



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

ضرورت کاربرد کلرید پتاسیم در رفع نیاز پتاسیمی در برخی از محصولات زراعی ایران

نگارندگان

محمد پسندیده، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

فرهاد مشیری، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

احمد اخیانی، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان

علیرضا جعفرنژادی، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان

محمودرضا رمضانپور، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران

دستورالعمل فنی: 635

مشخصات اثر

عنوان: ضرورت کاربرد کلرید پتاسیم در رفع نیاز پتاسیمی در برخی از محصولات زراعی ایران
نگارندگان: محمد پسندیده، فرهاد مشیری، احمد اخیانی، علیرضا جعفرنژادی و محمودرضا رمضانپور
ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب کشور
کارشناس انتشارات: سمانه پورمنصور
ویراستار علمی: ناصر دوات‌گر
ویراستار ادبی: زهرا محمدی
طراح جلد: راضیه محمدی
سال انتشار: 1402

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.
این اثر با شماره 64754 در تاریخ 1402/10/30 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: 026-36201900
وبسایت: <http://www.swri.ir> پست الکترونیکی: info@swri.ir

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

1- مقدمه	1
2- وضعیت پتاسیم در خاک‌های کشور	1
3- وضعیت پتاسیم در محصولات زراعی ایران	4
4- بروز تنش‌های محیطی و نیاز بیشتر به مصرف پتاسیم	6
5- ذخایر مهم پتاسیم در جهان و ایران و معرفی انواع کودها	9
6- تامین و توزیع کلرید پتاسیم در کشور بر اساس برآورد نیاز	12
7- مشخصات و مزایای کود کلرید پتاسیم	13
8- مصرف کلرید پتاسیم	16
8-1- مصرف کلرید پتاسیم در گیاهان زراعی حساس به کلر	16
8-2- مصرف کلرید پتاسیم در خاک‌های شور	16
8-3- مصرف کلرید پتاسیم در محصولات زراعی عمده در شرایط غیر شور	19
8-3-1- گندم و جو	19
8-3-2- ذرت	22
8-3-3- کلزا	27
8-3-4- برنج	30
8-3-5- چغندر قند	31
8-3-6- پنبه	33
فهرست منابع	36

1- مقدمه

پتاسیم یکی از عناصر غذایی پرمصرف و ضروری در تغذیه گیاهان زراعی بوده و به دلیل وظایف فیزیولوژیکی گسترده، نقش کلیدی در رشد و عملکرد کمی و کیفی دارد. این عنصر، باعث افزایش عملکرد کمی و انتقال راحت‌تر مواد حاصل از فتوسنتز به اندام‌های هوایی از جمله دانه می‌شود. پتاسیم در فعال کردن بیش از 60 آنزیم موثر در تولید پروتئین، نشاسته و کربوهیدرات و زمان رسیدن محصول و ویژگی انبارداری آن نقش اساسی دارد. علاوه بر این، تأثیر این عنصر در کنترل تنش‌های مختلف محیطی که امروزه اغلب کشاورزان با آن روبرو هستند، موضوعی است که ضرورت مصرف کودهای حاوی این عنصر را بیش از پیش بیان می‌کند.

امروزه منابع مختلفی کودهای حاوی این عنصر در بازار عرضه شده است که سولفات پتاسیم و کلرید پتاسیم از مهمترین آنها به شمار می‌روند. هر چند، مطالعات انجام شده نشان داده است که برای تامین پتاسیم بیشتر محصولات، برتری بین این دو منبع نسبت به یکدیگر وجود ندارد، اما کود کلرید پتاسیم به دلیل محتوای پتاسیم بیشتر (60 درصد) و قیمت ارزان‌تر، نسبت به دیگر منابع کودی به ویژه سولفات پتاسیم، برتری اقتصادی دارد. البته، به هنگام مصرف این کود، کشاورزان باید از حساسیت برخی از گیاهان زراعی به کلر (از جمله تنباکو، هندوانه و سیب‌زمینی) آگاه بوده و با رعایت دستورالعمل‌های لازم از مزایای اقتصادی آن به بهترین گونه بهره‌مند شوند. بدین ترتیب، این نشریه به منظور ترویج و آموزش مصرف صحیح کود کلرید پتاسیم در گیاهان زراعی عمده و گسترش کاربرد آن تهیه شده است. روشن است مصرف کلرید پتاسیم در اغلب محصولات باغی نیز رایج است که با توجه به عنوان، در این نشریه به آن پرداخته نمی‌شود.

2- وضعیت پتاسیم در خاک‌های کشور

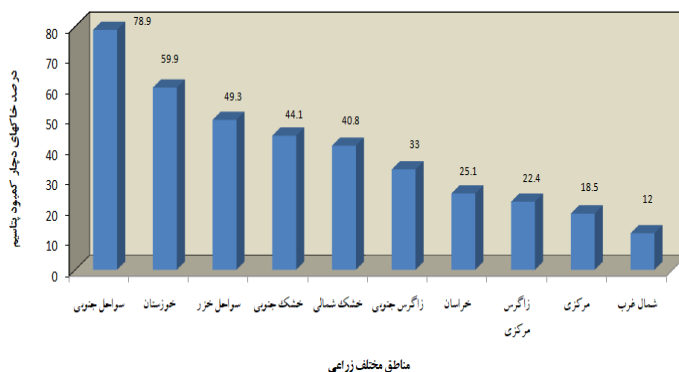
یکی از راه‌های ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک برای یک منطقه وسیع همانند یک استان، تعیین درصد نمونه‌هایی است که مقدار عناصر غذایی قابل استفاده آن‌ها کمتر سطح بحرانی است. سطح بحرانی به این صورت تعریف شده است که کمتر از این غلظت

(سطح بحرانی)، پاسخ عملکرد گیاه به مصرف کود، مثبت می‌باشد. به عبارت دیگر، اگر کود شیمیایی یا حیوانی در سال زراعی اضافه نگردد، انتظار می‌رود که عملکرد و سودآوری محصول کاهش یابد. سطوح بحرانی متفاوتی برای پتاسیم در مناطق مختلف و برای گیاهان مختلف کشور گزارش شده است که این سطوح برای پتاسیم عمدتاً بین 120 تا 250 میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک (روش عصاره‌گیری استات آمونیم) می‌باشد. چنین دامنه وسیعی از سطوح بحرانی در مناطق مختلف کشور به دلیل تغییر در میزان مواد آلی خاک، بافت خاک، میزان کربنات کلسیم خاک، واکنش خاک، کانی‌شناسی خاک، آب و هوا، شیوه مدیریت مزرعه، نوع و رقم گیاه و دیگر فعالیت‌های کشاورزی دور از انتظار نیست. در شکل (1) توزیع کمبود پتاسیم (درصد) در مناطق مختلف زراعی -زیستگاهی (AEZ)¹ ایران نشان داده شده است. در این برآورد، سطح بحرانی پتاسیم، 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم در نظر گرفته شده است. اراضی سواحل جنوبی با 78/9 درصد و اراضی شمال غرب با 12 درصد به ترتیب، بیشترین و کمترین خاک‌های دچار کمبود پتاسیم را دارا هستند (مشیری و همکاران، 1401).

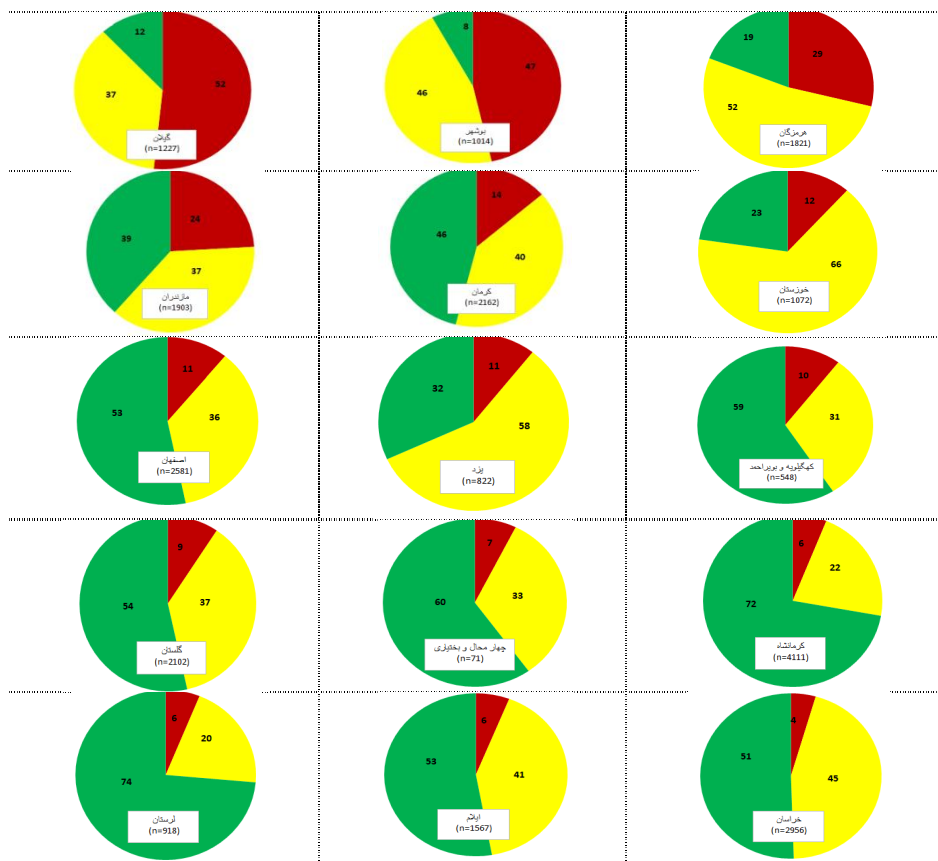
توزیع درصد اراضی کشاورزی در حالت‌های مختلف مقدار پتاسیم قابل‌استفاده خاک، در شکل 2 نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود توزیع پتاسیم در خاک‌های مناطق مختلف کشور بسیار متفاوت می‌باشد. به عنوان نمونه، با وجود اینکه 52 و 47 درصد اراضی در استان‌های گیلان و بوشهر در گروه پتاسیم کم قرار دارند، این مقدار برای استان‌هایی همانند قزوین و آذربایجان شرقی کمتر از یک درصد می‌باشد. در کل، 7/6 درصد خاک‌ها در گروه پتاسیم کم، 33/6 درصد در گروه متوسط و 58/8 درصد در گروه پتاسیم زیاد قرار دارند. در اراضی با مقدار پتاسیم کمتر از سطح بحرانی، بایستی کودهای پتاسیمی اضافه گردد تا از کاهش سود در محصولات عمده جلوگیری شود. مقدار پتاسیم خاک‌های استان‌های گیلان و مازنداران به دلیل بارندگی زیاد و همچنین کشت متراکم برای مدت طولانی، نسبت به مناطق دیگر که دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک می‌باشند، کمتر بوده و لذا استفاده از کودهای پتاسیمی در این مناطق اهمیت بیشتری دارد (شهبازی و بشارتی، 1392).

