



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

مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در ایران

نگارندگان

محمدرضا بلالی، فرهاد مشیری و سید مجید موسوی

اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، کرج



سازمان اسناد و کتابخانه ملی
جمهوری اسلامی ایران

سرشناسه	: بلالی، محمدرضا، 1347 -
عنوان و نام پدیدآور	: مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در ایران/نگارندگان محمدرضا بلالی، فرهاد مشیری، سیدمجید موسوی و ایراستار علمی ناصر دواتگر؛ ویراستار ادبی زهرا محمدی.
مشخصات نشر	: کرج: موسسه تحقیقات خاک و آب، 1402.
مشخصات ظاهری	: 428ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول.
شابک	: 978-622-6705-33-2
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کاتالنه.
موضوع	: خاک -- ایران -- حاصلخیزی Soil productivity -- Iran خاک و تغذیه -- ایران Soils and nutrition -- Iran گیاهان -- تغذیه -- ایران Plants -- Nutrition -- Iran کشاورزی -- ایران -- مدیریت Agricultural administration -- Iran کشاورزی -- ایران -- مدیریت -- تحقیق Agricultural administration -- Iran -- Research
شناسه افزوده	: مشیری، فرهاد، 1354 -
شناسه افزوده	: موسوی، سیدمجید، 1362 -
شناسه افزوده	: دواتگر، ناصر، 1339 - ویراستار
شناسه افزوده	: Devatgar, Naser
شناسه افزوده	: موسسه تحقیقات خاک و آب
شناسه افزوده	: water research institute & Soil
رده بندی کنگره	: 596/7S
رده بندی دیویی	: 631/80955
شماره کتابشناسی ملی	: 9288835
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیبا

مشخصات اثر

عنوان: مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در ایران

نگارندگان: محمدرضا بلالی، فرهاد مشیری و سید مجید موسوی

ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

کارشناس انتشارات: سمانه پورمنصور

ویراستار علمی: ناصر دواتگر

ویراستار ادبی: زهرا محمدی

طراح جلد: سید هرمز سجادی و شهریار صفریور

شابک: 978-622-6705-33-2

سال انتشار: 1402

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این اثر با شماره 3140225 در تاریخ 1402/6/12 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: کرج، میدان استانداری، جاده مشکین دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب

کد پستی: 3177993545 صندوق پستی: 31785-311

نمابر: 02636210121 تلفن: 026-36201900

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

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

1.....	خلاصه
9.....	مقدمه

بخش اول: مبانی نظری، نیازهای کشوری و ارزیابی وضعیت کنونی حاصلخیزی خاک‌های کشور	12
--	----

فصل اول: حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در پارادایم پایداری	15
چکیده	15
1-1- مقدمه	16
2-1- پارادایم توسعه پایدار کشاورزی	18
3-1- پارادایم اراضی و آب: درک شناختی و هنجاری محیط‌زیست اجتماعی و طبیعی	22
4-1- پارادایم‌های مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه	25
1-4-1- پارادایم آلی	26
2-4-1- پارادایم صنعتی (معدنی)	26
3-4-1- پارادایم تلفیقی	27
5-1- مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک: چارچوب، اصول و به کارگیری آن	33
1-5-1- تغییر پارادایم مدیریت حاصلخیزی خاک: از جایگزینی عناصر غذایی به مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک	35
2-5-1- تأثیر تغییر پارادایم‌های حاصلخیزی خاک بر علم مدیریت مواد آلی	39
3-5-1- محور تکنیکی مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک: مدیریت بهینه منابع آلی، نهاده‌های معدنی و ذخیره مواد آلی خاک	42
6-1- چارچوب بهترین اصول مدیریت کوددهی (BFMPs)	44
1-6-1- اهداف مدیریت نظام گیاهی/زراعی	46
2-6-1- اهداف مدیریت کود	47
7-1- مدیریت حاصلخیزی خاک و رهیافت مدرسه در مزرعه کشاورزان	56

1-7-1- ضرورت جامع‌نگری و رهیافت مشارکتی برای مدیریت خاک، آب و عناصر غذایی	57
2-7-1- پایش	58
3-7-1- ضرورت نگرشی نو به بنیادهای فکری تشکیل‌دهنده‌ی مدیریت کشاورزی	58
4-7-1- تحول در نگرش تغذیه‌ای حاصلخیزی خاک	59
5-7-1- محدودیت‌های نظام ترویج	60
6-7-1- ارتقای مدیریت حاصلخیزی خاک و حفاظت آن از راه کلاس‌های مزرعه‌ای کشاورزان	61
7-7-1- مهارت‌های مورد نیاز کشاورزان برای مدیریت تلفیقی خاک و حفاظت آن	64
8-7-1- اصول عمومی مدیریت تلفیقی خاک و عناصر غذایی (ISNM)	65
9-7-1- مشخصات و مفاهیم کلیدی رهیافت کلاس‌های مزرعه‌ای کشاورزان (FFS)	66
8-1- جمع‌بندی فصل اول	69
9-1- منابع	83

فصل دوم: روند تغییرات جمعیت، تولید محصولات کشاورزی و وضعیت منابع خاک و

آب	90
چکیده	90
1-2- روند تغییرات جمعیت کشور	90
2-2- وضعیت منابع آب کشور و تغییرات آن	91
3-2- وضعیت منابع خاک کشور و تغییرات آن	93
4-2- توان خدمات‌رسانی منابع خاک و آب برای تأمین پایدار غذا	95
5-2- روند تغییرات تولید محصولات زراعی و باغی	99
6-2- جمع‌بندی	100
7-2- منابع	101

فصل سوم: وضعیت حاصلخیزی خاک‌های کشور و ضرورت ارتقاء توان آن برای

خدمات‌رسانی به تولیدات کشاورزی	104
چکیده	104
مقدمه	105
1-3- وضعیت کلی و توزیع استانی عناصر غذایی خاک‌های زراعی کشور	108
1-1-3- کربن آلی	108
2-1-3- فسفر	110

112.....	3-1-3- پتاسیم
113.....	4-1-3- گوگرد
115.....	5-1-3- آهن
116.....	6-1-3- روی
117.....	7-1-3- منگنز
119.....	8-1-3- مس
123.....	9-1-3- پهنه‌بندی وضعیت عناصر غذائی
125.....	10-1-3- روند زمانی تغییرات عناصر غذائی
128.....	2-3- تعادل تغذیه‌ای گیاهان زراعی و باغی
132.....	3-3- رویکردهای مدیریتی حاصلخیزی خاک و تحلیل وضعیت حاصلخیزی خاک
	1-3-3- حاصلخیزی خاک و تغذیه‌ی گیاه پیش از دوران جدید و ورود کودهای
132.....	شیمیائی در ایران
145.....	2-3-3- روند پژوهش و مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه
151.....	3-3-3- جمع‌بندی روندهای مدیریتی حاصلخیزی خاک
154.....	4-3- عوامل ناپایداری حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در ایران
157.....	5-3- منابع

