‌های زنجیره تأمین مانند فراوری و توزیع محصولات حفظ می‌کند (کاهش اتلاف منابع) .با تأمین نیازهای آبی گیاهان به شکل دقیق و مناسب، کیفیت محصول بهبودیافته و از نظر اندازه، طعم و ارزش غذایی به سطح بالاتری می‌رسد. این به نوبه خود می‌تواند بر قابلیت رقابت محصول در بازار تأثیرگذار باشد (بهبود کیفیت محصول). آبیاری هوشمند به کشاورزان کمک می‌کند تا در راستای اصول کشاورزی پایدار عمل کنند. با استفاده بهینه از منابع آبی، فشار کمتری بر منابع طبیعی وارد می‌شود و به حفظ محیط‌زیست کمک می‌کند (پایداری و مدیریت منابع). آبیاری هوشمند می‌تواند به‌راحتی با سایر فناوری‌های کشاورزی مانند مدیریت مزرعه، پیش‌بینی آب‌وهوا و تجزیه‌وتحلیل خاک یکپارچه شود. این یکپارچگی باعث ایجاد یک زنجیره تأمین کشاورزی کارآمد و هماهنگ می‌شود (یکپارچگی با سایر فناوری‌ها).

در کل، آبیاری هوشمند به‌عنوان یک ابزار کلیدی در مدیریت منابع آبی و بهبود کارایی کشاورزی، جایگاه ویژه‌ای در زنجیره تأمین کشاورزی دارد و می‌تواند به حل بسیاری از چالش‌های مرتبط با تأمین غذا و حفظ منابع طبیعی کمک کند.

بحث و نتایج

در این مقاله، به بررسی نقش و اهمیت آبیاری هوشمند در بهبود مدیریت منابع آبی در کشاورزی پرداخته شد. این بحث نهایی تلاش دارد تا به تحلیل عمیق‌تری از مزایا، چالش‌ها و فرصت‌های مرتبط با آبیاری هوشمند بپردازد و جایگاه آن را در زنجیره تأمین کشاورزی روشن کند.

❖ **تأثیرات کلیدی آبیاری هوشمند**

- **بهینه‌سازی مصرف آب:** آبیاری هوشمند با استفاده از حسگرهای پیشرفته و تحلیل‌های داده، مصرف آب را به میزان قابل‌توجهی بهینه می‌کند. این فناوری به کشاورزان امکان می‌دهد تا بر اساس نیاز واقعی گیاهان و شرایط خاک، میزان آب

موردنیاز را دقیقاً تعیین کنند. کاهش هدررفت آب نه‌تنها به حفظ منابع آبی کمک می‌کند، بلکه به کاهش فشار بر منابع آبی در مناطق با کمبود آب و شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک منجر می‌شود.

- **افزایش بهره‌وری کشاورزی:** با ارائه مقدار مناسب آب در زمان‌های مشخص، آبیاری هوشمند به رشد بهینه گیاهان و افزایش عملکرد محصولات کمک می‌کند. بهبود کیفیت و کمیت محصولات می‌تواند موجب افزایش درآمد کشاورزان و تقویت امنیت غذایی شود. از طرفی، افزایش بهره‌وری به معنای استفاده مؤثرتر از منابع و کاهش نیاز به زمین‌های جدید برای کشت است.
- **کاهش هزینه‌ها:** زیرساخت‌های آبیاری هوشمند با کاهش مصرف آب و انرژی، هزینه‌های مرتبط با این منابع را کاهش می‌دهند. همچنین، بهینه‌سازی فرایند آبیاری می‌تواند هزینه‌های تعمیر و نگهداری روش‌های آبیاری را کاهش دهد. این کاهش هزینه‌ها به کشاورزان کمک می‌کند تا به طور اقتصادی‌تر عمل کنند و توانایی مالی آنها را تقویت می‌کند.

❖ **چالش‌ها و راهکارها**

- **هزینه‌های اولیه و نیاز به سرمایه‌گذاری:** نصب زیرساخت‌های آبیاری هوشمند ممکن است نیازمند سرمایه‌گذاری اولیه بالا باشد. برای غلبه بر این چالش، ایجاد مشوق‌ها و تسهیلات مالی برای کشاورزان، و کاهش هزینه‌های فناوری با پیشرفت‌های فنون، می‌تواند مؤثر باشد. همچنین، همکاری‌های بین‌المللی و برنامه‌های آموزشی می‌تواند به تسهیل‌پذیرش این فناوری کمک کند.
- **نیاز به آموزش و پذیرش فناوری:** استفاده از آبیاری هوشمند نیازمند دانش و مهارت‌های خاص است. برنامه‌های آموزشی و کارگاه‌های عملی برای کشاورزان می‌تواند به افزایش‌پذیرش و استفاده مؤثر از این فناوری کمک کند. همچنین، ارائه راهنمایی‌های عملی و پشتیبانی فنی از طرف تأمین‌کنندگان فناوری می‌تواند به حل این مشکل کمک کند.
- **یکپارچگی با سایر فناوری‌ها:** برای بهره‌برداری کامل از مزایای آبیاری هوشمند، نیاز است که این زیرساخت‌ها با سایر فناوری‌های کشاورزی مانند مدیریت مزرعه، پیش‌بینی آب‌وهوا و تجزیه‌وتحلیل خاک یکپارچه شوند. ایجاد زیرساخت‌های یکپارچه و هماهنگ که بتوانند داده‌ها را به‌صورت جامع و هماهنگ مدیریت کنند، از اهمیت بالایی برخوردار است.

❖ **فرصت‌ها و چشم‌انداز آینده**

- **پیشرفت‌های فناوری:** با پیشرفت‌های مداوم در زمینه اینترنت اشیا (IoT)، داده‌های کلان (Big Data) و یادگیری ماشین، زیرساخت‌های آبیاری هوشمند می‌توانند بهبودهای بیشتری پیدا کنند. این فناوری‌ها قادر خواهند بود تا تحلیل‌های پیچیده‌تری را ارائه دهند و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری از نیازهای آبی گیاهان ارائه دهند.
- **توسعه راهکارهای پایدار:** آبیاری هوشمند می‌تواند به‌عنوان یک راه‌حل پایدار برای مشکلات مرتبط با منابع آب و امنیت غذایی در نظر گرفته شود. با کاهش مصرف منابع و افزایش بهره‌وری، این فناوری می‌تواند به تأمین نیازهای آینده بشر و حفظ محیط‌زیست کمک کند.
- **گسترش استفاده و همکاری‌های بین‌المللی:** افزایش آگاهی و پذیرش جهانی‌نسبت به مزایای آبیاری هوشمند، و همچنین توسعه همکاری‌های بین‌المللی برای به‌اشتراک‌گذاری دانش و تجربیات، می‌تواند به ارتقای این فناوری و گسترش استفاده از آن در سطح جهانی کمک کند.

نتیجه‌گیری

آبیاری هوشمند به‌عنوان یک ابزار کلیدی در مدیریت پایدار منابع آب و بهبود کشاورزی مدرن، توانسته است به بهینه‌سازی مصرف آب، افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها کمک کند. باتوجه‌به چالش‌های موجود در تأمین منابع آبی و نیاز به راهبردهای مؤثر برای مدیریت این منابع، استفاده از آبیاری هوشمند می‌تواند به‌عنوان یک راه‌حل پایدار و کارآمد در آینده کشاورزی شناخته شود. به‌علاوه،

باتوجه‌به پیشرفت‌های فناوری و افزایش‌پذیرش این زیرساخت‌ها، انتظار می‌رود که نقش آبیاری هوشمند در زنجیره تأمین کشاورزی بیش‌ازپیش برجسته شود و به حل مشکلات جهانی مرتبط با آب و امنیت غذایی کمک کند.

منابع

Molden, D. 2013. Water for food water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture. Routledge

Qian, M., Qian, C., Xu, G., Tian, P. and Yu, W. 2024. Smart Irrigation Systems from Cyber–Physical Perspective: State of Art and Future Directions. Future Internet, 16(7), 234.

García, L., Parra, L., Jimenez, J. M., Lloret, J. and Lorenz, P. 2020. IoT-based smart irrigation systems: An overview on the recent trends on sensors and IoT systems for irrigation in precision agriculture. Sensors, 20(4), 1042.

Sharma, V., Tripathi, A. K. and Mittal, H. 2022. Technological revolutions in smart farming: Current trends, challenges & future directions. Computers and Electronics in Agriculture, 201, 107217.

Sjah, T. and Zainuri, Z. 2020. Agricultural supply chain and food security. In Zero Hunger (pp. 79-88). Cham: Springer International Publishing.

Kumar, N. D., Pramod, S. and Sravani, C. 2013. Intelligent irrigation system.

Kagalkar, A. 2017. Smart irrigation system. International Journal of Engineering Research, 6(5).

Badrun, B. and Manaf, M. (2021, September). The development of smart irrigation system with IoT, cloud, and Big Data. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 830, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.

Ahmed, Z., Gui, D., Murtaza, G., Yunfei, L. and Ali, S. 2023. An overview of smart irrigation management for improving water productivity under climate change in drylands. Agronomy, 13(8), 2113.

Touil, S., Richa, A., Fizir, M., Argente García, J. E. and Skarmeta Gomez, A.F. 2022. A review on smart irrigation management strategies and their effect on water savings and crop yield. Irrigation and Drainage, 71(5), 1396-1416.

Kumar, D. S., Haritha, V., Pravalika, C., Kumar, V. U. and Vijay, P. 2018. Automatic Irrigation System Using IOT.

She, Y., Chen, J., Zhou, Q., Wang, L., Duan, K., Wang, R., ... & Zhao, Y. 2024. Evaluating Losses from Water Scarcity and Benefits of Water Conservation Measures to Intercity Supply Chains in China. Environmental Science & Technology, 58(2), 1119-1130.

Moussavi, S. E., Sahin, E. and Riane, F. 2024. A discrete event simulation model assessing the impact of using new packaging in an agri-food supply chain. International Journal of Systems Science: Operations & Logistics, 11(1), 2305816.

Shukla, R., Dubey, G., Malik, P., Sindhwani, N., Anand, R., Dahiya, A. and Yadav, V. 2021. Detecting crop health using machine learning techniques in smart agriculture system. Journal of Scientific & Industrial Research, 80(08), 699-706.

Boursianis, A. D., Papadopoulou, M. S., Gotsis, A., Wan, S., Sarigiannidis, P., Nikolaidis, S. and Goudos, S. K. 2020. Smart irrigation system for precision agriculture—The AREThOU5A IoT platform. IEEE Sensors Journal, 21(16), 17539-17547.

Ouda, S., Zohry, A. E. H., Ouda, S. and Zohry, A. E. H. 2022. Water-smart practices to manage water scarcity. Climate-Smart Agriculture: Reducing Food Insecurity, 3-26.

Ray, S. and Majumder, S. 2024. Water management in agriculture: Innovations for efficient irrigation. Modern Agronomy; Sil, P., Chhetri, P., Majumder, S., Santosh, DT, Eds, 169-185.

آینده آبیاری: هوشمندسازی یا آبیاری هوشمند؟

سینا ملاح[1]، میلاد نوری[2]، شادمان ویسی[3]

[1] محقق، بخش تحقیقات آبیاری، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، s.mallah@areeo.ac.ir
[2] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات آبیاری، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
[3] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات آبیاری، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

چکیده

در کشاورزی مدرن، مدیریت منابع آبی به یکی از چالش‌های اساسی تبدیل شده است. فناوری‌های نوین در زمینه آبیاری، مانند هوشمندسازی آبیاری و آبیاری هوشمند، به‌عنوان راهکارهایی برای بهینه‌سازی مصرف آب و افزایش بهره‌وری کشاورزی موردتوجه قرار گرفته‌اند. تمامی این مفاهیم و رویکردها با یک هدف طراحی و ارائه شده‌اند و آن اینکه "آب در زمان مناسب و به مقدار مناسب در طول زمان در اختیار گیاه قرار گیرد". باتوجه‌به اینکه در دهه گذشته این دو مفهوم توسط محققان و متخصصان به‌جای یکدیگر استفاده شده‌اند، این مقاله به بررسی شباهت‌ها و تفاوت‌های این دو مفهوم پرداخته است. همچنین، مزایا و محدودیت‌های هر یک از این رویکردها مورد واکاوی قرار گرفته و در نهایت، پیشنهاداتی برای ورود شرکت فناور و دانش‌بنیان این حوزه و تحقیقات آینده ارائه شد.

کلمات کلیدی: منابع آب، کشاورزی پایدار، فناوری‌های نوین، کشاورزی شهری، اینترنت اشیا

مقدمه

در دنیای امروز، بشر در حال حرکت به سمت خودکار کردن کارهای روزمره است که در آن بر ایجاد شهرهای هوشمند، خانه‌های هوشمند و غیره متمرکز است. این رویکرد شامل اقدامات زیادی می‌شود که به خودکار کردن وظایف با استفاده از هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و یادگیری ماشین می‌پردازد (Vallejo-Gómez et al., 2023). با رشد جمعیت در جهان و نیاز فزاینده به تولید غذا، مدیریت منابع طبیعی به‌ویژه آب، اهمیت بیشتری پیدا کرده است. از سویی، تخلیه اراضی کشاورزی از عناصر غذایی، آب قابل‌دسترس، و تنوع زیستی، همراه با تغییرات اقلیمی، رشد بهره‌وری بخش کشاورزی را کند کرده است و این نگرانی را ایجاد می‌کند که در آینده پاسخگوی تقاضای جهانی غذا نباشد. مجموع این عوامل، فوریت بهبود تولیدات کشاورزی را برجسته می‌کند. بر اساس این گزینه، دردسترس‌بودن رویکردهای فناورانه، محرکی برای گذار به زیرساخت‌های کشاورزی هوشمند به‌خصوص در حوزه آبیاری می‌شود که در صورت اجرا، به بهبود کیفیت و کمیت غذا و درعین‌حال بهینه‌سازی استفاده از منابع لازم برای تولید کمک می‌کند (Mohamed et al., 2021).

در کشورهایی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، مانند ایران، استفاده بهینه از منابع آب یکی از اصلی‌ترین اولویت‌های مدیریت کشاورزی است. از طرفی، روش‌های نوین آبیاری به‌عنوان ابزارهایی مؤثر برای بهبود بهره‌وری و کاهش هدررفت آب معرفی شده‌اند. روش‌های مختلف آبیاری که در حال حاضر مورداستفاده قرار می‌گیرد شامل آبیاری قطره‌ای، آبیاری بارانی، آبیاری چرخشی، آبیاری سطحی، بدون کشت (هیدروپونیک، آئروپونیک و فاگپونیک) است که هر یک دارای نقاط و ضعف مربوط به خود هستند (Gultekin, 2023). تمامی این روش‌ها به‌ویژه آبیاری سطحی نیازمند نیروی کار ماهر، هزینه و زمان زیادی است که پس از ایجاد یک روش آبیاری خودکار، وابستگی به آن‌ها بسیار کمتر خواهد شد (Aggarwal and Kumar, 2019). در نتیجه، امروزه ایجاد زیرساخت‌های مقرون‌به‌صرفه برای کشاورز که

بتواند داده‌ها را جمع‌آوری، سپس تجزیه‌وتحلیل و در نهایت نتایج را در زمان واقعی ارائه کند، یک ضرورت است.

دو رویکرد مهم در این زمینه شامل هوشمندسازی آبیاری[1] و آبیاری هوشمند[2] است. این دو رویکرد در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند، زیرا سبب می‌شوند تا عملیات آبیاری با کارایی بیشتری انجام شود. با قراردادن حسگرها در موقعیت‌های مکانی مختلف، وضعیت واقعی آب مزرعه مشخص می‌شود و امکان کنترل موتور و شیر آب و نیز آبیاری خودکار محصول بدون هیچ‌گونه کار فیزیکی فراهم خواهد شد. تحقیقات نشان داده است که استفاده از این فناوری‌ها می‌تواند مصرف آب را تا حد قابل‌توجهی کاهش دهد و بهره‌وری محصولات کشاورزی را بهبود بخشد (Smith et al., 2020). هوشمندسازی آبیاری بیشتر بر استفاده از ابزارها و روش‌های فناوری برای بهینه‌سازی فرایندهای موجود متمرکز است، درحالی‌که آبیاری هوشمند به طور کامل بر استفاده از هوش مصنوعی و زیرساخت‌های خودکار برای مدیریت آبیاری تمرکز دارد (Jones & Brown, 2021). به طور خلاصه، هوشمندسازی آبیاری مجموعه اقدامات سخت‌افزاری است و آبیاری هوشمند بر بعد نرم‌افزاری تأکید دارد.

هوشمندسازی آبیاری به معنای استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند حسگرها، زیرساخت‌های پایش از راه دور و نرم‌افزارهای تحلیل داده برای بهبود فرایند آبیاری است. این فناوری‌ها به کشاورزان کمک می‌کند تا اطلاعات دقیق‌تری درباره نیاز آبی لحظه‌ای گیاهان، شرایط خاک و محیط پیرامون داشته باشند و بر اساس این اطلاعات، تصمیم بهتری بگیرند (Perez et al., 2019). هدف اصلی هوشمندسازی آبیاری، بهینه‌سازی مصرف آب است. این رویکرد بیشتر در کشاورزی شهری[3] مورداستفاده قرار گرفته است، زیرا شهرها همه امکانات لازم مانند فضای مناسب، آب و برق را دارند و تهیه این امکانات معمولاً هزینه‌های قابل‌توجهی را شامل می‌شوند که در مناطق روستایی محدودتر هستند.

آبیاری هوشمند یک گام فراتر از هوشمندسازی آبیاری است. در این رویکرد، از الگوی هوش مصنوعی برای ایجاد یک زیرساخت خودکار و خود تصمیم‌گیر در آبیاری استفاده می‌شود. این زیرساخت‌ها قادرند به طور مداوم داده‌های محیطی را دریافت کرده و بر اساس آن‌ها تصمیم‌گیری کنند که آبیاری به چه میزان و چه زمانی انجام شود (Gonzalez et al., 2020). آبیاری هوشمند در مناطق با منابع آبی محدود کاربرد دارد و می‌تواند به طور قابل‌توجهی بهره‌وری آب را افزایش دهد. نتایج بررسی 170 مقاله توسط والجو-گمز و همکاران (Vallejo-Gómez et al., 2023)، نشان می‌دهد که در سال‌های گذشته امکان استفاده از زیرساخت‌های آبیاری هوشمند در جهان افزایش قابل‌توجهی داشته است. به‌طوری‌که هند با 71 نشریه (به رنگ قرمز) در صدر و پس از آن ایالات متحده آمریکا، اندونزی، برزیل، ایران و چین قرار دارند که همگی با رنگ نارنجی در شکل 1 مشخص شده‌اند.



[1] Irrigation automation
[2] Intelligent/Smart irrigation
[3] Urban farming

شکل 1- تعداد انتشارات جهانی مرتبط با کشاورزی هوشمند از سال 2001 تا آگوست 2021 (Vallejo-Gómez et al., 2023)

مقایسه و تحلیل

باتوجه‌به تعاریف بالا، هوشمندسازی آبیاری و آبیاری هوشمند دارای شباهت‌ها و تفاوت‌های قابل‌توجهی هستند. در واقع، هر دو روش به دنبال بهینه‌سازی مصرف آب و افزایش بهره‌وری در کشاورزی هستند، اما نگاه آن‌ها متفاوت است.

شباهت‌ها

الف) هدف مشترک: هر دو روش به‌منظور مصرف بهینه آب و افزایش بهره‌وری کشاورزی طراحی شده‌اند.

ب) استفاده از فناوری: هر دو رویکرد از فناوری‌های نوین مانند حسگرها، شبکه‌های بی‌سیم و تحلیل داده‌ها برای جمع‌آوری و پردازش اطلاعات استفاده می‌کنند.

