

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

عناصر غذایی گیاهان زراعی

مؤلفین:

مهندس ولی اله وثوقی

مهندس فرامرز شعبانی

انتشارات آذربرزین

تابستان ۱۳۹۹

عناصر غذایی گیاهان زراعی

مولفین:

مهندس ولی اله وثوقی

مهندس فرامرز شعبانی

ناشر: انتشارات آذربرزین

تیراژ: ۳۰۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول

سال انتشار: تابستان ۱۳۹۹

چاپ و صحافی: اندیشه برتر

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۶۸۰-۷۷-۴

قیمت: ۶۵۰۰۰ تومان

نشانی مرکز پخش: تهران، خیابان میرزای شیرازی، خیابان عرفان، پلاک ۲

کلیه حقوق برای مولفین محفوظ می باشد

فهرست

- پیش گفتار ۶
- مقدمه ۹
- عناصر غذایی گیاهان زراعی ۱۱
- علائم عمومی کمبود عناصر غذایی در محصولات زراعی ۱۸
- شکل قابل جذب عناصر غذایی توسط گیاه ۲۱
- قوانین تغذیه گیاهی ۲۴
- منبع انرژی برای جذب عناصر غذایی ۲۴
- مواد آلی خاک ۲۸
- اسید هیومیک HUMIC ACID ۲۹
- نسبت کربن به ازت (C/N) ۳۱
- کودهای گیاهی ۳۳
- الف: کود سبز GREEN MANURE ۳۳
- کمپوست ۳۸
- زیان های سوزاندن بقایای گیاهی ۴۲
- کودهای بیولوژیک یا زیستی ۴۴
- کرم های خاکی تولید کننده ورمی کمپوست ۵۰
- زمان و روشهای مصرف کودهای شیمیایی در محصولات زراعی ۵۱
- ۱- کوددهی به روش تزریقی : ۵۳
- ۲- پاشیدن کود در سطح خاک یا کوددهی سطحی: ۵۴

- ۳- روش جایگذاری عمقی یا نواری ۵۴
- ۴- روش آبکود ۵۸
- ۵- محلول پاشی یا تغذیه برگ گیاهان ۶۴
- عوامل مؤثر در جذب مواد غذایی از طریق برگ ۶۸
- نفوذ عناصر غذایی در برگ ۷۰
- آبشویی عناصر از برگ ۷۰
- گیاه سوزی در اثر محلول پاشی ۷۱
- مقایسه جذب عناصر از طریق محلول پاشی و سطح ریشه ۷۳
- نکاتی در کاربرد عناصر و کاربری محلول پاشی ۷۵
- ضرورت محلول پاشی کلسیم ۷۷
- محلول پاشی عناصر غذایی به ویژه ریزمغذی‌ها با استفاده از هواپیما ۸۰
- ازت (N) NITROGEN ۸۱
- پتاسیم (K) POTASSIUM ۹۷
- فسفر (P) PHOSPHOR ۱۰۴
- گوگرد (S) SULFUR ۱۱۴
- عنصر روی (Zn) ZINC ۱۲۴
- منیزیم (Mg) MAGNESIUM ۱۳۰
- کلسیم (Ca) CALCIUM ۱۳۶
- عنصر آهن (Fe) FERRUM (به انگلیسی IRON) ۱۴۲
- عنصر بور (B) BORON ۱۴۸

۱۵۴	عنصر منگنز (MN) MANGANESE
۱۵۹	عنصر مس (CU) COPPER
۱۶۴	عنصر مولیبدن (MO) MOLYBDENUM
۱۶۹	عنصر سیلیسیم (SI) SILICON
۱۷۴	عنصر سلنیوم (S) SELENIUM
۱۷۸	عنصر سدیم (NA) SODIUM
۱۷۹	عنصر کلر (CL) CHLORINE
۱۸۱	عنصر کبالت (CO) COBALT
۱۸۳	عنصر نیکل (NI) NICKEL
۱۸۵	عنصر کروم (CR) CHROMIUM
۱۸۶	عنصر آرسنیک (AS) ARSENIC
۱۸۷	عنصر کادمیم (CD) CADMIUM
۱۸۹	تعاریف و کلید واژه ها
۲۲۰	منابع :

پیش گفتار

هدف از تألیف این کتاب این بوده است که با مطالعه و بهره گیری از منابع علمی و تحقیقاتی کشورمان که امکان دسترسی به آن ها وجود داشت، مجموعه ای از مطالبی که در رابطه با روابط آب ، خاک، گیاه و عناصر غذایی گیاه، در این منابع ارائه شده بودند، به اجمال فراهم آورده و در اختیار کارشناسان و تولیدکنندگان محصولات گیاهی قرار داده شود، باشد که این کتاب نیز بتواند عاملی برای افزایش اطلاعات علمی و کاربردی علاقمندان به تولیدات گیاهی گردیده و با شناخت هر چه بیشتر روابط پیچیده بین آب، خاک ، گیاه و عناصر غذایی و تأثیر این روابط در کارایی و باز یافت عناصر غذایی، بیش از پیش شاهد افزایش تولیدات گیاهی در واحد سطح در کشورمان باشیم.

در تألیف این کتاب سعی گردید که از ارائه مباحث علمی سنگین و پیچیده و برخی موضوعات ذریبط که از لحاظ آگاهی بخشی و کاربردی نمی توانست برای خوانندگان گرامی خیلی قابل استفاده باشد، امتناع گردید تا به این ترتیب باز خوانی مطالب نیز ممکن گردد. آب ، خاک و موجودات زنده فعال در خاک از عوامل اصلی در به موجود آمدن و تولید یک گیاه می باشند.

آب تنها عاملی است که با تأثیر گذاری بر فرآیندهای فیزیولوژیکی داخل گیاه، بر روی رشد گیاه اثر می گذارد یعنی اینکه بیشتر فرآیندهای صورت گرفته در گیاه بویژه فعالیت های متابولیکی (سوخت و ساز) سلول های گیاه، بوجود و مقدار آب بستگی دارد.

خاک بعنوان محل ذخیره آب، محیطی برای رشد، منبع ذخیره مواد غذایی و نیز مکانی است که در آن گیاه تثبیت می شود. همچنین خاک حاوی تعداد زیادی موجودات ذره بینی فعال و موجودات بزرگتر مثل کرم های خاکی که بر روی خواص شیمیایی و فیزیکی خاک و نیز رشد ریشه اثرات مهمی دارند، می باشد.

اساساً خاک سیستم پیچیده ای است که از نسبت‌های متفاوت چهار جزء اصلی درست شده است. که عبارت اند از: ذرات سنگ یا کانی ها، مواد آلی غیر زنده جامد، محلول خاک و هوا که فضای بین ذرات خاک را اشغال میکنند.

مهمترین قسمت خاک را، از نظر حجمی، ذرات و مواد معدنی آن تشکیل می‌دهند و این مواد ممکن است بواسطه هوا دیدگی ذرات صخره ها، در محل تشکیل شده باشند و یا اینکه آب و یا باد آن‌ها را در محل رسوب داده باشند. جزء جامد خاک طبیعت ذره ای بودن دارد و بر عکس آن، منافذ خاک که حالت پیوسته بودن داشته و معمولاً ۳۰ تا ۶۰ درصد حجم کل خاک را شامل می‌شود. این منافذ ممکن است کاملاً پر از آب باشد مانند خاک‌های اشباع و یا قسمت اعظم آن از هوا پر شده باشد مانند خاک‌های خشک. در خاک‌های زراعی، مقدار آب در حد ظرفیت زراعی یا مزرعه (Field capacity) بوده و بین ۴۰ تا ۶۰ درصد حجم منافذ خاک را پر می‌کند (ظرفیت زراعی یا ظرفیت مزرعه یعنی مقدار رطوبت قابل نگهداری توسط خاک بواسطه نیروی چسبندگی بین آب و خاک).

موجودات زنده خاک به خصوص آنهايي که در منطقه نفوذ ریشه (ریزوسفر Rhizosphere) و در لایه‌های سطحی و مجاور ریشه وجود دارند، در پوساندن مواد آلی و آزاد ساختن ازت و عناصر غذایی معدنی که جذب گیاه می‌شوند، نقش مهمی ایفا می‌کنند. مواد آلی خاک از پوسیدن بقایای گیاهی و دیگر اجسام موجود در خاک به دست می‌آید و در چسباندن ذرات خاک به هم دیگر که منجر به اصلاح خاک می‌شود، نقش مهم دارند. جانداران کوچک مثل کرم ها، حشرات و مهره‌داران حفار در روابط آب و خاک به خصوص در نفوذ پذیری و توزیع آب در خاک نقش دارند. اساساً خصوصیات فیزیکی خاک به توزیع ذرات کانی آن برحسب اندازه (بافت خاک)، نحوه قرار گرفتن این ذرات نسبت به هم، یون‌های قابل تبادل جذب شده روی ذرات خاک، مقدار مواد آلی و نوع رس بستگی دارد. رس قسمت اعظم سطح داخلی خاک را تشکیل می‌دهد و کنترل کننده خواص مهم خاک می‌باشد.

از جمله اجزای زنده خاک ریشه است، ریشه چهار وظیفه مهم را بر عهده دارد شامل: جذب، لنگر گیاه، ساخت ترکیبات آلی گوناگون و ذخیره آن در گیاهان خاک زی، جذب آب و کلیه مواد غذایی عمدتاً از طریق ریشه صورت می‌گیرد.

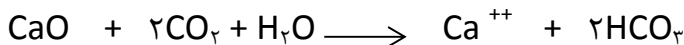
نقش ریشه به عنوان لنگر در انواع مختلف گیاهان، بسته به عمود بودن آنها است. در مورد ایستادگی در مقابل باد، این مقاومت به مقدار، عمق و استقامت مکانیکی ریشه‌ها بستگی دارد. مقاومت مکانیکی در نتیجه وجود ریشه‌های زبر، در گیاه به وجود آمده و باعث حداقل صدمه در برابر بروز یخ بندان می‌گردد. به امید اینکه این تلاش هرچند کوچک، موجب ارتقای علمی علاقمندان به بخش کشاورزی به ویژه کاربران عزیز و کارشناسان گرانقدر در زمینه تغذیه گیاهان زراعی شده باشد.

مؤلفین

دی ماه ۱۳۹۸

مقدمه

بکارگیری کودهای شیمیایی در بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش بازده محصولات کشاورزی امری ضروری و شناخته شده می‌باشد. با این حال و در این ارتباط منطقی ترین روش تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، تأمین آن مقدار از نیاز ریشه گیاهان است که حاصلخیزی خاک و به عبارتی خود خاک قادر به تأمین آن نمی‌باشد، بعلاوه هر مقداری که از ذخیره این عناصر در خاک از طریق عملیات زراعی برداشته می‌شود، باید توسط کودها جایگزین شود. هرگونه عواملی که مانع بهره‌وری کامل از پتانسیل خاک شود، می‌بایست با بکارگیری تمهیداتی آن را به حداقل رساند. خاکهای ایران عمدتاً آهکی (درصد کربنات کلسیم معادل بیش از ۱۰ درصد)، دارای pH بالا (۷/۸ تا ۸/۲) و مواد آلی کم (کمتر از یک درصد) می‌باشد، بدیهی است تحت این وضعیت و با بالا بودن PH، حلالیت عناصر غذایی به ویژه عناصر کم مصرف به شدت کاهش پیدا می‌کند. عامل دیگری که موجب کمبود عناصر کم مصرف در گیاه می‌شود، وجود بی کربنات در آب آبیاری و زیادی آن در محلول خاک است. آبیاری سنگین، فشردگی خاک، کمی درصد مواد آلی و یا هر اقدامی که تهویه خاک آن را کاهش دهد، منجر به افزایش غلظت دی اکسید کربن (CO₂) در خاک شده و در حضور آهک (CaO) تولید بی کربنات می‌نماید.



بی کربنات تولید شده، از کاهش pH در اطراف ریشه تا حدی جلوگیری می‌کند و در نتیجه از حلالیت بیشتر ترکیبات محتوی عناصر کم مصرف و قابلیت جذب آنها کاسته می‌شود.

چگونگی مصرف کود مدت زیادی است که از سوی کارشناسان خاکشناسی و تغذیه گیاهی مطرح شده است و در این ارتباط فرمول های کودی مناسب هر منطقه ارائه نیز گردیده است تا براساس آن علاوه بر افزایش تولید و ارتقاء کیفیت محصولات کشاورزی و ضمن آلوده نکردن محیط زیست و مخصوصاً آبهای زیرزمینی، سلامت و بهداشت انسان و دام نیز تأمین گردد. با بهره گیری از روشهای

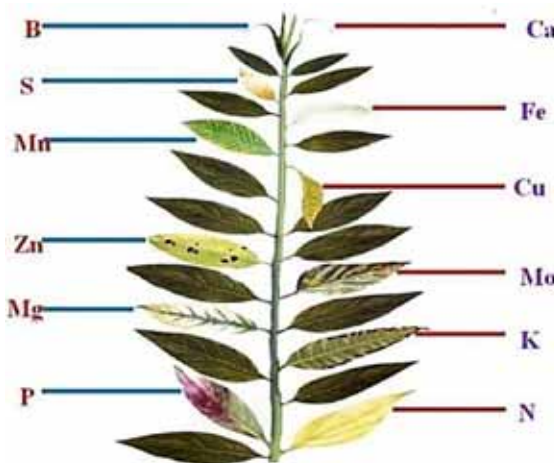
نوین کوددهی، ضمن مصرف بهینه کود صرفه جویی قابل توجهی در مصرف کود و آب (افزایش کارایی کود و آب) نیز بعمل می‌آید.

افزون بر عوامل فوق الذکر متاسفانه مصرف بی رویه و نامتعادل عناصر غذایی (کودهای شیمیایی آنها) و اثر عمل بر هم کنش یا اثر متقابل (Interaction) منفی آن‌ها در رقابت برای جذب شدن، اختلالاتی در فیزیولوژی و طی فرایند طبیعی رشد و حیات گیاه به وجود آورده که نهایتاً دستیابی به عملکرد مطلوب و تولید محصولات با کیفیت، ناممکن می‌گردد.

عناصر غذایی گیاهان زراعی

از آن زمان که ارزش عناصر معدنی به عنوان یکی از اهرم‌های افزایش تولید محصولات کشاورزی (اواخر قرن هجدهم) مشخص شد، علم تغذیه گیاهی واجد اهمیت فراوان گردید و از آن پس دانشمندان سعی نمودند با انجام آزمایش‌های کودی، راههایی برای کسب محصول بیشتر پیدا کنند.

آب در گیاهان سبزی، با اکتساب ۹۰-۸۰ درصد از وزن کل، بیشترین سهم را بخود اختصاص می‌دهد اکسیژن و کربن هرکدام بیش از ۴۰ درصد وزن ماده خشک را تشکیل می‌دهند و سایر عناصر غذایی که از طریق کوددهی در اختیار گیاهان قرار می‌گیرند فقط درصد کوچکی را به خود اختصاص می‌دهند و مقدار هر یک از عناصر، تحت تاثیر نوع گیاه، محل رویش و روش کوددهی قرار دارد.



عناصر معدنی گیاهان

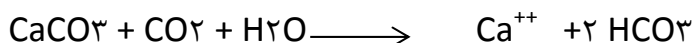
از تحقیقات انجام شده معلوم شده است که ۱۶ عنصر غذایی که منشأ معدنی دارند، برای رشد و نمو مطلوب گیاهان ضروری است و ۱۳ عنصر از ۱۶ عنصر به مقدار کمی از وزن ماده خشک گیاهان را تشکیل می‌دهند ولی هر کدام از این عناصر وظایفی را در انجام فعالیت‌های حیاتی گیاه و تعادل بین رشد رویشی و زایشی برعهده دارند و عدم وجود، کمبود و بیشبود هر یک از این عناصر در خاک، اختلالاتی را در زندگی گیاه به وجود خواهند آورد که روی رشد و نمو گیاه و در

نهایت روی کمیت و کیفیت محصول تاثیر به سزایی خواهد داشت. معمولاً کمبودهای عناصر غذایی در گیاهان به صورت علائم مختلف قابل مشاهده، معلوم می‌شود از قبیل تغییر رنگ، سوختگی، توقف رشد جوانه های انتهایی، تفاوت در عملکرد، زودرسی، دیررسی، نارسایی در رشد، کاهش توسعه ریشه، تغییر شکل میوه ها و کاهش خاصیت انبارداری.

باید توجه داشت که نشانه های کمبود عناصر غذایی در گیاهان گاهی مشابه نشانه های عوامل دیگری مانند تغییرات دما، اثرات سموم، فعالیت حشرات، باد و دیگر عوامل طبیعی می‌باشد. به همین جهت تشخیص کمبود عناصر غذایی از روی علائم ظاهری باید توسط کارشناسان با تجربه انجام شود. همچنین نشانه های کمبود ممکن است ناشی از کمبود های غیرعنصری باشد و معمولاً به علت ایجاد شرایط خاص در محیط کشت و ناتوانایی ریشه‌ها در جذب عناصر به وجود می‌آید مانند عدم جذب پتاسیم در اثر سرد بودن خاک و یا غرقابی بودن خاک که باعث عدم جذب آهن، مس و کلسیم می‌گردد. در خاکهای خیلی اسیدی عناصر روی و منگنز و در خاک های خیلی قلیایی آهن، منیزیم و بور جذب نمی‌شود و دیگر، اثر متقابل منفی عناصر نسبت به هم است که در این حالت حضور یک عنصر باعث عدم جذب عنصر دیگر می‌شود مثلاً حضور پتاسیم بیش از حد باعث کاهش جذب منیزیم می‌شود یا حضور بیش از حد ازت باعث رشد سبزینه ای گیاه شده و تعادل مصرف برخی عناصر مورد نیاز گیاه را به هم می‌زند.

شستشوی خاک در اثر آبیاری پی در پی، بارندگی زیاد به خصوص در خاک های سبک، باعث کمبود عناصر ازت و منیزیم می‌شود. در شرایط اسیدی بودن خاک عناصر آهن و کلسیم در معرض شستشو قرار می‌گیرند.

در خاک های فشرده به علت عدم تبادلات گازی، دی اکسیدکربن در خاک محبوس و با کربنات خاک تشکیل بیکربنات داده و باعث رسوب کلسیم می‌شود و شرایط قلیایی در خاک ایجاد می‌کند که منجر به کمبود برخی عناصر در خاک می‌گردد.



مصرف کودهای حیوانی نپوسیده باعث کمبود ازت به دلیل مصرف ازت برای پوساندن، می‌گردد و همچنین با افزایش مقدار بعضی از عناصر در خاک سبب عدم جذب برخی دیگر از عناصر موجود در خاک می‌شود. استفاده از کودهای شیمیایی پر مصرف و عدم مصرف کودهای کم مصرف، منجر به کمبود آنها در خاک شده و لذا مدیریت صحیح در استفاده از کودها بسیار ضروری و حائز اهمیت می‌باشد. محل ظهور علائم کمبود عناصر غذایی در گیاهان به میزان تحرک عناصر غذایی در گیاهان بستگی دارد لذا عناصر را بر اساس جابجایی در گیاه به دو دسته تقسیم می‌کنند.

۱- **عناصر متحرک یا پویا:** عناصر متحرک عناصری هستند که قادرند در آوند چوبی به طرف بالا و در آوند آبکش به طرف اندامهای مختلف حرکت نمایند علائم کمبود این عناصر ابتدا در برگهای پیر (پایین) اتفاق می‌افتد چون این عناصر می‌توانند در شرایط کمبود از برگهای پیر به سوی برگهای جوان یا بالایی حرکت کنند. این عناصر عبارتند از: ازت، پتاسیم، فسفر، منیزیم و مولیبدن

۲- **عناصر غیر متحرک یا ایستا یا ساکن:** عناصر غیر پویا عناصری هستند که در داخل گیاه دارای حرکت نیستند. که علائم کمبود این عناصر ابتدا در برگهای بالایی یا جوان اتفاق می‌افتد، چون این عناصر در شرایط کمبود نمی‌توانند از برگهای پیر به طرف برگهای جوان حرکت کنند. این عناصر عبارتند از: کلسیم، بور، منگنز، روی، مس، آهن و گوگرد

هر یک از این عناصر به یک اندازه برای رشد و نمو گیاه مناسب می‌باشند، و در عین حال مقدار مورد نیاز گیاهان به آنها بسیار متفاوت می‌باشد. این تفاوت در مقدار مورد نیاز گیاهان به عناصر، آنها را به دو گروه تقسیم بندی می‌کند.

۱- عناصر پر مصرف یا ماکرو المنت ها یا عناصر اولیه:

عناصر پرمصرف شامل: نیتروژن N، فسفر P، پتاسیم K، منیزیم Mg، کلسیم Ca، گوگرد S و روی Zn می باشد و بیشترین عناصر مورد نیاز، در تغذیه محصولات کشاورزی می باشند.

۲- عناصر کم مصرف یا میکرو المنت ها یا عناصر ثانویه :

این عناصر شامل آهن Fe، منگنز Mn، مس Cu، مولیبدن Mo، کلر Cl، بور B و نیکل Ni بوده و علی رغم مصرف کم، برای تولید محصولات سود آور، بسیار حائز اهمیت می باشند.