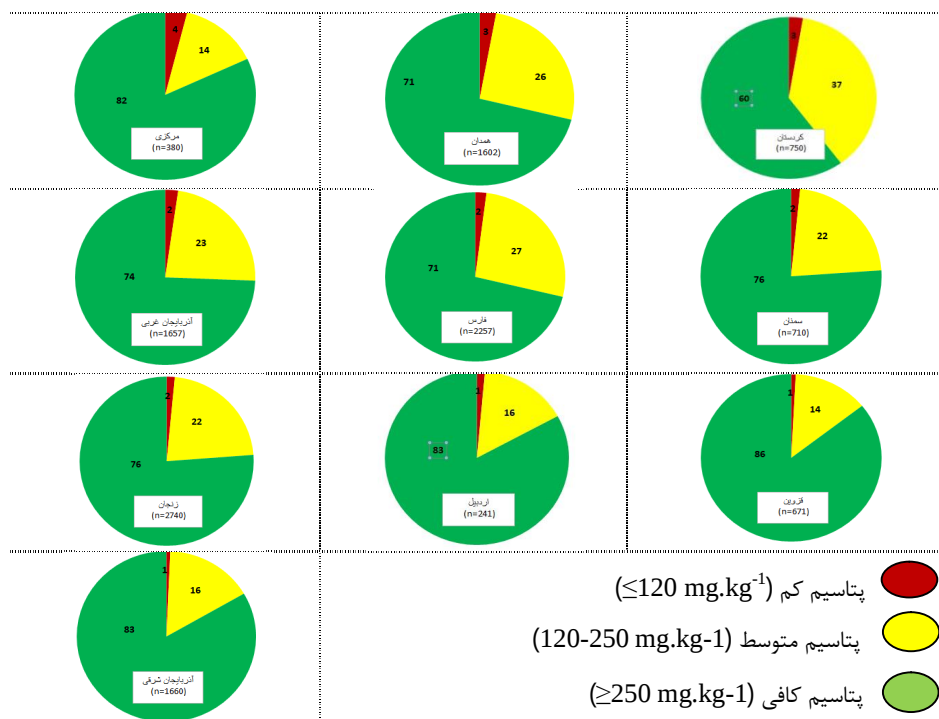
¹ - Agro Ecological Zone

3 ضرورت کاربرد کلرید پتاسیم در رفع نیاز پتاسیمی در برخی از محصولات زراعی ایران



شکل 1- توزیع کمبود پتاسیم در مناطق مختلف زراعی -زیستگاهی





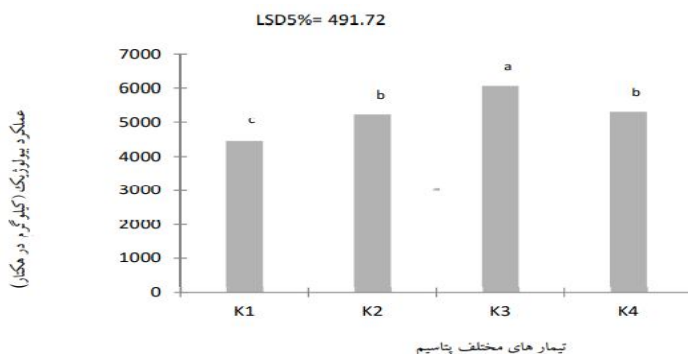
شکل 2 - توزیع درصد اراضی کشاورزی براساس مقدار پتاسیم قابل استفاده (مشیری و همکاران، 1401)

3- وضعیت پتاسیم در محصولات زراعی ایران

تحقیقات منطقه‌ای مختلفی نشان داده است که در برخی از گیاهان زراعی، کمبود پتاسیم موجب کاهش عملکرد شده و مصرف کودهای پتاسیمی باید در تقدم قرار بگیرد. نتایج بررسی 99 مزرعه گندم در استان فارس (طهرانی و زاهدی فرد، 1400)، 60 مزرعه کلزا در استان البرز و مرکزی (نورقلی پور، 1400) و 22 مزرعه سیب زمینی در خراسان رضوی به روش انحراف از درصد بهینه² (مطلبی فرد، 1400) نشان داد که در اغلب این مزارع کمبود پتاسیم وجود دارد و در این مزارع باید پتاسیم مصرف شود. داشادی (1399) با انجام آزمایشی تاثیر محلول پاشی کود کلرید پتاسیم را در افزایش عملکرد گندم در

² - Deviation from the optimum percentage (DOP)

خاکی با مقدار پتاسیم قابل استفاده اولیه 368 میلی گرم بر کیلوگرم و غیرشور (شوری 1/21 دسی زیمنس بر متر) مورد بررسی کرد. پتاسیم در چهار سطح شامل K_1 : بدون مصرف پتاسیم، K_2 : محلول پاشی کلرورپتاسیم با غلظت 1 درصد در پایان مرحله ساقه رفتن (مرحله 39 از جدول زادوکس)، K_3 : محلول پاشی کود محلول پتاسیم به میزان یک لیتر در هکتار در پایان مرحله ساقه رفتن و K_4 : مصرف خاکی و قبل از کشت 50 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بودند. کود محلول پتاسیم مصرف شده دارای اسیدهای آمینه آزاد (برای تولید آنزیم‌های ضد تنش) و مقدار کافی پتاسیم (برای نقش کوآنزیمی) وجود داشت که گیاه را در برابر انواع تنش‌های محیطی مقاوم می‌سازد. از آنجایی که نقش مهم پتاسیم در فعال سازی آنزیم‌های گیاهی می باشد، وجود همزمان اسیدهای آمینه و پتاسیم در این ترکیب، ساخت آنزیم و فعال سازی آنها را سریع تر می‌سازد. همانطوریکه در شکل 3 مشاهده می‌شود، محلول پاشی کلرید پتاسیم موجب افزایش معنی دار عملکرد زیستی گندم نسبت به تیمار شاهد گردیده و با مصرف 50 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم برابری می‌کند.



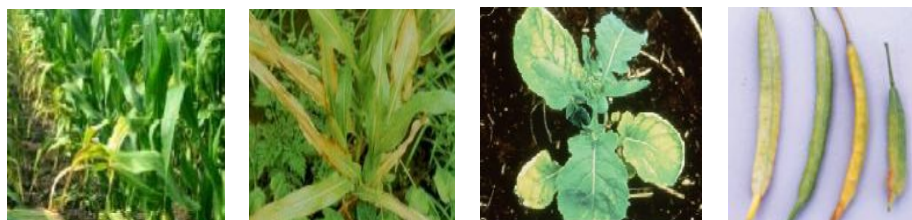
شکل 3- تاثیر تیمارهای مختلف پتاسیم بر عملکرد بیولوژیک گندم

پتاسیم، یک عنصر بسیار متحرک در گیاه است و از بافت مسن تر به بافت جوان منتقل می‌شود. در نتیجه، علائم کمبود پتاسیم معمولاً ابتدا در برگ‌های پایینی گیاه رخ داده و با افزایش شدت کمبود، به سمت برگ‌های بالا و جوان تر پیش می‌رود. بدین ترتیب، نشانه‌های کمبود پتاسیم در گیاهان، همیشه در برگ‌های پیر ظاهر می‌گردد. در شرایط کمبود پتاسیم، زرد شدن و نکروزه (مرگ بافت برگ) شدن نوک و حاشیه

برگ‌های پیر مشاهده می‌شود، در نتیجه گسترش این بافت نکروزه، بافت سبز رنگی به شکل پیکان در قاعده تا مرکز برگ باقی می‌ماند. در شرایط کمبود شدید پتاسیم، این علائم به برگ‌های جوان نیز منتقل می‌گردد. گیاهانی که به کمبود شدید پتاسیم مبتلا می‌شوند، ظاهری مشابه گیاهان دچار تنش خشکی را پیدا می‌کنند. تا جای ممکن باید سعی کرد گیاه کمبود پتاسیم را تجربه نکند. زیرا، در این مرحله حتی بعد از رفع علائم کمبود، زارع با کاهش 10 تا 15 درصدی عملکرد روبرو خواهد شد. در شکل (4) علائم کمبود پتاسیم در برخی از محصولات زراعی نشان داده شده است.



گندم و جو



ذرت

کلزا

شکل 4- علائم کمبود پتاسیم در برخی از گیاهان زراعی

4- بروز تنش‌های محیطی و نیاز بیشتر به مصرف پتاسیم

امروزه، تنش‌های وارده بر گیاهان به عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد محصولات کشاورزی شناخته می‌شود. تنش‌های مذکور، به تمامی عوامل آسیب‌رسان به

گیاه که منجر به نابودی گیاه می‌شود، اطلاق می‌شود. به طور کلی، به توقف ناگهانی در رشد گیاه که از سوی محیط و یا موجودات زنده در گیاه ایجاد گردد، تنش گیاهی می‌گویند. در دسته بندی جدید، تنش گیاهی به دو دسته تقسیم می‌شود:

1- تنش غیرمحیطی (زنده): به مواردی از تنش می‌گویند که از طرف موجودات زنده نظیر آفات و بیماری‌ها به گیاه وارد می‌شود.

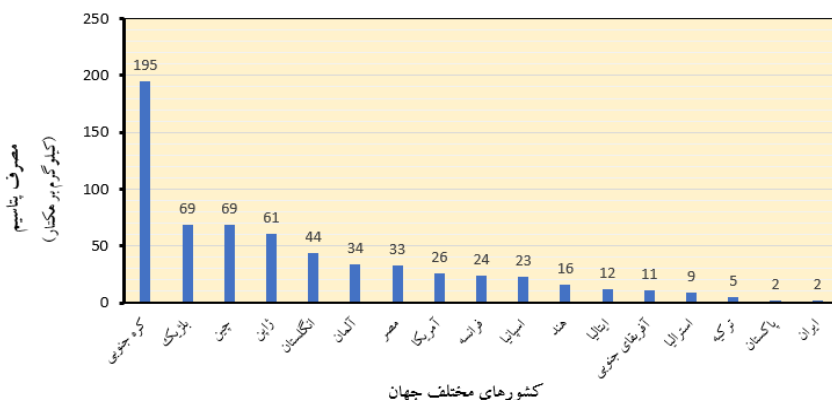
2- تنش محیطی (غیرزنده): این تنش از سوی یک یا مجموعه‌ای از عوامل محیطی غیرزنده نظیر سرما و یخ‌زدگی، شوری و خشکی به گیاه خسارت وارد می‌کند.

تنش خشکی زمانی ایجاد می‌شود که خاک رطوبت کافی برای رفع نیاز رطوبتی گیاهان وجود نداشته باشد. از نشانه‌های اصلی خشکی گیاه، می‌توان به عدم رشد متناسب قسمت اندام هوایی نسبت به ریشه اشاره کرد که معمولاً در کوچک شدن برگ‌ها خود را نشان می‌دهد. در واقع، خشکی زمانی ایجاد می‌شود که تعرق گیاه از میزان رطوبتی که می‌تواند از خاک دریافت کند، بیشتر شود. معمولاً، خشکی در اقلیم‌هایی ایجاد می‌شود که بارش سالیانه آنها کمتر از 500 میلی‌متر باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که تنش خشکی فقط براساس کاهش بارندگی نیست. بعضی اوقات، به دلیل شوری و سرمای زیاد خاک، گیاه نمی‌تواند رطوبت کافی جذب نماید. با توجه به کمبود طولانی مدت مقدار بارندگی در کشور، این تنش، از عوامل محدود کننده رشد گیاهان به حساب می‌آید. علاوه بر خشکی، شوری خاک نیز یکی دیگر از عوامل موثر در کاهش عملکرد گیاهان به حساب می‌آید (مومنی، 1389).

