



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

کودها و استفاده‌ی کارا از آنها

تألیف

جونپور هارولد اف. ریتز

مترجمان

فرهاد مشیری، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج
سید مجید موسوی، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج



سرشناسه	ریتز، هرولد اف، 1948-2022م. Reetz, Harold F., 1948-2022
عنوان و نام پدیدآور	کودها و استفاده‌ی کارا از آن‌ها/تالیف جونیور هارولد اف. ریتز؛ مترجمان فرهاد مشیری، سید مجید موسوی؛ ویراستار علمی ناص دواتگر؛ ویراستار ادبی زهرا محمدی
مشخصات نشر	کرج: موسسه تحقیقات خاک و آب، 1401.
مشخصات ظاهری	142 ص.: مصور (رنگی)، جدول (رنگی)، نمودار (رنگی).
شابک	978-622-6705-29-5
وضعیت فهرست نویسی	فیپا
یادداشت	عنوان اصلی: Fertilizers and Their Efficient Use
یادداشت	کتابنامه: ص. 140-142.
موضوع	کود Fertilizers کود -- کاربرد Fertilizers--Application
شناسه افزوده	مشیری، فرهاد، 1354-، مترجم
شناسه افزوده	موسوی، سید مجید، 1362-، مترجم
شناسه افزوده	دواتگر، ناصر، 1339-، ویراستار
شناسه افزوده	Davatgar, Naser
شناسه افزوده	موسسه تحقیقات خاک و آب
شناسه افزوده	Soil & water research institute
رده بندی کنگره	S633
رده بندی دیویی	631/8
شماره کتابشناسی ملی	9078132
اطلاعات رکورد کتابشناسی	فیپا

مشخصات اثر

عنوان: کودها و استفاده‌ی کارا از آن‌ها
مولف: جونیور هارولد اف. ریتز
مترجمان: فرهاد مشیری و سید مجید موسوی
ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات سنا
کارشناس انتشارات: سمانه پورمنصور
ویراستار علمی: ناصر دواتگر
ویراستار ادبی: زهرا محمدی
طراح جلد: راضیه محمدی
شابک: 978-622-6705-29-5
سال انتشار: 1401
نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

این اثر با شماره 3140152 در تاریخ 1401/10/19 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

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

کد پستی: 3177993545

صندوق پستی: 311-31785

تلفن: 026-36201900

نمابر: 02636210121

پست الکترونیکی: info@swri.ir

وبسایت: http://www.swri.ir

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

یک راهنمای مرجع برای بهبود آگاهی عمومی از بهترین شیوه‌های مدیریت استفاده از کود در سراسر جهان برای افزایش تولید محصول، بهبود سودآوری مزرعه و بهره‌وری منابع و کاهش اثرات زیست محیطی مربوط به استفاده از کود در تولید محصولات زراعی.

اتحادیه بین‌المللی صنایع کود¹

پاریس، فرانسه، 2016

نامگذاری‌ها و بیان مطالب در این منبع اطلاعاتی، بیانگر هیچگونه نظری در بخش‌ها و اعضای اتحادیه بین‌المللی صنایع کود شامل مسائل مربوط به وضعیت حقوقی هر کشور، قلمرو، شهر یا منطقه یا مقامات آن و یا مرزها و سرحدات آن نیست.

¹- International Fertilizer Industry Association (IFA)

کودها و استفاده کارا از آنها

Harold F. Reetz, Jr.

ویرایش اول، IFA، پاریس، فرانسه، می 2016

تمامی حقوق برای IFA محفوظ است.

ISBN 979-10-92366-04-4



International Fertilizer Industry Association

28, rue Marbeuf

75008 Paris

France

Tel: +33 1 53 93 05 00

Fax: +33 1 53 93 05 45/ 47

publications@fertilizer.org

www.fertilizer.org

Twitter: [fertilizernews](https://twitter.com/fertilizernews)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
أ.....	پیشگفتار مترجمان.....
ت.....	درباره کتاب.....
ج.....	درباره نویسنده.....
خ.....	سپاسگزاری.....
ذ.....	فهرست واژگان اختصاری، سرواژه‌ها و نمادها.....
ز.....	خلاصه اجرایی.....
1.....	مقدمه.....
3.....	چرا کودها استفاده می‌شوند؟.....
6.....	حاصلخیزی خاک و بهبود آن.....
9.....	عناصر غذایی ضروری.....
14.....	نیتروژن (N).....
27.....	فسفر (P).....
35.....	پتاسیم (K).....
41.....	عناصر غذایی ثانویه.....
44.....	عناصر غذایی کم‌مصرف.....
47.....	دیگر عناصر غذایی.....
47.....	مصرف کود.....
52.....	افزایش کارایی استفاده از کود.....
54.....	کودهای آلی.....
59.....	رویکردهای توصیه کودی.....
66.....	پتانسیل تأمین عناصر غذایی خاک‌ها.....
68.....	آزمون خاک.....