نقش عناصر غذایی در گیاهان

تمامی موجودات زنده از جمله گیاهان برای رشد و نمو، نیاز به غذا دارند. خاک تامین کننده تقریباً تمامی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، می باشد. به جز کربن، اکسیژن و هیدروژن که عمدتاً از طریق آب و هوا تامین می گردند، منبع اصلی بقیه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، محلول خاک می باشد. در خاک تقریباً تمام عناصر غذایی که در جدول تناوبی وجود دارد، موجود می باشد. بخش اعظم این عناصر نیز در گیاه قابل اندازه گیری هستند اما گیاه برای جذب این عناصر حالت انتخاب ندارد و بدون در نظر گرفتن مفید یا مضر بودن، آنها را جذب می کند. تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کیفی و کمی محصول به شمار می آید. در تغذیه صحیح گیاه نه تنها باید هر عنصر به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار گیرد، بلکه رعایت نسبت تعادل، میان میزان عناصر مصرفی، از اهمیت ویژه ای برخوردار است، زیرا در صورت عدم رعایت نسبت تعادل تغذیه ای، با افزودن نسنجیده تعدادی از عناصر غذایی، نه تنها افزایش عملکرد رخ نمی دهد، بلکه اختلالاتی نیز در رشد گیاه ایجاد شده و در نهایت افت محصول بوجود خواهد آمد. از آنجائی که این فاکتور براحتی توسط زارعین یا باغداران قابل کنترل است، بنابراین شناخت این عناصر نقش بسزائی در مدیریت مزرعه یا باغ خواهد داشت.

عناصر غذایی قابل جذب گیاه به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱- عناصر مضر یا غیر ضروری برای گیاه
- ۲- عناصر مفید برای گیاه
- ۳- عناصر لازم یا ضروری برای گیاه

عناصر مضر: عناصری هستند که برای رشد و نمو گیاه زیان آور هستند و حتی در برخی موارد غلظت‌های کم این عناصر هم می‌تواند موجب کاهش قابل توجه رشد گیاه و عملکرد گردد. از جمله این عناصر می‌توان به سرب، کادمیم و جیوه اشاره کرد.

عناصر مفید: عناصری هستند که چنانچه در خاک به مقدار کافی موجود باشند، سبب بهبود رشد گیاه و یا گیاهان خاصی می‌شوند به عنوان مثال سدیم برای چغندر قند؛ سیلیس برای برنج و جو و نیشکر، کبالت برای تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ریزوبیوم‌ها مفید می‌باشد.

عناصر لازم: عناصری هستند که برای تکمیل حیات گیاه و تولید محصول لازم و ضروری است و برای این عناصر سه مشخصه تعیین شده است. این سه مشخصه عبارت است از:

- ۱- گیاه بدون آن عنصر قادر به تکمیل چرخه حیات خود نیست.
- ۲- وظیفه آن عنصر توسط عنصر دیگری قابل انجام و جایگزین نیست.
- ۳- عنصر مستقیماً در متابولیسم و تغذیه گیاه نقش دارد.

بر اساس مشخصه‌های فوق تا کنون ۱۶ عنصر (در بعضی منابع ۱۷ عنصر) برای رشد و نمو گیاهان ضروری تشخیص داده شده است. که عبارتند از: کربن، اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، منگنز، روی، مس، بر، مولیبدن، کلر و نیکل. سه عنصر اول یعنی کربن، اکسیژن و هیدروژن قسمت اعظم ماده خشک گیاهی (۶۰ تا ۹۰ درصد) را تشکیل می‌دهند و کمبود آنها به جز در صورت کمبود آب، دیده نمی‌شود. این سه عنصر عمدتاً از طریق آب و هوا تامین می‌شوند. سه عنصر فوق همراه با شش عنصر نیتروژن،

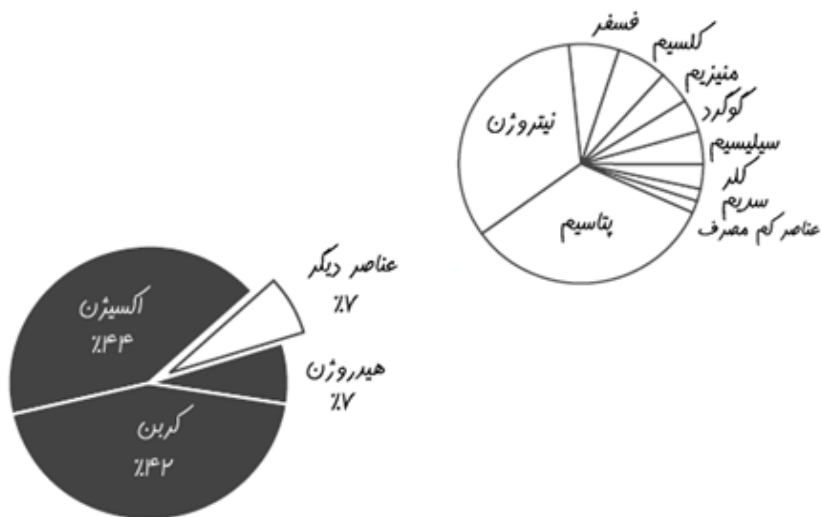
فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد عناصر غذایی ماکرو یا پر مصرف یا پر نیاز برای گیاهان به شمار می‌روند. و هشت عنصر دیگر یعنی آهن، منگنز، روی، مس، بر، مولیبدن، کلرو نیکل عناصر غذایی میکرو یا کم مصرف یا کم نیاز یا ریز مغذی هستند. در بعضی منابع عناصر کبالت، سیلیس، آلومنیوم، سلنیم و کادمیم را نیز جزء عناصر کم مصرف و مؤثر در حیات گیاه قلمداد می‌کنند. گیاهان همانگونه که بدون عناصر پر مصرف قادر به ادامه حیات نیستند، بدون استفاده از عناصر غذایی کم مصرف نیز قادر به ادامه حیات نخواهند بود. تفاوت عمده‌ای که این عناصر با عناصر پرمصرف دارند این است که این عناصر در مقایسه با عناصر پر مصرف به مقدار کمتری مورد نیاز گیاهان هستند. عبارت دیگر تفاوت این دو دسته در مقدار نیاز گیاهان به آنها است و ریز مغذی‌ها علی‌رغم نیاز کم، جایگاه ویژه‌ای در تولیدات کشاورزی دارند.

از زمان کشف ضروری بودن این عناصر کم مصرف تا کنون، تحقیقات زیادی بر روی هر یک از این عناصر انجام شده است اما در سال‌های اخیر توجه روز افزونی به نقش این عناصر در تولیدات کشاورزی، معطوف شده است. دلایل زیادی برای این امر مطرح شده است که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

- ۱- پیشرفت در روش‌های آزمون خاک و تجزیه بافت گیاهی برای تشخیص کمبود آنها
- ۲- وجود آمار و اطلاعات زیاد در مورد عکس العمل نباتات زراعی و باغی به مصرف این عناصر
- ۳- نقش عناصر کم مصرف در کنترل و جلوگیری از خسارت آفات و بیماری‌های گیاهی
- ۴- نیاز به عناصر کم مصرف برای تولید عملکرد بالا
- ۵- کمبود روز افزون این عناصر در تغذیه انسانی و بروز عوارض آنها در جوامع بشری

علی‌رغم اثبات اهمیت عناصر کم مصرف در تولیدات کشاورزی، متأسفانه در کشور ما به نقش این عناصر توجه کافی صورت نمی‌گیرد. به طوری که مصرف

کودهای حاوی این عناصر در کشور بسیار کم است و به ازاء مصرف هر یک تن از عناصر غذایی NPK و گوگرد، حدود دو کیلوگرم عناصر کم مصرف، استفاده می شود و این در شرایطی است که در خاکهای آهکی، مانند اکثریت خاکهای ایران، در مقایسه با خاکهای اسیدی، کمبود این عناصر بیشتر مطرح است. متأسفانه توجه به مصرف این عناصر نیز همانند کودهای آلی و کودهای پتاسیمی بطور جدی صورت نمی‌گیرد. گواه این مطلب فرمول کودی کشور در چند سال گذشته می‌باشد. در فرمول کودی کشور در سال ۱۳۷۰ به ترتیب نسبت: نیتروژن ۱۰۰ (N)؛ فسفر ۱۱۱ (P₂O₅)؛ پتاسیم ۳ (K₂O)؛ گوگرد ۳ (S) و ریزمغذیها صفر درصد در سال ۱۳۷۵ به ترتیب ۱۰۰؛ ۵۵؛ ۵۸؛ ۵؛ ۵ و صفر در صد در سال ۱۳۸۰ به ترتیب ۱۰۰؛ ۵۵؛ ۲۲؛ ۱۰ و ۱ در صد بوده و طی سال های بعد و تاکنون تغییر قابل ملاحظه ای صورت نگرفته است و به نظر کارشناسان این فرمول بایستی به نسبت‌های، ۱۰۰؛ ۵۰؛ ۴۰؛ ۵۰ و ۴ در صد ارتقا یابد تا به این ترتیب شرایط برای تولید محصولات با کمیت و کیفیت مطلوب فراهم گردد.



نسبت عناصر غذایی در ساختار گیاه

علائم عمومی کمبود عناصر غذایی در محصولات زراعی

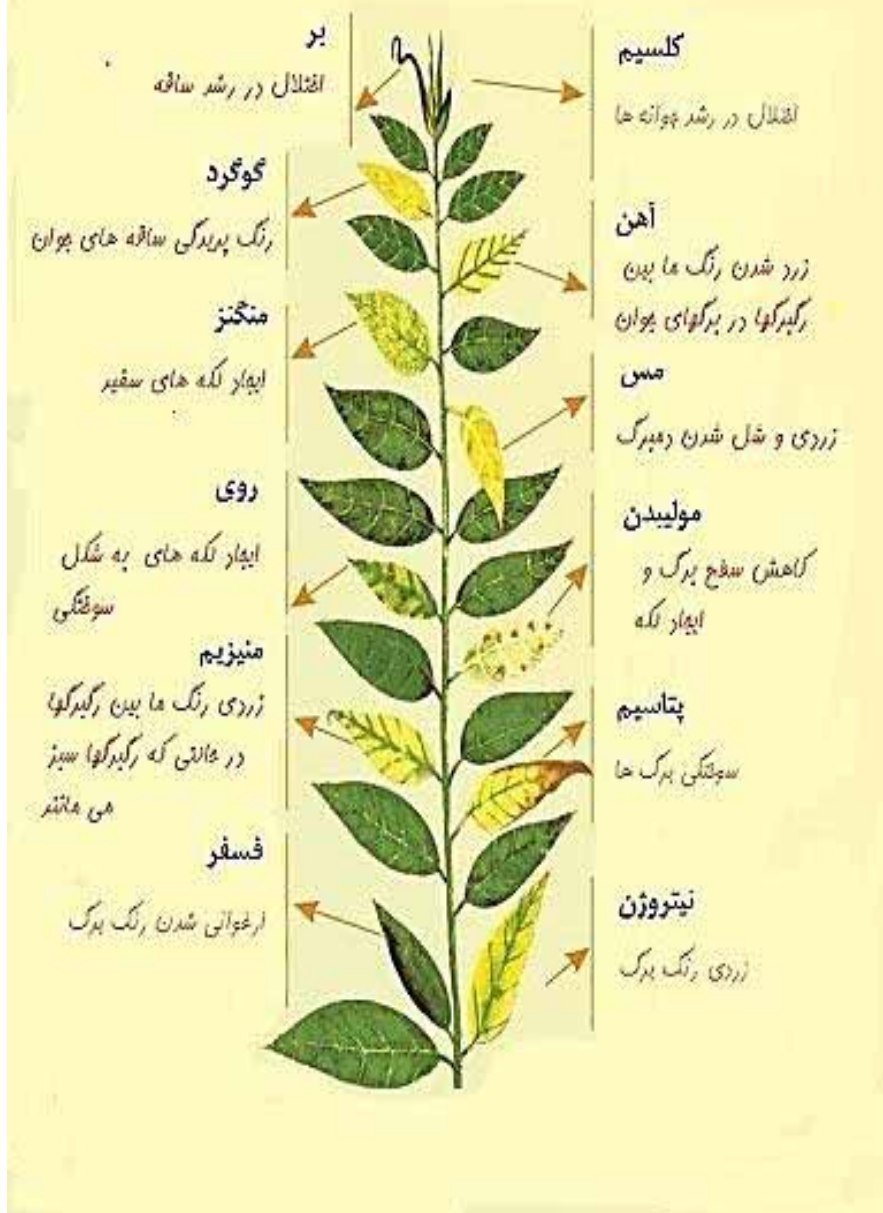
در اثر کمبود عناصر غذایی در محیط رشد، گیاهان از خود علائمی را نشان می دهند که از روی این نشانه ها می توان به نوع عنصر و شدت کمبود آن پی برد. مهمترین علائم کمبود عناصر غذایی در گیاهان عبارتند از :

- ۱- اختلال در رشد و توسعه ریشه
- ۲- کاهش عملکرد بدون علائم ظاهری
- ۳- اختلالات فیزیولوژیکی و کندی رشد
- ۴- توقف رشد و نمو و ضعف گیاه
- ۵- تغییر کیفیت ، مرغوبیت و خاصیت انبارداری محصول
- ۶- دیررسی یا زودرسی محصول
- ۷- علائم شاخه، برگ و محصول (میوه)
- ۸- پژمردگی و یا نابودی کامل گیاه.

با مشاهده علائم فوق بایستی به کمبود عناصر غذایی در خاک مشکوک بود. هر چه شدت کمبود شدیدتر باشد، عوارض آن نیز حادثتر است تا حدی که کمبود بسیار شدید منجر به نابودی کامل گیاه می گردد. علائم شاخه و برگ زمانی مشاهده می شود که کمبود شدید باشد. بدیهی است که علی رغم درمان کمبود در این مرحله، خسارت وارده به تولید جبران ناپذیر خواهد بود. بنابر این راه حل اصولی آن است که قبل از مشاهده علائم کمبود، از بروز آن پیشگیری کرد. مشاهده وضعیت رشد و ظهور علائم کمبود ظاهری تنها یکی از راه های پی بردن به کمبود عناصر غذایی است. در بسیاری از موارد تغییر رنگ، تفاوت در عملکرد، زودرسی، دیررسی، کوچک شدن میوه ها می تواند نشانی از کمبود یک یا چند عنصر غذایی باشد به عنوان مثال توقف رشد و زردی برگهای پائینی می تواند نشانی از کمبود نیتروژن و یا توقف رشد و ارغوانی شدن برگ های پائینی نشانی از کمبود فسفر باشد که برای اطمینان می توان از دیگر روش ها کمک گرفت. روش مشاهده ای اگرچه سریع بوده و نیازی به وسایل زیاد ندارد اما دارای معایبی است از جمله مهمترین معایب آن عبارت است از:

- ۱- متفاوت بودن علائم کمبود یک عنصر در گیاهان مختلف
 - ۲- شباهتهای موجود بین علائم کمبود یک عنصر با علائم کمبود عناصر دیگر در گیاه
 - ۳- مخلوط شدن علائم کمبود چند عنصر با هم
 - ۴- مشابه بودن علائم کمبود عناصر غذایی (علائم عنصری) با علائم ناشی از اثر عوامل طبیعی (غیر عنصری) از قبیل سرمازدگی ناشی از سرمای دیررس، بادزدگی، گرمای زیاد خاک و محیط
 - ۵- مشابه بودن علائم بیشبود یک عنصر با علائم کمبود عنصر دیگر
 - ۶- مشابه بودن علائم کمبود یک عنصر غذایی با علائم ناشی از خسارت آفات و بیماریها
 - ۷- دیر ظاهر شدن علائم کمبود (زمانی علائم کمبود ظاهر میگردد که حداقل ۲۰٪ افت محصول وجود دارد)
 - ۸- امکان گرسنگی پنهان بدون ظهور علائم
- با تمام معایبی که پی بردن به کمبود عناصر غذایی از طریق مشاهده وضعیت رشد و علائم ظاهری دارد، در بسیاری از موارد استفاده از این روش بسیار سودمند است.

علائم کمبود عناصر در گیاهان



عناصر معدنی مورد نیاز گیاهان در خاک

شکل قابل جذب عناصر غذایی توسط گیاه

گیاهان عناصر غذایی را بصورت یون از خاک جذب می کنند. یونها می توانند کاتیون یا آنیون باشند.

بعنوان مثال، اشکال قابل جذب ازت برای گیاه یون یا آنیون نیترات (NO_3^-) و یون یا کاتیون آمونیوم (NH_4^+) می باشد. یا پتاسیم را بصورت یون یا کاتیون (K^+) و کلسیم را بصورت یون یا کاتیون (Ca^{2+}) جذب می کند.

عناصر غیر قابل جذب هم به مرور زمان و بسته به شرایط خاک توانایی تبدیل به فرم قابل جذب و قابل استفاده برای گیاه را دارند. بعنوان مثال، موجودات ذره بینی خاک توانایی تبدیل فسفر غیر قابل جذب به فسفر قابل جذب برای گیاه را دارند.

راههای جذب عناصر غذایی

عناصر غذایی از دو طریق: ریشه و برگ جذب گیاه می شوند.

الف: جذب از طریق ریشه

سه مکانیسم مهم در انتقال عناصر غذایی از خاک به سطح ریشه دخالت دارند:

۱- جریان انبوه یا حرکت توده‌ای. Mass Flow.

۲- انتشار یا پخشیدگی. Diffusion.

۳- تبادل تماسی Contact Exchange

۱- جریان انبوه یا حرکت توده‌ای

حرکت توده‌ای عبارت است از جریان آب به طرف ریشه بر اثر تعرق گیاه، که همراه آن عناصر حل شده نیز انتقال می یابند. حرکت توده‌ای برای عناصری که غلظت زیادی در محلول خاک دارند و در شرایطی که تعرق گیاه شدت بالایی دارد، مکانیسم غالبی است. عناصر غذایی که در خاک به صورت پویا یا متحرک می باشند، و یا برخی دیگر از عناصر غذایی نظیر کلسیم و نیترات، عمدتاً با این روش به سمت ریشه حرکت می کنند. به طور کلی ۹۸ درصد نیتروژن، ۷۲ درصد کلسیم، ۸۷ درصد منیزیم و ۹۵ درصد گوگرد با این روش حرکت می کنند.

جدول نام ، فرم قابل جذب و فرمول شیمیایی عناصر غذایی گیاهان

فرمول شیمیایی	فرم قابل جذب توسط گیاه	نام عنصر
$\text{NO}_3^- , \text{NH}_4^+$	کاتیون آمونیوم- آنیون نیترات	ازت
$\text{SO}_4^{2-} , \text{SO}_3$	گاز سولفور - آنیون سولفات	گوگرد
$\text{H}_2\text{PO}_4^- , \text{HPO}_4^{2-}$	دی هیدروژن فسفات- مونو هیدروژن فسفات	فسفر
K^+	کاتیون پتاسیم	پتاسیم
Ca^{2+}	کاتیون کلسیم	کلسیم
Mg^{2+}	کاتیون منیزیم	منیزیم
Fe^{2+}	کاتیون آهن	آهن
Zn^{2+}	کاتیون روی	روی
MoO_4^{2-}	آنیون مولیبدات	مولیبدن
Mn^{2+}	کاتیون منگنز	منگنز
$\text{H}_2\text{BO}_3 , \text{H}_2\text{BO}_3^-$	دی هیدروژن بورات- بورات اسید	بور
Cu^{2+}	کاتیون مس	مس
Cl^-	آنیون کلر	کلر
Ni^{2+}	کاتیون نیکل	نیکل

۲- انتشار یا پخشیدگی

در این مکانیسم، بدلیل شیب غلظتی بین خاک و سطح ریشه عناصر از خاک به سطح ریشه انتقال می‌یابند. این نوع حرکت در مورد عناصر غیر پویا نظیر ریز مغذی‌ها صادق است.

۳- تبادل تماسی

بر اثر تماس بین خاک و سطح ریشه، عناصر از خاک به ریشه منتقل می‌شوند، چون خاک و سطح ریشه دارای ظرفیت تبادل کاتیونی یا CEC (Cation Exchange Capacity) هستند، یعنی عناصر به سطح ریشه جذب می‌شوند. جذب یا Uptake اصطلاحاً به عبور یون از غشاء سلولی گفته می‌شود. وقتی که یون از غشاء سلولی عبور کرده و وارد سلول می‌شود، عمل جذب صورت گرفته است، به عبارت دیگر در عمل جذب، غشاء سلولی دارای اهمیت خاصی است. غشاء سلول عمدتاً از دو جزء پروتئین و چربی ساخته شده و شکل خاص ساختمان سلولی یا غشاء سلولی باعث می‌شود که یون‌ها از غشاء سلولی عبور کنند. در داخل ساختمان غشاء، مولکول‌هایی وجود دارد به نام حامل یا ناقل (carrier) که در جذب یون‌ها دخالت دارند. هم‌چنین وجود یون کلسیم در ساختمان غشاء سلولی باعث می‌شود که غشاء سلولی خاصیت نفوذ پذیری انتخابی خود را حفظ کند.

مکانیسم‌های جذب عناصر غذایی

عمل جذب عناصر غذایی در گیاه به دو صورت یا مکانیسم انجام می‌شود.

۱. جذب فعال Active

۲. جذب غیرفعال Passive

جذب فعال نیاز به انرژی دارد ولی جذب غیر فعال یا جذب فیزیکی، مستقیماً نیاز به مصرف انرژی ندارد.

