



کودها

و استفاده از آنها



سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد

ترجمه
علی کسرائیان

کودها و استفاده از آنها

علی کسرائیان

اعضای شورای انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

دکتر لطف‌الله یارمحمدی

دکتر حسن رهگذر

دکتر محمدرضا اسمعیل‌بیگ

دکتر جلیل خداپرست شیرازی

دکتر احمد افسری (معاون آموزشی)

دکتر کورس یزدجردی (معاون پژوهشی)

دکتر مینا اخباری آزاد (مدیر انتشارات)

کودها و استفاده از آنها

سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد
(زیر نظر انجمن بین المللی صنعت کود)

ترجمه

علی کسرائیان

دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز

۱۳۹۲

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شیراز

عنوان و پدیدآور	: کودها و استفاده از آن‌ها / ترجمه علی کسرائیان، زیر نظر انجمن بین‌المللی صنعت کود.
مشخصات نشر	: شیراز؛ دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۹۶ ص. مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-964-10-2012-7
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: این کتاب از انتشارات سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد است.
یادداشت	: عنوان اصلی:
	Fertilizer and their use: a pocket guide for extension officers, 4 th ed, 2000.
موضوع	: کود
شناسه‌ی افزوده	: کسرائیان، علی، ۱۳۴۸ - مترجم.
شناسه‌ی افزوده	: سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد
شناسه‌ی افزوده	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
شناسه‌ی افزوده	: انجمن بین‌المللی صنعت کود
شناسه‌ی افزوده	: International Fertilizer Industry Association
شناسه‌ی افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی. واحد شیراز
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۱ ک ۹ / ۶۳۳ S
رده‌بندی دیویی	: ۶۳۱/۸
شماره‌ی کتابشناسی ملی	: ۳۰۳۳۱۵۶

Published by arrangement with the
Food and Agriculture Organization of the United Nations

کودها و استفاده از آن‌ها

سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد / ترجمه علی کسرائیان

چاپ اول / ۱۳۹۲ / ۲۰۰۰ جلد / چاپ: فخر ایران / شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۲۰۱۲-۷

مرکز پخش: شیراز، بانک کتاب، ۶۲۹۳۱۲۱-۰۷۱۱

حق چاپ برای دانشگاه

آزاد اسلامی واحد شیراز

محفوظ است.



شیراز، کیلومتر ۵ شهر صدرا، پردیس دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، تلفن: ۶۴۱۰۰۶۸

Fertilizers and their use, Fourth edition

این کتاب توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد به زبان انگلیسی به عنوان کودها و استفاده از آنها در سال ۲۰۰۰ برای چهارمین بار به چاپ رسیده است. ترجمه فارسی آن به وسیله دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز انجام پذیرفته است. در صورت هر گونه اختلاف، چاپ انگلیسی آن مورد ملاک قرار می گیرد.

عناوین به کار برده شده و ارایه مطالب در این مجلد بیانگر نظرات و ایده‌های سازمان خواربار جهانی سازمان ملل متحد با ملاحظات وضعیت قانونی هر کشور، منطقه، شهر یا ناحیه یا اختیارات آن یا ملاحظه تعیین حدود نیست. نامیده شدن شرکت‌های خاص یا محصولات کارخانه‌ها، چه آن‌ها حق امتیاز داشته یا نداشته باشند، بیانگر این موضوع نیست که این محصولات در مقایسه با محصولات دیگر با ترکیبات مشابه که ذکری از آن‌ها به میان نیامده توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد تایید و توصیه شده است. مطالب بیان شده در این جا بیانگر دیدگاه نویسنده بوده و لزوماً نظرات FAO نیست.

© دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز (ویرایش فارسی):

© سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) (ویرایش چهارم، انگلیسی):

ویرایش اصلی کتاب در سال ۱۹۶۵ توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، رم، ایتالیا چاپ شده است.

این کتابچه برای مسئولان ترویجی که در برنامه کودی سازمان خواربار جهانی (FAO) مشغول به کار هستند نگاشته شده است. نخستین چاپ این کتاب در سال ۱۹۶۵ انتشار یافت و سومین آن در سال ۱۹۷۸ که در سال ۱۹۸۶ تجدید چاپ شد.

در چاپ سال ۲۰۰۰ این کتاب اکثر مطالب بیان شده در چاپ قبلی آن (۱۹۷۸) کاملاً مورد تجدید نظر قرار گرفته و توسعه‌های فنی و علمی جدید در آن لحاظ گردید. در این کتابچه نیاز به کودهای شیمیایی، نقش آن‌ها در گیاهان و ویژگی‌های خاکی مرتبط با حاصلخیزی توضیح داده می‌شود. در یک بخش جدید توصیه عمومی برای تعداد از گیاهان نیز ارائه شده است.

بخش "چطور مقدار کود مورد نیاز گیاه را مشخص کنیم"، شامل اطلاعاتی در رابطه با علایم کمبود و آزمون‌های خاکی و آزمایش‌های بافت گیاهی است. یک فصل به توضیح و ارائه توصیه در مورد چگونگی طرح‌ریزی نمایش‌های کودی و روش‌های ترویجی اختصاص داده شده است.

توصیه برای گیاهان منتخب، کاملاً از «کتاب راهنمای استفاده جهانی از کود»، IFA, 1992 استخراج شده است. اطلاعات دقیق‌تر در این کتاب راهنما ارائه شده که از IFA, پاریس قابل دسترس است. با این حال، اطلاعات کامل ارائه شده در این راهنما اغلب نیاز به اصلاح مصرف کننده نیز داشته تا بتواند در توصیه رسمی کودی برای گیاهان و خاک‌های منطقه مورد توجه قرار گیرد.

"World Fertilizer User Manual" , 1992, IFA, Paris, 632 p. Web site, <http://www.fertilizer.org>, also available in CD version.



افزایش جمعیت دنیا و نیاز به تأمین غذا و پوشاک، فشار بیش‌تری به زمین‌های کشاورزی را سبب شده است. بین همه عوامل موثر، کودهای کشاورزی یکی از موثرترین و عملی‌ترین راه‌ها در افزایش تولید در واحد سطح شناخته می‌شود. توسعه علمی و صنعتی به‌همراه عرضه کودهای شیمیایی جدید اهمیت آموزش مروجان کشاورزی در ارایه مؤثرتر این کودها به کشاورزان به‌ویژه در مناطق روستایی را دوچندان می‌کند. کتاب کودهای و استفاده از آن‌ها که توسط سازمان خواربار جهانی سازمان ملل متحد تهیه شده است کتابی است مفید که به‌زبان ساده مروجان کشاورزی را در توسعه استفاده از کودها در مناطق روستایی یاری می‌کند.

ترجمه پیش‌رو به هدف آموزش و آشنایی مروجین و دست‌اندرکاران کشاورزی در کشورهای فارسی‌زبان ایران، افغانستان، و تاجیکستان در معرفی استفاده بهینه از کودهای شیمیایی انجام گرفته است. در این میان از همکاری جناب آقای دکتر نجف‌علی کریمیان برای مقایسه فنی و دکتر محمدصادق باقری برای مقایسه متن اصلی با ترجمه فارسی آن، تشکر می‌کنم.

علی کسرائیان

فهرست مطالب

۱. مقدمه _____ ۱۷
۲. منطق نیاز به استفاده از کودها (افزایش محصول و افزایش درآمد کشاورز) _____ ۱۷
- کودها عملکرد گیاه را افزایش می‌دهند _____ ۱۹
- کودهای آلی بازده کودهای معدنی را افزایش می‌دهند _____ ۲۰
۳. مواد مغذی؛ نقش آن‌ها در گیاه و منابع تأمین این مواد _____ ۲۱
- مواد مغذی مورد نیاز برای رشد گیاه _____ ۲۱
- نقش عناصر تغذیه‌ای _____ ۲۳
- فتوستنتز _____ ۲۶
۴. خاک _____ ۲۸
- خاک چیست؟ _____ ۲۸
- اجزای اصلی خاک، بافت و ساختمان _____ ۲۹
- چطور خاک عناصر تغذیه‌ای را نگهداری و آزاد می‌کند _____ ۳۰
- جاندارن خاک _____ ۳۳
- ریزوبیوم / تثبیت زیستی نیتروژن / کود سبز / میکوریزا _____ ۳۵
- واکنش خاک و آهک دهی _____ ۳۷
- خاک و عملیات‌های کشاورزی مناسب _____ ۳۸

۳۹. توصیه کودی برای تعدادی از گیاهان مطابق با نیاز آنها _____

۴۱ _____ برنج

۴۲ _____ گندم

۴۲ _____ ذرت

۴۲ _____ سورگوم و ارزن

۴۳ _____ سیبزمینی

۴۳ _____ کاساوا

۴۳ _____ لویا

۴۴ _____ خیار

۴۴ _____ پیاز

۴۴ _____ نیشکر

۴۵ _____ موز

۴۵ _____ پنبه

۴۶. اهمیت کوددهی متعادل _____

۴۹ کودها، ظاهرشان، کیفیت و برچسب آنها _____

۴۹ کود چیست؟ _____

۵۲. درجه‌های کود _____

۵۲ کودهای تک‌عنصری _____

۵۵ عناصر تغذیه‌ای ثانویه _____

۵۶ کودهای چندعنصری _____

۵۸ عناصر کم‌مصرف _____

۵۹ کودهای کندرها / بازدارنده‌های نیترات‌زایی و اوره‌آز _____

۸. محاسبه مقدار کود _____ ۶۱
۹. چگونه کودها را مصرف کنیم؟ _____ ۶۵
- پخش کود _____ ۶۶
- کوددهی نواری یا خطی _____ ۶۷
- کود سرک _____ ۶۷
- جایگذاری کناری کود _____ ۶۸
- محلول پاشی برگی _____ ۶۸
۱۰. چگونه مقدار کود مورد نیاز گیاه را مشخص کنیم؟ _____ ۶۹
- علایم گرسنگی در گیاه _____ ۶۹
- کمبود نیتروژن _____ ۷۰
- کمبود فسفر _____ ۷۱
- کمبود پتاسیم _____ ۷۱
- کمبود منیزیم _____ ۷۱
- کمبود گوگرد _____ ۷۲
- کمبود کلسیم _____ ۷۲
- کمبود بور _____ ۷۲
- کمبود روی _____ ۷۲
- کمبود آهن _____ ۷۳
- آزمون‌های خاک _____ ۷۳
- آزمون خاک چگونه کار می‌کند؟ _____ ۷۴
- چگونه یک نمونه خاک تهیه کنیم؟ _____ ۷۵
- آزمایش گیاه _____ ۷۶
- تجزیه گیاهی _____ ۷۶
- آزمایش بافت گیاه در مزرعه _____ ۷۷
- آزمایش‌های کودی در مزرعه _____ ۷۷

۱۴ کودها و استفاده از آنها

۷۸. آزمایش‌های مزرعه‌ای طولانی مدت _____
۷۹. عوامل دیگری که عملکرد گیاه را کاهش می‌دهند _____
۸۱. ۱۲. فعالیت‌های ترویجی در خصوص کود _____
۸۲. اجرای نمایشی استفاده از کود _____
۸۵. تعیین اندازه کرت _____
۸۷. محاسبه مقدار کود در هر کرت _____
۸۸. پخش کود در یک کرت کوچک _____
۸۹. سنجش نمایش کودی _____
۹۱. برگزاری گردهمایی در رابطه با انواع کودها _____
۹۳. ۱۳. نتیجه‌گیری _____
۹۴. پیوست: فاکتورهای تبدیل _____

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱. تولید گیاهی در ایالات متحده آمریکا، ۱۹۳۰ تا ۱۹۹۸ ۱۹
- شکل ۲. عمق ریشه گیاهان در شرایط کوددهی شده و کوددهی نشده ۲۰
- شکل ۳. میانگین ترکیب عنصری گیاهان ۲۲
- شکل ۴. گیاهان قند را از نور خورشید، هوا، آب و عناصر غذایی می‌سازند ۲۶
- شکل ۵. برای به دست آوردن حداکثر عملکرد هیچ عنصری نباید محدود کننده باشد ۲۷
- شکل ۶. تاثیر کوددهی متعادل بر تولید محصول، پاکستان ۴۹
- شکل ۷. نمودار مسیر تولید کودها ۵۰
- شکل ۸. منابع نسبی مواد مغذی در سطح آزمون خاک‌های مختلف ۷۴
- شکل ۹. نمونه برداری از خاک ۷۶
- شکل ۱۰. اهمیت حفاظت گیاهان ۸۱
- شکل ۱۱. مثالی از طرح یک نمایش ساده همراه با کرت کنترل و دو سطح مختلف نیتروژن ۸۷
- شکل ۱۲. روش صحیح پخش کود در یک کرت کوچک ۸۹

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱. مقدار برداشت عناصر غذایی به وسیله گیاهان بر حسب کیلوگرم در هکتار ۴۰
- جدول ۲. برخی از کودهای مهم ۵۴
- جدول ۳. کودهای چندعنصری؛ دامنه تغییرات مقدار عناصر غذایی ۵۶
- جدول ۴. بعضی از کودهای عناصر کم‌مصرف مهم ۵۹

۱. مقدمه

شما، به‌عنوان یک مسؤل ترویجی، در روستا یا جامعه‌ی خود نقش یک رهبر را ایفا می‌کنید. کشاورزان منتظر دریافت پاسخ‌های شما در بهبود روش‌های کشاورزی هستند. هرچه جواب‌های شما صحیح‌تر باشد اعتماد کشاورزان به شما نیز بیش‌تر خواهد شد. این کتابچه اطلاعات ضروری برای تعلیم کشاورزان در خصوص استفاده بهینه از کود را در اختیار شما قرار می‌دهد. هدف دیگری که در این جا دنبال می‌شود این است که چطور کوددهی باید جزئی از یک برنامه منسجم کشاورزی خوب و مطلوب بوده تا تولید محصول و سود کشاورز افزایش یابد.

کودها مواد مغذی مورد نیاز گیاه را تأمین می‌کنند. با استفاده از این مواد کشاورزان مواد غذایی و گیاهان پول‌ساز بیش‌تری تولید می‌کنند به‌علاوه، شما می‌توانید باروری خاک‌هایی که به‌شدت زیر کشت رفته و از مواد غذایی خالی شده‌اند را بهبود بخشید. در نهایت این باعث بهتر شدن شرایط زندگی در روستا، جامعه و ملت شما خواهد شد.

۲. منطق نیاز به استفاده از کودها (افزایش محصول و افزایش درآمد کشاورز)

بر اساس پیش‌بینی بانک جهانی، جمعیت دنیا از شش میلیارد نفر در سال ۱۹۹۹ به هفت میلیارد در سال ۲۰۲۰ افزایش خواهد یافت. در این میان ممکن است شما در یکی از کشورهای آفریقایی یا جنوب آسیایی که بالاترین میزان رشد و افزایش خالص جمعیت را دارند زندگی نمایید. بنابراین نتیجه افزایش جمعیت برای شما

به‌خوبی روشن بوده و می‌دانید که این جمعیت نیازمند سرپناه، پوشاک و از همه مهم‌تر مواد غذایی هستند. بالغ بر ۹۰ درصد افزایش تولید در مواد غذایی، در مزارعی باید صورت گیرد که هم کتون تحت کشت هستند. سازمان خواربار جهانی (FAO) تخمین می‌زند که در طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۷ حدود ۷۹۰ میلیون نفر در کشورهای در حال توسعه دسترسی کافی به مواد غذایی نداشته‌اند.

این تعداد در سال‌های اخیر تقریباً با میانگین در حدود ۸ میلیون نفر در سال کاهش پیدا کرده است. اگر این روند افزایش پیدا نکند، تا سال ۲۰۱۵ تعداد افراد گرسنه هنوز در جهان ۶۰۰ میلیون نفر خواهد بود.

در کشورهای در حال توسعه، اکثر کشاورزانی که در بخش تولید غذا فعالیت می‌کنند خرده‌پاهایی هستند اکثراً از قشر فقیر روستایی. معرفی سیستم‌های کشاورزی و تکنولوژی‌های بهبود یافته در این زمینه از اهمیت زیادی به خصوص برای این دسته از کشاورزان برخوردار بوده چراکه نه تنها بهبود کشاورزی سبب افزایش تولید غذا می‌شود بلکه درآمد کشاورزان را نیز افزایش می‌دهد.

به‌طور خلاصه، در فعالیت کشاورزی دو هدف اساسی دنبال می‌شود:

- ۱- تأمین جمعیت رو به رشد کشور (یا دیگر کشورها) با افزایش کمی تولیدات غذایی و فیبری ضروری؛ و همچنین،
- ۲- تأمین درآمد رضایت بخش و قابل قبول برای کشاورز و خانواده‌اش.

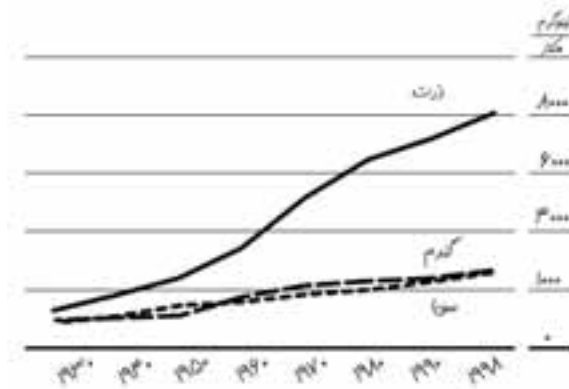
به‌دلیل تأثیر عوامل مختلف، تعیین نقش کودهای معدنی در افزایش محصولات کشاورزی مشکل است. با این وجود و صرف نظر از این که آینده چه فناوری جدیدی پا به عرصه خواهد گذاشت، کودها همچنین نقش تعیین‌کننده‌ای را بازی خواهند کرد. به نظر می‌رسد که تقریباً ۴۰ درصد (بین ۳۷ تا ۴۳ درصد) از نیتروژن درون پروتئین جیره غذایی در اواسط دهه ۱۹۹۰ از فرآیند شیمیایی بوش-هابر، که در آن آمونیاک تولید می‌شود، منشأ گرفته باشد^۱.

¹ Smil, V. 1999. Long-range perspectives in Inorganic Fertilizers in Global Agriculture. 1999 Travis P. Hignett Lecture, IFDC, Alabama

کودها عملکرد گیاه را افزایش می دهند

مواد تغذیه‌ای مورد نیاز گیاه از طریق هوا و خاک جذب می‌شوند. این کتابچه تنها با آن دسته از مواد تغذیه‌ای سر و کار دارد که از طریق خاک جذب می‌شود در صورتی که مقدار کافی از این مواد در خاک وجود داشته باشد، احتمال بسیار زیادی می‌رود که گیاه رشد خوبی داشته و محصول زیادی نیز به دست آید.

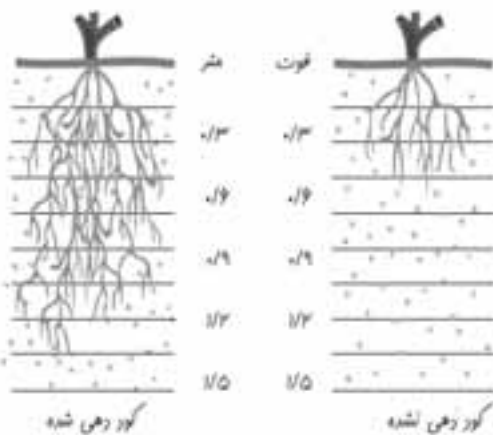
هرچند حتی اگر یکی از مواد تغذیه‌ای به اندازه کافی در خاک وجود نداشته باشد رشد گیاه محدود شده و عملکرد گیاه کاهش می‌یابد. بنابراین، برای تولید محصول بیش تر، کودها برای تأمین مواد تغذیه‌ای که کمبود آن‌ها در خاک وجود دارد استفاده می‌گردند. کودهای شیمیایی باعث می‌شوند که عملکرد گیاه دو و حتی سه برابر شود. نتایج چندین هزاران نمایش عمومی و آزمایشاتی که در مزارع کشاورزان و تحت برنامه پیشین سازمان خواربار جهانی در طی ۲۵ سال و در ۴۰ کشور مختلف انجام گرفته نشان داد که با بهترین تیمار کودی انجام شده برای گندم، میانگین وزنی این محصول ۶۰ درصد افزایش یافته است. البته، مقدار افزایش عملکرد بسته به شرایط منطقه (برای مثال کمبود رطوبت)، گیاه و کشور متفاوت بوده است.



شکل ۱. تولید گیاهی در ایالات متحده آمریکا، ۱۹۳۰ تا ۱۹۹۸

بازدهی کودها و عملکرد گیاهان حاصل از استفاده این مواد در یک خاک می‌تواند به‌سادگی با افزودن مقادیر مختلف کود به کرت‌هایی که در کنار هم قرار گرفته‌اند و اندازه‌گیری و مقایسه محصول گیاهی به دست آمده، مورد آزمایش و ارزیابی قرار گیرد (فصل ۱۲ را ملاحظه فرمایید). این آزمایش‌ها همچنین یک اثر مهم دیگر استفاده از این مواد را نشان می‌دهد به این ترتیب که کودها استفاده موثر از زمین و به‌ویژه آب را تضمین می‌کند. این موضوع در جایی که بارش کم بوده و محصولات باید آبیاری شوند بسیار اهمیت دارد. در چنین حالتی عملکرد به‌ازاء واحد آب مصرفی ممکنست بیش از دو برابر شود (شکل ۲).

رنگ‌های با دامنه‌های کم، کورها سبب افزایش عمقی که ریشه‌ها رشد می‌کنند می‌شود.



شکل ۲. عمق ریشه گیاهان در شرایط کوددهی شده و کوددهی نشده

کودهای آلی بازده کودهای معدنی را افزایش می‌دهند

پیش از این که بخواهید در مورد استفاده از کودها فکر کنید تمام منابع تغذیه‌ای قابل استفاده گیاه باید مورد استفاده قرار گیرد به عبارت دیگر، کود گاوی، فضولات خوک، فضله مرغ، ضایعات سبزی، کاه و کلش، بقایای ذرت، و دیگر مواد آلی. هرچند، مواد آلی پیش از استفاده در خاک باید گردآوری و به‌خوبی

تجزیه شوند. تجزیه مواد آلی تازه، مانند کاه ذرت، سبب می‌شود که مواد مغذی در خاک به خصوص نیتروژن به‌طور موقت تثبیت شود و از این رو برای گیاه بعدی در دسترس نباشد.

اگرچه مقدار عناصر تغذیه‌ای در ماده آلی کم و متفاوت بوده اما به سبب تأثیر این مواد در بهبود شرایط خاک عموماً بسیار مفید هستند. این مواد سبب بهبود ساختمان خاک شده، فرسایش را کاهش داده و تأثیرات تعدیلی و تنظیمی بر دمای خاک گذاشته، همچنین ماده آلی کمک می‌کند که خاک رطوبت بیشتری را در خود نگاه دارد. بنابراین در کل این مواد سبب می‌شوند حاصلخیزی و باروری خاک به‌طور معنی داری افزایش یابد. علاوه بر آن، مواد آلی غذای ضروری برای جانداران خاک هستند.

کودهای آلی اغلب پایه و بنیانی برای استفاده موفق از کودهای معدنی ایجاد می‌کنند. ترکیبی از کودهای آلی / مواد آلی با کودهای معدنی (سیستم تغذیه منسجم گیاهی^۱) محیط مناسبی از راه بهبود ویژگی‌های خاک برای گیاه ایجاد نموده و کودهای معدنی مواد تغذیه‌ای مورد نیاز گیاه را تأمین می‌کنند.