73	تجزیه گیاه
82	سنجش از دور
84	سیستم‌های ماهواره‌ای
85	نقشه‌برداری توانایی هدایت الکتریکی خاک در مزارع کشاورزی
88	تأثیر میکروبیولوژی خاک بر روی مدیریت عناصر غذایی گیاه
90	مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه (IPNM)
92	مدیریت امانت‌مدار عنصر غذایی
103	کشاورزی دقیق و مدیریت مکان-ویژه‌ی عناصر غذایی
114	کارایی استفاده عناصر غذایی (NUE)
121	بودجه‌بندی و بیلان عناصر غذایی
124	پلات‌های حذفی و آزمایش‌های مزرعه‌ای طولانی مدت
126	اقتصاد مصرف کود
127	آزمایش‌های مزرعه‌ای مدیریت عناصر غذایی
135	جنبه‌های زیست‌محیطی استفاده از کود
136	تجارت عناصر غذایی
137	امنیت ارزش غذایی
138	نتیجه‌گیری
137	منابع

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول 1- عناصر غذایی معدنی سودمند و ضروری برای گیاهان.....	11
جدول 2- اثر اسیدی شدن چند کود نیتروژنی منتخب.....	25
جدول 3- عناصر غذایی کم‌مصرف ضروری برای رشد گیاه و برخی از منابع و مشخصات آنها.....	45
جدول 4- اجزای سیستم امانت‌مدار عنصر غذایی.....	93
جدول 5- محاسبه و تعریف شاخص‌های مورد استفاده برای کارایی استفاده‌ی عناصر غذایی.....	117
جدول 6- بیان عناصر غذایی برای برخی ایالت‌های منتخب آمریکا.....	122

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل 1- یک کشاورز آفریقایی در جلسه‌ی سازمان ملل در نیویورک در حال نشان دادن اثر کود بر رشد ذرت، 24 آوریل 2000.....1
- شکل 2- جنبه‌های مختلف مدیریت تغذیه گیاهی بخشی از نظام‌های کشاورزی تلفیقی هستند.....3
- شکل 3- تشبیه قانون حداقل لیبیگ به بشکه. از میان عناصر بررسی شده، نیتروژن کوتاه‌ترین طول نوار عمودی را دارد، که این نشان‌دهنده‌ی این است که نیتروژن عنصر محدودکننده است.....4
- شکل 4- "آبشار نیتروژن" تشریح‌کننده‌ی تعامل میان شکل‌های متنوع نیتروژن در چرخه‌ی نیتروژن.....16
- شکل 5- چرخه‌ی نیتروژن - تبادل پویا میان شکل‌های متنوع نیتروژن در سیستم خاک - گیاه - جو (IPNI).....17
- شکل 6- توزیع عددی شکل‌های فراوان نیتروژن در چرخه‌ی نیتروژن.....18
- شکل 7- نیاز به کود تکمیلی نیتروژن بستگی به آب و هوای اوایل فصل رشد دارد.....22
- شکل 8- چرخه‌ی فسفر. فسفر در انواعی از شکل‌ها در خاک و گیاهان وجود داشته و پیایی در بین این شکل‌ها در حال چرخش است (IPNI).....28
- شکل 9- یک تصویر طرح وارده ساده از چرخه‌ی فسفر (IFA).....29
- شکل 10- مقادیر نسبی فسفر یافت شده در شکل‌های مختلف در گیاه، خاک، اتمسفر و محیط زیست.....29
- شکل 11- رابطه‌ی میان شکل‌های مختلف فسفر در خاک. بسته به شرایط، مانند تغییر در PH خاک و غلظت فسفر، مقادیر نسبی فسفر در هر شکل تغییر خواهد کرد.....33
- شکل 12- تشریح رفتار پتاسیم در موقعیت‌های تعادلی مختلف در خاک. به مجرد این‌که پتاسیم بوسیله‌ی گیاهان جذب می‌شود، تعادل به سمت آزادسازی پتاسیم بیشتر به داخل محلول خاک جابجا می‌شود.....36
- شکل 13- مقادیر نسبی پتاسیم در شکل‌های مختلف در سیستم خاک-گیاه-حیوان.....37