قوانین تغذیه گیاهی

الف - قانون حداقل یا لیبک:

اگر تمام عناصر غذایی در دسترس باشد ولی یکی از آنها در حداقل باشد، گیاه تحت تأثیر عنصر مینیمم قرار می‌گیرد و فیزیولوژی آن مختل و در نتیجه میزان محصول محدود می‌گردد.

ب - قانون میچرلیخ:

افزایش در میزان محصول به ازای افزایش یک واحد از عامل کمبود، متناسب است با کاهش آن عامل و یا به عبارتی سهم افزایش عملکرد نسبت به حداکثر محصول، مدام کاهش می‌یابد.

منبع انرژی برای جذب عناصر غذایی

بطور کلی منبع تامین انرژی در گیاه آدنوزین تری فسفات **Adenosine triphosphate(ATP)** با فرمول شیمیایی $(C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3)$ است. ATP در حقیقت کار ذخیره و انتقال انرژی را بعهده دارد. ATP طی عمل فتوسنتز و تنفس در گیاه تولید می‌شود. در جاهایی که نیاز به مصرف انرژی است ATP توسط آنزیمی بنام ATP آز شکسته و تجزیه می‌شود و انرژی خود را برای عمل جذب، آزاد می‌کند.

عناصر در هنگام عمل جذب بر روی هم اثر متقابل یا برهم کنش **Interaction** دارند. به عبارت دیگر جذب یک عنصر در جذب یک عنصر دیگر دخالت دارد. برهم کنش یا اثر متقابل ممکن است مثبت یا منفی باشد. برهم کنش مثبت یا اصطلاحاً سینرژیسم **Synergism** به حالتی گفته می‌شود که جذب یک عنصر باعث افزایش جذب عنصر دیگر شود. بعنوان مثال بین ازت و فسفر حالت برهم کنش مثبت وجود دارد، یعنی جذب ازت باعث می‌شود که جذب فسفر توسط گیاه افزایش پیدا کند.

برهم کنش منفی را اصطلاحاً آنتاگونیسم Antagonism یا حالت ضدیت می‌گویند. منظور از برهم کنش منفی اینست که جذب یک عنصر باعث کاهش جذب عنصر دیگر در گیاه می‌شود. بعنوان مثال مصرف زیاد کود فسفر باعث کاهش جذب عناصری مثل روی، آهن و منگنز توسط گیاه می‌شود. این حالت مسئله مهمی در عمل جذب محسوب می‌شود به همین دلیل در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه باید بر اثر متقابل آنها به همدیگر نهایت دقت را بعمل آورد و به نسبت کاربرد آنها در خاک با توجه به نوع گیاه و وضعیت شیمیایی و بیولوژیکی خاک اقدام نمود. تا به این ترتیب با برقراری نسبت‌های مناسب از عناصر مورد مصرف، گیاه بتواند تمام عناصر غذایی مورد نیاز خود را به مقدار لازم و کافی جذب نماید.

برهم کنش‌های عناصر غذایی در چهار مرحله‌ی مختلف بوجود می‌آید. این چهار مرحله عبارت‌اند از:

- ۱- در خاک
- ۲- در مرحله جذب توسط ریشه
- ۳- در مرحله انتقال به درون گیاه
- ۴- در محل مصرف در گیاه

منظور از محل مصرف در گیاه، محلی است که عنصر وارد فیزیولوژی گیاه شده و در متابولیسم گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ب: جذب برگی در گیاه

یکی از روش‌های کاربرد عناصر غذایی در گیاه، محلول پاشی آنها بر روی برگ‌ها و جذب از طریق برگ می‌باشد.

جذب برگی در گیاهان به دو صورت انجام می‌گیرد.

- ۱- از طریق روزنه‌ها
- ۲- از طریق کوتیکول برگ.

روزنه‌ها در تبادلات گازی و ورود بعضی از عناصر به داخل گیاه، دارای نقش مهم می‌باشند. ترکیباتی مثل NO_2 ، NH_3 ، SO_2 و گاز H_2S که در هوا وجود دارند بخصوص در حوالی مناطق صنعتی و شهرهای بزرگ، معمولاً از طریق روزنه‌ها وارد گیاه می‌شوند و بخشی از این عناصر در تامین نیاز گیاه، مؤثر می‌باشند.

بعنوان مثال SO_2 موجود در هوا تا حدودی نیاز گیاه به گوگرد را تامین می‌کند. ولی اگر غلظت این عنصر در هوا زیاد باشد موجب مسمومیت در گیاه می‌شود که اثر منفی در رشد گیاه دارد. اثر زیانبار و سوختگی که در گیاهان مشاهده می‌شود ناشی از غلظت زیاد این ترکیبات در هوا، بخصوص در مناطق صنعتی و شهرهای بزرگ می‌باشد.

جذب از طریق کوتیکول همانند جذب از طریق ریشه می‌باشد. جذب برگ‌ها هم، از دو طریق: جذب فعال و جذب غیرفعال صورت می‌گیرد. جذب فعال، جذبی است که نیاز به مصرف انرژی دارد ولی در جذب غیرفعال انرژی مستقیماً مصرف نمی‌شود.

محلول پاشی

محلول پاشی روی گیاهان که اصطلاحاً تغذیه برگ‌ها نیز نامیده می‌شود، در برخی موارد از مصرف عناصر در خاک بهتر و مفیدتر است.

محلول پاشی عمدتاً در شرایط زیر بیشتر کاربرد پیدا می‌کند:

۱- شرایط نامناسب خاک؛

۲- بروز علائم کمبود و نیاز به درمان فوری

زمانی که شرایط خاک نامساعد باشد، بدین صورت که به علت بالا بودن PH خاک یا آهکی بودن خاک، کود مصرفی در خاک تثبیت شده و غیر قابل استفاده برای گیاه می‌گردد. لذا در این زمان است که محلول پاشی بهترین روش می‌باشد. مثلاً سولفات آهن را در خاک‌های قلیایی نمی‌توان مصرف کرد زیرا سرعت تثبیت و غیرقابل استفاده می‌شود. ولی در چنین شرایط نامناسب خاک می‌توان به روش

محللول پاشی، سولفات آهن را به گیاه اضافه کرد. همچنین روش محللول پاشی، برای برطرف کردن سریع کمبود گیاه، روشی مؤثر و مفید است.

علی رغم کاربردهای مؤثر و مفید محللول پاشی، محدودیت هایی نیز در کاربرد آن وجود دارد:

۱- برای همه عناصر نمی توان استفاده کرد؛

۲- کل نیاز گیاه را نمی توان از این طریق تامین کرد.

گاهی همه عناصر را نمی توان از طریق محللول پاشی به گیاه اضافه کرد. مثلاً کود اوره را می توان از روش محللول پاشی به گیاه اضافه کرد ولی کودهای فسفر و پتاسیم در محللول پاشی استفاده نمی شوند. معمولاً عناصر کم مصرف از طریق محللول پاشی برای گیاه استفاده می شوند. محدودیت دیگری که در مورد عناصر پرمصرف وجود دارد بالا بودن نیاز گیاه است. به عبارت دیگر نمی توان کل نیاز گیاه را از طریق محللول پاشی تامین کرد. برای این منظور یا باید غلظت عنصر را خیلی بالا گرفت، که در این صورت موجب سوختگی گیاه می شود یا اینکه دفعات محللول پاشی را زیاد کرد که این هم از نظر اقتصادی زیان آور و مشکل آفرین می باشد. در مجموع، در بعضی موارد محللول پاشی بهتر بوده و در موارد دیگر مصرف عناصر در خاک ثمربخش تر می باشد. اما و در کل مصرف توأم محللول پاشی و تغذیه خاکی نتیجه بهتری دارد.

در محللول پاشی برای خیس کردن سطح برگ؛ معمولاً به محللول کودی تهیه شده، ماده ای بنام مویان با غلظت یک در هزار اضافه می شود، تا محللول کودی سطح برگ را خیس کرده و عمل جذب بهتر صورت گیرد.

در مورد زمان محللول پاشی باید توجه داشت که محللول پاشی در ظهر یا مواقعی که هوا خیلی گرم است انجام نشود زیرا به دلیل گرمای زیاد، محللول کودی تبخیر شده و غلظت آن افزایش پیدا می کند و در گیاه ایجاد سوختگی می کند. بهترین زمان برای محللول پاشی، صبح زود یا غروب است یعنی زمانی که دمای محیط بالا

نیست. در بارندگی بهتر است محلول پاشی انجام نشود؛ زیرا بارش باران باعث شسته شدن محلول پاشیده شده می‌شود و فایده‌ای نخواهد داشت.

مواد آلی خاک

مواد آلی ترکیبات کربنی می‌باشند که بوسیله گیاهان، ریز جانداران و جانوران در خاک تولید می‌شوند. وجود مواد آلی علاوه بر اینکه نشان دهنده سلامت و کیفیت خوب خاک است، شاخص مناسبی برای باروری آن به شمار می‌آید که حاصل اثر متقابل یا بر همکنش فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌باشد. باروری یا حاصلخیزی خاک توصیف کننده توانایی و قابلیت خاک برای تأمین شرایط مطلوب رشد پایدار گیاه است.

ماده آلی با بهبود شرایط خاکدانه سازی، وضعیت تخلخل و نفوذ پذیری خاک را بهبود می‌بخشد. در حالتی که خاک فشرده و دارای نفوذ پذیری کمی باشد تجمع دی اکسیدکربن (CO_2) پیرامون ریشه (ناحیه ریزوسفر) افزایش یافته و این امر علاوه بر اینکه سبب خفگی ریشه میشود، از جذب عناصر غذایی که نیاز به انرژی متابولیک دارند ممانعت بعمل می‌آورد. همچنین مواد آلی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش داده و سبب می‌گردد عناصر غذایی در خاک بهتر نگهداری شوند و گیاه دسترسی بیشتری به آنها داشته باشد. از طرف دیگر مواد آلی در اثر معدنی شدن، مقدار قابل توجهی از عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف را در خاک آزاد نموده و به تغذیه متعادل گیاه کمک زیادی می‌نمایند. در یک خاک حاصلخیز میلیونها موجود زنده از جمله قارچها، باکتری ها و اکتینومیستها (باکتری های تجزیه کننده مواد آلی و تولید آنتی بیوتیک) زندگی می‌کنند. این موجودات نقش مهمی در تجزیه و تخریب مواد آلی خاک و معدنی شدن آن ها دارند. با ادامه فرایند معدنی شدن ها ترکیبات غیر قابل تجزیه و پایدارتر مواد آلی در خاک تجمع می‌یابند و این مواد به نام عمومی هوموس شناخته می‌شود. در یک خاک فاقد و یا مقدار کم ماده آلی، جمعیت میکروبی بشدت کاهش یافته و جذب بسیاری از

عناصر غذایی که قابلیت فراهمی آنها برای گیاه وابسته به اکسیداسیون زیستی در خاک می‌باشد، مختل می‌گردد. در بسیاری از خاکهای زراعی و بکر میزان مواد آلی خاک به یک مقدار ثابت، متعادل گشته است. مقدار مواد آلی خاک تابعی از عوامل مختلف منجمله اقلیم، خصوصیات خاک و مدیریت زراعی می‌باشد. واقع شدن ایران در منطقه خشک و نیمه خشک و استفاده از نهاده‌هایی مانند کودهای شیمیایی برای دستیابی به عملکرد بالا، سبب گردیده است تا اهمیت مواد آلی کمتر در نظر گرفته شود به نحوی که در بیش از ۶۰ درصد خاکهای زیر کشت در ایران، میزان کربن آلی کمتر از یک درصد و در بخش قابل توجهی از کشور کمتر از ۰/۵ درصد باشد. امروزه توجه ویژه‌ای به ساماندهی تلفیقی تغذیه گیاه معطوف شده است که در آن استفاده از منابع آلی و بیولوژیک به همراه کاربرد بهینه کودهای شیمیایی، مورد نظر بوده و امید است منجر به بهبود و حفظ حاصلخیزی خاک کشور گردد.

اسید هیومیک Humic Acid

اسید هیومیک یک اسم کلی است که به ترکیب پیچیده‌ای از اسیدهای متفاوت که در مواد قلیایی محلول و در آب و اسید نامحلول هستند، گفته می‌شود. اسید هیومیک‌ها مولکول‌های با زنجیره بلند، سنگین وزن و قهوه‌ای رنگ می‌باشند.

این اسیدها به طور طبیعی و از تغییر شکل و تجزیه مواد آلی (حیوانی و گیاهی) که در شرایط ویژه و توسط باکتری‌ها، قارچ‌ها، کرم‌ها و حتی حشرات و در طول مدت زمان زیاد (صدها سال) صورت می‌گیرد، به وجود می‌آیند. محصول نهایی این فرآیند تغییر و تجزیه طولانی مدت مواد آلی، ماده‌ای است مقاوم به تجزیه، سیاه رنگ متمایل به قهوه‌ای که به آن هوموس Humus گفته می‌شود، که البته هوموس نیز یک واژه کلی است و به ترکیبات پایدار و مقاوم به تجزیه اطلاق می‌گردد.

هوموس ماده‌ای است نرم و قهوه‌ای رنگ که از سه جزء:

- ۱- هیومیک اسید که در مواد قلیایی محلول و در آب و اسیدها غیر محلول است.
 - ۲- فولیک اسید که در آب، قلیا و اسید محلول می‌باشد.
 - ۳- هیومین که در قلیا، آب و اسیدها غیر محلول می‌باشد.
- اسید فولیک و هیومین به دلیل نقشی که در ساختار خاک و انتقال مواد مغذی بین خاک و گیاه دارند، برای خاک های سالم بسیار با ارزش هستند.

متاسفانه استفاده بی رویه از کود های شیمیایی به همراه خاک ورزی های سالیانه (شخم و دیسک) میزان هوموس خاک را کاهش داده و باید هوموس از دست رفته را از منابع دیگر تامین و به خاک برگرداند، چون برای تولید طبیعی آن سال ها زمان لازم دارد.

بطور کلی زندگی گیاه به فعالیت های بیولوژیکی خاک بستگی دارد و بدون هوموس این فعالیتها به شدت کاهش می یابد.

خاک های سالم و حاصلخیز بین ۲ تا ۶ درصد مواد آلی دارند. در کشور ما به جز مناطق شمالی، در دیگر مناطق کشور که دارای اقلیم خشک و نیمه خشک هستند، مقدار مواد آلی حدود ۱ تا ۰/۱ درصد می باشد.

محصولات اسید هیومیک از منابع مختلفی استخراج می شود و مرغوبترین آنها در رسوبات خیلی قدیمی تشکیل شده از اجساد گیاهان و حیوانات در زمین های مرطوب به دست می آید. امروزه بیشترین محصولات اسید هیومیک از این گونه منابع استخراج میشود.

فوایدی که برای اسید هیومیک در بهبود بخشیدن به ساختار خاک، حاصلخیزی آن و جذب عناصر غذایی بر شمرده اند. عبارتند از:

- ۱- افزایش جذب مواد مغذی
- ۲- افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک
- ۳- بهبود ساختار کلی خاک
- ۴- تحریک فعالیت های میکروبی (میکروارگانیزم ها)
- ۵- جذب مواد سمی از خاک (ناشی از استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی)

- ۶- تنظیم PH خاک
- ۷- کمک به جذب آهن و افزایش جذب آن
- ۸- بهبود سلامت کلی گیاه از طریق مقاوم سازی آن در برابر آفات و بیماریها
- ۹- تحریک رشد ریشه و توسعه آن
- ۱۰- افزایش جوانه زنی

نسبت کربن به ازت (C/N)

یکی از مهمترین عوامل مشخص کننده ماده آلی خاک، نسبت کربن به ازت (C/N) است. زیرا در نسبتهای بالای آن، باکتریها و دیگر میکروارگانیسمها به علت کمبود ازت قادر به تجزیه کامل مواد آلی نبوده و در نتیجه بخشی از این مواد در خاک متراکم می‌گردند، بنابراین، میزان غنای نیتروژن بقایای گیاهی، یک فاکتور اساسی در تعیین میزان و سرعت تجزیه و تخریب مواد آلی می‌باشد. غنای ازت بقایای گیاهی مقدار ازتی است که همراه ماده آلی به خاک وارد می‌شود تا مانع رقابت میکروارگانیسمها و گیاه برای جذب و مصرف ازت شود. C/N در حقیقت مقدار کربن وابسته به مقدار نیتروژن آلی است و به عبارتی مبین مقدار نیتروژن ماده آلی می‌باشد که دارای اهمیت بسیار است. تجزیه و تخریب بقایای آلی به میزان زیادی به C/N این بقایا مربوط است و حتی اگر ماده آلی از ازت فقیر باشد ریز جانداران خاکی برای تامین این عنصر مورد نیاز خود در مضیقه خواهند بود و به ناچار با ریشه گیاهان به رقابت می‌پردازند. بنابراین با توجه به اینکه مقدار کربن در ماده آلی نسبتاً ثابت است در نتیجه C/N معیار خوبی برای ارزیابی چگونگی فعالیت میکروارگانیسمها و هوموسی شدن بقایای آلی می‌باشد. اگر نسبت C/N بالا باشد ($C/N > 20$)، فرآیند توقف معدنی شدن رخ می‌دهد. در مراحل اولیه تخریب و تجزیه، میکروارگانیسمهای خاک از نیترات و آمونیوم خاک برای انجام فعالیتهای حیاتی و زیستی و سوخت و سازی خود استفاده می‌کنند و لذا این میکروارگانیسمهای خاک که بقایای آلی واحد N پایین را تجزیه می‌کنند، با گیاهان برای بدست آوردن نیتروژن رقابت می‌کنند و عمدتاً میکروارگانیسمها در این رقابت پیروز می‌شوند و سرانجام به تهی شدن و تخلیه خاک از نیتروژن قابل دسترس گیاه، می‌انجامد. اگر نسبت C/N پایین باشد ($C/N < 20$) به عبارتی در

مورد تجزیه و تخریب مواد آلی در خاک های غنی از نیتروژن، آزادسازی خالص نیتروژن قابل دسترس برای گیاه، افزایش می یابد و در این صورت مواد آلی، مقدار نیتروژن خیلی بیشتری از نیاز میکروارگانسیم های خاکزی را فراهم می آورد که مثل کودهای نیتروژنه عمل می کنند.

به طور کلی وقتی که مواد آلی با نسبت C/N بیشتر از ۳۰ به خاکها افزوده می شوند، در ابتدای فرآیند تجزیه، نیتروژن خاک به صورت ساکن در می آید. برای نسبت های بین ۲۰ و ۳۰ معمولاً نه ساکن شدن و نه آزاد شدن نیتروژن معدنی اتفاق می افتد و تعادل برقرار می ماند. اگر مواد آلی دارای نسبت C / N کمتر از ۲۰ باشند معمولاً در اوایل فرآیند تجزیه، نیتروژن معدنی آزاد می شود. البته غیر از نسبت C / N عوامل متعدد دیگری نیز بر تجزیه مواد آلی و ساکن یا آزاد شدن نیتروژن، اثر می گذارند. در مراحل اولیه تجزیه ماده آلی تازه، افزایش سریعی در جمعیت ارگانسیم های هتروتروف (فاقد سبزینه) همراه با متصاعد شدن مقدار زیادی CO₂ اتفاق می افتد. هر گاه نسبت C/N زیاد باشد نیتروژن ساکن می شود. به تدریج که عمل تجزیه ادامه می یابد، نسبت C/N کم می شود و منبع تامین انرژی کاهش پیدا می کند. مقداری از جمعیت میکروبی به علت کاهش منبع غذا از بین می روند و سرانجام تعادل جدیدی برقرار می شود دسترسی به این تعادل جدید با آزاد شدن نیتروژن معدنی همراه است.