به هر صورت، کودهای آلی / مواد آلی به‌تنهایی برای سطح تولید مورد انتظار کشاورزان کافی نبوده (و اغلب به مقدار زیاد نیز در دسترس نیستند) و از کودهای معدنی نیز باید استفاده شود. حتی در کشورهایی که ضایعات آلی به‌عنوان کود نقش زیادی در تأمین ماده آلی دارد، مصرف کودهای معدنی رشد ثابتی داشته است.

۳. مواد مغذی؛ نقش آن‌ها در گیاه و منابع تأمین این مواد

مواد مغذی مورد نیاز برای رشد گیاه

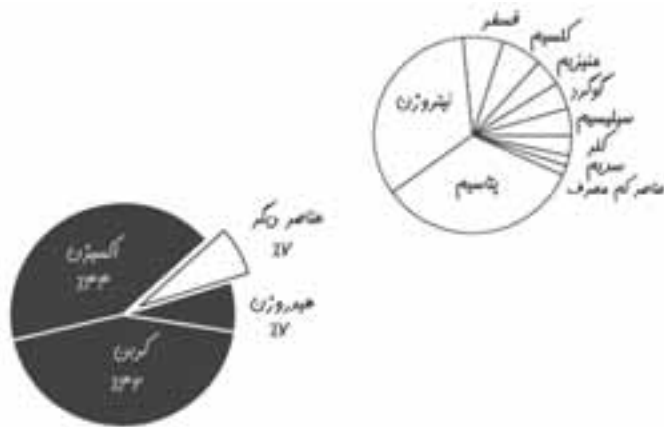
شانزده عنصر برای رشد بیش‌تر گیاهان ضروری بوده و این عناصر از خاک و هوای اطراف تأمین می‌شود. در خاک، محیط انتقال محلول خاک است. منابع تأمین

¹ Integrated Plant Nutrition Systems, IPNS

این عناصر:

الف) از هوا: کربن (C) به صورت CO_2 (دی اکسید کربن)؛
 ب) از آب: هیدروژن (H) و اکسیژن (O) به شکل H_2O (آب)؛
 ج) از خاک، کودهای معدنی، و کود دامی: نیتروژن (N) - گیاهان خانواده بقولات نیتروژن را به کمک باکتری‌هایی که در گره‌های ریشه این گیاهان زندگی می‌کنند از هوا تأمین می‌کنند (فصل ۴ را ملاحظه فرمایید، ریزوبیوم/ تثبیت زیستی نیتروژن / کود سبز/ میکوریزا)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، گوگرد (S)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، روی (Zn)، مس (Cu)، بور (B)، مولیبدن (Mo) و کلر (Cl). این مواد مغذی و درصد میانگین آنها در ماده خشک گیاهی در شکل ۳ نشان داده شده است. عناصر دیگری هم جذب گیاه می‌شوند. این عناصر ممکن است برای رشد بعضی از گیاهان مفید باشند اما، برای رشد همه گیاهان ضروری نیستند.

استفاده از کودهای معدنی و آلی و بقایای گیاهی در خاک باعث افزایش مواد تغذیه‌ای گیاه می‌شوند. مقدار مواد تغذیه‌ای اولیه مورد نیاز برای گیاهان مهم زراعی در فصل ۱۰ با جزئیات ارایه شده است.



شکل ۳. میانگین ترکیب عنصری گیاهان

نقش عناصر تغذیه‌ای

جدای از کربن (C)، که تحت عنوان فتوستنتز توضیح داده خواهد شد، گیاهان همه عناصر تغذیه‌ای خود را از محلول خاک جذب می‌کنند. این عناصر به دو دسته تقسیم می‌شوند (بر پایه کمیت):

الف) عناصر تغذیه‌ای پر مصرف^۱ که خود به دو دسته عناصر تغذیه‌ای اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند؛ و

ب) عناصر تغذیه‌ای کم مصرف یا عناصر کم‌یاب^۲.

عناصر تغذیه‌ای پر مصرف که در صورت کمبود یک یا تعدادی از این عناصر در خاک، مقدار فراوانی از آنها باید مصرف گردد. در برخی از خاک‌ها ممکن است مقدار عناصر تغذیه‌ای به‌طور طبیعی کم باشد یا به دلیل کشت مداوم در طی سالیان و برداشت این عناصر از خاک، کمبود آنها رخ داده باشد؛ همچنین در هنگامی که رقم‌های پر محصولی از گیاهان^۳ کشت می‌شوند، با توجه به نیاز زیادتر آنها برای عناصر تغذیه‌ای در مقایسه با رقم‌های معمولی و محلی، این کمبودها رخ می‌دهد.

در مقابل عناصر تغذیه‌ای پر مصرف، عناصر کم مصرف یا عناصر کم‌یاب قرار دارند که تنها مقدار اندکی از این عناصر برای رشد متناسب و صحیح گیاه لازم است و در صورت کمبود در خاک تنها مقدار اندکی مصرف می‌شود.

در داخل عناصر تغذیه‌ای پر مصرف، که برای رشد گیاهان مقدار زیادی از این عناصر نیاز است، عناصر تغذیه‌ای اولیه وجود دارد که شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم است.

نیتروژن (N) موتور و محرک رشد گیاه است. این عنصر ۱ تا ۴ درصد از ماده خشک گیاهی را شامل می‌شود. نیتروژن به دو صورت نیترات (NO_3^-) یا آمونیم (NH_4^+) از خاک جذب می‌شود و در گیاه با ترکیبات حاصل از سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها

¹ Macronutrients

² Micronutrients (trace elements)

³ High-yielding varieties (HYM)

ترکیب شده تا آمینه اسیدها و پروتئین‌ها را به وجود آورد. به دلیل آن که این عنصر جزء ضروری پروتئین‌ها است، بنابراین در بیش تر فرآیندهای نمو و تولیدی گیاه دخالت دارد. از طرف دیگر، تأمین این عنصر برای گیاه در جذب عناصر تغذیه‌ای دیگر نیز مهم است.

فسفر (P) که بین ۰/۱ تا ۰/۴ درصد از ماده خشک گیاهی را تشکیل داده نقش عمده‌ای در انتقال انرژی بازی می‌کند. بنابراین فسفر در فرآیند فتوسنتز و تمامی فرآیندهای شیمیایی-فیزیولوژیکی در گیاه مهم است. این عنصر جزء غیر قابل تفکیک و اصلی برای تقسیم سلولی و گسترش و توسعه بافت‌های گیاهی بوده که نقاط رشد گیاهان را تشکیل می‌دهد. کمبود فسفر در اکثر خاک‌های طبیعی و کشاورزی یا جاهایی که به دلیل تثبیت فسفر قابلیت استفاده آن محدود می‌شود وجود دارد.

پتاسیم (K) حدود ۱ تا ۴ درصد از ماده خشک گیاهی را تشکیل می‌دهد و وظایف متعددی در گیاه دارد. این عنصر سبب فعال شدن ۶۰ آنزیم (ترکیبات شیمیایی که حیات را کنترل می‌کند) مختلف می‌شود. بنابراین پتاسیم نقش حیاتی در ساخت کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها دارد. این عنصر رژیم آبی در گیاه را بهبود بخشیده و تحمل به خشکی، یخ‌زدگی، و شوری را افزایش می‌دهد. گیاهانی که از نظر پتاسیم به‌خوبی تأمین شده باشند کم‌تر تحت تأثیر بیماری‌ها قرار می‌گیرند.

عناصر تغذیه‌ای ثانویه شامل منیزیم، گوگرد، و کلسیم بوده و گیاهان این عناصر را نیز به مقدار زیاد جذب می‌کنند.

منیزیم (Mg) جزء مرکزی کلروفیل، رنگ‌دانه‌ی سبز برگ‌ها که انرژی خورشیدی را جذب می‌کند، است بنابراین ۱۵ تا ۲۰ درصد کل منیزیم گیاه در بخش‌های سبز آن وجود دارد. این عنصر همچنین در فعالیت‌های آنزیمی که مربوط به انتقال انرژی در گیاه است شرکت می‌کند.

گوگرد (S) یک جزء اصلی در پروتئین بوده و همچنین در تشکیل کلروفیل نیز

دخالت دارد. در بیش تر گیاهان بیش از ۰/۲ تا ۰/۳ (۰/۵ تا ۰/۵) درصد ماده خشک گیاهی را شامل می‌شود. بنابراین، گوگرد مانند فسفر و پتاسیم برای رشد گیاه مهم است اما نقش این عنصر غالباً کم تر از حد به حساب می‌آید.

کلسیم (Ca) برای رشد ریشه و همچنین به عنوان جزء ساختمانی دیواره سلولی ضروری است. به رغم مقدار کافی کلسیم در اکثر خاک‌ها، کمبود این عنصر در خاک‌های مناطق حاره‌ای که به شدت از این عنصر خالی شده‌اند رخ می‌دهد. با این حال، هدف استفاده از کلسیم در آهک دهی کاهش اسیدیته خاک است.

عناصر تغذیه‌ای کم مصرف یا عناصر کم یاب شامل آهن (Fe)، منگنز (Mn)، مس (Cu)، مولیبدن (Mo)، کلر (Cl) و بور (B) هستند. این عناصر همه اجزای کلیدی برای رشد گیاه بوده و قابل مقایسه با ویتامین‌ها در تغذیه انسان هستند. جذب اندک این عناصر، محدوده تأمین بهینه آن‌ها را خیلی محدود می‌سازد. قابلیت استفاده این عناصر عمدتاً به واکنش خاک بستگی دارد. استفاده بیش از حد عنصر بُر اثر سوء بر تولید گیاه بعدی دارد.

تعدادی از عناصر مفید که برای برخی از گیاهان مهم هستند شامل سدیم (Na)، در چغندر قند، سیلیسم (Si)، در غلات، ساقه غلات در برابر خوابیدگی مقاوم می‌شود، کبالت (Co)، در بقولات که برای فرآیند تثبیت زیستی نیتروژن در این گیاهان مهم است.

برخی از عناصر کم مصرف در شرایطی که مقدار آن‌ها کمی بالاتر از حد معمول برای گیاهان سمی می‌شوند. در بیش تر موارد این مسأله زمانی رخ می‌دهد که واکنش خاک کم یا خیلی کم باشد.

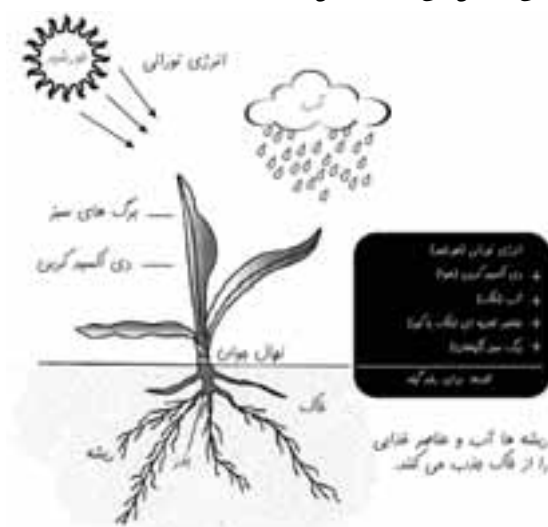
سمیت آلومینیم و منگنز از مواردی است که زیاد مشاهده شده و در رابطه مستقیم با خاک‌های اسیدی هستند.

در نظر داشتن این موضوع بسیار مهم است که عناصر تغذیه‌ای چه آنهایی که به

مقدار کم و چه آنهایی که به مقدار زیاد در گیاه مصرف می‌شوند نقش ویژه و منحصر به فردی را در رشد گیاه و تولید غذا داشته و هیچ عنصر تغذیه‌ای دیگری نمی‌تواند جایگزین آن عنصر در گیاه شود.

فتوسنتز

در پی تخییر مقدار فراوانی آب از گیاه در طی روز، عناصر تغذیه‌ای جذب شده از خاک به سمت برگ‌های گیاه روانه می‌شوند. در برگ درختان سبز است که مهم‌ترین واکنش صورت می‌پذیرد. این واکنش فتوسنتز نامیده می‌شود. این یک روش طبیعت برای تغییر عناصر معدنی جذب شده از هوا و خاک به مواد آلی است که به کمک نور خورشید در گیاهان صورت می‌پذیرد: در این فرآیند انرژی نورانی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴. گیاهان قند را از نور خورشید، هوا، آب و عناصر غذایی می‌سازند

اهمیت اساسی پدیده فتوسنتز در این حقیقت نهفته است که دی‌اکسید کربن و آب که از نظر مقدار و سطح انرژی اهمیت خاصی ندارند به کربوهیدرات‌ها (قندها)

تبدیل می‌شوند. این مواد (کربوهیدرات‌ها) اساس و پایه‌ای برای ساخت تمام مواد آلی دیگر تولید شده در گیاه هستند. بدون پدیده فتوسنتز زندگی در روی زمین وجود نمی‌داشت.

تأمین مقدار کافی از عناصر تغذیه‌ای برای انجام صحیح و درست این فرآیند مهم است. این ناشی از این حقیقت بوده که اگر یکی از عناصر تغذیه‌ای که از خاک تأمین می‌شود وجود نداشته باشد، فتوسنتز به تأخیر می‌افتد.

اگر عنصر تغذیه‌ای وجود داشته باشد ولی مقدار آن کافی نباشد در این صورت گیاه علائم گرسنگی (علائم کمبود) را بروز می‌دهد همانند رفتاری که ما در زمان کمبود غذای مناسب نشان می‌دهیم.

عوامل بر هم اثر می‌گذارند و گیاه بهترین استفاده از عاملی که رشد را محدود کرده می‌کند زمانی که بقیه عوامل به مقدار پهنه نور نزدیک باشند.



مملکرد گیاه نمی‌تواند بیشتر از سری که محدود کننده ترین عنصر غذایی اجازه می‌دهد باشد.

شکل ۵. برای به دست آوردن حداکثر عملکرد هیچ عنصری نباید محدود کننده باشد

رشد گیاه وابسته به تأمین مقدار کافی از عناصر تغذیه‌ای است و عملکرد به عناصر تغذیه‌ای محدود می‌شود که مقدار کافی از آن وجود نداشته است (عامل محدود کننده محصول^۱). در کشاورزی، این مسأله برای نیتروژن، فسفر، پتاسیم،

¹ Yield- limiting minimum factor

منیزیم و گوگرد اتفاق می‌افتد. بنابراین، این عناصر باید به شکل کودهای معدنی استفاده شده تا عملکرد مناسبی حاصل شود.

۴. خاک

بهترین پاسخ به کود زمانی حاصل می‌شود که خاک از نظر حاصلخیزی در سطح مطلوبی قرار داشته باشد. مهم‌ترین عواملی که حاصلخیزی خاک را تعیین می‌کند عبارتند از: ماده آلی خاک (شامل جمعیت میکروبی)، بافت خاک، ساختمان خاک، عمق خاک و مقدار مواد تغذیه‌ای، ظرفیت نگهداشت (ظرفیت جذب سطحی^۱)، واکنش خاک و عدم حضور عناصر سمی (برای مثال آلومینیم). خاک‌ها از نظر این عوامل از تنوع زیادی برخوردار هستند. برای بهبود شرایط حاصلخیزی خاک‌های ضعیف تا متوسط لازم است کشاورز اطلاعات کلی و اصولی از خاک خود داشته باشد.

خاک چیست؟

خاک یک ماده قابل توجه است. این ماده در حقیقت بالاترین قسمت سطح زمین بوده که در اثر هوازدگی، گیاهان، و انسان تخریب شده و بتدریج تغییر در آن به وجود آمده است. مواد مادری که خاک از آن تشکیل می‌شود می‌تواند سنگ بستر یا رسوبات رودخانه‌ای و دریایی^۲ یا رسوبات بادی^۳ مثل لس^۴ یا خاکسترهای آتشفشانی بوده باشد.

خاک رشد گیاه را با ارایه لایه‌ای نفوذپذیر برای رشد و نفوذ ریشه و یک انبار برای

^۱ جذب سطحی عبارت است از جذب مولکول‌های آب یا یونها بر روی سطح ذرات مواد آلی و رس در حالی که جذب عمقی به عبور از سطح اشاره دارد و این زمانی است که عناصر تغذیه‌ای و آب جذب ریشه گیاه می‌شود.

^۲ Alluvial soils

^۳ Aeolian soils

^۴ Loess

نگهداری عناصر تغذیه‌ای و آب حمایت می‌کند. بسته به ترکیب خاک، توانایی آن در تأمین عناصر تغذیه‌ای برای گیاه متفاوت است. بر خلاف عقیده مرسوم، رنگ خاک اطلاعات بسیار اندکی در مورد حاصلخیزی آن ارائه می‌دهد.

اجزای اصلی خاک، بافت و ساختمان

خاک از ذرات معدنی با اندازه‌های مختلف، حاصل هوازدگی مواد مادری، مواد آلی (بقایای گیاهی و جانوری)، و مقادیر متفاوتی از آب و هوا تشکیل شده است. ذرات جامد خاک بر اساس اندازه آن‌ها به سنگ و ریگ (بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر)، شن (بین ۲ تا ۰/۰۲ میلی‌متر)، سیلت (بین ۰/۰۲ تا ۰/۰۰۲ میلی‌متر) و رس (کم‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر) تقسیم‌بندی می‌شوند.^۱

بافت خاک به مقدار نسبی شن، سیلت، و رس در آن اشاره دارد. بسته به بافت، خاک‌ها به صورت شنی، لومی شنی، لومی، لومی رسی، رسی، و غیره توصیف می‌شوند. خاک‌ها را همچنین بر اساس قابلیت انجام‌پذیری کار به سبک (شنی و لومی شنی) متوسط (لومی) یا سنگین (لومی رسی و رسی) تقسیم‌بندی می‌کنند.

ساختمان خاک به تجمع ذرات ریز خاک و تشکیل واحدهای درشت‌تر اشاره می‌کند. در یک خاک با ساختمان مناسب، ۵۰ درصد حجم خاک را ذرات جامد، ۲۵ درصد آب، و مابقی را هوا تشکیل می‌دهد.

بافت و ساختمان خاک اهمیت ویژه‌ای در حاصلخیزی و باروری خاک و در پی آن رشد گیاه دارند. خاک‌های درشت بافت (یا شنی) قدرت نگاهداشت آب و عناصر تغذیه‌ای کمی را دارند. در این خاک‌ها و در هنگام استفاده از کود برای جلوگیری از آبشویی عناصر تغذیه‌ای (نیتروژن و پتاسیم) دقت خاصی باید صورت پذیرد. خاک‌های رسی، از سوی دیگر، می‌توانند رطوبت و عناصر تغذیه‌ای را در خود نگه

^۱ در تقسیم‌بندی آمریکایی (USDA) ذرات کم‌تر از ۲ میلی‌متر شن، بین ۲ تا ۰/۰۵ میلی‌متر سیلت و ذرات کم‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر رس شناخته می‌شود. (مترجم)

دارند اما، این خاک‌ها ممکن است زهکشی و تهویه کافی و مطلوبی نداشته باشند. خاک‌ورزی سبب افزایش عمق خاک شده (حجمی از خاک که قابل دسترس سامانه ریشه است)، اما همین عملیات باعث شکسته شدن خاک‌دانه‌ها نیز می‌شود. ماده آلی، از سوی دیگر، سبب تشکیل و استحکام ساختمان و همچنین افزایش ظرفیت نگهداشت در خاک می‌شود.

در مناطق معتدل، که هوا خنک و مرطوب است، تجزیه و تخریب مواد آلی به آهستگی صورت گرفته و این موضوع باعث تجمع ماده آلی در خاک می‌شود (بیش از ۵ درصد ماده آلی). در مناطق شبه‌حاره‌ای، با اقلیم گرم و خشک، مقدار ماده آلی خاک معمولاً کم (گاهی اوقات کم‌تر از ۰/۱ درصد) بوده اما با این حال به دلیل وجود کلسیم فراوان، ساختمان خاک عالی است. در خاک‌های مناطق حاره‌ای، مواد آلی تحت شرایط اقلیمی و فعالیت ریز جانداران خاک به سرعت تجزیه و ناپدید می‌شوند. پایداری ساختمان در این خاک‌ها به دلیل وجود اکسیدهای آهن و آلومینیم است.

چطور خاک عناصر تغذیه‌ای را نگهداری و آزاد می‌کند

از تخریب مواد سنگی، خاک‌ها تشکیل شده و عناصر تغذیه‌ای گیاه آزاد و رها می‌شوند. منشأ معدنی مواد سنگی و طبیعت و شدت فرآیند تخریب تعیین کننده نوع و مقدار عناصر تغذیه‌ای آزاد شده است. رس (کانی‌های رسی) و مواد آلی (همچنین هیدروکسیدهای آهن) تا حد کم تری شکل قابل استفاده عناصر تغذیه‌ای گیاه را نگهداری می‌کنند به عبارت دیگر، عناصر تغذیه‌ای گیاه به این اجزاء خاک می‌چسبند (کمپلکس جذبی). توانایی یک خاک در نگهداری مقدار معینی از عناصر تغذیه‌ای (ظرفیت جذب یا نگهداری) حاصلخیزی و باروری طبیعی یک خاک را تعیین می‌کند.

عناصر تغذیه‌ای یا دارای بار مثبت (کاتیون) یا بار منفی (آنیون) هستند. بر اساس این بارها، یون‌ها به کانی‌های رسی و مواد آلی، همانند جذب ذرات آهن توسط آهنربا، جذب می‌شوند.

آب خاک که عناصر تغذیه‌ای قابل استفاده را به شکل محلول در خود دارد، محلول خاک نامیده می‌شود. ریشه گیاهان تنها می‌توانند عناصر تغذیه‌ای را به شکل محلول جذب نمایند. بنابراین، این مواد باید از کمپلکس‌های جذبی آزاد و وارد محلول خاک شوند تا به‌طور موثری قابل استفاده برای گیاهان باشند.

در خاک تعادلی بین عناصر تغذیه‌ای جذب شده بر روی ذرات خاک از یک سو، و عناصر تغذیه‌ای که در محلول خاک رها می‌شوند از سوی دیگر وجود دارد. اگر این تعادل به‌صورتی از دست برود، برای مثال با جذب عناصر تغذیه‌ای توسط ریشه گیاه، این عناصر باید از کمپلکس‌های جذبی آزاد تا تعادل جدیدی برقرار شود. در این فرآیند یون‌های کلسیم و منیزیمی که از منابع جامد خاک تأمین شده (نه عناصر تغذیه‌ای محلول) یا یون هیدروژن، جایگزین کاتیون‌ها شده در حالی که آنیون‌ها با یون هیدروکسید جایگزین می‌شوند ($H^+ + OH^- = \text{آب}$). عناصر تغذیه‌ای آزاد شده از نقطه‌ی با غلظت بیش‌تر، در کنار کمپلکس‌های جذبی، به سمت نقطه با غلظت کم‌تر در کنار ریشه گیاه حرکت می‌کنند. این فرآیند انتقال عناصر تغذیه‌ای از کمپلکس‌های جذبی به سمت ریشه را پخشیدگی^۱ می‌نامند.