فصل چهارم: چارچوب مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در ایران.....160

160.....	چکیده
161.....	1-4- مقدمه
163.....	2-4- چالش‌ها و مسائل حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه
168.....	3-4- تغییر رویکردهای جهانی مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه به مدیریت تلفیقی
170.....	4-4- مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در ایران
179.....	5-4- نتیجه‌گیری
179.....	6-4- منابع

بخش دوم: تحقیقات انجام شده، احصاء خلاءهای تحقیقاتی و پژوهش‌های آتی.....190

فصل پنجم: شناخت و پایش وضعیت حاصلخیزی خاک‌ها و وضعیت تغذیه‌ای محصولات

192.....	زراعی، باغی و گلخانه‌ای
192.....	چکیده
194.....	5- مقدمه

196	1-5- مبانی و تعاریف
197	2-5- اطلاعات کشاورزان و متخصصین کشاورزی
198	3-5- آزمون خاک
198	4-5- بررسی تغییرات انجام شده در ویژگی‌های شیمیایی خاک
201	5-5- تهیه نقشه‌های حاصلخیزی خاک
201	6-5- بودجه‌بندی عناصر غذایی و تعادل بین عناصر
202	7-5- استفاده از نشانه‌های کمبود برای ارزیابی حاصلخیزی خاک
203	8-5- وضعیت عناصر غذایی در گیاه
204	9-5- دیگر روش‌های ارزیابی خاک
207	10-5- وضع موجود و تحقیقات انجام شده در رابطه با ارزیابی حاصلخیزی خاک
209	11-5- نتیجه‌گیری و پیشنهادات
210	12-5- منابع

فصل ششم: آزمون خاک: چالش‌ها و راهکارها.....214

214	چکیده
215	1-6- پیشینه‌ی آزمون خاک در ایران و برخی کشورها
217	2-6- مبانی آزمون خاک
218	3-6- نگاهی به تحقیقات گذشته
224	4-6- جمع‌بندی و پیشنهادات
230	5-6- منابع

فصل هفتم: ارتقاء و بهبود مواد آلی خاک‌های کشور.....236

236	چکیده
238	مقدمه
241	1-7- ماده آلی: مبانی، مفاهیم و تعاریف
241	1-1-7- مواد آلی خاک چیست؟
242	2-1-7- کودهای آلی
243	3-1-7- نقش مواد آلی خاک در حاصلخیزی اراضی کشاورزی
245	4-1-7- نگهداشت مواد آلی در خاک
249	2-7- بررسی وضع موجود و تحلیل مسائل و محدودیت‌ها
250	3-7- اهداف و پیشنهادات مدیریت مواد آلی
250	1-3-7- سازگاری و تعدیل اثرات اقلیم
251	2-3-7- ارتقاء کیفیت خاک

251.....	3-3-7- ساماندهی مدیریت خاک
252.....	4-3-7- استانداردسازی و بهبود کیفیت منابع کود آلی
254.....	4-7- کیفیت کودهای آلی
259.....	5-7- توصیه مصرف کودهای آلی
262.....	6-7- قوانین و آیین نامه‌ها مرتبط با مدیریت کربن آلی خاک
263.....	7-7- برنامه‌های تحقیقاتی آینده
265.....	8-7- جمع‌بندی
267.....	9-7- منابع

فصل هشتم: حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در سامانه کشاورزی حفاظتی.....270

270.....	چکیده
271.....	1-8- مبانی
273.....	2-8- اهمیت کشاورزی حفاظتی
274.....	3-8- مزایای کشاورزی حفاظتی
274.....	4-8- روش بررسی
275.....	5-8- وضع موجود
275.....	1-5-8- منابع آبی و بحران آب
276.....	2-5-8- ماده آلی
279.....	3-5-8- تغییر اقلیم
279.....	4-5-8- ادوات موجود
280.....	5-5-8- تحقیق، آموزش و ترویج
280.....	6-8- کارهای انجام شده
282.....	1-6-8- تحقیقی – ترویجی
283.....	7-8- چالش‌ها و مشکلات
284.....	8-8- پیشنهادات
286.....	9-8- منابع

فصل نهم: حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در شرایط تنش‌های زنده و غیر زنده، کشت‌های

288.....	متراکم، هیدروپونیک، ارگانیک
288.....	چکیده
290.....	9- مقدمه
294.....	1-9- مواد و روش‌ها
295.....	2-9- مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه برای مقابله با تنش‌ها

296	 تنش سرما	9-2-1
298	 تنش شوری	9-2-2
303	 تنش خشکی و گرما	9-2-3
304	 شناسایی و اولویت‌بندی طرح‌های محوری	9-3
306	 جمع‌بندی و ارائه‌ی پیشنهادها	9-4
	مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در تولید محصولات گلخانه‌ای و کشت‌های	9-5
307	 متراکم	
308	 مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در تولید محصولات ارگانیک	9-6
310	 تحقیقات انجام شده	9-7
310	 پیشنهادات	9-8
311	 بحث و نتیجه‌گیری کلی	9-9
315	 منابع	9-10

فصل دهم: ارتقاء کارایی مصرف کود و بهینه‌سازی مدیریت تغذیه‌ی محصولات زراعی،

318	 باغی و گلخانه‌ای	
318	 چکیده	
321	 مقدمه	10-10
323	 تخمین و اندازه‌گیری کارایی استفاده از عناصر غذایی	10-1-1
326	 عوامل موثر بر کارایی استفاده از عناصر غذایی	10-2-1
330	 کارایی کود در پارادایم پایداری	10-3-1
331	 وضع موجود کارایی کود در ایران	10-4-1
336	 تحلیل مسائل و محدودیت‌های کارایی پایین کودها	10-5-1
	بررسی و تحلیل پژوهش‌های انجام شده در زمینه‌ی کارایی استفاده از عناصر غذایی	10-6-1
337	 و مدیریت تغذیه گیاه	
337	 تفاوت ارقام در جذب و استفاده از عناصر غذایی	10-6-1-1
	توصیه‌ی مصرف کودهای شیمیایی برای محصولات مختلف بر اساس شرایط	10-6-2-1
338	 اقلیمی و ویژگی‌های خاک	
339	 توصیه‌ی مقدار مناسب مصرف کود	10-6-2-1-1
341	 توصیه‌ی نوع کود مناسب	10-6-2-2-1
342	 توصیه زمان مناسب مصرف کود	10-6-2-3-1
343	 توصیه روش مناسب مصرف کود	10-6-2-4-1
344	 مدیریت کوددهی در شرایط تنش شوری	10-6-3-1
345	 مدیریت کوددهی در شرایط تنش خشکی	10-6-4-1