از جمله اثرات مهم پتاسیم در گیاهان زراعی، نقش آن در کاهش اثرات تنش شوری و خشکی است. در شرایط غیرشور، نیتрат جذب شده توسط ریشه‌ها توسط پتاسیم به اندام هوایی منتقل و در آنجا احیا و تبدیل به پروتئین می‌شود. بدنبال آن، به واسطه فعالیت‌های متابولیسمی در اندام هوایی، سیترولین مالات تولید می‌شود. سیترولین مالات تولید شده توسط پتاسیم از اندام هوایی به ریشه منتقل شده و با اکسید شدن، برای ریشه انرژی تولید می‌کند. تحت شرایط شوری و سدیم زیاد در محلول خاک، سدیم به جای پتاسیم عملکرد و نیترات را به اندام هوایی منتقل می‌کند. ولی سدیم برخلاف پتاسیم، قابلیت انتقال مجدد مالات را از اندام هوایی به ریشه ندارد. این موضوع باعث رشد کم

ریشه در شرایط شور می‌شود که با مصرف پتاسیم، می‌توان بر این مشکل چیره شد. افزون‌بر این، عرضه پتاسیم کافی به گیاهان، موجب افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های دیگر همچون آفات و بیماری‌ها، سرما و خشکی می‌شود (گنجه‌ای، 1389).

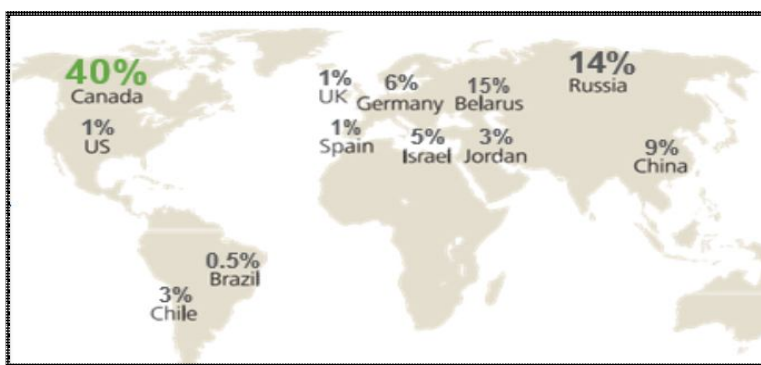
در تحقیقات داخلی و خارجی متعددی به اثرات مثبت استفاده از کلرید پتاسیم در کاهش اثرات تنش‌های محیطی اشاره شده است. لازم به ذکر است که اثربخشی کاربرد پتاسیم در خاک‌هایی با پتاسیم بالاتر از سطح بحرانی کاهش می‌یابد. در این خصوص گنجه‌ای (1389) اثر سطوح مختلف کلرید پتاسیم شامل مقادیر صفر، 60، 90، 120 و 150 کیلوگرم در هکتار K_2O را در افزایش عملکرد و تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های مختلف گندم دوروم را در خاک غیرشور خراسان رضوی بررسی کرد. مصرف تمامی کودهای پتاسیمی به روش مصرف خاکی و قبل از کاشت انجام گرفته بود. نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد کلرید پتاسیم تأثیری در افزایش عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف گندم نداشت. ایشان دلیل این نتیجه را به مقدار بالای پتاسیم قابل استفاده خاک (225 میلی گرم بر کیلوگرم) گزارش کردند. بدین ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت که در منطقه مورد مطالعه غلظت پتاسیم 225 میلی گرم بر کیلوگرم می‌تواند نیاز پتاسیمی گندم را تامین نماید. در شکل (5) مقدار مصرف پتاسیم با کشورهای مختلف مقایسه شده است. همانطوریکه مشاهده می‌شود مقدار مصرف پتاسیم در ایران نسبت به دیگر کشورها بسیار کم است.



شکل 5- مقایسه میزان مصرف پتاسیم در کشورهای مختلف (کیلوگرم بر هکتار)
(International Fertilizer Association, 2021)

5- ذخایر مهم پتاسیم در جهان و ایران و معرفی انواع کودها

سرچشمه ذخایر کودهای «پتاسیم» از ذخیره‌گاه‌های معدنی می‌باشد و چنین ذخایری در بسیاری از کشورها در دسترس نیست. ذخیره‌گاه پتاسیم به صورت عمده به دو بخش سنگی و شورابه‌های قابل تفکیک هستند که هرکدام به لحاظ شرایط زمین‌شناسی، به بخش‌های دیگری قابل تفکیک و طبقه‌بندی هستند. استخراج پتاسیم سنگی به صورت زیرزمینی بوده و مناسبترین عمق استخراج، 700 متر می‌باشد و تا عمق 1300 متر نیز استخراج انجام می‌شود (احمدزاده هروی، 1383). ذخایر شورابه‌ها در دریاچه‌ها و دریاچه‌های خشک شده قابل رویت هستند. دوسوم کل ذخایر پتاسیم تنها توسط سه کشور «کانادا، روسیه و بلاروس» تامین می‌شود. به عبارت بهتر، کانادا تقریباً یک سوم از عرضه جهانی پتاسیم را تولید می‌کند، در حالی که روسیه و بلاروس مجموعاً یک‌سوم دیگر را تولید می‌کنند (اردبیلی، 1398). بدین ترتیب، تقریباً هر کشوری وابسته است که کودهای خود را از معدود کشورهای دارای کود تهیه کند. در شکل (6) پراکندگی منابع پتاسیم در جهان نشان داده شده است.



شکل 6- پراکندگی منابع پتاسیم در جهان (اردبیلی، 1398)

در این میان، ایران یکی از 10 کشور برتر از جنبه ذخایر پتاسیم در جهان بوده و سهم 2/3 درصدی را در تولید پتاسیم در جهان به خود اختصاص داده است. به گونه‌ای که، بیش از 550 میلیون تن ذخیره پتاسیم به‌صورت شورآبه یا املاح و حدود 4 میلیون

تن ذخیره پتاس سنگی در کشور وجود دارد. ذخایر پتاس در استان‌های هرمزگان، زنجان، آذربایجان شرقی، سمنان و خراسان رضوی کشف شده و در حال حاضر سه معدن پتاسیم در کشور به نام‌های سیالک و راهراک واقع در گرمسار و ملحه واقع در سمنان وجود دارند که دو معدن راهراک و ملحه فعال هستند. با این وجود، سالانه مقادیر قابل توجهی از کودهای پتاسیمی به کشور وارد شده و ارزیابی زیادی را به کشور تحمیل می‌نماید. در جدول (1) مقدار واردات کودهای پتاسیمی در طول سال‌های 1398 تا 1400 نشان داده شده است. در سال 1400، حدود 38 درصد کل کودهای وارداتی به کودهای پتاسیمی اختصاص داشت. در این سال، 85734/22 تن کود پتاسیمی به ارزش 38898/76 هزار دلار وارد شده است که سهم هریک از کودهای کلرید پتاسیم و سولفات پتاسیم به ترتیب، 75392/6 و 10309/56 هزار تن بودند.

جدول 1- مقدار کودهای پتاسیمی وارداتی به کشور در طول سال‌های 1398-1400
(آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی سال‌های 1398-1400)

1400		1399		1398		نوع کود
ارزش (هزار دلار)	وزن (تن)	ارزش (هزار دلار)	وزن (تن)	ارزش (هزار دلار)	وزن (تن)	
800782	10309/56	31056/42	54143/28	73458/67	11581/14	سولفات پتاسیم
3082192	75392/6	24739/2	64864/55	20473/97	55078/76	کلرید پتاسیم
38898/76	85734/22	56145/65	119101/09	94714/66	171319/81	جمع کودهای پتاسه
169611/57	223602/3	154581/99	253819/38	300737/78	539621/5	کل کودهای شیمیایی و آلی
-	%38	-	%47	-	%32	واردات کودهای پتاسیمی نسبت به واردات کل کودها

انواع کودهای پتاسیمی موجود در بازار به شکل مستقیم و غیرمستقیم از ذخایر و معادن پتاسیمی به شرح زیر تهیه و عرضه می‌شوند (اردبیلی، 1398):

کلرید پتاسیم: کلرید پتاسیم نوعی نمک است که از ترکیب فلز پتاسیم و هالوژن کلر به وجود می‌آید. در فرآیند تولید کلرید پتاسیم، سنگ معدن مورد نظر در فرآیند تغلیظ و فرآوری قرار می‌گیرد تا ناخالصی‌ها جدا شده و کلرید پتاسیم به عنوان محصول نهایی به دست آید.

سولفات پتاسیم: سولفات پتاسیم حاصل ترکیب اسیدسولفوریک بر کلرید پتاسیم است و حاوی حدوداً 42 درصد پتاسیم است. برای گیاهان حساس به کلر، روش کود دهی با سولفات پتاسیم توصیه می‌گردد.

سولفات پتاسیم محلول در آب: با کاهش اندازه سولفات پتاسیم و افزایش حلالیت آن کود سولفات پتاسیم محلول در آب بدست می‌آید. این کود 100 درصد در آب محلول است و قابلیت انحلال بسیار زیاد این کود، امکان محلول‌پاشی آن روی شاخ و برگ گیاهان را به خوبی فراهم می‌کند. به علاوه، اندازه بسیار ریز ذرات، مانع از ایجاد رسوب در سمپاش و سیستم‌های آبیاری شده و استفاده از آن را بدون مشکل می‌کند. **سولفات پتاسیم محلول در آب** را علاوه بر مصرف برگری، از طریق آب آبیاری و کاربرد در خاک نیز می‌توان مصرف کرد. همچنین، این کود را می‌توان برای تامین پتاسیم و گوگرد در کشت‌های هیدروپونیک به کاربرد.

نیتрат پتاسیم: نیترات پتاسیم حاصل ترکیب کلرید پتاسیم و اسید نیتریک می‌باشد. نیترات پتاسیم با داشتن 38 درصد پتاسیم و 14 درصد نیتروژن، یکی از ترکیبات کودهای پتاسه است. نیترات پتاسیم دارای مزایایی از جمله عدم فرار بودن و امکان مصرف مستقیم بر روی سطح خاک و بدون پوشش، مناسب برای محصولات حساس به کلر (نیتروژن نیترات موجود در نیترات پتاسیم مانع از جذب کلر در خاک می‌شود) و جمع نشدن نمک در خاک در اثر مصرف است. عیب عمده آن قیمت آن است که حتی از سولفات پتاسیم هم گران‌تر است.

6- تامین و توزیع کلرید پتاسیم در کشور بر اساس برآورد نیاز

کودهای نیازمند محصولات زراعی هر ساله به سفارش معاونت‌های محترم زراعت وزارت جهاد کشاورزی، توسط موسسه تحقیقات خاک و آب برآورد می‌شود. تخمین کودهای پتاسیمی مورد نیاز بر اساس کمبود این عنصر در 37 درصد از خاک‌های کشاورزی کشور و همچنین نیاز پتاسیمی محصولات زراعی در مراحل مختلف رشد انجام می‌شود. میزان کود کلرید پتاسیم برآورد شده به نسبت 40 درصد از کودهای پتاسیمی مورد نیاز است. بر این اساس برای سال زراعی 1400-1401، مقدار 149075 تن کلرید پتاسیم و توزیع استانی آن برآورد شده است (جدول 2). بر مبنای این جدول، در 10 سال اخیر، مقدار تامین و توزیع همواره نیمی از مقدار کودهای برآورد شده (به ویژه کودهای فسفوری و پتاسیمی) بوده که ادامه این روند منجر به بیلان منفی این عناصر در خاک، ناپایداری حاصلخیزی خاک و کاهش تولید محصولات منجر خواهد شد. از طرفی، افزایش بروز ناهنجاری‌های اقلیمی (تنش خشکی، شوری و دمایی) در سال‌های اخیر، اهمیت ضرورت مصرف کودهای پتاسیمی را بیش از پیش بیان می‌کند. از این رو، ضروری است تامین و توزیع کودها بر اساس برآورد اعلامی در برنامه وزارت جهاد کشاورزی در نظر گرفته شود. از سوی دیگر برای دستیابی به حداکثر اثربخشی از مصرف کودها، به ویژه کود کلرید پتاسیم، توزیع آنها بر اساس شرایط خاکی و اقلیمی در هر منطقه انجام شود.