در خاک‌هایی که برای مدتی کشت نشده‌اند (آیش) عناصر غذایی آزاد شده در محلول خاک تجمع پیدا می‌کنند. این موضوع به ویژه در مورد نیتروژنی که از تجزیه و تخریب مواد آلی حاصل شده اتفاق می‌افتد. این مسأله می‌تواند اثر سوء بر محیط زیست بگذارد چراکه در خاک‌های سبک و شرایط مرطوب قسمت بیش‌تر این نیتروژن تجمع یافته، آبشویی شده و به آب‌های زیرزمینی انتقال می‌یابد (یا

¹ Diffusion

به دلیل نیترات زدایی از بین می‌رود^۱، پتاسیم انباشته شده نیز با آبشویی می‌تواند از دست برود.

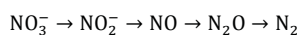
در شرایط نیمه خشک عناصر تغذیه‌ای (برای مثال کلرید، سولفات‌های سدیم، کلسیم و منیزیم) ممکن است با تبخیر آب به سطح حرکت کرده و به گیاهان در حال رشد بعد از دوره آیش صدمه بزنند. خاک پیر و هوادیده‌ای که بیش‌تر کاتیون‌های خود را از دست داده مقدار زیادی بار منفی دارد. این خاک‌ها، عناصر تغذیه‌ای کاتیونی که بار مثبت داشته و به آن‌ها افزوده شده را نگاه می‌دارند.

قدرت جذب کمپلکس‌های جذبی در عناصر تغذیه‌ای مختلف، متفاوت است (کاتیون‌ها و آنیون‌ها). در کاتیون‌ها این مسأله به هیدراته شدن و بار الکتریکی آن‌ها بستگی دارد. آلومینیم (Al^{+3}) با قدرت زیادی در کمپلکس‌های جذبی نگهداری می‌شود و به دنبال آن عناصر کم‌مصرف فلزی (مانند آهن، منگنز و روی) و پتاسیم (K^+)، آمونیوم (NH_4^+)، کلسیم (Ca^{2+})، و منیزیم (Mg^{2+}) در آنیون‌ها، فسفات (PO_4^{3-})، که به شدت غیرمتحرک است، توسط نقاط بار مثبت بعضی از کانی‌های رسی و اجزا خاکی، مثل کلسیم، آهن و آلومینیم، با قدرت نگه‌داری می‌شود. در مقابل، کلرید و نیترات تمایل به باقی ماندن در محلول خاک داشته و با حرکت آب خاک به سمت ریشه و جذب آن توسط گیاه، این آنیون‌ها نیز به این سمت حرکت می‌کنند (حرکت توده‌ای^۲) یا از خاک شسته می‌شوند. سولفات (SO_4^{2-}) نیز مانند نیترات به شکل نسبتاً پویا در خاک باقی مانده و این آنیون نیز مستعد آبشویی است.

وقتی مواد آلی، کمپوست‌ها و کودها به خاکی که از نظر طبیعی قدرت تأمین عناصر غذایی ضروری لازم برای رشد بهینه گیاه را ندارد افزوده شود؛ این مواد

^۱ از دست رفتن نیتروژن از خاک به شکل گازی در شرایط بی‌هوایی (به‌ویژه در خاک‌های آب

گرفته و غرقابی) توسط باکتری‌ها



^۲ Mass flow

تجزیه شده و به شکل محلول در می‌آیند و کاتیون‌ها و آنیون‌های حاصل رفتاری مانند آن چه در بالا گفته شد از خود نشان می‌دهند.

فرآیند جذب عناصر تغذیه‌ای و رها شدن آنها در محلول خاک بسیار مهم است. به‌ویژه تفاوت قدرت جذب کاتیون‌ها و آنیون‌ها تأثیر مهمی بر چگونگی و زمان مصرف کودها در خاک دارد، این موضوع از آن جا که بیش‌ترین بازدهی حاصل شده و از آلودگی ناشی از آبهویی نیز جلوگیری به عمل می‌آورد اهمیت پیدا می‌کند (به‌ویژه کودهای نیتروژنی).

مواد آلی در مقایسه با رس قدرت جذب بیش‌تری از عناصر تغذیه‌ای را در یک وزن مشخص دارند. بنابراین، تأمین ماده آلی، به خصوص در خاک‌های هوازده مناطق حاره‌ای با قدرت کم جذب جزء معدنی (مانند خاک‌های کائولینیتی)، مهم است.

جانداران خاک

فعالیت جانداران خاک برای حاصلخیزی آن و عملکرد مناسب گیاهی انکار ناپذیر است. بیش‌تر این فعالیت‌ها برای کشاورزان سودمند بوده چراکه حاصل این فعالیت‌ها تجزیه و تخریب مواد آلی و تولید هوموس، دانه‌بندی در خاک و تشکیل ساختمان بهتر، حفاظت ریشه گیاهان از بیماری‌ها و انگل‌ها، نگاهداشت نیتروژن و بقیه عناصر تغذیه‌ای، تولید هورمون‌های موثر بر رشد گیاه و تغییر و تبدیل مواد آلاینده‌ای که به خاک راه یافته‌اند است.

پس از مخلوط شدن ماده آلی با خاک و هضم آن توسط کرم‌های خاکی، شکل‌های غیر محلول نیتروژن (N)، فسفر (P)، و گوگرد (S) که در ذرات ماده آلی قرار دارند از طریق فعالیت باکتری‌ها به شکل‌های قابل استفاده گیاه تبدیل می‌شوند. علاوه بر پویایی عناصر تغذیه‌ای گیاه، این موجودات نقش عمده‌ای در چرخه نیتروژن در

خاک بازی می کنند؛ برای نمونه، آمونیاک سازی^۱، نیترات زایی^۲، نیترات زدایی، و تثبیت نیتروژن^۳ را می توان نام برد

بیش تر موجودات گیاهی و جانوری خاک در شرایط هوازی زندگی می کنند؛ به عبارت دیگر، به اکسیژن هوا نیازمندند. ولی با این حال، برخی از گونه ها نیز در شرایط بی هوازی زیست می کنند (نیترات زدایی، پانوشت ۱۶، را ملاحظه فرمایید).

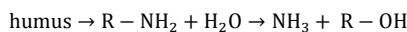
مهم ترین عنصر برای بیش تر جانداران خاک کربن است (C) (دی اکسید کربن از اسید کربنیک در ماده آلی خاک به دست می آید). سطح دی اکسید کربنی که در خاک وجود دارد به عنوان شاخصی برای فعالیت ریز جانداران شناخته می شود.

رطوبت کافی و pH حدوداً بین ۵ و ۶ (و همچنین دمای بین ۱۵ تا ۳۵ درجه سلسیوس) و مقدار کافی از مواد آلی (به عنوان منبع کربن و انرژی) شرایط بهینه ای را برای فعالیت جانداران خاک ایجاد می کند.

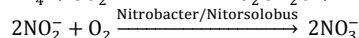
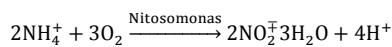
کشاورزان می توانند از راه های زیر، از فعالیت مفید موجودات زنده در خاک حمایت نمایند:

- حفظ شرایط تهویه مناسب در خاک، گنجایش کافی از ذخیره سازی آب، و زهکشی مناسب در خاک؛
- سعی در تنظیم و کنترل pH در سطح بهینه (۵-۶)، با استفاده از مقدار مناسب آهک؛ و جلوگیری از تغییرات شدید در واکنش خاک؛

^۱ برای مثال آمونیاک از اسیدهای آمینه



^۲ تبدیل باکتریایی NH_4^+ (از آمونیاک سازی یا از کودها) به NO_3^- :



به نظر می آید در طی فرآیند نیترات زدایی مقدار زیادی از نیتروژن به شکل گازهایی که از دیدگاه

زیست محیطی مهم است، مانند NO و N_2O از دست می رود.

^۳ ریزوبیوم / تثبیت زیستی نیتروژن را ملاحظه کنید.

- تأمین مقدار فراوان ماده آلی برای خاک؛
- تهیه پوشش مناسبی از گیاهان یا مالچ (خاک پوش) برای کاهش فرسایش و نگاهداشت رطوبت در خاک؛
- استفاده نکردن مواد شیمیایی بی پروا در خاک که ممکنست موجب سبب برهم زدن تعادل در خاک و کاهش عملکرد گیاه شود.

ریزوبیوم / تثبیت زیستی نیتروژن / کود سبز / میکوریزا

گیاهان خانواده بقولات (حبوبات، نخود، سویا، شدر و یونجه) همگی از منابع مهم نیتروژن هستند. در گره‌های ریشه این گیاهان، با همزیستی باکتری‌های ریزوبیوم^۱، نیتروژن مولکولی هوا تثبیت می‌شود. گیاهان بقولات انرژی، آب و عناصر تغذیه‌ای را برای این ریزجانداران تأمین و در مقابل، نیتروژن حاصل از فعالیت آن‌ها را دریافت می‌کنند. در شرایط مناسب مقدار نیتروژنی که توسط باکتری ریزوبیوم تثبیت می‌شود متغیر و به‌طور میانگین بین ۱۵ تا ۲۰، و حداکثر بالغ بر ۲۰۰، کیلوگرم نیتروژن در هکتار است. مقدار میانگین ۱۵ تا ۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار خیلی کم بوده اما این ممکن است برای کشاورزان خرده‌پایی که از توانایی لازم برای خرید مقدار لازم کود نیتروژنی برخوردار نبوده یا تسهیلات اعتباری ندارند، مناسب باشد.

گیاهان خانواده بقولات خاک‌های آهکی را ترجیح می‌دهند و در خاک‌های اسیدی رشد قابل ملاحظه و رضایت بخشی ندارند. در رابطه با خاک‌های اسیدی، آهک دهی قبل از کشت این گیاهان ضروری است. خاک‌ها باید از نظر عناصر تغذیه‌ای به‌ویژه فسفر و پتاسیم به‌خوبی تأمین شده باشند.

گیاهان خانواده بقولات از سیستم ریشه عمیقی برخوردار هستند. این گیاهان باعث بهبود ساختمان خاک می‌شوند و عناصر تغذیه‌ای را از لایه‌های پایین خاک، بالا می‌آورند.

¹ Rhizobium

اگر گیاهان خانواده بقولات برای نخستین بار در مزرعه کشت می‌شوند یا این که چند سالی است که این گیاهان در مزرعه کشت نشده‌اند تلقیح بذر آنها با باکتری ریزوبیوم مناسب برای تثبیت مطلوب نیتروژن ضروری و لازم است. از آن جا که هر گیاه به گونه خاصی از باکتری ریزوبیوم نیازمند است بنابراین از ایستگاه تحقیقاتی محل خود در این زمینه اطلاعات کافی را به دست آورید. در این شرایط استفاده محدود از نیتروژن، توسعه گیاهان را تضمین می‌کند.

پس از برداشت یا چیدن گیاهان و حتا زمانی که از گیاه به‌عنوان کود سبز (گیاهان سبز شادابی که همراه با شخم در خاک مخلوط می‌شوند) استفاده می‌شود مقدار زیادی از نیتروژن تثبیت شده در توده ریشه‌ی در حال تجزیه در خاک باقی می‌ماند. در چنین شرایطی، به کشاورز توصیه جدی می‌شود که هرچه سریع‌تر گیاه بعدی را کشت نماید تا از باقیمانده نیتروژن آزاد شده در محلول خاک استفاده نماید و به این ترتیب از شسته شدن به آب‌های زیر زمینی یا انتشار آن به اتمسفر جلوگیری به عمل آید. (فصل ۴، چگونه خاک عناصر غذایی را نگه‌داری و آزاد می‌کند را ملاحظه نمایید.) گیاهان غیر بقولات نیز می‌توانند به‌عنوان کود سبز استفاده شوند.

گیاهانی که حتا در خاک‌های فقیر و ضعیف به سرعت رشد کرده و توده فراوانی از برگ‌ها و بخش‌های هوایی تولید می‌کند نیز می‌توانند به‌عنوان کود سبز یا گیاهان پوششی استفاده شوند. گیاهان پوششی با کود سبز از این نظر تفاوت دارند که این گیاهان با خاک و همراه با شخم مخلوط نشده بلکه به‌عنوان خاک پوش از آن‌ها استفاده می‌شود. گیاهان پوششی مناسب مناطق کم باران بوده چراکه با کاشت این گیاهان ماده آلی خاک نیز تأمین می‌شود. گیاهان پوششی ممکن است برای کشاورزان خرده‌پایی که قطعه زمین کوچکی دارند جذاب و مناسب باشد.

ریشه اکثر گیاهان کشت شده با نوع دیگری از ریز جانداران، قارچ‌های میکوریزا^۱، آلوده می‌شود. این قارچ‌ها شبکه‌ای از ریشه‌ها را در ریشه به وجود آورده و به این

¹ Micorrhizal fungi

ترتیب مساحت و وسعت ریشه را افزایش می‌دهند. منافع حاصل از میکوریزا از آن جا که سبب افزایش جذب عناصر تغذیه‌ای، به خصوص فسفر، شده و گیاهان را از حمله آفات و بیماری‌های خاکی محافظت می‌کند قابل توجه است.

در زمین‌های غرقابی زیر کشت برنج، از سرخس آبی آزولا^۱ که با جلبک سبز-آبی تثبیت کننده نیتروژن زندگی می‌کند به‌عنوان منبع سودمندی از این عنصر استفاده می‌شود. در شرایط مناسب یک‌سوم تا نیمی از نیتروژن توصیه شده برای تولید برنج را می‌توان از طریق این کودهای سبز تأمین کرد.

واکنش خاک و آهک دهی

واکنش خاک عامل دیگری است که در حاصلخیزی خاک و رشد گیاه مهم است. واحد pH بیانگر واکنش خاک است. pH هفت به معنای خنثا بودن خاک از نظر شیمیایی است، اعداد پایین‌تر اسیدی بودن (به معنی غلظت زیاد یون هیدروژن H^+ بر روی کمپلکس‌های جذبی) و اعداد بالاتر نشان دهنده قلیایی بودن (غالب بودن کاتیون‌های کلسیم یا سدیم) است.

pH معمولی در خاک‌های حاصلخیز بین ۴ تا ۸ بوده و به‌عنوان یک ویژگی خاص خاک‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد. مقدار بهینه pH تحت تأثیر مرحله تکامل خاک قرار داشته و نباید به شدت تغییر نماید.

در مناطق حاره‌ای مرطوب، pH به شرایط اسیدی تمایل داشته و این به دلیل آبشویی زیاد ناشی از بارندگی در این مناطق است. در مناطق شبه‌حاره‌ای خشک، pH خاک ممکن است بالاتر از ۷ یا به عبارت دیگر قلیایی بوده و این نیز به دلیل تجمع عناصر قلیایی مثل کلسیم و سدیم رخ می‌دهد.

اسیدیته در خاک‌های اسیدی را با کاربرد آهک، کم یا خنثا می‌کنند. مقدار آهک مورد نیاز با اندازه‌گیری pH خاک قابل تخمین است. برای بهبود و تصحیح شرایط

¹ Anabaena azolla

اسیدی خاک، آهک پودر شده (CaCO_3) یکی از مؤثرترین و کم‌هزینه‌ترین مواد است.

سنگ آهک دولومیتی ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) منیزیم را، در مناطقی که نیاز به این عنصر احساس شود، تأمین می‌کند. از دیگر موادی که می‌توان برای بهبود و تصحیح شرایط اسیدی خاک استفاده نمود می‌توان به مارل (CaCO_3)، خاکستر چوب، و پودر استخوان ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) اشاره کرد. در خاک‌های اسیدی باید کودهای فسفوری و نیتروژنی حاوی کاتیون کلسیم مورد توجه بیشتری قرار گیرند. آهک دهی به دلیل رسوب آلومینیم آزاد و کنترل سمیت آن مفید بوده اما، اثر مضر آهک دهی زمانی است که pH به هفت رسیده و کمبود عناصر کم‌مصرف (به‌جز مولیبدن) در خاک‌های مناطق حاره‌ای به وجود می‌آید. در صورت امکان، آهک و کودها (عناصر تغذیه‌ای پرمصرف، یا کم‌مصرف) نباید در یک زمان به کار برده شود و فاصله مشخصی بین استفاده از آنها رعایت گردد.

در خاک‌های با pH بالا (خاک‌های قلیایی)^۱، کودهای اسیدسازی مانند سولفات آمونیوم، سولفات-نترات آمونیوم، نترات آمونیوم یا اوره در راستای اصلاح شرایط قلیایی خاک باید برتری داده شوند. در خاک‌های شور / قلیا گچ به‌عنوان اصلاح کننده برای رفع مشکل سدیم مفید است.

خاک و عملیات‌های کشاورزی مناسب

برای مدیریت بهینه خاک، کشاورز باید ویژگی‌های مطلوب خاک خود را با مدیریت‌های مناسب بهبود دهد. این عملیات‌ها باید از نظر فنی مناسب، از نظر اقتصادی جذاب، از دیدگاه زیست محیطی بی‌خطر، عملی، و از نظر اجتماعی قابل پذیرش باشد تا تولید محصولات فراوان و پایدار را تضمین و حمایت نماید.

بخش‌های مهم عملیات‌های کشاورزی مناسب عبارتند از:

¹ Alkaline soils

- انتخاب بذر از رقم‌هایی با کیفیت مناسب و با تولید فراوان محصول؛
- انتخاب بهترین زمان و مناسب‌ترین روش کاشت با مقدار بذر و جمعیت گیاهی مطلوب؛
- انتخاب کودهای مناسب با در نظر داشتن تعادل بین عناصر تغذیه‌ای و همچنین روش و زمان استفاده از آنها؛
- افزودن ماده آلی؛
- حفظ و نگه‌داری یک واکنش (pH) مناسب در خاک؛
- اقدامات مناسب در مقابله با حشرات و بیماری‌های احتمالی؛
- کنترل علف هرز و فرسایش خاک؛
- تأمین و اقدامات آبیاری و زهکشی؛ و
- به‌کارگیری عملیات‌های مدیریتی مناسب.

۵. توصیه کودی برای تعدادی از گیاهان مطابق با نیاز آنها

گیاهان مختلف نیازهای متفاوتی به عناصر تغذیه‌ای دارند. به‌علاوه، مقدار این نیاز بستگی شدیدی به عملکرد به دست آمده یا مورد انتظار از گیاه دارد. مقدار برداشت عناصر تغذیه‌ای مختلف در تعدادی از گیاهان کشت شده در دنیا در یک عملکرد متوسط و خوب در جدول ۱ ارایه شده است.

رقم‌های مختلف از نظر احتیاجات تغذیه‌ای و پاسخ آنها به کود نیز متفاوت هستند. پاسخ یک رقم محلی به کود مانند رقم‌های اصلاح یافته، برای مثال ذرت دو رگه، مشابه نیست و اغلب پاسخ‌های بهتر و عملکردهای بیش‌تر از رقم‌های اصلاح یافته در مقایسه با نوع محلی در استفاده از کود مشاهده می‌شود.

گرچه اعداد ارایه شده در جدول ۱ دید اولیه خوبی برای مقدار عناصر تغذیه‌ای مورد نیاز در مقابل عملکردی که انتظار می‌رود ارایه می‌دهد؛ اما عوامل دیگری نیز در تعیین مقدار کود مورد نیاز گیاه دخالت دارند، برای مثال مقدار عناصر تغذیه‌ای اندوخته‌ای در خاک از یک طرف، و احتمال غیر قابل استفاده شدن آنها برای ریشه گیاه به‌دلیل تثبیت در خاک، آبشویی یا دیگر عواملی که سبب از دست رفتن

۴۰ کودها و استفاده از آنها

این عناصر می‌شوند از آن جمله‌اند. بنابراین، مقدار عناصر تغذیه‌ای مورد نیاز عموماً بیش‌تر از آن مقداری است که گیاه برداشت می‌کند.

جدول ۱. مقدار برداشت عناصر غذایی به‌وسیله گیاهان^۱ بر حسب کیلوگرم در هکتار

S	Mg	Ca	پتاسیم		فسفر		نیترژن N	عملکرد kg/ha	
			K ₂ O	K	P	P ₂ O ₅			
-	-	-	۶۶	۸۰	۱۱	۲۶	۵۰	۳۰۰۰	برنج (مزارع غرقابی)
۱۰	۱۲	۱۹	۱۳۳	۱۶۰	۲۲	۵۰	۱۰۰	۶۰۰۰	
-	-	-	۵۴	۶۵	۱۲	۲۷	۷۲	۳۰۰۰	گندم
۲۱	۱۴	۲۴	۱۰۸	۱۳۰	۲۶	۶۰	۱۴۰	۵۰۰۰	
۵	-	-	۴۵	۵۴	۱۶	۳۶	۷۲	۳۰۰۰	ذرت
۱۵	۲۵	۲۴	۱۰۰	۱۲۰	۲۲	۵۰	۱۲۰	۶۰۰۰	
۶	۴	۲	۱۵۸	۱۹۰	۱۷	۳۹	۱۴۰	۲۰۰۰۰	سیب‌زمینی
۱۶	۲۳	-	۲۵۷	۳۱۰	۳۵	۸۰	۱۷۵	۴۰۰۰۰	
-	-	-	۹۱	۱۱۰	۹	۲۰	۷۰	۱۵۰۰۰	سیب‌زمینی شیرین
-	۹	۲۸	۳۲۴	۳۹۰	۳۳	۷۵	۱۹۰	۴۰۰۰۰	
-	۱۶	۴۴	۱۱۳	۱۳۶	۱۷	۳۹	۱۶۱	۲۵۰۰۰	کاساوا
-	-	۵۷	۲۹۱	۳۵۰	۳۱	۷۰	۲۱۰	۴۰۰۰۰	
-	-	-	۱۲۵	۱۵۰	۲۲	۵۰	۶۰	۵۰۰۰۰	نیشکر
۳۸	۵۰	-	۲۸۲	۳۴۰	۳۹	۹۰	۱۱۰	۱۰۰۰۰۰	
۲۱	-	-	۱۳۳	۱۶۰	۲۲	۵۰	۱۲۰	۳۵۰۰۰	پیاز
۵۴	۱۷	-	۱۲۵	۱۵۰	۱۳	۳۰	۱۱۰	۴۰۰۰۰	گوجه‌فرنگی
-	۳۶	-	۸۳	۱۰۰	۲۰	۴۵	۶۰	۳۵۰۰۰	خیار
۱۹	۱۹	۱۶۴	۱۰۸	۱۳۰	۲۶	۶۰	۲۱۵۲	۷۰۰۰	یونجه
-	-	-	۶۶	۸۰	۱۵	۳۵	۱۶۰۲	۱۰۰۰	سویا
-	۱۸	-	۸۸	۹۷	۱۹	۴۴	۲۲۴۲	۲۴۰۰	
-	-	-	۱۰۰	۱۲۰	۲۲	۵۰	۱۵۲۲	۲۴۰۰	لوبیا
۱۲	۱۱	۱۹	۳۵	۴۲	۷	۱۵	۱۰۵۲	۱۵۰۰	بادام زمینی
۵	۴	۶	۴۶	۵۶	۱۲	۲۸	۷۳	۱۷۰۰	پنبه (بدون بذر و ضایعات)

S	Mg	Ca	پتاسیم		فسفر		نیترोजن	عملکرد	
			K ₂ O	K	P	P ₂ O ₅			
۴	۶	۴۸	۱۰۷	۱۲۹	۱۰	۲۲	۹۰	۱۷۰۰	تنباکو (برگ خشک)

- اطلاعاتی در دست نیست

(۱) عناصر غذایی در بخش برداشت شده هوایی و زمینی گیاه برای بیان عملکرد گیاه مناسب است.

توجه شود که مقدار کود مورد نیاز این دو بخش مشابه نیست.

(۲) گیاهان خانواده بقولات بخش بزرگی از نیاز نیتروژن خود را از هوا تأمین می‌کنند.