- شکل 14- چرخه پتاسیم. پتاسیم به آسانی از مواد گیاهی مرده شسته می‌شود، زیرا K^+ هیچ‌گونه ترکیب شیمیایی در گیاهان تشکیل نمی‌دهد (IPNI)..... 39
- شکل 15- نمودار سازگاری برای ادغام کودهای مایع..... 51
- شکل 16- فراهمی عناصر غذایی مختلف با تغییرات PH. ضخامت نوار مربوط به هر عنصر غذایی نشان‌دهنده‌ی فراهمی نسبی آن در سطوح مختلف PH است..... 59
- شکل 17- روش انباشت و نگهداشت برای مدیریت عنصر غذایی (IPNI)..... 63
- شکل 18- الگوهای نمونه‌برداری متناوب خاک برای توصیف تغییرپذیری سطوح عناصر غذایی خاک در یک مزرعه (IPNI)..... 69
- شکل 19- سه نوع مختلف از ابزارهای نمونه‌برداری خاک (IPNI)..... 71
- شکل 20- نمونه‌بردارهای هیدرولیکی که بر روی یک وانت نصب شده‌اند به کاهش حجم کار در جمع‌آوری نمونه‌های خاک، به ویژه برای نمونه‌برداری عمیق کمک می‌کند..... 72
- شکل 21- سیستم نمونه‌برداری اتوماتیک فالکن شامل یک گردونه‌ی فولادی محکم با یک مته‌ی خاک متصل‌شده که با چرخیدن در امتداد مزرعه نمونه‌برداری، بسته‌بندی و برچسب‌زنی می‌کند و اطلاعات مکان نمونه را به شبکه اینترنتی منتقل می‌نماید..... 73
- شکل 22- مته‌های فولادی محکم شیاردار (با طول 4 تا 12 اینچ) با یک نوک قابل تعویض، یک نمونه‌ی خاک را در هر دور چرخش گردونه جمع‌آوری می‌کند..... 73
- شکل 23- معرفی کمبودهای رایج عناصر غذایی مهم در گیاهان..... 76
- شکل 24- برخی نشانه‌های کمبود عناصر غذایی و آسیب به برگ‌های ذرت دانه‌ای..... 77
- شکل 25- کارت رنگ برگ (LCC) برای عنصر نیتروژن در برنج..... 78
- شکل 26- کلروفیل‌متر ابزاری برای تخمین "سبزی‌نگی" برگ‌ها و شاخصی از مقدار نسبی نیتروژن است..... 79
- شکل 27- تصویری از سیستم در حال استفاده در مزرعه..... 80
- شکل 28- کارافزار FIELDSCOUT GREENINDEX برای مدیریت نیتروژن به همراه صفحه رنگ مرجع..... 82
- شکل 29- تصویر پردازش شده بر اساس عکس هوایی در مقایسه با نقشه‌ی پایش عملکرد در زمان برداشت، نشان می‌دهد که مناطق دچار کمبود نیتروژن مشخص شده در عکس هوایی در آغاز فصل به طور دقیقی کاهش عملکرد را پیش‌بینی کرده است..... 83
- شکل 30- دستگاه نمونه‌برداری برای تعیین توانایی هدایت الکتریکی (EC) نمونه‌های خاک..... 86

- شکل 31- مقایسه نقشه‌ی توانایی هدایت الکتریکی خاک با نقشه‌ی عملکرد ذرت دانه‌ای، نشان می‌دهد که تغییرپذیری EC به خوبی تغییرات عملکرد را پیش‌بینی می‌نماید..... 88
- شکل 32- زندگی میکروبی در منطقه‌ی تماس ریشه/ خاک 89
- شکل 33- چارچوب جهانی برای چهار اصل مدیریت امانت‌دار عنصر غذایی..... 94
- شکل 34- شاخص‌های کارایی، جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی کارایی سیستم گیاه - خاک - اقلیم را منعکس می‌کند. انتخاب و اولویت آنها به بهره‌برداران بستگی دارد 95
- شکل 35- نمونه‌ای از یک نوع آزادسازی کنترل‌شده‌ی گرانول کود و مکانیسم آزادسازی عنصر غذایی از پوشش..... 97
- شکل 36- اثرات مقدار عرضه عناصر غذایی در گندم، نمایش اثرات بالقوه‌ی کمبود و سمیت ناشی از کاربرد مقدار نامناسب عناصر غذایی..... 98
- شکل 37- جذب نیتروژن توسط ذرت در مراحل مختلف رشد و منطقه‌ی تجمع در گیاه..... 100
- شکل 38- نمایش اثر روش‌های مختلف جایگذاری کود بر روی حرکت عناصر غذایی در داخل خاک 102
- شکل 39- حجم پروفیل خاک کود داده شده با روش‌های جایگذاری مختلف 102
- شکل 40- نمایش شیوه‌ها و فناوری‌های مختلف که به طور معمول با سیستم‌های کشاورزی دقیق مرتبط هستند 105
- شکل 41- سه مرحله‌ی مدیریت مکان -ویژه‌ی عناصر غذایی در گیاه برنج در آسیا (IRRI). 110
- شکل 42- نقشه‌های تغییرات عناصر غذایی قابل استفاده خاک، درصد آب خاک، و درصد ماده آلی خاک از مکان‌های نمونه‌برداری در یک مزرعه‌ی 156 هکتاری..... 111
- شکل 43- نقشه تغییرات عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و وزن دانه (گرم) در منطقه‌ی مطالعه شده..... 112
- شکل 44- توزیع مکانی جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم در منطقه مطالعه شده..... 112
- شکل 45- طرح کلی تحلیل اقتصادی استفاده از کود..... 127
- شکل 46- نمونه‌ای از طراحی کرت و نتایج عملکرد محصول در آزمایش مقایسه‌ی دو منبع مختلف نیتروژن..... 129
- شکل 47- نمونه‌ای از طراحی کرت برای مقایسه‌ی مزرعه‌ای سطوح نیتروژن با 6 سطح و 4 تکرار..... 130
- شکل 48- دستگاه کاربرد کود در مقدارهای متغیر برای ایجاد کرت‌های توضیح داده شده در شکل 47..... 131