مزرعه گندم

کودهای گیاهی

الف: کود سبز Green manure

یکی از راههای افزایش ماده آلی خاک استفاده از کود سبز در تناوب زراعی می‌باشد. منظور از کود سبز شخم زدن گیاه در خاک پس از رشد کافی و بدون برداشت محصول است. اثر کود سبز بر خصوصیات فیزیکی خاک همانند کود حیوانی می‌باشد، ولی کود سبز عملاً مواد غذایی به خاک اضافه نمی‌کند، بلکه آن چه را که طی رشد خود از خاک جذب کرده و در خود ذخیره نموده است به خاک بر می‌گرداند اما در صورتی که از گیاهان تیره بقولات بعنوان کود سبز استفاده شود تمام ازت تثبیت شده را به خاک بر می‌گرداند. از طرف دیگر کود سبز با جذب و ذخیره مواد غذایی در خود از شسته شدن آنها جلوگیری می‌نماید. گیاه مورد استفاده بعنوان کود سبز می‌بایستی اثرات فیتوتوکسینی (سم گیاهی) بر رشد محصول بعدی نداشته باشد، فصل رشد کوتاهی داشته و تراکم بوته بالا را تحمل کند و رشد سبزینه ای زیادی داشته باشد تا علاوه بر این که مقدار زیادی ماده آلی به خاک اضافه می‌کند، پوشش کامل خاک را تامین نماید. پوشش کامل خاک برای

جلوگیری از فرسایش خاک و بازداری رشد علفهای هرز ضرورت دارد. بنابراین اهداف کود سبز را می‌توان در افزایش ماده آلی خاک، حفظ مواد غذایی خاک (و در صورت استفاده از گیاهان تیره بقولات افزایش ازت خاک)، جلوگیری از فرسایش خاک و مبارزه با علفهای هرز خلاصه نمود. توجه به اهداف فوق روشن می‌سازد که کود سبز قبل از گیاهان وجینی در تناوب قرار می‌گیرد. کود سبز در سیکل تناوبی فقط می‌تواند جایگزین آیش فصلی گردد. چنانچه طول آیش فصلی موجود امکان تولید یک محصول را ممکن می‌کند، استفاده از کود سبز طی آن آیش فصلی مجاز نیست. نوع آیش فصلی (زمستانه یا تابستانه) که در شرایط کشت آبی توسط کود سبز جایگزین می‌شود به شرایط اقلیمی بستگی دارد. در نواحی که گیاهان وجینی (مانند چغندرقد، پنبه، ذرت، سیب زمینی و آفتاب گردان) در فصل بهار آن‌ها کاشته می‌شوند آیش زمستانه می‌تواند توسط کود سبز جایگزین گردد. بازه زمانی آیشتابستانه از اواخر بهار یا اوایل تابستان تا زمان کشت محصول پائیزه و بازه زمانی آیش زمستانه از اواخر پائیز یا اوایل زمستان تا زمان کشت محصول بهاره در نواحی که گیاهان وجینی در پائیز آن‌ها کاشته می‌شوند کود سبز می‌تواند جایگزین آیش تابستانه شود. مهمترین گیاهانی که بعنوان کود سبز در کشت آبی ممکن است مورد استفاده قرار گیرند عبارتند از خلر، لوبیا روغنی، انواع لوبیا، چاودار، شبدر، جو و گندم سیاه. یونجه بعنوان کود سبز کاشته نمی‌شود، اما در صورتی که پس از حصول رشد کافی سبزینه‌ای، به خاک برگردانده شود، بعضی از هدفهای کود سبز را تامین می‌کند. گیاهانی مثل گندم سیاه، چاودار و شبدر ایرانی به خوبی در خاکهای فقیر رشد می‌کنند و در بهبود باروری و ساختمان خاکها مؤثر می‌باشند.

کود سبز حداقل دو هفته قبل از کاشت محصول اصلی بایستی به خاک برگردانده شود. هرچه درصد مواد خشبی کود سبز بیشتر و ازت آن کمتر باشد، می‌بایستی با فاصله زمانی طولانی تری از کاشت محصول اصلی به خاک برگردانده شود. در صورتی که از گیاهانی مثل یونجه یا شبدر بعنوان کود سبز استفاده می‌شود می‌بایستی ابتدا آنها را با ماشین آلاتی مانند کولتیواتور پنجه‌غازی از پائین طوقه قطع نمود تا خشک گردند و یا آنها را با علف کش راند آب یا توفوردی (-۴-۲) خشک کرد. ۳ تا ۴ هفته بعد از طوقه کن کردن یا تیمار با علف کش، در

وضعیت گاورو بودن خاک، شخم شوند. در غیر این صورت رشد مجدد این گیاهان وجود داشته و به صورت علف هرز در خواهند آمد. هیچگاه نبایستی کود سبز را بعنوان علوفه برداشت کرده و یا مورد چرای دام قرار داد. این عمل باعث خروج مواد غذایی از خاک گشته و ممکن است رشد و عملکرد محصول بعدی را نقصان دهد. چرای دام یا یک برداشت مختصر علوفه از کود سبز، هنگامی امکان پذیر است که کود شیمیایی کافی به خاک داده شود و آیش فصلی موجود اجازه رشد مجدد و کافی را به کود سبز بدهد.

به کار گیری کود سبز در شرایط دیم ایران به نواحی پرباران ساحل خزر محدود می شود. در این نواحی می توان از گیاهانی مانند جو و چاودار بعنوان کود سبز برای محصولات وجینی بهاره مانند پنبه ذرت و آفتابگردان استفاده نمود. در این شرایط کود سبز را می بایستی حدود یک ماه قبل از کاشت در خاک شخم زد تا پوسیدگی مناسبی اتفاق افتاده و رطوبت کافی برای رشد محصول اصلی در خاک ذخیره شود.

بهترین زمان تهیه کود سبز

بهترین زمان تهیه کود سبز، موقع شروع گلدهی گیاهان کودی است. گیاه کودی انتخاب شده باید در زمان گلدهی یا خوشه بستن، به زیر خاک برده شود. زیرا که قبل از این زمان، رشد و نمو قسمت های سبزینه ای گیاه کافی نبوده و از برگرداندن آن ماده آلی زیادی به خاک اضافه نخواهد شد. کود سبز به منظور تقویت زمین از لحاظ مواد آلی مورد استفاده قرار می گیرد که بدین منظور، گیاهان برای مدت زمانی معین در مزرعه کاشته شده و بعد از رشد کافی به زمین برگردانده می شوند. از گیاهان زراعی گوناگون اعم از علوفه ای و بقولات مانند انواع شبدر، عدس، باقلا و ... و همچنین گیاهان خودروی مانند ختمی، گل بنفشه، مرغ و حتی بعضی از اجزای گیاهی مانند ساقه و برگ سیب زمینی و شلغم می توان به عنوان کود سبز استفاده کرد.

گیاهانی که برای تهیه کود سبز مناسب هستند:

۱- دارای رشد سریعی بوده و مدت کوتاهی زمین زراعی را اشغال کنند.

- ۲- پرشاخ و برگ، شاداب و سرشار از مواد غذایی باشد. تا هم با سایه خود مانع سبز شدن بذر و علف های هرز شوند و هم زیر خاک بردن آنها به راحتی انجام گیرد.
- ۳- کم توقع بوده و برای حداکثر رشد خود به کود حیوانی یا شیمیایی کمتری احتیاج داشته باشند.
- ۴- نیاز آبی آنها بسیار کم باشد که این ویژگی در مناطق گرمسیری و خشک اهمیت بیشتری دارد.

مزایای استفاده از کودهای سبز

- ۱- **تأمین ماده آلی:** یکی از مزایای استفاده از کودهای سبز تأمین ماده آلی خاک است، به خصوص زمانی که کود حیوانی کافی در دسترس نباشد یا بقایای گیاهی به جا مانده در زمین به حدی نباشد که بتواند مقدار هوموس خاک را در حد مطلوبی تأمین کند. پس از برگرداندن کود سبز در خاک، هم قسمت های هوایی و هم ریشه های آن پوسیده شده و ماده آلی خاک را افزایش می دهد. کود سبز در زمین های سبک (شنی) ایجاد چسبندگی و کاهش نفوذ پذیری کرده و در زمین های سنگین (رسی) خاک را پوک و سبک و افزایش نفوذ پذیری می کند.
- ۲- **افزایش ازت:** کود سبز علاوه بر کربن آلی، مقداری ازت آلی به خاک اضافه می کند. این مقدار ازت بر حسب نوع گیاه، ممکن است ناچیز یا قابل توجه باشد. برای مثال چنانچه یک گیاه لگومینه (گیاهان خانواده بقولات) به خاک برگردانده شود، با توجه به این که بیشتر این گیاهان در شرایط مساعد، آمادگی و قدرت جذب و تثبیت ازت آزاد هوا را دارند. احتمال افزایش ذخیره ازت خاک زیاد خواهد بود، و در صورت برگرداندن گیاهان

غیرلگومینه به خاک، فقط در شکل ازت اولیه اش تغییر حاصل شده (ازت معدنی به آلی تبدیل می‌شود) و در مقدار آن افزایشی به وجود نخواهد آمد.

۳- حفاظت خاک: در ماه‌هایی از سال که خطر فرسایش خاک وجود دارد، برای آن که خاک بی حفاظ نباشد، از یک گیاه پوششی استفاده می‌شود. این گیاهان در مناطقی که باران‌های زمستانه زیاد است از نشست خاک‌های سنگین و همچنین از فرسایش خاک‌های سبک جلوگیری می‌کند. این گیاهان در مناطق بادخیز با پوشاندن خاک، سرعت باد را در سطح خاک کم کرده و خاک را در مقابل کنده شدن حفظ و در جای خود نگه می‌دارد. بهترین نمونه از گیاهان پوششی، چاودار زمستانه و یولاف بهاره است.

۴- تأمین مواد بیوشیمیایی خاک: کود سبز به عنوان ماده غذایی، مورد استفاده میکروارگانسیم‌های خاک قرار گرفته و گاز کربنیک، گاز آمونیاک، ترکیبات نیتراته و بسیاری از ترکیبات ساده و پیچیده دیگر تولیدشده از این فعل و انفعالات، مورد استفاده نباتات زراعی قرار می‌گیرند.

روش‌های کشت کودهای سبز

کودهای سبز را بر حسب شرایط مختلف محیطی و نوع گیاه می‌توان به دو صورت اصلی و فی مابین کشت کرد. از جمله مزایای انتخاب روش صحیح کشت، این است که هم از فاصله زمانی موجود بین برداشت و کاشت نباتات زراعی استفاده بیشتر شده و هم از خاک و از رطوبت موجود در آن به طور کامل استفاده می‌گردد همچنین ادوات و ماشین‌آلات کمتری به کار گرفته می‌شود.

منظور از کشت اصلی آن است که، مانند گیاهان زراعی، کود سبز هم در فصل معین و به صورت یک زراعت اصلی کاشته شود. زمان کشت اصلی می‌تواند پاییز و یا در بهار باشد. جز گیاهانی مثل ذرت، ذرت خوشه‌ای و یا یونجه، که در بهار کشت می‌شوند، کشت دیگر کودهای سبز، در پاییز انجام می‌گیرد.

قابل ذکر است در مواردی که از کشت یک کود سبز نتیجه مطلوبی به دست نمی‌آید، توصیه شده است از دو گیاه به صورت مخلوط با هم به عنوان کود سبز

کشت گردد. لازم است که این دو گیاه از نظر خصوصیات زراعی مثل رشد و نمو شاخه، برگ و ریشه و همچنین خصوصیات آب و هوایی و نیازهای غذایی هماهنگی لازم را با یکدیگر داشته باشند. بهترین مثال از کشت مخلوط یولاف و خودفرنگی و یا چاودار و ماشک است.

کشت فی مابین در فاصله زمانی بین برداشت و کشت گیاه اصلی انجام می‌گیرد. اگر این کود سبز بعد از یک گیاه صیفی در اواخر تابستان یا اوایل پاییز کشت شده و دوران رشد آن تا زمستان یا حتی بهار سال بعد که زمین برای کشت گیاه اصلی بعدی آماده می‌شود، ادامه یابد به آنها کشت فی مابین زمستانه می‌گویند (کاشت اوایل پاییز برداشت اوایل بهار) مانند انواع غلات به خصوص جو، چاودار، ماشک گل خوشه‌ای، چچم ریشک دار، شبدر گل میخکی و... . اگر کود سبز در فاصله زمانی بین برداشت زراعت اصلی پاییزه و کاشت زراعت اصلی پاییزه سال بعد کشت شود، به آن کشت فی مابین تابستانه می‌گویند. (کاشت در اواخر بهار و برداشت در اواخر تابستان یا اوایل پاییز) مانند انواع شبدر، شلغم، چغندر علوفه‌ای، ذرت خوشه‌ای و...

شرایط برگرداندن کود سبز به زمین

بهتر است کود سبز را پیش از برگرداندن، ماله زد و اگر طول ساقه‌ها بلند باشد، آنها را درو کرد. در نتیجه این عمل ساقه‌های بلند، روی زمین خوابیده و زیر خاک کردن آنها به وسیله گاواهن آسانتر صورت می‌گیرد. شخم باید در جهت خط ماله انجام گیرد زیرا در غیر این صورت گیاه کاملاً دفن نشده و مقدار زیادی از آن در مجاورت هوا خشک شده و از بین می‌رود.

پس از شخم و دفن کود سبز باید زمین را دوباره ماله زد تا با مساعد شدن شرایط تهویه زمین، پوسیدن کود تسریع شود. برای بهبود وضع تهویه در مناطق پرآب لازم است که زمین زهکشی شود.

کمپوست

کمپوست عبارتست از بقایای گیاهی و حیوانی، زباله های شهری و لجن فاضلاب که تحت شرایط پوسیدگی قرار گرفته باشند، بطوری که مواد سمی آنها از بین رفته و باقیمانده، پودر شده و فرم اولیه خود را از دست داده باشند. برای تهیه کمپوست می توان از بقایای چوب بریها، بقایای کشتارگاهها و کارخانه های کنسرو ماهی و اجساد گیاهان پست غیرآوندی استفاده نمود. بطور کلی، کمپوست ها از نظر مواد غذایی ضعیف هستند (به استثناء بقایای کشتارگاهها و کارخانه های کنسرو ماهی که از نظر ازت غنی می باشند) و معمولاً برای بهبود ساختمان خاک مورد استفاده قرار می گیرند. اثر فیزیکی کمپوست به مقدار ماده آلی آن و اثر شیمیایی کمپوست به ترکیب شیمیایی آن بستگی دارد. تهیه کمپوست از زباله های شهری و لجن فاضلاب راه مفیدی برای مصرف مجدد و دفع بهداشتی این مواد است. مواد اخیر از این نظر که دارای املاح کم، فاقد مولدین امراض و آفات گیاهی، بذر علفهای هرز می باشند، مناسب بوده و به سرعت در خاک می پوسند. لجن فاضلاب را پس از تخمیر غیر هوازی و حرارت دادن (برای کشتن عوامل بیماری زای آن) مورد استفاده قرار می دهند. برای تهیه کمپوست روش کلی باین صورت است که ابتدا موادی را که می خواهند کمپوست نمایند بصورت لایه ای به ضخامت ۷ تا ۱۰ سانتیمتر روی سطح زمین یا حفره ای که در زمین تهیه نموده اند، قرار می دهند و به ازاء هر سطل از مواد کمپوست شونده حدود ۱۰۰ گرم فسفات دی آمونیم یا سوپر فسفات بر روی آن می پاشند (در صورت استفاده از سوپر فسفات بهتر است حدود ۴۰ گرم اوره نیز به ازاء هر ۱۰۰ گرم سوپر فسفات به آن اضافه شود) پس از پاشیدن کود شیمیایی، اقدام به آبپاشی این لایه نموده و سپس لایه های جدید را به همین روش اضافه می کنند. ممکن است در تهیه کمپوست لایه هایی از کود حیوانی و یا خاک را بطور متناوب با لایه های مواد کمپوست شونده روی لایه ها قرار دهند. در اینصورت چنانچه از لایه های کود حیوانی استفاده شود به اضافه کردن کود ازت در زمان انباشتن مواد کمپوست شونده نیازی نخواهد بود، اما به فسفات و همچنین سولفات کلسیم ممکن است نیاز باشد. ترکیب کود شیمیایی که برای تحریک و تکمیل پوسیدگی و تعادل عناصر غذایی به کمپوست اضافه می شود

به نسبت کربن به ازت (C/N) و ترکیب شیمیایی مواد کمپوست شونده بستگی دارد.

پاشیدن چند کیلوگرم اوره به ازاء هر تن مواد کمپوست شونده روی توده کمپوست قبل از هر بار آبپاشی مفید است در مورد بقایای چوب بریها لازم است کلیه عناصر غذایی به کمپوست اضافه شود. مواد کمپوست شونده را می‌بایستی همیشه مرطوب نگهداشت و هر ۲ تا ۴ هفته یکبار آن را مخلوط و زیرورو نمود تا به خوبی تهویه و یکنواخت گردد. باید توجه داشت که زیرورو کردن زیاد توده موجب می‌شود که حرارت کمپوست بالا نرفته و آفات و عوامل بیماری‌زای موجود در مواد از بین نروند.

کمپوست هنگامی آماده مصرف است که مواد کمپوست شونده پوسیده و پودر شده باشند. مدت زمان لازم برای کمپوست شدن با مواد مصرفی و شرایط کار، فرق می‌کند. زباله های شهری پس از مدتی حدود ۶ هفته کمپوست می‌شوند. کمپوست شدن کامل خاک اره گاهی چندین ماه طول می‌کشد. معمولاً خاک اره را حدود ۶ هفته در شرایط مناسب می‌پوسانند تا ترکیبات سمی محلول آن پوسیده شوند و سپس مصرف می‌کنند. از مسائل دیگر تهیه کمپوست توسعه و تجمع مگس و پشه و بوی نامطبوع تخمیر آن است. افزایش تهویه مواد از شدت بو می‌کاهد. برای مبارزه با مگس و پشه می‌بایستی از حشره کشها استفاده نمود. کمپوست را می‌توان به جای کود حیوانی مورد استفاده قرار داد.

فواید استفاده از کمپوست:

- در ایجاد کشاورزی پایدار مناسب است و از کاهش محصول جلوگیری کرده و باعث افزایش آن می‌گردد.
- ذخیره کننده بزرگی از عناصرو آب بوده و کشاورزان با استفاده از آن در مزارع، بیشتر دلگرم کشت و کار می‌شوند.
- باعث بهبودی ساختمان خاک شده و عملیات خاک ورزی را آسانتر می‌کند همچنین قابلیت ذخیره آب در خاک را افزایش می‌دهد.

• هوموس و مواد آلی خاک را افزایش میدهد بنابراین در خاکهای با کمبود مواد آلی، استفاده آن بسیار مفید و مناسب می‌باشد.

• در جلوگیری از تغییر اسیدیته خاک همانند یک بافر عمل می‌کند. (بافر یک محلول شیمیایی از یک اسید ضعیف و نمک آن و یا یک باز ضعیف و نمک آن ساخته شده و توانایی حفظ PH محلول را حتی در صورت افزودن اندکی باز یا اسید، دارد.)

• در هنگام کمپوست شدن وقتی که درجه حرارت به ۶۰ درجه یا بیشتر می‌رسد، عوامل بیماری‌زا، تخم انگلها و بذور علفهای هرز از بین رفته و نابود می‌شوند.

• کمپوستی که کاملاً آماده شده و رسیده باشد، براحتی با خاک در حال تعادل قرار می‌گیرد و تهویه خاک را بهبود می‌بخشد.

• کودهای اضافه شده به خاک را براحتی و با جلوگیری از تلف شدن و هدر روی، در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

• بسیاری از عناصر و مواد غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را که در خود داشته است در خاک آزاد کرده و در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

• وزن مخصوص ظاهری خاک را به شدت کاهش داده و لذا برای خاک های سنگین و رسی بسیار مناسب و مفید است. (وزن مخصوص ظاهری خاک عبارتست از: وزن واحد حجم خشک خاک در شرایط طبیعی و بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب و با میزان منافذ خاک رابطه معکوس دارد.)

• چون ظرفیت نگهداری عناصر در سطح آن زیاد می‌شود، بنابراین در کاهش عناصر و مواد غذایی گیاه در خاکهای سبک و شنی بسیار مناسب و مفید است.

کود گیاهی پیت (Peat)

عبارت است از بقایای گیاهان آبی، باتلاقها و مردابها که زیر آب به حالت نیمه پوسیده و تجزیه شده بجا مانده است و خرد شده آن را پس از استخراج در ترکیبات خاکی بکار می‌برند.

خاکبرگ

خاکبرگ که از پوسیده شدن موادی مانند برگ درختان، چمن‌های قیچی شده و غیره حاصل می‌شود ارزش غذایی چندانی ندارد و تنها به منظور سبک و قابل نفوذ کردن خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تهیه خاک برگ در فصل پائیز برگهای خشک درختانی که رگبرگهای ضخیم و خشن ندارند (مانند درختان میوه، افرا و نارون و ...) را در محلی در روی سطح زمین یا در یک گودال بصورت یک لایه جمع آوری کرده پس از آنکه با آب پاشی رطوبت لازم را تامین کردند برای تسریع در پوسیده شدن آنها مقداری کود ازته مانند اوره بدان اضافه می‌کنند. سپس یک لایه دیگر برگ ریخته و با تکرار عمل آب پاشی و کودپاشی به انباشتن مقدار مورد نظر برگ می‌پردازند در اثر رشد و نمو باکتریها، برگها بتدریج پوسیده می‌شوند، معمولاً هراز چندی این توده را از هم می‌پاشند و دوباره در محل دیگری روی هم می‌ریزند این کار به منظور جلوگیری از ایجاد گرمای بیش از حد در درون توده که باکتریها را از بین می‌برد و همچنین هوا رسانی به باکتریهای هوازی، انجام می‌گیرد. به هم زدن توده خاکبرگ مراحل پوسیده شدن را تسریع می‌کند. در شرایط عادی خاکبرگ پس از ۸ تا ۱۲ ماه قابل استفاده می‌گردد. ولی خاک برگهایی که ۳ تا ۴ سال مانده باشند، ترجیح داده می‌شوند. خاکبرگ آماده شده را باید الک کرد تا چوبها و قسمت‌های زاید آن جدا شود. خاک برگ ممکن است محتوی بذره‌های علفهای هرز، آفات و امراض باشد، لذا باید قبل از مصرف ضدعفونی گردد.

