



وزارت جهاد کشاورزی

سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی

مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان

راهنمای

کودها و کاربرد آنها در کشاورزی



تهیه و تنظیم از :

یونس محمدنژاد- محمد صلاحی فراهی

اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان

تابستان - ۱۳۸۷

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳	<u>مقدمه</u>
۴	<u>کلیات</u>
۴	<u>کودها عملکرد محصول را افزایش می دهند</u>
۴	<u>کودهای آلی کارآیی کودهای معدنی را بهبود می بخشند</u>
۵	<u>عناصر غذایی و نقش آنها در گیاه و منابع غذایی</u>
۶	<u>عناصر غذایی مورد نیاز گیاه</u>
۷	<u>وظایف عناصر غذایی</u>
۷	<u>فتوسنتز</u>
۸	<u>خاک</u>
۸	<u>خاک چیست؟</u>
۸	<u>اجزاء تشکیل دهنده، بافت و ساختمان خاک</u>
۹	<u>چگونه، خاک عناصر غذایی را نگه داشته و رها می سازد؟</u>
۱۰	<u>موجودات زنده خاک</u>
۱۱	<u>ریزوبیوم، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، کودهای سبز و قارچ ها</u>
۱۲	<u>واکنش های خاک و آهک دهی</u>
۱۲	<u>خاک و عملیات خوب کشاورزی در آن</u>
۱۲	<u>توصیه کودی با توجه به نوع و نیاز گیاه</u>
۱۴	<u>اهمیت توازن کوددهی</u>
۱۵	<u>کود، ظاهر آن، کیفیت و برچسب آن</u>
۱۵	<u>کود چیست؟</u>
۱۶	<u>درجه بندی کودها</u>
۱۹	<u>کودهای آهسته رها کننده/ نیتروفیکاسیون و اوره آز</u>
۲۰	<u>محاسبه میزان کود</u>
۲۱	<u>چطور کودها را به کار ببریم؟</u>
۲۲	<u>کود دهی به روش یخش</u>
۲۲	<u>کود دهی به روش ردیفی</u>
۲۲	<u>کود سرک</u>

مقدمه:

مروجین کشاورزی به عنوان یک راهنما در منطقه می باشند. لذا کشاورزان به منظور اخذ مشکلات و پاسخ سؤالات خود و نیز آموزش دهنده بهترین روش های کشاورزی توجه خاصی به مروجان کشاورزی دارند. ارائه پاسخ صحیح و درست به کشاورز باعث افزایش اعتماد و تشویق بیشتر آنان در انجام فعالیت های کشاورزی و تدوام آن خواهد شد. لذا این مجموعه که برگرفته از کتاب راهنمای جیبی تحت عنوان Fertilizers And Their Use بوده که اساساً به منظور استفاده مروجین کشاورزی توسط سازمان خوار و بار جهانی (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION) FAO تهیه شده، می باشد؛ که با توجه به شرایط آب و هوایی استان، نکات مهم و کاربردی آن انتخاب و به فارسی ترجمه و بدین گونه درآمده است. امیدواریم که سودمند باشد.

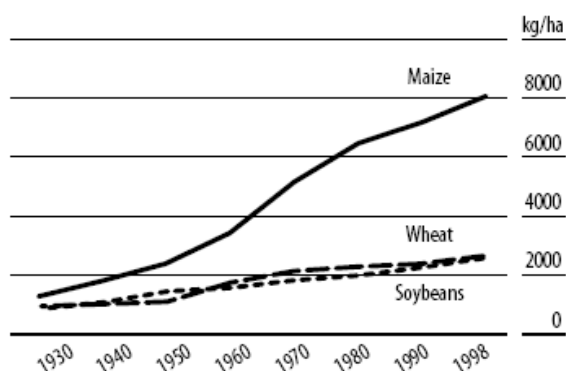
این مجموعه اطلاعات لازم و کاربردی را جهت استفاده مفید و صحیح از کود را در سطح کارشناسان ارائه می دهد. نظر به آنکه کودها عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را فراهم می کنند، و از طرفی بازدهی زمینهای کم حاصلخیز را که بیش از حد ظرفیت، از آنها برداشت شده را می توان با کودها بهبود بخشیده و علاوه بر آن می توان محصول و فرآورده های غذای بیشتری و با کیفیت بالاتری بدست آورد. با توجه به آنکه هدف راهنمای فوق این است که نشان دهد چطور کودها می توانند به عنوان بخشی از افزایش تولید محصول و افزایش درآمد کشاورزان در برنامه های مدیریت صحیح در کشاورزی نقش داشته باشند. رعایت نکات و مسائل اشاره شده در این راهنما نقش اساسی در افزایش کمی و کیفی محصول نهائی کشت شده، حفظ عناصر غذایی و بقای موجودات ریز بین خاک و نهایتاً حفظ بازده اقتصادی خاک داشته و علاوه بر آنها، کاربرد تمامی موارد مورد بحث باعث افزایش رفاه و سلامتی تک تک افراد روستا، کل جامعه و نهایتاً کشور خواهد شد. امید است که مورد استفاده مروجان و کشاورزان این مرزوبوم قرار گیرد.

یونس محمدنژاد- محمد صلاحی فراهی

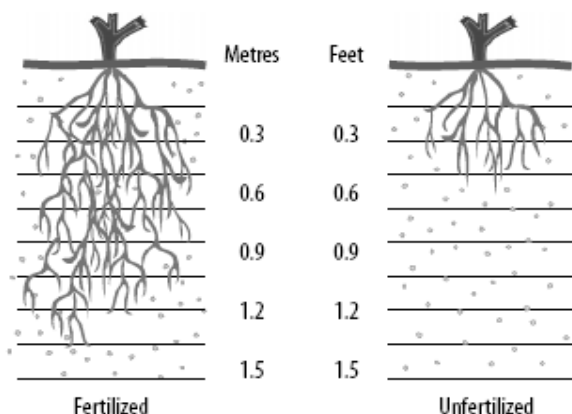
کلیات

کودها عملکرد محصول را افزایش می دهند

گیاه عناصر غذایی مورد نیاز خود را از خاک و هوا دریافت می کند. اگر عناصر غذایی در خاک قابل دسترس باشند، رهاز گیاه به راحتی بلمین شده و رشد مناسب و عملکرد بالایی خواهد داشت. حتی اگر یکی از عناصر غذایی هم در خاک کم باشد، سبب کله ش رشد و عملکرد گیاه می شود. بنابراین برای به دست آوردن عملکرد بالا، باید طوری کودها به خاک داده شوند که کمبود عناصر غذایی خاک را تامین نماید. نتایج بیش از هزار آزمایش مشاهده ائی در مزرعه در طی ۲۵ سال و در ۴۰ کشور جهان نشان داده است که متوسط عملکرد گندم آبی که در بهترین تیمارهای کودی تا ۶۰٪ افزایش می یابد. کارایی و عکس العمل عملکرد به کود در یک خاک را می توان به راحتی با افزودن مقادیر مختلف کود به کرت های مجاور هم و با اندازه گیری مقایسه عملکرد محصول آنها به دست آورد. با این عمل می توان اطمینان حاصل نمود که آیا با کوددهی می توان بیشترین استفاده از زمین و آب را (به ویژه در شرایطی که آبیاری نیز انجام می شود) نمود. کوددهی در شرایطی که بارندگی کم است و مجبور به آبیاری هستیم مطمئناً عملکرد را به ازای هر واحد آب مصرفی به بیش از دو برابر افزایش خواهد داد. عمق ریشه (گسترش ریشه) نیز ممکن است افزوده شود.



شکل ۱- اثر کوددهی بر افزایش عملکرد محصولات زراعی آمریکا از سال ۱۹۳۰ تا ۱۹۹۸



شکل ۲- عمق ریشه گیاه در شرایط کوددهی (سمت چپ) و عدم کوددهی (سمت راست). در خاک هایی با حاصلخیزی کم، کوددهی عمق ریشه را تا حد توان رشد گیاه، افزایش می دهد.

کودهای آلی، کارایی کودهای معدنی را بهبود می بخشد

در کوددهی باید تمام انواع کودها شامل کوده ای حیوانی، بقایای گیاهی، کودهای سبز و دیگر مواد آلی در نظر گرفته شود. این مواد باید قبل از افزوده شدن به خاک، فرآیند کودسازی و تجزیه مناسب را گذرانده باشند. در حین تجزیه بقایا و مواد

آلی تازه، عناصر غذایی موجود در خاک بخصوص ازت موقفاً تثبیت شده و از دسترس گیاه ی که کشت خواهد شد خارج می شود. اگرچه میزان عناصر غذایی موجود در کودهای آلی پایین و متنوع بوده، اما این مواد در بهبود شرایط عمومی خاک بسیار با ارزش هستند. مواد آلی سبب بهبود ساختمان خاک، کاهش فرسایش خاک و حفظ رطوبت می شود. همچنین این مواد برای میکروارگانیزم های خاک به عنوان غذای ضروری محسوب می گردند. کودهای آلی اغلب باعث ایجاد شرایطی شده که در آن کودهای دیگر با موفقیت قابل استفاده گیاه می شوند. ترکیبی از کودهای آلی حیوانی، مواد آلی و کودهای معدنی باعث ایجاد بهترین شرایط محیطی برای گیاه می شوند. به طوری که دوم و اول سبب بهبود خصوصیات خاک و کودهای معدنی سبب تضمین عنصر غذایی مورد نیاز گیاه می شوند، اگرچه کودهای حیوانی و مواد آلی (که در مقدار زیاد قابل دسترس زوده و) برای سطح عملکرد محصولی که کشاورز در نظر دارد، به تنهایی کافی نمی باشند.