- شکل 49- نقشه کرت‌های مصرف سرک نیتروژن، داده‌های پایش عملکرد و میانگین عملکرد کرت‌ها، داده‌های پایش عملکرد با داده‌های نیتروژن مصرف‌شده مقایسه شد. 132
- شکل 50- برنامه محاسباتی پاسخ محصول زراعی به عنصر غذایی برای مقایسه‌ی اثر مقدار نیتروژن در آزمایش کرت کوچک 133

پیشگفتار مترجمان

خاک منبع اصلی تامین عناصر غذایی برای رشد و نمو گیاهان است. حفظ و افزایش حاصلخیزی خاک به مفهوم فراهم نمودن شرایط مناسب برای جذب عناصر غذایی، نقش موثری در پایداری تولید محصولات کشاورزی برعهده دارد. از دیر باز کودها برای بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک و افزایش رشد گیاهان استفاده شده است. در این بین افزایش کارایی استفاده‌ی کودها از لحاظ اقتصادی و زیست‌محیطی اهمیت ویژه‌ای دارد. خوشبختانه کتاب‌های بسیاری در زمینه اهمیت و نقش عناصر غذایی در بهبود رشد و کیفیت گیاهان نگارش شده است که می‌تواند به عنوان کتاب‌های مرجع برای مراجعه دانشجویان و کارشناسان حوزه مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه سودمند باشد. کتاب حاضر از انتشارات اتحادیه بین‌المللی صنایع کود به دلیل ساده‌سازی مفاهیم مرتبط با چرخه عناصر غذایی و مدیریت‌های مختلف کاربرد کودها برای ترجمه انتخاب شده است. نویسندگان این کتاب کارشناسی خبره و با تجربه در عرصه عملی کاربرد کودها در مزارع است. ایشان کوشیده است تا دانسته‌ها و یافته‌های عملی خود را با مفاهیم تئوری موجود در هم آمیخته و مجموعه‌ای کاربردی در زمینه مدیریت کاربرد کودها در اختیار خوانندگان قرار دهد.

در این کتاب به فلسفه‌ها و رویکردهای کوددهی بر مبنای آزمون خاک، چارچوب جهانی مدیریت امانتدار عناصر غذایی، مدیریت تلفیقی کودها و مدیریت مکان-ویژه عناصر غذایی اشاره شده است که می‌تواند شالوده کار کارشناسان توصیه کودی و مروجین قرار گیرد. از سوی دیگر روش‌ها و ابزارهای جدید برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان و کاربرد مکان‌ویژه کودها از نقاط برتری این کتاب محسوب می‌شود.

در جایگزینی واژه‌ها تا آنجا که امکان داشت از واژه‌های فارسی سود جسته و در زمینه واژه‌هایی که برابر فارسی نداشت از رایج‌ترین واژه‌های موجود استفاده شده است. در این کتاب کوشیده‌ایم که به جای برگردان لغت به لغت، بر انتقال مفاهیم و منظور نویسندگان به خواننده فارسی زبان تمرکز داشته باشیم. تمام تلاش خود را به کار گرفته‌ایم که ترجمه کتاب بی‌نقص و کم اشتباه انجام شود. اما با فروتنی از همه خوانندگان گرامی کتاب خواهشمندیم بر ما منت نهاده و با یادآوری ایرادها ما را یاری دهند تا چنانچه چاپ دیگری در کار باشد آنها را برطرف نماییم.

در پایان از ناشر محترم به خاطر همکاری‌های بی‌دریغ و راهنمایی‌های مشفقانه که
منجر به چاپ و توزیع مناسب این کتاب شد کمال تشکر و قدردانی را دارد. امیدواریم
این کتاب کم‌حجم بتواند به عنوان یک راهنما به ویژه برای کارشناسان و محققین
توصیه‌کودی سودمند واقع شود. ان شاء الله.

فرهاد مشیری و سید مجید موسوی

دی ماه 1400

درباره کتاب

کتاب حاضر به عنوان یک راهنمای مرجع برای مردم سراسر جهان که نیاز به شناخت کلی از کودها و اینکه چگونه کودها به کارآمدترین روش برای حفظ یا بهبود باروری خاک، عملکرد محصول، سود کشاورزان و خدمات زیست‌محیطی استفاده شوند در نظر گرفته شده است. تمرکز این کتاب پیرامون امانتداری عناصر غذایی است که مدیریت عناصر غذایی را از دیدگاه‌های اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی بررسی می‌کند.

پایه و اساس اثر حاضر بیان کلیات و خلاصه‌ای از منابع و کارکردهای 17 عنصر غذایی ضروری گیاه است. در این کتاب، رویکردهای کلی مدیریت عناصر غذایی خاک شامل نگهداشت، انباشت، و حد کفایت تشریح می‌شوند. با نشان دادن چند نمونه‌ی مهم، ویژگی‌ها و مدیریت مصرف عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم (به دلیل نیاز زیاد به مصرف کودهای دارای این عناصر) به دقت بحث و ویژگی‌های عناصر غذایی ثانویه و عناصر کم‌مصرف نیز کوتاه مرور می‌شوند.