منبع: کمیته توصیه صنایع کودی، FIAC

در زیر تعدادی از توصیه‌های کودی ارائه شده بر اساس نیاز گیاهان و همچنین تجربه تعدادی از کشورهای که نتایج آن‌ها به صورت بین‌المللی^۱ چاپ شده ارائه گردیده است.

برنج

میزان توصیه عناصر تغذیه‌ای برای برنجی که در زمین‌های غرقابی^۲ فیلیپین کشت می‌شود: ۸۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۵۰-۳۰ کیلوگرم در هکتار P₂O₅ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار K₂O.

عناصر تغذیه‌ای برای رقم‌های بهبود یافته با استعداد تولید محصول زیاد در زمین‌های غرقابی هند شامل ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۳۰ کیلوگرم در هکتار P₂O₅ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار K₂O است. کود نیتروژن باید در ۲ یا حتی بهتر است ۳ قسمت مورد استفاده قرار گیرد به طوری که یک سوم به شکل پایه، یک سوم در زمان خاک ورزی و یک سوم بقیه در زمان تشکیل پانیکل^۳ باشد.

^۱ اکثر اطلاعاتی که در این جا ارائه شده از منبع زیر اقتباس شده است

'IFA world fertilizer Use Manual', Paris 1992

^۲ Lowland rice

^۳ Panicle

گندم

گندم فاریاب در هند: ۸۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، بسته به گیاه قبلی، ۴۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و K_2O بر اساس آزمون خاک (جایی که نتایج این آزمون در دسترس نباشد ۴۰ کیلوگرم در هکتار K_2O توصیه می‌شود). در شرایط کمبود آب آبیاری: ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۳۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و K_2O بر اساس آزمون خاک (جایی که نتایج این آزمون در دسترس نباشد ۲۰ تا ۳۰ کیلوگرم در هکتار K_2O توصیه می‌شود).

نیمی از نیتروژن و تمام P_2O_5 و K_2O پیش از بذر پاشی و مابقی کود نیتروژن به شکل کود سرک در نخستین آبیاری استفاده شود.

ذرت

رقم‌های دورگه در اندونزی: ۱۲۰ تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۴۵ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و ۳۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار K_2O . رقم‌های معمولی: ۴۵ تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۳۰ تا ۴۵ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و بیش از ۳۰ کیلوگرم در هکتار K_2O .

نیتروژن در ۲ یا ۳ نوبت در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و تمام P_2O_5 و K_2O در هنگام بذر پاشی و همراه با نخستین نوبت نیتروژن به خاک داده می‌شود.

سورگوم و ارن

در شرایط مرطوب و عملکرد متوسط: ۲۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲۰ تا ۴۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و ۲۰ تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار K_2O استفاده می‌شود. در حالی که در زمین‌های تحت آبیاری و عملکرد زیاد: ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۴۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O استفاده می‌شود.

نیمی از نیتروژن و تمام P_2O_5 و K_2O در زمان بذر پاشی و مابقی در ۱ یا ۲ نوبت

هنگام جوانه زدن و گسترش بخش هوایی یا آغاز گل دهی به خاک داده می‌شود.

سیب‌زمینی

توصیه کودی برای سیب‌زمینی در کلمبیا: ۸۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 ، و ۴۰ کیلوگرم در هکتار K_2O ؛ و در جمهوری دومینیکن: ۹۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۹۵ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 ، و ۹۵ کیلوگرم در هکتار K_2O ؛ و در موریتانی: ۷۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۷۸ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 ، و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار K_2O است. تمام نیتروژن، P_2O_5 و K_2O ترجیحاً به صورت نواری (اما نه در تماس با غده‌های سیب‌زمینی) قبل از کشت در اختیار گیاه قرار داده می‌شود.

فقط در خاک‌های سبک، نیمی از نیتروژن در بستر بذر و مابقی در زمان تشکیل غده‌ها استفاده می‌گردد. بسته به شرایط خاک، به‌جای کلرید پتاسیم، سولفات پتاسیم یا سولفات منیزیم پتاسیم ممکن است منافع جنبی دیگری نیز داشته باشند.

کاساوا

توصیه کودی برای این گیاه در تایلند: ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۴۵ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 ، و ۹۵ کیلوگرم در هکتار K_2O است. عموماً عناصر کودی نیتروژن، فسفر، و پتاسیم در نواری در نزدیکی قیم گیاه و ۱ یا ۲ سرک نیتروژن و K_2O ، ۲ تا ۴ ماه بعد از کشت گیاه استفاده می‌شود.

لوبیا

در رقم‌های بهبود یافته با خاک‌های متوسط و سنگین مصر: ۳۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۷۲ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 ، و ۲ بار سرک بعد از کاشت بذر هر کدام ۵۷ کیلوگرم در هکتار K_2O مصرف می‌شود. نیتروژنی که در بستر بذر استفاده

می‌شود برای استقرار بهتر گیاه است. هرچند، اگر باکتری ریزوبیوم لگومینیزاروم^۱ در خاک‌ها وجود داشته باشد نیازی به کاربرد نیتروژن نیست. در مناطقی که این ریزجانداران وجود ندارند، بذرها قبل از کاشت باید با این باکتری‌ها تلقیح شوند.

خیار

در خاک‌های سبک شنی مناطق نیمه خشک سنگال: علاوه بر ماده آلی، ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۹۵ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 ، و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O . یک سوم از نیتروژن و K_2O و تمام P_2O_5 قبل از کشت گیاه به زمین داده می‌شود. یک سوم از نیتروژن و K_2O ۳۰ روز و یک سوم آخر، ۵۰ روز بعد از کشت گیاه به خاک داده می‌شود.

پیاز

در خاک‌های اکریسول^۲ اسیدی در نیجریه دستکم دو هفته قبل از انتقال گیاه به زمین ۲ تن در هکتار CaO استفاده می‌شود. بیست روز پس از انتقال گیاه، ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۷۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 ، و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار K_2O استفاده شده و در حدود ۳۵ روز پس از انتقال گیاه ۷۵ کیلوگرم دیگر نیتروژن در هکتار به زمین داده می‌شود.

نیشکر

توصیه کودی برای مناطق شبه‌حاره‌ای هند: ۱۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (در سه نوبت در سال، پس از کاشت گیاه)، ۶۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 (بسته به نیاز) و ۸۰ کیلوگرم در هکتار K_2O .

^۱ Rhizobium leguminisaurum

^۲ Acrisols

موز

مقدار توصیه کودی برای یک میانگین عملکرد خوب در ساحل عاج^۱ (خاک‌های اسیدی): علاوه بر آهک دهی؛ ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 ، و ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O . معمولاً به صورت دست پاش و در دایره‌ای به شعاع ۱ تا ۱/۵ متر در اطراف ساقه کاذب^۲ در چند نوبت استفاده می‌شود.

پنبه

برای استان‌های واقع در دلتای نیل در مصر: علاوه بر ماده آلی مقدار توصیه شده کودی شامل ۱۴۵ تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۳۵ تا ۷۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 ، و در مناطقی که نیاز باشد ۵۵ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار K_2O . نیتروژن در دو قسمت به فاصله یک ماه و دو ماه پس از کشت استفاده می‌شود. K_2O و P_2O_5 قبل از کشت گیاه یا همراه با نیمی از نیتروژن در زمانی که گیاه هنوز ساقه قوی تشکیل نداده استفاده می‌شود.

گیاه پنبه به اسیدیته خاک حساس است بنابراین آهک‌دهی به خاک باید چند ماه قبل از کشت گیاه (ترجیحاً به صورت کربنات کلسیم دولومیتی که منیزیم مورد نیاز را نیز تأمین نماید) صورت گیرد.

برای توصیه‌های دقیق‌تر که چگونه کودهای معدنی را به کار ببریم فصل ۹ را ملاحظه فرمایید.

توصیه‌های کودی که در بالا به آن‌ها اشاره شد اهمیت در نظر گرفتن شرایط منطقه‌ای که گیاه در آن رشد می‌کند را نشان می‌دهد برای مثال نوع خاک، شرایط اقلیمی، بارندگی، آبیاری، رقم گیاه، و

¹ Cote d' Ivoire

² Pseudo-stem

توصیه بهینه کودی برای منطقه شما باید با همکاری ایستگاه تحقیقاتی محلی و کشاورزان پیشتاز صورت گیرد. فصل ۱۰ به شرح چگونگی انجام این عمل می‌پردازد.

۶. اهمیت کوددهی متعادل

نیتروژن به‌عنوان "موتور رشد گیاه" بوده و کارایی آن خیلی زود پس از استفاده مشاهده می‌شود: گیاهان رنگ سبز تیره به خود می‌گیرند و رشد بیش‌تری دارند. هرچند هر صورت، عدم تعادل، بیش مصرف کردن نیتروژن در غلات / برنج ممکن است سبب خوابیدگی، افزایش رقابت علف‌های هرز، و حمله آفات شود که این خود سبب کاهش قابل ملاحظه‌ای تولید در غلات یا برنج می‌شود (در گیاهان دیگر کیفیت، به‌ویژه قابلیت انبارداری، کاهش پیدا می‌کند). به‌علاوه، نیتروژنی که به‌وسیله گیاه جذب نشود ممکن است تلف و به محیط زیست وارد شود.

وقتی منابع مالی کشاورز محدود بوده یا وی به تسهیلات اعتباری دسترسی نداشته یا از تصرف زمین مطمئن نباشد (زمین‌های اجاره‌ای) و در همین حال، اوره، برای مثال، از قیمت مناسبی به‌ازاء واحد نیتروژن در بازار برخوردار باشد، در این صورت کشاورزی که انتظار بازگشت بلافاصله و مشهود هزینه‌ی صرف شده، را دارد علاقمند به استفاده بیش از اندازه از این کود می‌شود. در کوتاه مدت این تصمیم‌گیری منطقی به نظر می‌رسد. به همین دلیل، بیش‌ترین افزایش مصرف جهانی نیتروژن مربوط به استفاده از کود اوره است.^۱

^۱ از سال ۷۴-۱۹۷۳ تا ۹۸-۱۹۹۷ مصرف اوره از ۸/۳ میلیون تن به ۳۷/۶ میلیون تن نیتروژن افزایش یافته که ۲۲ تا ۴۶ درصد از کل نیتروژن مصرف شده است. بیش‌ترین مقدار مصرف فسفر از کود دی‌آمونیم فسفات گزارش شده است. بازار کود پتاسه به کلرید پتاسیم اختصاص دارد. تمایل به استفاده از کودهای تک‌عنصری با غلظت زیاد، به‌ویژه اوره در رابطه با نیتروژن، سبب شده که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، به‌ویژه در آسیا، عدم تعادل کودی به نفع نیتروژن باشد: نسبت متوسط جهانی $N:P_2O_5:K_2O$ از ۱:۰/۵:۰/۶ در سال ۷۴-۱۹۷۳ به ۱:۰/۴:۰/۳ در سال ۹۹-۱۹۹۸ کاهش پیدا کرده است. (منبع: IFA, 1999).

چنین استفاده یک سویه و غیرمتعادل ممکن است در خاک‌های حاصلخیزی که از نظر فسفر، پتاسیم، و تمام عناصر تغذیه‌ای ثانویه و کم مصرف غنی بوده باشند توجیه پذیر باشد. به هر صورت، عملکرد بیش تر نیازمند جذب بیش تر عناصر تغذیه‌ای (عمدتاً فسفر و پتاسیم) از خاک بوده و بنابراین افزایش عملکرد ناشی از استفاده از نیتروژن به تنهایی سبب تخلیه خاک از دیگر عناصر تغذیه‌ی خواهد شد. پژوهش‌های انستیتو بین المللی برنج IRRI نشان می‌دهد که در کشت متراکم برنج-برنج تقاضا برای فسفر و پتاسیم در طی زمان افزایش می‌یابد. پژوهش نشان می‌دهد که بدون استفاده از فسفر و پتاسیم، بازده نیتروژن کاهش پیدا می‌کند در حالی که وقتی همه عناصر تغذیه‌ای با هم استفاده شوند کارایی و فسفر و پتاسیم نیز به‌طور پایایی افزایش می‌یابد.^۱ این موضوع نشان دهنده تاثیر متقابل عناصر غذایی است. از این رو، در خاک‌هایی که از عناصر تغذیه‌ای تخلیه شده‌اند، به عبارت دیگر برای مدت طولانی زیر کشت قرار گرفته‌اند، علاوه بر اتلاف غیرقابل اجتناب^۲، کوددهی غیر متعادل و استفاده بیش از حد از نیتروژن نه تنها در تضاد با عملیات کشاورزی مطلوب قرار دارد بلکه هدر دادن سرمایه و نیروی کارگری نیز بوده و از دیدگاه زیست محیطی خسارت آور و ناپایدار است.

بنابراین برای استفاده بهینه از کود، کوددهی متعادل یک ضرورت است. گیاهان همانند انسان‌ها هستند: یک تغذیه متعادل ضروری بوده و اضافه مصرف کردن از یک غذا به تنهایی کافی نیست. اگر رژیم غذایی غیر متعادل باشد موجودات زنده در نهایت بیمار خواهند شد. چنین اتفاقی برای گیاهان نیز رخ می‌دهد. علاوه بر این،

¹ S. K. De Datta, ' Sustainable rice production: challenges and opportunities'. In: International Rice Commission Newsletter, Progress assessment and orientation in the 1190s, FAO, Rome 1994.

² علاوه بر جذب و برداشت عناصر تغذیه‌ای توسط گیاه، مقدار زیادی از آنها از طریق آبشویی، فرسایش، تثبیت خاکی، و غیره هدر می‌رود. اتلاف عنصر تغذیه‌ای از طریق نیترات زدایی، تصعید، و آبشویی که به‌طور طبیعی صورت می‌گیرد حتی در بهترین عملیات کشاورزی فرآیندی اجتناب‌ناپذیر است.

گیاهان این توانایی را ندارند که از محیط خود حرکت کرده و عناصر تغذیه‌ای مورد نیاز خود را به دست آورند. بنابراین، شرایط در اطراف رشد گیاه تا حد امکان باید مناسب باشد. باید سعی شود pH خاک با استفاده از آهک یا گچ (در خاک‌های قلیایی)^۱ در حد مطلوبی نگاه داشته شود. به علاوه در تأمین ماده آلی، آب و تعادل کودی نیز باید تلاش شود.

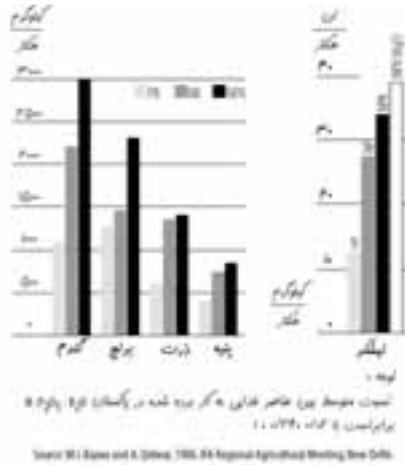
نشان داده شده که کمبود عناصر تغذیه‌ای اولیه، ثانویه یا کم مصرف، عملکرد گیاه را کاهش داده یا کیفیت محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد. کمبود این عناصر با هیچ عنصر تغذیه‌ای دیگری قابل جبران نیست. بنابراین در یک عملیات کشاورزی خوب و مناسب، کوددهی متعادل اصولاً به معنی تأمین نیتروژن، فسفر و پتاسیم با توجه به ذخایر آنها در خاک، همچنین مقدار عملکرد مورد انتظار، و در صورت نیاز منیزیم، گوگرد و عناصر تغذیه‌ای کم مصرف است. شکل ۶ به خوبی اثر کوددهی متعادل را بر عملکرد گیاهان در پاکستان نشان می‌دهد.

به علاوه، در استفاده از کود و در یک برنامه کشاورزی خوب و مناسب باید مقدار کافی عناصر تغذیه‌ای و نسبت متعادل آنها به خوبی رعایت شود؛ همچنین تأمین این عناصر به شکل قابل استفاده گیاه و در وقت مناسب که گیاه نیازمند آن است باید صورت گیرد.^۲ ساده‌ترین راه برای رسیدن به چنین نتیجه‌ای استفاده از کودهای مرکب NPK بوده که دارای فرمول و درجه کودی تضمین شده از عناصر تغذیه‌ای اولیه در هر دانه کودی هستند. این کودها به دلیل پایداری و یکنواختی اندازه دانه‌ها مزیت پخش یکنواخت در زمین را دارند.^۳

¹ Alkaline soils

² این موضوع البته تحت تأثیر کارایی و شرایط اقتصادی بازار کود و سیستم توزیع شامل عمده فروشان منطقه‌ای یا ذخیره پشتیبان محلی قرار می‌گیرد.

³ منظور از کود پاشی غیریکنواخت مصرف زیادتر کود در یک محل از مزرعه (آلودگی) و مصرف کم‌تری از آن (کاهش محصول) در محلی دیگر است.



شکل ۶. تأثیر کودهای متعادل بر تولید محصول، پاکستان

کودهای NPK مرکب معمولاً گران‌تر از کودهای مخلوط یا آمیزه‌ای هستند. هرچند که، تحت شرایط عملی مزرعه، مقدار ضرر و زیان حاصل از کاهش عملکرد و کیفیت گیاه می‌تواند بیش‌تر از مقدار سود ناشی از خرید و استفاده از کودهای ساده و با کیفیت پایین باشد. کشاورزان باید به این مسأله آگاه باشند چراکه متقاعد کننده‌ترین بحثی که کشاورزان در کشورهای در حال توسعه و حتا در کشور توسعه یافته در پیش می‌گیرند مقدار سودی است که در استفاده از این کودها به دست می‌آورند. بنابراین در هر تشویق و ترغیبی که برای متعادل‌سازی عناصر تغذیه‌ای پیش می‌آید بیش‌ترین مسأله نشان دادن سود اقتصادی حاصل از استفاده متعادل کودها در کشاورزی است.

کودها، ظاهرشان، کیفیت و برجسب آنها

کود چیست؟

هر ماده طبیعی یا مصنوعی که شامل دستکم ۵ درصد از یک یا تعدادی از سه عنصر تغذیه‌ای اولیه (نیتروژن، P_2O_5 ، K_2O) باشد می‌تواند کود نامیده شود. کودهای

۵۰ کودها و استفاده از آنها

ساخته شده صنعتی را کودهای معدنی می‌نامند.

کودهای معدنی ظاهری متنوع دارند. بسته به فرآیند تولید، ذرات کودهای معدنی می‌تواند از نظر شکل و اندازه کاملا متفاوت بوده و شکل‌های دانه‌ای، ساچمه‌ای، کپسولی شده، کریستالی، ذرات درشت فشرده شده یا ریز، و پودری باشند. بیش‌تر کودها معمولا به‌صورت جامد در اختیار قرار می‌گیرند. کودهای مایع، و تعلیقی در آمریکای شمالی اهمیت بیش‌تری دارند.

آمونیاک از کربیدرانا (پیش‌گاز طبیعی اما همچنین نفتا و ذغال سنگ)، نیتروژن هواب آبه ساخته می‌شود. در اکیده کرین حاصل از این واکنش می‌تواند با آب ترکیب شده نوره به وجود آورد.

اسید نیتریک از اکسایش آمونیاک با هوا ساخته می‌شود.

اسید سولفوریک از سوختن گوگرد در هوا حاصل می‌شود. با واکنش این اسید با سنگ فسفات اسید فسفریک به دست می‌آید.

سنگ های پتاش از رسوبات طبیعی منبع پتاسیم هستند.



شکل ۷. نمودار مسیر تولید کودها

علاوه بر مقدار عناصر مغذی در کودها، کیفیت فیزیکی آنها با دانه‌بندی، سختی و چگالی، میزان مقاومت در برابر رطوبت و صدمات فیزیکی و درجه کلوخه نشدن آنها مشخص می‌شود. کودهای با کیفیت بالا معمولا با مواد خاصی پوشانده

¹ معمولا مقدار عناصر مغذی تضمین شده است. یک مقدار انحراف از این محدوده به دلیل تولید انبوه کود و خطاهایی که در حین نمونه برداری صورت می‌گیرد مجاز شمرده می‌شود.

می‌شوند. از نقطه نظر حمل و نقل، نگهداری و استفاده در مزارع، چگالی کودها نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. اوره، در مقابل بقیه کودهای کشاورزی، به‌طور معمول حجم زیادی نسبت به واحد وزن خود دارد.

به‌دلیل سادگی، انعطاف‌پذیری در استفاده و ایمنی (در مقابل هوادیدگی و مهم‌تر، تغییرات کلی که در این کود حاصل می‌شود) کیسه‌های ۵۰ کیلوگرمی معمول‌ترین روش برای توزیع کود در بین کشاورزان خرده‌پا است^۱.

بیش‌تر دولت‌ها در خصوص کیسه‌ها یا ظرف‌های حاوی کودهای کشاورزی که در نهایت به دست کشاورزان می‌رسد و روش برچسب‌زنی آنها قوانین سختگیرانه‌ای را از طریق وزارت کشاورزی یا سایر سازمان‌های و موسسات مربوطه وضع نموده‌اند. این برچسب‌ها شامل اطلاعات تغذیه‌ای (عناصر تغذیه‌ای اولیه یا ثانویه یا کم‌مصرف) مقدار کود (در بیش‌تر موارد همچنین شکل عناصر تغذیه‌ای)، و درجه خلوص آنها است.

مقدار عناصر تغذیه‌ای اولیه معمولاً به‌شکل درصد (از سمت چپ) N, P_2O_5, K_2O (گاهی اوقات به‌علاوه منیزیم، گوگرد و عناصر کم‌مصرف) بیان می‌شود). ترتیب بیان این عناصر معمولاً به همین شکل است. بنابراین، در یک فرمول $17-17-17$ اولین عدد (از سمت چپ) درصد N عدد دوم درصد P_2O_5 و عدد سوم بیانگر درصد K_2O ^۲ است.

برچسب‌ها همچنین وزن کیسه، روش صحیح حمل و نقل و نگهداری، نام

^۱ ارسال کود به‌صورت فله‌ای باعث صرفه‌جویی هزینه کیسه و کیسه کردن کود می‌شود. با این حال، این نوع ارسال برای حداقل وزن مشخصی از کود امکان‌پذیر است و مدیریت صحیح جهت جلوگیری از تلفات احتمالی در حین انتقال و نگهداری ضروری است.

^۲ اصلاح P_2O_5 و K_2O به‌طور قرار دادی و مرسوم برای بیان «فسفات» یا «فسفر» و «پتاس» یا «پتاسیم» استفاده می‌شود. این‌ها اکسیدهای عناصر فسفر و پتاسیم هستند. (پیوست را ملاحظه نمایید: فاکتورهای تبدیل)

تولیدکننده و حتی توزیع کننده کود را نیز به همراه دارند.^۱ اکثر کودها نام تجاری خاصی داشته که بر روی کیسه‌های کودی به صورت چاپ شده قابل مشاهده است.

برای مثال دو کیسه ۵۰ کیلوگرمی از یک کود با درجه ۱۷-۱۷-۱۷ شامل ۱۷ کیلوگرم N، ۱۷ کیلوگرم P_2O_5 و ۱۷ کیلوگرم K_2O است. در مقابل اصطلاح درجه کودی، نسبت تغذیه‌ای وجود دارد که به نسبت عناصر تغذیه‌ای اشاره می‌کند. درجه کودی ۱۷-۱۷-۱۷ نسبت تغذیه‌ای ۱:۱:۱ (از چپ به راست) از K_2O ، P_2O_5 و N را شامل است، درحالی که درجه کودی ۱۲-۲۴-۱۲ نسبت ۱:۲:۱ را در خود دارد.