عناصر غذایی و نقش آنها در گیاه و منابع غذایی

عناصر غذایی مورد نیاز برای گیاه

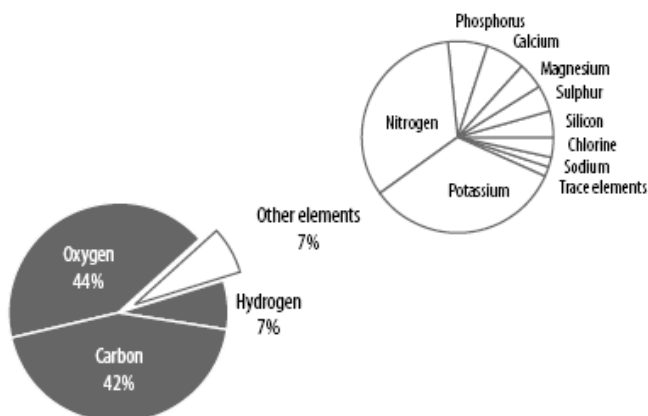
حدود ۱۶ عنصر غذایی برای رشد اکثر گیاهان لازم بوده، که گیاه این عناصر را از خاک و هوای اطراف می گیرد. این عناصر بوسیله محلول خاک به گیاه منتقل می یابند. عناصر غذایی به صورت ذرات جذب خاک می شوند:

از طریق آب و هوا:

۱- کربن (C) به صورت CO₂ از طریق هوا ۲- هیدروژن (H) از آب ۳- اکسیژن (O) از آب

از طریق خاک و کودهای آلی و معدنی:

نیتروژن (N)؛ گیاهان لگومینوز نیتروژن خود را از هوا و به کمک باکتری های زنده (ریزوبیوم) موجود بر روی گره های ریشه خود به دست می آورند، فسفر (P)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، گوگرد (S)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، روی (Zn)، مس (Cu)، مولیبدون (Mo) و کلر (Cl). این عناصر و متوسط درصد آنها در ماده خشک گیاه در شکل (۳) نشان داده شده است. عناصر شیمیایی دیگری نیز بوده که توسط گیاه جذب می شوند. لذا این عناصر غذایی برای برخی از گیاهان می توانند سودمند باشند. اما عنصر ضروری برای رشد تمامی آنها نمی باشند.



شکل ۳- متوسط درصد عناصر موجود در ترکیبات گیاهی

وظایف عناصر غذایی

گیاه بجز عنصر کربن، تمامی عناصر غذایی مورد نیاز خود را از محلول خاک جذب می کند. از نظر میزان نیاز خاک، این عناصر به دو دسته (طبقه بندی کمی) تقسیم می شوند:

۱- عناصر غذایی پرمصرف: خود شامل عناصر غذایی اولیه و ثانویه می باشد.

۲- عناصر غذایی کم مصرف.

عناصر غذایی پرمصرف:

این عناصر به مقدار زیادی مورد احتیاج گیاه است و اگر یک یا چند عنصر از این عناصر در خاک کم باشد، باید به مقدار زیادی از طریق کود معدنی مصرف شوند. به طور طبیعی در خاک ها بی کمبود عناصر غذایی دیده شده که برداشت عناصر از خاک توسط گیاهان در طول سال ها و طی کشت واریته های پرمحصول (که به عناصر غذایی زیاد تری نیاز دارند)، خاک دچار فقر غذایی شده است. در مقابل، این عناصر به مقدار کمی برای رشد یک گیاه لازم هستند و باید به میزان خیلی کم و در جاهایی که کمبود آنها در خاک مشاهده می شود مصرف گردند.

عناصر غذایی پرمصرف اولیه شامل:

نیتروژن: نیتروژن موتور رشد گیاه بوده و ۴-۱ درصد ماده خشک گیاه را شامل می شود. این عنصر به دو فرم نترات (NO_3^-) و آمونیم (NH_4^+) از خاک جذب شده و در گیاه با مواد حاصل از متابولیسم کربوهیدرات ها برای تولید اسیدهای آمینه و پروتئین ها ترکیب می شود. نیتروژن عنصر ضروری تشکیل دهنده پروتئین بوده و در فرایندهای مهم و مؤثر در توسعه گیاه و تولید عملکرد نقش دارد. نقش مهم دیگر نیتروژن در گیاه، کمک به جذب سایر عناصر غذایی می باشد.

فسفر: فسفر بین ۱/۰ تا ۴/۰ درصد از ماده خشک گیاه را شامل شده و نقش مهمی در انتقال انرژی در گیاه دارد. وجود فسفر در فتوسنتز و دیگر فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی گیاه ضروری بوده و نقش آن برای تمایز سلولی و نمو بافت ها در گیاه، غیر قابل اجتناب می باشد. در بیشتر خاک های طبیعی و کشاورزی و یا محل هایی که به علت تثبیت توسط خاک محدودیت دارد، کمبود فسفر مشاهده می گردد.

پتاسیم: پتاسیم ۱ تا ۴ درصد از ماده خشک گیاه را شامل شده و وظایف زیادی از جمله فعال کردن بیش از ۶۰ آنزیم در گیاه را به عهده دارد، بنابراین پتاسیم در سنتز پروتئین و کربوهیدرات ها نقش حیاتی داشته و سبب بهبود رژیم آبی گیاه و افزایش تحمل آن به خشکی، یخ زدگی و شوری می گردد. گیاهانی که به خوبی با پتاسیم تغذیه شوند کمتر تحت تاثیر بیماری ها قرار می گیرند.

عناصر پرمصرف ثانویه عبارتند از:

منیزیم: در مرکز ساختمان ملکول کلروفیل (رنگدانه های سبز برگ ها که وظیفه دریافت انرژی خورشیدی را به عهده داشته) قرار دارد. بنابراین ۱۵ تا ۲۰ درصد منیزیم در قسمتهای سبز گیاه می باشد. منیزیم در فعالیت های آنزیمی مربوط به انتقال انرژی در گیاهان، دخالت دارد.

گوگرد: عنصر ضروری سازنده پروتئین بوده و در شکل گرفتن کلروفیل نقش دارد. در بیشتر گیاهان ۰/۵ تا ۰/۵ درصد ماده خشک را تشکیل می دهد. بنابراین نقش گوگرد مثل فسفر و منیزیم در رشد گیاه مهم می باشد، اما کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

کلسیم: کلسیم برای رشد ریشه ضروری بوده و از مواد تشکیل دهنده دیواره سلولی است. اگرچه بیشتر خاک ها حاوی مقدار کافی کلسیم قابل دسترس گیاه می باشند ولی کمبود آن می تواند در نواحی گرمسیری که کلسیم خاک به شدت تخلیه شده است، اتفاق بیفتد. معمولاً کاربرد کلسیم با هدف پایین آوردن اسیدیته خاک انجام می شود.

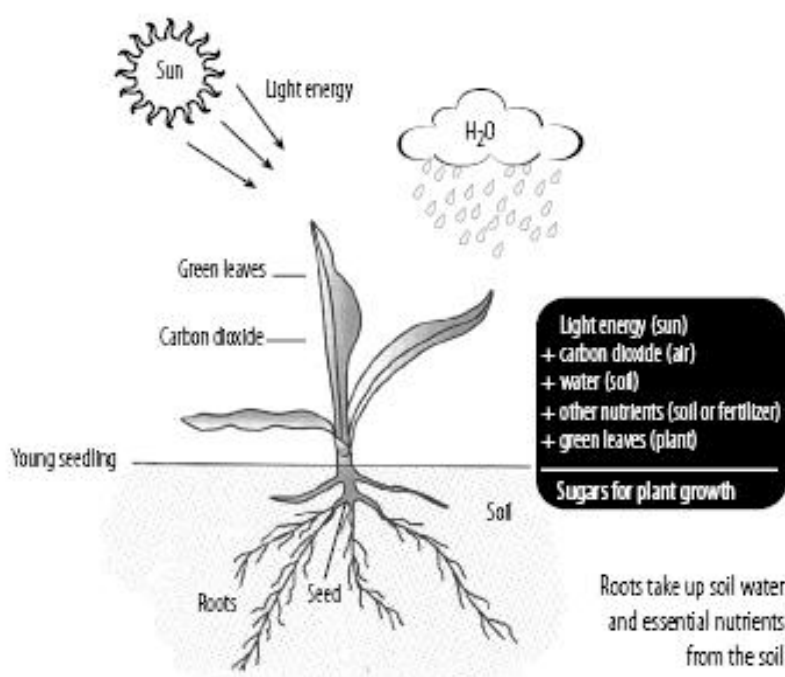
عناصر کم مصرف:

آهن، روی، مس، منگنز، کلر، بر و مولیبدن از عناصر کم مصرف هستند. این عناصر بخشی از مواد کلیدی در رشد گیاه هستند که می توان به مانند نقش ویتامینها در انسان تشبیه کرد، به مقدار خیلی کمی جذب شده و دامنه میزان مطلوب آنها در گیاه خیلی محدود است. قابلیت دسترسی گیاه به آنها بستگی به واکنش خاک دارد. مصرف بیش از اندازه عناصر فوق با عنصر بو (B) می تواند اثر منفی بر روی محصول داشته باشد.

بسیاری از عناصر دیگر نیز بوده که برای بعضی از گیاهان سودمند و مهم هستند، به عنوان مثال سدیم برای چغندر قند و سرطیسیم برای غلات که باعث قوی شدن ساقه و مقاومت آنها به خوابیدگی می شوند. کبالت نیز در فرآیند تثبیت ازت لگوم ها مهم است. بعضی از عناصر کم مصرف حتی به میزان کمی بیش از حد نرمال می توانند برای گیاهان سمیت داشته باشند. عموماً وقتی اسیدیته (pH) خاک خیلی پایین بوده رخ می دهد. مسمومیت آلومینیم و منگنزیکی از مواردی است که بیشتر رخ داده و رابطه مستقیم با اسیدیته خاک دارد. مهم اینست بدانیم که تمام عناصر غذایی گیاهی که درمق ادی کم یا بیشتر مورد نیاز بوده، نقش به خصوصی را در رشد گیاه و تولید غذا انجام می دهند. به طوری که یک عنصر غذایی نمی تواند جانشین عنصر دیگری شود.

فتوسنتز

از طریق تبخیر مقدار زیادی آب در طول روز، عناصر غذایی از خاک به برگ های گیاه حمل و جذب می شوند.



شکل ۴- گیاهان کربوهیدرات (قند) را از نور خورشید، هوا، آب و عناصر غذایی خاک درست می کنند.

در برگ های سبز فعالیت های مهمی اتفاق می افتد که فتوسنتز نامیده می شود. این عمل یک روش طبیعی است که گیاه عناصر غذایی غیر آلی را که از هوا و خاک جذب شده، با کمک انرژی نور خورشید تبدیل به مواد آلی می کند. یعنی انرژی نوری تبدیل به انرژی شیمیایی می شود.