زیان‌های سوزاندن بقایای گیاهی

اواخر شهریور هر سال، کشاورزان بنا به روش دیرین، کاه و کلش باقیمانده از محصول را به آتش می‌کشند تا بستر زمین برای کشت و رویش محصول سال بعدی مساعد شود؛ غافل از آنکه این آتش سوزی که به نادرستی در سرزمین ما

رواج یافته، هر سال میلیاردها موجود ذره بینی خاک را نابود می‌کند، حاصلخیزی خاک را تباه کرده و خاک را فقیرتر و مواد آلی خاک را که در خاکهای ما بسیار اندک است، از بین می‌برد. آزمایش‌های درازمدت دال بر این است که وابستگی مستقیم بین مقدار بقایای محصول باقیمانده در خاک و محتوای ماده آلی خاک وجود دارد. طی آزمایشی که در یک دوره ۳ ساله از شروع سال ۱۹۸۶ تا انتهای سال ۱۹۸۸ در کلمبیا (آمریکا) در گندم بهاره و زمستانه انجام شده است، چنین نتیجه گیری شده که سوزاندن بقایای گیاهی باعث می‌شود که بقایای سوخته و ذغالی شده ای حاصل شوند که به تجزیه میکروبی بسیار مقاومند. در ضمن کیفیت خاک آسیب می‌بیند زیرا که جمعیت ریزجانداران خاک در طبقه فوقانی خاک شدیداً کاهش می‌یابد. سرعت نفوذ آب در خاک نیز در نتیجه سوزاندن مزرعه، کاهش می‌یابد. محققین تغییرات دو نوع ویژگی خاک (ماده آلی و وزن مخصوص ظاهری) را بعد از ۷ سال سوزاندن بقایا و کاه و کلش باقیمانده در مزرعه گندم بررسی کرده و نشان داده اند سوزاندن مزرعه سبب کاهش ماده آلی خاک می‌شود و جمعیت بیولوژیک خاک به شدت پایین آمده و سلامت خاک آسیب می‌بیند. به نظر محققین وزن مخصوص ظاهری خاک نیز به طوری معنی دار پس از سوزاندن مزرعه کاهش می‌یابد. این به معنی ایجاد مشکلاتی در نفوذ آب و هوا و ریشه در خاک می‌باشد. توجه به کیفیت و سلامت خاک بخصوص در سالهای پیش روی و با توجه به لزوم و ضرورت ایجاد کشاورزی پایدار در راستای تأمین امنیت غذایی، اجتناب ناپذیر می‌باشد.

به طور خلاصه اثرات زیان‌بار سوزاندن مزارع پس از برداشت محصول شامل کاهش شدید جمعیت ریزجانداران خاکی به ویژه در لایه‌های رویین خاک، کاهش کیفیت خاک، کاهش نفوذپذیری آب در خاک، افزایش فرسایش پذیری خاک، هدر رفت مقداری زیاد (۷۰-۵۰ درصد از ماده آلی) از کربن به صورت CO₂، تبدیل بقایای آلی پرارزش به ماده سوخته و ذغالی شده مقاوم به تجزیه میکروبی، افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، کاهش تخلخل خاک می‌باشد. در مناطق خشک و نیمه خشک همچون ایران، حفظ ماده آلی اهمیت بیشتری دارد. زیرا، افزون بر پایین بودن ماده آلی خاکهای ایران، دمای زیاد نیز ماندگاری آنها را کاهش

می‌دهد. بنابراین، برای حفظ خاک باید تدابیری از جمله اجتناب از سوزاندن بقایای گیاهی، استفاده از کودهای نیتروژنی در صورت لزوم در جهت تعدیل و حفظ نسبت کربن به نیتروژن (C/N)، خرد کردن بقایای گیاهی با چاپر و استفاده از ریز جانداران تجزیه کننده سریع بقایای گیاهی و سر انجام استفاده از شخم عمیق، و به داخل خاک بردن بقایای گیاهی بمنظور تولید خاکی بارور و عمیق با گذشت زمان، اندیشیده شود.

کودهای بیولوژیک یا زیستی

کودهای بیولوژیک نسل جدیدی از کودهای موجود می‌باشند و به مواد حاصل خیزکننده ای گفته می‌شود که دارای تعداد کافی از یک یا چند گونه از میکروارگانیسم‌های سودمند خاکزی بوده و قادرند عناصر غذایی خاک را در یک فرآیند زیستی تبدیل به مواد مغذی همچون مواد معدنی نموده و در اختیار ریشه گیاه قرار دهند.

نخستین کود بیولوژیک با نام تجارتي نیتراژین تولید و در اواخر قرن نوزدهم مورد استفاده قرار گرفت میکروارگانیسم‌های که در تولید کودهای بیولوژیک مورد استفاده قرار می‌گیرند عمدتاً از خاک جداسازی می‌شوند. سپس در شرایط آزمایشگاه در محیط‌های کشت مخصوص، تکثیر و پرورش پیدا می‌کنند و بعد به صورت پودر بسته‌بندی شده و آماده مصرف می‌شوند.

میکروارگانیسم‌هایی که در تولید انواع کودهای بیولوژیک، با توجه به اعمالی که انجام می‌دهند، نقش دارند بشرح زیر دسته بندی می‌شوند و مهمترین آن‌ها عبارت اند از:

۱- باکتری های تثبیت کننده ازت هوا

۲- قارچ‌های میکوریزی، که با ریشه بعضی از گیاهان ایجاد همزیستی کرده و اثرات مفیدی بوجود می‌آورند.

۳- میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات، که فسفات نامحلول خاک را به فسفات محلول و قابل جذب گیاه تبدیل می‌کنند.

۴- اکسیدکننده گوگرد (تیو باسیلوس)، که باعث اکسایش بیولوژیکی گوگرد می‌شود.

۵- باکتری‌های ریزوسفری که قادرند با تشکیل کلات آهن فریک (Fe^{3+}) در تأمین آهن مورد نیاز گیاه مؤثر باشند. (ریزوسفر ناحیه ای از خاک که ریشه گیاه در آن قرار دارد)

اعمالی که میکروارگانیزم‌های فوق انجام می‌دهند به شرح زیر می‌باشند.

میکروارگانیزم‌های تثبیت‌کننده ازت

با سابقه‌ترین انواع کودهای زیستی مربوط به ارگانیزم‌های تثبیت‌کننده ازت است که در سطح جهانی در مجموع مقدار ازتی که از این طریق به خاک اضافه می‌شود حدود ۱۷۵ میلیون تن در سال برآورد شده است. امروزه رایج‌ترین کودهای میکروبی عرضه شده در سطح وسیع تجارتي، مربوط به باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت و مهم‌ترین آن‌ها شامل ریزوبیوم‌ها در همزیستی با لگومینوزها و آزوسپیریلیوم برای غلات و سیانو باکترها که هم‌زیست با گیاه آزولا برای شالیزارها می‌باشد. آزولا گیاهی است که در آبهای راکد و آرام، آب‌بندها و تالاب‌ها در مناطق معتدله تا گرمسیری یافت می‌شود. این گیاه ارتباط همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت برقرار می‌کند. رشد و توسعه آن جانبی و سریع بوده و می‌تواند در عرض چند روز تمام سطح مزرعه شالی را بپوشاند و با ضخیم شدن لایه آن نفوذ ریشه‌های نازک گیاه به پائین مشکل شده و مانع دسترسی به آب و مواد غذایی محلول می‌گردد. این گیاه برای شالیزارها مفید بوده به شرطی که رشد مناسب داشته باشد در غیر اینصورت تهدیدی جدی برای شالیزارها خواهد بود.

قارچ‌های میکوریزا

میکوریزا از دو کلمه (Myco) به معنی قارچ و (Rhiza) به معنی ریشه تشکیل شده است و به معنی همزیستی سازنده بین یک قارچ و ریشه گیاه میزبان می‌باشد و نقش مهمی در تبادل مواد مغذی بین گیاه و ریشه ایفا می‌کند. در این هم‌زیستی قارچ پوشش گسترده‌ای از رشته‌های نخ مانند به هم تابیده به نام میسیلیوم را در اطراف ریشه گیاه میزبان تشکیل می‌دهد. در این همزیستی، قارچ قند، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و برخی مواد آلی دیگر را از میزبان دریافت و در مقابل مواد معدنی و بیشتر از همه مواد فسفات را از خاک جذب و در اختیار گیاه قرار می‌دهد. اکثر گیاهان قادر به تشکیل سیستم میکوریزایی هستند و بطور کلی ۸۳ درصد از دولپه‌ای‌ها و ۷۹ درصد از تک‌لپه‌ای‌ها قادر به تشکیل سیستم میکوریزایی هستند.

قارچ‌های میکوریزا بر اساس وضعیت قرار گرفتن میسیلیوم‌های آن‌ها روی ریشه گیاهان میزبان به دو گروه کلی تقسیم می‌شوند.

الف) قارچ‌های میکوریزای بیرونی

این نوع میکوریزا بیشتر در اکوسیستم‌های جنگلی که دارای مخلوطی از درختان پهن برگ و سوزنی برگ هستند، مشاهده می‌شود. در این نوع همزیستی، قارچ میسیلیوم انبوه و متراکمی روی سطح ریشه تولید می‌کند و ریشه‌ها با پوشش متراکمی از ریشه قارچ‌ها، پوشیده می‌شوند و مستقیم با خاک تماس ندارند. این نوع میکوریزا از راه افزایش سطح جذب ریشه، باعث افزایش تحمل گیاه میزبان به خشکی به خصوص در مناطق خشک می‌شوند.

ب) میکوریزای درونی

در این نوع میکوریزا آثار قارچی روی ریشه میزبان قابل مشاهده نیست. هیف (رشته‌ها یا ریشه‌های نخی شکل تشکیل دهنده ساختمان قارچ) این قارچ‌ها از راه تارهای کشنده یا از راه سلول‌های اپیدرمی ریشه وارد سلول میزبان می‌شوند. هیف پس از ورود به سلول میزبان، تولید شبکه‌ای می‌کند که این شبکه از رشته‌های

نازک دو شاخه ای تشکیل شده که دارای ساختاری شبیه اندام‌های مکنده می‌باشد. تبادل متابولیت‌ها بین قارچ و سیتوپلاسم میزبان از طریق همین رشته‌ها انجام می‌گیرد.

میکوریزا و اثرات آن در تغذیه گیاه میزبان

۱- تحقیقات متعدد نشان داده است که فسفر، ازت، پتاسیم، روی، مس، گوگرد، کلسیم و آهن توسط سیستم میکوریزا جذب می‌شوند و به گیاه منتقل می‌شوند. در بین عناصر غذایی بیشترین نقش میکوریزا در جذب فسفر است. نقش میکوریزا در تغذیه ازته گیاه به دلیل پویائی زیاد آن ناچیز است. هنگامی که فسفر خاک در سطح پایینی باشد سیستم میکوریزا جذب فسفر و در نتیجه رشد گیاه را به نحو چشمگیری افزایش می‌دهد. هیف‌ها قادر هستند که فسفات را از ۱۵ سانتی متری سطح ریشه تا چند متری عمق خاک زیر ریشه، دریافت کنند. همچنین هیف‌ها در منافذی از خاک نفوذ می‌کنند که امکان نفوذ تارهای کشنده ریشه وجود ندارد (قطر تارهای کشنده حداقل ۲۰ میکرومتر است در حالیکه قطر هیف‌ها حداکثر ۲-۱ میکرومتر می‌باشند) بعلاوه هیف‌ها از راه افزایش سطح تماس یا از راه افزایش طول مؤثر ریشه، جذب عناصر غذایی را به شدت افزایش می‌دهند. مطالعات متعدد نشان داده است که قارچ‌های میکوریزا می‌توانند آنزیم فسفاتاز سنتز کنند و از این راه امکان دسترسی به فسفر را افزایش دهند. برخی از انواع میکوریزاها اسیدهای کلات کننده تولید می‌کنند و از این راه حلالیت فسفر را برای جذب افزایش می‌دهند.

۲- از بررسی‌های انجام شده معلوم شده است که میکوریزاها می‌توانند سبب تغییراتی در روابط آب و گیاه و بهبود مقاومت به خشکی و یا تحمل آن، در گیاه میزبان شوند. بسیاری از محققین این خصوصیت را یک واکنش ثانویه در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی می‌دانند.

۳- مشخص شده است که جذب CO_2 در حضور نور در گیاهان میکوریزایی بیشتر است لذا فتوسنتز بالاتری دارند.

۴- مشاهدات زیاد نشان داده است که گیاهان میکوریزایی می‌توانند سرعت فتوسنتز خود را افزایش دهند تا نیازهای همزیست خود را تأمین نمایند این عمل از طریق افزایش سطح برگ و افزایش مقدار جذب CO_2 به ازای واحد وزن برگ انجام می‌گیرد. گیاهان میکوریزایی در دوره‌های خشکی بهتر از گیاهان غیر میکوریزایی CO_2 را جذب می‌نمایند.

۵- گاهی اوقات سیستم‌های میکوریزایی تغییرات مرفولوژیکی در گیاه ایجاد می‌نمایند که موجب بهبود بقاء و رشد مناسب تر گیاه میشود. بر اساس تحقیقات انجام شده میکوریزا پیچش و زاویه برگ‌ها را تغییر می‌دهد و گیاه این واکنش را در جهت تنظیم محدودیت جذب تشعشع و برقراری تعادل انرژی در برگ انجام می‌دهد. در این شرایط گیاهان غیر میکوریزایی از زیادی جذب تشعشع و گرما بشدت آسیب دیده و کاهش رشد نشان می‌دهند.

میکروارگانسیم‌های حل کننده فسفات‌های نامحلول

میکروارگانسیم‌های حل کننده فسفات بصورت ساپروفیت در منطقه ریشه (ریزوسفر) فعالیت نموده و با مصرف ترشحات ریشه ترکیبات نامحلول فسفات (مانند تری کلسیم فسفات) را بصورت محلول قابل جذب گیاه در می‌آورند. این میکروارگانسیم‌ها با تولید و ترشح اسیدهای عالی از قبیل مالیک، لاکتیک، سیتریک در حلالیت فسفات‌های معدنی و کم محلول مؤثر می‌باشند و بعلاوه بسیاری از آن‌ها با تولید آنزیم فسفاتاز، آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی فسفر دار را موجب می‌شوند.

میکروارگانسیم‌های اکسید کننده گوگرد

این میکروارگانسیم‌ها باکتری هایی هستند که قادرند در کنار مواد آلی، گوگرد عنصری را به سولفات تبدیل کنند. این باکتری ها گوگرد را اکسید کرده و در نتیجه به طور موضعی باعث کاهش PH خاک و افزایش قابلیت جذب عناصری مانند فسفر، آهن و روی گردیده و در عین حال سولفات مورد نیاز گیاهان را نیز تأمین

می کنند این باکتری ها به صورت صنعتی تولید و به شکل پودری بسته بندی شده است. این باکتری ها از جنس تیو باسیلوس هستند.

باکتری های ریزوسفری افزاینده رشد گیاه

باکتری های ریزوسفری، بعنوان ریزوباکتری های افزاینده رشد گیاه توصیف می شوند. این گروه از حاصلخیز کننده ها با تولید ترکیبات آلی خاص قادر به تشکیل کلات با آهن فریک هستند و می توانند در تامین آهن مورد نیاز گیاه مؤثر باشند. سیدروفورهای میکروبی مولکول های آلی هستند که میل ترکیبی شدیدی برای پیوند شدن با Fe^{3+} به صورت کی لیت (Chelate) یا کلات دارند و نوعی کلات آهن قابل جذب فراهم میکنند. این باکتری ها بیشتر از جنس سودوموناس (Pseudomonas) می باشند و بنام سود و باکتین نامیده می شود.

سایر نقش های مفید باکتری های ریزوسفری

۱- تولید هورمون های رشد گیاه که باعث بهبود جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه می گردند.

۲- تاثیر روی بهبود جوانه زنی و ظهور گیاهچه

۳- تاثیر سینرژیستی (هماافزایی) با ریزوبیوم ها : مشاهده شده است اگر بذر لگوم های مختلف ضمن تلقیح با ریزوبیوم همراه، با باکتری های ریزوسفری نیز تلقیح گردد، موجب افزایش تعداد غده های ریشه و وزن آنها، همین طور افزایش تثبیت ازت و بالا رفتن تولید محصول گیاهان لگومینوز شده است.

۴- تولید بذر با ترکیب های آنتی بیوتیک برای حذف عوامل بیماری زا و نیز تحریک ژن های دفاع گیاه برای فعال شدن مکانیسم های دفاع طبیعی

میکروارگانسیم های تبدیل کننده مواد آلی زاید به کمپوست

این نوع میکروارگانسیم ها شامل انواعی از قارچ ها و باکتری هایی هستند که برای تبدیل سریعتر بازمانده های آلی و تولید کمپوست مورد استفاده قرار می گیرند. کمپوست یک کود آلی و حاصل فرآیند تغییرات و تبدیلاتی است که روی انواع

بازمانده‌های گیاهی و جانوری، در نتیجه توالی فعالیت گروه‌های مختلف میکروارگانیسم‌ها بوجود می‌آید. تولید کود آلی کمپوست بطریقه بیوتکنولوژیکی و از کلیه منابع آلی از جمله زباله‌های خانگی، ضایعات کشاورزی (باگاس نیشکر، ضایعات پسته، چای و کاه و کلش غلات، سبوس برنج و...) و بازیافت فضلاب‌های شهری و خانگی صورت می‌گیرد. تهیه کمپوست از ضایعات کشاورزی حائز اهمیت زیادی است به عنوان مثال اگر مقدار کلش برنج بطور متوسط حدود ۵ تن در هکتار باشد با کمپوست کردن آن حدود ۳۰ کیلوگرم ازت، ۵ کیلوگرم فسفر خالص، ۵ کیلوگرم گوگرد، ۷۵ کیلوگرم پتاسیم خالص و ۲۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار به خاک بر می‌گردد.

کرم‌های خاکی تولید کننده ورمی کمپوست

ورمی کمپوست (کود آلی خاکی) نوعی کمپوست است که به کمک کرم‌های خاکی تولید می‌شود. این فرآورده در نتیجه تغییر و تبدیل و هضم نسبی بازمانده‌های آلی در ضمن عبور از دستگاه گوارش این جانوران بوجود می‌آید. تولید ورمی کمپوست یعنی فن آوری استفاده از انواع خاصی از کرم‌های خاکی که بدلیل توان رشد و تکثیر بسیار سریع و توانایی قابل توجه برای مصرف انواع مواد آلی زائد و تبدیل آن به یک کود آلی با کیفیت بالا صورت می‌گیرد. عبور آرام و مداوم و مکرر از مسیر دستگاه گوارش کرم خاکی همراه با اعمال خرد کردن، سائیدن، به هم زدن و مخلوط کردن که در بخش‌های مختلف این مسیر انجام می‌شود، آغشته کردن این مواد به انواع ترشحات سیستم گوارشی مانند ذرات کربنات کلسیم، آنزیم‌ها، مواد مخاطی، متابولیت‌های مختلف میکروارگانیسم‌های دستگاه گوارش و بالاخره ایجاد شرایط مناسب برای سنتز اسیدهای هومیک، در مجموع مخلوطی را تولید می‌کند که خصوصياتی کاملا متفاوت با مواد فرو برده شده پیدا کرده است. فرآورده‌ای که ورمی کمپوست خوانده می‌شود و از لحاظ کیفی ماده ای آلی با PH تنظیم شده، سرشار از مواد هومیک و عناصر غذایی به فرم قابل جذب برای گیاه،

دارای انواع ویتامین‌ها، هورمون‌های محرک رشد گیاه و آنزیم‌های مختلف است. از لحاظ ظاهری به صورت دانه ای شکل با رنگ تیره، بدون بوی نامطبوع و دارای قابلیت عرضه تجارتي است. وجود ۱۰۰ عدد کرم خاکی در متر مربع (یک میلیون کرم در هکتار) قادر به عبور دادن حدود ۲۵۰ تن خاک در سطح یک هکتار در سال و حفر ۴ تا ۵ هزار کیلومتر راه و کانال در هکتار در سال است. در ضمن تولید کمپوست، کرم‌ها هم به مقدار بسیار زیاد تکثیر می‌شوند که پس از جدا کردن کود، از این کرم‌ها به عنوان یک ماده غذایی سرشار از پروتئین (۵۴ تا ۷۲ درصد پروتئین بر حسب وزن خشک بدن گرم) و حاوی اسیدهای چرب غیر اشباع (۲/۵ الی ۳ درصد وزن خشک بدن گرم) و املاح مفید مانند ید، در صنایع مرغداری، پرورش ماهی و یا مخلوط کردن در جیره غذایی دام استفاده می‌شود. در حال حاضر از ورمی کمپوست در سبزی کاری‌ها و خزانه و نهاستان‌ها و بعنوان کود گلدانی برای پرورش گیاهان زینتی استفاده می‌شود.



مزرعه پنبه

زمان و روشهای مصرف کودهای شیمیایی در محصولات زراعی

به طور کلی کودهای شیمیایی در دو زمان قبل یا همزمان با زمان کاشت و پس از کاشت و در حین رشد گیاه مصرف می‌گردند، ضمناً باید توجه داشت که

کودهای آلی و حیوانی در پاییز و قبل از شخم، در زمین پاشیده می شوند، تا فرصت لازم برای تغییرات و اثر بخشی آن ها وجود داشته باشد.