جدول 2- برآورد کود کلرید پتاسیم مورد نیاز (تن) استان‌های مختلف کشور در سال 1400-1401 (مشیری و همکاران، 1401)

ردیف	نام استان	محصولات زراعی	محصولات باغی	جمع
1	آذربایجان شرقی	2265	388	2653
2	آذربایجان غربی	2039	347	2386
3	اردبیل	909	47	956
4	اصفهان	4317	415	4732
5	البرز	2423	36	2459
6	ایلام	3226	1504	4730
7	بوشهر	460	120	580
8	تهران	1176	110	1286

ادامه جدول 2- برآورد کود کلرید پتاسیم مورد نیاز (تن) استان‌های مختلف کشور در سال 1401-1400 (مشیری و همکاران، 1401)

ردیف	نام استان	محصولات زراعی	محصولات باغی	جمع
9	جنوب کرمان	980	236	1216
10	چهار محال و بختیاری	745	286	1031
11	خراسان جنوبی	5492	2283	7775
12	خراسان رضوی	1619	133	1752
13	خراسان شمالی	28333	959	29292
14	خوزستان	564	142	706
15	زنجان	748	409	1157
16	سمنان	2122	764	2886
17	سیستان و بلوچستان	5233	876	6109
18	فارس	539	61	600
19	قزوین	523	51	574
20	قم	2066	127	2193
21	کردستان	2930	3036	5966
22	کرمان	3611	163	3774
23	کرمانشاه	944	204	1148
24	کهگیلویه و بویراحمد	12930	150	13080
25	گلستان	18224	893	19117
26	گیلان	2423	154	2577
27	لرستان	13006	434	13440
28	مازندران	2000	343	2343
29	مرکزی	3115	798	3913
30	هرمزگان	2591	245	2836
31	همدان	866	1453	2319
32	یزد	3518	748	4266
	جمع	131161	17914	149075

7- مشخصات و مزایای کود کلرید پتاسیم

کلرید پتاسیم یکی از کودهای حاوی مقدار زیادی پتاسیم است. این کود یک نمک شیمیایی به صورت کریستال‌های سفید رنگ می‌باشد که به راحتی و به مقدار زیاد در آب قابل حل شدن است (شکل 7). این کود بهترین جایگزین برای کود سولفات پتاسیم می‌باشد چراکه با انحلال این کود در آب، به یون قابل جذب برای گیاهان تبدیل شده و

بیشترین پتاسیم نیازمند گیاه را تامین می‌نماید. در جدول (3) به برخی از ویژگی‌های شیمیایی این کود اشاره شده است.



شکل 7- تصاویری از کودهای کلرید پتاسیم مصرفی در ایران

جدول 3- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کود کلرید پتاسیم

فرمول شیمیایی	شکل ظاهری	pH	درصد پتاسیم (K ₂ O)	شاخص نمک	وزن مخصوص (g.mol ⁻¹)	چگالی (g. cm ³)	دمای ذوب (°C)	دمای جوش (°C)	انحلال در آب (g.lit ⁻¹)
KCl	جامد کریستالی	تقریباً 7	60	116	74/55	1/984	770	1/420	540-277

مطالعات انجام شده، نشان داده است برای تامین پتاسیم، در برخی محصولات برتری بین دو منبع سولفات پتاسیم و کلرید پتاسیم نسبت به یکدیگر وجود ندارد. سلیم‌پور (1375) با انجام آزمایشی در دزفول اثربخشی منابع مختلف کودهای پتاسیمی (کلرید پتاسیم و سولفات پتاسیم) را بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند مقایسه کرد. نتایج بدست آمده نشان داد که منابع مختلف کودهای پتاسیمی، تفاوت معنی‌داری در عملکرد کمی و کیفی چغندر قند به وجود نمی‌آورند. در این تحقیق، با مصرف کلرید پتاسیم و سولفات پتاسیم به مقدار 300 کیلوگرم در هکتار، به ترتیب عملکرد ریشه 60/8 و 57/5 تن در هکتار بدست آمد که به لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار نبود. درصد قند در هر دو تیمار 16/5 بود. مهراندیش و همکاران (1397) در تحقیق مشابهی نشان دادند که در گیاه چغندر قند، مصرف 100 کیلوگرم پتاسیم (K₂O) از منبع کلرید پتاسیم نسبت به سولفات

پتاسیم، عملکرد کمی و کیفی بیشتری را موجب می شود. ایشان دلیل برتری کلرید پتاسیم را نسبت به سولفات پتاسیم در نقش یون کلر در بارگیری و تخلیه قندها در آوند آبکش بیان کرده‌اند. در این خصوص، لازم به توضیح است که در کاربرد مقادیر زیاد کلرور پتاسیم (بیشتر از 500 کیلوگرم در هکتار که معمولاً در ایران این مقدار کود مصرف نمی‌شود) احتمال کاهش درصد قند چغندر قند وجود دارد (Yu-ying and Hong, 1997). در رابطه با محصول پنبه، تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد می‌توان از کود کلرور پتاسیم، برای افزایش عملکرد کمی و کیفی استفاده کرد. سیلسیپور (1391) با انجام آزمایش مزرعه‌ای، تاثیر منابع مختلف کودهای پتاسیمی (کلرید پتاسیم و سولفات پتاسیم) را بر خصوصیات کمی و کیفی پنبه رقم ورامین در خاکی با پتاسیم قابل استفاده 200 میلی‌گرم بر کیلوگرم بررسی کردند. نتایج نشان داد مصرف خاکی کلرید پتاسیم و سولفات پتاسیم به مقادیر 50 و 100 کیلوگرم در هکتار بر مبنای K_2O ، تاثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد کمی و کیفی (درصد، طول و استحکام الیاف) ندارند، اما مصرف سرک کلرید پتاسیم نسبت به شاهد و سولفات پتاسیم موجب افزایش معنی‌دار عملکرد کمی و کیفی پنبه شد.

بنابراین به غیر از برخی محصولات حساس به یون کلر (تنباکو و سیب‌زمینی) مصرف این کود بلامانع است. این کود نسبت به دیگر کودها و به ویژه سولفات پتاسیم دارای مزایای زیر می‌باشد:

- کلرید پتاسیم به خوبی در آب حل شده و با آبیاری زمین‌های کشاورزی به ترکیبات محلول تبدیل می‌شود. حلالیت سولفات پتاسیم تقریباً یک‌سوم کود کلرید پتاسیم است.
- کاربرد کود کلرید پتاسیم به دلیل محتوای پتاس (K_2O) زیاد (60 درصد) و قیمت ارزان‌تر، نسبت به دیگر منابع کودی به ویژه سولفات پتاسیم، برتری اقتصادی دارد.
- درصد پتاس (K_2O) موجود در کلرید پتاسیم نسبت به سولفات پتاسیم، 10 درصد بیشتر است.
- به دلیل حلالیت زیاد کلرید پتاسیم، مصرف سرک و یا تقسیط آن با روش کود آبیاری راحت‌تر است.

• آنیون کلر با وجود محدودیت‌های مصرف، منافع زیادی نیز دارد، آنیون کلر در کلرید پتاسیم برای مبارزه با برخی بیماری‌های گیاهی نظیر بلاست و پاخوره در گیاهان استفاده می‌شود.

• کلرید پتاسیم به دلیل خاصیت قارچ کشی از اهمیت خاصی برخوردار است (ذبیحی و همکاران، 1386).

گفتنی است که سولفات پتاسیم نیز نسبت به کلرید پتاسیم از مزایایی همچون گرانبه بودن، شاخص شوری کمتر، به همراه داشتن عنصر غذایی گوگرد و امکان مصرف آن در تمام محصولات زراعی و باغی برخوردار است.

8- مصرف کلرید پتاسیم

8-1- مصرف کلرید پتاسیم در گیاهان زراعی حساس به کلر: مصرف کلرور

پتاسیم در برخی گیاهان، به دلیل احتمال مسمومیت ناشی از فراوانی کلر، مناسب نیست. در محصولات حساس به کلر مانند توتون، چغندر قند، نیشکر، هندوانه، انگور، سیب‌زمینی و کف برای جلوگیری از "آسیب کلر" از جمله کاهش قند در انگور، کاهش مقدار آب سیب‌زمینی، کاهش اشتعال توتون سیگار و غیره از مصرف آن خودداری شود.

8-2- مصرف کلرید پتاسیم در خاک‌های شور: با توجه به اینکه بخش گسترده‌ای

از اراضی کشاورزی ایران به دلیل شرایط خاص آب و هوایی، طبیعت مواد مادری و کیفیت نامناسب آب آبیاری، شور بوده و یا روند آنها به سمت شور شدن هرچه بیشتر است، می‌بایست زارعین ضمن آشنایی با مفاهیم مرتبط با خاک‌های شور، از امکان مصرف کلرید پتاسیم آگاهی یابند.

شوری خاک: شوری خاک به مجموع نمک‌های محلول در عصاره اشباع خاک اطلاق

می‌شود. واحد شوری خاک دسی‌زیمنس بر متر (dS.m^{-1}) است. به خاکی که میزان قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) آن به اندازه‌ای باشد که رشد و عملکرد گیاه را تحت تاثیر قرار دهد، خاک شور گفته می‌شود. به عنوان قرارداد، هنگامی که میزان قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاکی بیشتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر در 25 درجه

سانتی گراد و درصد سدیم تبدلی کمتر از 15 باشد، به آن، خاک شور گفته می شود. در خاک های شور، بهتر است کودهایی با شاخص نمک کمتر استفاده شود.

شاخص نمک: شاخص نمک (Salt index) شاخصی است که اثر کودها را بر مقدار پتانسیل اسمزی خاک بیان می کند. این شاخص، افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از یک کود شیمیایی را به مقدار هم وزن نیتрат سدیم نشان می دهد. در جدول (4) شاخص نمک کودهای رایج نشان داده شده است. همانگونه که در این جدول مشخص شده، شاخص نمک کلرید پتاسیم (114/3) نسبت به سولفات پتاسیم (46/1) و نیترات پتاسیم (73/6) و کودهای فسفاتی و نیتروژنی بیشتر است. بیشتر بودن این شاخص در کلرید پتاسیم مربوط به حلالیت زیاد این نمکها و تاثیری است که بر افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک می گذارد.