مهم است که در نظر داشته باشیم درجه یک کود برای محاسبه مقدار آن از لحاظ تأمین نسبت صحیح عناصر تغذیه‌ای در یک هکتار خاک لازم و ضروری است. برای مثال، یک کشاورز احتیاج به هشت کیسه کودی ۵۰ کیلوگرمی (۴۰۰ کیلوگرم) با درجه ۱۵-۱۵-۱۵ دارد تا با آن نسبت ۶۰-۶۰-۶۰ در یک هکتار زمین را تأمین نماید.

۷. درجه‌های کود^۲

کودهایی که تنها حاوی یک عنصر تغذیه‌ای باشد به‌عنوان کودهای تک‌عنصری^۳ نامیده می‌شوند. آن دسته از کودهایی که حاوی دو یا سه عنصر تغذیه‌ای اولیه باشد را کودهای چندعنصری^۴ گاهی دوعنصری^۵ یا سه‌عنصری^۶ می‌نامند.

کودهای تک‌عنصری

برخی از مهم‌ترین کودهای تک‌عنصری (که به‌طور منطقه‌ای هم مهم‌اند) به شرح زیر هستند:

^۱ در رابطه با نیترات آمونیوم (۳۴-۳۳٪ نیتروژن) درجه خطر نیز نشان داده می‌شود.

^۲ Fertilizer grades

^۳ Straight fertilizers

^۴ Multinutrient fertilizers

^۵ Two- nutrients

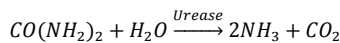
^۶ Three- nutrients

اوره: با ۴۶ درصد نیتروژن به دلیل غلظت زیاد و قیمت پایین آن در برابر هر واحد نیتروژن یکی از منابع مهم این عنصر در دنیا است. با این حال، استفاده از این کود به طور استثنایی نیازمند عملیات کشاورزی خوب و مناسبی است تا از تصعید آن به صورت گاز آمونیاک به هوا جلوگیری به عمل آید. اوره باید زمانی مصرف شود که یا امکان مخلوط کردن آن با خاک بلافاصله پس از پخش کردن یا پیش‌بینی بارندگی در ساعات آینده پس از مصرف این کود وجود داشته باشد.^۱

سولفات آمونیم (AS): با ۲۱ درصد نیتروژن (به شکل آمونیم) مانند کود اوره، غلیظ نیست. با این حال، این کود علاوه بر منبع نیتروژن حاوی ۲۳ درصد گوگرد به عنوان یک ماده تغذیه‌ای برای رشد گیاه نیز است. از این کود در کشاورزی فاریاب و در مناطقی استفاده می‌شود که نیاز به گوگرد نیز هست. این موضوع برای کود نترات سولفات آمونیوم (ANS) با ۲۶ درصد نیتروژن (دوسوم آن به صورت یون آمونیوم و یک سوم بقیه به شکل نترات) و ۱۳ تا ۱۵ درصد گوگرد نیز صحیح است.

کلسیم آمونیوم نترات (CAN): با بیش از ۲۷ درصد نیتروژن (به نسبت مساوی از یون‌های آمونیوم و نترات) کودی است که در مناطق نیمه‌خشک شبه‌حاره‌ای ترجیح داده می‌شود.

^۱ نیتروژن آمیدی (شکل نیتروژن در اوره) با آنزیم اوره آز که در سطح خاک وجود داشته به گاز آمونیاک، دی اکسید کربن و آب به سرعت نسبتاً زیادی تغییر پیدا کرده و هیدرولیز می‌شود.



حتا در دمای کم، این واکنش تبدیل نیتروژن آمیدی به گاز آمونیاک در طی یک دوره یک تا سه روزه کامل می‌شود در حالی که در مناطق حاره‌ای و شبه حاره‌ای این عمل در عرض چند ساعت رخ می‌دهد. اگر اوره به داخل خاک فرو برده نشده و روی خاک بماند مقدار قابل ملاحظه‌ای از آن به صورت بخار آمونیاک تلف می‌شود به‌ویژه در خاک‌های قلیایی (خاک‌های با pH بالاتر). اگر به داخل خاک فرو برود (یک اختلاط سطحی کافی است) آمونیاک به صورت NH_4^+ جذب سطحی ذرات رس و ماده آلی خاک شده و از اتلاف به صورت تبخیر آن محافظت می‌شود.

۵۴ کودها و استفاده از آنها

سوپر فسفات ساده^۱ با ۱۶ تا ۲۰ درصد P_2O_5 (پنتا اکسید فسفر) شامل ۱۲ درصد گوگرد و بیش از ۲۰ درصد کلسیم (CaO) نیز است.

سوپر فسفات غلیظ^۲ دارای ۴۶ درصد P_2O_5 ، بدون گوگرد و درصد کلسیم کمتری است. هر دو کود سوپر فسفات ساده و غلیظ حاوی فسفر محلول در آب و شکل قابل استفاده برای گیاه هستند.

مقدار فراوانی از استفاده کودهای فسفوری به شکل نیتروفسفات (NP) مونو آمونیم فسفات (MAP)، دی آمونیم فسفات (DAP) و کودهای NPK است.

کلرید پتاسیم که تا ۶۰ درصد K_2O دارد، مهم ترین کود تک عنصری تأمین کنند پتاسیم برای اکثر گیاهان است. گیاهانی که نسبت به کلر حساسند یا جایی که گوگرد نیاز باشد، سولفات پتاسیم با ۵۰ درصد K_2O و ۱۸ درصد گوگرد استفاده می شود. به هر حال، مانند کودهای فسفاتی، بیشترین مقدار K_2O به صورت کودهای NPK و PK به کار می رود.

جدول ۲. برخی از کودهای مهم

درجه یا آنالیز کود بر حسب درصد					نام متعارف (فرمول)
S	Mg	K_2O	P_2O_5	N	
					کودهای نیتروژنی
۲۳	-	۰	۰	۲۱	سولفات آمونیوم (NH_4) ₂ SO ₄
-	-	۰	۰	۳۳-۳۴/۵	نیترات آمونیوم NH ₄ NO ₃
-	-	۰	۰	۲۰/۵-۲۶	آمونیم نیترات-آهک NH ₄ NO ₃ + CaCO ₃ (کلسیم آمونیوم نیترات)
-	-	۰	۰	۴۵-۴۶	اوره CO(NH ₂) ₂
۱۵	-	۰	۰	۲۶	آمونیم سولفات-نیترات NH ₄ NO ₃ . (NH ₄) ₂ SO ₄

¹ Single superphosphate

² Triple or concentrated superphosphate

درجه یا آنالیز کود بر حسب درصد					نام متعارف (فرمول)
کودهای فسفوری					
۱۲	-	۰	۱۶-۲۰	۰	سوپرفسفات ساده $Ca(H_2PO_4)_2 + CaSO_4$
-	-	۰	۴۶	۰	سوپرفسفات تریپل یا غلیظ $Ca(H_2PO_4)_2$
-	-	۰	۲۰-۴۰	۰	سنگ فسفات (کانی فسفات)
کودهای پتاسیمی					
-	-	۶۰	۰	۰	موریات یا کلرید پتاسیم KCl
۱۸	-	۵۰	۰	۰	سولفات پتاسیم K_2SO_4
۱۶-۲۲	۵-۷	۲۶-۳۰	۰	۰	سولفات پتاسیم-منیزیم $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$
کودهای منیزیمی					
۲۲	۱۶	-	-	-	کیزریت $MgSO_4 \cdot 7H_2O$
۲۷	۲۰	-	-	-	کیزریت حرارت داده شده $MgSO_4 \cdot H_2O$
کودهای گوگردی					
تمام کودهای حاوی گوگرد به شکل آنیون					
بسته به فرمول					گچ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
برخی از کودهایی که به صورت منطقه‌ای مهم هستند					
-	-	۰	۰	۱۶	نیتрат سدیم $NaNO_3$
-	-	۰	۳۵-۴۲	۰	دی کلسیم فسفات $Ca(HPO_4)$
-	۱-۳	۰	۱۶-۲۰	۰	خاکستر بازی

عناصر تغذیه‌ای ثانویه^۱

در گذشته از عناصر تغذیه‌ای ثانویه به‌خصوص گوگرد بر روی کیسه‌ها یا ظروف محتوی کود چیزی بیان نمی‌شده اما امروزه به این شکل نیست.

علاوه بر کودهای تک‌عنصری که شامل منیزیم، گوگرد یا کلسیم بوده و در بالا نام

¹ Secondary nutrients

۵۶ کودها و استفاده از آنها

آنها ذکر شد، گچ نیز حاوی گوگرد است (۱۶-۱۸ درصد گوگرد). سولفات پتاسیم منیزیم تأمین کننده دو عنصر منیزیم (۶ درصد) و گوگرد (۱۶-۲۲ درصد) بوده که به راحتی قابل استفاده گیاه است.

برای تأمین نیاز کلسیم به فصل ۴ تحت عنوان واکنش خاک و آهک دهی نیز مراجعه کنید.

کودهای چندعنصری

تعداد زیادی کودهای چندعنصری در بازارهای جهانی ارایه و توزیع می شود. جدول ۳ محدوده ممکن از مواد مغذی در کودهای NP، NPK و PK را نشان می دهد.

مهم ترین مزیت قابل توجه این کودها برای کشاورز عبارتند از:

- سهولت در حمل و نقل و نگهداری؛
- سهولت در کاربرد؛
- مقدار بالای عناصر تغذیه ای؛
- سهولت پخش این کودها در سطح مزرعه؛
- کوددهی متعادل (برای مثال) نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل استفاده به همراه هم از زمان شروع رشد گیاه و همگام با نیاز به آنها در اختیار گیاه قرار می گیرد.
- بالا بودن کارایی کودها

جدول ۳. کودهای چندعنصری؛ دامنه تغییرات مقدار عناصر غذایی

نوع کود	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O
کودهای NPK	۵-۲۶	۵-۳۵	۵-۲۶
فسفات آمونیم	۱۶-۱۸	۴۲-۴۸	-
DAP	۱۱	۵۲	-
MAP	۲۰-۲۶	۶-۳۴	-
نیتروفسفات	-	۶-۳۰	۶-۳۰
کودهای PK	-	۶-۳۰	۶-۳۰

به‌طور کلی سه گونه مشخص از کودهای چندمغذی وجود دارد^۱

- کودهای مرکب^۲: این کودها از طریق واکنش بین مواد شیمیایی که حاوی مواد تغذیه‌ای اولیه برای رشد گیاه هستند به وجود می‌آید (هر دانه از این کودها شامل نسبت بیان شده‌ای از مواد تغذیه‌ای هستند)
- کودهای ترکیبی^۳: کودهای تک‌عنصری گرانوله شده یا حد واسط که دانه‌های این کود دارای نسبت متغیری از عناصر تغذیه‌ای هستند.
- کودهای مخلوط یا آمیزه‌ای^۴: این کودها مخلوط ساده از کودهای تک‌عنصری‌اند (مخلوط این کودها اگر دقت کافی در تهیه آن‌ها صورت نگیرد ممکن است به‌صورت یکنواخت و یک‌دست نباشد)

معمول‌ترین درجه از کودهای چند مغذی NPK و NP شامل:

۱- کودها NPK مرکب یا ترکیبی:

۱۱-۲۲-۲۲، ۱۹-۱۹-۱۹، ۱۷-۱۷-۱۷، ۱۴-۳۵-۱۴، ۱۴-۲۸-۱۴، ۱۵-۱۵-۱۵، ۲۱-۱۳-۱۳، ۱۲-۲۴-۱۲، ۱۲-۱۲-۱۷، ۲۲-۲۲-۱۱، ۲۶-۲۶-۱۰.

کودهای NP مرکب یا ترکیبی:

۲۸-۲۸-۰، ۱۴-۲۶-۰، ۲۴-۲۴-۰، ۲۳-۲۳-۰، ۲۰-۲۰-۰، ۱۸-۴۶-۰، ۱۶-۲۰-۰

علاوه بر عناصر تغذیه‌ای اولیه نیتروژن، فسفر و پتاسیم، تعدادی از درجه‌ها شامل عناصر تغذیه‌ای ثانویه مانند منیزیم، گوگرد و کلسیم و برخی دیگر حاوی عناصر کم‌مصرفی مانند آهن، مس، روی، منگنز، بر و مولیبدن هستند. از این رو، با انتخاب و استفاده یک کود با درجه مناسب، کشاورز این امکان را دارد که تمام نیاز تغذیه‌ای گیاه خود را با دادن یک کود تأمین کند.

^۱ گرفته شده از FAO، کود و راهنمای تغذیه گیاه، مجله ۹، ایتالیا، ۱۹۸۴

^۲ Complex fertilizers

^۳ Compound fertilizers

^۴ Mixed fertilizers

عناصر کم مصرف^۱

عناصر غذایی کم مصرف نیازمند توجه ویژه‌ای هستند چراکه بین مقدار کمبود و اضافی این عناصر برای گیاه فاصله بسیار کمی وجود دارد.

عناصر تغذیه‌ای کم مصرف فقط در مقدار کمی مورد نیاز هستند. اگر مقدار زیادی از یک عنصر (مانند بور) مورد استفاده قرار گیرد امکان صدمه به گیاه یا گیاه بعدی وجود خواهد داشت.

برای خاک‌ها و گیاهانی که کمبود عناصر تغذیه‌ای کم مصرف را دارند باید کودهای مخلوط خاصی تهیه شود که حاوی مواد تغذیه‌ای کم مصرف همراه با درجه‌ای از NPK باشند.

در خیلی از شرایط کمبود عناصر کم مصرف ناشی از پهاش خیلی پایین (اسیدی) یا در اغلب موارد، پهاش خیلی بالا (خنثا تا قلیایی) خاک است. بنابراین تغییر در pH خاک می‌تواند قابلیت استفاده عناصر کم مصرف را تغییر دهد.

وقتی که عناصر تغذیه‌ای کم مصرف مورد نیاز باشد باید از توصیه یک کارشناس کودی در ایستگاه تحقیقاتی محل سود جست.

در محلول پاشی عناصر کم مصرف (که به صورت پودری یا مایع تهیه شده‌اند) بر روی برگ‌ها یا استعمال همراه با بذر آنها مقدار دقیق‌تر کاربرد کود و بازده بالاتر آنها میسر می‌شود. نوع کودهای عناصر کم مصرف استفاده شده در زیر مشاهده می‌شود.

ترکیبات آلی پیچیده^۲ کلات‌های آهن، روی، منگنز و مس به شکل معنی‌داری بهره‌وری کاربرد عناصر مغذی کم مصرف را افزایش می‌دهند به خصوص آهن که شکل غیر کلات آن به سختی جذب می‌شود.

^۱ Micronutrients

^۲ عوامل کلاته ملکول‌های پیچیده آلی را به وجود می‌آورند که عناصر کم مصرف را در مقابل تثبیت شدن محافظت نموده و جذب آنها را توسط گیاه آسان می‌کند.

جدول ۴. بعضی از کودهای عناصر کم مصرف مهم

عناصر کم مصرف	فرمول	حامل عنصر کم مصرف
آهن (Fe)	FeSO ₄ ·7H ₂ O	سولفات آهن
مس (Cu)	CuSO ₄ ·5H ₂ O	سولفات مس
روی (Zn)	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	سولفات روی
منگنز (Mn)	MnSO ₄ ·7H ₂ O	سولفات منگنز
بور (B)	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	بوراکس
مولیبدن (Mo)	Na ₂ MoO ₄ ·10H ₂ O	مولیبدات سدیم

کودهای کندرها^۱ / بازدارنده‌های نیترات‌زایی و اوره‌آز^۲

کودهای کندرها یا کودهایی که به صورت کنترل شده مواد غذایی خود را آزاد می‌سازند حاوی عناصر تغذیه‌ای (معمولاً نیتروژن) به شکلی هستند که بعد از استفاده، این کودها عناصر تغذیه‌ای خود را نسبت به کودهای عادی با تاخیر آزاد می‌سازند. این ویژگی با پوشش دار کردن کودهای معمول (نیتروژنی یا NPK) با گوگرد یا مواد پلی مری (نیمه نفوذ پذیر) یا ترکیبات خاص شیمیایی انجام می‌پذیرد. از آن جا که آزاد شدن نیتروژن از کودهای کندرها یا کودهای با آزادسازی مهارشده^۳ معمولاً به دما و رطوبت خاک بستگی دارد، نیتروژن مورد نیاز گیاه را همگام با رشد آن در اختیار قرار می‌دهند.^۴

مزیت‌های اصلی عبارتند از هزینه کارگری (به‌جای چند بار کوددهی تنها یک مرتبه کل کود مورد نیاز برای رشد کامل گیاه در اختیار آن قرار داده می‌شود)،

¹ Slow release fertilizers

² Nitrification and urease inhibitors

³ Controlled-release fertilizers

⁴ تفاوت رسمی بین کودهای کندرها و کودهایی که به صورت کنترل شده عناصر تغذیه‌ای را رها می‌سازد وجود ندارد. با این حال، به‌طور معمول ترکیبات نیتروژن، مانند اوره و فرمالدئید، که به صورت زیستی تجزیه شده به‌عنوان کودهای کندرها و کودهای پوشش‌دار یا آن‌هایی که در کپسول قرار دارند به‌عنوان کودهای کنترل شده شناخته می‌شوند.

کاهش خطر سمیت در زمان جوانه زدن حتا هنگامی که مقدار استفاده کود در زمین زیاد باشد و همچنین هزینه مصرف کود به دلیل بهتر شدن بازده نیتروژن (با ۱۵ تا ۲۰ درصد مصرف کم تر نیتروژن، مقدار محصول به دست آمده مشابه زمانی است که کودهای معمول نیتروژنی مصرف می شود).

اگرچه مزیت و سود حاصل از این کودها اصولاً در زراعت برنج ثابت شده است، اما ضرر استفاده از آنها در کشاورزی معمولی به دلیل افزایش قابل ملاحظه هزینه برای هر واحد از عناصر تغذیه‌ای زیاد است. بنابراین در عمل استفاده از این دسته کودها به گیاهان با ارزشی مانند سبزیجات منحصر می شود.

بازدارنده فرآیندهای نیترات‌زایی و اوره‌آز برای زراعت‌های معمولی بسیار و اقتصادی تر هستند. بازدارنده‌های نیترات‌زایی ترکیباتی هستند که به کودهای نیتروژنی حاوی آمونیوم (NH_4^+)، که به وسیله کمپلکس‌های جذبی نگهداری شده، افزوده می شوند و تبدیل این یون به نیتريت (NO_2^-) و در نهایت به نیترات (NO_3^-)، که از طریق فعالیت باکتری‌های خاک صورت می پذیرد، را به تاخیر انداخته و به این ترتیب از آبخوبی نیتراتی که توسط گیاه جذب نشده جلوگیری به عمل می آورد.

بازدارنده‌های اوره‌آز تبدیل نیتروژن آمیدی در اوره به آمونیوم را به مدت ۱۰ تا ۱۲ روز به تاخیر می اندازند؛ بنابراین از تصعید گاز آمونیاک در زمانی که هوا خشک باشد یا امکان مخلوط کردن اوره بلافاصله بعد از افزودن آن به خاک وجود نداشته باشد جلوگیری نموده یا کاهش می دهند.

هر دو بازدارنده نیترات‌زایی و اوره‌آز کاملاً با کودهای نیتروژنی قبل از پخش در زمین مخلوط و با هم پخش می شوند. بسته به مقدار آمونیوم و نیتروژن آمیدی در کودهای نیتروژنی میزان استفاده از این مواد کم تر از چند کیلوگرم یا لیتر در هکتار است.

با استفاده از بازدارنده‌های نیترات‌زایی و اوره‌آز مقدار محصول بیش تری به دست

آمده یا با مصرف مقدار کم تری از این کودها مقدار عملکردی مشابه‌ای به دست می‌آید (در مقایسه به شرایطی که از کودهای نیتروژنی بدون این بازدارنده‌ها استفاده شود) که ناشی از کاهش هدر رفتن به شکل نترات یا گاز آمونیاک است.

۸. محاسبه مقادیر کود

مقدار کود مورد استفاده در یک هکتار یا در یک مزرعه مشخص به مقدار عناصر غذایی مورد نیاز و انواع و درجه‌های کودی در دسترس بستگی دارد. معمولاً کودهای شیمیایی در کیسه‌های ۵۰ کیلوگرمی عرضه می‌شوند. بنابراین، کشاورزان باید از مقدار عناصر غذایی در هر کیسه کودی اطلاع داشته باشند. ساده‌ترین راه برای محاسبه وزن عناصر غذایی در هر کیسه ۵۰ کیلوگرمی تقسیم عدد چاپ شده برچسب کودی به دو است.

مثال: چند کیسه کود سولفات آمونیوم (AS) (با ۲۱ درصد نیتروژن و ۲۴ درصد گوگرد) نیاز است تا ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را تأمین نماید؟ $10/5$ که حاصل تقسیم ۲۱ به ۲ است. بنابراین تقریباً شش کیسه کودی سولفات آمونیوم لازم است تا ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (البته کمی بیش تر) را تأمین کند. به علاوه، ۶ کیسه از این کود ۷۲ کیلوگرم در هکتار گوگرد را نیز تأمین می‌کند.

اگر سطح زمین کشاورزی تنها 500 m^2 (متر مربع) باشد، مقدار کود مورد نیاز یک بیستم مقدار کودی است که برای یک هکتار زمین مصرف می‌شود: ۲۰ حاصل تقسیم 10000 m^2 (مساحت یک هکتار) بر 500 m^2 است که برای یک منطقه 500 متر مربعی ۱۵ کیلوگرم از سولفات آمونیوم (حاصل تقسیم ۳۰۰ بر ۲۰) برای تأمین نیتروژن مورد نیاز مطابق با توصیه ۶۰ کیلوگرم در هکتار از این عنصر لازم است.

اگر کود توصیه شده ۶۰-۶۰-۶۰ باشد ساده‌ترین راه برای کشاورز خرید کود حاوی عناصر غذایی چندگانه با درجه ۱۵-۱۵-۱۵ است. یک کیسه ۵۰ کیلوگرمی از این کود حاوی $7/5-7/5-7/5$ است (حاصل تقسیم ۶۰ بر $7/5$ مساوی ۸ است). بنابراین

هشت کیسه کودی ۵۰ کیلوگرمی برای تأمین ۶۰ کیلوگرم نیتروژن، ۶۰ کیلوگرم P_2O_5 و ۶۰ کیلوگرم K_2O در هکتار نیاز است.

زمانی که توصیه کودی برای یک هکتار زمین ۳۰-۳۰-۶۰ باشد با هشت کیسه ۵۰ کیلوگرمی کودی با درجه ۱۵-۱۵-۱۵ کشاورز مقدار فسفر و پتاسیم را دو برابر مقدار توصیه شده تأمین می‌کند. در این شرایط کشاورز تنها باید چهار کیسه کودی ۵۰ کیلوگرمی استفاده نماید و به این ترتیب تنها نیمی از نیتروژن ولی تمام فسفر و پتاسیم توصیه شده تأمین می‌گردد. در این شرایط برای تأمین ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن باقیمانده از کودهای تک‌عنصری نیتروژن استفاده می‌شود که به صورت یک یا دو بار سرک همراه با سایر عملیات‌های کشاورزی مطلوب و مناسب به خاک افزوده می‌شود.