- 346.....10-6-5- مدیریت کاربرد توام کودهای شیمیایی و آلی
- 347.....10-6-6- توصیه‌ی کاربرد کودها در سیستم‌های زراعی مختلف
- 347.....10-6-7- جمع‌بندی تحقیقات گذشته
- 7-10- اهداف و برنامه‌های پژوهشی آینده در زمینه‌ی افزایش کارایی استفاده از عناصر غذایی و
- 349.....بهبود مدیریت تغذیه گیاه
- 352.....10-8- منابع

فصل یازدهم: مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه با هدف تولید محصول سالم،

- 366.....** غنی‌سازی و حفظ محیط‌زیست
- 366.....چکیده
- 11-1- مبانی نظری مفهوم محصول سالم و کشاورزی ارگانیک.....368
- 11-2- تعریف محصول سالم و کشاورزی ارگانیک.....369
- 11-3- تاریخچه‌ی وضعیت جهان از نظر کشاورزی ارگانیک.....370
- 11-4- آلودگی خاک‌های کشاورزی.....371
- 11-4-1- عناصر سنگین.....372
- 11-4-1-1- منابع انتشار عناصر سنگین.....373
- 11-4-1-2- کادمیم در زنجیره‌ی غذایی و اثرات سوء بر سلامت انسان.....376
- 11-4-1-2-1- جذب کادمیم توسط گیاه و عوامل مؤثر بر جذب کادمیم.....377
- 11-4-1-2-2- تأثیر تجمع کادمیم بر غلظت کادمیم خاک و گیاه.....377
- 11-4-1-3- راهکارهای لازم برای کاهش خطرات زیست‌محیطی کادمیم.....378
- 11-4-1-3- وضعیت نیترات از نظر میزان نیاز، منبع و خطرات.....380
- 11-5- تحقیقات انجام شده در داخل کشور.....381
- 11-6- راهکارهای تولید محصول سالم.....387
- 11-7- نیازهای تحقیقاتی.....387
- 11-8- جمع‌بندی و پیشنهادها.....388
- 11-9- منابع.....391

فصل دوازدهم: سنتز و محورهای پژوهشی آینده در راستای پیاده‌سازی مدیریت

- 399.....** تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه
- 399.....چکیده
- 12-1- نیروی محرکه‌ی مسائل حاصلخیزی خاک و تغذیه‌ی گیاه و رویکرد مواجهه با آن.....400
- 12-2- سنتز بررسی‌های انجام شده در محورهای هفت‌گانه در بخش دوم.....404

- 12-2-1- شناسائی وضعیت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در اراضی زراعی، باغی و گلخانه‌ها و محورهای پیشنهادی 404
- 12-2-2- مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در اراضی زراعی، باغی و گلخانه‌ها و محورهای پیشنهادی 406
- 12-3- تبدیل محورهای پیشنهادی به برنامه در چارچوب طرح کلان، طرح و پروژه 408

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول 1-1- توسعه پایدار و مدیریت جامع در اسناد بالادستی.....	21
جدول 2-1- پارادایم قدیم و جدید آب.....	25
جدول 3-1- خلاصه علم مدیریت منابع آلی نواحی گرمسیری.....	40
جدول 4-1- شاخص‌های عملکرد برای بهترین اصول مدیریت کوددهی مرتبط با اهداف مدیریت زراعی.....	55
جدول 5-1- روند تکامل نظام توسعه تحقیقات کشاورزی.....	78
جدول 6-1- چشم‌اندازها/ پارادایم‌های نظری نوآوری کشاورزی.....	79
جدول 1-2- مصرف آب در بخش‌های مختلف و بر حسب جمعیت از سال 1331.....	92
جدول 2-2- مساحت، سطوح شوری و پراکنش استانی اراضی کشاورزی دارای فقط محدودیت شوری و قلیائیت خاک.....	95
جدول 3-2- برآورد سطح زیر کشت، عملکرد و تولید 8 محصول عمده‌ی زراعی.....	98
جدول 1-3- تعاریف حاصلخیزی خاک و اجزاء آن.....	105
جدول 2-3- مقدار افزایش عملکرد گندم ناشی از مصرف بهینه‌ی کود در کشور.....	107
جدول 3-3- متوسط درصد کربن آلی خاک در مناطق مختلف زراعی - زیستگاهی کشور.....	110
جدول 3-3- دامنه فراوانی گوگرد قابل استفاده خاک‌های زراعی کشور بر حسب درصد.....	114
جدول 4-3- توزیع کلی و استانی عناصر غذایی خاک‌های تحت کشت کشور.....	121
جدول 5-3- روند کاهش پتاسیم قابل استفاده در اراضی کشت نشده در مقایسه با اراضی که بیش از 10 سال و 30 سال در اصفهان کشت شده‌اند.....	126
جدول 6-3- روند تغییر درصد ظرفیت تثبیت در اراضی شالیزاری استان‌های گیلان و مازندران.....	126
جدول 7-3- روند تثبیت پتاسیم در خاک‌های خوزستان و زیرکشت نیشکر.....	127
جدول 8-3- مقایسه‌ی کاهش سالانه‌ی پتاسیم قابل استفاده در سه منطقه‌ی کشور.....	127
جدول 9-3- روند کاهش پتاسیم قابل استفاده در خاک‌های استان اصفهان و خوزستان طی یک دهه.....	127
جدول 10-3- نتایج بررسی وضعیت تعادل عناصر غذایی در برخی محصولات زراعی.....	130