ج) دقت: هر دو روش دقت آبیاری را افزایش داده و از هدررفت آب جلوگیری می‌کنند.

تفاوت‌ها

سطح اتوماسیون: هوشمندسازی آبیاری معمولاً نیاز به دخالت انسانی دارد، درحالی‌که آبیاری هوشمند به طور خودکار و بدون نیاز به مداخله انسان عمل می‌کند.

پیچیدگی سیستم: سیستم‌های آبیاری هوشمند پیچیده‌تر بوده و به فنون پیشرفته‌تری مانند هوش مصنوعی نیاز دارند، درحالی‌که هوشمندسازی آبیاری به فناوری‌های ساده‌تر و دردسترس‌تر متکی است.

هزینه‌های پیاده‌سازی: آبیاری هوشمند به دلیل نیاز به تجهیزات و نرم‌افزارهای پیچیده‌تر، معمولاً هزینه‌های بالاتری نسبت به هوشمندسازی آبیاری دارد (Smith et al., 2020) .

مزایا و محدودیت‌ها

هر یک از این رویکردها دارای مزایا و محدودیت‌های خاص خود هستند. هوشمندسازی آبیاری به دلیل سادگی نسبی و هزینه‌های کمتر، در بسیاری از مناطق قابل‌اجرا است. اما نیاز به مدیریت انسانی دارد و در نتیجه احتمال خطاهای انسانی از معایب آن است. این در حالی است که آبیاری هوشمند با کاهش دخالت انسانی، دقت بیشتری در آبیاری دارد و می‌تواند به طور قابل‌توجهی در کاهش مصرف آب مؤثر باشد. بااین‌حال، پیچیدگی و هزینه‌های بالای آن ممکن است برای برخی از کشاورزان غیرقابل‌پذیرش باشد (Jones & Brown, 2021). برای رفع این محدودیت‌ها، نوآوری نقش مهمی را ایفا می‌کند. در بعد سخت‌افزاری، روش‌هایی مانند آبیاری بخار، آبیاری با استفاده از پهپاد و ربات‌های کشاورزی ارائه شده است. آبیاری بخار یک روش آبیاری است که با تبخیر آب و برگشت آن به خاک، آب را در اختیار گیاهان قرار می‌دهد. انتظار می‌رود از این روش بیشتر در گلخانه‌ها و فضاهای بسته استفاده شود. از سویی، نباید از این مسئله غافل شد که امروزه فناوری در دنیا فقط به ابعاد سخت‌افزاری و نرم‌افزاری محدود نمی‌شود. به‌عنوان‌مثال می‌توان از فناوری نانو برای توسعه پوشش‌های ویژه‌ای استفاده کرد که به گیاهان کمک می‌کند تا آب موردنیاز خود را به طور مؤثرتری جذب کنند؛ بنابراین، نوآوری‌های آینده در آبیاری احتمالاً فراتر رفته و فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و خودآموز ادغام می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که عناصر غذایی که باید با آب به منطقه ریشه گیاه منتقل شوند، در زمان مناسب و به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار می‌گیرند (Hemathilake et al., 2022). گولتکین (Gultekin, 2023) از این رویکرد به‌عنوان "روش آبیاری هولوگرافیک" یاد می‌کند که نویددهنده یک تغییر انقلابی در آبیاری است. علاوه بر موارد بیان شده در بالا، فناوری‌های آینده آبیاری احتمالاً پیشرفت‌هایی را در زمینه آب خاکستری از طریق بازیافت و استفاده مجدد از آب ارائه خواهند کرد که خود پیچیدگی‌های زیادی دارد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، تفاوت‌ها و شباهت‌های بین هوشمندسازی آبیاری و آبیاری هوشمند بررسی شد. هر دو روش دارای مزایای بالایی برای

بهبود مدیریت منابع آبی و افزایش بهره‌وری کشاورزی هستند. بااین‌حال، انتخاب بین این دو رویکرد به عوامل مختلفی از جمله سطح فناوری در دسترس، میزان منابع مالی، و نیازهای خاص کشاورزی بستگی دارد. باتوجه‌به امکانات موجود و توان مالی بیشتر در مناطق شهری نسبت به مناطق روستایی در کشور، پیشنهاد می‌شود تا شرکت‌های مرتبط با آبیاری، تمرکز بیشتری بر هوشمندسازی کشاورزی شهری و کشاورزی کوچک‌مقیاس مانند باغچه‌ها داشته باشند. همچنین، انتظار می‌رود در آینده، توسعه بیشتر در زمینه هوش مصنوعی و کاهش هزینه‌های پیاده‌سازی بتواند به فراگیرتر شدن استفاده از روش‌های آبیاری هوشمند در کشاورزی منجر شود.

منابع

Aggarwal, S. and Kumar, A. 2019. A Smart Irrigation System to Automate Irrigation Process Using IOT and Artificial Neural Network, 2nd International Conference on Signal Processing and Communication (ICSPC), Coimbatore, India, pp. 310-314, doi: 10.1109/ICSPC46172.2019.8976631.

Gonzalez, M., Perez, J. and Rodriguez, F. 2020. The Future of Irrigation: Implementing AI in Smart Farming. IEEE Transactions on Agriculture, 14(1), 45-58.

Gultekin, R. 2023. Future agricultural irrigation technologies and water management. Advances in Agriculture, Forestry and Aquaculture Sciences: 182. ISBN: 978-625-6454-07-1

Jones, T. and Brown, R. 2021. Automation in Irrigation: From Sensors to AI. International Journal of Agricultural Sciences, 62(4), 305-319.

Smith, A., Jones, B. and Brown, C. 2020. Smart Irrigation vs. Irrigation Automation: A Comparative Study. Journal of Agricultural Technology, 45(3), 213-228.

Said Mohamed, E. 2021. Belal, A.A.; Kotb Abd-Elmabod, S.; El-Shirbeny, M.A.; Gad, A.; Zahran, M.B. Smart Farming for Improving Agricultural Management. Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci. 2021, 24, 971–981.

Perez, L., Martinez, H. and Garcia, D. 2019. Technological Advances in Irrigation: Smart Irrigation Systems. Agriculture and Water Management, 58(2), 87-102.

Vallejo-Gómez, D., Osorio, M. and Hincapié, CA. 2023. Smart Irrigation Systems in Agriculture: A Systematic Review. Agronomy. 2023; 13(2):342. https://doi.org/10.3390/agronomy13020342

برآورد ضریب گیاهی پایه با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی به‌دست‌آمده از تصاویر سنجنده سنتینل 2

رضا حسن‌پور [1]، احمد بایبوردی [2]، اصغر فرج‌نیا [3]، رحمان باریده [4]

[1] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، reza.hassanp@gmail.com

[2 ,3 ,4] استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز

چکیده

در بین روش‌های مختلف تخمین تبخیر تعرق (ET)، محبوب‌ترین و پرکاربردترین روش، استفاده از ضرایب گیاهی تجربی است. امکان برآورد ضرایب گیاهی متکی به شباهت‌های مشهود بین منحنی‌های این ضرایب و شاخص‌های پوشش گیاهی به‌دست‌آمده از تصاویر سنجنده است. در این پژوهش، ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) ذرت با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی به‌دست‌آمده از داده‌های سنجنده ستنیل 2 برآورد و با K_{cb} اندازه‌گیری شده با لایسیمتر وزنی و مقادیر ارائه شده در نشریه 56 فائو مقایسه شد. به‌منظور برآورد K_{cb}، شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده برای خاک (SAVI) و پوشش گیاهی کسری (FVC) از روی داده‌های سنتینل 2 و پردازشگر بیوفیزیکی تعبیه شده در اسنپ (نرم‌افزار اختصاصی برای پردازش تصاویر سنجنده سنتیل) محاسبه شد. K_{cb} به‌دست‌آمده از شاخص‌های پوشش گیاهی همبستگی خوب ($R^2 = 0.84$) و صحت تخمین قابل‌قبولی ($RMSE = 0.18$) را در مقایسه با اندازه‌گیری‌های لایسیمتری ارائه داد. درصورتی‌که ضریب تبخیر (K_e) از روی خصوصیات هیدرولیکی خاک و تبخیر تعرق مرجع (ET_o) از روی پارامترهای اقلیمی تعیین شود، برآورد ET بدون نیاز به نصب لایسیمتر و یا استفاده از روش‌های پرزحمت، امکان‌پذیر است.

کلمات کلیدی: پوشش گیاهی کسری، تبخیر تعرق، سنتینل 2، ضریب گیاهی

مقدمه

روش‌های متداول سنجش‌ازدور برای تخمین تبخیر تعرق (ET) در سه دسته قرار می‌گیرند. اولین دسته شامل مدل‌هایی است که از روش‌های تعادل انرژی مبتنی بر باند حرارتی (SEB) در مدل‌های یک‌لایه مانند SEBAL (Bastiaanssen et al., 1998) یا مدل‌های دولایه (Norman et al., 1995) استفاده می‌کنند. دسته دوم، متغیرهای بیوفیزیکی را برای حل مستقیم معادله پنمن- مونتیت برای ارزیابی ET به کار می‌گیرد. این روش‌ها عموماً به‌عنوان روش‌های سنجش‌ازدور پنمن- مونتیث (RSPM) شناخته می‌شوند. دسته سوم، ضرایب گیاهی مبتنی بر انعکاس، حاصل شده از شاخص‌های پوشش گیاهی (VI) مانند شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده برای خاک (SAVI) را به کار می‌گیرد. این ضرایب گیاهی حاصل از سنجش‌ازدور در مدل‌های بیلان آب (RSWB) مانند روشی که در کتابچه راهنمای FAO-56 (Allen et al., 1998) شرح داده شده است، استفاده می‌شوند. در روش RSWB، جزء تعرق از گیاه [حاصل‌ضرب ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) و تبخیر تعرق مرجع (ET_o)] و تبخیر از خاک [حاصل‌ضرب ضریب تبخیر از خاک (K_e) و ET_o]، اطلاعات ارزشمندی را ارائه می‌دهد، زیرا مقدار تجمعی آنها در طول زمان به ترتیب نشان‌دهنده نیاز بالقوه آب گیاه و مقدار آب تلف شده از خاک لخت در طی دوره تجزیه‌وتحلیل است. در بین روش‌های مختلف تخمین ET، محبوب‌ترین و پرکاربردترین تکنیک، استفاده از ضرایب گیاهی تجربی است (Jensen and Allen et al., 2000).

استفاده از سنجش‌ازدور در ارزیابی CWR از طریق برآورد ضرایب گیاهی از شاخص‌های پوشش گیاهی دورسنجی دارای تاریخچه توسعه طولانی‌مدت است. ضرایب گیاهی مبتنی بر انعکاس به طور گسترده‌ای مورد ارزیابی و برای محصولات مختلف علفی و چوبی مورداستفاده قرار گرفته است (Pôças et al., 2020). Bausch and Neale (1987) و Neale و همکاران (1989) احتمال مرتبط بودن ضریب گیاهی (K_c) محصولات زراعی علفی با VI حاصل از سنجش‌ازدور را نشان داد. Choudhury و همکاران (1994) رابطه‌ای بین NDVI حاصل از یک مدل انتقال تابشی و ضریب تعرق محاسبه شده برای گندم تحت شرایط مختلف خاک و شرایط پوشش گیاهی برقرار کرد و زمینه‌ای نظری از این رابطه ارائه داد. Hunsaker و همکاران (2003) همچنین رابطه خطی بین NDVI و ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) پنبه در مراحل رشد قبل از پوشش کامل نشان داد. روابط دیگر برای محصولات زراعی علفی با استفاده از شاخص پوشش گیاهی تنظیم شده خاک (SAVI) به‌عنوان VI مرجع توسط Bausch (1993) و Choudhury و همکاران (1994) پیشنهاد شد. برخی مطالعات ترکیبی از روش‌های سنجش‌ازدور حرارتی و اپتیکی برای استخراج روابط K_c-VI استفاده کرده (Steven, Singh and Irmak, 2009; Rafn and Bryce, 2008) و یا نتایج هر دو روش را با داده‌های دقیق زمینی مقایسه کرده‌اند (Gonzalez-Dugo et al., 2009).

تعداد فزاینده‌ای از تولیدکنندگان ایالات متحده در حال خرید و استفاده از محصولات مبتنی بر NDVI برای پایش تغییرات مکانی و زمانی میزان رشد و تنش گیاه هستند؛ گسترش قابلیت سنجش‌ازدور در برنامه‌ریزی آبیاری ارزش قابل‌توجهی به این سرمایه‌گذاری می‌بخشد (Hunsaker et al., 2007). این پژوهش باهدف بررسی امکان برآورد ضریب گیاهی پایه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های محاسبه ET با استفاده از داده‌های سنجنده سنتینل 2 است. داده‌های سنتینل 2 به دلیل توان تفکیک مکانی مناسب در برآورد شاخص‌های پوشش گیاهی (10 متر) و توان تفکیکی زمانی بالا (5 روز)، امکان پایش شاخص‌های پوشش گیاهی، ضرایب گیاهی و تبخیر تعرق را در مقیاس مکانی و زمانی مناسب فراهم کرده است.

مواد و روش‌ها

تئوری برآورد ضریب گیاهی پایه (Kcb) از روی شاخص‌های پوشش گیاهی (VI)

شروع روش‌های $K_{c(b)}$-VI برای برآورد ضرایب گیاهی متکی به شباهت‌های مشهود بین منحنی‌های K_c (و K_{cb}) و VIهایی مانند NDVI، SAVI و شاخص پوشش گیاهی عمودی[1] (PVI) بود که در مطالعات اولیه یافت شد (Bausch, 1993; Neals et al., 1989). Choudhury و همکاران (1994) اطلاعاتی از ضریب تعرق (T_c)[2] و LAI برای مجموعه بزرگی از محصولات را جمع‌آوری کردند و دریافتند که این دو متغیر می‌توانند از طریق یک تابع نمایی به همدیگر مرتبط باشند:

$$T_c = 1 - e^{-K.LAI} \quad (1)$$

که در آن k ضریب میرایی[3] را نشان می‌دهد و مقادیر آن بین 0/5 تا 0/7 است (Choudhury et al., 1994). T_c نشان دهنده نسبت تعرق بدون تنش به حداکثر تبخیر تعرق برای پوشش کامل سطح زمین است و بنابراین می‌تواند با K_{cb} مرتبط باشد (González-Dugo and Mateos, 2008):

$$K_{cb} = K_{cb,max} \times T_c \quad (2)$$

که در آن $K_{cb,max}$ حداکثر ضریب محصول پایه را در پوشش مؤثر کامل زمین نشان می‌دهد. رابطه بین VI و LAI نیز می‌تواند از طریق یک تابع‌نمایی بیان شود (Choudhury et al., 1994; Duchemin et al., 2006):

[1] Perpendicular vegetation index
[2] Transpiration coefficient
[3] Damping coefficient

$$VI = VI_{max} - (VI_{max} - VI_{min})e^{-k' \ LAI} \quad (3)$$

که در آن VI_{max} و VI_{min} به ترتیب حداکثر و حداقل مقدار VI مربوط به پوشش گیاهی متراکم و خاک لخت را نشان می‌دهند و k' بیانگر ضریب میرایی نسبت به آرایش برگ‌ها در کانوپی است. با ادغام معادلات 1 تا 3، به‌دست آوردن یک معادله کلی برای تخمین K_{cb} از روی VI ممکن است (González-Dugo and Mateos, 2008):

$$K_{cb} = K_{cb,max}\left[1 - \left(\frac{VI_{max} - VI}{VI_{max} - VI_{min}}\right)^{\eta}\right] \quad (4)$$

که در آن، η نسبت بین k و k' است. معادله 4 رابطه بین K_{cb} و VI را در پوشش مؤثر (VI_{max}) و در خاک لخت (VI_{min})، به تبعیت از چارچوب نظری از قبل تعریف شده بیان می‌کند (Choudhury et al., 1994; Neale et al., 1989). رابطه FVC و LAI همچنین می‌تواند از طریق یک تابع نمایی که توسط Steven و همکاران (1986) برای کانوپی همگن تعریف شده است، بیان شود:

$$FVC = 1 - e^{-G.LAI} \quad (5)$$

که در آن، G توزیع زاویه برگ است. ادغام معادلات 3 تا 5 منتج به رابطه زیر بین VI و FVC می‌شود:

$$(1 - FVC)^{\xi} = \frac{VI_{max} - VI}{VI_{max} - VI_{min}} \quad (6)$$

که ζ برابر k'/G است. در یک مطالعه با چغندرقند و پنبه، González-Dugo and Mateos (2008) مقادیر ζ را برابر 1/8 و 1 به دست آورد زمانی که VI، به ترتیب NDVI و SAVI بود؛ بنابراین، یک تابع خطی بین SAVI و FVC می‌تواند به‌صورت زیر حاصل شود:

$$SAVI = SAVI_{min} + (SAVI_{max} - SAVI_{min})FVC \quad (7)$$

که در آن، $SAVI_{max}$ و $SAVI_{min}$ به ترتیب مقدار حداکثر و حداقل SAVI متناظر با پوشش گیاهی متراکم و خاک لخت را نشان می‌دهد؛ بنابراین، با ترکیب معادلات 2 و 7 رابطه K_{cb} به‌صورت زیر تعریف می‌شود (González-Dugo and Mateos, 2008):

$$K_{cb} = K_{cb,max}\frac{SAVI - SAVI_{min}}{SAVI_{max} - SAVI_{min}} = K_{cb,max}FVC \quad (8)$$

بااین‌حال، González-Dugo and Mateos (2008) با لحاظ کردن دو عامل، معادله 8 را اصلاح کردند: (i) K_{cb} قبل از پوشش کامل زمین به حداکثر خود می‌رسد، و (ii) رابطه K_{cb} و FVC بسته به ارتفاع محصول کمی حالت انحنا دارد:

$$K_{cb} = \frac{K_{cb,max}}{FVC_{max}}FVC^{1/1+0.5h} = \frac{K_{cb,max}}{FVC_{max}}\left(\frac{SAVI - SAVI_{min}}{SAVI_{max} - SAVI_{min}}\right)^{1/1+0.5h} \quad (9a)$$

if $FVC^{1/1+0.5h} < FVC_{max}$

$$K_{cb} = K_{cb,max} \quad (9b)$$

if $FVC^{1/1+0.5h} < FVC_{max}$

که در آن، FVC_{max}، FVC متناظر با K_{cb} حداکثر و h ارتفاع محصول (m) است. این معادله را می‌توان برای درنظرگرفتن VIهای دیگر غیر از SAVI تعمیم داد، زمانی که رابطه K_{cb} و FVC تقریباً خطی فرض شود و با فرض اینکه حداقل مقدار K_{cb} برابر با صفر باشد زمانی که FVC = 0:

$$K_{cb} = \min\left[K_{cb,max}, \frac{K_{cb,max}}{FVC_{max}}\left(\frac{VI_{max} - VI}{VI_{max} - VI_{min}}\right)\right] \quad (10)$$

معادلات 9 و 10 توسط Gonzalez-Dugo و همکاران (2009) اصلاح و به‌صورت زیر ارائه شد:

$$K_{cb} = \frac{K_{cb,max}}{FVC_{max}}\left(\frac{SAVI - SAVI_{min}}{SAVI_{max} - SAVI_{min}}\right) \quad \text{if} \quad FVC < FVC_{max} \quad (11a)$$

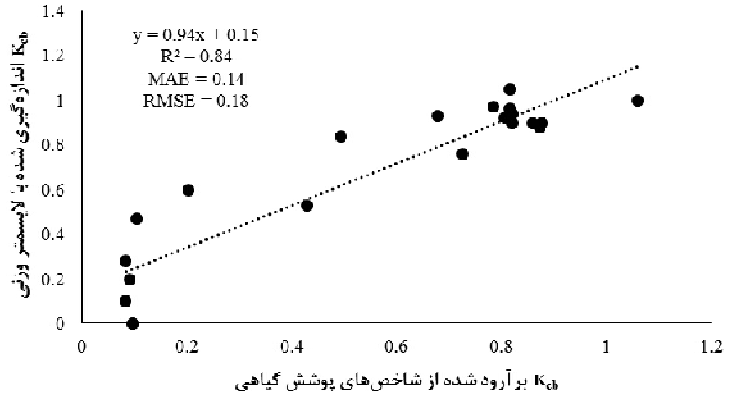
$$K_{cb} = K_{cb,max} \quad \text{if} \quad FVC > FVC_{max} \quad (11b)$$

که در آن زیرنویس‌های max و min به ترتیب به مقادیر SAVI برای L خیلی بزرگ و خاک لخت اشاره می‌کنند، و FVC_{max} همان FVC است که در آن K_{cb} حداکثر است ($K_{cb,max}$).