جدول 4- شاخص نمک در کودهای پتاسیمی و مقایسه آن با سایر کودهای رایج

نوع کود	درصد خلوص*	شاخص نمکی	نوع کود	درصد خلوص	شاخص نمکی	نوع کود	درصد خلوص	شاخص نمکی
کلرید پتاسیم	63/2	114/3	اوره	64/4	75/4	سوپر فسفات ساده	16	7/8
نیترات پتاسیم	46/6	73/6	سولفات آمونیوم	82/2	47/1	مونو فسفات آمونیوم	61/7	29/9
سولفات پتاسیم	54/0	4/1	نیترات آمونیوم	35/0	104/7	دی فسفات آمونیوم	53/8	34/2

* درصد خلوص: مقدار ماده خالص در هر 100 گرم از ماده ناخالص

به طور کلی، آثار مفید و مثبت پتاسیم در شرایط شور، از دیدگاه افزایش تحمل و یا مقاومت گیاه به تنش شوری و خشکی و کاهش اثرات سو ناشی از افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در گیاه مشخص شده است. آنچه در این میان مهم است مقدار و نوع کودهای پتاسیمی در شرایط شور نسبت به غیر شور است. مصرف این کود اگر بر مبنای دستورالعمل های فنی موسسه تحقیقات خاک و آب (غیبی و ملکوتی، 1383 مشیری و

همکاران، 1393 و نورقلی‌پور و همکاران، 1393) در مزارع کشور انجام شود، موجب افزایش شوری خاک نمی‌گردد. در این خصوص، ذبیحی و همکاران (1386) با انجام تحقیقی اثر مقادیر و منابع مختلف پتاسیم بر سطح شوری خاک را در یک خاک شور بررسی کردند. در این تحقیق، اثر مقادیر مختلف کود سولفات پتاسیم و کلریدپتاسیم (100، 200، 300 کیلوگرم در هکتار) به صورت مصرف یکباره و کلریدپتاسیم (100، 200، 300 کیلوگرم در هکتار) به صورت مصرف تقسیط در کشت پنبه بر شوری خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر عملکرد و شوری خاک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. شوری خاک در این آزمایش، بیشتر تحت تاثیر آبیاری (قطع آبیاری در موقع برداشت) و درجه حرارت هوا قرار گرفت که در مهرماه به بیشترین مقدار خود رسیده بود.

در دستورالعمل‌های مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در سال 1393 که برای 8 محصول زراعی و 10 محصول باغی مهم و در قالب برنامه جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه موسسه تحقیقات خاک و آب منتشر گردیده به ضرورت مصرف کود کلرید پتاسیم اشاره شده است. در خاک‌های شور بهتر است موارد زیر در کوددهی رعایت شود:

- در شرایط شور، اگر زمین کشاورزی مشکل زه‌کشی، کیفیت آب آبیاری (میزان کلر آب کمتر از 150 میلی گرم در لیتر باید باشد) و حساسیت گیاه به شوری وجود نداشته باشد، تا شوری 10 دسی‌زیمنس بر متر، می‌توان کلریدپتاسیم بکار برد. در غیر این صورت بهتر است از سولفات پتاسیم استفاده کرد.

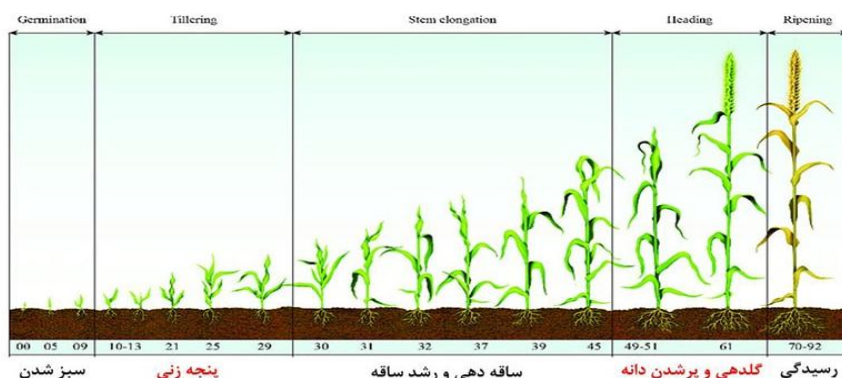
- مصرف پتاسیم از منبع کودی سولفات پتاسیم و یا کلرید پتاسیم، تا شوری 7 دسی‌زیمنس بر متر برابر مصرف غیرشور و در شوری 7 تا 13 دسی‌زیمنس بر متر به میزان 30 درصد بیشتر پتاسیم توصیه می‌شود.

- در شرایط شور، محلول‌پاشی پتاسیم به همراه نیتروژن به ویژه در مراحل میانی و انتهایی رشد سبب افزایش کارایی در اغلب محصولات زراعی می‌شود.

8-3- مصرف کلرید پتاسیم در محصولات زراعی عمده در شرایط غیر شور

8-3-1- گندم و جو

مقدار مصرف کود در گندم و جو می‌بایست براساس آزمایش خاک صورت گیرد. سطح بحرانی پتاسیم قابل استفاده در خاک برای این دو محصول 200 میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (مشیری و همکاران، 1393). به عبارت دیگر در صورتی که غلظت پتاسیم خاک کمتر از 200 میلی گرم در کیلوگرم باشد احتمال پاسخ به کاربرد کود افزایش می‌یابد و در غلظت‌های بیشتر از 200 میلی گرم در کیلوگرم به احتمال زیاد پاسخی از مصرف کود پتاسیمی در خاک مشاهده نمی‌شود. برای توصیه دقیق‌تر کودهای پتاسیمی در گندم و جو، آگاهی از مراحل رشد این گیاهان (شکل 8) و گروه‌بندی آزمون خاک برای پتاسیم قابل استفاده (جدول 5) لازم است.



شکل 8- مراحل رشد گندم و جو

جدول 5- گروه‌بندی پتاسیم قابل استفاده خاک برای کشت گندم و جو (مشیری و همکاران، 1393)

پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)				عنوان گروه
بیشتر از 200	150-200	100-150	کمتر از 100	
زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	
بدون پاسخ	کمتر از 50	50-75	75-100	احتمال پاسخ به مصرف کود (درصد)

میزان کاربرد کودهای پتاسیمی بسته به نوع و زمان مصرف متفاوت است. در جداول 6 تا 8 مقدار مصرف کلرید پتاسیم در خاک به روش پخش سطحی برای دستیابی به عملکردهای مورد انتظار در سطوح مختلف پتاسیم قابل استفاده و در جدول (9) خلاصه دستورالعمل مصرف سرک کود کلرید پتاسیم در گندم و جو آورده شده است. این جداول مبنای توصیه کود کلرید پتاسیم در استان‌های مختلف کشور است (بلالی و همکاران، 1379).

در استفاده از این جداول باید به موارد زیر توجه کرد.

- در صورت کاربرد به صورت نواری در زیر بذر مقادیر توصیه شده به نصف کاهش می‌یابد.
- کاربرد پتاسیم در خاک به صورت کود آبیاری، به ویژه برای دستیابی به عملکردهای بیشتر، حتی در شرایطی که پتاسیم در خاک کافی باشد توصیه می‌گردد.
- در مواردی که سیستم زراعی فشرده در مزرعه حاکم باشد و غلظت پتاسیم قابل استفاده خاک در محدوده 150 تا 200 میلی گرم بر کیلوگرم باشد، بهتر است با مصرف 170 کیلوگرم در هکتار کلرید پتاسیم، مقدار پتاسیم خاک در حد بیشتر قرار بگیرد. این راهکار، به استراتژی ذخیره پتاسیم در خاک معروف است.
- برای اثربخشی بیشتر، بهتر است همراه با کودهای پتاسیمی کود نیتروژنی نیز مصرف شود.
- زمینی که قرار است کوددهی شود بایستی کمی آبیاری شده باشد (حداقل تا پنج سانتی متر از سطح خاک).

جدول 6- توصیه مصرف کلرید پتاسیم برای گندم و جو در خاک‌هایی با دامنه 0-100 میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار) - (مشیری و همکاران، 1393)

عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)										اقلیم
3		4		5		6		≥7		
گندم	جو	گندم	جو	گندم	جو	گندم	جو	گندم	جو	
180	150	200	170	220	190	230	210	250	220	گرم و مرطوب
170	140	190	160	210	180	230	200	240	210	گرم و خشک
180	150	200	170	220	190	240	210	250	220	معتدل
190	160	210	180	230	200	250	220	260	230	سرد

جدول 7 - توصیه مصرف کلرید پتاسیم برای گندم و جو در خاک‌هایی با دامنه 100-150 میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار) - (مشیری و همکاران، 1393)

عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)										اقلیم
3		4		5		6		≥7		
گندم	جو	گندم	جو	گندم	جو	گندم	جو	گندم	جو	
120	90	140	110	160	130	180	150	200	170	گرم و مرطوب
130	100	150	120	170	140	190	160	210	180	گرم و خشک
120	90	140	110	160	130	180	150	200	170	معتدل
150	120	170	140	190	160	210	180	230	200	سرد

جدول 8 - توصیه مصرف کلرید پتاسیم برای گندم و جو در خاک‌هایی با دامنه 200-150 میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده (کیلوگرم در هکتار) - (مشیری و همکاران، 1393)

عملکرد پتانسیل (تن در هکتار)					اقلیم
3	4	5	6	≥7	
40	60	80	100	120	گرم و مرطوب
30	50	70	90	110	گرم و خشک
40	60	80	100	120	معتدل
50	70	90	110	130	سرد

جدول 9 - خلاصه دستورالعمل مصرف سرک کود کلرید پتاسیم در گندم و جو (مشیری و همکاران، 1393)

مرحله رشدی	نوع کود پتاسیمی	مقدار (کیلوگرم در هکتار)	چگونگی مصرف	اثرگذاری
قبل از سرمای زمستانه (قبل از پنجه)	کلرید پتاسیم پودری و گرانول	20-40	کود آبیاری ویا مصرف خاکی	تامین بخشی از پتاسیم مورد نیاز - کاهش خسارت سرما
پس از سرمای زمستانه (اواخر پنجه زنی)	کلرید پتاسیم پودری و گرانول	20-40	کود آبیاری ویا مصرف خاکی	تامین بخشی از پتاسیم مورد نیاز - کاهش خسارت سرما و خشکی
پس از سرمای زمستانه (اواسط ساقه)	کلرید پتاسیم پودری و گرانول	20-30	کود آبیاری ویا مصرف خاکی	تامین بخشی از پتاسیم مورد نیاز - کاهش خسارت سرما و خشکی
ظهور خوشه	کلرید پتاسیم پودری و گرانول	10-20	کود آبیاری ویا مصرف خاکی	تامین بخشی از پتاسیم مورد نیاز - کاهش خسارت سرما و خشکی و پر شدن دانه

گندم به‌طور کلی، به عنوان یک گیاه نیمه تحمل به شوری شناخته می‌شود. ولی، بسته به شرایط آزمایش، عوامل مختلف آب و هوایی، حاصلخیزی خاک و نوع رقم میزان آستانه تحمل به شوری متفاوتی برای آن گزارش شده است (جدول 10) (رنجبر، 1395). به طور کلی، مقاومت جو نسبت به گندم به تنش شوری بیشتر است.