این وضعیت زمانی پیچیده‌تر می‌شود که مقدار توصیه نیتروژن ۶۰ کیلوگرم، P_2O_5 ۳۰ کیلوگرم، و K_2O ۵۰ کیلوگرم در هکتار باشد و چنین درجه کودی ۱/۷: ۱: ۲ یا ۱/۷: ۱: ۱ همراه با کود تک‌عنصری نیتروژن نیز وجود نداشته باشد. در این شرایط سه امکان مختلف در پیش روی کشاورز وجود دارد:

- ۱- کشاورز می‌تواند کودهای عناصر چندعنصری در دسترس با درجات مختلف را با کود تک‌عنصری (عمدتاً نیتروژن) مخلوط نماید. توصیه می‌شود که مقدار کود نیتروژنی در چند نوبت مصرف گردد.
- ۲- وی می‌تواند یک طرح مصرف کودی تهیه نموده که کل تناوب گیاه زارعی را پوشش دهد در این شرایط از کودهای نیتروژنی هر سال دقیقاً مطابق با مقدار توصیه شده برای هر گیاه و فسفر و پتاسیم مستقل از هر گیاه خاص استفاده می‌شود. به هر صورت P_2O_5 و K_2O باید به مقداری مصرف شود که کل مقدار توصیه شده برای همه گیاهان را در یک تناوب زراعی تأمین نماید.
- ۳- وی همچنین می‌تواند کودهای تک‌عنصری را مجزا استفاده کند یا این دسته کودها را با هم ترکیب کرده تا کود مخلوط حاوی چند عنصر تغذیه‌ای خود را مطابق با نسبت ضروری توصیه شده تهیه نماید.

نسبت توصیه شده ۵۰:۳۰:۶۰ می‌تواند از مخلوط شدن سولفات آمونیوم (۲۱٪ نیتروژن) که این جا گوگرد نیز ضروری است، یا از اوره (۴۵٪ نیتروژن)، سوپرفسفات غلیظ (۴۶٪ P_2O_5) یا دی‌آمونیم فسفات (۱۸٪ نیتروژن و ۴۶٪ P_2O_5) و موریات پتاسیم (۶۰٪ K_2O) تهیه شود.

برای تهیه مخلوط و آمیزه مناسب، مقادیر زیر از هر کودی نیاز است^۱:

$$\text{اوره: } \frac{60 \text{ kg/ha} \times 100}{45} = 133 \text{ kg/ha}$$

$$\text{سوپر فسفات غلیظ: } \frac{30 \text{ kg/ha} \times 100}{46} = 65 \text{ kg/ha}$$

$$\text{کلرید پتاسیم: } \frac{50 \text{ kg/ha} \times 100}{60} = 83 \text{ kg/ha}$$

مخلوط کودهای اوره، سوپرفسفات غلیظ، و موریات پتاسیم حاصل را پس از مخلوط کردن باید هرچه سریع‌تر در مزرعه پخش کرد.

وقتی سولفات آمونیوم بجای اوره استفاده شود کشاورز باید مقدار زیر از این کود را استفاده نماید:

$$\text{سولفات آمونیوم: } \frac{60 \text{ kg/ha} \times 100}{21} = 286 \text{ kg/ha}$$

علاوه بر ۶۰ کیلوگرم نیتروژن، ۳۰ کیلوگرم P_2O_5 و ۵۰ کیلوگرم K_2O ، این مخلوط همچنین شامل ۶۹ کیلوگرم در هکتار گوگرد نیز است.

اگر دی‌آمونیم فسفات به جای سوپرفسفات غلیظ استفاده شود مقدار مورد نیاز از این کود باید بر اساس مقدار توصیه فسفات باشد:

$$\text{دی آمونیوم فسفات: } \frac{30 \text{ kg/ha} \times 100}{46} = 65 \text{ kg/ha}$$

^۱ همه اعداد گرد شده‌اند.

در این جا ۲۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز تأمین می‌شود. ۴۸ کیلوگرم نیتروژن باقی مانده یا باید به مخلوط افزوده شود یا این که به‌طور مستقیم در یک یا دو نوبت به شکل کودهای تک‌عنصری نیتروژنی در زمین استفاده شود.

همه کودها قابل مخلوط شدن با هم نیستند. کودهای که می‌خواهند با هم مخلوط شوند باید از نظر فیزیکی و شیمیایی سازگاری داشته باشند.

کودها باید از نظر شیمیایی با هم سازگار بوده تا از کلوخه شدن آنها به‌دلیل افزایش قدرت جذب رطوبت از هوا یا تلفات به سبب تولید گاز آمونیاک جلوگیری شود. وقتی کودهای شامل یون آمونیوم با خاکسترهای بازی^۱، سنگ فسفات، یا آهک مخلوط شود، تلفات نیتروژن به‌صورت گاز آمونیاک رخ می‌دهد.

به‌همین ترتیب، کودهای فسفره قابل حل (سوپر فسفات ساده و غلیظ، آمونیوم و نیترو فسفات‌ها) نباید با کودهای که حاوی کلسیم هستند مخلوط شوند (مانند نترات کلسیم) چراکه کلسیم، فسفات محلول در آب را به شکل نامحلول تبدیل می‌کند.

از ترکیب اوره با سوپرفسفات‌ها یا آمونیم فسفات و سوپرفسفات‌ها باید پرهیز شود. برای جلوگیری از جذب رطوبت زیاد، به‌عنوان یک قانون کلی مخلوط کودها باید هرچه سریع‌تر بعد از مخلوط شدن در مزرعه پخش شوند.

کودهایی که با هم مخلوط می‌شوند باید از نظر فیزیکی نیز با هم سازگاری داشته باشند که در آن تشابه اندازه و وزن مخصوص دانه‌های کود از جدا شدن آنها در طی جابه‌جائی، نگهداری و استفاده جلوگیری می‌کند. این موضوع به‌خصوص در زمانی که از کودپاش‌های سانتریفیوژی استفاده می‌شود اهمیت پیدا می‌کند. به هر حال، در صورتی که کود به‌صورت دستی نیز پخش شود این جدا شدن ذرات امکان‌پذیر است.

¹ Basic Slag

برای جلوگیری از خطای ناشی از مخلوط کردن کودها در زمانی که لازم است این مخلوطها در مزرعه تهیه شود کشاورز می‌تواند از خدمات فروشنده‌های محلی که واحد مخلوط کننده کودها را در اختیار دارند استفاده نماید. (سرمایه‌گذاری برای تاسیس واحد تهیه کودهای مخلوط^۱ نسبتاً کم است).

فروشنندگان جزء می‌توانند آمیزه خاصی از کودها با نسبت تغذیه‌ای مناسب برای نیازهای خاک و گیاه کشاورزان تهیه کنند. آنان به‌خوبی می‌دانند کدام کودها قابلیت مخلوط شدن را داشته و کدامیک ندارند. در هر صورت از آن جا که کشاورزان نمی‌توانند مقدار و کیفیت عناصر تغذیه‌ای کودهای مخلوط را تعیین نمایند فروشنندگان جزئی که کودهای مخلوط را تهیه می‌کنند باید قابل اطمینان باشند.

۹. چگونه کودها را مصرف کنیم؟

در یک علمیات کشاورزی خوب و مناسب روش مصرف کودها (آلی یا معدنی) بخش بسیار مهمی را تشکیل می‌دهد. مقدار و زمان جذب عناصر تغذیه‌ای به عوامل مختلفی مانند گونه گیاهی، زمان کشت، تناوب گیاهی، و شرایط آب و هوایی و خاک بستگی دارد. در یک کشاورزی خوب و مناسب، کشاورز مقدار و زمان مصرف را به شکلی انتخاب می‌کند که تا حد امکان نزدیک به زمان مصرف عناصر تغذیه‌ای توسط گیاه باشد. برای استفاده بهینه گیاه و کاهش آلودگی محیط زیست باید زمان مصرف عناصر تغذیه‌ای در عمل نزدیک به نیاز گیاه باشد. این به‌ویژه در مورد عناصر متحرکی مانند نیتروژن، در صورتی که ریشه گیاه آنرا جذب نکرده باشد به‌راحتی از خاک شسته می‌شود، مهم و ضروری است.

^۱ Bulk blending = مخلوط کودی تهیه شده که در طی اختلاط خشک، بین دانه‌های کودی یا مواد کودی واکنش شیمیائی رخ نداده است. معمولاً بلافاصله پیش از استفاده و عرضه به مزرعه به‌صورت فله تهیه می‌شوند.

در مورد کودها اوره و دی‌آمونیم فسفات تلفات از طریق تصعید گاز آمونیاک به هوا صورت می‌گیرد. در صورتی که بعد از استفاده از این کودها احتمال بارندگی و شستن آن‌ها به درون خاک وجود نداشته باشد باید بعد از استفاده بلافاصله با خاک مخلوط شوند. این به‌ویژه در خاک‌های قلیایی (آهکی) اهمیت دارد.

در مناطقی که احتمال بارندگی شدید وجود دارد عناصر تغذیه‌ای چه اولیه و چه ثانویه باید بلافاصله با خاک مخلوط شوند تا از تلفات آن‌ها به شکل فرسایش یا هرز آب جلوگیری به‌عمل آید.

وقتی کودها به‌شکل دستی در مزرعه مصرف می‌شوند برای پخش یکنواخت و در مقدار دقیق عناصر تغذیه‌ای، دقت زیادی باید صورت گیرد. در زمانی که از کودپاش‌ها استفاده می‌شود از تنظیم بودن آن‌ها باید مطمئن بود تا پخش یکنواخت و دقیق عناصر تغذیه‌ای در سطح مزرعه با اطمینان صورت گیرد. این وسایل باید به‌خوبی نگهداری شوند.

پخش کود^۱

پخش کود (یا به کار بردن کود به شکل سطحی در مزرعه) اصولاً برای گیاهانی که با فاصله کم و متراکم کشت شده‌اند کاربرد دارد. این روش برای گیاهان ردیفی یا گیاهان دانه ریزی که در ردیف‌های نزدیک به هم کشت می‌شوند و همچنین مراتع کاربردی ندارد. این روش کوددهی برای زمانی که لازم است کود بعد از استفاده به خاک به‌دلیل افزایش بازده (کودهای فسفوری) یا جلوگیری از تصعید نیتروژن (اوره، دی‌آمونیم فسفات) مخلوط شود نیز قابل استفاده است. مخلوط کردن از طریق خاک ورزی و شخم زدن خاک برای افزایش حاصلخیزی کل لایه شخم همچنین توصیه شده است. چه کود با دست پخش شود یا با دستگاه‌های کود پاش، این عمل باید تا حد امکان به‌صورت یکنواخت انجام پذیرد.

¹ Broadcasting

کوددهی نواری یا خطی^۱

زمانی که جایگزینی موضعی کود (قرار گرفتن کود در مناطق خاصی از مزرعه) مد نظر باشد کود به شکل متمرکز در قسمت‌های خاص از خاک مزرعه در حال کشت به کار برده می‌شود که این عمل می‌تواند به صورت نواری در زیر خاک یا کنار و زیر بذر صورت گیرد. این عمل می‌تواند با دست یا با وسایل خاص کشت یا دستگاه مته‌زن کودی انجام پذیرد. این روش ترجیحا برای گیاهان ردیفی با فاصله نسبی کافی (ذرت، پنبه، نیشکر)، یا خاک‌های با قدرت تثبیت بالای فسفر و پتاسیم و همچنین خاک‌های با سطح حاصلخیزی پایین که مقدار کمی کود در آنها استفاده می‌شود قابل استفاده است.

جایی که گیاهان با دست یا روی تپه کشت می‌شوند محل جاگذاری کود در دریف‌ها یا حفره کشت (که در یک گلدان یا حلبی پیمانه شده) زیر یا در کنار بذر است که سپس با خاک پوشیده می‌شود. برای پیشگیری از سمیت گیاه، خسارت ناشی از شوری به گیاهچه (سوختن ریشه‌ها)، فاصله کود یا بذر و گیاهچه نباید زیاد نزدیک باشد.

کود سرک^۲

سرک (پخش کود برای گیاهان استقرار یافته) اصولا برای گیاهان دانه ریز و درشت و گیاهان علوفه‌ای انجام می‌پذیرد. کود سرک در مناطقی که کاربرد اضافی نیتروژن در خاکی که گیاه در آن کشت شده و استفاده از تمام کود نیتروژنی در زمان کشت بذر به دلیل امکان آبشویی از خاک وجود ندارد، یا جایی که گیاه در یک مرحله از رشد خود نیاز خاصی به نیتروژن را نشان می‌دهد عملیاتی معمول و معقول است. نیترات که حالت پویا داشته به سمت عمق خاک حرکت کرده و در نهایت به وسیله ریشه گیاهان جذب می‌شود.

¹ Row or band placement

² Top dressing

سرک پتاسیم، که پویایی اش در خاک مانند نیترات نیست، در خاک‌های شنی ممکن است توصیه شود. برای مثال مقدار کل استفاده پتاسیم در دو قسمت پایه^۱ و سرک در اختیار گیاه قرار می‌گیرد.

فسفر، به‌طور کلی، به سختی در خاک حرکت می‌کند از این رو، این عنصر پیش از کشت یا در زمان کاشت بذر به‌صورت پایه و ترجیحاً همراه با پتاسیم و بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه به خاک داده می‌شود. مقدار باقی‌مانده نیتروژن باید بعد و به‌صورت سرک در یک یا دو قسمت در اختیار گیاه قرار گیرد.

جایگذاری کناری کود^۲

جایگذاری کناری کود عملیاتی است که در آن کود را در کنار گیاهانی که با فاصله زیاد و در ردیف رشد کرده‌اند، مانند ذرت، پنبه، و نیشکر، قرار می‌دهند. درختان یا دیگر گیاهان دائمی به‌طور معمول با این روش کوددهی می‌شوند.

محلول‌پاشی برگ^۳

محلول‌پاشی برگ موثرترین روش تأمین عناصر تغذیه‌ای کم‌مصرف (اما در تحت شرایط تنش گیاهی حتا نیتروژن و NPK) است که تنها مقدار کمی از این عناصر مورد نیاز بوده و در صورت مصرف خاکی امکان دارد به شکل غیر قابل استفاده برای گیاه تبدیل شوند. برای کاهش خطر سوختگی برگ، غلظت توصیه شده باید به‌طور دقیق در نظر گرفته شده و محلول‌پاشی در روزهای ابری و در صبح زود یا بعد از ظهر دیر وقت صورت گیرد (برای جلوگیری از خشک شدن سریع قطرها).

¹ Basal dressing

² Side-dressing

³ Foliar application

۱۰. چگونه مقدار کود مورد نیاز گیاه را مشخص کنیم؟

برای تعیین مقدار کود مورد نیاز برای گیاهان و خاک‌های منطقه خود، شما باید نسبت به دو موضوع اطلاع داشته باشید:

- ۱- چه عناصر تغذیه‌ای احتیاج است که در کود باشد؟
- ۲- چه مقدار از هر عنصر تغذیه‌ای برای به دست آوردن حداکثر یا سودآورترین (بهینه) مقدار محصول لازم است؟

چندین راه برای به دست آوردن پاسخ به این پرسش‌ها وجود دارد.

استفاده از کودها به‌عنوان نخستین شکل مناسب تأمین برداشت عنصر تغذیه‌ای گیاه در سطوح خاصی از عملکرد در فصل ۷ «توصیه‌های کودی برای گیاهان مطابق با نیاز آن‌ها» توضیح داده شد.

روش‌های دیگر و توضیح هر کدام در ادامه آورده شده است:

- ۱- علایم گرسنگی تغذیه‌ای در گیاهان در حال رشد (علایم کمبود).
- ۲- آزمایش و تجزیه خاک برای تعیین عناصر تغذیه‌ای کودی و مقدار مورد نیاز
- ۳- آزمایش گیاه یا آزمون بافت گیاه در مزرعه.
- ۴- آزمایش‌های کودی در مزرعه.

علایم گرسنگی در گیاه

اگر مقدار کافی از یک عنصر تغذیه‌ای که گیاه به آن احتیاج دارد در اختیار آن قرار نگیرد علایم کلی در ظاهر کلی گیاه و رنگ آن مشاهده می‌شود. معمول‌ترین علامت‌ها عبارتند از: رشد در گیاهانی که در معرض کمبود عناصر تغذیه‌ای قرار گرفته‌اند متوقف شده (گیاه کوچک باقی می‌ماند)، برگ‌ها سبز کم رنگ یا سبز متمایل به آبی تیره، مایل به زرد یا دارای نقاط یا نوارهای قرمز می‌شوند. در هنگام برداشت کاهش محصول و عملکرد مشاهده می‌شود که این کاهش گاهی می‌تواند شدید باشد.

در برخی موارد تشخیص کمبود عناصر تغذیه‌ای در گیاه (علایم گرسنگی) ساده بوده اما در شرایطی این تشخیص مشکل است. چراکه گاهی علایم کمبود دو عنصر تغذیه‌ای می‌تواند خیلی به هم نزدیک و شبیه باشد یا که کمبود یک عنصر تغذیه‌ای علایم کمبود عنصر دیگر را بپوشاند. علایم کمبود ممکن است همچنین با تغییر شرایط آب و هوایی ظاهر یا ناپدید شوند (تغییر شرایط از مرطوب به خشکی).

در پاره‌ای موارد گیاهان در شرایط کمبود عناصر تغذیه‌ای بوده اما علایم مشخصی از این کمبود در آنها مشاهده نمی‌شود (گرسنگی پنهان). به‌علاوه، باید دقت شود که علایم گرسنگی با بیماری‌های ویروسی و قارچی یا خسارات ناشی از حشرات یا آفات جانوری اشتباه نشود.

علایم مشخصه کمبود، در شرایط فقدان شدید یک عنصر تغذیه‌ای رخ داده و قابل تشخیص است. علایم گرسنگی ناشی از کمبود یک عنصر تغذیه‌ای به‌وسیله آزمون‌های خاک، تجزیه گیاه، آزمایش بافت گیاه در مزرعه، یا آزمایش‌های مزرعه‌ای (آزمایش‌های گلدانی در ایستگاه‌های آزمایشی منطقه) قابل تعیین و تشخیص است.

علایم عمومی گرسنگی برای پاره‌ای از گیاهان در زیر بیان شده است.

کمبود نیتروژن

- توقف رشد (علامت عمومی در تمام کمبودها)، ضعف عمومی و کوچکی گیاه،
- رنگ سبز در گیاه از بین می‌رود (عمومی در تمام کمبودها)؛ زرد و بی‌رنگ شدن برگ که از نوک آن به سمت عقب (کلروز نوک برگ^۱) کشیده می‌شود؛ همچنین، برگ‌های پیر قهوه‌ای می‌شوند.

^۱ کلروز (Chlorosis)؛ که به معنی زرد شدن برگ‌هاست بیانگر تغییر ساختار کرومیل است؛ کلروز با کاربرد عنصر تغذیه‌ای عامل آن برگشت‌پذیر است.

نکروز (Necrosis)؛ به معنی قهوه‌ای شدن برگ‌ها یا قسمتی از برگ، بیانگر مرگ بافت گیاه است. این پدیده برگشت‌پذیر نبوده و با استفاده از عناصر تغذیه‌ای قابل علاج نیست.

- برگ‌های پایینی کاملاً مرده در حالی که برگ‌های بالا، همچنان سبز باقی مانده‌اند. (گاهی اوقات با کمبود رطوبت اشتباه می‌شود).

کمبود فسفر

- توقف رشد گیاه
- رنگ برگ‌ها سبز متمایل به آبی تیره، ارغوانی و آبی که از نوک برگ به سمت عقب کشیده می‌شود. (اغلب بر روی ساقه هم مشاهده می‌شود)
- بلوغ گیاه به تاخیر افتاده و گیاه نارس و در رشد رویشی باقی می‌ماند.
- میوه‌ها بد شکل، و دانه‌های به‌خوبی پر نمی‌شوند.

کمبود پتاسیم

- توقف رشد.
- رنگ پریدگی برگ‌ها در طول حاشیه بیرونی از نوک به سمت قاعده.
- حاشیه بیرونی زرد یا متمایل به قرمز، برگ‌ها متمایل به قهوه‌ای یا سوخته شده و از بین می‌روند (نکروز حاشیه‌ای)؛ برگ‌ها پلاسیده می‌شوند.
- خوابیدگی.
- برگ درختان به زردی و قرمزی متمایل شده، پیچیده و خمیده می‌شود و به شکل فنجان در می‌آید.
- میوه‌ها کوچک، احتمالاً دارای نقاط و محل‌های آسیب دیده، کیفیت پایین انبارداری و نگه‌داری.

کمبود منیزیم

- رنگ پریدگی و زردی در بین رگ برگ‌های (کلروز نواری مشخص، منیزیم جزئی از رنگ‌دانه سبز گیاه یعنی کلروفیل، بوده که برای فتوسنتز اهمیت دارد)، در نهایت لکه‌های بزرگ و نکروز شدن (مرگ بافت)، که از برگ‌های پایین گیاه شروع می‌شود.

کمبود گوگرد

- زردی در کل گیاه مشاهده می‌شود (اغلب با کمبود نیتروژن اشتباه می‌گردد).
- زردی برگ‌های بالایی حتا در تازه رشد کرده‌ها.
- تاخیر در بلوغ گیاه.

کمبود کلسیم

- رنگ متمایل به زرد تا سیاه شدن برگ‌های جوان، خم شدن یا فنجانی شدن برگ‌ها (لکه‌های قهوه‌ای).
- گیاه پژمرده به نظر می‌آید.
- میوه‌ها ممکن است به نظر خراب برسند (گوجه‌فرنگی).
- ریشه بدریخت می‌شود.

کمبود بور

- برگ‌ها بد شکل و پیچیده، ضخیم و شکننده، سفید، دارای نقاط نا منظم و در بین رگ برگ‌ها است.
- نوک جوانه‌ها مرده؛ رشد انبوه در قسمت انتهائی؛ گسترش و توسعه گیاه به دلیل کاهش فاصله بین گره‌ها محدود شده.
- آب‌گزیدگی^۱، نقاط نکروزه یا حفره در چغندر قند و دیگر گیاهان ریشه‌ای و در مرکز ساقه.
- میوه‌هایی کوچک که به خوبی شکل نگرفته‌اند، اغلب با برآمدگی‌های کرکی و خراب.
- به دلیل باروری ناقص مقدار تولید دانه کاهش می‌یابد.

کمبود روی

- توقف رشد برگ گیاهان.

¹ Water soaked

- کوتاهی و رشد انبوه در قسمت هوایی درختان میوه.
- نوارهای کلروز (نوارهای سفید شده) در بین رگ برگ‌ها در قسمت پایین برگ.
- در پاره‌ای شرایط رنگ برگ‌ها سبز زیتونی یا سبز متمایل به خاکستری شده (به کمبود فسفر شباهت زیادی دارد).

کمبود آهن

- در برگ‌های جوان کلروز مشخص در بین رگ برگ‌های سبز، در طول کامل برگ (معمولا در خاک‌های آهنکی)
- گرچه علائم گرسنگی برای اخطار نامناسب بودن تغذیه به کشاورز مفید است اما حتی اگر این علائم مشخص به سرعت با تغذیه مناسب و کافی رفع شود، در مقایسه با گیاهی که در تمام طول رشد خود از تغذیه مطلوبی برخوردار بوده، مقدار محصولی که کشاورز در نهایت به دست می‌آورد کم‌تر خواهد بود. بنابراین در یک عملیات کشاورزی مناسب از کمبود عناصر تغذیه‌ای در طول فصل رشد گیاه جلوگیری به عمل می‌آید. برای رسیدن به این مقصود، مفیدترین روش‌ها شامل آزمون‌های خاک، گیاه، بافت گیاهی در مزرعه و آزمایش‌های مزرعه‌ای است.