در این پژوهش، K_{cb} ذرت با استفاده از معادله 11 (Gonzalez-Dugo et al., 2009) برآورد و با Kcb اندازه‌گیری شده با لایسیمتر وزنی و مقادیر ارائه شده در نشریه 56 فائو (Allen et al., 1998) مقایسه شد.

نتایج و بحث

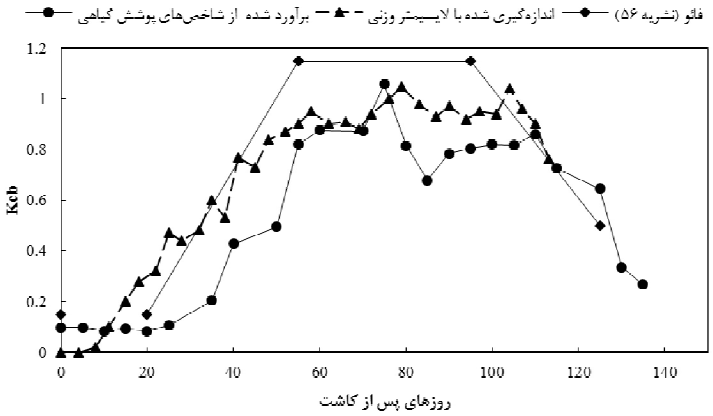
برای محاسبه ضریب گیاهی از روی شاخص‌های پوشش گیاهی، از معادله 11 (Gonzalez-Dugo et al., 2009) استفاده شد. متغیرهای این معادله که شامل $K_{cb,max}$، FVC_{max}، $SAVI_{min}$ و $SAVI_{max}$ می‌شوند به‌ترتیب برابر 1/05، 0/98، 0/02 و 0/84 تعیین شدند. به‌این صورت که برای $K_{cb,max}$ از مقدار به‌دست آمده در لایسیمتر وزنی استفاده شد و بقیه متغیرها یعنی حداکثر مقدار پوشش گیاهی کسری برای FVC_{max}، حداقل مقدار SAVI برای $SAVI_{min}$ و حداکثر مقدار SAVI برای $SAVI_{max}$ از روی نتایج خود پژوهش بدست آمدند. همانطور که شکل 1 نیز نشان می‌دهد K_{cb} برآورد شده از شاخص‌های پوشش گیاهی همبستگی بالایی با K_{cb} اندازه‌گیری شده توسط لایسیمتر وزنی نشان داد.



شکل 4- تغییرات ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) برآورد شده برای ذرت در طول فصل در مقایسه با مقادیر نظری فائو (Allen et al., 1998) و داده‌های اندازه‌گیری شده با لایسیمتر وزنی

شکل 2 تغییرات ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) حاصل شده از شاخص‌های پوشش گیاهی را همراه با K_{cb} اندازه‌گیری شده توسط لایسیمتر وزنی و همچنین K_{cb} نشریه 56 فائو (آلن و همکاران، 1998) نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود الگوی کلی تغییرات

K_{cb} برآورد شده از داده‌های ماهواره‌ای با K_{cb} لایسیمتر وزنی یکسان است. در بیشتر مواقع فصل رشد، K_{cb} برآورد شده از K_{cb} لایسیمتر و فائو کمتر است. چون K_{cb} لایسیمتر برای کشت مخلوط ذرت و لوبیا است و مقادیر K_{cb} ارائه شده توسط نشریه 56 فائو برای شرایط بدون تنش، تحت مدیریت خوب و اقلیم نیمه مرطوب است. بنابراین اختلاف بین نتایج منطقی به‌نظر می‌رسد.



شکل 5- تغییرات ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) برآورد شده برای ذرت در طول فصل در مقایسه با داده‌های فائو (Allen et al., 1998) و داده‌های لایسیمتر وزنی

نتایج این پژوهش و مطالعات دیگر (Campos et al., 2017; Gonzalez-Dugo et al., 2009) نشان می‌دهد امکان برآورد K_{cb} با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی وجود دارد. درصورتی‌که ضریب تبخیر (K_e) از روی خصوصیات هیدرولیکی خاک (Allen et al., 1998) و تبخیر تعرق مرجع (ET_o) از روی متغیرهای اقلیمی (Allen et al., 1998) تعیین شود، برآورد تبخیر تعرق گیاه (ET_c) بدون نیاز به نصب لایسیمتر و یا استفاده از روش‌های پرزحمت، امکان‌پذیر است.

منابع

Allen, R.G., Periera, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Water Resources, Development and Management Service, Rome, Italy. https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.12.001

Bastiaanssen, W.G.M., Menenti, M., Feddes, R.A. and Holtslag, A.A.M. 1998. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation. J. Hydrol. 212–213, 198–212. https://doi.org/https:// doi.org/10. 1016/S0022-1694(98)00253-4

Bausch, W.C. 1993. Soil background effects on reflectance-based crop coefficients for corn. Remote Sens. Environ. 46, 213–222. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0034-4257(93)90096-G

Bausch, W.C. and Neale, C.M.U. 1987. Crop coefficients derived from reflected canopy radiation: a concept. Trans. ASAE 30, 703–709. https://doi.org/https://doi.org/10.13031/2013.30463

Campos, I., Neale, C.M.U., Suyker, A.E., Arkebauer, T.J. and Gonçalves, I.Z. 2017. Reflectance-based crop coefficients REDUX: For operational evapotranspiration estimates in the age of high producing hybrid varieties. Agric. Water Manag. 187, 140–153. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.03.022

Choudhury, B.J., Ahmed, N.U., Idso, S.B., Reginato, R.J. and Daughtry, C.S.T. 1994. Relations between evaporation coefficients and vegetation indices studied by model simulations. Remote Sens. Environ. 50, 1–17. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90090-6

Duchemin, B., Hadria, R., Erraki, S., Boulet, G., Maisongrande, P., Chehbouni, A., Escadafal, R., Ezzahar, J., Hoedjes, J.C.B., Kharrou, M.H., Khabba, S., Mougenot, B., Olioso, A., Rodriguez, J.-C. and Simonneaux, V. 2006. Monitoring

wheat phenology and irrigation in Central Morocco: On the use of relationships between evapotranspiration, crops coefficients, leaf area index and remotely-sensed vegetation indices. Agric. Water Manag. 79, 1–27. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.02.013

González-Dugo, M.P. and Mateos, L. 2008. Spectral vegetation indices for benchmarking water productivity of irrigated cotton and sugarbeet crops. Agric. Water Manag. 95, 48–58. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.09.001

Gonzalez-Dugo, M.P., Neale, C.M.U., Mateos, L., Kustas, W.P., Prueger, J.H., Anderson, M.C. and Li, F. 2009. A comparison of operational remote sensing-based models for estimating crop evapotranspiration. Agric. For. Meteorol. 149, 1843–1853. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.06.012

Hunsaker, D.J., Fitzgerald, G.J., French, A.N., Clarke, T.R., Ottman, M.J. and Pinter, P.J. 2007. Wheat irrigation management using multispectral crop coefficients: I. Crop evapotranspiration prediction. Trans. ASABE 50, 2017–2033.

Hunsaker, D.J., Pinter, P.J., Barnes, E.M. and Kimball, B.A. 2003. Estimating cotton evapotranspiration crop coefficients with a multispectral vegetation index. Irrig. Sci. 22, 95–104. https://doi.org/10.1007/s00271-003-0074-6

Jensen, M.E. and Allen, R.G. 2000. Evolution of practical ET estimating methods., in: 4th Decennial Symposium, Phoenix, Arizona, USA, November 14-16. American Society of Agricultural Engineers, pp. 52–65.

Neale, C.M.U., Bausch, W.C. and Heermann, D.F. 1989. Development of reflectance-based crop coefficients for corn. Trans. ASAE 32, 1891–1900.

Norman, J.M., Kustas, W.P. and Humes, K.S. 1995. Source approach for estimating soil and vegetation energy fluxes in observations of directional radiometric surface temperature. Agric. For. Meteorol. 77, 263–293. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0168-1923(95)02265-Y

Pôças, I., Calera, A., Campos, I. and Cunha, M. 2020. Remote sensing for estimating and mapping single and basal crop coefficientes: A review on spectral vegetation indices approaches. Agric. Water Manag. 233, 106081. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106081

Rafn, E.B. and Bryce, C.P.A.D. 2008. Evaluation of a method for estimating irrigated crop-evapotranspiration coefficients from remotely sensed data in Idaho. J. Irrig. Drain. Eng. 134, 722–729. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2008)134:6(722)

Singh, R. and Irmak, A. 2009. Estimation of crop coefficients using satellite remote sensing. J. Irrig. Drain. Eng. 135, 597–608. https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000052

Steven, M.D., Biscoe, P.V., Jaggard, K.W. and Paruntu, J. 1986. Foliage cover and radiation interception. Field Crop. Res. 13, 75–87. https://doi.org/10.1016/0378-4290(86)90012-2

برآورد نیاز آبی گیاه نیشکر در مرحله میانی رشد با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی

شادمان ویسی[1]، الهه ذرتی‌پور[2]، آرین حیدری‌مطلق[3]

[1] استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، sh.veysi@areeo.ac.ir

[2] گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، e.zoratipour@yahoo.com

[3] استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، aryanheidari74@yahoo.com

چکیده

تحقیق حاضر باهدف، برآورد نیاز آبی گیاه نیشکر در دوره میانی، با استفاده از دو مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) و مقایسه آن با نیاز آبی نیشکر محاسبه شده به روش محاسباتی ارائه شده در نشریه فائو 56، در کشت و صنعت امیرکبیر و در بازه زمانی 2021-2022(1402-1401) انجام گرفت. به‌منظور ارزیابی از شاخص‌های آماری ضریب تعیین (R^2)، ضریب میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطای نسبی (rMBE) استفاده گردید. نتایج حاکی از آن بود، که مدل شبکه عصبی مصنوعی با ضریب تعیین، 0/97 و میانگین مربعات خطا 0/83 و 1/05، به‌ترتیب در مرحله آموزش و صحت‌سنجی مدل، نسبت به مدل ماشین بردار پشتیبان، با مقادیر محاسباتی نیاز آبی نیشکر هم‌خوانی بیشتری داشته است. لذا مدل ANN نسبت به مدل SVM عملکرد بهتری در شبیه‌سازی نیاز آبی نشان داد. بنابراین باتوجه‌به دقت قابل قبول دو مدل هوش مصنوعی در برآورد میزان نیاز آبی نزدیک به مقادیر محاسبه شده، در بررسی وسعت‌های کلان قابلیت‌های کاربرد فراوان داشته و بر این اساس استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: فائو پنمن مانتیث، شبکه عصبی مصنوعی، نیاز آبی، ماشین بردار پشتیبان

مقدمه

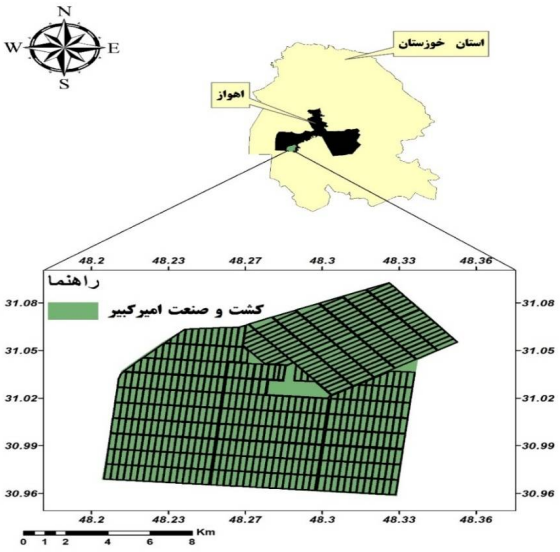
یکی از راهکارهای اساسی برای بالابردن کارایی مصرف آب، آگاهی از نیاز آبی گیاهان است (Tyagi et al., 2000). نیاز آبی گیاهان در مراحل مختلف رشد متفاوت می‌باشد و این نیاز تحت‌تأثیر مستقیم تبخیر تعرق گیاه و تغییر در پوشش گیاهی و شرایط آب‌وهوایی قرار دارد (سجودی و میرزایی، 1398). تعیین میزان دقیق تبخیر تعرق گیاه در شرایط استاندارد، به‌منظور افزایش بهره‌وری آب محصول و مدیریت مؤثر منابع آب، همواره موضوع بحث متخصصین بوده است (Veysi et al., 2023). روش‌های مختلفی برای برآورد نیاز آبی گیاهان وجود دارد که دقت آن‌ها بستگی به شرایط آب‌وهوایی منطقه مطالعاتی دارد (Racz et al., 2013). از جمله این روش‌ها، محاسبه نیاز آبی گیاه بر اساس داده‌های هواشناسی و ضرایب گیاهی و همچنین روش‌های مدل‌سازی و هوش مصنوعی جهت شبیه‌سازی تبخیر تعرق پتانسیل، می‌توان اشاره نمود (Chen et al., 2022). مقدار محاسباتی نیاز آبی گیاه بر اساس ضرایب گیاهی و میزان تبخیر تعرق گیاه مرجع تعیین می‌شود (Santos et al., 2009). سازمان فائو جهت تعیین تبخیر تعرق گیاه مرجع، روش فائوپنمن‌مانتیث را بر اساس داده‌های هواشناسی پیشنهاد نموده است (Allen et al., 1998). همچنین برای تدوین برنامه آبیاری مناسب، تعیین ضرایب گیاهی بر مبنای مراحل رشد و نیز تخمین نیاز آبی گیاه ضروری است. ضریب گیاهی (K_C) بیان‌کننده اثرات پوشش گیاهی و رطوبت خاک گیاه غیر مرجع نسبت به گیاه مرجع است (Doorenbos and Pruitt, 1977). به‌منظور محاسبه نیاز آبی گیاه، پس از تشخیص مراحل رشد گیاه، تعیین طول مدت هر مرحله و انتخاب ضریب گیاهی گزارش شده مختص گیاه مربوطه، لازم به اصلاح ضرایب گیاهی منتخب، برای اثر فواصل خیس شدن خاک یا شرایط اقلیمی در طول هر مرحله رشد می‌باشد (Allen et al., 1998). مطالعات متعددی در زمینه تعیین نیاز

آبی گیاهان صورت‌گرفته است. استادی و همکاران (1400)، به تعیین نیاز آبی گیاه سیاه‌دانه و ضرایب گیاهی در دوره‌های مختلف رشد در بیرجند پرداختند. نتایج نشان داد، نیاز آبی گیاه در مرحله میانی رشد به حداکثر مقدار خود رسیده و به طور میانگین در کل دوره رشد برابر با 670 میلی‌متر اعلام شد. همچنین ضریب گیاهی در مرحله میانی برابر با 0/59 به دست آمد. Chen و همکاران (2022)، با استفاده از ماشین بردار پشتیبان به برآورد تبخیر تعرق مرجع روزانه در چین پرداختند. نتایج نشان داد، دقت تخمین مدل SVM-ET بالاترین دقت را هم در مرحله آموزش R^2 = 0/979؛ RMSE= 0/273پ میلی‌متر بر روز و هم در مرحله آزمایش R^2 = 0/973؛ RMSE = 0/302 میلی‌متر بر روز به همراه داشت. Wen و همکاران (2015)، ماشین بردار پشتیبان (SVM) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN)و سه مدل تجربی را در برآوردهای روزانه تبخیر تعرق گیاه مقایسه کردند و دریافتند SVM بهترین عملکرد را به دست آورده است. ذرتی‌پور و همکاران (1398)، به شبیه‌سازی و مقایسهٔ تبخیر تعرق گیاه مرجع به کمک مدل شبکه عصبی مصنوعی در ایستگاه سینوپتیک شیراز پرداختند؛ لذا باتوجه‌به اینکه مزارع کشت و صنعت، کشت رایج در آنها گیاه نیشکر می‌باشد و نیشکر گیاهی حساس در مقابل کمبود آب می‌باشد، این مطالعه باهدف برآورد نیاز آبی روزانه گیاه نیشکر در مرحله میانی رشد، با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان و مقایسه آن با نیاز آبی محاسبه شده نیشکر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه موردمطالعه

پژوهش موردنظر در سال 1401-1400 در مزارع کشت و صنعت امیرکبیر واقع در استان خوزستان انجام می‌گیرد. طول جغرافیایی مزارع مذکور به‌ترتیب 48 درجه و 10 دقیقه تا 48 درجه 22 دقیقه و عرض جغرافیایی 30 درجه و 50 دقیقه با ارتفاع 7 متر از سطح دریا می‌باشند. کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر، با مجموع مساحت خالص 12 هزار هکتار اراضی، واقع در جنوب استان خوزستان و در کیلومتر 45 جاده اهواز- خرمشهر قرار دارد. در شرق کشت و صنعت امیرکبیر رودخانه بزرگ کارون واقع شده است. براساس داده‌های هواشناسی ایستگاه امیرکبیر، دارای آب و هوای خشک و در تقسیم‌بندی اقلیمی به روش گوسن جزء اقلیم نیمه‌بیابانی محسوب می‌شود. میانگین دمای سالانه 25 درجه سانتی‌گراد و بافت خاک منطقه نیز سنگین می‌باشد. شکل (1) موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد:



شکل 1- موقعیت منطقه مطالعاتی

داده‌های مورداستفاده

در تحقیق حاضر کارایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) در شبیه‌سازی نیاز آبی روزانه گیاه نیشکر و مقایسه نتایج آن‌ها با مقادیر محاسباتی نیاز آبی، در دوره میانی رشد، مورد ارزیابی قرار داده شد. بر اساس نشریه فائو 56، دوره میانی رشد نیشکر 220 روز بوده، لذا از 22 آذرماه سال 1401 (2022/12/13) تا 29 تیرماه سال 1402(2023/07/20)، نیاز آبی روزانه نیشکر در مرحله میانی رشد مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس نتایج حاصل از شبیه‌سازی دو مدل، با نیاز آبی روزانه گیاه نیشکر مورد مقایسه قرار گرفتند. بدین منظور، از داده‌های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک کشت و صنعت امیرکبیر واقع در استان خوزستان، استفاده گردید. برای اجرای مدل‌ها داده‌های هواشناسی ایستگاه مذکور، در مقیاس روزانه و در سال‌های 2022 و 2023 (1401 و 1402)، به‌عنوان ورودی، فراخوانی شدند. قابل‌بیان است، باتوجه‌به اینکه هدف شبیه‌سازی نیاز آبی گیاه بوده، لذا لازم می‌باشد در کنار عوامل هواشناسی، شاخص مرتبط با گیاه مانند شاخص سطح برگ (LAI) نیز به‌عنوان ورودی مدل‌ها مورداستفاده قرار گیرد؛ لذا عوامل ورودی مدل‌ها که متغیرهایی مستقل بوده شامل، حداقل دما (سانتیگراد)، حداکثر دما (سانتیگراد)، میانگین رطوبت نسبی (درصد)، میانگین سرعت باد (متر بر ثانیه) و شاخص سطح برگ گیاه (LAI) می‌باشند. سپس به شبیه‌سازی نیاز آبی نیشکر پرداخته شد. قابل‌بیان است، از داده‌های سنجنده مادیس به‌منظور محاسبه شاخص سطح برگ نیشکر (LAI) در دوره میانی رشد نیشکر، از طریق کدنویسی در محیط گوگل‌ارث‌انجین استفاده شد. تبخیر تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر بر روز) نیز با استفاده از روش استاندارد فائوپنمن‌مانتیث (PMF-56) و نرم‌افزار Ref-ET محاسبه شد (معادله 1). باتوجه‌به اینکه مقدار Kc ارائه داده شده در جدول موجود در نشریه فائو 56، برای دوره میانی رشد نیشکر، لازم به اصلاح بود، از طریق معادله (2) تعدیل یافت و سپس از حاصل‌ضرب تبخیر تعرق گیاه مرجع در فاکتور گیاهی (Kc) اصلاح شده، نیاز آبی گیاه نیشکر حاصل گردید.