پایه و اساس در فتوسنتز تبدیل دی اکسید کربن و آب (که از نظر انرژی فاقد ارزش بوده) به قند یا کربوهیدرات ها می باشد. قند ماده پایه در ساخت همه تولیدات آلی که توسط گیاه ایجاد شده، می باشد. بدون فتوسنتز، زندگی روی زمین

وجود نخواهد داشت. مقدار کافی از عناصر غذایی نیز جهت کارکرد صحیح فتوسنتز لازم است. اگر یکی از عناصر غذایی از خاک به گیاه عرضه نشود، عمل فتوسنتز متوقف می شود.

اگر عناصر غذایی به حد کافی برای گیاه فراهم نشوند، آن گیاه علائم کمبود یا گرسنگی را نشان خواهد داد. لذا رشد گیاه بستگی به فراهم شدن کافی از هر یک از عناصر غذایی دارد. در نتیجه هر یک از عناصر غذایی که به حد کافی برای گیاه فراهم نگردد سبب محدودیت عملکرد گیاه می شود، پس عملکرد گیاه به عنصر غذایی که در حد بیشترین کمبود یا محدودیت می باشد بستگی دارد.



شکل ۵- حتی اگر همه عناصر غذایی به جز یکی هم برای گیاه در حد کافی باشد، عملکرد تا میزانی که آن عنصر اجازه دهد تولید می شود.

خاک

بهترین عکس العمل نسبت به استفاده از کود هنگامی رخ می دهد که خاک بیشترین سطح حاصلخیزی را داشته باشد. عوامل اصلی تعیین کننده حاصلخیزی خاک عبارتند از: ماده آلی خاک (از جمله توده میکروبی)، بافت خاک، ساختمان خاک، عمق خاک، عناصر غذایی، ظرفیت ذخیره (ظرفیت جذب^۱)، واکنش های خاک و عدم وجود موادمسی (برای مثال آلومینیوم آزاد). خاک ها به طور گسترده ای از نظر عوامل فوق با یکدیگر اختلاف دارند. لذا به منظور دانستن این که چگونه خاک های با حاصلخیزی پایین یا متوسط را بهبود دهیم، کشاورزان باید اطلاعات اساسی درباره خاک مورد نظر خود داشته باشند.

خاک چیست؟

خاک ماده ای قابل ملاحظه و باارزش است که لایه بالایی زمین را تشکیل داده و به تدریج و با تجزیه حاصل از واکنش های هواپدیدی، رشد گیاهان و بشریه وجود آمده است. مواد مادری که خاک از آن تشکیل شده می تواند سنگ های لایه زیرین خاک، یا مواد ته نشین شده توسط رودخانه و دریاها (رسوبی)، یا مواد حمل شده توسط باد (خاک های لسی) و یا خاکستر آتشفشانی باشد. خاک با فراهم کردن یک لایه نفوذ پذیر برای نفوذ و استقرار ریشه و نوعی انبار ذخیره عناصر غذایی و آبی به گیاه کمک می کند. با توجه به ترکیبات خاک، توانایی خاک ها در فراهم نمودن عناصر غذا بی مختلف به گیاه متفاوت است. برخلاف تصور، رنگ خاک اطلاعات خیلی کمی در ارتباط با حاصلخیزی آن به ما می دهد.

اجزاء تشکیل دهنده، بافت و ساختمان خاک

خاک مرکب از ذرات ریز به اندازه های متفاوت است که از مواد حاصل هواپدیدی مواد مادری، مواد آلی (بقایای گیاهان و حیوانات) و سطوح متفاوت آب و هوا تشکیل شده است.

ذرات جامد خاک بر اساس اندازه آنها به این صورت دسته بندی می شوند: سنگریزه (بزرگتر از ۲ میلی متر)، شن (۰/۰۲ تا ۲ میلی متر)، لای (۰/۰۲ تا ۰/۰۲ میلی متر) و رس (کوچکتر از ۰/۰۰۲ میلی متر).

^۱ adsorption = با جذب در خاک. به تمایل چسبندگی مولکول های آب و یون ها به سطح ذرات یا مواد آلی خاک گویند.

نسبت میزان ذرات رس، شن و سیلت در خاک را بافت خاک می گویند. از نظر بافت، خاک ها به شنی، لوم شنی، لوم، لوم رسی، رسی و غیره دسته بندی می شوند. همچنین بر اساس میزان توانایی کار در خاک می توان آن را به صورت سبک (شن و لوم شنی) و متوسط (لوم) و سنگین (لوم رسی و رسی) طبقه بندی نمود.

ساختمان خاک نیز تجمع (ترتیب قرار گرفتن) اجزای ریز آن در داخل خاکدانه و یا واحدهای بزرگتر است. یک خاک با ساختمان خوب و مرطوب شامل تقریباً معادل ۵۰ درصد مواد جامد، ۲۵ درصد هوا و ۲۵ درصد آب می باشد.

بافت و ساختمان خاک اهمیت ویژه ای در حاصلخیزی خاک و در نتیجه رشد گیاه دارد. بافت درشت (شنی) نمی تواند آب و عناصر غذایی را بخوبی در خود جای دهد. هنگام استفاده از کود، این نوع خاک ها نیازمند مراقبت ویژه به منظور جلوگیری از شسته شدن عناصر غذایی (نیترژن و پتاسیم) لازم دارند. در مقابل خاک های رسی رطوبت و عناصر غذایی را به خوبی در خود ذخیره نموده ولی زهکش مناسب و تبادل هوایی کافی ندارند. لذا با دادن آهک و مواد آلی می توانیم ساختمان این نوع خاک ها را بهبود بخشیم.

خاکورزی در افزایش عمق خاک (حجمی از خاک که ریشه ه ای گیاه در آن توسعه می یابد) موثر بوده ولی سبب بوهم خوردن ساختمان خاک می شود. در مقابل، مواد آلی سبب تشکیل و پایداری ساختمان خاک و افزایش ظرفیت ذخیره ای خاک می شوند. در نقاطی که دارای آب و هوای معتدل (سرد و مرطوب) هستند و تجزیه بقایای گیاهی به کندی انجام می شود، امکان دارد خاک غنی از مواد آلی (بیش از ۵ درصد) باشد. در مناطق نیمه گرمسیری که هوا گرم و خشک بوده، خاک ها به طور معمول میزان کمی مواد آلی (بعضی اوقات در حدود ۰/۱ درصد) دارند. اما این خاک ها اغلب به علت وجود کلنیم ساختمان قوی و عالی دارند. در بسیاری از خاک های مناطق گرمسیری نیز که مواد آلی تحت تاثیر آب و هوا و فعالیت های میکروبیولوژیکی سریع تجزیه می شوند وجود ساختمان پایدار به علت اکسیدهای آهن و آلومینیوم در آنها می باشد.

چگونه، خاک عناصر غذایی را نگه داشته و رها می سازد؟

تجزیه سنگ بستر سبب تشکیل خاک و فراهم کردن عناصر غذایی برای گیاه می شود. جنس سنگ بستر و طبیعت و شدت فرآیندهای تجزیه، تعیین کننده میزان و نوع عناصر غذایی بوده که در خاک موجود می باشند. رس (رس های معدنی) و مواد آلی (و تا اندازه ای کمتر هیدروکسیدهای آهن)، عناصر غذایی را به شکل قابل دسترس برای گیاه، در خود نگه می دارند. توانایی یک خاک در نگهداری عناصر غذایی، نشان دهنده میزان حاصلخیزی آن است. عناصر غذایی دارای بار مثبت (کاتیون) و یا بار منفی (آنیون) هستند. با توجه به بار آنها، توسط رس های معدنی و مواد آلی (مانند چسبیدن آهن به آهن ربا) جذب می شوند. آب موجود در خاکی که حاوی عناصر غذایی حل شده به شکل قابل جذب برای گیاه باشد را محلول خاک می نامند. ریشه های گیاه می توانند عناصر غذایی را تنها به شکل حل شده جذب کنند. بنابراین عناصر باید از شکل چسبیده به ذرات به داخل محلول خاک رها شوند تا قابل جذب گیاه باشند.

در خاک، یک توازن بین عناصر جذب شده روی ذرات خاک و عناصر رها شده در داخل محلول خاک وجود دارد. اگر این تعادل از بین برود، مثلاً "جذب شدن عناصر غذایی توسط ریشه گیاهان، مجدداً جهت ایجاد یک تعادل جدید، عناصر از روی سطح ذرات خاک به داخل محلول خاک رها می شوند. در این فرآیندها کاتیون ها، با Cu^{++} و Mg^{++} از قسمت جامد (عناصر غذایی حل نشده) و یا یون های H^+ ؛ و آنیون ها نیز توسط OH^- ($H^+ + OH^- = آب$) جانشین می شوند. عناصر غذایی آزاد شده از سمت محلول های غلیظ تر نزدیک به سطح ذرات خاک به سمت محلول رقیق تر نزدیک به سطح ریشه منتقل می شوند. این فرآیند انتقال عناصر غذایی از سطح ذرات خاک به ریشه را انتشار می نامند.

در خاک هایی که مدتی کشت نشده اند (آیش) عناصر غذایی رها شده به محلول خاک تجمع می یابند. این وضعیت به ویژه برای نیترژن که از تجزیه مواد آلی بدست می آید رخ می دهد که می تواند اثر محیطی منفی داشته باشد، چنانچه در خاک های

با بافت سبک و در شرایط آب و هوایی مرطوب، بخش زیادی از این نیتروژن های تجمع یافته به آب های زیرزمین می شود (ویا به صورت گاز^۱ از دست می رود). پتاسیم تجمع یافته نیز می تواند از طریق شستشو هدر رود.

در شرایط نیمه خشک، عناصر غذایی مانند کلریدها و سولفات های سدیم، کلسیم و منیزیم ممکن است با تبخیر آب به سطح خاک انتقال یابند و سبب شوری و آسیب به رشد گیاهان بعد از یک دوره آیش شو رن. اگرچه خاک های قدیمی و هوادیده، که بیشتر کاتیون های خود را از دست داده اند و یون هایی با بار منفی مازاد بیشتری دارند. این نوع خاک ها می توانند کاتیون ها پی با بار مثبت در کودهای به کار برده شده را در خود نگه دارند.