- جدول 3-11- نتایج ارزیابی وضعیت تعادل عناصر غذایی در برخی محصولات باغی 131
- جدول 3-12- مقایسه‌ی قطعات سه گانه‌ی کشت بنه‌ها در یک دور و تسلسل کشت 144
- جدول 3-13- تقویم کشت بنه‌های ده طالب آباد (برای تقویت زمین) 144
- جدول 3-14- تقویم کشت بنه‌های ده طالب آباد (همراه تقویت زمین - استفاده از کود آلی) 144
- جدول 4-1- مقایسه میزان مصرف عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کشورهای مختلف در سال 2018 166
- جدول 4-2- روند زمانی پژوهش‌های مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در ایران 172
- جدول 4-3- اجزای مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در ایران 176
- جدول 5-1- انواع داده‌ها در مطالعه‌ی ارزیابی حاصلخیزی خاک، مزایا و معایب هر کدام 200
- جدول 6-1- عصاره‌گیرهای پیشنهادی برای استخراج فسفر قابل استفاده گیاه و حدود بحرانی بدست آمده در کشور 220
- جدول 6-2- عصاره‌گیرهای پیشنهادی برای استخراج پتاسیم قابل استفاده گیاه و حدود بحرانی بدست آمده در کشور 221
- جدول 6-3- عصاره‌گیرهای پیشنهادی برای استخراج گوگرد قابل استفاده گیاه (سولفات) 222
- جدول 6-4- عصاره‌گیرهای پیشنهادی برای استخراج روی قابل استفاده گیاه و حدود بحرانی بدست آمده در کشور 222
- جدول 7-1- برآورد منابع کودهای آلی در کشور (1399) 243
- جدول 7-2- ویژگی‌های شیمیایی برخی از کودهای آلی پر مصرف در کشور 256
- جدول 7-3- حد مجاز غلظت فلزات سنگین در کودهای آلی 259
- جدول 10-1- شاخص‌های اندازه‌گیری کارایی استفاده از عناصر غذایی و دامنه‌ی کاربرد آنها 325
- جدول 10-2- اجزای کارایی استفاده از عناصر غذایی و فرایندهای موثر در اختلاف ژنتیکی گیاهان در کارایی استفاده از عناصر غذایی 326
- جدول 10-3- کارایی زراعی استفاده از کودهای شیمیایی در ایران در فاصله سال‌های 1368-80 332
- جدول 10-4- میانگین عملکرد غلات، میزان نیتروژن مصرفی و کارایی استفاده از نیتروژن در ایران 333
- جدول 10-5- میانگین عملکرد غلات، میزان نیتروژن مصرفی و بهره‌وری جزئی و بالاس جزئی نیتروژن در ایران و برخی مناطق جهان 335
- جدول 11-1- استانداردهای ارائه شده کمپوست توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) 375
- EPA و ایران 375

- جدول 11-2- مقدار کل کادمیم وارد شده به خاک در مقیاس جهانی 376
- جدول 12-1- اولویت‌بندی برنامه‌ی شناخت و مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه 408
- جدول 12-2- اولویت‌بندی برنامه شناخت و مدیریت کربن آلی خاک 412

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
20	شکل 1-1- ابعاد کلی توسعه پایدار
23	شکل 2-1- پنج پارادایم مدیریت آب از 1850 به بعد
29	شکل 3-1- تکامل مفهوم حاصلخیزی و ماده آلی خاک طی قرون اخیر
31	شکل 4-1- هرم زیستی
36	شکل 5-1- کشت کوچه ای
36	شکل 6-1- نظام مالچ زنده
37	شکل 7-1- حوزه های رویکرد معیشت پایدار و تصمیم گیری کشاورز
38	شکل 8-1- رویکرد پژوهشی مدیریت جامع (تلفیقی) منابع طبیعی
41	شکل 9-1- نظام پشتیبان تصمیم گیری برای مدیریت مواد آلی
42	شکل 10-1- خدمات کالا و زیست محیطی خاک که نتیجه مدیریت توأمان منابع آلی، نهاده های معدنی و ذخیره ماده آلی خاک و اثر متقابل آنهاست
43	شکل 11-1- گذار به پارادایم مدیریت جامع حاصلخیزی خاک
44	شکل 12-1- محدوده علم مدیریت مواد آلی
45	شکل 13-1- چارچوب جهانی بهترین اصول مدیریت کوددهی (BFMPs)
49	شکل 14-1- پشتیبانی تصمیم گیری برای توسعه، تکامل و سازگاری بهترین اصول مدیریت کوددهی (BFMPs) نیازمند فرآیند پویای لحاظ شرایط محلی است
66	شکل 15-1- فرآیند سازماندهی و عملی کردن رهیافت کلاس های مزرعه ای کشاورزان
81	شکل 16-1- محدوده مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در پارادایم توسعه ای پایدار کشاورزی
91	شکل 1-2- روند تغییرات جمعیت کشور در سال های 1339 تا 1392
92	شکل 2-2- برآورد بالانس آب در ایران برحسب میلیون متر مکعب
92	شکل 3-2- رابطه بین عملکرد با بهره وری آب در اراضی آبی زیر کشت گندم، ذرت و برنج
93	شکل 4-2- وضعیت منابع خاک کشور بر اساس مطالعات انجام شده در مؤسسه تحقیقات خاک و آب

شکل 2-5- روند تغییرات سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی طی سال‌های 1340 تا 1390.....	96
شکل 2-6- پتانسیل اراضی و استفاده از اراضی در کشورهای در حال توسعه.....	97
شکل 2-7- روند تغییرات سطح زیر کشت و تولید محصولات زراعی و باغی طی سال‌های 1340 تا 1390.....	99
شکل 2-8- سطح زیر کشت گندم آبی و تولید گندم آبی.....	100
شکل 2-9- سطح زیر کشت گندم و تولید کل گندم آبی و دیم.....	100
شکل 3-1- دامنه کربن آلی خاک‌های زراعی کشور.....	108
شکل 3-2- درصد کربن آلی کمتر از یک درصد خاک‌های زراعی استان‌های کشور.....	109
شکل 3-3- دامنه‌ی کربن آلی خاک‌های زراعی کشور.....	109
شکل 3-4- دامنه‌ی فسفر قابل استفاده‌ی خاک‌های زراعی کشور.....	111
شکل 3-5- درصد فسفر قابل استفاده‌ی کمتر از 15 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک‌های زراعی استان‌های کشور.....	111
شکل 3-6- دامنه‌ی فسفر قابل استفاده‌ی خاک‌های زراعی کشور.....	112
شکل 3-7- دامنه‌ی پتاسیم قابل استفاده‌ی خاک‌های زراعی کشور.....	112
شکل 3-8- درصد پتاسیم قابل استفاده کمتر از 200 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک‌های زراعی استان‌های کشور.....	113
شکل 3-9- دامنه‌ی پتاسیم قابل استفاده‌ی خاک‌های زراعی کشور.....	113
شکل 3-10- دامنه‌ی گوگرد قابل استفاده‌ی خاک‌های زراعی کشور.....	115
شکل 3-11- دامنه‌ی آهن قابل استفاده‌ی خاک‌های زراعی کشور.....	115
شکل 3-12- درصد آهن قابل استفاده‌ی کمتر از 5 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک‌های زراعی استان‌های کشور.....	116
شکل 3-13- دامنه‌ی روی قابل استفاده‌ی خاک‌های زراعی کشور.....	116
شکل 3-14- درصد روی قابل استفاده‌ی کمتر از 0/75 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک‌های زراعی استان‌های کشور.....	117
شکل 3-15- دامنه‌ی روی قابل استفاده‌ی خاک‌های زراعی کشور.....	117
شکل 3-16- دامنه‌ی منگنز قابل استفاده‌ی خاک‌های زراعی کشور.....	118
شکل 3-17- درصد منگنز قابل استفاده‌ی کمتر از 4 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک‌های زراعی استان‌های کشور.....	118