(1)

در این معادله، ET_0 تبخیر تعرق گیاه مرجع ($mmday^{-1}$)، Δ شیب منحنی فشار بخار ($kPa^{\circ}C^{-1}$)، R_n تابش خالص خورشیدی ($MJm^{-2}day^{-1}$)، G شار گرمایی خاک ($MJm^{-2}day^{-1}$)، γ ضریب ثابت رطوبتی ($kPa^{\circ}C^{-1}$)، T میانگین دمای روزانه هوا ($^{\circ}C$)، u_2 میانگین 24 ساعته سرعت باد در ارتفاع 2 متری (ms^{-1})، e_x فشار بخار اشباع (kPa)، e_a فشار بخار واقعی (kPa) و $e_x - e_a$ کمبود فشار بخار اشباع می‌باشد.

(2)

در این معادله، $K_{Cmid(Tab)}$ مقدار K_{Cmid} گزارش شده از جدول نشریه فائو 56، u_2 میانگین سرعت باد روزانه در ارتفاع دو متری (متر بر ثانیه)، RH_{min} میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه در مرحله میانی رشد (درصد) و h میانگین ارتفاع گیاه در مرحله میانی رشد (متر) می‌باشد.

(3)

که در آن: ET_c تبخیر تعرق گیاه در شرایط استاندارد یا نیاز آبی گیاه (میلی‌متر در روز)، ET_0 تبخیر تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در روز) و K_c ضریب گیاهی (بدون بعد) است.

مدل‌های هوش مصنوعی

در مطالعه حاضر از دو مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN[1]) و ماشین بردار پشتیبان (SVM[1]) به‌منظور شبیه‌سازی نیاز آبی گیاه نیشکر استفاده گردید. سپس دقت نیاز آبی برآورد شده حاصل از این دو مدل با نیاز آبی محاسباتی نیشکر مورد ارزیابی قرار گرفت؛ لذا

[1] Artificial Neural Network

جهت ارزیابی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان در شبیه‌سازی نیاز آبی نیشکر، از نرم‌افزار متلب (MatlabR2024) استفاده گردید. برای اجرای مدل‌ها 70 درصد از داده‌های ورودی جهت آموزش و 30 درصد باقی‌مانده جهت صحت سنجی مورداستفاده قرارگرفتن. پس از آموزش مدل‌ها و تعیین بهترین حالت معماری از مرحله آموزش مدل برای تعیین بهترین حالت صحت سنجی از 30 درصد باقیمانده داده‌ها استفاده شد.

مدل شبکه عصبی مصنوعی(ANN)

شبکه عصبی مصنوعی، شبکه‌ای بر اساس درک فعلی روش‌های بیولوژیکی عصبی است، گرچه بسیاری از جزئیات بیولوژیکی نادیده گرفته می‌شوند، دارای روش‌های مؤثری هستند که از بسیاری عناصر پردازش تشکیل شده و توسط لینک‌های وزنی متغیر، متصل شده‌اند. همچنین شبکه‌های شناخته شده‌ای با معماری خاص وجود دارد که به طور گسترده‌ای در مهندسی منابع آب استفاده می‌شود. سه کد برنامه مختلف در MATLAB 7.11.0 R2010b برای شبیه‌سازی مدل‌های شبکه عصبی نوشته شده است (Ahmadaali et al., 2013).

ماشین بردار پشتیبان(SVM)

مدل ایجاد شده توسط Vapnik (1996) یک روش یادگیری ماشینی نظارت شده برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و تشخیص الگو می‌باشد (He et al., 2020). بر اساس اصل ساختار حداقلی ریسک استوار است. SVM می‌تواند به فاصله اطمینان کمی دست یابد و تعمیم خوبی برای نمونه‌های آینده دارد. هم‌چنین می‌تواند مشکلات نمونه‌های کوچک، غیرخطی و ابعاد بالا را به طور کارآمدتر حل کند (Chen et al., 2022).

نتایج و بحث

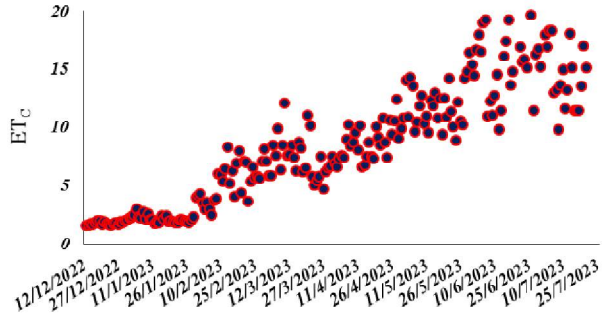
تبخیر تعرق گیاه مرجع چمن (ET_0) با استفاده از روش فائوپنمن‌مانتیث و نرم‌افزار Ref-ET محاسبه گردید. سپس به‌منظور محاسبه نیاز آبی نیشکر (ET_C)، ضریب گیاهی نیشکر (K_c) در دوره میانی رشد گیاه در نظر گرفته شد.

در مرحله میانی رشد نیشکر مطابق جداول موجود در نشریه فائو 56 (Allen et al., 1998) ضریب گیاهی گزارش شده برابر با 1/25 بوده که پس از انجام محاسبات مربوط به تعدیل K_c، این ضریب برابر با 1/3 گردیده و در محاسبات مربوط به نیاز آبی نیشکر مورداستفاده قرار گرفت. ضریب گیاهی اصلاح شده نیشکر در مرحله میانی کشت در جدول 1 مشخص شده است. هم‌چنین پراکندگی نیاز آبی نیشکر (ET_C) در شکل 2 نشان داده شده است.

جدول 1- ضریب گیاهی نیشکر در مرحله میانی رشد

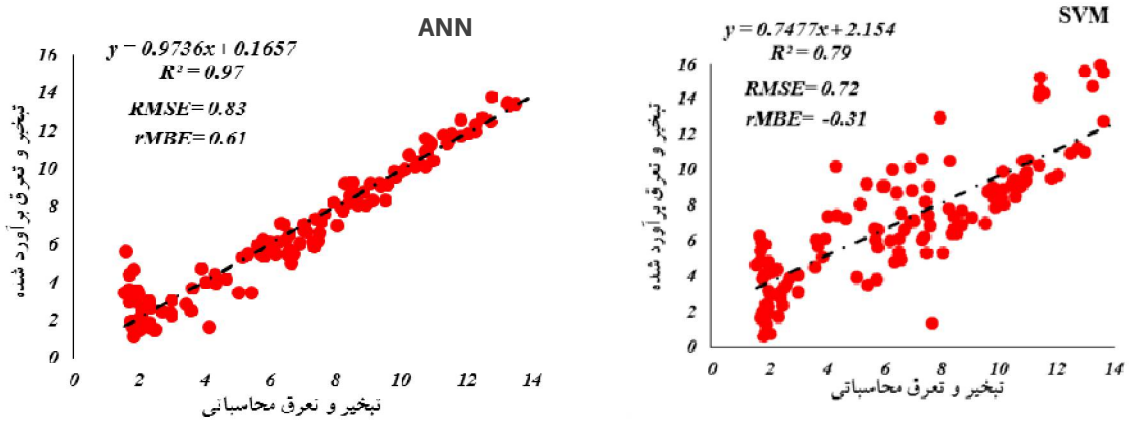
مرحله رشد	مرحله میانی
طول دوره رشد (روز)	220
ضریب گیاهی اصلاح شده	1/3

[1] Support Vector Machine

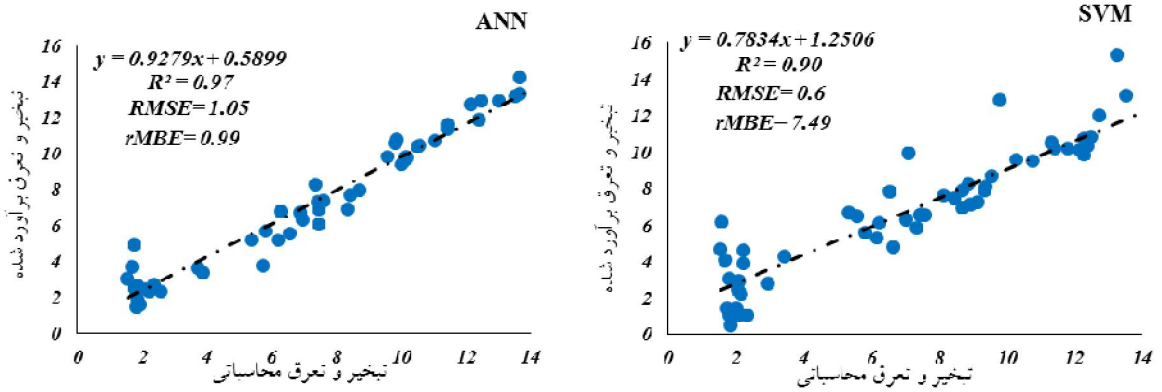


شکل 2- مقادیر پراکندگی نیاز آبی نیشکر در مرحله میانی رشد (میلی‌متر بر روز)

شکل 3 نمودار پراکندگی نیاز آبی برآورد شده در مقابل نیاز آبی محاسبه شده را با استفاده از دو مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) در مرحله آموزش نشان می‌دهد. اجرای مدل شبکه عصبی مصنوعی در مرحله آموزش، از طریق گره‌های لایه پنهان و یک گره خروجی و با در نظر گرفتن توابع مختلف انتقال برای لایه پنهان و خروجی و تکرارهای 10000 صورت گرفت. هم‌چنین ماشین بردار پشتیبان نیز با ضریب گاما 0/096 به اجرای مدل پرداخت. در هر دو مدل، از 70 درصد داده‌ها برای آموزش و از 30 درصد باقیمانده برای مرحله صحت‌سنجی استفاده گردید. نتایج نشان داد، در مرحله آموزش مدل ANN با R^2 برابر با 0/97، RMSE برابر با 0/83 و rMBE برابر با 0/61 نسبت به مدل SVM با R^2 برابر با 0/79، RMSE برابر با 0/72 و rMBE برابر با 0/31- عملکرد بهتری داشته است. قابل بیان است، نمودار پراکندگی نیاز آبی برآورد و محاسبه شده حاصل از مرحله صحت‌سنجی نیز براساس دو مدل مذکور در شکل 4 نشان داده شده است. باتوجه‌به شکل 4، یافته‌ها نمایان‌گر آن است که در مرحله صحت‌سنجی نیز، مدل ANN عملکرد بهتری نسبت به SVM در شبیه‌سازی نیاز آبی نیشکر داشته است. لذا ANN با R^2 معادل 0/97، RMSE معادل 1/05 و rMBE معادل 0/99 نسبت به SVM با R^2 معادل 0/9، RMSE معادل 0/6 و rMBE معادل 7/49 توانایی بالاتری در شبیه‌سازی نیاز آبی نیشکر از خود نشان داد. لذا استفاده از مدل‌های شبکه عصبی در شبیه‌سازی نیاز آبی گیاه نتایج مطلوبی ارائه داده و از قابلیت بالاتری نسبت به مدل‌های یادگیری ماشین برخوردار می‌باشند. مطابق بررسی‌های صورت گرفته نتایج پژوهش انجام شده با نتایج حاصل از مطالعه‌ی Chen و همکاران (2022) و Wen و همکاران (2015)، مطابقت دارد. هم‌چنین از آنجایی که روش فائو پنمن- مانتیث به‌عنوان یکی از معتبرترین روش‌های مرجع در محاسبات نیاز آبی معرفی شده است، اعتبارسنجی با این روش در صورت نبود داده‌های اندازه‌گیری مستقیم زمینی (لایسیمتر) نیز حائز اهمیت و مفید است. بر این اساس، قمرنیا و موسوی‌بیگی (1393) معتقد است، در مراحل توسعه و میانی، با رشد گیاه و افزایش شاخص سطح برگ میزان نیاز آبی گیاه به بالاترین میزان خود رسیده و به‌تبع آن مقدار ضریب K_c نیز به بیشترین حد نسبت به سایر مراحل رشد گیاه می‌رسد (Kar et al., 2007). استادی و همکاران (1400)، نیز دریافتند، بیشترین میزان نیاز آبی گیاه مربوط به مرحله میانی رشد گیاه بوده که علت این امر می‌تواند توسعه کامل کانوپی گیاه و به‌دنبال آن افزایش تقاضای گیاه برای تبخیر باشد (Doorenbos and Pruitt., 1977). قابل بیان است، تراکم کشت باعث کاهش دمای خاک و از طرفی افزایش میزان نیاز آبی نیز می‌گردد (Hunsaker et al., 2005). در نهایت باتوجه‌به برآورد نزدیک و قابل قبول داده‌های شبیه‌سازی شده در مقایسه با مقادیر محاسباتی نیاز آبی نیشکر، استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی، قادر به پیش‌بینی نیاز آبی با دقت کافی می‌باشند.



شکل3- نمودار پراکندگی نیاز آبی برآورد شده در مقابل نیاز آبی محاسبه شده (مرحله آموزش)



شکل4- نمودار پراکندگی نیاز آبی برآورد شده در مقابل نیاز آبی محاسبه شده (مرحله صحت‌سنجی)

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی، از دودسته شبکه عصبی و ماشین‌های یادگیری به برآورد نیاز آبی روزانه نیشکر در مرحله میانی رشد پرداخته و قابلیت اجرای دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان نسبت به مقادیر محاسبه شده نیاز آبی نیشکر موردمطالعه قرار گرفت. براین‌اساس، از داده‌های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک کشت و صنعت امیرکبیر و در سال‌های 2022 و 2023 (1401 و 1402) استفاده شد. نیاز آبی روزانه نیشکر به کمک روش مرجع فائو پنمن‌مانتیث و ضریب گیاهی اصلاح شده نیشکر در دوره میانی رشد محاسبه شد. سپس به‌منظور ارزیابی قابلیت دو مدل مذکور از شاخصه‌های آماری استفاده گردید. نتایج نشان داد، که در هر دو مرحله آموزش و صحت سنجی مدلANN نسبت به مدل SVM با R^2 برابر با 0/97، RMSE برابر با 0/83 و rMBE برابر با 0/61 در مرحله آموزش و با R^2 معادل با 0/97، RMSE معادل 1/05 و rMBE معادل 0/99 در مرحله صحت‌سنجی عملکرد بهتری نشان دادند. لذا مدل‌های شبکه عصبی نسبت به مدل‌های ماشین‌های یادگیری قابلیت بالاتری در شبیه‌سازی نیاز آبی گیاه داشته است. بنابراین، استفاده از هوش مصنوعی در برآورد تبخیر تعرق گیاه و در نهایت تعیین نیاز آبی محصولاتی چون نیشکر پیشنهاد می‌گردد.

منابع

استادی، الف.، خاشعی سیوکی، ع. و سالاری، الف. 1400. برآورد ضرایب گیاهی مراحل مختلف رشد و مقدار نیاز آبی گیاه دارویی سیاهدانه در منطقه خشک بیرجند. پژوهش آب در کشاورزی، 35(3)، 277-286.

حیدری مطلق، الف.، نصرالهی، ع. ح.، ویسی، ش. و شریفی پور، م. 2023. تأثیر به‌کارگیری الگوریتم‌های مختلف دمای سطح زمین در برآورد مقادیر تبخیر-تعرق واقعی. تحقیقات آب‌وخاک ایران، 53(12)، 2701-2720.

ذرتی‌پور، الف.، نیسی، ل.، گلابی، م.، بزاز، الف. و ذرتی‌پور، الف. 1398. شبیه‌سازی و مقایسهٔ تبخیر و تعرق پتانسیل به روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، نروفازی و درخت تصمیم‌گیری M5 (مطالعه موردی؛ ایستگاه سینوپتیک شیراز).

سجودی، ز. و میرزایی اصلی، ف. 1399. تعیین نیاز آبی گیاهان فضای سبز شهری. مدیریت آب و آبیاری، 10(1)، 131-141.

قمرنیا، ه. و موسی بیگی، ف. 1393. برآورد نیاز آبی، ضرایب گیاهی یک‌جزئی و دوجزئی نعناع فلفلی (Mentha pipertia L.) آب‌وخاک، 28(4)، 670-678.

Ahmadaali, K.H., Liaghat, A.M., Heydari, N. and Bozorg Haddad, O. 2013. Application of Artificial Neural Network and Adaptive Neural-based Fuzzy Inference System Techniques in Estimating of Virtual Water. International Journal of Computer Applications.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. 1998. FAO Irrigation and drainage paper No. 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 56(97), e156.

Asadi, M. and Valizadeh Kamran, K. 2022. Comparison of SEBAL, METRIC, and ALARM algorithms for estimating actual evapotranspiration of wheat crop. Theoretical and Applied Climatology. 1-11.

Chen, S., He, C., Huang, Z., Xu, X., Jiang, T., He, Z. and He, J. 2022. Using support vector machine to deal with the missing of solar radiation data in daily reference evapotranspiration estimation in China. Agricultural and Forest Meteorology, 316, 108864.

Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. 1977. Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, NO. 24,

Rome.

He, C., Liu, J., Xu, F., Zhang, T., Chen, S., Sun, Z., Zheng, W., Wang, R., He, L., Feng, H., Yu, Q. and He, J. 2020. Improving solar radiation estimation in China based on regional optimal combination of meteorological factors with machine learning methods. Energy Convers. Manag. 220, 113111.

Hunsaker, D.J., Pinter, P.J. and Kimball, B.A. 2005. Wheat basal crop coefficients determined by normalized difference vegetation index. Irrigation Science, 24: 1–14.

Kar G., Kumar A. and Martha M. 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. Agricultural Water Management, 87(1): 73-82.

Racz, C., Nagy, J. and Dobos, A.C. 2013. Comparison of several methods for calculation of reference evapotranspiration. Acta Silv. Lign. Hung 9–24.

Santos, F. X., Montenegro, A. A. A., Silva, J. R. and Souza, E. R. 2009. Determinação do consumo hídrico da cenoura utilizando lisímetros de drenagem, no agreste pernambucano. Revista Brasileira De Ciências Agrárias, Recife, 4(3): 304-310.

Tyagi, N. K. Sharma, D. K. and Luthra, S. K. 2000. Determination of Evapotranspiration and Crop Coefficients of Rice and Sunflower with Lysimeter. Agric. Water. Manage.45: 41-54.

Vapnik, V.N. 1996. The nature of statistical learning theory. Technometrics 38 (4), 409.

Veysi, S., Heidari Motlagh, A., Nasrolahi, A.H. and Safi, A.R. 2023. A new approach to estimate daily evapotranspiration, based on Landsat data and FAO56 principles. International Journal of Remote Sensing. 44:4727-4752.

Wen, X., Si, J., He, Z., Wu, J., Shao, H. and Yu, H. 2015. Support-vector-machine-based models for modeling daily reference evapotranspiration with limited climatic data in extreme arid regions. Water Resour. Manag. 29 (9), 3195–3209.

طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری استدلال مبتنی بر مورد برای بهبود مدیریت آب در کشاورزی هوشمند

سیدواحد موسوی [1]، رضا رادفر [2]، سعید ستایشی [3]

[1] دانشجوی دکتری، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، Sava.Moosavi@gmail.com

[2] عضو هیات علمی، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

[3] عضو هیات علمی، گروه مهندسی هسته ای دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه امیرکبیر، تهران

چکیده

در این مقاله، یک زیرساخت پشتیبان تصمیم‌گیری برای بهبود مدیریت آب در کشاورزی هوشمند پیشنهاد شده است که از روش استدلال مبتنی بر مورد (CBR) بهره می‌برد. باتوجه‌به چالش‌های روزافزون منابع آبی و نیاز به استفاده بهینه از آن‌ها در کشاورزی، استفاده از فناوری‌های نوین برای مدیریت هوشمند منابع اهمیت ویژه‌ای دارد. زیرساخت پیشنهادی با جمع‌آوری داده‌ها از حسگرهای مختلف، شامل اطلاعاتی در مورد شرایط محیطی، وضعیت خاک و نیازهای آبی گیاهان، به تصمیم‌گیری بهتر در مورد زمان و میزان آبیاری کمک می‌کند. مدل استدلال مبتنی بر مورد به‌عنوان بخشی از زیرساخت، با بهره‌گیری از داده‌های تاریخی و مشابهت‌سنجی میان موقعیت‌های فعلی و موارد قبلی، راهکارهای بهینه برای مدیریت آب را ارائه می‌دهد. اینترنت اشیا به‌عنوان زیرساخت اصلی این روش، امکان جمع‌آوری داده‌ها به‌صورت آنی و پیوسته را فراهم کرده و دقت تصمیم‌گیری‌ها را افزایش می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهند که این زیرساخت می‌تواند مصرف آب را بهینه‌سازی کرده، هزینه‌های مربوط به آبیاری را کاهش داده و بهره‌وری کشاورزی را افزایش دهد. این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک راه‌حل پایدار برای کشاورزی هوشمند و مدیریت بهینه منابع آب در آینده مورداستفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری، کشاورزی هوشمند، آبیاری هوشمند، استدلال مبتنی بر مورد

مقدمه

مدیریت آب در کشاورزی به‌ویژه باتوجه‌به تغییرات اقلیمی و افزایش نیازهای غذایی، به یکی از چالش‌های اصلی در بخش کشاورزی تبدیل شده است (Cai et al., 2015). در این راستا، کشاورزی هوشمند به‌عنوان یک رویکرد نوین، با استفاده از فناوری‌های پیشرفته نظیر اینترنت اشیا (IoT)، تلاش می‌کند تا کارایی و بهره‌وری منابع را به حداکثر برساند (Ahansal et al., 2022). اینترنت اشیا، با فراهم‌کردن توانایی جمع‌آوری و تحلیل داده‌های محیطی در زمان واقعی، امکانات قابل‌توجهی برای مدیریت دقیق و هوشمند منابع آب فراهم (Singh et al., 2021). به‌ویژه، استفاده از حسگرها و دستگاه‌های متصل به شبکه برای نظارت بر وضعیت خاک و نیازهای آبی گیاهان، می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری‌ها و کاهش مصرف آب منجر شود (Quy et al., 2021). علاوه بر این، استدلال مبتنی بر مورد (CBR) به‌عنوان یک روش مؤثر برای تطبیق و بهینه‌سازی تصمیمات، با استفاده از تجربیات گذشته، به‌ویژه در زمینه مدیریت منابع آب، توانایی‌های منحصربه‌فردی را ارائه می‌دهد (Aamodt and Plaza, 1994). این روش می‌تواند به کشاورزان در اتخاذ تصمیمات بهتر و سریع‌تر در زمینه زمان و میزان آبیاری کمک کند (Gómez et al., 2023).

این مقاله به بررسی طراحی یک زیرساخت پشتیبان تصمیم‌گیری مبتنی بر اینترنت اشیا و استدلال مبتنی بر مورد برای بهبود مدیریت آب در کشاورزی هوشمند می‌پردازد. زیرساخت پیشنهادی با استفاده از داده‌های آنی از حسگرهای مختلف و تحلیل آن‌ها از طریق استدلال مبتنی بر مورد، به کشاورزان این امکان را می‌دهد که بادقت بیشتری در مورد مصرف آب تصمیم‌گیری کنند (Hemalatha et al., 2022).

استدلال مبتنی بر مورد (CBR) به‌عنوان فرایند حل مسائل جدید با تطبیق مواردی که قبلاً با موفقیت مدیریت شده‌اند تعریف می‌شود. روش CBR شبیه‌سازی می‌کند که چگونه انسان‌ها به استدلال و یادگیری می‌پردازند. ازاین‌رو، این روش به نظر می‌رسد که مدل روان‌شناختی معتبرتری از استدلال انسانی است (Watson and Marir, 1994). این ویژگی منحصربه‌فرد CBR را به یک رویکرد امیدوارکننده برای ساخت زیرساخت‌های هوشمند تبدیل می‌کند (Dutta et al., 1997). یک زیرساخت پشتیبانی تصمیم‌گیری کشاورزی (ADSS) می‌تواند به‌عنوان یک زیرساخت انسان-رایانه‌ای تعریف شود که توانایی استفاده از داده‌ها از منابع مختلف مانند آب‌وهوا، استفاده از زمین و نیروی کار انسانی را دارد. هدف آن تسهیل فرایندهای تصمیم‌گیری و ارائه پیشنهادها مفید به کشاورزان در مورد فعالیت‌های کشاورزی مانند کوددهی، آبیاری و مدیریت آفات است. با کمک فناوری‌های حسگر و رویکردهای استدلالی، ADSSها قادر به جمع‌آوری داده‌های کافی (مانند اندازه‌گیری‌های حسگر، اطلاعات هواشناسی، تصاویر مادون‌قرمز) و تولید دانش مبتنی بر شواهد هستند. CBR به‌عنوان یکی از قدرتمندترین رویکردهای استدلالی، سال‌هاست که توسط پژوهشگران در زمینه کشاورزی به کار گرفته شده است.

این مقاله باهدف ارائه یک مدل جامع و عملی برای پیاده‌سازی چنین زیرساخت‌هایی، به تحلیل و بررسی این رویکردها پرداخته و نتایج آن می‌تواند به بهبود قابل‌توجه در مدیریت منابع آب در کشاورزی منجر شود.

بررسی منابع

به دلیل اثربخشی و قابلیت استدلال قوی آن، CBR در زمینه‌های مختلفی مانند مراقبت‌های بهداشتی (Mohammed et al ,2018; Begum, 2014; Janssen et al., 2015) تشخیص خطا (Zhong et al., 2017; Zhong et al., 2018) پاسخ به شرایط اضطراری (Shih et al., 2009; Evans et la., 2017; Le Ber et al., 2023) و مدیریت کشاورزی (Amailef, 2013; Yu et al., 2018; Yu and Li., 2018) به کار رفته است.

به دلیل توانایی استدلال قوی و کاربرد آسان، روش CBR به تدریج در کشاورزی مورداستفاده قرار گرفته است. این روش در زمینه‌های مختلفی از جمله طبقه‌بندی گیاهان، تشخیص بیماری‌های حیوانات، مدیریت آفات، برنامه‌ریزی آبیاری و سایر موارد به کار می‌رود. در حوزه طبقه‌بندی گیاهان، Sharaf-Eldeen و همکاران (2012) از روش CBR برای طبقه‌بندی انواع گیاه IRIS بهره بردند. برخلاف زیرساخت‌های CBR معمول که تنها بازیابی اطلاعات انجام می‌دهند، پیشنهاد آنها با قوانین تطبیقی تبدیل دامنه برای افزایش دقت طبقه‌بندی همراه بود. Liand Yeh (2004) نیز از این روش برای طبقه‌بندی تصاویر رادار با وضوح مصنوعی که توسط سنجنده‌های چندزمانه گرفته شده بودند، استفاده کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که زیرساخت‌های مبتنی بر دانش می‌توانند جایگزینی مناسب برای روش‌های سنتی طبقه‌بندی باشند که عملکرد بهتری دارند، زیرا روش‌های سنتی مانند طبقه‌بندی نظارت‌شدن، وابستگی زیادی به مهارت‌های کاربر و فرایندهای آموزشی دارند و معمولاً نیازمند تحلیل‌های زمان‌بری هستند. در زمینه تشخیص بیماری‌های حیوانات و محصولات کشاورزی، Gebre-Amanuel و همکاران (2018) یک سیستم خبره مبتنی بر استدلال ترکیبی شامل CBR و RBR (استدلال مبتنی بر قاعده) برای تشخیص بیماری‌های دام پیشنهاد دادند. علائمی که توسط کاربران ارائه می‌شد، به‌عنوان یک پرسش جدید مطرح می‌گردید و راه‌حل‌ها در پایگاه مورد جستجو می‌شدند. Han (2019) فرایند استدلال در تشخیص هوشمند و کسب دانش مرتبط با بیماری‌های حیوانات را با ترکیب CBR و RBR بررسی کرد. در این روش، CBR به‌عنوان ابزاری برای بازیابی داده‌های بیماری‌ها به‌منظور شناسایی موارد مشابه در بیماری‌های حیوانات به کار رفت. در زمینه مدیریت آفات، Zhu and Yin (2019), یک زیرساخت پشتیبان تصمیم‌گیری بر مبنای روش CBR برای کنترل و پیشگیری از آفات طراحی کردند. بیماری‌های گیاهی و آفات حشرات در قالب یک مدل

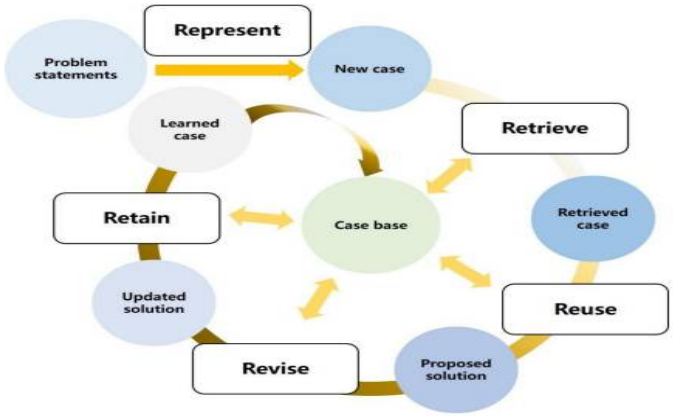
آنتولوژی ذخیره شده و ویژگی‌های این آنتولوژی توسط الگوریتم محاسبه شباهت ساختاری مبتنی بر نقشه‌برداری آنتولوژی، دسته‌بندی و کمی‌سازی شدند. برای برنامه‌ریزی آبیاری، Gonzalez-Briones و همکاران (2019) طراحی یک زیرساخت چندعاملی را ارائه دادند که از دو عامل به نام‌های "عامل استخراج دانش" و "عامل CBR" تشکیل شده بود. عامل اول از فنون یادگیری بدون نظارت در مواردی که داده‌ها برچسب‌گذاری نشده بودند، استفاده می‌کرد، درحالی‌که عامل دوم مسئول تولید راه‌حل از موارد ذخیره شده در پایگاه مورد CBR بود. پیشنهاد آنها در یک محیط کشاورزی باهدف بهینه‌سازی آبیاری برای محصول ذرت آزمایش شد. Car و Moore (2011) روش CBR را با یک رابط جدید که به کاربران اجازه می‌داد عوامل موردنظر خود را انتخاب کنند، اصلاح کردند. در این شرایط، زیرساخت پشتیبانی تصمیم مبتنی بر CBR محدودیتی برای عوامل ورودی تصمیم یا مسیرهای منتهی به راه‌حل ایجاد نمی‌کرد. پیشنهاد آنها در برنامه‌ریزی روزانه آبیاری برای تاکستان‌ها در جنوب شرقی استرالیا تحت روش‌های قطره‌ای آزمایش شد.

به طور خلاصه، باتوجه‌به مقالات فوق، می‌توان نتیجه گرفت که رویکرد CBR توانایی زیادی برای مدل‌سازی سیستم زیرساخت‌های هوشمند در حوزه کشاورزی دارد. همچنین، مشکلات پیچیده کشاورزی به طور کارآمد و روان توسط این رویکرد قابل‌حل است؛ بنابراین، رویکرد CBR ممکن است گزینه مناسبی برای حل مسائل مربوط به برنامه‌ریزی آبیاری باشد.

مواد و روش‌ها

فرایند استفاده از دانش و حقایق موجود به همراه راهبرد اتخاذ شده برای حل مسائل جدید و دست‌یابی به یک نتیجه‌ی قابل قبول (منطقی)، استدلال نامیده می‌شود. عموماً روش‌های استدلال استفاده شده در زیرساخت‌های کامپیوتری از روش‌های استدلال استفاده شده توسط انسان الهام گرفته‌اند. CBR بعنوان یکی از فنون مهم هوش مصنوعی بصورت فرایند حل مسئله بوسیله انطباق و تطبیق موردهایی که ازقبل شکل داده شده‌اند تعریف می‌شود. CBR Watson and Marir (1994) توسط تقلید نحوه‌ی استدلال و یادگیری انسان، به نظر می‌رسد از نظر روانشناسی مدلی معقول از استدلال بشر است. این مشخصه منحصربفرد، CBR را تبدیل به یک رویکرد نویدبخش برای ایجاد زیرساخت‌های هوشمند می‌نماید. CBR بخاطر قابلیت استدلال قدرتمند وکارآمدش در زمینه‌های متعددی نظیر حوزه کشاورزی، رباتیک، پزشکی و . . بکاربرده شده است. ایده اصلی در این روش استفاده از تجربیات قدیمی‌تر می‌باشد. بدین معنی که برای حل یک مسئله جدید از راه حل‌های موجود برای مسائل قدیمی مشابه با این مسئله استفاده می‌شود.

استنتاج مبتنی بر مورد (CBR) می‌تواند به‌صورت سیکل R5 Aamodt and Plaza (1994) تدوین شود، که شامل مراحل بازنمایی (represent)، بازیابی (retrieve)، استفاده مجدد (reuse)، بازنگری (revise)، و نگهداری (retain) می‌باشد. یک جریان گردش کار عمومی از CBR در شکل 1 ارائه شده است.



شکل 1 – نحوه کارکرد روش CBR

این سیکل R5 برای اجرای یک روش CBR مؤثر ضروری است و به شرح زیر است:

- **بازنمایی**: تعریف اولیه مسئله و بیان ویژگی‌های مربوط به مورد در پایگاه مورد CBR.
- **بازیابی**: پیداکردن و بازیابی موارد مرتبط قبلی از پایگاه مورد که شباهت بهتری به مسئله فعلی دارند.
- **استفاده مجدد**: اجرای یا تطبیق راه‌حل‌های موجود در موارد بازیابی شده با شرایط جدید، اغلب با اعمال تغییراتی برای تناسب بهتر با مسئله جدید.
- **بازنگری**: ارزیابی راه‌حل اجرا شده و تعمیم آن در پاسخ به بازخورد حاصل از نتیجه؛ این ممکن است شامل تنظیم یا تصحیح آن باشد.
- **نگهداری**: در پایان، اطلاعات به‌دست‌آمده و شاید حتی یک مورد جدید که مشتق شده از تجربه است، به پایگاه مورد اضافه می‌شود تا به‌عنوان یک استدلال برای موارد آینده عمل کند.

اولین مرحله در پیاده‌سازی مبتنی بر CBR بازنمایی و تعیین مدل موردها است. در اینجا یک مورد، یک تصویر لحظه‌ای از محیط در یک‌زمان معین ازنقطه‌نظر یک عامل (مجهز به CBR) است. ازآنجائی‌که اطلاعات موجود در یک مورد بر اساس ادراک حالت درونی (باورهای) این عامل است به این عامل، عامل مرجع می‌گوئیم. تعریف پایه‌ای مورد از دو بخش تشکیل می‌شود: توصیف مسئله؛ که متناظر باحالت و شرایط محیطی است، توصیف راه‌حل؛ که کنش یا سلسله کنش‌هایی که عامل باید برای حل مسئله انجام دهند را مشخص می‌کند. بازیابی مورد یک مرحله مهم در فرایند استدلال مبتنی بر مورد (CBR) است. در این مرحله، از میان موارد ذخیره شده در پایگاه موردی انتخاب می‌شود که به نظر می‌آید مشابهت زیادی با مسئله جدید دارد. در زیر، مراحل بازیابی مورد در CBR را توضیح داده می‌شود:

1. نمایه‌گذاری: ابتدا، موارد در پایگاه مورد باید به طور مناسب نمایه‌گذاری شوند. این نمایه‌گذاری شامل استخراج ویژگی‌های مهم از موارد، نظیر ویژگی‌های دمویی، مشخصه‌ها و اطلاعات مهم دیگر است.

2. محاسبه شباهت: سپس، شباهت بین مورد جدید و موارد موجود در پایگاه مورد بررسی می‌شود. این شباهت می‌تواند بر اساس معیارهای مختلفی مانند فاصله یا همبستگی محاسبه شود.

3. انتخاب مورد: موردی که شباهت بیشتری با مسئله جدید دارد، انتخاب می‌شود. این انتخاب ممکن است بر اساس یک معیار شباهت آستانه (threshold) یا یک روش اولویت‌بندی خاص انجام می‌شود.

4. بازیابی و اعمال راه‌حل: راه‌حل موجود در مورد انتخاب شده از پایگاه مورد استخراج می‌شود و به مسئله جدید اعمال می‌شود. این ممکن است شامل تغییرات یا تطبیقات معینی باشد.

5. ارزیابی و به‌روزرسانی: نتایج اعمال راه‌حل بر روی مسئله جدید ارزیابی می‌شود. اگر نیاز باشد، پایگاه موردها به‌روزرسانی می‌شود تا در موارد مشابه در آینده بهتر عمل کند.

6. آموزش: اطلاعات به دست آمده از نتایج استدلال به پایگاه مورد افزوده می‌شود تا در آینده استدلال بهتری انجام شود.

بازیابی مورد در CBR بستگی به نوع مسئله، معیارهای شباهت، و ساختار پایگاه مورد دارد. بهینه‌سازی این مراحل و اعتبارسنجی موارد انتخاب شده، نقاط کلیدی در افزایش کارایی سیستم CBR می‌باشد. ساختار موردها مطابق جداول 1 و 2 در ساده‌ترین حالت رسماً به‌صورت یک دوتایی تعریف می‌شود (Case = (Problem , Action:

جدول 1- ویژگی‌های مسئله مورد

ویژگی‌های مسئله	رطوبت خاک	اسیدیته خاک	دمای هوا	میزان بارندگی

مقادیر	کم، متوسط، زیاد	کم، متوسط، زیاد	کم، متوسط، زیاد	کم، متوسط، زیاد

جدول 2- فعالیت‌های بخش کنش‌ها

	a0	a1	a2	a3
کنش‌ها	irrigOFF	irrigON	irricDEC	irrigINC

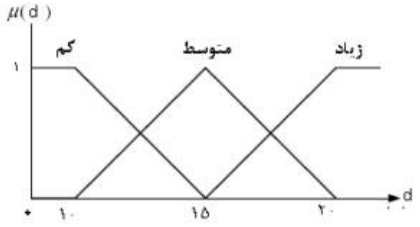
بخش توصیف مسئله متناظر با مجموعه‌ای از ویژگی‌ها است که حالت فعلی محیط را از دید عامل مرجع توصیف می‌کند. در حوزهٔ کشاورزی هوشمند، مرتبط‌ترین ویژگی‌هایی که برای توصیف حالت محیط باید ملاحظه شود در جدول 1 آورده شده است. در بخش توصیف راه‌حل، راه‌حل یک مورد با کنش یا سلسله کنش‌هایی که عامل CBR باید انجام دهند متناظر است مطابق جدول 2. A =(a0,a1,a2,…)

نمونه‌ای از کیس ساخته شده در ساختار فوق به‌صورت زیر است.