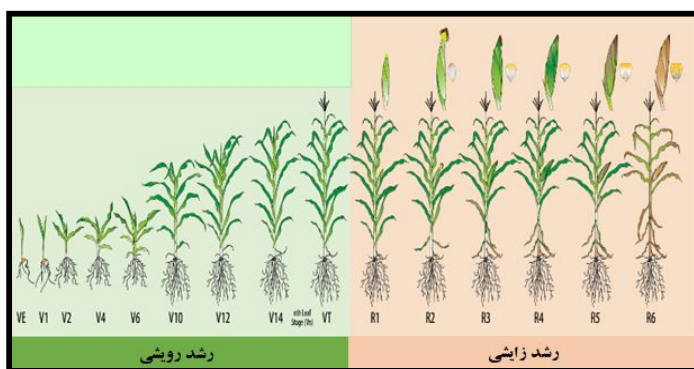
جدول 10- آستانه تحمل به شوری ارقام مختلف گندم در شرایط مختلف (عصاره اشباع خاک)

رقم	میزان آستانه (دسی‌زیمنس بر متر)	شیب کاهش عملکرد × (درصد)
رقم قد بلند آمریکایی	6/00	7/1
رقم قد کوتاه آمریکایی	8/60	3/0
کیتوار، بیگار و فیلدر کانادایی	2/50	16/0-12/3
روشن، کویر و مرودشت ایرانی	5/08	4/7

X درصد کاهش عملکرد به ازای افزایش هر واحد شوری بیشتر از میزان آستانه

2-3-8- ذرت

برای توصیه دقیق‌تر کودهای شیمیایی از جمله پتاسیم در ذرت، آگاهی از مراحل رشد این گیاهان ضروریست که در شکل 9 نشان داده شده است.



شکل 9- مراحل نمو ذرت

نوع کود پتاسیمی: در خاک‌هایی با شوری بیش از 1/7 دسی‌زیمنس بر متر از مصرف کلرید پتاسیم اجتناب و به جای آن سولفات پتاسیم مصرف گردد. با توجه به نقش

فیزیولوژیکی پتاسیم در برداشتن اثر تنش‌های محیطی برای گیاه، توصیه می‌شود در مناطقی که با اینگونه تنش‌ها روبرو هستند و همچنین در مراحل حساس رشد، که گیاه نیاز پتاسیمی زیادی دارد (لقاح و پرشدن دانه‌ها) از کودهای محلول در آب با درصد بالای پتاسیم به میزان 7 کیلوگرم در هکتار استفاده گردد.

مقدار و زمان مصرف کودهای پتاسیمی: در جداول 11، 13 و 12 در اقلیم‌های مختلف، مقادیر مصرف کلرید پتاسیم بسته به پتانسیل تولید و مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک برآورد شده است. پتاسیم در مراحل اولیه رشد به سرعت از خاک جذب شده و مقدار آن در گیاه ذرت در طول دوره گلدهی به بیشترین مقدار در واحد سطح می‌رسد. بیشترین مقدار پتاسیم موجود در ماده خشک گیاهی در هنگام گلدهی برای عملکرد مطلوب، 2/5 درصد است و در مرحله بلوغ مقدار کل ماده خشک گیاهی شامل یک درصد پتاسیم خواهد بود. روند جذب پتاسیم گیاه در اواخر مراحل رشد، کاهشی است. پتاسیم برخلاف نیتروژن و فسفر بیشتر در ساقه گیاه ذخیره می‌شود. بیشترین میزان پتاسیم قابل استفاده گیاه در ساقه در مرحله به کاکل رفتن اتفاق می‌افتد. پتاسیم نیز مانند فسفر و نیتروژن در مراحل رشد رویشی گیاه افزایش داشته و پس از مرحله 10 برگی تا انتهای مراحل رشد (رسیدن فیزیولوژیکی) دارای کاهش تدریجی است. برخلاف روند جذب فسفر و نیتروژن در برگ، برای پتاسیم، کاهش چشمگیر میزان جذب پس از مرحله به کاکل رفتن تا رسیدن دیده نمی‌شود. هنگام افزایش روند جذب پتاسیم در بلال، شاهد کاهش جذب پتاسیم در برگ بوده و در صورتیکه در ساقه مقدار جذب پتاسیم تا مرحله به کاکل رفتن همچنان افزایشی است و می‌توان چنین نتیجه گرفت که بیشتر پتاسیم جذب شده در بلال و دانه از طریق انتقال از برگ‌ها تأمین شده است. پتاسیم جذب شده در برگ علاوه بر تأمین پتاسیم بلال و دانه قابلیت تأمین پتاسیم لازم برای ساقه را نیز دارد. در مرحله رسیدن برخلاف نیتروژن و فسفر، تنها 22/5 درصد از پتاسیم گیاه در بخش بلال و دانه تجمع یافته است. بنابراین دانه ذرت در مرحله برداشت، حتی در عملکردهای بیشتر نیز پتاسیم کمی را از خاک خارج می‌نماید. تمام کود پتاسیمی قبل از کاشت مصرف و با دیسک زیر خاک قرار داده می‌شود. در صورتی که پتاسیم موجود در خاک برای رفع نیاز گیاه کافی نباشد و کود پتاسیمی نیز قبل از کاشت مصرف نشده باشد، مصرف سرک کلرید پتاسیم به شرط شور نبودن خاک در یک نوبت در مراحل اولیه رشد ذرت توصیه می‌گردد. به دلیل تحرک اندک پتاسیم در خاک

مصرف آن به روش نواری نزدیک به بذر بسیار مفید است. مصرف کود پتاسیمی همراه با بذر و مخلوط با آن، جوانه‌زنی و خروج گیاهچه از خاک را کاهش می‌دهد.

جدول 11- برآورد کلرید پتاسیم مورد نیاز ذرت دانه‌ای (کیلوگرم در هکتار) در اقلیم معتدل سرد و سواحل دریای خزر (غیبی و همکاران، 1393)

پتانسیل تولید (کیلوگرم در هکتار)						پتاسیم قابل استفاده
>11	11	10	9	8	7	mg/kg
300	280	265	250	235	220	≤100
290	270	255	240	225	210	110
280	260	245	230	215	200	120
270	250	235	220	205	190	130
260	240	225	210	195	180	140
250	230	215	200	185	170	150
240	220	205	190	175	160	160
230	210	195	180	165	150	170
220	200	185	170	155	140	180
210	190	175	160	145	130	190
200	180	165	150	135	120	200
190	170	155	140	125	110	210
180	160	145	130	115	100	220
170	150	135	120	105	90	230
160	140	125	110	95	80	240
150	130	115	100	85	70	250
140	120	105	90	75	60	260
130	110	95	80	65	50	270
120	100	85	70	55	40	280
110	90	75	60	45	0	290
100	80	65	50	0	0	300
90	70	55	40	0	0	310
80	60	45	0	0	0	320
70	50	0	0	0	0	330
60	40	0	0	0	0	340
50	0	0	0	0	0	350
0	0	0	0	0	0	350<

جدول 12- برآورد کلرید پتاسیم مورد نیاز ذرت دانه‌ای (کیلوگرم در هکتار) در اقلیم سرد (غیبی و همکاران، 1393)

پتانسیل تولید (کیلوگرم در هکتار)						پتاسیم قابل استفاده
>11	11	10	9	8	7	mg/kg
290	270	255	240	225	210	≤100
300	280	265	250	235	220	110
290	270	255	240	225	210	120
280	260	245	230	215	200	130
270	250	235	220	205	190	140
260	240	225	210	195	180	150
250	230	215	200	185	170	160
240	220	205	190	175	160	170
230	210	195	180	165	150	180
220	200	185	170	155	140	190
210	190	175	160	145	130	200
200	180	165	150	135	120	210
190	170	155	140	125	110	220
180	160	145	130	115	100	230
170	150	135	120	105	90	240
160	140	125	110	95	80	250
150	130	115	100	85	70	260
140	120	105	90	75	60	270
130	110	95	80	65	50	280
120	100	85	70	55	40	290
110	90	75	60	45	0	300
100	80	65	50	0	0	310
90	70	55	40	0	0	320
80	60	45	0	0	0	330
70	50	0	0	0	0	340
60	40	0	0	0	0	350
.	0	0	0	0	0	350<

جدول 13- برآورد کلرید پتاسیم مورد نیاز ذرت دانه‌ای (کیلوگرم در هکتار) در اقلیم معتدل گرم (غیبی و همکاران، 1393)

پتانسیل تولید (کیلوگرم در هکتار)						پتاسیم قابل استفاده
>11	11	10	9	8	7	mg/kg
290	270	255	240	225	210	≤100
280	260	245	230	215	200	110
270	250	235	220	205	190	120
260	240	225	210	195	180	130
250	230	215	200	185	170	140
240	220	205	190	175	160	150
230	210	195	180	165	150	160
220	200	185	170	155	140	170
210	190	175	160	145	130	180
200	180	165	150	135	120	190
190	170	155	140	125	110	200
180	160	145	130	115	100	210
170	150	135	120	105	90	220
160	140	125	110	95	80	230
150	130	115	100	85	70	240
140	120	105	90	75	60	250
130	110	95	80	65	50	260
120	100	85	70	55	40	270
110	90	75	60	45	0	280
100	80	65	50	0	0	290
90	70	55	40	0	0	300
80	60	45	0	0	0	310
70	50	0	0	0	0	320
60	40	0	0	0	0	330
50	0	0	0	0	0	340
40	0	0	0	0	0	350
0	0	0	0	0	0	350<

3-3-8- کلزا

کلزا (*Brassica napus* L.) به عنوان یکی از گزینه‌های مناسب برای تولید روغن در کشور از دهه 70 مورد توجه قرار گرفته است. امروزه کلزا به دلیل اثرات مفید در تناوب با محصولات زراعی و قابلیت گسترش در طیف وسیعی از خاک‌ها (از خاک‌های شنی تا خاک‌های آهکی و رسی) در الگوی کشت گسترش یافته است. برای کاربرد توصیه بهینه کودی اطلاع از مراحل مختلف رشدی (شکل 10) و اقلیم منطقه ضروریست.

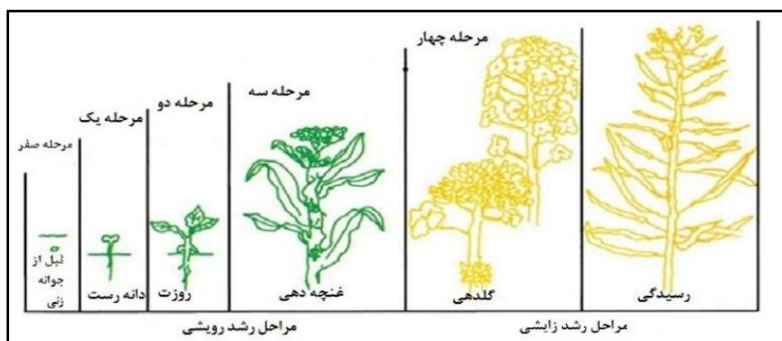
اقلیم مناطق مختلف تحت کشت کلزا در ایران: براساس تقسیم‌بندی صورت گرفته توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مناطق کشت کلزا در ایران شامل 1- اقلیم‌های گرم و مرطوب، 2- گرم و خشک، 3- معتدل سرد و 4- سرد می‌باشد. اقلیم گرم و مرطوب: مناطقی از کشور است که دارای آب و هوای گرم و مرطوب بوده و کمترین دمای هوا در زمستان بیشتر از 7- درجه سانتی‌گراد و شامل مناطقی چون گیلان، مازندران، گلستان و مغان می‌باشد.

اقلیم گرم و خشک: مناطقی از کشور است که دارای آب و هوای گرم و خشک بوده و کمترین دمای هوا در زمستان بالاتر از 7- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. از جمله این مناطق می‌توان استان‌های خوزستان، بوشهر، سیستان و بلوچستان، هرمزگان و مناطق گرم استان‌های کرمانشاه، ایلام، لرستان، خراسان، کهگیلویه و بویراحمد، فارس و کرمان را نام برد.