کود پیش کاشتی و کود سرک :

کودی را که قبل از کاشت در خاک قرار می دهند کود پیش کاشتی و کودی را که بعد از کاشت به خاک می دهند ، کود سرک می گویند. کودهایی را که نتوان به نحوی در آب حل کرد و به خاک اضافه نمود ، حتما باید آن کود را قبل از کاشت به خاک داد. به طور کلی کودهایی که به میزان کمی در آب محلول هستند، نمی توان پس از کاشت به خاک داد. به عنوان مثال کودهای فسفره در خاک حرکت نکرده و به سرعت در خاک تثبیت می شوند. کودهای فسفره را نمی توان در سطح خاک پاشید و یا از طریق آبیاری به محیط فعالیت ریشه رسانید. چنانچه این عمل انجام گیرد ، فسفر داده شده در خاک تثبیت شده و به ناحیه توسعه ریشه نخواهد رسید، چون میزان محلول بودن و حرکت کود فسفره در خاک بسیار محدود است. بنابراین می بایستی کودهای فسفره را قبل از کاشت به خاک داد و آنها را مستقیماً در ناحیه توسعه ریشه قرار داد. حداکثر میزان حلالیت فسفر در خاک هائی با PH (۶ تا ۶/۵) مشخص شده است. لذا رساندن pH خاک به این حدود می تواند در افزایش حلالیت و جذب فسفر مؤثر باشد. تغییر pH خاک در خاک های اسیدی با اضافه کردن آهک و در خاک های قلیائی با اضافه کردن گوگرد یا کودهای اسیدی انجام پذیر است. مصرف مقدار زیادی کود حیوانی نیز می تواند در کاهش pH خاک مفید باشد. خاکهائی که فسفر یا پتاسیم را تثبیت می کنند ، باید کودهای این عناصر را در نزدیک ترین زمان ممکن به زمان کاشت در خاک قرار داد تا تثبیت آنها بحد اقل برسد.

دسته دیگر از کودها که قبل از کاشت به خاک داده می شود ، کودهایی هستند که برای قابل جذب شدن به تغییراتی نیاز دارند. مثلاً گوگرد (S) را بایستی ۴ تا ۶ هفته قبل از کاشت به خاک داد تا به صورت یون قابل جذب یعنی (SO₄^{- -}) درآید.

دسته سوم از کودهایی که قبل از کاشت به خاک داده می‌شوند، ترکیباتی هستند که برای گیاه سمی بوده و باید پس از انجام تغییراتی در آنها در اختیار گیاه قرار گیرند. مثلاً آمونیاک (NH_3) که برای گیاه سمی بوده و بایستی آن را حتماً قبل از کاشت به خاک داد تا کاملاً به آمونیوم و نیترات تبدیل شود.

کودهایی را که بعد از کاشت به خاک می‌دهند، کودهایی هستند که به سرعت از خاک شسته می‌شوند و لذا چنانچه تمامی این نوع کودها یکباره و قبل از کاشت به خاک داده شود، قسمت اعظم آنها شسته خواهد شد. باین جهت قسمتی از کود را قبل از کاشت و بقیه را در نیمه اول فصل رشد و غالباً در زمان شروع رشد زایشی گیاه به خاک می‌دهند. مصرف کود سرک بیشتر در مورد کودهای نیتروژنه (اوره) مرسوم است و غالباً ۲۵ تا حد اکثر ۵۰ درصد از کل کود نیتروژنه مصرفی به صورت قبل از کشت و بقیه به صورت سرک مصرف می‌شود.

۱- کوددهی به روش تزریقی :

محلول آمونیاک و آمونیاک مایع از کودهایی هستند که در خاک تزریق می‌شوند و در حال حاضر مصرف این کودها در ایران رواج زیادی ندارد. این دو کود را باید در آخرین مرحله تهیه بستر و حداقل ۱۰ تا ۱۵ روز قبل از کاشت در خاک مرطوب تزریق نمود تا عمل نیتریفیکاسیون (فرآیند تبدیل آمونیاک به نیتريت و بعد به نیترات) در آن‌ها کامل گردد. آمونیاک در خاک‌هایی که PH آن‌ها بیش از ۸ باشد از خاک فرار می‌کند. محلول‌های نیترات آمونیوم و اوره را نیز می‌توان قبل از کاشت در خاک تزریق نمود. تزریق محلول‌ها به فشار زیادی احتیاج ندارد، اما آمونیاک مایع باید تحت فشار تزریق شود. تزریق آمونیاک مایع در خاک‌هایی عملی است که بافت خاک ریز بوده و رطوبت آن کافی باشد، تا خاک به سهولت فشرده شده و آمونیاک در خاک محبوس گردد معمولاً در خاک‌های سنگین این روش کوددهی مناسب‌تر است و به این منظور از دستگاه‌های ویژه‌ای استفاده می‌شود.

۲- پاشیدن کود در سطح خاک یا کوددهی سطحی:

در این روش ، کود به طور یکنواخت در سطح خاک پاشیده می شود. عمل پاشیدن کود با دست یا با کودپاش یا هواپیما ، قبل و بعد از کشت انجام می گیرد. پراکنش کود قبل از کشت در آخرین مرحله از تهیه بستر بذر و پس از تسطیح انجام می گیرد و تقریباً در مورد تمام کودهای جامد عملی می باشد. پس از آنکه کود با وسائلی در سطح خاک پاشیده شد بایستی آن را با دیسک یا کولتیواتور با خاک مخلوط کرد. در صورت پاشیدن کود پس از کاشت و سبز شدن گیاه بعنوان کود سرک، باید پس از کود پاشی عمل آبیاری انجام شود تا کود در آب حل شده و سپس وارد خاک گردد. در کشت های دیم نیز از کود سرک استفاده می کنند، در مزارع دیم کود پاشی بایستی هنگامی صورت گیرد که احتمال بارندگی بسیار زیاد باشد.

ماشین مخصوص کودپاشی همان ردیف کار غلات دانه ریز است که لوله های، سقوط و پاشنه های کاشت آن برداشته شده باشد ، این دستگاه از یک مخزن کود تشکیل شده که در زیر آن سوراخ های قابل تنظیمی برای پاشش کود تعبیه شده است برای پاشش کود می توان از دستگاه کودپاش یا سانتریفیوژ هم استفاده نمود.

برای کودپاشی در اراضی وسیع و تپه ای (تحت شرایط دیم کاری) و یا پاشیدن کود در مزارع با محصولات مرتفع مانند ذرت و آفتابگردان که استفاده از ماشین های زمینی باعث خسارت هایی در محصول می گردد می توان از هواپیما یا هلی کوپتر استفاده نمود. اگر غلظت عنصر غذایی در محلول خاک که کود را به صورت سطحی دریافت کرده، کمتر از مقدار مورد نیاز برای تولید عملکرد حداکثر باشد، افزایش کود به خاک می تواند اثر مثبتی در افزایش غلظت عناصر غذایی در محلول خاک داشته باشد.

۳- روش جایگذاری عمقی یا نواری

عمل جایگذاری کود به قرار دادن کود در ناحیه ای نزدیک ریشه گیاهان (ریزوسفر) اطلاق می‌گردد و مخصوصاً انجام آن در مورد کودهای محتوی فسفر و پتاسیم و عناصر کم مصرف بسیار مهم است.

در این روش ، کود به صورت نواری به عرض ۵-۲ سانتی متر و به عمق ۵ تا ۸ سانتی متر در یک یا دو طرف ردیف های کشت قرار داده می‌شود. این روش کوددهی بیشتر در کاشت گیاهان وجینی و کشت های ردیفی به کار می‌رود. عمل کوددهی نواری همزمان با بذرکاری با کودکار انجام می‌گیرد و در دستگاه مربوطه کودکار قبل از بذر کار قرار دارد.

در این روش کوددهی کودهاییکه به سرعت در خاک تثبیت می‌شوند مانند کودهای فسفره، به دلیل اینکه سطح تماس کود با خاک کمتر می شود در نتیجه تثبیت کمتری صورت می گیرد و افزایش اثر بخشی کودهای فسفره در این روش چندین برابر روش پراکنش سطحی می‌باشد. هر چه مقدار کود مصرفی زیادتراً، کود محلول تر، بافت خاک درشت تر و یا حساسیت محصول به کود مصرفی زیادتراً باشد، فاصله بین بذر (ردیف کشت) و نوار کود بیشتر و عرض نوار کود زیادتراً خواهد بود.

تاثیر جایگذاری صحیح کود برای افزایش عملکرد قابل حصول به دو عامل: عکس العمل گیاه با کود و اثر متقابل کود با خاک بستگی دارد. آزمایشهای مزرعه ای نشان داده است مقدار ریشه‌ها در عمق پنج سانتیمتری در شرایط مصرف نواری کود فسفاته بیش از پخش سطحی است. کودها با خاک اثر متقابل داشته و معمولاً این مسئله بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی، تاثیر دارد. بنابراین قابلیت دسترسی یک عنصر برای گیاه به روش کاربرد آن در خاک و برهمکنش یا اثر متقابل کود با خاک بستگی دارد.

با افزایش غلظت عناصر غذایی در محلول خاک شدت جذب عناصر غذایی به وسیله ریشه نیز تا حدی افزایش می‌یابد، در بالاتر از این حد، شدت جذب ثابت مانده و یا کاهش می‌یابد. قابلیت دسترسی عناصر غذایی ناشی از برهمکنش کود با خاک است. اثرات برهمکنشی کود با خاک در مورد کودهای فسفاتی و پتاسیمی

ناشی از واکنش های شیمیایی و معدنی است اما در مورد کودهای نیتروژنه، ناشی از آلی شدن به وسیله میکروارگانیسم های خاک می باشد که با تجزیه بقایای گیاهی، نیتروژن به صورت قابل جذب گیاهی در می آید. درجه کاهش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، در نتیجه بر همکنش کود با خاک، به ترتیب فسفر، پتاس، کلسیم، گوگرد و عناصر کم مصرف (بجز بور) می باشد اگر برهمکنش کود با خاک، غلظت عناصر غذایی را در محلول خاک افزایش دهد، جایگذاری کود، قابلیت دسترسی این عناصر را برای گیاه کاهش می دهد. (توجه به بند الف مطلب ذیل)

صرفه جویی در مقدار کود مصرفی در روش جایگذاری

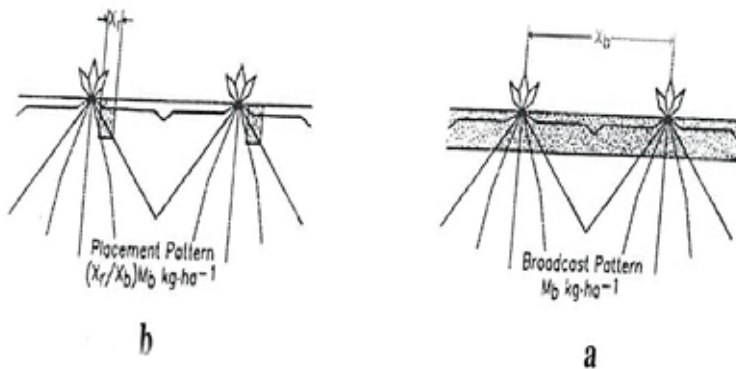
جایی که مقادیر یکسانی از کودها در خاک جایگذاری و یا در سطح خاک پخش گردند، در مقادیر پایین مصرف کودها، عملکرد بدست آمده از کودهای جایگذاری شده نسبت به همان مقدار کود که در سطح خاک پخش می گردند، بیشتر است. معمولاً با به کار بردن مقادیر زیاد کود این مسئله بر عکس خواهد بود، یعنی عملکرد بدست آمده از پخش سطحی کود نسبت به جایگذاری کود بیشتر خواهد بود. در این رابطه دلایل زیر مطرح شده است:

الف) در هر واحد، فضای سطحی ریشه یک حد بالایی برای شدت جذب وجود دارد، بنابراین وقتی که غلظت عنصر غذایی اطراف ریشه برای جذب حداکثر کافی باشد، افزایش بیشتر غلظت این عنصر در نتیجه اضافه کردن کود، نه تنها میزان شدت جذب را افزایش نخواهد داد، بلکه موجب کاهش هم می شود.

ب) هر چند که استفاده از کودهای با حلالیت کم، غلظت عناصر غذایی را در محلول خاک، افزایش نمی‌دهد ولی در هر واحد حجم خاک، از لحاظ شیمیایی محلول اشباع شده ای را به وجود می‌آورد.

ج) استفاده از کودهای با حلالیت بالا به مقدار زیاد، و بالا رفتن غلظت نمکها و فاکتورهای مربوط به آن‌ها باعث ایجاد سمیت خاک می‌گردد و همچنین pH را خیلی بالا می‌برد. این امر ممکن است به ریشه آسیب رسانده و از رشد ریشه در نواحی که در معرض این کودها هستند، جلوگیری کند.

تئوری دویت (Dewit): دویت در سال ۱۹۵۳ رابطه تجربی جذب عناصر غذایی از دو روش جایگذاری کودها در خاک و پخش سطحی همان مقدار کود در خاک را به دست آورد.



شکل - مقایسه ای از اثر بخشی مصرف سطحی (a) با جایگذاری ردیفی (b) کودها (تئوری دویت).

همانطوری که در شکل مشاهده می‌شود در روش پخش سطحی، فاصله بین ردیفهای گیاه (X_b (cm) است و کودها به صورت مستقیم بر روی خاک پخش می‌گردد. ولی در جایگذاری ردیفی، کودها در ردیفهایی به فاصله (X_r (cm) و موازی با ردیفهای محصول قرار می‌گیرند. اگر توزیع عمودی کودها در هر دو روش یکسان باشد، مقدار نسبی کودهای به کار برده شده در هر دو روش با نسبت $\frac{X_r}{X_b}$ یکسان خواهد بود. بنابراین اگر مقدار کودی که در روش پخش سطحی به کار برده می‌شود (M_b (kg / ha) باشد مقدار کودی که به روش ردیفی در خاک قرار می‌گیرد برابر با $M_b \left(\frac{X_r}{X_b}\right)$ بر حسب کیلوگرم در هکتار خواهد بود. در موردی که دو ردیف یکسان از کود در دو طرف هر ردیف محصول قرار داده شود مقدار کودی که جایگذاری می‌گردد برابر با $M_b \left(2\frac{X_r}{X_b}\right)$ می‌گردد. چون توزیع افقی کودها در خاک جزئی بوده و انتقال عناصر غذایی کود در خاک، با انتقال آب در جهت عمودی صورت می‌گیرد، می‌توان چنین فرض کرد که کودها زیر سطح خاک محدود هستند. بنابراین قابلیت دسترسی اولیه کودها در روش جایگذاری ردیفی و در سطحی برابر X_r و پخش سطحی در سطحی برابر X_b یکسان خواهد بود.

۴- روش آبکود

مصرف عناصر غذایی همراه با آب آبیاری را آبکود می‌گویند. از آنجائیکه تمام عناصر غذایی مورد نیاز گیاه باید بشکل محلول در آمده و سپس جذب گیاه گردند لذا این روش یکی از روشهای مهم در مصرف کودها و تغذیه گیاه می‌باشد. بطور کلی این روش برای دو هدف عمده کاربرد دارد:

- ۱- اصلاح کیفیت آب آبیاری با کاهش pH آب و در نتیجه کمک به جذب عناصر غذایی.
- ۲- مصرف کودهای محلول در آب و تأمین عناصر غذایی.

با توجه به آهکی بودن خاکهای ایران اهمیت آبکود، برای کشاورزی خیلی زیاد است و بطور کلی می‌توان مزایای آن را بشرح زیر بیان داشت.

- عناصر غذایی بطور مداوم در اختیار ریشه قرار می گیرد، بنابراین گیاه دچار تنش تغذیه ای نمی گردد.

- عناصر محلول بطور یکنواخت در اطراف ریشه توزیع می شوند.

- غلظت محلول تهیه شده بطور دقیق براساس نیاز گیاه تعیین می گردد.

- اگر مقدار آب آبیاری براساس نیاز گیاه تنظیم شود هدر رفت آب و عناصر غذایی کاهش خواهد یافت. علفهای هرز که در بین ردیفها می رویند از این عناصر کمتر استفاده خواهند نمود.

- استفاده کودهای محلول با این روش راحت تر و اقتصادی تر می باشد.

علاوه بر موارد فوق، اصلاح کیفیت آب آبیاری که به جذب عناصر کمک می کند از مهمترین مزایای آبکود محسوب می شود. در تغذیه گیاهی هنگامی که مشکل کمبود بوجود می آید اولین قدم شناخت علل آن است. در خیلی از موارد برای برطرف نمودن عامل مشکل (بجای مصرف کود) با اصلاح کیفیت آب کمبود تغذیه ای برطرف می شود بنابراین در موارد بروز مشکل تغذیه ای، با اصلاح آب آبیاری، که در اکثر مناطق عامل تحریک کننده کمبود عناصر کم مصرف می باشد، ممکن است مشکل تغذیه ای برطرف شود.

عوامل مؤثر در آبکود

الف) **حلالیت کود:** برای اینکه کودی بصورت آبکود مصرف گردد بایستی در آب محلول باشد بنابراین حلالیت کودها از مهمترین مسائل در استفاده از روش آبکود است.

جدول درجه حلالیت کودهای شیمیایی

نوع کود	اوره	نترات آمونیوم	سولفات آمونیوم	فسفات آمونیوم	کلرید پتاسیم	نترات پتاسیم	سولفات پتاسیم	سولفات منیزیم
درجه حلالیت(گرم)	۱۰۰۰	۱۸۳	۷۰۶	۲۲۰	۳۵۰	۱۳۳	۱۲۰	۷۱۰

حلالیت کودها بستگی به دمای آب دارد و وقتی با همدیگر مخلوط می‌شوند از حلالیت آنها کاسته می‌شود. یکی از عوامل مهم در حل نمودن کودها توجه به گرماگیری آنها می‌باشد. اکثر کودهای نیتروژنه وقتی در آب حل می‌شوند دمای آب را کاهش می‌دهند و چنانچه کود دیگری نیز در آن آب حل شده باشد باعث رسوب آن می‌شوند.

ب: صاف کردن: صاف کردن آب در آبیاری قطره ای، از گرفتگی لوله‌ها و قطره چکانها جلوگیری کرده و یکنواختی آب و کود را موجب می‌شود. سیستم صافی بستگی به کیفیت و منبع تأمین آب دارد. اکثرا سیستم صافی برای حذف ماسه و شن از آب چاهها بکار می‌رود. اگر منبع آب از رودخانه یا آب راکد باشد بایستی جلبکها و مواد آلی آنها حذف شوند. در آبکود سیستم صافی ثانویه بعد از تزریق کود نیز باید باشد تا مواد حل نشده و رسوبات وارد قطره چکانها نشوند.

ج) بافت خاک: حرکت عناصر غذایی در خاکهای شنی آنچنان محدودیتی ندارند و در خاکهای با بافت سبک آبکود نتیجه بسیار مطلوبی دارد ولی بایستی دقت نمود که مقدار مصرف آب زیاد از حد نباشد در غیر این صورت آبشویی ایجاد شده و تلفات کود را بوجود می‌آورد. در خاکهای با بافت سنگین حرکت عناصری مثل فسفر و حتی پتاسیم به قسمتهای عمقی خاک محدودتر بوده و بنابراین بعضی از کودها را نمی‌توان مصرف نمود. با وجود این محدودیتها مصرف کودها با غلظت پائین بصورت آبکودبهرتر از مصرف پخش سطحی آنها می‌باشد.

د) نوع کود: در انتخاب نوع کود مصرفی در سیستم آبکود بایستی موارد زیر در نظر گرفته شود.

۱- حلالیت کود بحد کافی باشد تا در قطره چکانها رسوب ننماید.

۲- در اختلاط با دیگر کودها واکنش شیمیایی ندهند.

۳- با توجه به نوع خاک (بازی یا اسیدی)، کود مناسب با خاک باید انتخاب شود تا در طولانی مدت pH خاک را اصلاح نماید.

۴- کودها می‌توانند خاصیت اسیدی یا بازی در محلول ایجاد کنند و هم طی فرایندهایی در خاک یون هیدروژن H^+ تولید نمایند. مانند کودهای آمونیومی که طی فرایندی تولید H^+ می‌کنند.

ه) مواد جانبی موجود در کودها: کودهای شیمیایی در واقع نمک یک عنصر خاصی می‌باشند. بنابراین در کنار عنصر غذایی، یک عنصر دیگر هم وجود دارد. مثلاً در کود کلرور پتاسیم (KCl) که هدف از مصرف آن تأمین پتاسیم است، کلر نیز وجود دارد که غلظت بالای آن برای گیاه مناسب نیست. بنابراین در انتخاب کودها بایستی به مواد جانبی موجود در آنها و نوع گیاه توجه داشت.

کاربرد آبکود در روش‌های آبیاری

از روش آبکود می‌توان در آبیاری قطره ای و بارانی هم استفاده نمود. مصرف کود بصورت محلول همراه با آبیاری موجب صرفه جویی در مصرف آب و کود می‌شود. از مزایای مهم آبیاری قطره ای می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

- کاهش هدر رفت آب
- توزیع آب در اطراف ریشه
- کاهش مصرف آب
- افزایش کارایی مصرف آب و حتی کودها
- کاهش رشد علفهای هرز

کشور ما با توجه به موقعیت جغرافیایی آن که در منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته و از لحاظ منابع آب در مناطق کشاورزی، با محدودیت روبروست و چنانچه از این منابع بطور بهینه استفاده نگردد در آینده مشکلات عمده ای را بوجود خواهد آورد. بطور کلی آبکود را می‌توان با هر سیستم آبیاری قابل کنترل

مثل آبیاری قطره ای، بارانی و حتی جوی پشته ای (فارو) استفاده نمود. در روش فارو می‌توان مخزن مایع کودی را که مجهز به شیر قابل تنظیم باشد در ورودی جوی آب سر مرزعه گذاشته و جریان شیر را طوری تنظیم نمود که بطور یکنواخت در مدت زمان آبیاری، مایع کودی وارد جوی شده و از آن داخل فاروها جریان یابد.