({'conditions': {'soil_moisture': 'low', 'temperature': 'high', 'light_intensity': 'medium', 'rainfall': 'low', 'wind_speed': 'high', 'soil_ph': 'acidic'}, 'action': 'آبیاری'})

در این کار ویژگی‌ها را به‌صورت فازی در نظر گرفته شده است. این یک راهبرد برای مقاوم‌سازی زیرساخت در برخورد با داده‌های نویزی، عدم قطعیت، عدم صراحت و نادقیقی است. هر کدام از این ویژگی‌های که در واقع متغیرهای زبانی هستند از سه عبارت یا مجموعهٔ "کم"، "متوسط"،"زیاد" تشکیل می‌شود؛ بنابراین سه تابع تعلق فازی وجود دارد.

$$\mu_{\tilde{L}} = \begin{cases} 1, & d \le \min \\ \dfrac{\text{average} - d}{\text{average} - \min}, & \min < d < \text{average} \\ 0, & d \ge \text{average} \end{cases}$$



معیار فاصله اقلیدسی ابتدا برای داده‌های عددی طراحی شده است و معمولاً بر روی نقاط در یک فضای اقلیدسی (Euclidean space) اعمال می‌شود. این معیار، درصورتی‌که ویژگی‌ها دارای اطلاعات فازی یا عدم قطعیت باشند، ممکن است محدودیت‌ها داشته باشد. ویژگی‌های فازی معمولاً با توزیع‌های احتمالاتی توصیف می‌شوند که در فضای اقلیدسی نمایش داده نمی‌شوند؛ بنابراین، استفاده از معیار فاصله اقلیدسی به‌صورت مستقیم ممکن است منجر به اشکال و مشکلاتی شود. برای محاسبه فاصله بین ویژگی‌های فازی، به‌جای معیار فاصله اقلیدسی، معیارهایی که مختص متغیرهای فازی هستند؛ مانند معیارهای فاصله فازی (Fuzzy Distance Measures) یا تعامل مجموعه‌های فازی را می‌توان در نظرگرفت. این معیارها بهترین تطبیق را با مفاهیم فازی دارند. برخی از معیارهای فاصله فازی شامل معیار فاصله فازی چیدمان، معیار فاصله فازی زاده، و معیار فاصله فازی هامینگ می‌باشند. این معیارها برای محاسبه فاصله بین مجموعه‌های فازی ویژگی‌ها به کار می‌روند و با مفاهیم فازی سازگارتر هستند. البته معیارهای فاصله فازی و شباهت فازی ممکن است در مراجع و منابع مختلف به نحوه استفاده و تعریف متفاوتی داشته باشند. اما در اینجا چند معیار فاصله فازی رایج آورده شده‌اند:

این معیار بر اساس مفهوم چیدمان فاصله را بین دو مجموعه فازی محاسبه می‌کند. برای دو مجموعه فازی A وB ، فاصله فازی چیدمان به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$D_{CF}(A,B) = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(A_i - B_i)^2}$$

معیار فاصله فازی زاده:(Zadeh Fuzzy Distance)

این معیار بر اساس مفهوم تفاوت زاده بین دو مجموعه فازی محاسبه می‌شود. برای دو مجموعه فازی A وB ، فاصله فازی زاده به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$D_{ZF}(A,B) = \max_i \left(\min(A_i, B_i)\right)$$

الگوی بازیابی مورد فازی مشابه به شرح ذیل پیاده‌سازی می‌گردد. این الگو از کتابخانه FuzzyWuzzy برای محاسبه شباهت فازی استفاده می‌کند.

```
pip install fuzzywuzzy
```

```
from fuzzywuzzy import fuzz
class IrrigationSystem:
  def __init__(self):
```

```
def should_add_to_case_base(new_case, existing_cases, threshold):
    for existing_case in existing_cases:
        similarity = calculate_similarity(new_case, existing_case)
        if similarity > threshold:
            return True
    return False
```

برخی از زیرساخت‌های مبتنی بر مورد از این فرایند برای افزایش تنوع و ترکیب گوناگونی از موردها استفاده می‌کنند. با افزودن ایده‌های جدید که شباهت یا تطبیق بیشتری با ایده‌های موجود داشته باشند، می‌توانند تا حدودی مجموعه‌داده را افزایش دهند و اطلاعات جدیدی را به سیستم تصمیم‌گیری اضافه کنند. این کار ممکن است در مواردی مفید باشد که سیستم به‌سرعت به تغییرات و تطابق با موقعیت‌های جدید عادت کند. با افزودن موارد جدید با شباهت بیشتر، سیستم ممکن است راحت‌تر به وضعیت‌ها و ورودی‌های جدیدی که شبیه به وضعیت‌های قبلی هستند، پاسخ دهد. این موضوع می‌تواند باعث همگرایی زودرس شود، به‌ویژه اگر تعداد موردها زیاد باشد و هر کدام از آن‌ها به‌سرعت با موارد موجود تطبیق پیدا کنند. همگرایی زودرس ممکن است منجر به ازدست‌رفتن تنوع و اطلاعات جدید شود و سیستم به یک حالت پایدار و تکراری برسد.

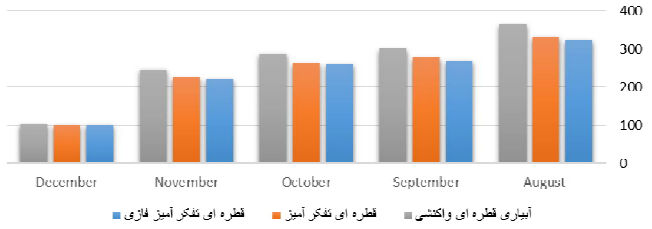
برای تبدیل چهار حالت فازی (آبیاری، عدم آبیاری، افزایش زمان آبیاری و کاهش زمان آبیاری) به حالت غیرفازی، می‌توان از یک تابع تبدیل استفاده نمود. در اینجا یک نمونه تابع تبدیل ساده با استفاده از پایتون آورده شده است.



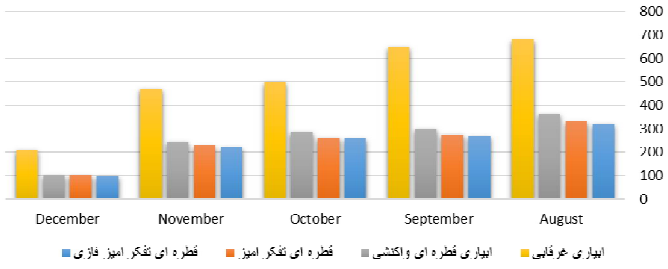
بحث و نتایج

در چهار گزینه با مشارکت هشت نفر نخل خرمای هم سن با چهار روش آبیاری شدند و داده‌های آنها از طریق حسگرهای محیطی، پلتفرم آردوینو جمع‌آوری شد به اینصورت که هر روش آبیاری به دو درخت مجزا اختصاص یافته است و شرایط برابر از نظر محیطی برای درختان وجود داشته است. چهار مدل آبیاری در این تحقیق عبارتند از آبیاری غرقابی یا سطحی هر پنج روز، آبیاری قطره‌ای واکنشی

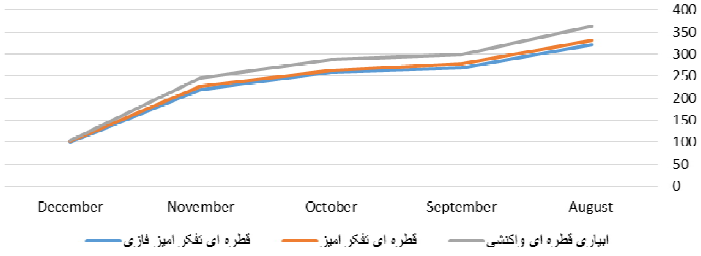
متداول هر 3 روز، آبیاری قطره‌ای تفکرآمیز مبتنی بر CBR غیر فازی و قطره‌ای تفکر آمیز مبتنی بر CBR فازی، که در اینجا منظور از تفکر آمیز هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی CBR می‌باشد،که وابسته به شرایط انجام می‌شود. با یک مرور دقیق و باتوجه‌به شکل های 2و3و4و5 آبیاری قطره‌ای تفکر آمیز فازی در مجموع، این روش نسبت به دیگر روش‌ها مصرف آب کمتری دارد. میزان آب مصرفی در ماه آبان کمترین مقدار را دارد. میانگین مصرف آب به نظر می‌رسد کمترین مقدار را دارد انحراف از معیار کم است، نشانگر پراکندگی کمتری در مصرف آب است. آبیاری قطره‌ای تفکر آمیز در مقایسه با دیگر روش‌ها، این روش میزان متوسط آب مصرفی را نشان می‌دهد. تغییرات نسبتاً کمتری در مصرف آب در طول ماه‌ها دارد. آبیاری قطره‌ای واکنشی میزان متوسط آب مصرفی کمتری نسبت به دیگر روش‌ها دارد. در مجموع، میزان آب مصرفی در ماه‌های مختلف نسبت به دیگر روش‌ها افزایش یافته است. انحراف از معیار بیشتر است، نشانگر پراکندگی بیشتری در مصرف آب است.



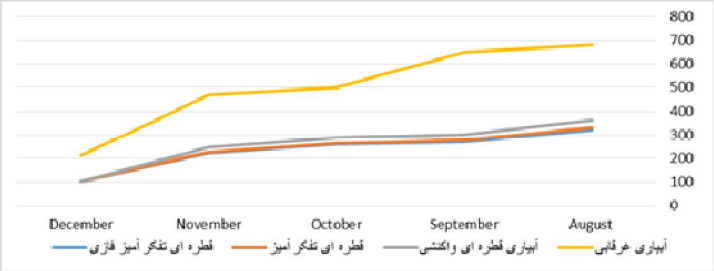
شکل 2- میزان آب مصرفی سه روش آبیاری در ماه‌های مختلف



شکل 3- میزان آب مصرفی چهار روش آبیاری در ماه‌های مختلف



شکل 4- مقایسه روندی میزان آب مصرفی سه روش آبیاری



شکل 5- مقایسه روندی میزان آب مصرفی چهار روش آبیاری

نمودارهای روند فوق نشان می‌دهند که اگرچه باتوجه‌به تغییر فصل از تابستان به زمستان در هر چهار روش مصرف آب کاهشی بوده است لکن ارتفاع پایین‌تر روند روش قطره‌ای تفکرآمیز فازی (FCBR) پیشنهادی همچنان حاکی از مصرف کمتر آب در این مدل آبیاری در مقایسه با سایر روش‌ها دارد که تأییدکننده اعتبار و کارآمدی روش پیشنهادی را دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

استدلال مبتنی بر موارد (CBR) با انتخاب یک مورد از مواردی که قبلاً در پایگاه دانش (مورد) ذخیره شده‌اند کار می‌کند. به‌نحوی‌که این مورد بیشترین شباهت را به خصوصیات مسئلهٔ جاری تحت بررسی دارا باشد این روش مشابه روشی است که افراد متخصص هنگام تلاش برای حل انواع مسئله استدلال می‌کنند. مدل آبیاری هوشمند پیشنهادی ما که از هوش مصنوعی و فناوری اطلاعات بهره می‌برد می‌تواند یکی از بهترین روش‌های آبیاری هوشمند باشد چرا که با عملکردی شبیه به یک کارشناس کشاورزی خبره می‌تواند منجر به استفاده بهینه از منابع آبی به‌عنوان مهم‌ترین رکن در توسعهٔ کشاورزی پایدار، حفاظت از خاک، توسعه باغات، کاهش نیاز به نیروی انسانی، افزایش کمی و کیفی محصول با منابع موجود، گردد. این سیستم هوشمند آبیاری با استفاده از حسگرها و داده‌های هوشمند می‌توانند میزان نیاز آب باغات را تحلیل و مدیریت کنند و این امکان به وجود می‌آید تا آب را بهینه و در زمان‌های مناسب به مصرف درختان برسد. نتایج در یک مقیاس کوچک حاکی از بهره‌وری استفاده از منابع آبی در حوزه کشاورزی با موتور تصمیم‌گیری پیشنهادی است. رویکرد کشاورزی باتوجه‌به چالش‌ها و فرصت‌های آینده، می‌تواند بهبود و بهینه‌سازی کشاورزی هوشمند را ترویج کنند و به کشاورزان کمک کنند تا با طرح و برنامه با چالش‌های مختلفی نظیر بحران آب که در آینده ممکن است به وجود بیایند، مواجه شوند. در این راستا به‌عنوان کارهای آتی، مدل پیشنهادی ما می‌تواند با سایر روش‌های هوش مصنوعی مثل یادگیری تقویتی، شبکه‌های عصبی و ... ترکیب شده و در فازهای مدل مختلف بهبود یابد. این پژوهش در حال تکامل می‌باشد.

منابع

Aamodt, A. and Plaza, E. 1994. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches. AI communications, 7(1), 39-59.

Ahansal, Y., Bouziani, M., Yaagoubi, R., Sebari, I., Sebari, K. and Kenny, L. 2022. Towards smart irrigation: A literature review on the use of geospatial technologies and machine learning in the management of water resources in arboriculture. Agronomy, 12(2), 297.

Amailef, K. and Lu, J. 2013. Ontology-based case-based reasoning approach for intelligent m-Government emergency response services. Decis. Support. Syst., 55, 79–97.

Begum, S., Barua, S., Filla, R. and Ahmed, M.U. 2014. Classification of physiological signals for wheel loader operators using multi-scale entropy analysis and case-based reasoning. Expert Syst. Appl, 41, 295–306.

Cai, X., Zhang, X., Noël, P. H. and Shafiee-Jood, M. 2015. Impacts of climate change on agricultural water management: a review. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 2(5), 439-455.

Car, N.J. and Moore, G.A. 2011. Bridging the gap between modelling advice and irrigator solutions through empirical reasoning techniques. MSSANZ 19th Biennial Congress on Modelling and Simulation (MODSIM)

Dutta, S.; Wierenga, B. 1997. Dalebout, A. Case-based reasoning: From automation to decision-aiding and simulation. IEEE Trans. Knowl. Data Eng., 9, 911–922.

Evans, J., Terhorst, A. and Kang, B.H. 2017. From data to decisions: Helping crop producers build their actionable knowledge. Crit. Rev. Plant. Sci., 36, 71–88.

Gebre-Amanuel, E.K., Taddesse, F.G. and Assalif, A.T. 2018. Web based expert system for diagnosis of cattle disease. 10th International Conference on Management of Digital EcoSystems (MEDES)

Gómez, J., et al. 2023. Enhancing irrigation efficiency through case-based reasoning systems. Computers and Electronics in Agriculture, 193, 106853.

Gonzalez-Briones, A., Castellanos-Garzon, J.A., Mezquita-Martin, Y., Prieto, J., Corchado,J.M. 2019. A multi-agent system framework for autonomous crop irrigation. 2nd International Conference on Computer Applications and Information Security (ICCAIS).

Han, Q. 2019. Development and application of remote intelligent diagnosis mobile phone system for animal diseases. Rev. Cient. CIENCIAS Vet. 29 (2), 393–401

Hemalatha, R., Deepika, G., Dhanalakshmi, D., Dharanipriya, K. and Divya, M. 2016. Internet of things (iot) based smart irrigation. International Journal Of Advanced Research in Basic Engineering Sciences and Technology (IJARBEST), 2(2), 128-132.

Janssen, R., Spronck, P. and Arntz, A. 2015. Case-based reasoning for predicting the success of therapy. Expert Syst. 32, 165–177.

Le Ber, F., Napoli, A. and Metzger, J.L. 2003. Lardon, S. Modeling and comparing farm maps using graphs and case-based reasoning. J. Univers. Comput. Sci., 9, 1073–1095.

Li, X. and Yeh, A.G. 2004. Multitemporal SAR images for monitoring cultivation systems using case-based reasoning. Remote Sens. Environ. 90 (4), 524–534. https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.01.018.

Mohammed, M.A., Ghani, M.K.A., Arunkumar, N., Obaid, O.I., Mostafa, S.A., Jaber, M.M., Burhanuddin, M.A., Matar, B.M., Abdullatif, S.K. and Ibrahim, D.A. 2018. Genetic case-based reasoning for improved mobile phone faults diagnosis. Comput. Electr. Eng, 71, 212–222.

Quy, V. K., Hau, N. V., Anh, D. V., Quy, N. M., Ban, N. T., Lanza, S., ... and Muzirafuti, A. 2022. IoT-enabled smart agriculture: architecture, applications, and challenges. Applied Sciences, 12(7), 3396.

Sharaf-Eldeen, D.A., Moawad, I.F., El Bahnasy, K. and Khalifa, M.E. 2012. Learning and applying range adaptation rules in case-based reasoning systems. In: 1st InternationalConference on Advanced Machine Learning Technologies and Applications (AMLTA 2012).

Shih, M.L., Huang, B.W., Chiu, N.H., Chiu, C. and Hu, W.Y. 2009. Farm price prediction using case-based reasoning approach–A case of broiler industry in Taiwan. Comput. Electron. Agric., 66, 70–75.

Singh, M. and Ahmed, S. 2021. IoT based smart water management systems: A systematic review. Materials Today: Proceedings, 46, 5211-5218.

Watson, I. and Marir, F. 1994. Case-based reasoning—A review. Knowl. Eng. Rev., 9, 327–354.

Yu, F. and Li, X.Y. 2018. Improving emergency response to cascading disasters: Applying case-based reasoning towards urban critical infrasture. Int. J. Disaster Risk Reduct., 30, 244–256.

Yu, F., Li, X.Y. and Han, X.S. 2018. Risk response for urban water supply network using case-based reasoning during a natural disaster. Saf. Sci., 106, 121–139.

Zhao, H., Liu, J.W., Dong, W., Sun, X.Y. and Ji, Y.D. 2017. An improved case-based reasoning method and its application on fault diagnosis of Tennessee Eastman process. Neurocomputing, 249, 266–276

Zhong, Z.W., Xu, T.H., Wang, F. and Tang, T. 2018. Text case-based reasoning framework for fault diagnosis and prediction by cloud computing. Math. Probl. Eng.

Zhu, C. and Yin, G. 2019. A prediction method of crop diseases and insect pests based on ontological case reasoning. Rev. Fac. Agron. 36 (6), 1720–1731.

هوشمندسازی روش‌های آبیاری با مفهوم جدید اینترنت اشیا

سید محمدرضا حسینی وردنجانی[1]، مجتبی خوش‌روش[2]، مسعود پورغلام آمیجی[3]، بهمن نادری سامانی[4]، رسول نوری خواجه بلاغ[5]

[1]دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری
mohammad.mrh2015@gmail.com

[2]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

[3]دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

[4]دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

[5]دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری

چکیده

آب یک نیاز اساسی برای تمام بشریت و آبیاری ملزومه تأمین امنیت غذایی برای انسان‌ها است. آبیاری هوشمند، فناوری پیشرفته‌ای است که برای کاهش تلفات و هدررفت آب، حداکثرسازی تولید محصول و تسهیل وظایف کشاورزان و کارگران استفاده می‌شود. این زیرساخت به حفظ منابع آب، خاک، گیاه و انرژی کمک می‌نماید. از فنون مورداستفاده در زیرساخت‌های آبیاری هوشمند، استفاده از اینترنت اشیا است. این پژوهش به بررسی جامع پژوهش‌های مختلف در خصوص زیرساخت آبیاری هوشمند و استفاده از اینترنت اشیا در آن پرداخته است. مطالعات مختلفی در سطح جهان و سطح کشور انجام شده است. نتایج نشان داد استفاده از اینترنت اشیا در زیرساخت-های آبیاری هوشمند منجر به کاهش مصرف آب، افزایش بهره‌وری آب و نهاده‌ها، ارتقای کیفیت محصول و نیل به سمت کشاورزی پایدار شده است. همچنین کاهش هزینه‌های عملیاتی کشاورزان و استفاده کمتر از نیروی انسانی نیز دیگر مزایای استفاده از اینترنت اشیا در زیرساخت‌هاست. کشاورزان با استفاده از این فناوری می‌توانند به‌صورت تمام‌وقت مزرعه خود را پایش کرده و بر شرایط مزارع خود نظارت داشته باشند. مطالعاتی انجام شده به طور رضایت‌بخشی اینترنت اشیا را در نظارت بر عوامل محیطی مانند رطوبت، دما، تغذیه و خاک که برای رشد محصول حیاتی هستند، مفید دانسته‌اند.