اقلیم معتدل سرد: شامل مناطقی از کشور است که حداقل دمای هوا در زمستان در آنها تا 14- درجه سانتی‌گراد می‌باشد و ارتفاع آنها از سطح دریا در بیشتر موارد کمتر از 1000 متر می‌باشد. از جمله این مناطق می‌توان به استان‌های تهران (کرج، ورامین و هشتگرد)، مرکزی (ساوه)، فارس (مرودشت، زرقان، شیراز)، کرمانشاه (کرمانشاه، اسلام‌آباد و ماهیدشت)، لرستان (خرم‌آباد و بروجرد)، سمنان (گرمسار و سمنان)، زاهدان (خاش)، خراسان (نیشابور، مشهد و تربت حیدریه)، اصفهان، یزد و کرمان اشاره نمود.

اقلیم سرد: مناطقی از کشور است که دارای زمستان‌های سرد بوده و کمترین دمای هوا در زمستان به پایین‌تر از 14- درجه سانتی‌گراد می‌رسد و ارتفاع آنها از سطح دریا در بیشتر موارد بالاتر از 1000 متر می‌باشد. از جمله این مناطق می‌توان به استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، زنجان، همدان، کردستان، چهارمحال و بختیاری و

مناطق سرد استان‌های لرستان (ازنا، الیگودرز، درود)، کرمانشاه (صحنه، کنگاور، سنقر و روانسر)، سمنان (شاهرود)، خراسان (قوچان، شیروان و بجنورد)، فارس (اقلید)، اصفهان (داران و گلپایگان) مرکزی (اراک، خمین و شازند)، کرمان (بردسیر) اشاره نمود.



شکل 10- مراحل مختلف رشد کلزا

توصیه کلرید پتاسیم برای کلزا: در جدول‌های 14 تا 17 میزان پتاسیم مورد نیاز کلزا به روش مصرف خاکی و براساس مقدار کلرید پتاسیم برای چهار اقلیم متفاوت در کشور برآورد گردیده است.

جدول 14- توصیه کلرید پتاسیم مورد نیاز کلزا در اقلیم گرم و خشک (کیلوگرم در هکتار) (نورقلی‌پور و همکاران، 1393)

پتاسیم قابل استخراج توسط استنات آمونیوم (میلی گرم در کیلوگرم)						عملکرد مورد انتظار (کیلوگرم در هکتار)
≥ 200	160-200	120-160	80-120	40-80	≤ 40	
0	10-30	20-50	50-80	80-110	110	1000
0	20-40	40-70	70-100	100-130	130	1500
0	30-50	70-100	100-130	130-160	160	2000
0	50-80	100-130	130-150	150-180	180	2500
0	60-90	110-140	140-170	170-200	200	3000
0	50-80	130-160	160-190	190-220	220	3500
0	100	150	180	210	240	≥ 4000

جدول 15- توصیه کلرید پتاسیم مورد نیاز کلزا در اقلیم معتدل سرد (کیلوگرم در هکتار)
(نورقلی پور و همکاران، 1393)

پتاسیم قابل استخراج توسط استات آمونیوم (میلی گرم در کیلوگرم)						عملکرد مورد انتظار (کیلوگرم در هکتار)
220-200	160-200	120-160	80-120	40-80	≤40	
0	15-35	25-55	55-85	85-115	115	1000
0	25-45	45-75	75-105	105-135	135	1500
0	35-55	75-105	105-135	135-165	165	2000
25	55-85	105-135	135-155	155-185	185	2500
45	65-95	115-145	145-175	175-205	205	3000
50	55-85	135-165	165-195	195-225	225	3500
60	95	155	185	215	245	≥4000

جدول 16- توصیه کلرید پتاسیم مورد نیاز کلزا در اقلیم سرد (کیلوگرم در هکتار)
(نورقلی پور و همکاران، 1393)

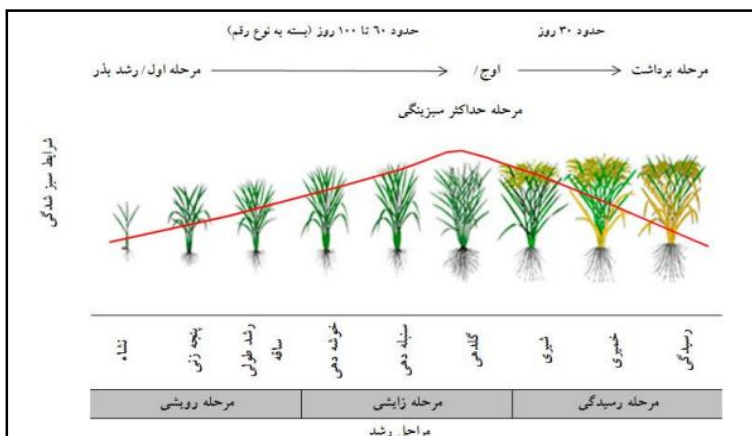
پتاسیم قابل استخراج توسط استات آمونیوم (میلی گرم در کیلوگرم)						عملکرد مورد انتظار (کیلوگرم در هکتار)
200-220	160-200	120-160	80-120	40-80	≤40	
0	20-30	30-60	60-90	90-120	120	1000
0	20-50	50-80	80-110	110-140	140	1500
0	50-80	80-110	110-140	140-170	170	2000
30	60-90	115-145	140-160	160-190	190	2500
50	70-100	120-150	150-180	180-210	210	3000
55	60-90	140-170	170-200	200-230	230	3500
65	100	160	190	220	250	≥4000

جدول 17- توصیه کلرید پتاسیم مورد نیاز کلزا در اقلیم گرم و مرطوب (کیلوگرم در هکتار)
(نورقلی پور و همکاران، 1393)

پتاسیم قابل استخراج توسط استنات آمونیوم (میلی گرم در کیلوگرم)						عملکرد مورد انتظار (کیلوگرم در هکتار)
≥200	160-200	120-160	80-120	40-80	≤40	
0	15-35	25-55	55-85	85-115	115	1000
0	25-45	45-75	75-105	105-135	135	1500
0	35-55	75-105	105-135	135-165	165	2000
25	55-85	105-135	135-155	155-185	185	2500
30	65-95	115-145	145-175	175-205	205	3000
40	55-85	135-165	165-195	195-225	225	3500
50	95	155	185	215	245	≥4000

4-3-8- برنج

در شکل 11، مراحل مختلف رشد برنج نشان داده شده است. برای تولید شش تن شلتوک، حدود 100 کیلوگرم پتاسیم از زمین برداشت می‌شود که 80 درصد آن مربوط به کاه و کلش می‌باشد. توصیه مصرف پتاسیم می‌بایست براساس آزمون خاک صورت گیرد. تحقیق انجام شده در خصوص تأثیر کلرید پتاسیم بر عملکرد برنج رقم ندا که در 8 مزرعه با مقادیر مختلف پتاسیم قابل جذب خاک (از 168 تا 248 میلی گرم بر کیلوگرم) در استان مازندران انجام شده بود، نشان داد مصرف کلرید پتاسیم به طور معنی‌داری عملکرد برنج را از 7 تا 32 درصد، افزایش داد (ولی‌نژاد و همکاران، 1387). سطح بحرانی پتاسیم در خاک با روش استنات آمونیوم یک نرمال، برای خاک‌های شالیزار بسیار متغیر می‌باشد. در جدول (18) توصیه مصرف کلرید پتاسیم براساس آزمون خاک ارایه شده است. مناسب‌ترین زمان مصرف کودهای پتاسیمی 50 درصد کود پتاسیمی به صورت پایه قبل از نشاکاری و مخلوط با خاک، 25 درصد در مرحله ظهور سنبله‌جوان (حدود 20 تا 25 پس از نشاکاری در ارقام محلی و 30 تا 40 پس از نشاکاری در ارقام پرمحصول)، 25 درصد در مرحله قبل از آبستنی (حدود 40 تا 45 پس از نشاکاری در ارقام محلی و 55 تا 60 پس از نشاکاری در ارقام پرمحصول)، در صورت نیاز از محلول پاشی کودهای پتاسیمی استفاده شود (مضانپور، 1384).



شکل ۱۱- مراحل مختلف رشد برنج (Mosleh et al. 2015)

جدول ۱۸- توصیه کلی مصرف کلرید پتاسیم (کیلو گرم در هکتار) در کشت برنج ارقام پر محصول (رمضانپور و همکاران، ۱۳۸۴)

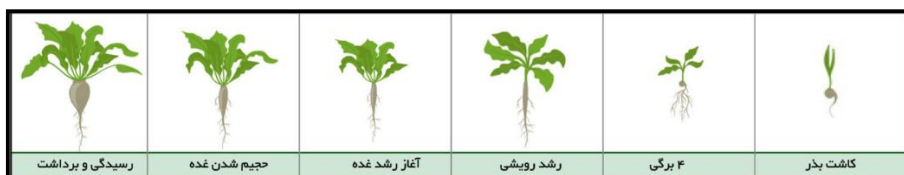
عملکرد شلتوک (تن در هکتار)							پتاسیم قابل استفاده
9	8	7	6	5	4	3	(میلی گرم بر کیلوگرم)
300	300	250	250	200	175	150	کمتر از 100
250	225	200	175	150	125	125	101-120
250	225	200	175	125	110	110	121-140
225	200	175	150	125	110	110	141-160
200	200	175	150	110	100	100	161-180
200	175	150	125	110	100	100	181-200
175	150	125	125	100	90	90	201-250
125	110	110	100	100	80	75	251-300
100	75	75	50	50	50	25	بیشتر از 300

5-3-8- چغندر قند

مراحل مختلف رشد چغندر قند در شکل ۱۲ نشان داده شده است. به منظور تولید هر تن ریشه چغندر قند، حدود هفت کیلوگرم پتاسیم خالص نیاز است. سطح بحرانی پتاسیم قابل استفاده خاک، ۱۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم توصیه شده است. توصیه کودی در غلظت

کمتر از سطح بحرانی باعث افزایش عملکرد و کیفیت محصول چغندر قند می‌شود. توصیه کودی در محدوده 150-200 میلی‌گرم بر کیلوگرم با هدف مدیریت نگهداشت سطوح عنصر غذایی پتاسیم، تضمین افزایش عملکرد و جلوگیری از خطر کاهش این عنصر غذایی ضروری است. به منظور اطمینان و جلوگیری از کمبود احتمالی این عنصر و همچنین، نگهداشت غلظت پتاسیم در محدوده بالای غلظت سطح بحرانی، بادر نظر گرفتن میزان برداشت پتاسیم از خاک توسط گیاه و در نهایت، خارج شدن این عنصر از مزرعه و همچنین پتانسیل عملکرد مورد انتظار در کوددهی سالانه، می‌بایست سطح غلظت پتاسیم در خاک 250 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک نگه داشته شود.

در حال حاضر، از روش دیگری برای محاسبه پتاسیم مورد نیاز چغندر قند استفاده می‌شود. در این روش میزان رس خاک نیز به عنوان عاملی موثر در تامین پتاسیم مورد نیاز گیاه در نظر گرفته می‌شود. به طوری که، با افزایش درصد رس خاک، سطح غلظت بحرانی پتاسیم قابل استفاده خاک افزایش می‌یابد. زیرا رس توانایی تثبیت پتاسیم قابل استفاده در خاک را دارد و موجب غیرقابل جذب کردن این عنصر برای گیاه می‌شود. در این روش، صرف نظر از نوع رس، به ازای هر یک درصد رس، باید 10 میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده در خاک در نظر گرفت. به عنوان مثال، اگر میزان رس خاک 35 درصد باشد، حداقل 350 میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاسیم قابل جذب در خاک موجود باشد. در غیر این صورت، بایستی با افزایش کودهای شیمیایی پتاسیمی کمبود جبران شود. توصیه کود کلرید پتاسیم براساس آزمون خاک جهت تولید 80 تن در هکتار محصول ریشه چغندر قند در جدول 19 آورده شده است. مقدار توصیه شده می‌بایست قبل از کشت با خاک به طور یکنواخت مخلوط گردد. به دلیل نیاز بالای چغندر قند به پتاسیم، محلول‌پاشی این کود در مراحل 6 برگی تا 18 برگی تا سه مرحله توصیه می‌شود.