- شکل 3-18- دامنه‌ی مس قابل استفاده‌ی خاک‌های زراعی کشور 119
- شکل 3-19- درصد مس قابل استفاده‌ی کمتر از 0/75 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک‌های زراعی استان‌های کشور 119
- شکل 3-20- نقشه‌ی پهنه‌بندی کربن آلی خاک‌های دشت کربال در استان فارس 123
- شکل 3-21- نقشه‌ی پهنه‌بندی فسفر قابل استفاده‌ی خاک‌های دشت کربال در استان فارس 124
- شکل 3-22- نقشه‌ی پهنه‌بندی پتاسیم قابل استفاده‌ی خاک‌های دشت کربال در استان فارس 124
- شکل 3-23- نقشه‌ی پهنه‌بندی روی قابل استفاده‌ی خاک‌های دشت کربال در استان فارس 125
- شکل 3-24- روند برداشت عناصر غذایی توسط محصولات زراعی و باغی و مصرف عناصر غذایی از طریق کودهای شیمیایی 128
- شکل 3-25- سمت چپ، کبوترخانه در راستای دیوار باغ‌ها برای بهره‌گیری از جاهای بدون کاربرد یا کشته شده‌ی زمین با ارزش کشاورزی. سمت راست، کبوترخانه هشت‌پر بازسازی شده در اصفهان 134
- شکل 3-26- نمای درونی کبوترخانه و جمع‌آوری کود 134
- شکل 3-27- توزیع قنات‌ها (سمت چپ) قلمرو بنه‌ها (سمت راست) 142
- شکل 3-28- مدل کشاورزی سنتی: متشکل از سه بخش درهم بافته شده: 1- زراعت، 2- گلهداری و 3- هنرهای دستی 143
- شکل 3-29- فلوچارت برنامه توصیه کودی 150
- شکل 3-30- روند کل مصرف کود (بر حسب عناصر غذایی) از دهه‌ی 40 در ایران 151
- شکل 3-31- مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم از دهه 1340 در ایران 152
- شکل 3-32- درخت عوامل ناپایداری حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در ایران 156
- شکل 4-1- مقایسه برآورد و مصرف کودهای شیمیایی برای تولید محصولات زراعی و باغی در ایران (1387-1398) 167
- شکل 4-2- بیان عناصر غذایی در خاک‌های کشاورزی ایران. بر اساس آمار مصرف کودها (سمت راست) و بر اساس آمار برآورد کودهای مورد نیاز (سمت چپ) 167
- شکل 4-3- چارچوب بهترین مدیریت کوددهی در راهبرد مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه 178
- شکل 4-4- تعمیم نتایج به‌منظور تسریع پذیرش مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه. تاکید بر اختصاص زمان کافی برای کشاورزان جهت سازگاری با فن‌آوری در گروه کشاورزان پیش از اجرای انفرادی آن 178
- شکل 6-1- نمونه‌های خاک تجزیه شده از 1953 تا 1982 در ایالت داکوتای شمالی آمریکا 216

- شکل 7-1- خدمات کالا و زیستمحیطی خاک که نتیجه‌ی مدیریت همزمان منابع آلی، نهادهای معدنی و ذخیره‌ی ماده‌ی آلی خاک و اثر متقابل آنهاست و بدین ترتیب می‌توان به نوعی گفت ذخیره‌ی کربن آلی خاک عامل اصلی خدمات‌دهی خاک و محور خدمات زیست‌بوم است.....244
- شکل 7-2- دشواری حفظ ماده‌ی آلی در مناطق خشک و نیمه خشک.....248
- شکل 7-3- تعداد مقالات چاپ شده در زمینه کربن آلی خاک در بازه زمانی 1960 تا 2012 برگرفته از دو پایگاه انتشارات علمی "Scopus" و "web of science".....265
- شکل 10-1- گرومبندی گیاهان از نظر پاسخ عملکردی به میزان عنصر غذایی در محیط رشد...328
- شکل 10-2- روند برداشت عناصر غذایی توسط محصولات زراعی و باغی و مصرف عناصر غذایی از طریق کودهای شیمیایی.....335
- شکل 11-1- سیر تولید، توزیع و مصرف کودها برای دستیابی به محصول سالم.....390
- شکل 12-1- مخاطرات تهدیدکننده‌ی پایداری تولید و رویکرد مواجهه با آن در مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه403

خلاصه

بحران محیط‌زیست، تغییر اقلیم، کمبود آب و تخریب اراضی امنیت جهانی غذا را تهدید کرده و شیوه‌های تولید، رویکردهای مدیریتی و مهمتر از همه، تلقی بشر از منابع و رفتار با آن را به چالش کشیده است. در این راستا برنامه عملیاتی پذیرفته شده توسط بیانیه جهانی غذا که ایران نیز از امضاءکنندگان آن است، همه دست‌اندرکاران کشاورزی را برای مجموعه‌ای از تلاش‌های هماهنگ در همه سطوح فرا می‌خواند، تا تولید غذای کافی، سالم و دسترسی به آن را افزایش دهد. در این قطعنامه، حاصلخیزی خاک به عنوان مهمترین عامل حمایت‌کننده اهداف جهانی کاهش فقر، امنیت غذایی و حفاظت محیط‌زیست برشمرده شده است. اما سوالی که پیش روی کشورها می‌باشد آن است که مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در شرایط جدید می‌بایست چگونه باشد تا بتواند نقش کلیدی خود را برای تحقق اهداف یاد شده ایفاء نماید.

مدیریت اثربخش و کارای حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه بایستی دو سوال اساسی مدیریتی را پاسخ دهد؛ 1- کار درست کدام است و 2- چگونه می‌شود کار درست را درست انجام داد؟ پاسخ به سوال اول تعیین جهت حرکت و اثربخشی و پاسخ سوال دوم چگونگی و کارآمدی را تعیین می‌نماید. آنگاه اگر جهت کار، درست انتخاب شده و به درستی نیز انجام شود، چنین مدیریتی اثربخش و کارا بوده یا به عبارتی بهره‌ور خواهد بود. اما از آنجاکه در شرایط گوناگون شیوه‌های مدیریتی مختلفی شکل گرفته و تعیین کار درست و نادرست متأثر از آن شرایط است و برای ارزیابی و درک اینکه حاصلخیزی خاک‌های کشور چگونه است و چه وضعیتی دارد و اینکه در نهایت چگونه باید باشد، در نخستین گام به لحاظ تاریخی و علمی سیر تحولات حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه تبیین شد. برای اینکه بتوان این سیر را بررسی و نقاط عطف آن را تبیین نمود، تعیین مختصات که آن شرایط را ایجاد کرده و به عنوان پارادایمی که قادر است به سوالات، پاسخ معقول دهد، ضرورت یافت. پارادایم مشتمل است بر مفروضات کلی نظری، قوانین و فنون کاربرد آن‌ها که اعضای جامعه علمی آن‌ها را برمی‌گیرند و هدایت‌گر آن جامعه علمی است. یا به عبارت دیگر بیانگر نگرش و شیوه مدیریت منابع بوده و به معنی 'مجموعه‌ی پیشفرض‌ها، مفاهیم و نگرش‌های گروه‌های مختلف اجتماعی (نه فقط دانشمندان) درباره منابع' هست. در این طرح پیدایش پارادایم جدید مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و

تغذیه گیاه و چرائی آن برای بکارگیری در کشور مشخص شد.