قدرت جذب عناصر غذایی مختلف (کاتیون ها و آنیون ها) توسط ذرات در خاک ها تفاوت زیادی دارند. کاتیون ها بطور اساسی توسط ترکیب با آب و توسط بار الکتریکی خود تحت تاثیر قرار می گیرند. آلومینیوم (Al^{+++}) با شدت زیادی توسط ذرات خاک نگهداری می شود. به دنبال آلومینیوم دیگر ریزمغذی های فلزی (مانند آهن، منگنز و روی) و پتاسیم (K^+)، آمونیوم (NH_4^+)، کلسیم (Ca^{++}) و منیزیم (Mg^{++}) جذب می شوند. در آنیون ها فسفات (PO_4^-) که به شدت غیر متحرک بوده و با شدت زیادی توسط ذرات با بار مثبت رس و ترکیبات خاک شبیه کلسیم، آهن و آلومینیوم نگه داشته می شود. در مقابل، کلر (Cl^-) و نیترات (NO_3^-) تمایل به ماندن در محلول خاک را دارند که یا به همراه محلول به سمت ریشه (جریان توده ای) حرکت کرده و با جذب آب توسط ریشه وارد گیاه شده و یا شسته می شوند. سولفات (SO_4^{--}) نیز مانند نیترات در خاک متحرک بوده و مستعد شستشو می باشد.

هنگامی که کودهای آلی، کمپوست و کود معدنی در یک خاک به کار برده می شوند، خاک عناصر غذا ایی کافی موجود در خود را نتواند جهت رشد مناسب گیاهان در اختیار آنها قرار دهد، در این صورت کودهای اضافه شده تجزیه و حل شده و کاتیون ها و آنیون های حاصله در اختیار گیاه قرار گرفته، تثبیت شده و یا شسته می شوند.

فرآیندهایی که باعث جذب سطحی ذرات خاک و آزاد شدن عناصر غذایی به داخل محلول خاک شده بسیار مهم هستند. بخصوص اختلافاتی که در قدرت جذب بر روی ذرات خاک هستند تاثیر مهمی روی این موضوع که چه گونه و در چه زمانی کودهای معدنی (به ویژه نیتروژن) به خاک افزوده شود؟ دارند، به عبارت دیگر برای به دست آوردن بیشترین کارایی کودها و اجتناب از آلودگی محیط زیست ناشی از شسته شدن عناصر غذایی، دانستن زمان و نحوه کاربرد کودها ضروری است. مواد آلی می توانند عناصر غذایی بیشتری نسبت به میزان رس موجود در خاک جذب و نگهداری کنند. بنابراین ضروری است که از مواد آلی به ویژه در خاک های نواحی گرمسیری که قدرت کمی در جذب عناصر معدنی داشته، (کائولیت) استفاده نمود.

موجودات زنده خاک

فعالیت موجودات زنده خاک برای ارتقاء حاصلخیزی خاک و تولید محصول خوب دارای اهمیت می باشد. بیشتر این فعالیتها برای کشاورزان سودمند خواهد بود زیرا باعث تجزیه مواد آلی خاک و تولید هوموس، به هم چسبیدن ذرات خاک و ایجاد ساختمان خوب، مراقبت از ریشه ها در مقابل بیماری ها و انگل ها، حفظ نیتروژن و سایر عناصر، تولید هورمون های کمک کننده به رشد گیاه، تبدیل و تجزیه مواد آلوده ای که وارد خاک می شوند، می گردند. مواد آلی پس از مخلوط شدن با خاک توسط کرم های خاک بلعیده و هضم شده و در نتیجه شکل های غیر قابل حل نیتروژن، فسفر و سولفور موجود در مواد آلی را به شکل های قابل دسترس گیاه از طریق فعالیت باکتری ها، تبدیل می نمایند. علاوه بر موارد بالا مهم ترین وظیفه آن ها در چرخه نیتروژن در خاک مانند آمونیفیکاسیون، نتریفیکاسیون و دنتریفیکاسیون و تثبیت ازت می باشد.

بیشتر قارچ ها و گیاهان میکروسکوپی در خاک به صورت هوازی زندگی کرده و به اکسیژن هوا نیازمند هستند. اگرچه بعضی از آنها به صورت غیر هوازی هم زندگی می کنند. مهم ترین عنصری که برای اکثریت زیاد موجودات زنده خاک مهم هم

۱ - Denitrification = هدرروی نیتروژن از خاک از طریق تبدیل آن توسط باکتری ها در شرایط غیر هوازی به اکسیدهای نیتروژن و نیتروژن گازی.

بوده، کربن می باشد که از دی اکسید کربن موجود در اسیدهای کربنیک موادالی حاصل می شود. میزان دی اکسیدکربن موجود در خاک نشانگر فعالیت و یا وسیله اندازه گیری فعالیت موجودات زنده خاک است.

رطوبت کافی، اسیدیته بین ۵ تا ۶، حرارت بین ۱۵ تا ۳۵ درجه سانتی گراد و مقدار کافی موادالی به عنوان کربن و انرژی شرایط مطلوب برای موجودات زنده خاک است.

کشاورزی می تواند با نفوذپذیری نمودن خاک، مرطوب نگه داشتن و زهکشی مناسب، نگه داشتن اسیدیته خاک در حد مناسب (۵-۶ pH)، استفاده از کودهای آلی، حفظ پوشش خاک از طریق کشت گیاهان و مالچ برای کاهش فرسایش و ذخیره رطوبت خاک و عدم استفاده از مواد شیمیایی (که باعث به هم خوردن تعادل و توازن در خاک و خسارت به گیاه می شود)، به فعالیت موجودات زنده موجود در خاک کمک کند.

ریزوبیوم، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، کودهای سبز و قارچ ها

گیاهان خانواده لگوم مانند حبوبات، نخود فرنگی، شبدر، یونجه و ماش از منابع مهم نیتروژن هستند، که در همزیستی با باکتری های ریزوبیوم، نیتروژن هوا را درگره های ریشه خود تثبیت می کنند. گیاهان لگومینوز انرژی لازم، آب و عناصر غذایی میکروارگانیزم ها را فراهم کرده و در عوض نیتروژن تولیدی توسط میکروارگانیزم ها را دریافت می کنند. در شرایط مطلوب میزان نیتروژن تثبیت شده توسط باکتری های ریزوبیوم به طور متوسط بین ۱۵ تا ۲۰ کیلوگرم در هکتار و حداکثر تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار می باشد.

لگومینوزها خاک های آهکی را ترجیح داده و در خاک های اسیدی به طور مطلوب رشد نمی کنند. لذا در خاک های اسیدی آهک دهی قبل از کاشت گیاهان لگومینوز ضروری می باشد. همچنین بهتر است فسفر و پتاسیم به شکل قابل دسترس برای گیاه به خوبی به خاک افزوده شود. لگوم ها دارای ریشه عمیق بوده و با بهبود ساختمان خاک، عناصر غذایی را از لایه های پایین به بالای خاک می آورند.

وقتی یک لگوم برای بار اول در یک مزرعه کاشت شود و یا چندین سال در آن مزرعه کشت نشده باشد، تلقیح بنراین لگوم با نوع ریزوبیوم مخصوص به آن، جهت تثبیت رضایت بخش نیتروژن خاک ضروری است؛ چون که هر گیاه نوع باکتری ریزوبیوم مخصوص خود را دارد.

بعد از برداشت، چیدن و یا هنگامی که یک گیاه به عنوان کود سبز استفاده شود، (یعنی وقتی گیاه به صورت سبوسا شخم به زیر خاک برده شود). بخش زیادی از نیتروژن تثبیت شده توسط گیاه تجزیه نشده، در نتیجه در خاک باقی می ماند. تحت این شرایط به کشاورزان توصیه می شود که گیاه بعدی را بلافاصله کاشته تا نیتروژن باقی مانده و آزاد شده به محلول خاک جذب شده و مانع از شستشوی آن به آب های زیرزمینی یا تصعید به هوا شود.

گیاهان با رشد سریع که در خاک های فقیر (کم بازده) می رویند و توده ای فراوان از برگ ها و قسمت های هوایی سبز تولید می نمایند، نیز می توانند به عنوان کود سبز گیاهان پوششی کاشته شوند. گیاهان پوششی متمایز از کود سبز هستند، زیرا آنها به زیر خاک برگردانده نشده بلکه به عنوان مالچ استفاده می شوند. گیاهان پوششی برای مناطقی با بارندگی پایین مناسب هستند، زیرا سبب افزودن مواد آلی به خاک می شوند.

ریشه بیشتر گیاهان کاشته شده توسط انواع دیگر از جانوران ذره بینی مثل قارچ های مایکوریزا تحت تاثیر قرار می گیرند. این نوع قارچها سبب تشکیل شبکه ه ایی از میسلیوم بر روی ریشه ها شده و در نتیجه سطح تماس ریشه را افزایش می دهند. اثر سودمند دیگر قارچ های مایکوریزا، افزایش جذب عناصر غذایی (بخصوص فسفر) بوده و نیز گیاه را از حمله آفات و بیماریهای موجود در خاک حفظ می کند.

واکنش های خاک و آهک دهی

واکنش خاک یکی دیگر از فاکتورهای مهم حاصلخیزی خاک و رشد گیاه بوده که واحد اسیدیته (pH) نشان دهنده آن است. pH معادل ۷ یعنی خاک از نظر شیمیایی خنثی است. مقدار پایین تر از آن، خاک اسیدی (تجمع زیاد هیدروژن در سطح ذرات خاک) و مقدار بالاتر از آن نشان دهنده قلیایی (غالبیت کاتیونهای Ca^{++} و Na^{+}) بودن خاک می باشد. pH معمولاً در خاک ها می که کشت و کار انجام می شود بین ۴ تا ۸ بوده و به عنوان یک خصوصیت خاک در نظر گرفته می شود.

در مناطق گرمسیری و مرطوب به علت بارندگی های سنگین و شستشوی کاتیونها، pH معمولاً پایین بوده و خاک اسیدی است. در مناطق نیمه گرمسیری و خشک نیز به علت تجمع عناصر قلیایی (کلسیم و سدیم) عموماً pH بالاتر از ۷ و خاک قلیایی است. آهک دهی به خاک های اسیدی موجب کمتر شدن اسیدیته و خنثی شدن خاک می گردد. میزان آهک مورد نیاز خاک را می توان با استفاده از تست pH محاسبه نمود.

در خاک های با pH بالا (قلیائی) از کودهای اسیدکننده نظیر سولفات آمونیوم یا نی نیتروسولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم یا اوره ممکن است ترجیحاً به منظور اصلاح قلیائیت استفاده نمود. در خاک های شور و قلیا، گچ نیز یکی از اصلاح کننده های مفید برای حذف سدیم می باشد.