شکل 12 - مراحل مختلف رشد چغندر قند

جدول 19- توصیه کود کلرید پتاسیم براساس آزمون خاک برای تولید 80 تن در هکتار محصول ریشه چغندر قند (مجیدی و همکاران، 1393)

درصد رس کمتر از 30 درصد		درصد رس بیشتر از 30 درصد	
کلرید پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)	پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)	کلرید پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)	پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)
225	<100	180	<100
155	100-150	135	100-150
110	150-200	90	150-200
65	200-250	45	200-250
.	>250	0	>250

6-3-8- پنبه

مقدار پتاسیم مورد نیاز: توصیه مصرف پتاسیم براساس میزان پتاسیم قابل استفاده در خاک، عملکرد مورد انتظار و میزان رس خاک انجام می شود. در جدول (20) تأثیر میزان رس خاک که تعیین کننده ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می باشد و میزان پتاسیم توصیه شده نشان داده شده است. در جداول (21) و (22) برآورد کود مورد نیاز زراعت پنبه برای عملکردهای مورد انتظار آورده شده است.

جدول 20- توصیه کود کلرید پتاسیم براساس نتایج آزمون خاک برای پنبه (ضیائی و همکاران، 1393)

خاک هایی که کمتر از 30 درصد رس دارند		خاک هایی که بیشتر از 30 درصد رس دارند	
کلرید پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)	پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)	کلرید پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)	پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)
210	<150	170	<150
150	150-200	80	150-200
80	200-250	-	200-250

جدول 21- برآورد کلرید پتاسیم مورد نیاز پنبه بر حسب کیلوگرم در هکتار در اقلیم معتدل (ضیائیان و همکاران، 1393)

عملکرد وش (تن در هکتار)							پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)
3	2/75	2/5	2/25	2	1/75	1/5	
245	225	205	185	165	145	125	<100
240	220	200	180	160	140	115	100
220	200	180	160	140	120	100	120
200	180	160	140	120	100	80	140
190	170	150	130	110	90	70	160
170	150	130	110	90	70	50	180
160	140	120	100	80	60	40	200
150	130	110	90	70	50	35	220
140	120	100	80	60	0	0	240
130	110	90	70	0	0	0	250
120	100	80	0	0	0	0	260
110	90	0	0	0	0	0	270
0	0	0	0	0	0	0	280
0	0	0	0	0	0	0	290
0	0	0	0	0	0	0	300

جدول 22- برآورد کلرید پتاسیم مورد نیاز پنبه بر حسب کیلوگرم در هکتار در اقلیم گرم (ضیائیان و همکاران، 1393)

عملکرد وش (تن در هکتار)							پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)
3	2/75	2/5	2/25	2	1/75	1/5	
210	200	175	160	140	125	110	<100
190	180	155	140	120	105	90	100
160	140	125	110	90	75	65	120
125	110	90	75	65	60	50	140
75	70	60	55	45	40	40	160
65	60	50	45	35	40	0	180
55	50	40	45	0	0	0	200
45	50	0	0	0	0	0	220
35	50	0	0	0	0	0	240
35	0	0	0	0	0	0	250

زمان و روش مصرف کود پتاسیمی: کاربرد کلرید پتاسیم، بجز در خاک‌هایی که از جنبه گوگرد فقیر هستند، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است. مصرف کلرید پتاسیم در خاک‌های شور و یا در مزارعی که با آب‌های شور حاوی کلر آبیاری می‌شوند و در شرایط نامساعد زهکشی توصیه نمی‌شود. این کود را باید قبل از کشت مصرف و با دیسک زیر خاک قرار داد. به علت تحرک کم پتاسیم در خاک، مصرف نواری این کود توصیه می‌گردد. پتاسیم مصرف شده در شرایط خشک بعد از کاشت بذر برای گیاه چندان قابل استفاده نیست. کود پتاسیم بایستی کاملاً با خاک مخلوط شده و به دنبال آن مقدار کافی باران و یا آب آبیاری وجود داشته باشد تا مؤثر واقع گردد. روند جذب پتاسیم در شروع رشد کند بوده و در زمان گلدهی به شکل ناگهانی افزایش یافته و به مقدار $6/4$ کیلوگرم در هکتار در روز بین 72 تا 84 روز پس از کاشت می‌رسد. از اینرو تامین مقدار کافی پتاسیم در این دوره برای گیاه برای نیل به عملکردهای زیاد ضروری است. کاربرد روش‌های محلول‌پاشی پتاسیم هنگام قوزدهی، یکی از راه‌کارهای موجود برای چیره شدن بر این مشکل می‌تواند باشد. بیشترین نیاز به پتاسیم در گیاه پنبه زمانی است که قوزه‌ها در حال رشد هستند. در این زمان 50 درصد کل موجودی پتاسیم گیاه در دیواره قوزه‌ها وجود دارد. قبل از تشکیل قوزه‌ها، بیشتر پتاسیم جذب شده توسط گیاه، صرف ساختن برگ و شاخه می‌شود. اما هنگام تشکیل قوزه‌ها هر دو منبع برگ و ساقه به سرعت از پتاسیم تخلیه می‌شوند و سرعت این تخلیه بیشتر از سرعت جذب پتاسیم توسط ریشه است. از اینرو نشانه‌های کمبود در این زمان ظاهر می‌شود. این نقطه زمان بحران نیاز گیاه به پتاسیم بوده و می‌بایست با روش‌های محلول‌پاشی از بروز علائم کمبود جلوگیری نمود. محلول‌پاشی باید زمانی شروع شود که پتاسیم کافی و اضافی شرایط را برای توسعه و رشد و نمو قوزه‌ها فراهم کند. این مرحله زمانی است که غلظت پتاسیم در دمبرگ شروع به کاهش نکرده باشد. درجه حرارت زیاد و رطوبت نسبی کم عملیات محلول‌پاشی را با مشکل مواجه می‌کند. بهترین زمان محلول‌پاشی صبح زود با بعدازظهر می‌باشد. برای محلول‌پاشی می‌توان از کلرید پتاسیم و کودهای قابل حل با پتاسیم زیاد استفاده کرد.

فهرست منابع

1. احمدزاده هروی، م. 1383. کنسارهای املاح پتاسیم در ایران. ماهنامه مهندسی شیمی ایران.
2. اردبیلی، ا. 1398. گزارش وضعیت پتاس در ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. تهران. ایران
3. بلالی، م.، میلانی، پ.م.، خادمی، ز.، درودی، م.س.، حسین مشایی، ح. و ملکوتی، م.ج. 1379. مدل جامع کامپیوتری توصیه کودهای شیمیایی در راستای تولیدات کشاورزی پایدار: گندم، موسسه تحقیقات خاک و آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
4. بی‌نام، آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی سال‌های 1398-1400 - تهران - ایران.
5. داشادی، م. 1399. تاثیر نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم دیم در مدیریت‌های تناوبی مختلف. نشریه زراعت دیم ایران دوره 9، شماره 2.
6. ذبیحی، ح.ر.، نوری حسینی، س.م. و احمد پور، ع. 1386. بررسی اثر منابع و مقادیر مختلف پتاسیم بر عملکرد و سطح شوری خاک در یک خاک شور. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج، ایران.
7. رمضانپور، م. ر.، محمودی، م. و ملکوتی، م.ج. 1384. ضرورت کوددهی پتاسیم در برنج موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
8. سلیم‌پور، س. 1375. بررسی مصرف کود پتاسه و فسفره بر کمیت و کیفیت چغندرقد. گزارش نهایی طرح. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
9. سیلسیپور، م. 1391. بررسی اثر مقادیر، منابع و زمان مصرف پتاسیم بر عملکرد کمی و کیفی پنبه رقم ورامین. نشریه زراعت شماره 94. تهران، ایران.
10. شهبازی، ک. و بشارتی، ح. 1392. بررسی اجمالی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی ایران. نشریه مدیریت اراضی، جلد 1، شماره 1.
11. ضیائی‌ان، ع. و کشاورز، پ. 1393. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه پنبه. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.

12. طهرانی، م.م. و زاهدی فرد، ن. 1400. شناخت وضعیت تغذیه‌ای گندم در مناطق مختلف کشور. گزارش نهایی پروژه تحقیقات ملی. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
13. غیبی، م.ن، اسدی، ف. و طهرانی، م.م. 1393. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه ذرت. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
14. غیبی، م.ن. و ملکوتی، م.ج. 1383. راهنمای گندم، کمبوده‌های غذایی و تغذیه. موسسه تحقیقات خاک و آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
15. گنجه‌ای، م.ق. 1389. اثرات کلرورپتاسیم بر تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گندم دوروم در نیشابور. فصلنامه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دوره 2 شماره 2.
16. مجیدی، ع. و غالبی، س. 1393. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه چغندرقد. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
17. مشیری، ف. و خادمی، ز. 1393. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گندم. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
18. مشیری، ف. و سعادت، س. 1393. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه جو. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
19. مشیری، ف.، بلالی، م.ر.، غفاری‌نژاد، س.ع. و موسوی، س.م. 1401. چالش‌های خاک‌های ایران. انتشارات دانشگاه تهران. در دست چاپ
20. مطلبی فرد، ر. 1400. شناخت وضعیت تغذیه‌ای سیب‌زمینی. گزارش نهایی پروژه تحقیقات ملی. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.
21. مومنی، ع. 1389. پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. مجله پژوهش‌های خاک. جلد 24 (3): 203-215
22. مهران‌دیش، م.، جامی معینی، م. و آرمین، م. 1397. اثر منبع و مقدار مصرف پتاسیم بر ویژگی‌های کیفی چغندرقد رقم ارس در شرایط آبیاری کامل و محدود. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاه. دوره 10، شماره 34.
23. نورقلی‌پور، ف. و، طهرانی، م.م. 1393. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه کلزا. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.

24. نورقلی پور، ف. 1400. شناخت وضعیت تغذیه‌ای کلزا در مناطق مهم کشور. گزارش نهایی پروژه تحقیقات ملی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
25. ولی‌نژاد، م.، ملکوتی، م. ج. و محمودی، م. 1387. اثرات مقادیر مختلف کلرو پتاسیم بر عملکرد دانه برنج رقم ندا. فصلنامه علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم. شماره 16. تهران. ایران.
26. Hanway, J. J. 1963. Growth stages of corn (*Zea mays* L). *Agronomy Journal* 55: 487-491.
27. Mosleh, M.K., Hassan, Q.K. and Chowdhury, E.H. 2015. Application of remote sensor in mapping rice area and forecasting its production: A Review. *Sensors*, 15: 769-791
28. Yu-ying, L. and Hong, L. 1997. Effects of potassium fertilizers on sugar beet yield and quality. *Better Crops International*, 11(2), 24-25.