کلمات کلیدی: آبیاری هوشمند، اینترنت اشیا، دیجیتال، منابع آب.

مقدمه

بر طبق گزارش سازمان ملل پیش‌بینی گردیده است که جمعیت جهان از سال 2019 با هفت میلیارد و هفتصد میلیون نفر با گزینه متوسط، در سال 2030 به حدود هشت میلیارد و پانصد میلیون نفر، سال 2050 به نه میلیارد و هفتصد میلیون نفر در و در سال 2100 به ده میلیارد و نهصد میلیون نفر افزایش پیدا کند (Leong et al., 2018). در کشاورزی، بهبود عملکرد محصول برای پاسخ‌گویی به تقاضای روبه‌رشد جمعیت برای غذا بسیار مهم است. در بین بخش‌های مصرف‌کننده آب، بخش کشاورزی، اصلی‌ترین بخش استفاده‌کننده از منابع آب در جهان است؛ کمبود آب به یک مسئله مهم در سراسر جهان تبدیل شده است. بیش از شصت و نه (69%) درصد آب شیرین موجود روی زمین برای مصارف کشاورزی استفاده می‌شود (Alves et al., 2023). حدود هفتاد درصد (70 درصد) آب مصرفی برای فعالیت‌های کشاورزی، به دلیل مدیریت ضعیف فعالیت‌ها هدر می‌رود. علت اصلی هدررفتن آب در فعالیت‌های کشاورزی، استفاده از آب آبیاری بدون درنظرگرفتن ET*o* است (Bellido-Jiménez et al., 2021). مدیریت کارآمد منابع آب کلید توسعه پایدار در کشاورزی

است (Samreen et al., 2022). لذا مدیریت کارآمد منابع محدود آب باتوجه‌به خشکسالی‌های متناوب اخیر و کاهش نزولات جوی به پایداری کشاورزی منجر می‌گردد. از طرفی توسعه روزافزون صنایع و افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی، افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به‌خصوص دی‌اکسیدکربن را به دنبال دارد که منجر به گرم‌شدن زمین می‌گردد. از اواخر قرن نوزدهم گرم‌شدن زمین آغاز و انتظار می‌رود که این شرایط ادامه پیدا کند و بر وضعیت سایر اجزای چرخه اقلیمی اثرگذار و منجر به تغییر اقلیم گردد. تغییر اقلیم به تغییرات بلندمدت شرایط آب‌وهوایی گفته می‌شود. با وقوع تغییر اقلیم متغیرهای آب‌وهوایی مانند دما و بارش در مناطق مختلف تغییر می‌کنند (Tacarindua et al., 2013). یکی از مهم‌ترین بخش‌های متأثر از تغییر اقلیم به دلیل وابستگی به متغیرهای اقلیمی بخش کشاورزی می‌باشد؛ بنابراین اتخاذ راه‌کارهای مناسب و سازگار با تغییرات آب‌وهوایی ضروری و باعث کاهش اثرات منفی عملکرد محصولات کشاورزی می‌گردد (Hoseini et al., 2013; IPCC, 2014). از مهم‌ترین راهکارها مدیریت مصرف آب در مزارع و باغات با تغییر از روش‌های سنتی آبیاری به روش‌های آبیاری جدید با گنجاندن فناوری‌های جدید مانند اینترنت اشیا[1]، یادگیری ماشین[2]، شبکه حسگر بی‌سیم[3] است که اصطلاح زیرساخت‌های آبیاری هوشمند[4] را به وجود آورد. آبیاری هوشمند فناوری‌های پیشرفته را برای کاهش ضایعات آب، به حداکثر رساندن تولید محصول و تسهیل وظایف کشاورزان ادغام می‌کند همچنین به حفظ منابع آب و انرژی به کمک می‌نماید. از مزایای استفاده از این زیرساخت‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- برنامه‌ریزی بهینه آبیاری در طول فصل رشد هریک از گیاهان و رسیدن به حداکثر شاخص کارایی مصرف آب.
- برنامه‌ریزی بهینه آبیاری با توجه شرایط روزانه آب‌وهوا، منجر به مصرف بهینه سایر نهاده‌ها از قبیل کود و سم می‌گردد.
- کاهش هزینه کارگر آبیاری، هزینه آب، برق و استهلاک تجهیزات آبیاری و غیره.
- افزایش بهره‌وری آب تا حد مناسب نسبت به شرایط رایج آبیاری
- تشکیل مرکز داده تمامی اطلاعات مزرعه (فنی- مالی) و فراهم‌کردن دستور به آن در طی فصول مختلف کشت و کار و کلیه اطلاعات پایه گیاهی موردنیاز برای آبیاری از مرکز داده سیستم
- کاهش اثرات زیست‌محیطی محصولات
- ارتقا توان رقابت‌پذیری محصولات کشاورزی در بازارهای منطقه‌ای و بین‌المللی و پایش مناسب، سریع و ارزان یکپارچه‌سازی اطلاعات (جمع‌آوری، دسته‌بندی، تحلیل، و نگهداری اطلاعات آب، خاک، گیاه و هوای دشت و منطقه) همچنین قابلیت استفاده از هر نوع روش آبیاری اعم از سنتی و یا مدرن.

یکی از پرکاربردترین فنون مورداستفاده در زیرساخت‌های آبیاری هوشمند، اینترنت اشیا است. اینترنت اشیا (IoT) شامل فناوری‌های مختلفی از جمله دستگاه‌های حسگر، شناسایی فرکانس رادیویی[5] (RFID) و زیرساخت‌های میکروالکترومکانیکی[6] (MEMS) است. در این پژوهش به بررسی جامع پژوهش‌های مختلف در خصوص سامانه‌های آبیاری هوشمند و استفاده از اینترنت اشیا در آن پرداخته شده است.

بررسی منابع

زیرساخت‌های آبیاری هوشمند، برنامه زمان‌بندی آبیاری را می‌باید بر پایه عوامل مختلفی از جمله رطوبت موجود در گیاه و هوای مجاور آن، رطوبت خاک، سرعت باد و داده‌های برخط هواشناسی تنظیم کند. این زیرساخت‌ها در راستای توسعه پایدار و از جمله پایداری

[1] Internet of Thing (IoT)
[2] Machine Learning (ML)
[3] Wireless Sensor Network (WSN)
[4] Smart Irrigation Systems (SIS)
[5] Radio-Frequency Identification (RFID)
[6] Microelectromechanical Systems (MEMS)

محیط‌زیست، و مصرف کمتر آب قرار دارند. طبق مطالعات انجام شده زیرساخت‌ها بر دو مبنای اقلیم پایه و حسگر پایه طراحی و اجرا می‌گردند. فناوری مختلفی مانند اینترنت اشیا، یادگیری ماشین، شبکه حسگر بی‌سیم و پهپادها در این زیرساخت‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد. در خصوص استفاده اینترنت اشیا در زیرساخت‌های آبیاری هوشمند مطالعات مختلفی در سطح کشور و جهان صورت پذیرفته است.

در مطالعه‌ای به بررسی یک مدل ترکیبی یادگیری ماشین برای پیش‌بینی‌های ET*o* با استفاده از داده‌های آب‌وهوای مزرعه محصول کشت شده مبتنی بر اینترنت اشیا (IoT) برای ساده‌سازی تعیین ET*o* پرداخته شد. نتایج نشان داد پیش‌بینی ET*o* توسط مدل پیشنهادی یک همبستگی پیرسون 0/917 با ET*o* توسط رویکرد پنمن- مونتیث (PM) استاندارد را در مقایسه با 0/778 با پیکربندی‌های ساده مدل یادگیری ماشین با استفاده از ANN نشان می‌دهد که حاکی از دقت مدل یادگیری ماشین مجموعه ترکیبی پیشنهادی را در پیش‌بینی‌های ET*o* نشان می‌دهد (Bashir et al., 2023).

در مطالعه‌ای به تخمین تبخیر تعرق مرجع به کمک اینترنت اشیا (IoT) و یادگیری ماشینی (ML) با استفاده از سنجش از دمای مستقیم مزرعه پرداخته شد. عملکرد مدل‌های طبقه‌بندی‌کننده بردار پشتیبان ((SCV، K-Nearest Neighbors (KNN) و مدل‌های Na¨ıve Bayes ML نیز مقایسه گردید. نتایج نشان داد که مدل SVC در تخمین ETO از داده‌های دما در مقایسه با طبقه‌بندی‌کننده‌های KNN و Gaussian Na¨ıve Bayes دقیق‌تر است (Bashir et al., 2021).

در مطالعه‌ای فنون مختلف یادگیری ماشین برای طبقه‌بندی داده‌های آبیاری هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا برای اهداف کشاورزی موردبررسی قرار گرفت. طبقه‌بندی داده‌های تولید شده توسط دستگاه‌های آبیاری هوشمند مجهز به اینترنت اشیا بسیار مهم است. در این مطالعه، رطوبت خاک، دما، رطوبت و زمان به‌عنوان ورودی فنون یادگیری ماشین برای طبقه‌بندی استفاده می‌شود. روش‌های یادگیری ماشینی شامل رگرسیون لجستیک، جنگل تصادفی، ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مکان‌سنجی موردبررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که دقت رگرسیون لجستیک 76/71 درصد، جنگل تصادفی 99/98 درصد، ماشین بردار پشتیبان 90/21 درصد و شبکه عصبی مکان‌سنجی 98/23 بود. بر اساس دقت بالایی که جنگل تصادفی به دست آورد، توان بیشتری برای کمک به ارزیابی شرایط آبیاری هوشمند (تر یا خشک) به روشی بهینه دارد (Iorliam et al., 2022).

در مطالعه‌ای در کشور هند یک زیرساخت آبیاری هوشمند فعال بر مبنای اینترنت اشیا و یادگیری ماشین (IoTML-SIS) برای کشاورزی دقیق طراحی موردبررسی قرار گرفت. روش پیشنهادی IoTML-SIS شامل حسگرهای مختلف مبتنی بر اینترنت اشیا برای رطوبت خاک، رطوبت، حسگر دما و نور است. علاوه بر این، داده‌های حس شده برای پردازش و تصمیم‌گیری به سرور ابری منتقل می‌شوند. علاوه بر این، الگوی جلبک مصنوعی (AAA) با مدل ماشین بردار پشتیبان حداقل مربعات (LS-SVM) برای فرایند طبقه‌بندی برای تعیین نیاز آبیاری استفاده شده است. علاوه بر این، AAA برای تنظیم بهینه عوامل درگیر در مدل LS-SVM اعمال می‌شود و در نتیجه بازده طبقه‌بندی به طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد که روش IoTML-SIS ابزار مناسبی برای آبیاری هوشمند در کشاورزی دقیق است (Abuzanouneh et. Al., 2022).

در مطالعه‌ای به استفاده از یک زیرساخت آبیاری هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا و یادگیری ماشینی پرداخته شد. روش‌های مختلفی KNN، رگرسیون لجستیک، شبکه‌های عصبی، SVM، و الگوی بیز مورداستفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که K-Nearest Neighbors با نرخ تشخیص 98/3% و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) 0/12 در مقایسه با مدل‌های دیگر (LR، NN، SVM، NB) بهتر است. همچنین یک برنامه تحت وب ارائه گردید که داده‌های مختلف منتشر شده توسط حسگرها و همچنین پیش‌بینی مدل‌ها را گرد هم می‌آورد تا امکان تجسم و نظارت بهتر بر محیط ما را فراهم کند (Tace et al., 2022).

در مطالعه‌ای به بررسی یک زیرساخت آبیاری خودکار که رطوبت موردنظر خاک را از طریق آبیاری خودکار کنترل و حفظ می‌کند پرداخته شد. میکروکنترلر در این زیرساخت ATMEGA328P در سکوی arduino uno برای پیاده‌سازی واحد کنترل استفاده می‌شود و از حسگرهای رطوبت خاک استفاده می‌کند که سطح دقیق رطوبت را در خاک اندازه‌گیری می‌کند. این مقدار زیرساخت را قادر می‌سازد تا از مقدار مناسب آب استفاده کند که از آبیاری بیش از حد یا کم آبیاری جلوگیری می‌کند. اینترنت اشیا برای به‌روز نگه‌داشتن کشاورزان در

مورد وضعیت آبپاش‌ها استفاده می‌شود. اطلاعات حسگرها به طور منظم در یک صفحه وب با استفاده از مودم GSM-GPRS SIM900A به‌روز می‌شود که از طریق آن کشاورز می‌تواند بررسی کند که آیا آب‌پاش‌ها در هر زمان مشخصی روشن/ خاموش هستند یا خیر. همچنین، قرائت‌های حسگر به یک کانال Thing Speaker منتقل می‌شود تا نمودارهایی برای تجزیه‌وتحلیل تولید کند (Rawal et al., 2017).

در مطالعه‌ای به کاربرد اینترنت اشیا در زیرساخت آبیاری هوشمند پرداخته شد. این پروژه یک زیرساخت آبیاری هوشمند را ارائه می‌دهد که از سکوی Nodemcu استفاده می‌کند. این پروژه آبیاری خودکار گیاهان را با نظارت منظم بر سطوح رطوبت خاک با استفاده از ماژول حسگر رطوبت خاک برای اطمینان از سالم ماندن گیاه تسهیل می‌کند. در این پروژه، از یک سوئیچ رله برای خاموش‌کردن یا خاموش‌کردن پمپ آب بر اساس سیگنال دریافتی از سکوی Node mcu استفاده می‌شود که از یک سکوی Node mcu برای ارائه سیگنال‌های بالا یا پایین بسته به ورودی جمع‌آوری‌شده از حسگر استفاده می‌کند. ماژول این زیرساخت روشی کارآمد برای آبیاری گیاهان فراهم می‌کند و همچنین از آبیاری بیش از حد یا زیر آبیاری جلوگیری می‌کند که در نهایت برای سلامت گیاه بسیار مفید است (Ragab et al., 2022).

در مطالعه‌ای به توسعه یک زیرساخت آبیاری هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا (IOT) پرداخته شد. حسگرهای کمی مانند: (i) حسگر رطوبت خاک (YL-69) برای تشخیص سطح آب در خاک استفاده می‌شود. (ب) حسگر رطوبت و دما (DHT-11) برای ردیابی علائم اولیه تغییرات دما و (iii) حسگر فشار (BMP 280) برای اندازه‌گیری فشار محیط اطراف. این حسگرها به یک ماژول (Node MCU) Wi-Fi متصل هستند و برای ایجاد حساسیت بیشتر به روش آبیاری به یکدیگر وابسته هستند استفاده گردید. داده‌های جمع‌آوری‌شده در فضای ابری (ThingSpeak.com و Firebase) بارگذاری می‌شوند و در قالب نمودارهایی نمایش داده می‌شوند که از طریق برنامه و وب‌سایت قابل‌مشاهده هستند. این برنامه برای نمایش خوانش حسگرها و کنترل پمپ آب برای اهداف اضطراری عمل می‌کند. نتایج نشان می‌دهد این زیرساخت موفق شد تمام اهداف خود را در ابعاد مصرف آب، حداقل هزینه پروژه، نیروی کار کمتر، مصرف برق و قابلیت اطمینان محقق کند (Ismail et al., 2019).

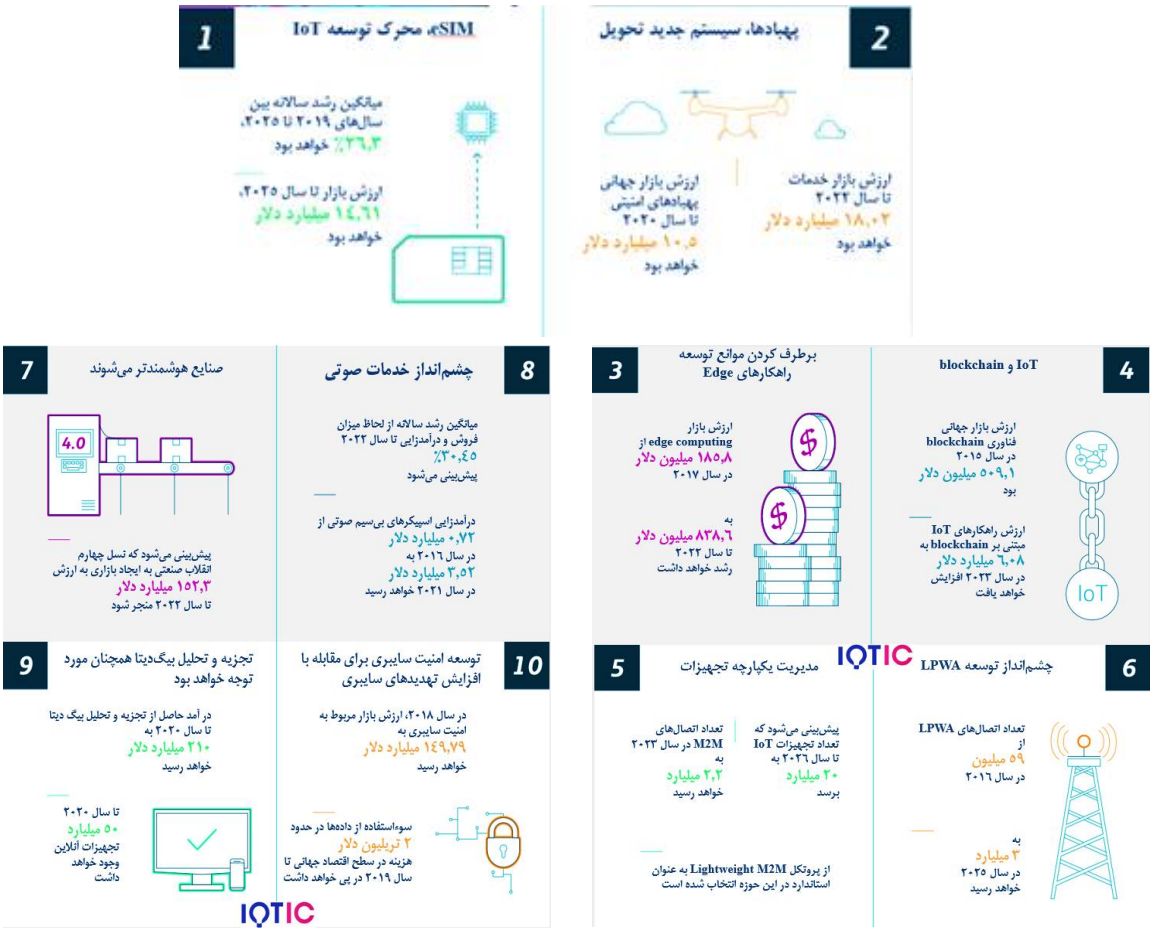
در مطالعه‌ای، یک زیرساخت آبیاری هوشمند مبتنی بر آب‌وهوا و اینترنت اشیا کم‌هزینه توسعه داده شده است. ابتدا، یک روش آبیاری قطره‌ای کارآمد که می‌تواند به طور خودکار آب‌رسانی به گیاهان را بر اساس شرایط رطوبتی خاک کنترل کند، توسعه می‌یابد. در مرحله بعد، به این روش آبیاری کارآمد در آب، قابلیت‌های ارتباطی مبتنی بر اینترنت اشیا برای نظارت از راه دور شرایط رطوبت خاک و کنترل دستی آب توسط یک کاربر از راه دور داده می‌شود. علاوه بر این، حسگرهای دما، رطوبت و باران به زیرساخت ادغام شده است و برای ارائه نظارت بر این عوامل توسط کاربر از راه دور از طریق اینترنت ارتقایافته است. این عوامل آب‌وهوای میدان در زمان واقعی در یک پایگاه‌داده از راه دور ذخیره می‌شوند. در نهایت، یک الگوی پیش‌بینی آب‌وهوا برای کنترل آب باتوجه‌به شرایط آب‌وهوایی موجود پیاده‌سازی شده است. زیرساخت آبیاری هوشمند پیشنهادی روشی مؤثر برای آبیاری کشت کشاورزان ارائه خواهد کرد (Laksiri et al., 2019).