خاک و عملیات خوب کشاورزی در خاک

یک کشاورز به منظور مدیریت بهتر خاک، بایستی با عملیات صحیح ویژگیهای خاک خود را بهبود بخشد. موارد مهم عملیات خوب در کشاورزی عبارتند از:

- ۱- انتخاب بذر با کیفیت بالا و استفاده از ارقام پرمحصول.
- ۲- انتخاب بهترین زمان و روش کاشت با مناسبترین میزان بذر و تراکم کاشت.
- ۳- انتخاب صحیح کودها با میزان درست و متعادل و زمان و روش مناسب مصرف و کاربرد آنها.
- ۳- افزودن مواد آلی.
- ۴- حفظ pH مناسب خاک.
- ۵- روش های مناسب مبارزه با آفت و بیماری های گیاهی و خاک.
- ۶- کنترل فرسایش خاک و علفهای هرز.
- ۷- آبیاری مناسب و زهکشی خوب.
- ۸- انجام اعمال مدیریتی صحیح.

توصیه کودی با توجه به نوع و نیاز گیاه

گیاهان گوناگون به مقادیر مختلفی از عناصر غذایی نیاز دارند. علاوه بر آن میزان عناصر غذایی مورد نیاز گیاه شدیداً بستگی به عملکرد محصول به دست آمده یا مورد انتظار نیز دارد. مقادیر مختلفی از عناصر غذایی بر داشت شده با وزن های بالا و متوسط در بعضی از گیاهان در جهان در جدول (۱) نشان داده شده است.

واریته های مختلف یک گیاه نیز مقادیر مختلفی از عناصر غذایی را لازم داشته و لذا عکس العملهای متفاوتی را به کود نشان می دهند. گیاهان و واریته های محلی ممکن است در مقایسه با واریته های اصلاح شده، عکس العمل مناسبی به کود دهی از خود نشان ندهند. برای مثال هیپویدهای ذرت عکس العمل خیلی خوبی به کود دهی نشان داده و میزان عملکرد بیشتری نسبت به واریته های محلی تولید کرده اند. اگرچه در جدول (۱) برخی از عناصر غذایی مورد نیاز در برخی از گیاهان نشان داده شده، ولی فاکتورهای دیگری نیز در تعیین میزان کوددهی زمین دخالت دارند. برای مثال مقداری از کود داده شده، در خاک تثبیت

شده و یا از طریق شستشو و یا موارد دیگر از دسترس گیاه خارج می شوند . بنابراین باید میزان کود دهی خاک را بیشتر از مقداری که توسط گیاه برداشت می شود در نظر گرفت.

جدول ۱- عناصر غذایی برداشت شده توسط گیاه (قسمت هوایی و زیرزمینی) بر حسب کیلوگرم در هکتار

	Yield kg/ha	Nitrogen N	Phosphorus P ₂ O ₅	P P	Potassium K ₂ O	K	Ca	Mg	S
Rice (paddy)	3 000	50	26	11	80	66	-	-	-
	6 000	100	50	22	160	133	19	12	10
Wheat	3 000	72	27	12	65	54	-	-	-
	5 000	140	60	26	130	108	24	14	21
Maize	3 000	72	36	16	54	45	-	-	5
	6 000	120	50	22	120	100	24	25	15
Potatoes	20 000	140	39	17	190	158	2	4	6
	40 000	175	80	35	310	257	-	23	16
Sweet potatoes	15 000	70	20	9	110	91	-	-	-
	40 000	190	75	33	390	324	28	9	-
Cassava	25 000	161	39	17	136	113	44	16	-
	40 000	210	70	31	350	291	57	-	-
Sugar cane	50 000	60	50	22	150	125	-	-	-
	100 000	110	90	39	340	282	-	50	38
Onions	35 000	120	50	22	160	133	-	-	21
Tomatoes	40 000	110	30	13	150	125	-	17	54
Cucumber	35 000	60	45	20	100	83	-	36	-
Alfalfa (hay)	7 000	215 ²	60	26	130	108	164	19	19
Soybeans	1 000	160 ²	35	15	80	66	-	-	-
	2 400	224 ²	44	19	97	81	-	18	-
Beans	2 400	155 ²	50	22	120	100	-	-	-
Groundnuts	1 500	105 ²	15	7	42	35	19	11	12
Cotton (-seed + -lint)	1 700	73	28	12	56	46	6	4	5
	5 000	180	63	27	126	105	-	35	30
Tobacco (dry leaf)	1 700	90	22	10	129	107	48	6	4

اهمیت توازن در کود دهی

نیترژن محرک رشد یک گیاه بوده و معمولاً اثر خود را بلافاصله بعد از مصرف نشان می دهد. به طوری که رنگ گیاه سبز تیره و رشد آن نیز قوی خواهد شد. مصرف بیش از آن دازه و نامتعادل کود سبب خوابیدگی غلات و برنج، رقابت شدیدتر با علفهای هرز و حساسیت بیشتر به آفات و در نتیجه باعث کاهش عملکرد دانه محصول خواهد شد (در گیاهان دیگر باعث افت کیفی و کاهش توانایی انبارداری می شود). علاوه بر آن، اگر نیترژن توسط گیاه جذب نشود، مقدار زیادی از دسترس گیاه خارج می شود. جایی که منابع مالی کشاورزی محدود کننده است و یا تسهیلات یوای خرید کود در اختیار کشاورزان نیست و زمین مورد استفاده، اجاره ای می باشد، در این حالت به عنوان مثال کود اوره با قیمت نسبتاً مناسب عرضه و توزیع شود. انتظار می رود که کشاورزان صرفاً برای گیاهان خود از اوره استفاده نمایند. یا به عبارت دیگر یک تصمیم گیری منطقی می باشد به طوری که بیشتر مصرف نیترژن در جهان نیز از طریق مصرف اوره گزارش شده است.

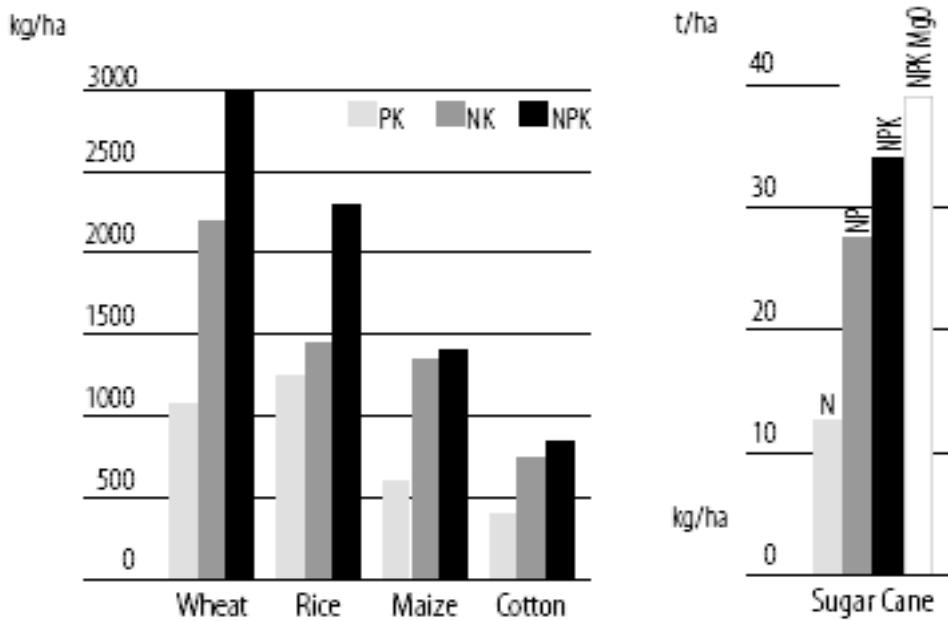
مصرف یک طرفه و نامتعادل نیترژن در خاک های غنی از نظر فسفر، پتاس و عناصر کم مصرف قابل توجه است. اگرچه عملکرد بالا مقدار بیشتری از عناصر دیگر بخصوص فسفر و پتاس را نیز از خاک برداشت می کند. بنابراین افزایش عملکرد از طریق به کار بردن نیترژن تنها خاک را از نظر سایر عناصر غذایی تخلیه می کند.

تحقیقات نشان داده که در سیستم های کشت فشرده برنج- نیاز برای فسفر و پتاس در طی سال ها زیاد شده است. و همچنین بدون مصرف فسفر و پتاسیم، کارایی نیترژن نیز پایین می آید. در حالی که وقتی تمام عناصر غذایی با هم استفاده شوند کارایی فسفر و پتاسیم نیز افزایش می یابد که این امر نشان دهنده اثر متقابل بین این عناصر غذایی است. بنابراین در تمامی خاک های تغلیه شده، که به مدت زیادی در آن ها زراعت و کشاورزی صورت گرفته است، به عبارت دیگر کاهش غیر قابل اجتناب (برداشت از طریق گیاهان، شسته شدن، فرسایش و تثبیت ...) عناصر غذایی نیز وجود دارد، کوددهی غیر متعادل و تنها مصرف نیترژن به تنهایی، بر خلاف عملیات صحیح و مدیریت مناسب کشاورزی است و تنها باعث هدر دادن سرمایه، اتلاف نیروی کار و آلوده کردن محیط زیست و در نهایت مغایر با کشاورزی پایدار است.

بنابراین به منظور بهبود بخشیدن کارایی مصرف کودها، توازن در کوددهی ضروری است. گیاهان نیز مانند انسان ها یک رژیم غذایی درست نیاز دارند، لذا کافی است که انسان تنها از یک نوع غذا بیش از حد و بیش از بقیه تغذیه نماید که این مصرف نامتعادل باعث مریضی او خواهد شد.

این اتفاقات در گیاه نیز می افتد ولی گیاه نمی تواند دنبال غذا بگردد. بنابراین باید شرایط مناسب برای رشد گیاه را در اطراف ریشه آن فراهم نمائیم (مانند آهک دهی در خاک های اسیدی، استفاده از گچ در خاک های قلیایی، اضافه کردن مواد آلی، آبیاری و کوددهی متعادل).