این کتاب برای اثبات اهمیت شناخت نقش روش‌های توسعه‌یافته‌ی مدیریتی در استفاده‌ی کارآمد از کود ضروری است. این کتاب راهنمای "چگونه/ چطور ...؟" نیست، بلکه بیشتر راهنمایی برای پاسخگویی به "چرا ...؟" برای مدیریت عناصر غذایی است.

چارچوب جهانی مدیریت عناصر غذایی (چهار اصل کوددهی) برای نشان دادن شیوه‌ی تعامل جنبه‌های زراعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی مصرف کود و چگونگی تأثیر تغییرات در شیوه‌های مدیریتی در تمامی این حوزه‌ها است. جزئیات هر کدام از بخش‌ها به همراه برخی از شاخص‌های اجرایی که می‌توانند برای پایش و ارزیابی این شیوه‌های مدیریتی استفاده شوند. توسعه‌ی کشاورزی دقیق و مکان ویژه در طول دو دهه‌ی گذشته، سبب بهبود قابل توجه مدیریت عناصر غذایی، توانایی ما در اجرای مدیریت امانت‌مدار عناصر غذایی، و ابزارهای پایش و ارزیابی نتایج بدست آمده از این مدیریت‌ها شده است. فناوری و نقش آن در اقتصادهای توسعه یافته و در حال توسعه، یک مولفه‌ی حیاتی برای بهبود مدیریت عناصر غذایی محسوب می‌شود. استفاده از حسگرها، از انواع دستی تا تصاویر ماهواره‌ای، بسترهای جدیدی را برای مصرف دقیق عناصر غذایی ایجاد کرده است. فرمول‌بندی جدید کودی و افزودنی‌های مختلف، انواع گوناگون کود را ایجاد نموده است که با آن‌ها کشاورز و مشاوران می‌توانند یک برنامه

مدیریت تلفیقی عناصر غذایی را به کار بگیرند.

کارایی استفاده از عناصر غذایی¹ (NUE) به همراه کلیاتی از تعاریف مختلف، آن و نوع داده‌ها و فرآیندهای تحلیلی که برای ارزیابی کارایی استفاده از عناصر غذایی بخش اصلی این کتاب نیاز است. روش‌ها و رویکردهای استفاده شده توسط سازمان‌های دولتی، دانشگاهیان، صنعت، سازمان‌های غیر دولتی و کشاورزان بحث می‌شود. همچنین روش مدیریت مکان-ویژه عناصر غذایی توسط موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (IRRI)² که برای برنج ارائه شده، مرور می‌شود.

داشتن داده‌ها و اطلاعات درست یک عامل مهم در استفاده‌ی کارآمد از کود است. جمع‌آوری داده‌ها، مدیریت و تفسیر آن با تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی مناسب و ارتباط با مشاورین و بهره‌برداران مختلف، یک برنامه‌ی منسجم کودی را ارائه می‌دهد.

کشاورزان، مشاوران، تأمین‌کنندگان نهاده‌های مصرفی می‌توانند از مطالب این کتاب برای تصمیم‌گیری‌های آگاهانه درباره مدیریت عناصر غذایی گیاهان بهره ببرند. مرور این مفاهیم به سازمان‌های دولتی و سازمان‌های غیردولتی در درک بهتر "چرا...؟" در مدیریت عناصر غذایی کمک خواهد کرد. افزون‌براین، این اطلاعات می‌توانند برای کمک به جامعه‌ی غیرکشاورزی در شناخت بهتر اهمیت کود برای رفاه آن‌ها در تأمین غذا، خوراک، فیبر و سوخت مبتنی بر کشاورزی پایدار و پویا در سراسر جهان کمک نماید.

حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه یک نظام پویا را تشکیل می‌دهند. در حالی که این نظام برای بیش از 100 سال مطالعه شده است، هنوز موارد بسیاری وجود دارد که باید شناسایی شود. همچنان‌که، نیازهای جهانی برای تولید محصول به مرور زیاد می‌شود، تنظیم دقیق سامانه‌های مدیریت عناصر غذایی اهمیت بیشتری می‌یابد. نیاز است مشارکت زیست‌شناسی خاک و تعاملات بین گیاهان و میکروب‌ها در صورت امکان بهتر شناخت و مدیریت شوند. تلاش شده است تا این تعاملات معرفی شده و شیوه‌ی مدیریت آن‌ها برای بهبود تغذیه‌ی گیاهان آموزش داده شود. همچنین، امانت‌داری زیست‌محیطی مرتبط با مدیریت تغذیه گیاه با تصمیم‌گیری درباره نوع کود، مقدار، زمان‌بندی و محل مصرف بحث شده است.