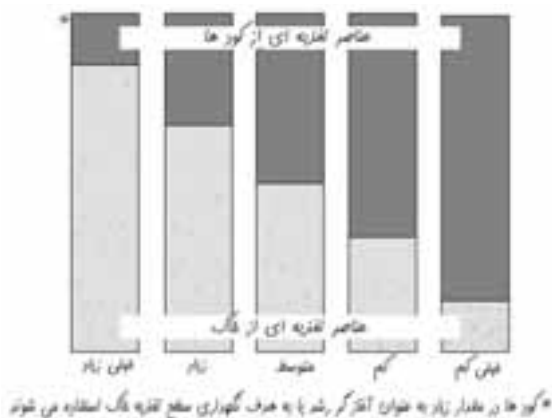
آزمون‌های خاک

آزمون خاک برای تعیین مقدار عناصر تغذیه‌ای قابل استفاده گیاه در خاک و مقدار کود معدنی است که باید به کار رود تا برداشت محصول مورد انتظار حاصل شود. برای یک عنصر تغذیه‌ای خاص و سطح‌های مختلف آزمون خاک، شکل ۸ یک تفسیر ساده را ارائه می‌دهد.

هرچه سطح آزمون خاک برای یک عنصر تغذیه‌ای گیاه بالاتر باشد، مقدار کود کم‌تری نیاز است. پاره‌ای از عناصر تغذیه‌ای حتی به رغم تشخیص مقدار زیاد آنها در آزمون خاک، برای نگه‌داری توان تولید و حاصلخیزی خاک، از طریق کودها به

خاک افزوده می‌شوند. انواع مختلفی از آزمون خاک وجود دارد. مسأله اساسی در این میان، به ارتباط روش مناسب عصاره‌گیری از یک خاک مشخص با یک عملکرد خاص و معین از گیاه در آن بر می‌گردد (واسنجی).

اگر ایستگاه آزمایشی منطقه شما تجزیه‌های خاک و آزمایش‌های مزرعه‌ای را انجام می‌دهد و بین آزمون‌های خاک و مقدار پاسخ گیاه به کود رابطه برقرار کرده است شما می‌توانید نمونه‌های خاک خود را برای آزمایش به آن جا ببرید.



شکل ۸. منابع نسبی مواد مغذی در سطح آزمون خاک‌های مختلف

در این صورت این آزمایشگاه‌ها می‌توانند تفسیر صحیحی از نتایج آزمون خاک به‌عمل آورده و توصیه کودی مناسبی را ارائه دهند.

آزمون خاک چگونه کار می‌کند؟

در یک آزمون خاک از یک نمونه کوچک تهیه شده از عمق خاک در لایه قابل کشت (عمق شخم) مقدار عناصر تغذیه‌ای قابل استفاده گیاه را به‌طور شیمیایی و با عصاره‌گیری استخراج و اندازه‌گیری می‌کنند. مقدار به دست آمده با اطلاعات حاصل از پاسخ گیاه به کود، حاصل از نتایج مزارع آزمایشی، ارتباط داده می‌شود.

بر این اساس، آزمون‌های خاک قابل تفسیر و توصیه کودی امکان‌پذیر می‌شود

(البته، گیاه پیشین در تناوب زارعی، استفاده از کود و شرایط آب و هوایی در توصیه کودی نیز حایز اهمیت است).

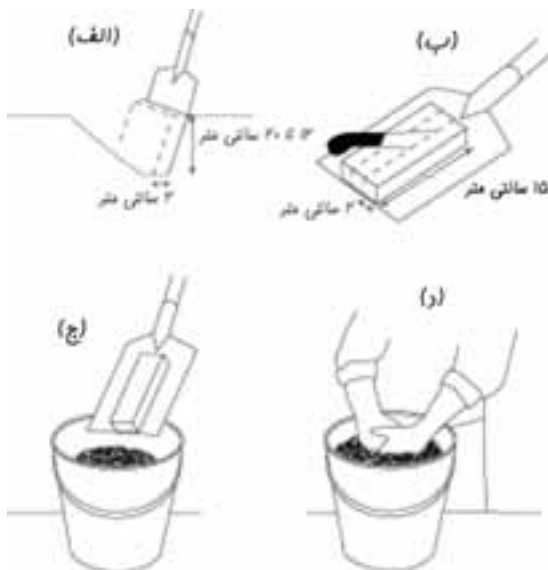
چگونه یک نمونه خاک تهیه کنیم؟

یک آزمون خاک نمی‌تواند بهتر از نمونه‌ای که آزمایش می‌شود باشد. بنابراین، نمونه‌گیری دقیق یک "الزام" است. از مهم‌ترین موارد انتخاب منطقه نمونه‌برداری است. خاک‌های مختلف را با هم مخلوط نکنید. اگر خاک مزرعه در منطقه‌ای متفاوت با بقیه به نظر آید یا، رشد گیاهان در قطعه‌ای از مزرعه تفاوت معنی‌داری با بقیه داشته باشد باید نمونه‌های جداگانه از این مناطق تهیه کرد.

وسیله تهیه نمونه از خاک مته (آگر) یا ادوات نمونه‌برداری یا بیل و یک کاردک، یک سطل و ظرف است. (دقت شود که سطل و ظرفی که قبلاً برای پخش کود استفاده شده مورد استفاده قرار نگیرد!)

اگر از بیل استفاده می‌کنید، یک برش ۷ شکل به عمق ۲۰-۱۵ سانتیمتر حفر کنید. با کاردک دو لبه قطعه بریده شده را جدا کنید و یک نوار (مغزه) به عرض ۲ سانتیمتر باقی بگذارید. برای تهیه یک نمونه ترکیبی از ۲۰ نقطه مختلف از سطح مزرعه (حداکثر یک هکتار) یا کرت آزمایشی به شکل تصادفی با بیل یا مته نمونه‌برداری کنید. نمونه‌ها تهیه شده را در یک سطل ریخته و به خوبی با هم مخلوط کنید. از این مخلوط یک نمونه نیم کیلوگرمی گرفته (معمولاً بعد از خشک کردن بر روی یک صفحه کاغذ تمیز) در یک کیسه کاغذی تمیز یا قوطی کوچک بریزید. تاریخ نمونه‌برداری و طرح ناحیه نمونه‌برداری برای هر نمونه خاص نوشته شده و به صورت برچسب بر روی ظرف حاوی خاک قرار داده شود چراکه به این ترتیب نتیجه آزمایش آن را می‌توان به دقت به مزرعه ارتباط داد.

به این ترتیب شما می‌توانید نتایج دقیق و قابل اعتمادی از آزمون خاک زمانی که نمونه بعد از برداشت گیاه و قبل از کشت و کوددهی گیاه بعدی گرفته شده باشد به دست آورید.



شکل ۹. نمونه برداری از خاک

آزمایش گیاه

تجزیه گیاهی

با آزمایش گیاهی شما از گیاه می‌پرسند که آیا خاک و کود تأمین کننده کافی از هر عنصر تغذیه‌ای آزمایش شده است یا نسبت مناسبی بین عناصر تغذیه‌ای مختلف مورد نیاز گیاه وجود دارد. گیاه پاسخ دقیقی و قابل اطمینانی در رابطه با مقدار کل عنصر تغذیه‌ای در تاریخ نمونه برداری ارائه می‌دهد و در حقیقت مقدار کود تکمیلی مورد نیاز را (برای گیاه حاضر) مشخص می‌کند. با آزمایش گیاه، غلظت عناصر تغذیه‌ای مختلف (و به تبع نسبت آن‌ها) به شکل شیمیایی در شیره یا ماده خشک گیاهی تعیین می‌شود. اگر غلظت یک عنصر غذایی کم‌تر از کمینه آن (حد بحرانی) در گیاه باشد، که این غلظت برای هر عنصری مختلف است، این احتمال وجود دارد که استفاده از کود حاوی آن عنصر باعث افزایش عملکرد گیاه شود.

مهم است که در نظر داشته باشیم که حد بحرانی مشخص شده برای هر عنصری در گیاه مربوط به سطح عملکرد مورد انتظار برای آن گیاه است. به هر صورت، این مزیت وجود دارد که اگر حد بحرانی به خوبی مشخص و تعیین شود این حد برای آن گیاه در سرتاسر دنیا قابل استفاده است. از مزیت‌های دیگر این روش، تعداد زیاد عناصر تغذیه‌ای قابل اندازه‌گیری و دقت در آن است.

روش تجزیه گیاه به خصوص برای گیاهان دائمی مفید بوده و به طور گسترده برای درختان میوه (مرکبات) و نخل روغنی استفاده می‌شود.

آزمایش بافت گیاه در مزرعه

آزمایش بافت گیاه بر اساس اندازه‌گیری در بافت سبز و در حال رشد گیاه در مزرعه به وجود آمده است. بخش انتخاب شده‌ای از گیاه، معمولاً برگ‌های جوان و در حال فعالیت یا دم‌برگ^۱ قطعه‌قطعه شده و در عصاره‌گیر تکان داده می‌شود یا شیره گیاه بر روی کاغذ آزمایش ریخته و مواد شیمیایی خاصی به آن افزوده می‌گردد (آزمایش‌های نقطه‌ای با عصاره گیرها). در انتها رنگ مشاهده شده در این شرایط با غلظت مشخص و معلوم از آن عنصر در یک گیاه سالم مقایسه می‌شود.

آزمایش بافت گیاه در مزرعه برای تشخیص علائم کمبود عناصر تغذیه‌ای در گیاه مناسب است. به علاوه، این روش می‌تواند برای تشخیص گرسنگی پنهان، که علائم کمبود در آن قابل مشاهده نیست، نیز مفید باشد. از مزایای این روش آن است که به سرعت و مستقیماً با محصول در حال رشد در مزرعه قابل انجام، کم هزینه و نتایج آزمایش گیاه یا تیمارهای که به کار برده شده مستقیماً قابل مقایسه با مشاهدات مزرعه‌ای است.

آزمایش‌های کودی در مزرعه

اگرچه نتایج حاصل از تجزیه گیاه و آزمایش‌های بافت گیاه در مزرعه کمبود

¹ Petiole

عناصر تغذیه‌ای راه، به خصوص گرسنگی پنهان، در مقایسه با استاندارد که برای گیاهان سالم تهیه شده مشخص می‌کند، آزمون خاک نیازمند واسنجی با عملکرد گیاه است. روش آزمایش واسنجی از طریق آزمایش‌های کودی در مزرعه باید انجام پذیرد. بنابراین، برای نیاز تغذیه‌ای گیاهان در راستای به دست آوردن حداکثر محصول، آزمایش‌های مزرعه‌ای یک جزء مهم و غیر قابل چشم پوشی است. در این آزمایش‌ها، پاسخ محصول به استفاده از کود، با مقدار مشخصی از عناصر تغذیه‌ای (یا در راستای اعداد به دست آمده از آزمون‌های خاک و گیاه)، سنجش و مقدار محصول نهایی اندازه‌گیری می‌شود.

آزمایش‌های کودی در مزرعه دارای مزایای زیر است:

- ۱- این آزمایش‌ها بهترین راه برای تعیین مقدار نیاز عناصر تغذیه‌ای برای خاک و گیاه و توصیه کودی به کشاورزان است.
 - ۲- آزمایش‌های کودی در مزرعه به شما نشان می‌دهد که چطور توصیه کودی بر اساس آزمایش‌های خاک و گیاه و در رابطه با عملکرد گیاه صورت می‌گیرد.
 - ۳- این آزمایش‌ها توانایی ارزشیابی اقتصادی را به شما می‌دهد به عبارت دیگر، محاسبه سود استفاده از کود انگیزه قوی در بحث برای متقاعد کردن کشاورزان به استفاده از آن به شما می‌دهد.
 - ۴- از گیاهان در حال رشد می‌توان عکس گرفت. این عکس‌ها را می‌توان سال‌های مختلف برای عموم نمایش داد.
 - ۵- نمایش‌ها یا آزمایش‌های ساده به کشاورزان و دست‌اندرکاران کشاورزی مزیت استفاده از کودها را نشان می‌دهد.
- روش اجرای یک نمایش (یا آزمایش ساده) در فصل ۱۲ توضیح داده شده است.

آزمایش‌های مزرعه‌ای طولانی مدت

توصیه‌های عمومی برای یک منطقه زمانی امکان‌پذیر است که آزمایش‌های کودی به اندازه کافی انجام گرفته باشد. مثال‌هایی برای ناحیه شما ممکن است در انتهای

این کتابچه باشد.

به هر حال، به دلیل تغییر سریع شرایط، مقدار عناصر تغذیه‌ای برای یک گیاه در یک خاک معین نمی‌تواند یکبار و برای همیشه انجام پذیرد. وقتی تنها یک عنصر تغذیه‌ای استفاده شود (کوددهی نامتعادل) عنصر دیگری می‌تواند محدود کننده شود. مقدار کم، یا خیلی زیاد، یک عنصر تغذیه‌ای عملکرد را کاهش داده و سود استفاده از کود را برای کشاورزان کاهش می‌دهد. کوددهی نامتعادل ممکن است گیاهان را مستعد بیماری‌ها، خوابیدگی ساخته یا سبب عقب افتادن بلوغ در گیاه شود.

بنابراین، مطالعه در این زمینه همیشگی بوده به عبارت دیگر، آزمایش‌های مزرعه‌ای طولانی مدت برای تعیین مقدار و نسبت عناصر تغذیه‌ای مورد نیاز برای گیاهان لازم است که همیشه اجرا گردد.

۱۱. عوامل دیگری که عملکرد گیاه را کاهش می‌دهند

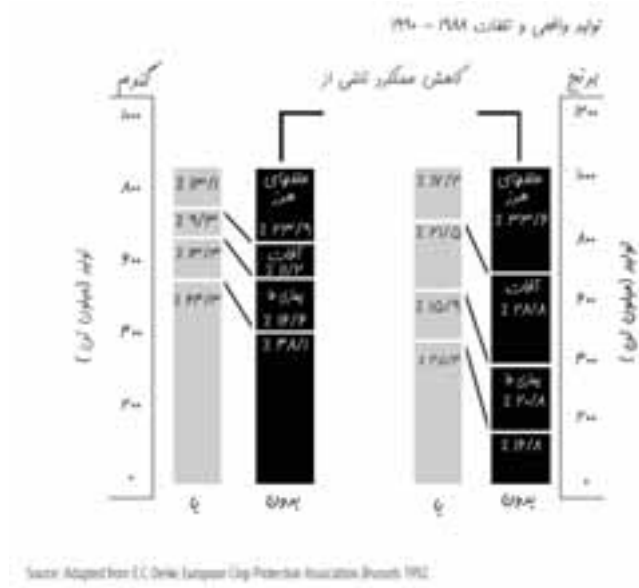
کود یکی از مهم‌ترین عواملی است که در افزایش باروری و کشاورزی پایدار دخالت داشته اما تمام مسایل مربوط به تولیدات گیاهی نمی‌تواند توسط کود حل شود. در فصل‌های گذشته رو در این کتابچه به چندین عامل که می‌تواند عملکرد گیاه را محدود یا تحت تاثیر خود قرار داده و بازده استفاده از کود را کاهش دهد اشاره شده است. در یک عملیات کشاورزی مناسب زارع باید به عوامل زیر توجه خاصی نماید:

- تهیه مناسب و به موقع بستر بذر؛
- رقم گیاهی (ترجیحا رقم‌های را انتخاب نماید که محصول و عملکرد بیش تری را دارد (HYV))؛
- مقدار مناسب بذر؛
- الف) گیاه در هکتار،
- ب) فاصله بین گیاهان یا ردیف‌ها.
- زمان مناسب کاشت بذر؛

- رطوبت کافی (آبیاری در صورت در دسترس بودن، مزرعه‌ای که کشت نشده باید برای جلوگیری از فرسایش و از دست رفتن رطوبت با مالچ پوشیده شود)؛
- زهکشی کافی (خارج شدن آب اضافی با زهکش‌های سطحی یا سفالی)؛
- کنترل علف‌های هرز (استفاده از کج بیل، خاک ورزی یا استفاده از مواد شیمیایی)؛
- کنترل بیماری‌های گیاهی (استفاده از گیاه هان مقاوم یا سموم شیمیایی تایید شده)؛
- کنترل آفت (استفاده از روش‌های تایید شده و توصیه شده)؛
- تناوب زراعی برای کاهش بیماری‌های گیاهی، علف‌های هرز و آفات جانوری؛
- بهبود ساختمان خاک (از طریق تناوب گیاهی، علف‌زارهای موقت یا کودهای دامی و سبز) و؛
- حفظ ماده آلی خاک (از طریق تناوب زراعی، کودهای دامی حجیم یا استفاده از ماده آلی)

البته تخمین میزان ضرر حاصل از عوامل دیگری که رشد گیاه و عملکرد آن را تحت تاثیر قرار می‌دهند به دقت امکان‌پذیر نیست. محاسباتی در این زمینه برای اثر کنترل علف‌های هرز و حفاظت گیاهان انجام گرفته است. شکل ۱۰ اهمیت کنترل علف‌های هرز و حفاظت گیاهان با نشان دادن میزان خسارت به گیاه گندم و برنج که از طریق رقابت علف‌های هرز، بیمارهای گیاهی و حمله آفات به این گیاهان صورت می‌گیرد، نشان داده است. از لحاظ نظری مقدار محصولی که می‌توان به دست آورد با مقدار واقعی محصولی که به دست آمده مقایسه می‌شود. بدون عملیات‌های حفاظتی نیمی از محصول گندمی که می‌توان از لحاظ نظری به آن دسترسی یافت به دلیل علف‌های هرز، آفات جانوری، و بیماری‌ها از دست می‌رود؛ در صورتی که با انجام عملیات حفاظت گیاهان، تقریباً دو سوم عملکرد نظری حاصل می‌شود. برای برنج این مسأله وخیم‌تر است به طوری که در صورت عدم عملیات حفاظت گیاهان مقدار تولید برنج کم‌تر از یک پنجم مقدار نظری تولید این

محصول است. حتما با انجام عملیات‌های حفاظتی مقدار برداشت از گیاه برنج به کم‌تر از نیمی از مقدار تئوری تولید این محصول می‌رسد.



شکل ۱۰. اهمیت حفاظت گیاهان

۱۲. فعالیت‌های ترویجی در خصوص کود

به‌عنوان یک مروج، این وظیفه و همچنین یک فرصت برای شماست که به کشاورزان کمک نمایید. بنابراین شما با گفتگو، مقاله‌ها، فعالیت و کارهای مزرعه‌ای، و ملاقات‌های حضوری به آنان نشان دهید که چگونه کودها می‌توانند آنان را در رسیدن به عملکرد بیش‌تر گیاهانی که کاشته‌اند هدایت کنند. به‌علاوه، شما می‌توانید به کشاورزان مزیت بهبود مدیریت عملیات زراعی که سبب بهتر شدن در آمد مزرعه و حفاظت محیط زیست، و در نهایت کشاورزی پایدار شده را نشان دهید. فعالیت‌های شما در زمینه کود نه تنها برای جامعه کشاورزی منطقه خود بلکه اثر آن برای کشور نیز مهم خواهد بود.

وقتی شما می‌خواهید کود جدیدی را به کشاورزان منطقه معرفی نمایید باید هدف خود را شناخته و خود را به‌عنوان یک مروج کشاورزی آماده کرده باشید. نخست آن که، شما باید از محلی که می‌توان کود را تهیه کرد آگاهی داشته باشید؛ به عبارت دیگر در منطقه شما فروشندگانی جزء کود شیمیایی چه کسانی هستند و چه درجه‌ای از کود در بازار در دسترس است و زمان سفارش برای کود چه زمانی است. دوم، شما با ایستگاه‌های کشاورزی، مدارس یا دانشگاه‌های کشاورزی برای توصیه کودی مناسب ارتباط خواهید داشت. مقدار توصیه کودی برای گیاهان در کشور شما ممکن است در ضمیمه انتهای این کتابچه درج شده باشد. نمایش‌های مزرعه‌ای خود را بر اساس این توصیه‌ها آغاز نموده و با نتایج به دست آمده از منطقه خود آن‌ها را تعدیل نمایید. سوم، کشاورزان را برای دیدن و توضیح اثر کودها بر رشد و عملکرد گیاهان به کرت‌های نمایشی دعوت نمایید. این موضوع باید در یک برنامه عملیات کشاورزی خوب و مناسب قرار داده شود. در نهایت، شما با اختصاص روزهایی به بازدید در مزرعه یا با شروع کلاس‌های مزرعه‌ای برای کشاورزان، اثرات مفید اقتصادی استفاده از کودها به سبب بهبود عملکرد گیاهان را به نمایش می‌گذارید.

اجرای نمایشی استفاده از کود

پیش از آغاز نمایشی استفاده از کود باید طرح و الگوی آن ریخته شود. چه چیزی می‌خواهید به کشاورز نشان دهید؟ با چه گیاهی بیش‌تر می‌توانید کشاورز را متقاعد کنید (گیاهی با ارزشی که در منطقه بیش‌تر کاشت می‌شود یا گیاهی که بیش‌تر به‌عنوان غذا نیاز است؟) با کدام کشاورزان همکاری می‌کنید؟ مناسب‌ترین محل برای انجام کشت نمایشی شما کجا خواهد بود؟ چه کودهایی برای کشت گیاه انتخابی ما در دسترس است؟ کی و چگونه این کود در مزرعه استفاده می‌شود؟ چه تمهیدات دیگری را باید در نظر گرفت؟

بنابراین، برای انجام یک نمایش مزرعه‌ای برای کشاورزان شما باید موارد زیر را

آماده و تهیه کرده باشید:

- ۱- یک طرح برای نمایش (دو یا چند کرت^۱، کجا و با چه گیاهی، اندازه هر کرت، نمایش در یک مزرعه یا چند مزرعه).
- ۲- یک دفترچه برای طرح نمایشی، برای ثبت اطلاعات کرت‌ها (مقدار عنصر تغذیه‌ای که استفاده شده، زمان استفاده)، محل کرت‌ها، مشاهدات رشد گیاه، کنترل علف‌های هرز و آفات در مزرعه در طی دوره رشد و عملکرد نهائی.
- ۳- یک یا چند کشاورز مشتاق که با شما برای اجرای طرح نمایشی در مزرعه خود همکاری خواهند کرد.
- ۴- کودهای با درجه یا درجه‌های مناسب تغذیه‌ای در زمان مناسب و محلی خشک برای نگهداری آن‌ها تا پیش از زمان مصرف.
- ۵- ترازو برای وزن کردن مقدار کود لازم برای هر کرت.
- ۶- کیسه‌های کاغذی، ترجیحاً چند لایه، برای قرار دادن کود اختصاص یافته برای هر تیمار که به روشنی بر روی آن‌ها علامت گذاری شده.
- ۷- متر نواری یا هر وسیله دیگری برای تعیین اندازه، طول و شکل کرت؛ چوب و سیم برای علامت گذاری مرز کرت‌ها به‌خصوص در گوشه‌ها.
- ۸- وسایل برداشت محصول، شامل وسایل برش و ترازو برای اندازه‌گیری عملکرد گیاه
- ۹- اطلاعات در مورد قیمت کود و محصول تولیدی، همراه داشتن ماشین حساب جیبی برای محاسبه و نشان دادن سود به دست آمده (نسبت سود به هزینه^۲ یا

^۱ معمولاً شما با دو کرت شروع می‌کنید به عبارت دیگر، یک کرت به‌عنوان کرت تیمار و کرت دیگر به‌عنوان شاهد یا کرتی که کشاورز عملیات معمول خود را در آن جا انجام می‌دهد. بنابراین شما این کار را بدون تکرار انجام می‌دهید. به هر حال، اگر شما این نمایش را در زمین‌های کشاورزهای مختلف انجام می‌دهید محل‌های مختلف می‌توانند به‌عنوان تکرار به حساب آمده و ارزشیابی شود. در هر صورت صحت این موضوع باید به‌وسیله متخصص آمار ایستگاه آزمایشی تایید شود.