کمبود عناصر غذایی اولیه، ثانویه و کم مصرف در خاک باعث محدود شدن عملکرد و پایین آمدن کیفیت محصول می شود. و کمبود عنصر غذایی، نمی تواند توسط عناصر غذایی دیگر جبران شود. بنابراین مدیریت کشاورزی خوب و متوازن کود اسراسا" به این معناست که نیترژن، فسفر و پتاسیم را به میزانی مصرف شوند که خاک بتواند علاوه بر تأمین نیاز گیاه، پاسخگوی عملکرد مورد انتظار ما نیز باشد و عناصر دیگر مانند منیزیم و سولفور و عناصر کم مصرف را در هنگامی که ضرورت تشخیص داده می شود، مورد مصرف قرار گیرند. شکل (۶) اثر کوددهی متوازن را (در آزمایشات انجام شده در پاکستان) به خوبی نشان می دهد.

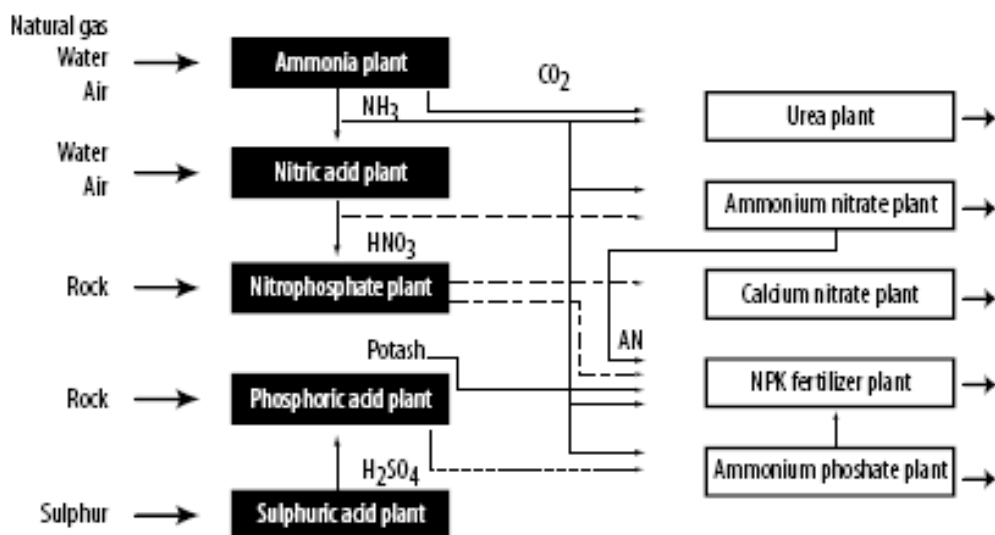


شکل ۶- اثر کوددهی متوازن بر عملکرد محصولات مختلف

کود، ظاهر، کیفیت و برجسب آن

کود چیست؟

نوع مواد طبیعی یا ساخته شده که حاوی حداقل ۵ درصد یا بیشتر از یکی از سه عناصر غذایی اولیه (N, P_2O_5, K_2O) باشد، کود نامیده می شود. تولیدات صنعتی کودها به عنوان کودهای معدنی نامیده می شوند.



شکل ۷- دیاگرام مسیر تولید کودها

آمونیاک (*Ammonia*): از هیدروکربن (اغلب به صورت گاز طبیعی بوده و در مواردی به صورت نفت یا ذغال نیز تولید می شود)، نیتروژن اتمسفری و بخار ترکیب شده است. دی اکسید کربن حاصل از این تبدیلات نیز با آمونیاک ترکیب یافته اوره تولید می شود.

اسید نیتریک (*Nitric acid*): از اکسیده کردن آمونیاک با هوا ساخته می شود.

اسید سولفوریک (*Sulphuric acid*): سوزاندن سولفور در هوا تولید می شود. که در واکنش با سنگ باعث ایجاد اسید فسفریک می شود.

ظاهر کودهای معدنی بسیار متنوع بوده و بسته به نوع فرآیندهای تولید، کودهای معدنی می توانند در شکل ها و اندازه های مختلفی باشند مانند: گرانول، کپسول، ساچمه ای، بلوری یا درشت و فشرده و یا ریز و پودری. بیشتر کودها به صورت مواد جامد تهیه می شوند.

علاوه بر محتوای عناصر غذایی کود، کیفیت فیزیکی کود نیز توسط تغییرات اندازه ذرات، فشردگی و سختی و مقاومت آن در برابر رطوبت و آسیب های فیزیکی تعیین می گردد. علاوه بر قابلیت حمل و نقل، انبارداری و راحتی مصرف در مزرعه و همچنین وزن مخصوص کود مهم است. اوره معمولا حجم زیادی در واحد وزن نسبت به سایر کودهای دیگر دارد. به خاطر سهولت، انعطاف پذیری، امنیت در نگهداری (در اثر هوادیدگی، ماندن و در حین حمل و نقل) و هزینه بسته بندی کودها را معمولا " در کیسه های ۵۰ کیلویی تهیه می کنند.

اطلاعات روی برچسب، نوع عنصر غذایی (اولیه، ثانویه و کم مصرف)، مقدار کود (در بیشتر موارد شکل عنصر) و درجه بندی آنها را نشان می دهد. عناصر غذایی اولیه به صورت درصد $N-P_2O_5-K_2O$ (ممکن است همراه آنها منیزیم و گوگرد و عناصر کم مصرف نیز وجود داشته باشد) نشان داده می شوند. بنابراین در یک فرمول (۱۷-۱۷-۱۷) اولین عدد نشان دهنده درصد ازت، عدد دوم نشان دهنده درصد P_2O_5 و سومین عدد نشان دهنده درصد K_2O می باشد.

این برچسب ها همچنین وزن کیسه ها و نام تولید کننده و درصد کود را نشان می دهند. به عنوان مثال د و کیسه از کود ۵۰ کیلوگرمی با درجه (۱۷-۱۷-۱۷) حاوی ۱۷ کیلوگرم ازت، ۱۷ کیلوگرم P_2O_5 و ۱۷ کیلوگرم K_2O است.

به غیر از عبارت درجه بندی، نسبت عناصر غذایی نیز داریم که میزان و نسبت هر عنصر را نسبت به عنصر دیگر نشان می دهد برای مثال ۱۷-۱۷-۱۷ نسبت ۱:۱:۱ از $N-P_2O_5-K_2O$ است و یا ۱۲-۲۴-۱۲ دارای نسبت ۱:۲:۱ می باشد. مهم است درجه بندی کودها را برای محاسبه میزان و نسبت صحیح کوددهی مزرعه بدانیم. برای مثال یک کشاورز ۸ کیسه کود ۵۰ کیلوگرمی (۴۰۰ کیلوگرم) با درجه بندی ۱۵-۱۵-۱۵ را برای به دست آوردن نسبت ۶۰-۶۰-۶۰ در هکتار نیاز دارد.

درجه بندی کودها

کودهایی که حاوی تنها یکی از عناصر اولیه (NPK) باشند کود خالص هستند. اگر دو یا سه عنصر با هم داشته باشد کود چند عنصری می نامند.

کودهای خالص

برخی از مهم ترین کودهای خالص شامل موارد زیر هستند:

اوره: دارای ۴۶ درصد نیتروژن است که به علت غلظت بالای نیتروژن و قیمت مناسب آن از بهترین و پر مصرف ترین کودهای جهان می باشد. اگرچه در مصرف آن نیاز به دقت می باشد تا از هدرروی و تبخیر آن به شکل آمونیوم به هوا جلوگیری شود. هنگام استفاده باید بلافاصله به زیر خاک برگردان شود و یا بعد از چند ساعت انتظار بارندگی را داشته باشیم.

سولفات آمونیوم (*AS*): دارای ۲۱ درصد نیتروژن به فرم آمونیم است. مانند اوره غلظت بالا ندارد. علاوه بر نیتروژن ۲۳ درصد سولفور نیز دارد. عنصر غذایی سولفور برای رشد بهتر گیاه ضروری است. این کود معمولا در گیاهان ی که در آنها

آبیاری انجام می‌شود و در جایی که گوگرد باید بکار رود استفاده می‌شود. همین خصوصیات را نیز کود نیترات آمونیوم سولفات (ASN) دارد که حاوی ۲۶ درصد نیتروژن می‌باشد و دوسوم آن به صورت آمونیاک و یک سوم آن به صورت نیترات بوده و ۱۵-۱۳ درصد گوگرد نیز دارد.

نیترات آمونیوم کلسیم (CAN): با بیش از ۲۷ درصد نیتروژن است که نیتروژن آن به صورت آمونیاک و نیترات بوده و معمولاً برای گیاهانی که در آب و هوای نیم خشک و در مناطق نیمه گرمسیری کاشته می‌شوند ترجیح داده می‌شود.

منوسوپر فسفات یا سوپر فسفات (ساده): با ۱۶ تا ۲۰ درصد P_2O_5 و ۱۲ درصد گوگرد و بیش از ۲۰ درصد کلسیم (CaO) می‌باشد.

سوپر فسفات تریپل دارای ۴۶ درصد P_2O_5 بوده و فاقد گوگرد است و مقدار کمی نیز کلسیم دارد. هر دو نوع کودهای فسفاته حاوی فسفات قابل حل در آب و به شکل قابل دسترس برای گیاه هستند.

مورات پتاسیم با بیش از ۶۰ درصد K_2O به صورت کودخالص بوده و در بیشتر گیاهان به کار می‌رود. در گیاهانی که به کلر حساس باشند و به هنگام نیاز به سولفور نیز، می‌توان از سولفات پتاسیم با ۵۰ درصد K_2O و ۱۸ درصد گوگرد استفاده نمود.