¹- Nutrient use efficiency

²- International Rice Research Institute

درباره نویسنده

دکتر هارولد ریتز (Harold F. Reetz, Jr) یک مشاور کشاورزی و مالک شرکت Reetz Agronomics, LLC است. این شرکت خدمات مشاوره‌ای در زمینه‌ی زراعت، نظام‌های تولید محصول با عملکرد بالا، فن‌آوری کشاورزی دقیق، سیستم‌های حفاظتی و تحقیقات در مزرعه را ارائه می‌دهد. دکتر ریتز بیشتر دوره‌ی فعالیت خود را در موسسه بین‌المللی تغذیه گیاه (موسسه سابق پتاسیم و فسفر) به عنوان مجری ایالت‌های شرقی و مرکزی آمریکا و مدیر پشتیبانی خارجی و بنیاد تحقیقات زراعی (FAR)¹ گذرانده است و به مدت پنج سال به عنوان رییس بنیاد تحقیقات زراعی نیز فعالیت کرده است. دکتر ریتز در دوره‌ی حرفه‌ای خود بر روی سامانه‌های مدیریت تلفیقی خاک و گیاه برای تولید محصول با عملکرد بالا، ارتقای فناوری‌های مدیریت تغذیه گیاه و کشاورزی دقیق متمرکز شده است. وی به عنوان مجری پروژه‌ی جهانی گیاه ذرت در موسسه بین‌المللی تغذیه گیاه برای بهبود نظام فشرده تولید محصول با عملکرد زیاد در همه مناطق عمده تولید ذرت در جهان فعالیت داشته است. در سال 1995، دکتر ریتز سری کنفرانس‌های InfoAg را پایه‌ریزی کرد که هدف آن مدیریت بین‌المللی و شبکه‌ای در استفاده از کشاورزی دقیق و فناوری‌های مدیریت اطلاعات در سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی بود.

دکتر ریتز فارغ‌التحصیل دانشگاه ایلی‌نویز (مقطع کارشناسی، 1970) و دانشگاه پوردو (کارشناسی ارشد، 1972 و دکتری، 1976) است. دوره‌ی حرفه‌ای وی شامل مسئولیت‌های زیر است:

1974-1982- دانشگاه پوردو- مروج تولید ذرت؛ پژوهشگر تولید ذرت با عملکرد زیاد و مدلسازی رشد گیاه؛ آموزش تولید محصول

1982-2004- موسسه پتاسیم و فسفات² (PPI)- مدیر ایالت‌های شرقی و مرکزی آمریکا

2004-2007- بنیاد تحقیقات زراعی³ (FAR)- رئیس

2007-2010- موسسه بین‌المللی تغذیه گیاه⁴ (IPNI)- مدیر پشتیبانی خارجی و

بنیاد تحقیقات زراعی

¹- Foundation of Agronomic Research

²- Potash & Phosphate Institute (PPI)

³- Foundation for Agronomic Research (FAR)

⁴- International Plant Nutrition Institute (IPNI)

2010- تاکنون - مالک و رییس شرکت Reetz Agronomics, LLC

وی یک کارشناس خبره در علوم زراعی و مشاور شناخته شده در حوضه گیاهان زراعی است.

دکتر ریتز، عضو فعال در انجمن زراعت آمریکا¹ (ASA)، انجمن علوم گیاهان زراعی² (CSSA)، و انجمن علوم خاک آمریکا³ (SSSA) و دارای چندین مسئولیت مدیریتی در 40 سال گذشته بودند. وی یکی از بنیان‌گذاران برنامه‌ی مشاوره تخصصی گیاهان زراعی گواهی شده⁴ (CCA) بوده و چندین سال در هیئت مدیره‌ی و همچنین رئیس هیئت مدیره‌ی این نهاد فعالیت داشته و جایزه‌ی خدمات برجسته‌ی CCA را دریافت کرد. وی جایزه‌ی خدمات زراعی و جایزه‌ی صنایع زراعی انجمن زراعت آمریکا و جوایز بسیار دیگری را به پاس خدماتی که به حرفه‌ی کشاورزی و خدمات عمومی ارائه نموده، دریافت کرده است.

در حال حاضر برخی از پروژه‌ها و فعالیت‌های مشاوره‌ای وی مرتبط با مرکز حفاظت فناوری اطلاعات⁵ (CTIC)، آزمایشگاه‌های ملی آرگون و چندین شرکت فناوری و زراعی - تجاری آمریکایی و بین‌المللی است که مدیریت کارآمدتر عناصر غذایی، کشاورزی دقیق و توسعه‌ی فناوری جدید را حمایت و پشتیبانی می‌کنند.

¹- American Society of Agronomy

²- Crop Science Society of America

³- Soil Science Society of America

⁴- Certified Crop Adviser

⁵- Conservation Technology Information Center

سپاسگزاری

مایه‌ی مسرت و خوشحالی است که مراتب قدردانی خود را از:

- پاتریک هیفر¹، اتحادیه بین‌المللی صنایع کود (IFA)
- آنجلا اولیگاریو²، اتحادیه بین‌المللی صنایع کود (IFA)
- کلودین آهولو-پوتز³، اتحادیه بین‌المللی صنایع کود (IFA)- برای صفحه‌آرایی
- هلن گینت⁴، اتحادیه بین‌المللی صنایع کود (IFA)- برای ترسیم و تهیه نمودارها

و شکل‌ها

- لوک مائن⁵، مدیر کل سابق اتحادیه بین‌المللی صنایع کود (IFA) ابراز نمایم.