^۲ Value/cost- ratio (VCR)

به‌عنوان یک قانون کلی: نمایش کودی خود را ساده و دور از پیچیدگی برگزار نمایید!

الف) در شرایطی که دیگر عوامل بجز کود ثابت نگه‌داشته شده، تاثیر استفاده از کود در کرتی که کود گرفته و کرتی که کودی دریافت نکرده را مشخص نمایید، طرح ساده آن به شکل: بدون کود - با توصیه کودی است.

ب) اگر قصد شما متقاعد کردن کشاورزان به استفاده از مقدار بیشتری از کودهای نیتروژن یا K_2O یا P_2O_5 است طرح شما باید به شکلی باشد که مقادیر مختلف عناصر تغذیه‌ای را با هم مقایسه نماید. بنابراین طرح شما به‌صورت بدون کود - مقدار کم عنصر تغذیه‌ای (برای مثال ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) - مقدار زیاد عنصر تغذیه‌ای (برای مثال ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) می‌شود. چنین طرح‌هایی برای عناصر تغذیه‌ای K_2O و P_2O_5 نیز کاربرد دارد. نمایش‌هایی که برای مقدار بیش‌تر یک عنصر تغذیه‌ای به کار می‌رود باید همیشه در حضور دو عنصر تغذیه‌ای دیگر صورت گیرد (کوددهی متعادل)

ج) اگر قصد شما نمایش اهمیت کوددهی متعادل به کشاورزان است شما باید از سه یا چهار کرت در این طرح استفاده کنید. بدون کود - تنها کود نیتروژن (N) - کود نیتروژن و فسفر (NP) - کود نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK).

تغییرات این طرح با سه کرت به شکل زیر می‌شود:

بدون کود NPK-NP

یا بدون کود NP-P

یا بدون کود NP-N

یا بدون کود NPK-N.

¹ Net profit

د) علاوه بر اثبات مزیت استفاده از کود شما ممکن است بخواهید، به‌ویژه در سیستم منسجم تغذیه گیاهی، مزیت بهبود عملیات کشاورزی را نشان دهید. بنابراین شما نیازمند یک طرح با چهار کرت به شکل زیر می‌باشید:

- ۱- کرت: بدون کود با عملیات زراعی معمول کشاورزان.
- ۲- کرت: شامل دریافت توصیه کودی همراه با عملیات زراعی معمول کشاورزان.
- ۳- کرت: بدون کود اما با عملیات توصیه شده و بهبود یافته کشاورزی (کشاورزی حفاظتی، استفاده از ماده آلی، کود حیوانی، کود سبز، گونه جدیدی از بذر، زمان و روش کشت، کنترل علف‌های هرز و بیماری‌ها، و غیره).
- ۴- کرت: شامل کود توصیه شده همراه با عملیات زراعی بهبود یافته (کشاورزی حفاظتی، استفاده از ماده آلی، کود حیوانی، کود سبز، گونه جدیدی از بذر، زمان و روش کشت، کنترل علف‌های هرز و بیماری‌ها و غیره).

تدریجی قرار دادن سایر موارد سبب بهبود عملیات نمایش شده و در این طرح آخر (بند ۴) تاکید خاصی را در نظر گرفته است.

بنابراین در ابتدا توصیه به اجرای طرح‌های نمایشی ساده مانند بندهای الف و ب است برای انجام دیگر طرح‌های نمایشی و آزمایش‌های ساده موضوع بندهای ج و د یا بیش‌تر (شش تا ده تیمار^۱) از همکاری ایستگاه آزمایشی محل خود بهره‌گیرید.

تعیین اندازه کرت

اندازه کرت نمایشی به وسعت مزرعه‌ای که آزمایش در آن صورت می‌گیرد بستگی دارد. از آن جا که اغلب مزارع در منطقه شما وسعت کمی دارند بنابراین

^۱ در برنامه‌های کودی پیشین FAO از طرح‌های هشت کرتی برای آزمایش‌های ساده استفاده می‌شد. کرت کنترل = 000، کرت PK=011، کرت NK=101، کرت NP= 110، کرت NPK= 111، کرت 2N+PK=211، کرت 2P+NK= 121 و کرت 2K+NP= 112
FAO برنامه‌ریزی کرده که بانک اطلاعاتی حاصل از آزمایش‌ها و نمایش‌های خود را در اینترنت در سال ۲۰۰۱ منتشر کند.

کرت‌های نمایشی نیز باید اندازه کوچکی داشته باشند. در هر حال کرت‌ها باید به اندازه کافی وسعت داشته باشند تا نمایش قابل قبول و اطلاعات درستی از عملکرد، برای تعیین و اثبات تاثیر تیمارها ارایه دهند. بنابراین اندازه کرت‌ها و نوارهای نمایشی بین ۵۰ تا ۴۰۰ متر مربع متفاوت است (۵ × ۱۰ تا ۱۰ × ۴۰ متر).

به‌طور کلی، کرت‌هایی که برای نمایش استفاده می‌شود باید به شکل مستطیل بوده و در کنار هم قرار گیرند. مسیری با عرض نیم تا یک متر در بین کرت‌ها و در اطراف کل محل نمایش باید به فضای خالی اختصاص داده شود (شکل ۱۱ را ببینید). پستی و بلندی مزرعه از آن جا که کرت‌های نمایشی یکنواخت به نظر بیایند را در نظر داشته باشید.

توصیه می‌شود که ترتیب تیمارها در کرت‌های آزمایشی به صورت تصادفی و نه با قاعده انتخاب شود. به هر حال، زمانی که شما یک طرح نمایشی با سه کرت را اجرا می‌کنید ترتیب 0-1N- 2N (یا دیگر عناصر تغذیه‌ای) باید رعایت شود، اگر شما یک طرح را در مزارع مختلف به نمایش می‌گذارید، برای جلوگیری از سردرگمی کشاورزان در رابطه با کرت‌های نمایشی، این ترتیب باید رعایت شود.^۱

برای گیاهان ردیفی نیاز است عرض کرت‌ها را چنان تنظیم کنید که یک خط اضافی را نیز شامل شود. برای ده ردیف هر کدام به فاصله یک متر کرتی به عرض ده متر اما برای نه ردیف با فاصله ۱/۲۰ متر به کرتی به عرض ۱۰/۸۰ متر نیاز دارید. در صورتی که اندازه کرت‌های آزمایشی بزرگ باشد نیاز به برداشت کامل آن کرت‌ها نیست و فقط ۲۰ تا ۵۰ متر مربع یا ۱۰ متر از کل طول یک ردیف در

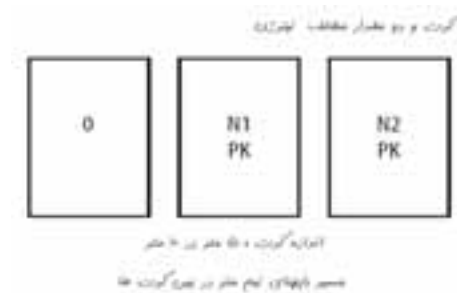
^۱ یک طرح تصادفی معمولاً زمانی به کار برده می‌شود که یک آزمایش برای مثال شامل شش تیمار مختلف با سه تکرار بوده باشد. در پایین یک مثال از ترتیب تیمارها برای چنین آزمایشی ارایه شده است:

تکرار الف: (تیمارها) ۱-۴-۲-۵-۳-۶

تکرار ب: (تیمارها) ۲-۴-۱-۶-۳-۵

تکرار ج: (تیمارها) ۶-۵-۴-۳-۲-۱

هر کرت آزمایشی کافی است.



شکل ۱۱. مثالی از طرح یک نمایش ساده همراه با کرت کنترل و دو سطح مختلف نیتروژن

محاسبه مقدار کود در هر کرت

در صورتی که شما بخواهید از کودهای تک‌عنصری برای کرت‌های آزمایشی خود استفاده کنید برای مثال کود اوره، سوپر فسفات تریپل، و کلرید پتاسیم، شما می‌توانید بر اساس فرمول زیر مقدار کود لازم برای هر تیمار در هر کرت را محاسبه نمایید.

$$\text{مقدار کود مورد نیاز برای هر کرت} = \frac{\text{مقدار عنصر تغذیه ای} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}}\right) \times \text{وسعت کرت} \left(\text{m}^2\right)}{100 \times \text{درصد عنصر تغذیه ای در کود}}$$

مثال: طرح نمایشی به شکل زیر است

تیمار در هر کرت (kg/ha)	N	یا P ₂ O ₅	یا K ₂ O
الف	۰	۰	۰
ب	۳۰	۳۰	۳۰
ج	۶۰	۶۰	۶۰

لطفا دقت داشته باشید که استفاده از مقادیر زیاد کود تنها در گیاهانی که آبیاری می‌شوند یا مناطقی که بارندگی زیادی دارند امکان‌پذیر است. در صورتی که مقدار نیتروژن ۳۰ کیلوگرم در هکتار، وسعت کرت ۵۰ متر مربع و اوره (با ۴۵ درصد نیتروژن) به‌عنوان منبع کود نیتروژنی استفاده شود در این صورت محاسبه به شکل

زیر خواهد بود:

$$۰/۳۳ \text{ کیلوگرم اوره لازم در هر کرت} = \frac{30 \times 50}{45 \times 100} = \text{مقدار کود لازم برای هر کرت}$$

بنابراین، شما باید ۰/۳۳ کیلوگرم اوره برای تیمار ب و ۰/۶۶ کیلوگرم برای تیمار ج وزن کنید. برای کرتی با وسعت ۴۰۰ متر مربع مقدار اوره به ترتیب ۲/۶۴ و ۵/۲۸ کیلوگرم برای تیمارهای بالا خواهد بود. مقدار کود مصرفی بر حسب پوند و ایگر به همین روش قابل محاسبه است (پیوست را ملاحظه کنید).

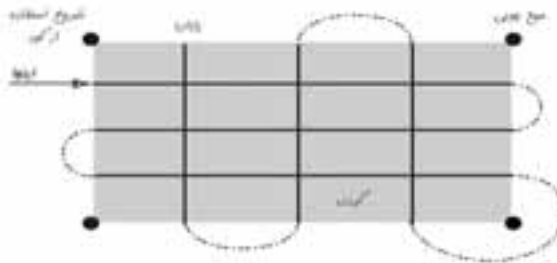
پخش کود در یک کرت کوچک

مقدار صحیح کود برای هر کرت (تیمار) نمایشی را در یک کیسه کاغذی که برای پیشگیری از هر گونه اشتباه برچسب واضحی بر روی آن زده و همچنین در دفترچه یادداشت شده تهیه می‌کنیم. کود می‌تواند به راحتی با دست در سطح کرت پخش شود (شکل ۱۲). واضح است که پخش یکنواخت مقدار اندکی کود مشکل بوده بنابراین در این شرایط مقدار کمی خاک خشک در یک سطل (ظرف) ریخته می‌شود. در این حالت، مقدار وزن شده کود برای یک کرت خاص بر روی سطح خاک این ظرف ریخته و سپس آن را کاملاً با خاک مخلوط می‌کنیم. با این کار حجم بیش‌تری به دست آمده که به راحتی در سطح خاک به شکل یکنواخت قابل پخش است. هرچه کرت نمایشی کوچکتر باشد خطاها و اشتباهات بزرگتری نتایج ما را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین هرچه اندازه کرت نمایشی کوچکتر باشد باید دقت بیش‌تری کرد تا کود به شکل کاملاً یکنواخت پخش شود.

با مقدار کمی کود (یا مخلوط خاک و کود) همان‌طور که در سطح مزرعه حرکت می‌کنید بذر را با حرکت بذر پاشی در سطح خاک پخش نمایید. این روش برای کود پایه و کود سرک (در زمان استقرار گیاه) و برای خیلی از گیاهان قابل استفاده است. با این حال، برای گیاهانی ردیفی مانند ذرت، سیب‌زمینی شیرین^۱،

^۱ Yam

بادام زمینی یا درختان میوه کنارگذاری کود یا تیمار تک گیاهی توصیه می‌شود. می‌توان مقدار کمی (چند گرم) کود را در حفره‌ای یا شیارهای در کنار بذر قرار داد و با خاک آن را پوشاند (فصل ۱۰ را نیز ببینید).



شکل ۱۲. روش صحیح پخش کود در یک کرت کوچک

سنجش نمایش کودی

مکان نمایشی شما باید در طی فصل رشد به‌طور منظم و در صورت امکان همراه با مالک مزرعه مورد بازدید قرار گیرد. اطلاعات مربوط به رشد گیاه به همراه بارندگی / آبیاری، کنترل بیماری‌ها، و علف‌های هرز همگی باید در دفترچه یادداشت شده باشند.

برداشت و وزن کردن محصول در یک روز بازدید مزرعه‌ای می‌تواند انجام شود. اگر شما در طی دوره برای نشان دادن تفاوت رشد میان تیمارها روزهای بازدید مزرعه‌ای داشته‌اید، ممکن است برداشت ۲۰ متر مربع از گیاه چند روز قبل از روز برداشت اصلی برای مقایسه تفاوت وزنی تیمارها و ارزش اقتصادی حاصل شده مفید باشد. این قسمت از بقیه مزرعه در روز برداشت مستثنی نمی‌شود.

مزیت برداشت مقداری از محصول قبل از روز بازدید مزرعه این است که اطلاعات عملکرد گیاه همراه با قیمت کود و قیمت محصول کشاورزی برای محاسبه نسبت ارزش به هزینه یا سود خالص و تهیه نمودارها و پوسترها برای روز بازدید مزرعه همگی از قبل در دست خواهد بود.

این روشی بسیار متقاعد کننده برای کشاورز است چراکه مهم ترین و تنها مسأله بحث برانگیز برای وی سودی است که از استفاده از کود برای وی حاصل می شود.

وقتی نسبت ارزش به هزینه محاسبه می گردد شما سود ناشی از افزایش محصول را به قیمت کود مصرفی برای به دست آوردن آن محصول تقسیم می کنید:

$$\text{نسبت ارزش به هزینه (VGR)} = \frac{\text{(برحسب واحد پول) قیمت حاصل از افزایش محصول}}{\text{(برحسب واحد پول) هزینه کود}}$$

در صورتی که این نسبت بیش تر از یک شود بیانگر آن است که مصرف کود سودآور بوده اما اگر این مقدار برابر دو شود در این صورت مقدار هزینه برگشتی صرف کود شده صددرصد خواهد بود. به عبارت دیگر بازا هر یک دلار هزینه شده برای کود مقدار حاصل از اضافه تولید گیاه دو دلار خواهد بود. به علاوه، برگشت سرمایه کشاورز اصولاً بعد از یک دوره کوتاه سرمایه گذاری، یعنی پس از چند ماه، حاصل می شود. به هر صورت، نسبت ارزش به هزینه باید بیش تر از دو باشد تا کشاورز از سود برگشتی خود اطمینان حاصل کند.

درآمد خالص بیانگر افزایش سود به ازاء مقدار خالص پول است. این مقدار از کسر کردن هزینه صرف شده برای کود از مقدار افزایش محصولی که به ازاء مصرف کود حاصل شده به دست می آید.

$$\text{سود خالص} = \text{(برحسب واحد پول) هزینه کود} - \text{(برحسب واحد پول) مقدار افزایش محصول}$$

اگر مقدار برگشت خالص مثبت باشد بدین معنی است که مصرف کود سودآور بوده است. سود خالص و نسبت ارزش به هزینه دو موضوع مختلف است. بسته به هزینه کود مصرفی، ممکن است در مواردی بالاترین نسبت ارزش به هزینه بالاترین مقدار برگشت خالص را سبب نشود. به عبارت دیگر، بیش ترین مقدار عملکرد محصول در یک هکتار زمین لزوماً به معنی بالاترین مقدار برگشتی نیست.

محاسبه این دو مورد به عنوان ابزاری است در دست شما برای اقتصادی ترین توصیه

کودی ممکن.

برگزاری گردهمایی در رابطه با انواع کودها

همان طور که در بالا بیان شد، شما باید کشاورزان و دیگر رهبران اجتماعی را در روزهای بازدید مزرعه‌ای و در نمایش کودی یا کرت‌های آزمایشی که در نزدیکی روستا یا مزارع آن‌ها و در طی فصل رشد گیاه که این نمایش‌ها در حال اجرا است دعوت نمایید (به‌وسیله کارت پستال، نامه، پوستر، روزنامه، یا رادیو).

دعوت نامه شما باید شامل موارد زیر باشد:

- هدف از همایش: دیدن و بحث یک نمایش کودی.... درباره محصول.
- چه کسی دعوت شده: کشاورزان محلی (همراه با همسران‌شان)، دوستان، رهبران اجتماعی، نمایندگان بانک‌های روستائی، خرده‌فروشان کود و ...
- محل همایش: مسیر واضح و مشخص و جایی که همایش برگزار می‌شود همچنین چگونگی دسترسی به آن
- زمان همایش: ماه، روز، و ساعت.

برای روز مزرعه‌ای شما باید نمونه‌ای از کود را برای نمایش به کشاورزان در اختیار داشته باشید. در این جا چگونگی استفاده از کود را نمایش می‌دهید. همچنین در این جا میزبان کشاورزان باید رشد و عملکرد مشاهده شده در کرت‌های مختلف را نشان داده و در مورد آن توضیح دهد. در صورت امکان، قسمتی از کرت‌ها را با همکاری آنان برداشت کرده و آنان را در تخمین عملکرد مورد انتظار از کرت‌های تیمار شده و تیمار نشده و سود اقتصادی حاصل از استفاده از کودها تشویق و ترغیب نماید. به کشاورزان توصیه کنید که در مزارع و کشت زارهای خود چنین نمایش‌هایی را به اجرا گذارند.

علاوه بر چنین روزهای خاص مزرعه‌ای، کشاورزان (و همسران‌شان)، وابستگان، و رهبران روستا را به همایش‌های بیش‌تری برای توضیح و اطلاع‌رسانی در مورد

کودها دعوت نمایند. با ایجاد علاقه‌مندی این همایش‌ها را به شکل رویداد روستایی در بیاورید. در این گردهمایی‌ها در صورتی که بتوانید نتایج حاصل از آزمایش‌ها و نمایش‌های را با عکس، اسلایدهای رنگی، پوسترها و جدول‌ها و نمودارهای دیواری نشان دهید نتیجه بهتری خواهید گرفت. این‌ها همه ترجیحاً باید در منطقه تهیه شده باشد. جدول‌ها و نمودارهای دیواری را برای توضیح نیاز تغذیه‌ای گیاهان و نقشی که کودها برای تأمین این نیاز بازی می‌کنند تهیه نمایید.

نمودارهایی که این کتابچه در اختیار می‌گذارد می‌تواند مفید باشد. از کدخدای روستاها بخواهید که اجرای چنین گردهمایی‌هایی را عهده‌دار شوند.

همان گونه که در پیش گفته شد، از آن جا که شرایط به سرعت دستخوش تغییرات است، توصیه‌ای که امسال به کشاورزان داده می‌شود لزوماً دستورالعمل بهینه‌ای برای سال دیگر نخواهد بود. نه تنها تغییرات شرایط آب و هوایی، بلکه بارندگی، حاصلخیزی خاک و گونه گیاه کشت شده همه موضوعاتی دستخوش تغییر می‌تواند باشند.

در نظر داشته باشید که به‌طور کلی کشاورزی دایما در حال تغییر است. بنابراین توصیه می‌شود علاوه بر استفاده صحیح از کود، به کشاورزان تعلیم کافی در زمینه همه اصول و فرآیندهای که در پشت این مشاهدات وجود داشته برای علبه بر شرایط و مسایل جدید داده شود. باید کشاورزان را به تغییر سامانه‌های کشاورزی یا عملیات مدیریتی خود زمانی که فناوری، شرایط اقتصاد یا اجتماعی تغییر می‌کند مجبور کرد.

برنامه‌های مدیریت منسجم خاک و عناصر تغذیه‌ای^۱ عموماً در مدرسه مزرعه‌های کشاورز^۲ اجرا می‌شود. برای آن که بدانید آیا چنین مدرسه‌های در حال حاضر در کشور شما وجود دارد یا این که این گونه مدرسه‌ها در منطقه شما قابل اجراست به

^۱ Integrated soil and nutrient management (ISNM)

^۲ Farmer field schools

سازمان‌های دولتی تماس بگیرید.

۱۳. نتیجه‌گیری

کود یکی از مهم‌ترین ابزارها برای توسعه کشاورزی در راستای امنیت غذایی و حفظ حاصلخیزی خاک است. با سعی، علاقه و شوق، شما می‌توانید از طریق معرفی و توسعه استفاده از کودها باعث تغییرات واقعی شوید. این وظیفه و مبارزه‌ای برای شماست که در بهبود شرایط زندگی منطقه خود و حفظ کشاورزی پایدار کمک کنید.

پیوست: فاکتورهای تبدیل

سطح و فاصله	
۱ هکتار	= ۱۰۰۰۰ متر مربع
	= ۲/۴۷۱ ایکر
۱ متر	= ۱/۰۹۳۶ یارد
	= ۳/۲۸۰۸ فوت
	= ۳۹/۳۷ اینچ
۱ ایکر	= ۴/۴۸۰ یارد مربع
	= ۰/۴۰۴۷ هکتار
۱ یارد	= ۳ فوت
	= ۰/۹۱۴۴ متر
۱ فوت	= ۱۲ اینچ
	= ۰/۳۰۴۸ متر
وزن	
۱ کیلوگرم	= ۱۰۰۰ گرم
	= ۲/۲۰۴۶ پوند
۱ کیلوگرم در هکتار	= ۰/۸۹۲۲ پوند بر ایکر
۱ تن (متریک)	= ۲۲۰۴/۶ پوند
	= ۱/۱۰۲۳ تن کوتاه
	= ۰/۹۸۴۲ تن بلند
۱ پوند	= ۰/۴۵۳۶ کیلوگرم
۱ پوند بر ایکر	= ۱/۱۲۰۸ کیلوگرم بر هکتار
۱ تن کوتاه	= ۲۰۰۰ پوند
	= ۰/۹۰۷۲ تن (متریک)
۱ تن بلند	= ۲۲۴۰ پوند
	= ۱/۰۱۶ تن (متریک)

کودها

فسفر	
برای تبدیل P_2O_5 (فسفات) به P	P_2O_5 را در ۰/۴۳۶۴ ضرب کنید
برای تبدیل P به P_2O_5	P را در ۲/۲۹۱۴ ضرب کنید
پتاسیم	
برای تبدیل K به K_2O	K_2O را در ۰/۸۳۰۲ ضرب کنید
برای تبدیل K_2O به K	K را در ۱/۲۰۴۶ ضرب کنید

Fertilizer and their use

Published by arrangement with the
Food and Agriculture Organization
of the United Nations

By the
Islamic Azad University,
Shiraz Branch



Fertilizers and their use

Food and Agriculture Organization
of the United Nations

Translated by:
Ali Kasraian