در پاسخ به سوالات فوق پژوهشی تحت عنوان تدوین برنامه پژوهشی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه از سال 1389 تا 1393 با هفت پروژه شامل (1) شناخت و پایش وضعیت حاصلخیزی خاکها و وضعیت تغذیه‌ای محصولات زراعی و باغی و گلخانه‌ای، (2) همگانی کردن آزمون خاک، (3) ارتقاء مواد آلی خاکهای کشور، (4) مدیریت حاصلخیزی خاک در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی در شرایط ایران، (5) مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در مقابله با تنش‌های زنده و غیر زنده، (6) کارایی مصرف کود و بهینه‌سازی مدیریت تغذیه محصولات زراعی، باغی و گلخانه‌ای، و (7) مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه با هدف تولید محصول سالم، غنی‌سازی و حفظ محیط‌زیست، انجام شد. در این راستا با رویکرد مشارکتی، در گرده‌مائی با حضور بیش از 90 نفر از متخصصین حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در دی ماه 1389 در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران تشکیل و ضمن بحث و تبادل نظر چالش‌های عمده‌ی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در قالب محورهای بالا مشخص و در هرکدام از پروژه‌ها در پنج گام شامل بازنگری و بررسی موضوع از منظر اهداف توسعه بخش کشاورزی، وضع موجود، تحلیل مسائل و محدودیت‌های موجود، بررسی نتایج تحقیقات انجام شده، ترسیم اهداف تحقیقاتی و تعیین طرح‌های محوری تحقیقاتی بررسی شد.

در مقیاس زمانی دوپست ساله مشخص شد مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه با توجه به سیر تکاملی از مفهوم حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه به سه دوره مهم آلی، معدنی و تلفیقی در سطح جهانی تقسیم شده که متناظر با سه پارادایم کشاورزی سنتی، کشاورزی صنعتی و کشاورزی پایدار است. متناظر با سه دوره حاصلخیزی خاک و تغذیه جهانی، در ایران نیز سه دوره قابل تمایز است. تا پیش از اصلاحات ارضی، حاصلخیزی خاک بیشتر بر مصرف مواد آلی از راه مختلف استوار بود. از سال 1336 نخستین طرح حاصلخیزی خاک با تأکید بر مصرف کودهای شیمیایی با همکاری فائو از خوزستان آغاز شد. روند مصرف کودهای شیمیائی روز به روز افزایش یافت تا اکنون که به مرز حدود دو میلیون تن و در برخی از سال‌های گذشته به بیش از سه میلیون تن رسیده است. در این دوران همچون دوره دوم جهانی حاصلخیزی خاک، حفظ و ارتقاء مواد آلی خاک به عنوان قلب حاصلخیزی خاک توجه نشد. از دهه 70 شمسی با ایجاد «شورای عالی توسعه کاربرد

مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم» توجه به مصرف بهینه کودهای شیمیایی همراه با کودهای آلی افزایش یافت. البته درباره ماده آلی تنها تا حدودی فرهنگ‌سازی و ترویج انجام شد.

اسناد بالادستی کشور از قانون اساسی تا نقشه جامع علمی کشاورزی آشکار می‌سازد که توسعه پایدار کشاورزی و اعمال مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز و مناطق کشاورزی، روستایی و عشایری توسعه‌یافته و بهره‌برداری پایدار منابع به‌عنوان یکی از مهمترین راه‌های دستیابی به توسعه پایدار و توسعه موردنظر چشم‌انداز بیست‌ساله قلمداد شده است. اما مدیریت جامع و در اینجا مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه چیست؟

غالبیت پارادایم تولید گرایی با تاکید بر ارزش کالا انگاری¹ منابع طبیعی در دوران صنعتی و آشکار شدن اثرات جانبی منفی فشرده‌سازی کشت که در طول نیمه اول قرن بیستم افزایش یافته بود، نگرانی‌ها درباره تخریب محیط‌زیست را افزایش داده و غفلت از برخی جنبه‌ها در مدیریت کشاورزی و ناپایداری کشاورزی را مشخص نمود. این غفلت‌ها ریشه در تلقی از خاک، مواد آلی و شیوه مدیریت بخشی نگر و جزءنگر کشاورزی داشت. در کنار چالش‌های بالا در علوم زیستی و به ویژه زیست‌بوم پیشرفتهایی حاصل شد که جنبه‌های وابستگی موجودات به یکدیگر و نگرش سیستمی را ارتقاء داد. در این راستا در یک روند اتفاقاتی افتاد که فلسفه کشاورزی را تحت تأثیر قرار داد و به تدریج کشاورزی بیودینامیک، ارگانیک و سرانجام پایدار را شکل داد که در همه‌ی آنها توجه به ماده آلی خاک مقوله محوری است. در «خاک زنده» که بالفور (1944)، فلسفه کشاورزی ارگانیک را ارائه نمود فرضیه برجسته این بود که دلیل کاهش آشکار در سلامتی نسل بشر، کاهش سلامت گیاه است که خود ناشی از کاهش سلامت خاک است. فلسفه‌ای که او در کشاورزی ارگانیک پیشنهاد داد از پایه کل‌نگر بوده و برداشت وی این بود که «همه‌ی اشکال زندگی و همه‌ی مخلوقات به شکل جدایی‌ناپذیری ارتباط درونی دارند، به‌طوری‌که هر کاری را یک عضو انجام داده و یا انجام ندهد اثرش به دیگر اعضا منتقل می‌شود». این مفهوم به بهترین شکل در هرم زیستی آلبرشت نشان داده شده است. این هرم از چندین لایه ساخته شده که خاک به عنوان پایه و انسان در بالای هرم قرار دارد. لئوپلد جنگلبان

1 - Commodity value

آمریکائی و پایه‌گذار مبانی اخلاق اراضی¹ نیز در سال 1944 یادآور شد اراضی صرف خاک نبوده بلکه عبارت است از منشأ و منبع چرخه جریان انرژی از راه خاک، گیاه و حیوانات و در این برداشت، زنجیره‌ی غذا کانالی زنده است که انرژی را به سمت بالا (یا جلو) هدایت نموده، مرگ و تجزیه حیوانات و گیاهان، انرژی را به خاک باز می‌گرداند. از این‌رو، لئوپلد حاصلخیزی را توانائی خاک در دریافت، ذخیره و رهاسازی انرژی تعریف نمود. اما این زنده بودن و توانائی خاک در چه چیز نهفته است؟