می‌خواهم مراتب ویژه‌ی تشکر خود را از بیجای سینگ⁶ (دانشگاه کشاورزی پنجاب، هند) برای همکاری در داوری این اثر و ارائه‌ی نظرات ارزشمند در ارتقای سطحی کیفی آن برای امکان استفاده دامنه وسیعی از مخاطبان در سراسر جهان، ابراز نمایم.

از تمام حمایت‌های همسرم، کریس، در زمانی که من مشغول بررسی منابع جامع بر روی نقش کود در مدیریت عناصر غذایی خاک و گیاه و استفاده از این اطلاعات به همراه تجارب خود، با هدف تهیه‌ی یک راهنمای عملی برای استفاده موثر و کارآمد از مواد مغذی گیاهی برای بهره‌بردار بودم، سپاسگزارم.

از همه‌ی کسانی که با مهربانی عکس‌ها را در اختیار بنده قرار دادند، چه عکس‌هایی که در این کتاب استفاده شد و چه آن‌هایی که استفاده نشده، تشکر می‌کنم. از کارکنان موسسه بین‌المللی تغذیه گیاه برای ارائه‌ی توضیحات و ایده‌های بسیار استفاده شده در این کتاب تشکر می‌کنم.

از اتحادیه بین‌المللی صنایع کود⁷ (IFA) برای حمایت مالی در انتشار این کتاب تشکر می‌کنم.

¹- Patrick Heffer

²- Angela Olegario

³- Claudine Aholou-Pütz

⁴- Hélène Ginet

⁵- Luc Maene

⁶- Bijay Singh

⁷- International Fertilizer Industry Association

من می‌خواهم این کتاب را به نوهام و تمام کودکان جهان تقدیم کنم، به این امید که بتواند به شیوه‌ای، هرچند کوچک، به بهبود باروری، کارایی، اقتصاد و مدیریت منابع مرتبط با مدیریت عناصر غذایی در تولید محصولات کشاورزی برای تأمین غذا، تغذیه، پوشاک و انرژی برای نسل آنها و نسل‌های بعد، کمک کند.

هارولد اف. ریتز، جی. آر. می 2016

فهرست واژگان اختصاری، سرواژه‌ها و نمادها

ATV	وسیله نقلیه مناسب مزرعه
B	بور
C	کربن
Ca	کلسیم
CaCO ₃	کربنات کلسیم یا آهک
CaO	اکسید کلسیم
CEC	گنجایش تبادل کاتیونی
CH ₄	متان
Cl	کلر
CO ₂	دی اکسید کربن
Cu	مس
DNA	دزوکسی‌ریبونوکلئوتیک اسید
EC	قابلیت هدایت الکتریکی
ESN	نیتروژن هوشمند سازگار با محیط زیست
FBMP	بهترین روش مدیریت کوددهی
Fe	آهن
GIS	سیستم اطلاعات جغرافیایی
GPS	سیستم موقعیت‌یاب جهانی
ICP	طیف‌سنجی پلاسمای جفت‌شده القایی
IFA	اتحادیه بین‌المللی صنایع کود
IPNI	مؤسسه بین‌المللی تغذیه گیاه
IPNM	مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه
ISFM	مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک
K	پتاسیم
KCL	پتاسیم کلرید، این ترکیب به صورت MOP (مورات پتاسیم) نیز شناخته شده است.
Kg/ha	کیلوگرم در هکتار
K-Mag	سولفات پتاسیم منیزیم
LCC	کارت الگوی رنگ برگ

ادامه فهرست واژگان اختصاری، سرواژه‌ها و نمادها

Lb/A	پوند در ایگر
MAP	مونوآمونیم فسفات
Mg	منیزیم
MOP	مورات پتاسیم، این ترکیب به صورت KCl (کلرید پتاسیم) نیز شناخته شده است
Mt/ha	متریک تن در هکتار
N	نیتروژن
N ₂	گاز نیتروژن یا دی‌نیتروژن
NGO	مؤسسات غیر دولتی
NH ₃	آمونیاک
NH ₄ ⁺	آمونیم
N ₂ O	اکسید نیتروس
NUE	کارایی استفاده از عناصر غذایی
P	فسفر
PO ₄ ³⁻	یون فسفات معدنی
RNA	ریبونوکلئیک اسید
RTK	موقعیت یابی آبی
S	گوگرد
SOP	سولفات پتاسیم
SSNM	مدیریت مکان - ویژه‌ی عناصر غذایی
TFI	موسسه کود
t/ha	تن در هکتار
UAN	اوره آمونیوم نترات
US	ایالات متحده (آمریکا)
Zn	روی