مقدار و زمان مصرف کودها در سیستم آبکود

قبل از پرداختن به کمیت مصرف کودها و زمان مصرف آنها لازم است موارد زیر برای برآورد دقیق نیاز غذایی، در نظر گرفته شوند.

۱. مقدار مناسب از هر عنصر بر حسب نوع محصول و رقم در طی دوره رشد (فنولوژی گیاه) فرق می‌کند. مثلاً در دوره رشد رویشی به نیتروژن بالا و در دوره رشد زایشی به پتاسیم و فسفر بیشتر نیاز می‌باشد.

۲. نسبت عناصر غذایی در محصولات مختلف متفاوت است بنابراین این نسبت بایستی با توجه به نوع محصول رعایت شود.

۳. اطلاع از مقدار عناصر موجود در خاک در تعیین مقدار مصرف کودها ضروری است.

۴. اطلاع از خصوصیات فیزیکی خاک و خصوصیات کیفی آب در تعیین مقدار مصرف عناصر غذایی بسیار مهم می‌باشد.

بطور کلی مقدار مصرف کود بسته به نیاز محصولات دارد. نیاز تقریبی آنها براساس خروج مواد غذایی از طریق گیاه و موارد دیگر (تثبیت، آبشویی) برآورد می‌شود. مقدار عنصر یا عنصری که از خاک خارج می‌گردند بایستی به طریق کوددهی شیمیایی یا آلی تأمین نمود. اصولاً گیاهان در اوایل فصل رشد (بهار) نیاز زیادی به کل عناصر بخصوص نیتروژن دارند و زمانی که رشد رویشی گیاه کامل می‌شود بایستی از مصرف نیتروژن خوداری شود.

توزیع آب و عناصر غذایی در خاک

الف) جریان آب: دو عامل عمده یعنی نیروی جاذبه و خاصیت موئینگی حرکت آب آبیاری را در خاک کنترل می‌کنند. تبخیر آب از سطح خاک سبب جریان عمودی رو به بالای آب می‌شود.

در آبیاری قطره ای آب از محل قطره چکان در دو جهت پخش شده و یک جبهه خیس را بوجود می‌آورد و شکل این خیس خوردگی بستگی به بافت خاک دارد. وقتی که میزان آبدهی قطره چکان یکنواخت و بیشتر از نفوذ آب در خاک باشد حرکت جانبی آب نیز وجود خواهد داشت.

حرکت عناصر غذایی: حرکت عناصر را در خاک، جریان توده ای و انتشار مشخص می‌کند. جریان توده ای همان حرکت عناصر با جریان آب می‌باشد و انتشار در اثر فشار اسمزی ناشی از اختلاف شیب غلظت در محلول خاک است.

حل شدن بعضی از کودها در آب سبب کاهش دمای آب می‌گردد و در نتیجه ممکن است باعث رسوب کودهای دیگر گردد. برای از بین بردن این مشکل لازم است کودها بطور تک تک در مقداری آب حل شده سپس به تانکر اصلی ریخته شود یا بایستی کودها را بتدریج در تانکر اصلی حل نمود. تعبیه یک پمپ به هم زن نیز در داخل تانکر لازم است تا مواد را کاملاً محلول و یکنواخت نماید.

محاسن کوددهی به روش آبکود

عمده مواد غذایی از طریق ریشه گیاه به صورت یونهای محلول در آب جذب می‌شوند، بنابراین کود به هر شکل و به هر طریق که مصرف شود، باید در آب حل و سپس جذب گردد. طبعاً روش کوددهی از طریق آبیاری بهترین روش کوددهی بوده و دارای امتیازات زیر می‌باشد:

- در دسترس قرار دادن مواد غذایی در زمان نیاز فوری گیاه

- کارایی کود و آب را افزایش می‌دهد

- ریشه گیاه سالم تر می‌ماند

- کاهش آبشویی و تصعید

- صرفه جویی در زمان و انرژی و هزینه ها

- امکان کاربرد همراه با سم و سایر مواد شیمیایی
- کاهش میزان مصرف کود و آب آبیاری
- افزایش مقاومت به آفات و بیماریها
- عدم آلودگی محیط زیست

اگرچه با همه روشهای آبیاری، مصرف کود با آب آبیاری (آبکود) ممکن است، ولی با توجه به توسعه سیستمهای آبیاری تحت فشار در کشور، ضرورت دارد کودهای مناسب این روش برای افزایش کارایی آنها، در کشور تولید گردد تا مصرف کود از طریق آبکود افزایش یابد.

۵- محلول پاشی یا تغذیه برگ گیاهان

افزایش روزافزون قیمت کودهای شیمیایی در جهان و ضرورت اقتصادی شدن تولید و همچنین آلودگی آبهای زیرزمینی و تخریب ساختمان خاک در اثر مصرف بی رویه کودهای شیمیایی، از جمله مشکلاتی هستند که بایستی با روشهایی آنها را برطرف نمود. تغذیه برگ روشی است جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و خطرات محیطی آنها و بخصوص که امروزه سیاست کاهش مصرف سم و بهینه سازی مصرف کود در دنیا مطرح شده است. در کشور ما نیز به خاطر اهمیت مساله، شورای عالی سیاستگذاری سموم و مصرف بهینه کود، تشکیل شده است بنابراین تغذیه برگ از اهمیت ویژه ای برخوردار خواهد بود. با تغذیه برگ می توان عناصر غذایی را زمانی که اثر سریع لازم است مستقیماً در اختیار شاخ و برگ قرار داد. در بعضی موارد مخصوصاً موقعی که پدیده ناسازگاری (آنتاگونیستی) در جذب مواد از طریق ریشه اشکال ایجاد می کند و یا افزودن موادی به خاک، موجودات زنده خاک را از بین می برد تغذیه برگ اهمیت زیادی پیدا می کند.

محلول پاشی عناصری مثل: بور، مس، منیزیم، منگنز و روی ضمن کاربرد آسان و برطرف نمودن سریع کمبود، با توجه به شرایط خاکهای کشورمان باعث کاهش سمیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک و جلوگیری از تثبیت آن ها، مناسب تر است. بدون شک در اکثر باغها و مزارع کشور با توجه به وضعیت خاک (pH بالا و

آهکی بودن) و کمبود عناصر کم مصرف، از کمیت و کیفیت محصولات کاسته میشود. حداقل برای رفع کمبود عناصر کم مصرف که به مقدار خیلی کم (چند میلی گرم در کیلوگرم) برای گیاه نیاز هست با اختلاط این عناصر با سموم در هر نوبت سمپاشی می‌توان کمیت و کیفیت محصولات را بهبود بخشید.

محاسن تغذیه برگی

۱- جذب پایین عناصر در خاک: در خاکهای آهکی کشاورمان به دلیل بالا بودن pH و آهک فراوان و مصرف کودهای فسفاته بیش از نیاز، جذب آهن و روی معمولاً کم است و تحت چنین شرایطی کمبود آهن و روی دیده می‌شود. محلول پاشی در چنین مواقعی مؤثرتر و با صرفه تر از مصرف کلاتهای آهن و روی گرانقیمت، در خاک است.

یکی از عوامل مهم در کاهش عملکرد و کیفیت محصولات مناطق نیمه خشک و خشک، پایین بودن کارایی کودها و جذب عناصر غذایی است. در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل کاهش رطوبت در قسمت بالایی خاک، در طول فصل رشد، هم ریشه‌های موجود در قسمت بالا خشک می‌شوند و هم عناصر غذایی در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرند. تحت چنین شرایطی مصرف کود در خاک مخصوصاً عناصری مثل پتاسیم، فسفر و عناصر کم مصرف که تحرک کمی در خاک دارند، کارایی کمتری خواهند داشت.

۲- کاهش فعالیت ریشه در طول مرحله زایشی

در طول مرحله زایشی، در اثر رقابت برای جذب کربوهیدراتها بین اندامهای زایشی و ریشه‌ها، از فعالیت ریشه‌ها کاسته می‌شود در نتیجه جذب مواد غذایی کاهش می‌یابد. در این مرحله محلول پاشی عناصر غذایی جبران کاهش جذب را می‌نماید. در محصولاتی نظیر گندم، جو و بقولات در مرحله زایشی بین نمو دانه‌ها و رشد ریشه‌ها رقابت شدیدی بوجود می‌آید. مخصوصاً در گیاهان بقولات که به تثبیت نیتروژن وابسته می‌باشند رشد گره‌ها از یک طرف و نمو دانه‌ها از طرف

دیگر برای جذب کربوهیدراتها با هم رقابت نموده و در نتیجه کاهش رشد گره‌ها و عملکرد را به دنبال خواهد داشت.

مکانیسم جذب عناصر غذایی از طریق اندامهای هوایی

جذب عناصر غذایی توسط برگها در سه مرحله صورت می‌گیرد:

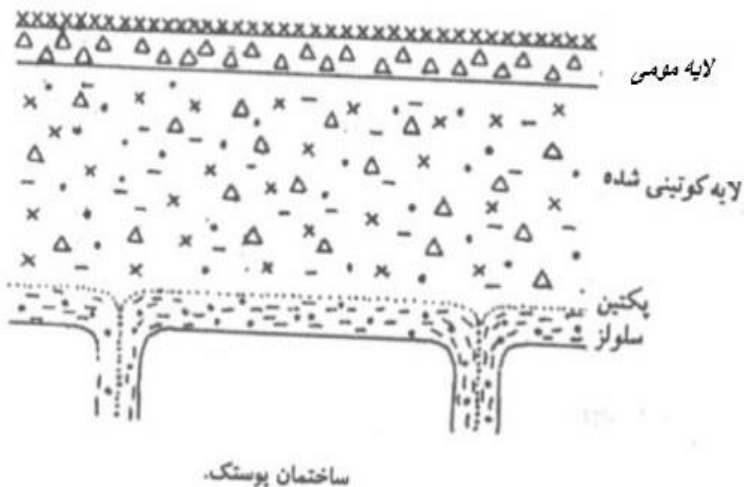
- نفوذ مواد غذایی از پوستک (کوتیکول یا دیواره سلولی)

- جذب سطحی روی غشاء پلاسمایی

- عبور از غشاء پلاسمایی و ورود به سیتوپلاسم

در زیر چگونگی نفوذ مواد، ساختمان و عمل لایه پوستک (کوتیکول) تشریح شده است.

الف) ساختمان و عمل لایه پوستک: لایه خارجی سلولهای اپیدرمی با پوستک پوشیده می‌شود. پوستک معمولاً از سه لایه تشکیل شده است (شکل)



بیرونی ترین لایه پوستک موم (Wax) است این موم توسط سلولهای اپیدرمی ترشح و دارای زنجیره طولی از الکلها و اسیدهای چرب می‌باشد. زیر این لایه، لایه ای از کوتین آغشته به موم قرار دارد. کوتین مخلوطی از زنجیره طولی اسیدهای چرب می‌باشد. خواص فیزیکی و شیمیایی کوتیکول به طرف خارج و داخل آن متفاوت است. به طرف داخل خواص آبدوستی (Hydrophilic) و به سمت خارج خواص آبگریزی (hydro phobic) دارد. لایه سوم لایه کوتینی شده و حاوی اسکلت سلولزی است که با کوتین، موم و پکیتن اندود شده است. پوستک وظایف متعددی دارد. وظیفه عمده آن حفاظت برگ از اتلاف آب توسط تعرق است. وظیفه دیگر پوستک، محافظت مواد آلی و معدنی گیاه در مقابل شستشو توسط باران است. پوستک در مقابل حمله آفات و امراض و کنترل دمای گیاه نقش مهمی دارد.

ب) نحوه نفوذ مواد غذایی به داخل سلولهای برگ: در مورد چگونگی ورود مواد از پوستک نظریات مختلفی وجود دارد. آخرین نظریه در مورد نفوذ مواد به داخل برگ بدین صورت است که نفوذ موادی با وزن مولکولی پایین (قند و عناصر معدنی) و تبخیر آب، از میان پوستک و از طریق روزنه‌های هیدروفوبیک موجود در پوستک صورت می‌گیرد. قطر این روزنه‌ها تقریباً یک نانومتر و تراکم آنها حدود ۱۰ روزنه در سانتی متر مربع می‌باشد. این روزنه‌ها به مواد محلول مثل اوره قابل نفوذ اما مولکولهای درشت تر مثل کلاتها غیر قابل نفوذ هستند همچنین جذب کاتیونها توسط برگ سریعتر از آنیونهاست (کاتیون NH_4^+ در مقابل آنیون NO_3^-).

علاوه بر این روزنه‌ها، یکسری روزنه نیز در اطراف سلولهای نگهبان منافذ تنفسی (استوماتها stomata) وجود دارد که این روزنه‌ها نه تنها از نظر ضخامت با



سایر روزنه‌ها فرق می‌کنند بلکه از نظر نفوذپذیری نیز خواص متفاوت دارند و عمدتاً محللهایی هستند که ملکولهای درشت از اینجا نفوذ می‌نمایند. استومات‌ها در جذب مواد غذایی از طریق برگ چندان مشارکتی ندارند. به خاطر اینکه اولاً اندازه قطرات آب به دلیل کشش سطحی به مراتب بزرگتر از روزنه استومات می‌باشد ثانیاً ثابت شده است که سرعت نفوذ مواد در شبها که استوماتها بسته هستند خیلی بیشتر از روز است. مواد غذایی از سطح برگ تا غشاء پلاسمایی به طریق انتشار، حرکت می‌کند و از غشاء به داخل سلول مثل جذب در ریشه‌ها می‌باشد.

مزرعه چغندر

عوامل مؤثر در جذب مواد غذایی از طریق برگ

- **عوامل محیطی نور، دما و رطوبت نسبی:** عوامل محیطی جذب مواد محلول پاشی شده را با نمو کوتیکول تحت تاثیر قرار می‌دهند. مقدار کوتین و موم، در شدت نور بالا بیشتر از شدت نور پائین است. به این جهت با افزایش شدت نور، این لایه ضخیم تر می‌شود. دمای بالا توسعه برگ و مقدار موم را افزایش می‌دهد و رطوبت نسبی هوا اگر کم باشد سبب خشک شدن سریع محلول از سطح برگها شده در نتیجه از مقدار جذب می‌کاهد.
- **سن، سطح برگ و گونه گیاهی:** به سه دلیل جذب عناصر محلول پاشی شده از برگها و اندامهای جوان بهتر صورت می‌گیرد:
- ضخامت لایه پوستک در اندامهای جوان کمتر است و در نتیجه نفوذ بهتر صورت می‌گیرد.
- سلولهای جوان قدرت متابولیکی بالایی دارند و می‌توانند مواد جذب شده را وارد چرخه مصرف و تولید نمایند و همچنین قدرت جذب بالایی دارند.

- با مسن شدن سلول، نفوذپذیری غشاء پلاسما افزایش یافته و مواد موجود در داخل سلول به آپوپلاست (فضای مشترک بین دو سلول) نفوذ می‌نمایند در نتیجه سلول به مواد محلول پاشی پاسخ نمی‌دهد.

سطح پائین برگ نسبت به سطح بالائی آن، قدرت جذب بیشتری دارد و همچنین نوع موم موجود در سطح برگ در جذب مواد مؤثر است. گونه‌های گیاهی با توجه به ساختمان پوستک سلولهای اپیدرمی پاسخ‌های متفاوتی نسبت به محلول پاشی دارند.

- **وضعیت تغذیه ای گیاه:** زمانی که گیاه دچار کمبود عنصری می‌شود با محلول پاشی آن عنصر، جذب بیشتر و سریعتر است. موقعی که نیتروژن به مقدار زیاد در شیره سلولی گیاه موجود باشد محلول پاشی نیتروژن تاثیر زیاد در رشد و نمو آن نخواهد داشت ولی به هر حال در صورت تغذیه مطلوب گیاه با عناصر غذایی اصلی، جذب عناصر کم مصرف با سهولت بیشتری انجام خواهد گرفت.

- **ترکیب شیمیایی و pH مواد مصرفی:** ترکیبات مختلف یک عنصر به مقادیر مختلف جذب می‌شوند. مثلاً جذب منیزیم از سولفات منیزیم ۸ درصد، از نیترات منیزیم ۷۱ درصد، کلرور منیزیم ۶۴ درصد، استات منیزیم ۳۲ درصد و فسفات منیزیم ۱۴ درصد می‌باشد. جذب بعضی از مواد معدنی توسط برگها و سایر اندامهای هوایی بستگی به pH آن محلول دارد. جذب اوره توسط برگها در $pH = 5/4 - 6/6$ حداکثر، در $pH = 7$ متوسط و در $pH = 7/3$ حداقل می‌باشد. بهترین pH لازم برای جذب کلسیم ۷ می‌باشد و بیشترین جذب فسفر در $pH = 5 - 6$ و در پتاسیم فسفات در محدوده ۷-۸ است. اضافه نمودن اوره به محلولهای Mo, Mg، P و Fe جذب آنها را در گونه‌های مختلف گیاهی افزایش می‌دهد.

- **مویانها:** به طور کلی مویانها موادی هستند که باعث افزایش امولسیون کنندگی، مرطوب کنندگی، چسبنده‌کنندگی و دیگر خصوصیات مایعات بر روی سطح برگ می‌شوند. مصرف این مواد سبب کاهش کشش سطحی

قطرات محلول شده و سطح تماس محلول و سطح برگ افزایش یافته و در نتیجه جذب نیز افزایش خواهد یافت.

نفوذ عناصر غذایی در برگ

نفوذ عناصر از سطح برگ، به ساختمان و ترکیب شیمیایی آن بستگی دارد. با توجه اینکه لایه کوتیکول در سطح برگ وجود دارد بنابراین مواد محلول پاشی شده بایستی از آن عبور نمایند. لایه خارجی پوستک عمدتاً از واکس تشکیل شده که خاصیت آب‌گریزی شدید دارد و یکی از وظایف آن حفظ رطوبت برگ است و جذب از طریق برگ بوسیله این واکسها تنظیم می‌گردد.

نفوذ مواد از کوتیکول یک فرایند انتشاری است. مواد محلول پاشی شده روی سطح برگ غلظتی بالاتر از غلظت آب موجود در آپوپلاست برگ دارد و این اختلاف غلظت نیروی اصلی جهت انتشار به داخل برگ است. اکثر کودهای محلول پاشی شده نمکهای معدنی هستند اما موادی مثل اوره، کلاتهای عناصر کم مصرف و اسیدهای ضعیف مثل اسید بوریک نیز محلول پاشی می‌شوند.

از آنجائیکه نمکهای معدنی الکترولیتهای قوی هستند، در آب یونیزه شده و توسط مولکولهای آب احاطه می‌شوند. مواد معدنی یونیزه شونده برخلاف مواد مولکولی بطور مستقیم از کوتیکول منتشر نمی‌شوند و به مسیرهای آبدار جهت عبور از کوتیکول نیاز دارند و این مسیرها توسط روزنه‌های آبدار (روزنه‌های آبگریز) بوجود می‌آید. شعاع این روزنه‌ها با توجه به گونه گیاهی و شرایط محیطی متفاوت است متوسط اندازه آنها کمتر از یک نانومتر با تراکم ۱۰ روزنه در سانتی متر مربع گزارش شده است. روزنه‌های آبدار براساس مقدار رطوبت نسبی هوا متورم یا چروکیده می‌شوند بطوری که هوای مرطوب سبب متورم شدن کوتیکول شده و باز شدن این روزنه‌ها را تحریک می‌نماید در نتیجه نفوذ آب و مواد محلول افزایش می‌یابد.

آبشویی عناصر از برگ

مواد محلول در برگها از منابع مختلف به وجود می‌آید و به روش‌های مختلف می‌تواند توسط آب باران، آبیاری بارانی و مه غلیظ شسته شده و از دسترس گیاه خارج شود. منابع مواد محلول در برگ‌ها عبارتند از ترشح مواد به خصوص کلرور سدیم در گیاهان هالوفیت یا گیاهان شوره زار (halophyte)؛ تجمع مواد در حاشیه و نوک برگ در اثر تعریق؛ آبشویی از برگهای صدمه دیده؛ آبشویی از آپوپلاست برگها.

آبشویی با افزایش سن برگ زیاد می‌شود با شروع پیری بافت، نفوذپذیری غشاء افزایش می‌یابد و به دنبال آن مواد معدنی و آلی در آپوپلاست بافت برگ افزایش می‌یابد. افزایش غلظت مواد در آپوپلاست زمینه را برای خروج این مواد به خارج برگ فراهم ساخته و با آب باران شسته می‌شوند. آبشویی مواد از اندامهای هوایی روی ثبات و یا نابودی گونه‌ها و پوشش رویشی تأثیر گذار است. در درختان جنگلی بارانهای اسیدی و تجمع نیتروژن، رشد آنها را تغییر می‌دهد. جذب این عناصر از اندامهای هوایی ممکن است سبب تحریک رشد در بعضی از گونه‌ها شده و یا توقف رشد برخی گونه‌های دیگر را دنبال داشته باشد.