با تأثیر توسعه علوم زیست‌بوم و نگرانی‌های یادآوری شده ظرفیت‌های علمی برای مطالعه مواد آلی خاک و جنبه‌های مرتبط با چرخه عناصر غذائی، و توجه به مطالعه مواد آلی خاک پس از جنگ جهانی دوم افزایش یافته و تلاش‌ها بر استفاده از منابع طبیعی تجدیدپذیر و درباره مدیریت حاصلخیزی خاک بر مدیریت ماده آلی و فرآیندهای زیستی متمرکز شد. در این راستا مفهوم جدید ماده آلی خاک به عنوان مخزن پویای زیستی تنظیم‌کننده انرژی، کربن، و عناصر غذائی پدیدار شد که با مفهوم حاصلخیزی تعریف شده برای کشاورزی ارگانیک توسط بالفور و لئوپلد به عنوان «ظرفیت خاک برای دریافت ذخیره و انتقال انرژی» هم‌گرایی دارد. فراتر از نقشی که کربن در تنظیم تغییرات جهانی اقلیم و چرخه عناصر غذائی دارد، ماده آلی خاک ارزش جدید دیگری در ارتباط با تأثیر بر محدوده وسیعی از موارد مانند: تولید غذا، چرخه عناصر غذائی، مدیریت آب، حفاظت و تنظیم اقلیم، انرژی، حفظ تنوع زیستی، تغییر و تحول و پویایی، مدیریت چشم‌انداز، و خدمات فرهنگی که به عنوان «خدمات زیست‌بوم» در برنامه ارزیابی زیست‌بوم هزاره نام گرفته، پیدا نمود. این خدمات در دسترس بودن آب و تنظیم کیفیت آن، فرسایش‌پذیری خاک، و ماده آلی خاک به‌عنوان یک منبع انرژی برای موجودات زنده خاک، اقدام به عنوان عامل کنترل زیستی آفات و بیمارگرهای گیاهان، دام و حتی انسان را نیز شامل می‌شود. بدین ترتیب می‌توان به نوعی گفت ذخیره کربن آلی خاک عامل اصلی خدمات‌دهی خاک و محور خدمات زیست‌بوم² است. این گسترش در علم مواد آلی، زمینه را برای مدیریت تلفیقی فراهم نمود. بدین ترتیب که مدیریت بهینه منابع خاک برای تأمین خدمات مداوم خود نیازمند مدیریت بهینه منابع آلی، نهاده‌های معدنی و ذخیره مواد آلی

1 - Land ethics

2 - Ecological services

خاک است. هر کدام از این منابع در فراهم نمودن کالا و خدمات به صورت انفرادی مشارکت نموده اما نکته‌ی مهم آن است که تعامل این سه منبع ارزش افزوده مانند عملکرد بیشتر گیاهان، بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک و یا کاهش هدر رفت عناصر غذایی به محیط‌زیست را سبب می‌شود. از سوی دیگر مشخص شد عوامل بسیاری مانند نگرش بهره‌برداران، اندازه زمین، مالکیت اراضی، نظام بهره‌برداری و وضعیت اقتصادی بهره‌بردار در کاهش حاصلخیزی خاک و بهره‌وری اراضی و کاهش مواد آلی خاک نقش دارند که می‌توان آنها را به دو دسته‌ی موانع تکنیکی و موانع اجتماعی - اقتصادی تقسیم نمود که بایستی لحاظ می‌شد. در گذار به پارادایم مدیریت جامع حاصلخیزی خاک طی دهه 1960 و 70، پارادایم استفاده از نهاده‌ها¹ نیروی محرکه‌ی برنامه پژوهش و توسعه بود. استفاده مناسب نهاده‌ها در قالب کودها، آهک، آب آبیاری برای تعدیل و رفع موانع تولید گیاهی در دستور کار قرار گرفت. از اواسط دهه 80 میلادی تا اواسط دهه 90 میلادی تغییر پارادایم به سوی مصرف توأمان نهاده‌های آلی و معدنی با تغییر در رویکرد به سوی دخیل نمودن بهره‌برداران مختلف در فرآیند پژوهش و توسعه با عنوان جنبش مشارکت همراه شد. چرا که مشخص شد، فرآیند تصمیم‌گیری کشاورزان، تنها تحت تأثیر خاک و اقلیم نبوده بلکه تحت تأثیر مجموعه عوامل بیوفیزیکی، اقتصادی - اجتماعی و سیاسی است، پنج حوزه‌ی سرمایه شامل (طبیعی، مصنوعی، مالی، انسانی و اجتماعی) که معیشت کشاورز را تشکیل می‌دهد، مبنای تصمیم‌گیری اوست و در نهایت با تأکید بر وابستگی بیشتر به فرایندهای بیولوژیکی، با ژرمپلاس‌های سازگار با شرایط خاک، تقویت فعالیت‌های بیولوژیک خاک با بهینه نمودن چرخه عناصر غذایی برای به حداقل رساندن مصرف توأمان نهاده‌های معدنی و آلی و بیشینه نمودن کارایی مصرف آنها، بهبود ژرمپلاس گیاهی و دخیل نمودن بهره‌برداران مختلف در فرایندهای پژوهش و توسعه فرموله شد. و در این چارچوب به دنبال تهیه بانک‌های اطلاعاتی و سیستم‌های تصمیم‌یار² است که کاربران با لحاظ پنج حوزه سرمایه (طبیعی، مصنوعی، مالی، انسانی، اجتماعی) و تعامل سه عامل نهاده معدنی، نهاده آلی و ذخیره ماده آلی خاک برای فراهم‌سازی خدمات و کالای مداوم منابع خاک براحتی تصمیم‌گیری نمایند.

1 - External Input Paradigm

2 - Decision Support System

مدیریت کوددهی به عنوان یکی از اجزای مدیریت جامع حاصلخیزی خاک اصول خود را بایستی با چارچوب توسعه پایدار کشاورزی هماهنگ نماید. از این رو، اصول مدیریت کوددهی در بستر آگرونومیکی وسیع تری که مدیریت نظام زراعی در آن تعریف می شود، قرار گرفته و بهترین اصول مدیریتی کوددهی که عبارت از به کارگیری منبع تغذیه ای درست با میزان، زمان و مکان درست است را با بهترین اصول مدیریتی آگرونومیکی تلفیق می نماید تا به اهداف مدیریت زراعی اعم از بهره وری، سودآوری، پایداری و سلامتی محیط زیست دست یابد.