جدول ۲- برخی از کودهای مهم با درجه بندی یا درصد عناصر غذایی در آنها

Common names (formulae)	Grade or analysis in percent				
	N	P_2O_5	K_2O	Mg	S
Nitrogen fertilizers					
Ammonium sulphate (NH_4) ₂ SO ₄	21	0	0	-	23
Ammonium nitrate NH ₄ NO ₃	33-34.5	0	0	-	-
Ammonium nitrate-limestone NH ₄ NO ₃ +CaCO ₃ (calcium ammonium nitrate)	20.5-26	0	0	-	-
Urea CO(NH ₂) ₂	45-46	0	0	-	-
Ammonium sulphate-nitrate NH ₄ NO ₃ · (NH ₄) ₂ SO ₄	26	0	0	-	15
Phosphate fertilizers					
Single superphosphate Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + CaSO ₄	0	16-20	0	-	12
Triple or concentrated superphosphate Ca(H ₂ PO ₄) ₂	0	46	0	-	-
Ground rock phosphate (mineral phosphate)	0	20-40	0	-	-
Potash fertilizers					
Muriate or chloride of potash KCl	0	0	60	-	-
Sulphate of potash K ₂ SO ₄	0	0	50	-	18
Sulphate of potash-magnesia K ₂ SO ₄ · 2MgSO ₄	0	0	26-30	5-7	16-22
Magnesium fertilizers					
Kieserite MgSO ₄ · 7H ₂ O	-	-	-	16	22
Calcined kieserite MgSO ₄ · H ₂ O	-	-	-	20	27
Sulphur fertilizers					
All fertilizers containing S as anion	-	-	-	-	according to formula
Gypsum CaSO ₄ · 2H ₂ O	-	-	-	-	16-18
Some fertilizers with regional importance					
Sodium nitrate NaNO ₃	16	0	0	-	-
Di-calcium phosphate Ca(HPO ₄)	0	35-42	0	-	-
Basic slag	0	16-20	0	1-3	-

کودهای چند عنصری

تعداد زیادی از کودهای چند عنصری در دنیا ارائه می شود. در جدول (۳) حدود تغییرات احتمالی میزان عناصر غذایی NP و NPK ارائه شده است. بیشترین مزایای این نوع کودها در کشاورزی مربوط به مسایل زیر است:

- ۱ - حمل و نقل و انبارداری آسان.
- ۲ - سهولت مصرف.
- ۳ - میزان زیاد عناصر غذایی.
- ۴ - توزیع یکنواخت عناصر غذایی در سطح مزرعه.
- ۵ - داشتن توازن کودی، یعنی نیتروژن و فسفر و پتاس باهم و در کنار هم برای گیاه از شروع و در زمان نیاز فراهم است.
- ۶ - کارایی بالای عناصر.

جدول ۳- کودهای چند عنصری- حدود تغییرات میزان عناصر غذایی در آنها

Fertilizer type		% N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O
NPK fertilizers		5-26	5-35	5-26
Ammonium Phosphates	DAP	16-18	42-48	-
	MAP	11	52	-
Nitrophosphates	NP	20-26	6-34	-
PK fertilizers	PK	-	6-30	6-30

به طور معمول سه نوع مجزا از این کودها موجود است:

- کودهای مرکب (Complex) :

این نوع کودها از طریق فوآیندها و واکنش های شیمیایی بین آنها که اجزای تشکیل دهنده آن عناصر غذایی اولیه گیاهان بوده، ساخته می شوند. (هر گرانول یا دانه شامل نسبت ارائه شده عناصر است).

- کودهای ترکیبی (Compound Fertilizer):

این نوع کودها از دانه شدن کودهای خالص و یا کوده ای بینابین بدست می آیند. دانه های کود شامل عناصر غذایی با نسبت های متفاوت می باشند.

- کودهای مخلوط (Mixed Fertilizer or blends) :

این نوع کودها از مخلوط مکانیکی ساده کودهای خالص حاصل می شوند. (اگر دقت نشود ممکن است مخلوط یکنواخت نباشد). علاوه بر عناصر غذایی اولیه، نیتروژن، فسفر و پتاس تعداد زیادی از درجه بندی ها شامل عناصر غذایی ثانویه گوگرد، کلسیم و منیزیم نیز بوده و بعضی شامل عناصر کم مصرف نظیر آهن، مس، روی، منگنز، بر و مولیبدن نیز می باشند. بنابراین برای تهیه یک درجه بندی کشاورز امکان استفاده از تمامی عناصر غذایی مورد نیاز خود را تنها با یک کود می تواند بدست آورد.

عناصر کم مصرف

عناصر کم مصرف به توجه و دقت خاصی نیاز دارند. چون بین حد کمبود و سمیت آن‌ها در گیاه اختلاف ناچیزی وجود دارد. عناصر کم مصرف به میزان کمی مورد نیاز گیاه هستند. اگر به مقدار زیادی (مثلاً عنصر بر) مصرف شوند، ممکن است اثر زیان آوری بر روی محصول و یا محصول سال بعد داشته باشند. کودهای ترکیبی مخصوصی وجود داشته که عناصر کم مصرف را نیز به همراه *NPK* برای خاک و گیاه در جایی که کمبود مشاهده شده، در خود دارند.

در بسیاری از موارد کمبود عناصر کم مصرف به سبب pH خاک که خیلی کم (اسیدی) و یا زیاد است اتفاق می افتد. اگر pH خاک خیلی بالا (خنثی تا قلیایی) باشد، ایجاد و اصلاح آن سبب تغییر در میزان عناصر کم مصرف قابل دسترس گیاه نیز می شود. به هنگام نیاز به کودهای کم مصرف، بهتر است با یک متخصص کود مشورت نمود. می توان مقدار خیلی دقیق و یا با کارایی بالا را از طریق محلول پاشی یا مخلوط با بذر، از عناصر کم مصرفی که به صورت پودر یا مایع فرموله شده اند، بدست آورد. انواع کودهای کم مصرف که مورد استفاده واقع شده و بکار برده می شوند در جدول (۴) آمده است.

جدول ۴- بعضی از انواع عناصر غذایی کم مصرف

Micronutrient carrier	(formula)	Micronutrient
Ferrous sulphate	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Iron (Fe)
Copper sulphate	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Copper (Cu)
Zinc sulphate	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Zinc (Zn)
Manganese sulphate	$\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Manganese (Mn)
Borax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Boron (B)
Sodium molybdate	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Molybdenum (Mo)

کلات ها مولکول های پیچیده آلی هستند که عناصر غذایی را در مقابل تثبیت شدن در خاک حفظ نموده و براحته در دسترس گیاه قرار می دهند. ترکیبات آلی پیچیده، کلات های آهن، روی، منگنز و مس می توانند به طور معنی داری کارایی عناصر کم مصرف را بالا بیاورند. به ویژه در آهن که به سختی در فرم غیر کلاته آن قابل دسترسی می باشد.

کودهای کند رها کننده، ممانعت کننده های نیتروفیکاسیون و آوره آز

کودهای کند رها کننده یا با رهاسازی کنترل شده شامل عنصر غذایی گیاه (نیتروژن) در شکلی هستند که بعد از مصرف آنها عناصر قابل جذب گیاه را در مدت طولانی تری نسبت به کودهای معمولی آزاد می کنند. برای ساخت این نوع کودها، کودهای معمولی (نیتروژن یا *NPK*) را با استفاده از سولفور و یا مواد با نفوذ کم مانند پلیمر و یا با استفاده از ترکیبات شیمیایی نیتروژن مخصوص، پوشش دار می نمایند. چون رهاسازی نیتروژن از کودهای کند رها کننده یا کنترل شده بستگی به حرارت و رطوبت خاک دارد و علاوه بر آن، گیاه می تواند در طول دوره رشد به نیتروژن دسترسی داشته باشد.

مزیت اصلی این روش، حفظ نیروی کار است یعنی به جای این که در چندین تقسیط به کار برده شود، می تواند در یک مرحله و در طول یک دوره رشد مصرف شود. مزایای دیگر این نوع کودها، کاهش سمیت برای گیاهچه ها حتی با مصرف زیاد آنها، حفظ مواد کودی با افزایش کارایی نیتروژن (۲۰-۱۵ درصد کمتر از نیتروژن به کار برده شده در همان میزان) می باشد. هیچ اختلاف مهمی بین کودهای کند رها کننده و کنترل شده رها وجود ندارد.

محاسبه میزان کود:

مقدار کود لازم در سطح مورد نیاز از طریق میزان عنصر غذایی مورد نیاز و نوع درجه بندی کود در دسترس تعیین می شود. معمولاً عناصر کودی در کیسه های ۵۰ کیلوگرمی عرضه می شوند. بنابراین کشاورز باید بدان د میزان عنصر غذایی در یک کیسه ۵۰ کیلوگرمی چقدر است. آسان ترین روش محاسبه میزان عنصر غذایی در یک کیسه ۵۰ کیلوگرمی، اعداد نوشته شده روی کیسه تقسیم بر ۲ می باشد.

مثال: چند کیسه ۵۰ کیلوگرمی سولفات آمونیوم (با ۲۱٪ ازت و ۲۴٪ گوگرد) برای تضمین مقدار ۶۰ کیلوگرم ازت در هکتار لازم است؟ با توجه به توضیح داده شده، ۲۱ تقسیم بر ۲ می شود ۱۰/۵. بنابراین تقریباً ۶ کیسه سولفات آمونیوم لازم داریم تا ۶۰ کیلوگرم ازت در هکتار (کمی بیشتر) به دست آید. به علاوه ۶ کیسه سولفات آمونیوم، مقدار ۷۲ کیلوگرم در هکتار سولفور نیز فراهم می کند.

اگر سطح مزرعه تنها ۵۰۰ مترمربع باشد. مقدار کود لازم بایستی یک بیستم مقداری که برای هکتار است، در نظر گرفته شود یعنی برای ۵۰۰ مترمربع ۱۵ کیلوگرم ($15 = 300 : 20 = 6 \times 50$) کود سولفات آمونیوم و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار لازم است. اگر میزان توصیه کودی یا کود لازم برای مزرعه ۶۰-۶۰-۶۰ باشد، آسان ترین راه برای کشاورز خریدن کودهای چند عنصره با درجه بندی ۱۵-۱۵-۱۵ می باشد. یک کیسه ۵۰ کیلوگرمی شامل $7/5 - 7/5 - 7/5$ خواهد بود. $60 \div 7/5 = 8$. بنابراین ۸ کیسه ۵۰ کیلوگرمی با درجه بندی ۱۵-۱۵-۱۵ برای تولید ۶۰ کیلوگرم $N-P_2O_5-K_2O$ لازم می شود. وقتی میزان توصیه در هکتار ۳۰-۳۰-۶۰ است با ۸ کیسه ۵۰ کیلوگرمی با درجه بندی ۱۵-۱۵-۱۵ میزان فسفر، پتاسیم دو برابر خواهد بود. در این وضعیت تنها ۴ کیسه در هکتار باید استفاده کند و این نصف میزان توصیه نیتروژن و میزان کامل فسفر و پتاسیم است. میزان ۳۰ کیلوگرم باقی مانده نیتروژن را می توان به صورت کودهای نیتروژن خالص و در یک یا دو مرحله به صورت سرک مصرف کود. در حالتی که میزان توصیه ۶۰ کیلوگرم نیتروژن، ۳۰ کیلوگرم P_2O_5 و ۵۰ کیلوگرم K_2O است. در این صورت هیچ نوع درجه بندی در کودهای چند عنصره با نسبت ۲-۱-۱/۷ یا ۱-۱-۱/۷ موجود نباشد در این حالت کشاورز با سه وضعیت روبرو می باشد:

- اول می تواند کودهای قابل دسترس در بازار با درجه بندی چند عنصره را با کودهای خالص ترکیب کند و کودهای نیتروژنه را در چندین تقسیم طبق توصیه مورد مصرف قرار دهد.
 - دوم: می تواند میزان کودهای توصیه شده را در یک دوره تناوب کاشت مصرف کرده به طوری که نیتروژن هر سال دقیقاً در حد میزان توصیه شده برای گیاه (هر محصول) به کار برده شود، ولی باید میزان توصیه شده فسفر و پتاس مستقل از هر نوع گیاه و در طول دوره کاشت فراهم شود. اگرچه P_2O_5 و K_2O که این گونه استفاده می شود. مقدار توصیه لازم برای مجموع همه محصولات داخل تناوب کاشت در آخر و پایان دوره تناوب را فراهم می کند.
 - سومین روش: کشاورزی می تواند از کودهای خالص به طور جداگانه استفاده کند و یا آنکه آنها را با هم مخلوط نموده و میزان توصیه لازم را به دست آورد. میزان توصیه ۵۰-۳۰-۶۰ را می توان از مخلوط کودهای سولفات آمونیوم (۲۱٪ نیتروژن، در جایی که گوگرد نیز ضروری است) و یا از مخلوط اوره (۴۵٪ نیتروژن) و سوپر فسفات تریپل با ۴۶٪ P_2O_5 و یا دی-آمونیم فسفات (۱۸٪ ازت و ۴۶٪ P_2O_5) و مورات پتاسیم ۶۰٪ K_2O به دست آورد.
- روش محاسبه مقدار کودهای مخلوط مورد نیاز با درجه بندی ۵۹-۳۰-۶۰ از کودهای خالص:

$$133 = (60 \times 100) / 45 = \text{اوره}$$

$$65 = (30 \times 100) / 46 = \text{سوپر فسفات تریپل}$$

$$83 = (50 \times 100) / 60 = \text{مورات پتاسیم}$$

بعد از محاسبه و مخلوط کردن کودهای فوق بهتر است بلافاصله در مزرعه پخش شوند. وقتی سولفات آمونیوم به جای

اوره استفاده می شود کشاورز مقدار کود مورد نیاز از فرمول زیر به دست می آورد:

$$= 286 = (60 \times 100) / 21 = \text{سولفات آمونیوم}$$

که در این حالت ۶۸ کیلوگرم گوگرد نیز دارد.

اگر دی آمونیوم فسفات به جای سوپر فسفات تریپل استفاده شود روش محاسبه به صورت زیر می باشد:

$$= 65 = (30 \times 100) / 46 = \text{دی آمونیوم فسفات}$$

که در این صورت ۱۲ کیلوگرم نیتروژن نیز فراهم می گردد. باقی مانده ۴۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را می تواند با مخلوط کردن و یا مستقیماً به شکل کود خالص نیتروژن مصرف نماید.

اگرچه تمام کودها نمی تواند با همدیگر مخلوط شوند کودهایی را که بایستی با یکدیگر مخلوط نمود که هم از نظر شیمیایی و

هم از نظر فیزیکی سازگار باشند. آنها بایستی به منظور اجتناب از این که در مخلوط شدن باعث افزایش جذب رطوبت و

هدروری آمونیاک به صورت گاز می شود، سازگاری شیمیایی داشته باشند.

وقتی که کودهای حاوی آمونیوم با سنگ فسفات یا آهک مخلوط می شود هدروری آمونیاک به صورت تبخیر رخ می دهد.

کودهای فسفات های قابل حل در آب (سوپر فسفات تریپل، آمونیوم، نیترو فسفات) بایستی با کودهای حاوی کلسیم مثل نترات

کلسیم مخلوط شوند. زیرا کلسیم باعث تغییر شکل فسفات از حالت قابل حل به شکل غیر قابل حل در آب می گردد.

از مخلوط کودهای اوره و سوپر فسفات و یا فسفات آمونیوم و سوپر فسفات باید اجتناب شود. به منظور جلوگیری از افزایش

جذب سطحی رطوبت به عنوان یک قاعده کلی بهتر است بلافاصله بعد از مخلوط کردن کودها آن را در زمین پخش شوند.

کودهایی که مخلوط می شوند بهتر است سازگاری فیزیکی هم داشته باشند یعنی آنها از نظر اندازه، دامنه یکسان داشته باشند و

همچنین اگر امکان دارد به منظور جلوگیری از جدا شدن و تفرق دانه های کود در حین حمل کردن یا انبارداری یا در حین پخش

روی زمین از نظر دانسیته (واحد وزن در واحد حجم) یکسان باشند. این امر به خصوص وقتی که کودها با استفاده از دس تگاه

سانتریفوژ و یا حتی وقتی با دست پخش در سطح زمین می شوند اهمیت پیدا می کند.

چگونه کودها را به کار برده و مصرف نمایم؟

روش مصرف کودها (کودهای آلی یا معدنی) از مباحث های مهم در مدیریت کشاورزی خوب می باشد. مقدار و زمان ج ذب

عناصر غذایی بستگی به فاکتورهای مختلفی نظیر اریته های گیاهی، تاریخ کاشت، تناوب کاشت، خاک و شرایط آب و هوایی

دارد. در مدیریت خوب کشاورزی، کشاورز زمان و مقدار کود را به روشی انتخاب می کند تا حداکثر عناصر غذایی توسط گیاه

استفاده شوند. لذا به منظور کارایی استفاده مطلوب کود توسط گیاه و حداقل آلودگی محیطی کشاورز باید عناصر غذایی را

نزدیک به زمانی که نیاز مبرم گیاه می باشد، استفاده کند. این عمل به خصوص برای عناصر غذایی نظیر نیتروژن که متحرک

بوده و به راحتی شسته می شوند ضروری است. در حالی که به هنگام مصرف اوره و دی آمونیوم فسفات این احتمال وجود

دارد که آمونیاک آن تصعید شده و به هوا رود. لذا اگر بلافاصله بعد از آن بارندگی نباشد، یا آبیاری انجام نشود هر دو نوع این

کودها بایستی بلافاصله با خاک مخلوط شوند. این عمل به خصوص در خاک های قلیایی یا آهکی مهم است. جهت استفاده از

عناصر غذایی اولیه و ثانویه در مناطقی که بارندگی های شدیدی وجود دارد به منظور جلوگیری از هدروری آنها از طریق

فرسایش و رواناب سطحی، باید بعد از مصرف با خاک مخلوط شوند.

اگر کود با دست به زمین پخش می شود باید دقت زیادی شده البته صورت یکنواخت و به مقدار مساوی توزیع شود. به

هنگام استفاده از تجهیزات و ادوات کوددهی و منظور پخش یکنواخت و میزان صحیح کود، باید دقیقاً تنظیم گردند.

کود دهی به روش پخش

پخش کود در سطح مزرعه ، اغلب برای گیاهانی که به صورت متراکم نه به صورت ردیفی کشت می شوند (مانند غلات) به کار می رود. در این روش ، معمولا به منظور افزایش اثرات کودها یا به منظور اجتناب از هدرروی نیتروژن (اوره و دی آمونیوم فسفات) ، بعد از پخش آنها رابا خاک مخلوط می نمایند(مثل کودهای فسفات) .

کود دهی به روش ردیفی یا نواری

به هنگام استفاده از این روش در کود دهی (قراردادن کودها در مکان انتخاب شده در مزرعه) غلظت کود در قسمت های ویژه ای از خاک در طول دوره کاشت ، زیاد خواهد بود. ممکن است کود به صورت خطی یا نواری در زیر سطح خاک یا کنار و پایین دانه گیاه افزوده شود. این روش ممکن است با استفاده از دست یا ادوات کوددهی مخصوص انجام شود. این روش در موارد ذل مورد استفاده قرار می گیرد:

- برای گیاهانی که به صورت ردیفی کاشت شده و فاصله زیادی بین ردیف ها وجود دارد (مثل ذرت، پنبه و نیشکر) .
 - در خاک هایی که شدت تثبیت فسفات و پتاسیم زیادی دارند .
 - در جایی که مؤادی نسبتا کمی از کودها به خاک های با حاصلخیزی پایین داده می شود.
- در این روش به منظور جلوگیری از سمیت (خسارت نمک به گیاهچه، سوختگی ریشه ها) باید مراقبت زیادی صورت گیرد تا کودها در تماس نزدیک دانه یا گیاهچه در حال جوانه زدن قرار نگیرند .

کود سرک

اساسا پخش کود برای گیاهان دانه درشت و ریز و گیاهان علوفه ای که سرپا بوده ، به کار می رود. سرک روشی معمول برای جاهائی که نیاز به نیتروژن اضافه در خاک و گیاه بوده ، می باشد . استفاده از کودهای ضروری نیتروژن (یکجا و در زمان کاشت) موجب هدرردی آن از طریق شستشو می شود . یا ممکن است گیاه نیاز خاصی به نیتروژن در یک مرحله ضروری از رشد خود داشته باشد.

استفاده از روش سرک دادن برای کود پتاسیم که مانند نیتروژن نمی تواند در خاک جابجا شود ، ممکن است برای خاک های سبک و شنی قابل توصیه باشد. فسفر به سختی در خاک تحرک دارد، بنابراین معمولا در زمان کاشت استفاده می شود.

برگپاشی (محلول پاشی شاخ و برگ)

محلول پاشی، موثرترین روش برای کودهای کم مصرف (در شرایطی که گیاه کمبود شدید داشته و تحت تنش عناصر نیتروژن و NPK قرار دارد) می باشد. در این روش به مقدار کمی کود نیاز بوده و یا ممکن است در صورت مصرف آن در خاک ، غیر قابل استفاده گیاه واقع شود . لذا برای حداقل کردن احتمال سوختگی برگ، غلظت توصیه شده از آن را بایستی ترجیحا در شرایط ابری و یا صبح خیلی زود یا به هنگام غروب آفتاب (اجتناب از ایجاد شرایطی که قطرات کودبلافاصله روی برگ خشک گردد) استفاده شوند.