در مطالعه‌ای به کاربرد اینترنت اشیا در زیرساخت‌های آبیاری هوشمند پرداخته شد. در این مطالعه از یک برنامه تلفن همراه (iOS) برای تخلیه اطلاعات استفاده کردیم. داده‌های این حسگرها توسط یک مدل کامپیوتری بازیابی و پردازش می‌شوند که نیاز آبیاری را براین‌اساس تغییر می‌دهد. به‌عنوان‌مثال، اگر پیش‌بینی آب‌وهوا بارندگی زیادی را پیش‌بینی کند، سیستم آبیاری را کاهش داده یا برای صرفه‌جویی در مصرف آب قطع می‌کند. علاوه بر این، سامانه آبیاری هوشمند را می‌توان با سایر فناوری‌ها، مانند پیش‌بینی آب‌وهوا و کشاورزی دقیق، ادغام کرد تا کارایی را بهبود بخشد (Rathore et al., 2023).

چشم‌انداز زیست‌بوم جهانی اینترنت اشیا

تصمیم‌گیری فعالین و بازیگران بزرگ زیست‌بوم جهانی اینترنت اشیا بالاخص سرمایه‌گذاران، ارائه‌دهندگان راهکارها و تجهیزات اینترنت اشیا، بهره‌برداران مخابراتی، بازیگران جدیدالورود و نهادهای تنظیم مقررات در این حوزه، زمینه خلق ثروت 750 میلیارددلاری در سال 2015 را فراهم نموده است. مطالعات یک شرکت در سال 2016 نشان‌دهنده ادامه روند جهشی در سرمایه‌گذاری در بازار اینترنت

اشیا است. به‌نحوی‌که فرصت‌های درآمدزایی اینترنت اشیا برای 27 میلیارد اتصال در سال 2025 به حدود 3 تریلیون دلار خواهد رسید. نکته قابل‌توجه در این جریان درآمدی، بازار 1.3 تریلیون دلاری ناشی از فروش دستگاه‌ها، اتصالات مخابراتی و اپلیکیشن‌ها به کاربران نهایی است. سایر منابع درآمدی نیز در بخش توسعه اپلیکیشن، یکپارچه‌سازی زیرساخت‌ها، میزبانی و بهره‌برداری از داده‌های تولید شده در خدمات اینترنت اشیا تخمین زده شده است. این در حالی است که بررسی‌ها در سال 2014 نیز نشان داد که بیشترین سهم بازار جهانی اینترنت اشیا در 2020 با 79.9 درصد به بخش تحلیل داده و اپلیکیشن و خدمات اختصاص پیدا خواهد کرد (Wang, 2020; Bansal et al., 2022; Cays, 2021).



شکل 1- حوزه‌ها و فن‌آوری‌های مختلف اینترنت اشیا در سال‌های 2018 تا 2025

نکات کاربردی درباره اینترنت اشیا در آبیاری

زیرساخت‌های کشاورزی در ایران بیشتر سنتی بوده و به دلیل دشواری فعالیت‌های کشاورزی بدین شیوه، سطح زیر کشت و تحت مدیریت کشاورزان نسبت به کل زمین‌های قابل‌کشت بسیار پایین است؛ ازاین‌رو هوشمندسازی و مکانیزه‌کردن زیرساخت‌های کشاورزی موجب گسترش این صنعت به دلیل آسان‌تر شدن امور کشاورزی خواهد شد. نباید فراموش شود که هوشمندسازی روش‌های آبیاری، نیازمند هزینه‌های بیشتر نسبت به روش‌های سنتی است. آموزش به کشاورزان برای رسیدن به بیش‌ترین عملکرد نیز از دیگر مشکلات

این زیرساخت‌ها است. در وضع فعلی و کشاورزی و آبیاری سنتی در کشور، زیرساخت‌های هوشمند در مزارع کوچک صرفه اقتصادی نخواهند داشت و این در حالی است که اکثر مزارع کشور به‌صورت خرده‌مالکی مدیریت می‌شوند. با توسعه روش‌های نوین آبیاری نیز می‌توان کارهای خوب و ارزشمندی در زمینه هوشمندسازی روش‌های آبیاری مبتنی بر اینترنت اشیا انجام داد.

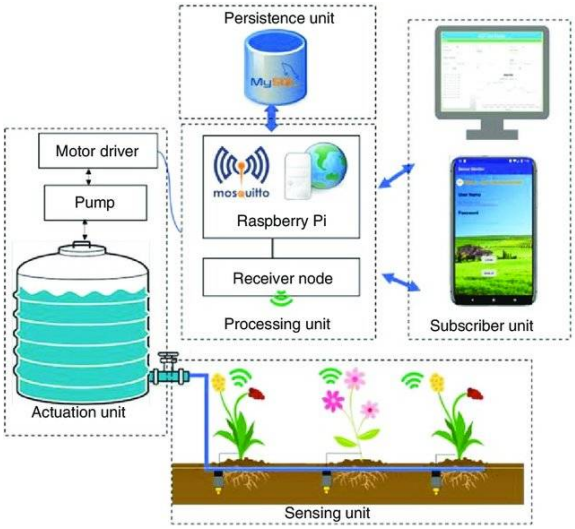
در همین رابطه، تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که بهره‌گیری از زیرساخت‌های هوشمند آبیاری علاوه بر بهبود عملکرد گیاهان، موجب کاهش تلفات آب و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی خواهد شد. همچنین امروزه دسترسی به اینترنت و گوشی‌های هوشمند و سایر فناوری‌های وابسته در اکثر روستاها امکان‌پذیر شده است و قشر جوان به‌صورت گسترده‌ای از این امکانات استفاده می‌کنند که استفاده از زیرساخت‌های آبیاری هوشمند باعث جذب قشرهای مختلف به این صنعت خواهد شد (Amro, 2020; Cranmer et al., 2022; Munir et al., 2022). به‌طورکلی می‌توان دلایل مهم نوسازی و هوشمندسازی روش‌های آبیاری مبتنی بر IoT را در موارد زیر خلاصه کرده و نتایج این مطالعه را بدین صورت شرح داد:

1. بهره‌وری آب را به طور ساده می‌توان به‌صورت مقدار محصول تولید شده بخش بر مقدار آب مصرفی تعریف کرد. با استفاده از به‌روز کردن روش‌های آبیاری می‌توان امکان تولید محصول بیشتر با مصرف آب کمتر را فراهم کرد. با استفاده از زیرساخت‌های هوشمند آبیاری بهره‌وری آب تا بیش از 50 درصد قابل‌افزایش خواهد بود.
2. نوسازی روش‌های آبیاری باعث بهبود زندگی روستایی می‌شود. حفظ منابع آبی در مناطق روستایی باعث می‌شود تا جمعیت در این منطقه تثبیت و از مهاجرت‌ها کاسته شود. این امر باعث افزایش ارزش اجتماعی آب خواهد شد.
3. بهبود مدیریت فنی روش‌های آبیاری باعث کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی می‌شود. به‌روزرسانی این روش‌ها از شسته شدن نمک‌ها و مواد مغذی به طور مؤثری جلوگیری خواهد کرد.
4. ورود فناوری‌های جدید به عرصه کشاورزی منجر به جذاب‌تر شدن این فعالیت‌ها خواهد شد که خود نیز رقابت برای رسیدن به جدیدترین روش‌ها را در بین کشاورزان افزایش خواهد داد.
5. نکته حائز اهمیت دیگر افزایش تولید محصول با مصرف آب کمتر است که خود سود اقتصادی بیشتر را برای کشاورز به ارمغان خواهد آورد.
6. تجاری‌سازی، توسعه و بهبود فضای کسب‌وکار و ایجاد اشتغال‌های نوپا و پایدار نیز از دستاوردهای مهم حاصل از هوشمندسازی است.
7. جلوگیری از سرعت روبه‌رشد بحران آب و همچنین تلفات آب در بخش کشاورزی، از دیگر مزیت‌های هوشمندسازی روش‌های آبیاری است که از این طریق می‌توان گامی مهم در راستای کشاورزی پایدار برداشت.

آبیاری هوشمند

زیرساخت‌های هوشمند را می‌توان پرکاربردترین و جالب‌ترین گجت اینترنت اشیا در کشاورزی هوشمند دانست. این زیرساخت قابلیت آن را دارد تا میزان رطوبت خاک را سنجیده و در صورت لزوم و به اندازهٔ موردنیاز، خاک را آبیاری نماید. زیرساخت‌های آبیاری هوشمند وظیفهٔ کوددهی هوشمند خاک را در کنار آبیاری به دوش می‌کشد و هر دو را بی‌نقص و بدون نیاز به دخالت دست انجام می‌دهد. حتی می‌تواند به هواشناسی نیز متصل شود و باتوجه‌به شرایط جوی، عملیات آبیاری صورت گیرد. به‌روزرسانی روش‌های آبیاری هوشمند باعث کاهش مصرف آب می‌شود. یک زیرساخت آبیاری هوشمند و قابل‌برنامه‌ریزی دارای امکانات تنظیم زمان است و به طور خودکار خاموش و روشن می‌شود. این زیرساخت‌ها دارای تجهیزاتی هستند که در زمان بارش باران، مانع از کار آب‌پاش‌ها می‌شوند. آبیاری هوشمند شامل توانایی نظارت بر شرایط آب‌وهوایی محلی و سطح رطوبت زمین است. در واقع زیرساخت‌های آبیاری هوشمند برنامه‌های آبیاری خودکاری

را باتوجه‌به نیاز واقعی چمن تنظیم می‌کنند. فناوری آبیاری هوشمند روی روش‌های آبیاری نصب می‌شود و مصرف آب را بین20 تا 40 درصد کاهش می‌دهد. زیرساخت‌های آبیاری هوشمند به WiFi متصل هستند و می‌توانند با یک دستگاه هوشمند کنترل شوند (Ogidan et al., 2019; Ragab et al., 2022).



شکل 2- نمونه‌ای از یک زیرساخت آبیاری کاملا هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا (IoT)

نتیجه‌گیری

با افزایش جمعیت در سطح جهان تقاضای مصرف آب افزایش‌یافته است همچنین افزایش شاخص‌های خشکسالی در مناطق کشاورزی جهان تشدید شده است و کشاورزی را به‌عنوان پرمصرف‌ترین بخش استفاده از آب با چالش جدی مواجه ساخته است؛ روش‌های آبیاری معمولی از نظر مصرف و کنترل آب کارآمد نیستند؛ بنابراین بهبود کارایی مصرف آب در کشاورزی آبی برای رونق تولید کشاورزی پایدار بسیار مهم است. توانایی بهبود بهره‌وری مصرف آب از طریق زیرساخت‌های آبیاری هوشمند، به‌ویژه با ظهور فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا، شبکه حسگرهای بی‌سیم، پهپادها و مدل‌های هوشمند وجود دارد. زیرساخت آبیاری هوشمند در محیط امروزی که سازمان‌ها از فناوری برای دست‌یابی به اهداف عملکرد خود استفاده می‌کنند به یک نیاز تبدیل شده است. یکی از پرکاربردترین فنون مورداستفاده در زیرساخت‌های آبیاری هوشمند، اینترنت اشیا است. در این پژوهش به بررسی کاربرد اینترنت اشیا در زیرساخت‌های آبیاری هوشمند پرداخته شد. مطالعات مختلفی در سطح کشور و جهان موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد مطالعات بررسی شده نتایج امیدوارکننده‌ای را برای برنامه‌ریزی آبیاری ارائه نموده‌اند. این مطالعات به طور رضایت‌بخشی اینترنت اشیا را در نظارت بر عوامل محیطی مانند رطوبت، رطوبت، دما و ترکیب خاک که برای رشد محصول حیاتی هستند، نشان داده‌اند. در استقرار زیرساخت‌های آبیاری هوشمند، تمرکز بیشتری باید به سمت مسائل مدیریتی و امنیتی معطوف شود. اینترنت اشیا هزینه کل فناوری را کاهش می‌دهد که امکان مدیریت روش رهگیری برای فرایندهای آبیاری را فراهم می‌کند. به‌طورکلی، امکانات آبیاری هوشمند این توانایی را دارند که با کاهش مصرف آب، بهبود عملکرد محصول و افزایش کارایی، کشاورزی را متحول کنند. از طرفی ورود فناوری نوین به روش‌های آبیاری و ارتقا و نوسازی این زیرساخت‌ها منجر به جذاب‌تر شدن فعالیت‌های کشاورزی و میل و رغبت بیشتر کشاورزان گردیده که پیشرفت روستاها، تثبیت اشتغال و جلوگیری از مهاجرت روستائیان به شهرها را به دنبال دارد.

منابع

Abuzanouneh, K.I.M., Al-Wesabi, F.N., Albraikan, A.A., Al Duhayyim, M., Al-Shabi, M., Hilal, A.M., ... and Muthulakshmi, K. 2022. Design of machine learning based smart irrigation System for precision Agriculture. Computers, Materials & Continua, 72(1), 109-124.

Alves, R.G., Maia, R.F. and Lima, F. 2023. Development of a Digital Twin for smart farming: Irrigation management system for water saving. Journal of Cleaner Production, 388, 135920.

Amro, A. 2020. IoT Vulnerability Scanning: A State of the Art. Computer Security, 84-99.

Bacco, M., Berton, A., Ferro, E., Gennaro, C., Gotta, A., Matteoli, S., ... and Zanella, A. 2018. Smart farming: Opportunities, challenges and technology enablers. 2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture-Tuscany (IOT Tuscany), 1-6.

Bansal, M., Sirpal, V. and Choudhary, M.K. 2022. Advancing e-Government using Internet of Things. In Mobile Computing and Sustainable Informatics (pp. 123-137). Springer, Singapore.

Bashir, R.N., Saeed, M., Al-Sarem, M., Marie, R., Faheem, M., Karrar, A. E. and Elhussein, B. 2023. Smart reference evapotranspiration using Internet of Things and hybrid ensemble machine learning approach. Internet of Things, 24, 100962.

Bashir, R. N., Saleem, R. M., Abbas, Z., Khan, H. A., Muhammad, D., Hussain, Q. and Natha, S. 2021. Internet of Things (IoT) and Machine Learning (ML) Assisted Reference Evapotranspiration (ETO) Estimations. Quaid-e-Awam Univ. Res. J. Eng. Sci. Technol., 19, 80-90.

Bellido-Jiménez, J A., Estévez, J. and García-Marín, A.P. 2021. New machine learning approaches to improve reference evapotranspiration estimates using intra-daily temperature-based variables in a semi-arid region of Spain. Agricultural Water Management, 245, 106558.

Cays, J. 2021. The Energy Essential: Physical Forces Animate All Things. In An Environmental Life Cycle Approach to Design (pp. 15-38). Springer, Cham.

Cranmer, E.E., Papalexi, M., tom Dieck, M. C. and Bamford, D. 2022. Internet of Things: Aspiration, implementation and contribution. Journal of Business Research, 139, 69-80.

Hoseini, S.S., Nazari, M. and Araghinejad, S. 2013. Investigating the impacts of climate on agricultural sector with emphasis on the role of adaptation strategies in this sector.

Iorliam, A., Bum, S., Aondoakaa, I.S., Iorlıam, I.B. and Shehu, Y. 2022. Machine learning techniques for the classification of iot-enabled smart irrigation data for agricultural purposes. Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation, 9(4), 378-391.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

Ismail, N., Rajendran, S., Tak, W.C., Xin, T. K., Anuar, N.S.S., Zakaria, F.A., ... and Rahim, H. A. 2019. Smart irrigation system based on internet of things (IOT). In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1339, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.

Laksiri, H.G.C.R., Dharmagunawardhana, H.A.C. and Wijayakulasooriya, J.V. 2019. Design and optimization of IoT based smart irrigation system in Sri Lanka. In 2019 14th Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS) (pp. 198-202). IEEE.

Leong, D.P., Teo, K.K., Rangarajan, S., Lopez-Jaramillo, P., Avezum Jr, A. and Orlandini, A. 2018. World Population Prospects 2019. Department of Economic and Social Affairs Population Dynamics. New York (NY):

Munir, M.S., Bajwa, I. S., Ashraf, A., Anwar, W. and Rashid, R. 2021. Intelligent and Smart Irrigation System Using Edge Computing and IoT. Complexity, 2021.

Ragab, M.A., Badreldeen, M.M.M., Sedhom, A. and Mamdouh, W.M. 2022. IOT based smart irrigation system. International Journal of Industry and Sustainable Development, 3(1), 76-86.

Rathore, T., Gupta, D. K. and Kumar, N. 2023. Smart Irrigation system using IoT. In 2023 Third International Conference on Secure Cyber Computing and Communication (ICSCCC) (pp. 605-610). IEEE.

Rawal, S. 2017. IOT based Smart Irrigation System. International Journal of Computer Applications, 159, 7-11.

Samreen, T., Ahmad, M., Baig, M. T., Kanwal, S., & Nazir, M. Z. 2022. Remote sensing in precision agriculture for irrigation management. Environmental Sciences Proceedings, 23(1), 31.

Saraf, S.B. and Gawali, D.H. 2017. IoT based smart irrigation monitoring and controlling system. In 2017 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT) (pp. 815-819). IEEE.

Tacarindua, C.R., Shiraiwa, T., Homma, K., Kumagai, E. and Sameshima, R. 2013. The effects of increased temperature on crop growth and yield of soybean grown in a temperature gradient chamber. Field Crops Research, 154 (1):74-81.

Tace, Y., Tabaa, M., Elfilali, S., Leghris, C., Bensag, H. and Renault, E. 2022. Smart irrigation system based on IoT and machine learning. Energy Reports, 8, 1025-1036.

Wang, H. 2020. Ecological landscape planning and design based on the Internet of Things system and VR technology. Microprocessors and Microsystems, 103431.


پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه
(آبیاری هوشمند)
5th National Conference of on - Farm Water Management
(Smart Irrigation)
۱۶ آبان ۱۴۰۳
بهره وری آب در کشاورزی
هوشمندسازی و اتوماسیون آبیاری
بررسی نقش و کارایی سامانه های آبیاری تحت فشار
نقش مدیریت زراعی (تناوب، بذر و سامانه کاشت) در مدیریت مصرف آب در کشاورزی
بهینه سازی الگوی کشت در کشاورزی
تغییر اقلیم و تاثیر آن بر مدیریت آبیاری
کاربرد مدل و فنون نوین در مدیریت آبیاری
نقش نظام بهره برداری، آموزش و ترویج در مدیریت مصرف آب در کشاورزی
برگزارکنندگان همایش
حامیان همایش
تاریخ های مهم
شروع ارسال مقالات: ۱۴۰۲/۱۱/۱
پایان ارسال مقالات: ۱۴۰۳/۶/۱۵
اعلام نتایج داوری: ۱۴۰۳/۷/۱
CIVILICA
ISC