با توجه به پیچیدگی مسائل و تشریح مدیریت جامع حاصلخیزی خاک در چارچوب توسعه پایدار کشاورزی که به دنبال تعامل و لحاظ ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی است، مشارکت بهره برداران یکی از مهمترین عوامل موفقیت مدیریت جامع حاصلخیزی خاک برشمرده شده و استفاده از رهیافت مشارکتی برای تشخیص، انتخاب و پذیرش کشاورزان و همه بهره برداران ضرورت می یابد. اصلاح نظام ترویج و بکارگیری رهیافت مدرسه در مزرعه¹ می تواند به شکل مؤثری موجب افزایش دانش، مهارت و قدرت تصمیم گیری کشاورزان در مدیریت عناصر غذایی و خاک شود و توان کشاورزان برای پاسخ مناسب به تغییرات عوامل مؤثر در تولید و بهبود توسعه و پذیرش تکنولوژی ارتقاء دهد. مروری بر سیر تکاملی نظام تحقیقات کشاورزی برای لحاظ چالش های برشمرده بیانگر آن است که در این مسیر تکاملی از مدل های خطی تحقیق و ترویج تا رویکردهای نوین، سعی دارد بهره برداران مرتبط را در فرایند تحقیق، آموزش و ترویج دخیل نموده و کارایی سیستم را بهبود دهد و رویکرد جدید کشاورزی نوآورانه² و تحقیقات کشاورزی تلفیقی برای توسعه پیشنهاد شده است.

با توجه به همه مباحث بالا، محدوده ی مدیریت جامع حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه تبیین و چنین تعریف می شود: مدیریت جامع حاصلخیزی خاک در پارادایم توسعه پایدار که به دنبال ایجاد هماهنگی میان سه رکن توسعه اقتصادی، برابری اجتماعی و حفظ محیط زیست بوده و الگوئی از توسعه است که از زمین، آب، منابع ژنتیکی گیاهی و جانوری حفاظت می کند، از لحاظ زیست محیطی بدون تخریب، از نظر فنی مناسب و به جا،

1 - Farmer Field Schools

2 - Innovative agriculture

از نظر اقتصادی معقول و معتبر و از نظر اجتماعی مقبول باشد و ذیل مدیریت جامع منابع طبیعی که فرایندی است سیستماتیک که جنبه‌های بیوفیزیکی، اجتماعی-سیاسی و اقتصادی بهره‌برداری از منابع طبیعی را برای اهداف تولیدی و دیگر بهره‌برداران اعم از امنیت غذا، سودمندی، مواجهه با مخاطرات و همچنین اهداف جوامع اعم از کاهش فقر، رفاه نسل‌های آتی و حفاظت محیط‌زیست مدنظر قرار می‌دهد و هم‌زمان تلاش می‌کند همه بهره‌برداران را از مرحله طراحی مشارکت داده و تعارضات آتی را کاهش دهد، تعریف می‌شود. در این مدیریت اولاً خاک موجودی زنده است و سلامت خاک پایه‌ی سلامت گیاه و سلامت بشر قرار گرفته و با این نگرش که همه اشکال زندگی و همه مخلوقات به گونه جدایی‌ناپذیری ارتباط درونی دارند، به‌طوری که هر کاری را یک عضو انجام داده و یا انجام ندهد اثرش به دیگر اعضاء منتقل می‌شود در هرم زیستی خاک به عنوان پایه و انسان در بالای هرم قرار گرفته یا به تعبیر جامعه‌زیستی لئوپلد "حاصلخیزی توانایی خاک در دریافت، ذخیره و رهاسازی انرژی تعریف می‌شود و این زنده بودن و توانایی خاک در ماده آلی خاک تجلی می‌یابد که با تلقی جدید از آن به عنوان مخزن پویای زیستی تنظیم‌کننده انرژی، کربن، و عناصر غذایی، خدمات زیستی خاک و خدمات زیست بوم را حمایت نموده و در حفظ این توانمندی آگاهی بهره‌برداران اعم از کشاورز، محقق، مروج و سیاستگذار، که شهروند زیستی این جامعه‌زیستی هستند با چنین تلقی در تعامل با یکدیگر مشارکت نموده و از آغاز طراحی مسائل تا اجرا و نظارت، پایش و مشارکت نموده و امور زراعی و باغی مانند تغذیه گیاه را در بستر آگرونومیک و لحاظ چهار هدف بهره‌وری، سودآوری، پایداری نظام زراعی و محیط مناسب بیوفیزیکی و اجتماعی موجبات تحقق اهداف توسعه پایدار را فراهم می‌آورند.

با این تعریف نظام آموزش، تحقیق، ترویج و اجرای کشور نیازمند بازنگری خود در راستای تطابق با تعریف فوق بوده تا بتواند با نگرشی سیستمی و مشارکت همه بهره‌برداران اعم از سیاستگذار، پژوهشگر، مروج، کارشناس، کشاورز، بهره‌بردار و مصرف‌کننده از سطح محلی تا منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی در یک شبکه منسجم سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مسائل حاصلخیزی و تغذیه گیاه اراضی کشاورزی کشور را شناسایی کرده و انعطاف‌پذیری لازم را در پاسخ به مسائل رو به گسترش نام برده شده داشته باشد. در این راستا، شناسایی و پایش مداوم شاخصه‌های خاک در مقیاس مدیریت‌پذیر، بکارگیری آزمون خاک و آزمون‌های

گیاهی، تمرکز بر تنش‌های غیر زنده (شوری، خشکی، سرما و گرما)، استقرار کشاورزی حفاظتی در مناطقی که امکان آن باشد، حفظ و ارتقاء مواد آلی، بهبود کارایی عناصر غذایی و کارایی کود، استانداردسازی و کنترل کیفی نهادهایی که به طرق مختلف راهی مزرعه می‌شوند برای تضمین سلامتی محصول و تنظیم سامانه‌های خبره انتقال اطلاعات به کاربران، راهبردهایی است که در عملیاتی نمودن مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه بدست آمد. سرانجام برای عملیاتی و اجرایی شدن محورهای احصاء شده و پیشنهادی دو برنامه مشتمل بر طرح کلان و طرح‌های مربوطه تنظیم شد. به دلیل اهمیت مواد آلی به عنوان قلب حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، مجموعه محورهای مرتبط با مواد آلی در قالب یک برنامه با عنوان "شناخت و مدیریت کربن آلی خاک" و دیگر محورها در قالب برنامه "شناخت و مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه" تدوین شد.

کلمات کلیدی: پایداری، پارادایم تلفیقی حاصلخیزی خاک، شناسایی حاصلخیزی خاک، مدیریت حاصلخیزی خاک، کربن آلی، تنش‌های غیرزنده، کشاورزی حفاظتی، کارایی عنصر غذایی.