خلاصه کاربردی

کودها نزدیک به نیمی از تولید محصولات کشاورزی جهان، تهیه غذا، خوراک، فیبر و سوخت برای جمعیت جهان که انتظار می‌رود تا پیش از میانه قرن 21 به 9 میلیارد نفر برسد، نقش دارند. بیشتر مواد کودی از ذخایر مواد معدنی طبیعی و یا رسوبات و کانسارهای عصاره‌گیری شده استخراج می‌شوند. یک استثناء، کودهای نیتروژن (N) است که از ترکیب نیتروژن هوا (N_2) با گاز طبیعی (رایج‌ترین روش)، ذغال سنگ یا نفتا¹ به آمونیاک خشک بوجود می‌آید که این ترکیب را می‌توان یا به شکل مستقیم به عنوان کود مصرف یا به دیگر کودهای نیتروژنی تبدیل کرد. پایداری در تولید محصول کافی در سرتاسر جهان بستگی به دوام و کارایی صنعت کود دارد که در تأمین عناصر غذایی مناسب در مقدار، زمان و مکان مناسب کمک می‌کند. این چالش باید به روشی مدیریت شود که برای تمام تشکلهای، از معدن تا مزرعه، اقتصادی باشد، دوستدار محیط‌زیست بوده و نگرانی‌های اجتماعی را برای حفظ خدمات مختلف زیست بوم به عموم مردم در نظر بگیرد.

17 عنصر غذایی برای رشد گیاهان ضروری است. سه عنصر کربن (C)، هیدروژن (H) و اکسیژن (O) از هوا و آب تأمین می‌شوند. سه عنصر پرمصرف نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K) بیشتر از خاک تأمین می‌شوند، اما در شرایط کمبود در خاک و تخلیه بوسیله گیاه بایستی از منابع تکمیلی و در بیشتر موارد کودها جایگزین شوند. گروه سوم عناصر غذایی ثانویه شامل گوگرد (S)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg) از نظر ضرورت اهمیت کمتری ندارند اما به گونه معمول در مقادیر کمتری به صورت کود مورد نیاز هستند. عناصر کم مصرف بور (B)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، روی (Zn)، مس (Cu)، مولیبدن (Mo)، کلر (Cl) و نیکل (Ni) در مقادیر خیلی خیلی کم نیاز هستند، اما نقش مهمی به عنوان کاتالیزور در فرایندهای متابولیکی رشد و نمو گیاه و دیگر فرایندها بازی می‌کنند. آگاهی از شیوه استفاده گیاهان از هر یک از این عناصر و منبع، مقدار، زمان و مکان مصرف هر کدام از این عناصر برای مدیریت تغذیه و بهینه‌سازی تولید محصول مهم است. فن‌آوری، بخش مهمی از مدیریت تغذیه گیاه موفق است. در صنعت کود، مواد افزودنی یا پوشش‌های مختلف به حفظ فراهمی عناصر غذایی در فصل رشد کمک می‌کنند.

¹- Naphtha

فن‌آوری‌های دیگر به کشاورزان و مشاوران آن‌ها در توسعه و اجرای برنامه‌های مدیریت عناصر غذایی کمک می‌کنند. سیستم‌های موقعیت‌یاب جهانی¹ به عنوان یک راهنما در مصرف کود و دیگر فعالیت‌های مزرعه به کار می‌روند. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی² به کشاورزان و مشاوران آن‌ها این امکان را می‌دهد که اطلاعات مزارع را مکاندار نمایند. وجود نمایشگرها و حسگرهایی که در هنگام حرکت ماشین آلات میزان مصرف کود را تنظیم می‌نمایند و آنالیزهای مختلف برای ارزیابی محتوای عناصر غذایی خاک و گیاهان انجام می‌دهند، بخشی از مجموعه‌ی فن‌آوری‌های استفاده شده برای بهبود بهره‌وری استفاده از کود هستند.

قرار دادن تمام محصولات و فن‌آوری‌ها در یک سامانه یکپارچه رمز موفقیت است. صنعت کود و مجموعه تحقیق، ترویج و آموزش، شیوه‌نامه‌هایی را برای راهنمایی کشاورزان و مشاوران آن‌ها در تصمیم‌گیری‌های مدیریت عناصر غذایی ارائه کرده‌اند. برنامه‌ها و طرح‌های راهبردی مدیریت عناصر غذایی در قالب یک چارچوب جهانی برای مدیریت امانت‌مدار عناصر غذایی معرفی شده‌اند. این چارچوب جهانی پس از سازگاری با شرایط مختلف در سراسر جهان با هدف توسعه و اجرای برنامه‌های مدیریت عناصر غذایی و کمک به مردم در توضیح اینکه چرا استفاده از کود ضروری است، استفاده می‌شود.

کودها یک نهاده اساسی مهم برای تولید محصول هستند. عناصر غذایی عرضه شده بوسیله‌ی کودها برای بقای گیاهان، حیوانات و انسان ضروری هستند. مدیریت مناسب عناصر غذایی، کلید استفاده‌ی کارآمد از منابع موجود و حفاظت از محیط‌زیست و خدمات زیست‌بوم است.

¹- Global Positioning systems (GPS)

²- Geographic Information Systems (GIS)