گیاه سوزی در اثر محلول پاشی

از مشکلات عمده محلول پاشی، گیاه سوزی در اثر افزایش غلظت محلول می‌باشد. علت اصلی آن، عدم تعادل موضعی عناصر غذایی در یک قسمت از برگها می‌باشد. دلیل دوم گیاه سوزی، بالا بودن پتانسیل اسمزی محلول غذایی است که البته نقش نسبتاً کمی دارد. دلیل سوم، در بعضی از موارد گیاه سوزی، وجود مواد جانبی نمک محلول است مثلاً در اوره وجود بیورت (Biuret) (نوعی ماده نیتروژنه غیر پروتئینی که در تغذیه دام مورد استفاده می‌باشد) سوختگی را تشدید می‌نماید. سوختگی حاشیه برگ در اثر محلول پاشی با اوره در اثر تجزیه اوره به آمونیوم توسط آنزیم اوره آز در برگ نمی‌باشد. بلکه تجمع اوره در برگ عامل اصلی گیاه سوزی است مصرف اوره بصورت محلول پاشی روی گیاهان سبب تصعید آمونیوم می‌گردد و مقدار هدر رفت نیتروژن از سطح برگهای محلول پاشی شده حدود ۴ تا

۳۰ درصد، در هوای خشک می‌رسد. یکی دیگر از عوامل گیاه سوزی pH محلول می‌باشد. بطور کلی گیاه سوزی، در pH پایین کمتر از pH بالا می‌باشد. با توجه به موارد فوق برای کاهش گیاه سوزی موارد زیر را بایستی رعایت نمود.

- استفاده از نمکهای نسبتاً خالص (در مورد اوره مقدار بیورت بایستی در حداقل باشد).

- استفاده از غلظتهای مناسب (در استفاده از نمکهای مختلف لازم است با غلظت پایین (۲ تا ۵ در هزار) در سطح کوچک امتحان شوند سپس محلول پاشی کلی صورت گیرد).

- در اختلاط چند نمک بایستی EC (electrical conduction) محلول را کنترل نمود. افزایش EC بالای ۴ دسی زیمنس (۴۰۰۰ میکروموس) مشکل ساز خواهد بود.

- افزایش اندکی ساکارز و یا مواد شوینده، گیاه سوزی را کاهش می‌دهد.

- در زمینهای شور و خشک در محلول پاشی بایستی دقت نمود. غلظت بالای محلول و شوری، گیاه سوزی را تشدید می‌نمایند. در این شرایط اولاً بایستی غلظت محلول را پایین تر در نظر گرفت ثانیاً محلول پاشی پس از آبیاری صورت گیرد تا گیاه سوزی کاهش یابد.

متابولیسم اوره محلول پاشی شده

محلول پاشی اوره یکی از روشهای معمول در تغذیه نیتروژنه گیاهان زراعی و باغی می‌باشد. با این حال محلول پاشی اوره در غلظتهای بالا باعث سوختگی برگها می‌شود. شدت سوختگی برگی به وضعیت تغذیه ای گیاه و عنصر نیکل مرتبط است. در گیاهان بدون تغذیه نیکل فعالیت آنزیم اوره آز در برگها پایین بوده و محلول پاشی اوره باعث تجمع اوره و سوختگی حاشیه ای می‌گردد.

تجمع اوره در گیاهان بدلیل کمبود نیکل صورت می گیرد و با افزایش غلظت نیکل، به دلیل فعال شدن آنزیم اوره آز، فعل و انفعالات نیتریفیکاسیون افزایش می یابد.

به هر حال اوره به هر شکل که وارد گیاه شده باشد بایستی وارد واکنش های بیوشیمیایی شده تا در گیاه تجمع نیابد. در وهله اول اوره توسط آنزیم اوره آز به آمونیوم تبدیل می شود. پس از این تبدیل اسیدهای آمینه مختلف تشکیل شده و می تواند در تولید سایر اسیدهای آمینه، پروتئینها، اسیدهای نوکلئیک مصرف شود.

مقایسه جذب عناصر از طریق محلول پاشی و سطح ریشه

از لحاظ مکانیسم جذب تفاوتی بین جذب از طریق برگ و یا ریشه وجود ندارد ولی موانعی که سبب عبور مواد می شود در دو اندام متفاوت است مثلاً در سطح اندامهای هوایی مواد آب گریز (لایه مومی کوتیکول) وجود دارد که عبور محلولها را به شدت کاهش می دهد. کارایی محلول پاشی را ۸ تا ۲۰ مرتبه بیشتر از مصرف خاکی تخمین زده اند. با این حال این مقدار کارایی، در عمل در اثر عدم رعایت اصول محلول پاشی بدست نمی آید.

یکی از تفاوت های عمده جذب از طریق ریشه و یا برگ غلظت مواد بکار رفته است. غلظت محلول خاک که ریشه در آن قرار دارد معمولاً خیلی رقیق است ولی غلظت محلول پاشیده شده به برگها مخصوصاً در هوای گرم خشک بشدت بالا می رود که این غلظت را ریشه نمی تواند تحمل نماید. عناصر غذایی بایستی از این محلول غلیظ جذب برگ شوند. بدون در نظر گرفتن محل ورود یونها، مواد محلول پاشی شده بایستی سریعاً جذب شوند تا کارایی محلول پاشی بیشتر شود بنابراین اوره و اسید آمینه های مصنوعی از موادی هستند که به راحتی جذب می شوند. جذب کلاتهائی که از اسیدهای آمینه ساده و یک عنصر مثل روی یا منگنز تشکیل شده اند براحتی صورت می گیرد. ولی کلاتهائی آهن از طریق اندامهای هوایی با توجه به درشت بودن مولکول آنها جذب کمتری دارند.

از محاسن عمده استفاده از کلاتها با بنیان اسید آمینه اینست که خود آمینو اسید جزء ساختمان غشاء سلولی بوده و راحت جذب می‌شود. حتی این ماده می‌تواند نفوذپذیری کوتیکول را که یک ماده آب‌گریز است افزایش دهد. انتقال مواد کلاته شده با بنیان اسید آمینه نیز براحتی صورت می‌گیرد چون اکثر یونها بصورت کمپلکس منتقل می‌شوند. در بعضی تحقیقات مشخص شده که افزایش کمی اوره به مواد دیگر مقدار جذب آنها را افزایش می‌دهد. دلیل این مسئله کاملاً مشخص نیست. ولی نتایج تحقیقات نشان داده است که اوره نفوذپذیری کوتیکول را با تغییر در ساختمان آن، تغییر داده و جذب اوره و دیگر مواد محلول پاشی شده افزایش می‌یابد. تفاوت اصلی جذب از طریق ریشه و اندامهای هوایی در موانع موجود در قسمت اندامهای هوایی می‌باشد و لذا پس از عبور یون از لایه‌های آب‌گریز در برگ، مکانیسم مولکولی جذب در هر دو بافت یکسان می‌شود.

معایب محلول پاشی

محلول پاشی نسبت به مصرف خاکی، تأثیر سریع روی برطرف نمودن کمبود عناصر غذایی دارد ولی این تأثیر موقتی بوده و مشکلاتی نیز وجود دارد که عبارتند از:

- مقدار نفوذ مواد محلول پاشی شده به خصوص در برگهای باکوتیکول ضخیم، کمتر است (۱۰٪ اوره محلول پاشی شده جذب می‌شود).
- آبدوی مواد محلول پاشی شده از سطح برگها
- خشک شدن مواد محلول پاشی شده در سطح برگ
- شستشو توسط باران
- سوختگی برگی

بطور کلی محلول پاشی یک روش تکمیلی تغذیه گیاهی است و لذا در خیلی از موارد نمی تواند جایگزین مصرف حاکی شود.

تعیین نیاز به محلول پاشی

بعضی اوقات محلول پاشی با هدف خاصی انجام نمی‌شود و کشاورزان تنها براساس توصیه فروشندگان کود و سم اقدام به خرید و محلول پاشی می‌نمایند که این روش درست نمی‌باشد. روشهای مختلفی برای تعیین نیاز به محلول پاشی، فواید محلول پاشی و مصرف مواد مختلف وجود دارد. این روشها عبارتند از:

۱- علائم کمبود یا پیشینه کمبود: در مناطقی که تولید یک نوع محصول بمدت طولانی صورت می‌گیرد و بر همکنش خاک و محصول مشخص شده است، کمبود بعضی از عناصر قابل پیش بینی است و مشاهده علائم در مزرعه امکان پذیر می‌باشد.

۲- تجزیه گیاه: تجزیه گیاه مفید تر از پیشینه کمبود و یا تجزیه خاک، برای تشخیص نیاز به محلول پاشی است. تصمیم اینکه محلول پاشی یک روش مناسب برای رفع کمبود می‌باشد، بستگی به کمبود نوع عنصر غذایی دارد. مثلا رفع کمبود عناصر غذایی از طریق محلول پاشی در کمبودهایی که توسط عناصر کم مصرف بوجود می‌آیند مناسب تر از رفع کمبود عناصر نیتروژن، فسفر و یا پتاسیم از طریق محلول پاشی است.

نکاتی در کاربرد عناصر و کاربری محلول پاشی

واکنش گیاه در کاربرد عناصر و کاربری محلول پاشی شامل موارد:

-واکنش به آفات و بیماری‌ها: امروزه ثابت شده است یکی از راههای افزایش مقاومت گیاهان به آفات و بیماریها تغذیه مناسب و تقویت تغذیه ای آنها می‌باشد. وجود نیتروژن زیاد در خاک، مقدار آب و نیترات سلولهای گیاهی را افزایش داده و موجب جذب شته‌ها که از شیر گیاهان تغذیه می‌کنند، می‌شود.

وجود آمینواسیدهای زیاد که در اثر مصرف زیادی نیتروژن و یا کمبود پتاسیم دیده می‌شود، حساسیت ابتلا به بیماری‌ها را افزایش می‌دهد. تغذیه نامتعادل گیاه به خصوص مصرف بیش از نیاز، حساسیت گیاه را به آفات افزایش می‌دهد.

بور (B) یکی دیگر از عناصر غذایی است که در مقاومت گیاهان نقش ایفاء می‌کند. از موارد دیگر، نقش سیلیس که یک عامل مقاومت در مقابل حشرات مکنده و جونده است.

یکی دیگر از عناصر مهم در کاهش بعضی از بیماریها، کلسیم است، اکثر قارچهای بیماری‌زا با تولید آنزیمهای دیواره سلولی را هضم می‌کنند. فعالیت این آنزیم‌ها با مقدار کلسیم به شدت کاهش می‌یابد.

یکی دیگر از عناصر مهم در کاهش بیماریها مس است که در قارچ کشها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. مصرف خاکی یا حتی محلول پاشی سولفات مس هم در کاهش بعضی بیماریها مؤثر است.

- **افزایش جذب عناصر از خاک:** یکی از موضوعاتی که در تغذیه گیاهی مطرح شده است موضوع افزایش جذب عناصر غذایی از خاک، در گیاهانی است که محلول پاشی شده‌اند. براین اساس گفته می‌شود که محلول پاشی سبب ترشح مواد قندی و سایر مواد از ریشه به محل خاک می‌گردد. ترشح این مواد باعث بهبود فعالیت میکروبی در ریزوسفر شده و قابلیت جذب مواد را افزایش می‌دهد.

- **استقرار گیاه:** در گیاهانی که تازه نشاء شده‌اند محلول پاشی یکی از موارد مهم در استقرار گیاه می‌باشد. آغاز رویدن ریشه‌ها در نشاء نیاز به کنترل تورژسانس (Turgescence) (آماسیدگی) در بافت استیل هست. اگرچه در هنگام انتقال نشاء تنش آبی باعث کاهش فتوسنتز و رشد سایر قسمتها می‌شود ولی تأمین مواد غذایی، بخصوص قندها و خود آب، تورژسانس گیاه را افزایش داده و انرژی لازم برای زنده ماندن را تأمین می‌کند. بنابراین می‌توان قبل از کندن گیاه، مواد قندی روی آنها محلول پاشی نمود و ذخیره انرژی را افزایش داد و برای این کار می‌توان محلول ۲۰ در هزار ساکارز را قبل از انتقال نشاءها محلول پاشی نمود.

-تنش‌های محیطی: بعد از تنش‌های محیطی مثل تنش سرما و تگرگ، گیاه دچار کاهش رشد در اثر صدمه دیدن در قسمت‌های زایشی و رویشی می‌گردد و در این مواقع محلول پاشی می‌تواند اثر سوء تنش را کمی جبران نماید.

-کنترل عوارض فیزیولوژیکی: یکی از کاربردهای مهم محلول پاشی کنترل فیزیولوژیکی گیاهان می‌باشد.

ضرورت محلول پاشی کلسیم

نقش کلسیم (Ca) در استحکام دیواره سلولی، پایداری غشاء پلاسمایی، رشد و توسعه (فرایندهای هورمونی)، تنظیم اسمزی، حفظ تبادل کاتیون-آنیون و فعال کننده آنزیم آلفا آمیلاز(تجزیه کننده زنجیره کربوهیدرات‌ها مانند نشاسته و حاوی یون کلسیم) بوده و با فراوانی کلسیم، مقاومت گیاهان نسبت به مسمومیت بور (B) افزایش می‌یابد. کلسیم به دلیل چسبیده بودن در دیواره سلولزی سلولهای برگ و یا نگهداری در واکوئل‌ها بر خلاف پتاسیم نمی‌تواند آزادانه جابجا شود.

شرایط آهکی خاک‌های زیر کشت، بالا بودن pH و وفور کلسیم و نهایتاً تجمع آن در برگ‌ها باعث شده کمبود این عنصر حیاتی مورد توجه قرار نگیرد و این همان غفلتی است که در مورد عنصر پتاسیم وجود داشت تا اینکه با انجام آزمایش‌های متعدد کودی مشخص شد که در اکثر محصولات زراعی و باغی مخصوصاً در خاک‌های سبک و گیاهان پرتوقع نیاز به کود پتاسیمی می‌باشد. کلسیم (Ca) از طریق ایفاء چهار نقش اساسی در حیات گیاهان بسیار مهم و مؤثر می‌باشد. غشاء سلولی را پایدار می‌نماید؛ در ساختمان دیواره سلولی شرکت دارد؛ بر روی آنزیم‌ها تأثیر گذار می‌باشد و در فرآیند هورمونی دخالت دارد. با توجه به نقش کلسیم در استحکام و کیفیت محصول، ضرورت توجه به آن بیش از بیش احساس می‌گردد. در اکثر محصولات باغی منجمله سیب، گلابی، زردآلو و نیز در گل‌های زینتی، توت فرنگی، گوجه فرنگی، هندوانه و به لحاظ نقش کلسیم در ارتقاء کیفیت و بازار پسندی، استفاده از املاح کلسیمی به صورت محلول پاشی

حائز اهمیت می‌باشد. سیب یکی از مهمترین محصولات باغی است که کیفیت آن رابطه تنگاتنگی با تغذیه متعادل و منجمله کلسیم دارد.

کلسیم عملاً فقط با آب و نه با شیره آوند آبکش انتقال می‌یابد. چون قابلیت نفوذ کلسیم به درون سلولهای آوند آبکش بسیار ناچیز است، بنابراین علاوه بر دشواری نفوذ کلسیم به درون آوندهای آبکش، به دلایل درشتی کلسیم، آبدار بودن و نداشتن حامل (Carrier)، کلسیم نمی‌تواند در درون آوند آبکش جریان داشته باشد.

عدم انتقال کلسیم از طریق آوند آبکش به معنی غیر متحرک بودن کلسیم موجود در اندامهای پیر گیاه می‌باشد و این کلسیم در صورت لزوم نمی‌تواند برای رشد بافت‌های مریستمی مورد استفاده قرار گیرد. این امر منتج بدان می‌شود که اندامهای ذخیره ای که از شیره آوند آبکشی تغذیه می‌شوند، کلسیم کمی داشته باشند. در این حالت عدم تغذیه کافی با کلسیم می‌تواند کمبود فیزیولوژیکی کلسیم را ایجاد نماید و وجود این مسئله برای بسیاری از گیاهان زیان آور می‌باشد جابجایی کلسیم از آوندهای چوبی به سلول‌ها و بافت‌های مجاور نیز بسیار کم و یک فرآیند بسیار ضعیفی است و این نیز خود تأیید کننده دشواری عبور کلسیم از دیواره سلولی می‌باشد.

کلسیم (Ca) دارای بار الکتریکی بوده و چون اندازه یون‌های آن درشت می‌باشد و از طرف دیگر ناقل (Carrier) نیز ندارد، بنابراین در درون آوندهای آبکش که دارای قطر بسیار کوچکتری نسبت به آوندهای چوبی هستند، نمی‌تواند حرکت نماید (کلسیم در آوند های چوبی همراه با جریان تعرق بالا می‌آید). کلسیم به دلیل در ششی در درون واکوئل‌های سلول‌های زنده تثبیت شده و بدین ترتیب رسوب می‌نماید و لذا نمی‌تواند از سلول‌های برگ به داخل آوندهای آبکش وارد شود. به عبارت دیگر کلسیم بصورت حرکت توده ای (Mass flow) در آوندهای چوبی حرکت می‌کند. چون سلولهای آوندهای چوبی مرده است ولی در آوندهای آبکش چون سلول‌های زنده است و این سلول‌های زنده محتوی واکوئل و سایر اندام‌های زنده و فعال هستند، بنابراین کلسیم در واکوئل‌های سلول‌های زنده

آوندهای آبکش از طریق نفوذ در غشاء سپتوپلاسمی و چسبندگی به دیواره غشاء سلولی تثبیت گردیده و بدین ترتیب نمی توانند حرکت نمایند.

کلسیم از طریق آوندهای چوبی منتقل می‌شود و لازمه رسیدن آن به بافت‌های تعرق است و در قسمتهایی از گیاه که تعرق کمتر است کمبود کلسیم اتفاق می‌افتد و باید از طرق ممکن برای تامین کلسیم قسمتهای با تعرق کم اقدام نمود.

نقش کلسیم در گیاه

تحقیقات انجام شده نشان داده است رابطه ای مستقیم بین کلسیم و جذب عناصر غذایی به وسیله گیاه وجود دارد. همچنین کلسیم مانع تجزیه کلروفیل و پروتئین‌ها شده و نهایتاً سبب افزایش نفوذ پذیری غشای پلاسمایی می‌شود. کلسیم یکی از عناصری است که باعث به تعویق افتادن پیری می‌شود و این عمل را با تأثیر در کاهش تولید اتیلن در غشاء انجام می‌دهد.

باندهای کلسیم به صورت پکتات کلسیم در تیغه میانی برای استحکام دیواره‌های سلولی و بافت گیاهی و اتصال سلول‌ها به هم ضروری هستند.

زمانی که کلسیم به حد کافی وجود داشته باشد از تجزیه پکتات‌ها جلوگیری بعمل می‌آید. البته مقدار پکتات کلسیم دیواره سلولی تحت تأثیر نور دریافتی هم قرار گرفته و گیاهانی که نور کافی دریافت کنند پکتات کلسیم بیشتری هم دارند. کلسیم صدمات ناشی از سرمازدگی و انجماد را با افزایش خروج مواد با وزن مولکولی کم مثل پتاسیم به خارج سلول کاهش می‌دهد. همچنین کلسیم در واکوئل با تشکیل اکسالات کلسیم و نترات کلسیم فشار اسمزی داخل سلول را کم می‌کند.

اثرات آنآگونسمی کلسیم با سایر عناصر غذایی در گیاه: مطالعات نشان داده که کلسیم در گیاه با میزان پتاسیم، منیزیم و نیتروژن آمونومی در ارتباط می‌باشد و در شرایطی که غلظت عناصر فوق در بستر کشت بیشتر باشد، جذب کلسیم کمتر می‌شود.

پتاسیم از جذب کلسیم ممانعت بعمل می‌آورد در این میان EC بالای خاک هم می‌تواند نتیجه مشابه با پتاسیم را در جذب کلسیم داشته باشد.

محلول پاشی عناصر غذایی به ویژه ریزمغذی‌ها با استفاده از هواپیما

یکی از روش‌های حائز اهمیت محلول پاشی با استفاده از هواپیما می‌باشد. در برخی کشورها در سطح وسیعی اکثر محصولات زراعی و باغی مخصوصاً با استفاده از کودهای محلول نظیر نترات پتاسیم حتی با غلظت ۱۰ درصد، از هواپیما استفاده می‌شود. همینطور استفاده از مدل کامپیوتری، در تغذیه بهینه محصولات زراعی و باغی و در روش کود آبیاری یا آبکود در برخی کشورها مانند آمریکا، صورت می‌گیرد.

برای افزایش کمی و کیفی محصولات به ویژه غنی سازی محصولات کشاورزی رعایت موارد زیر از سوی محققین توصیه شده است.

- در کلیه مناطقی که از هواپیما برای مبارزه با سن گندم استفاده می‌شود، در صورت رعایت مسائل زیست محیطی می‌توان همراه با محلول تهیه شده برای مبارزه با سن، به میزان شش کیلوگرم اوره و دو کیلوگرم سولفات روی در هکتار استفاده نمود.

- در مناطقی که مبارزه با سن انجام نمی‌شود، توصیه شده است حداقل ۲ بار در طول فصل رشد، زراعت گندم محلول پاشی شود، تا از این طریق بتوان هم از محلول پاشی کود ازتی و هم از محلول پاشی عناصر میکرو برای بالا بردن عملکرد و کیفیت دانه گندم (غنی سازی) استفاده کرد.

- در محلول پاشی ازت با روی ابتدا سولفات روی و سپس ازت و آنگاه قارچ کش اضافه گردد تا مشکلی در اختلاط به وجود نیاید؛

- توصیه شده است محلول پاشی قبل از مرحله شیری شدن دانه و اوایل آن انجام شود تا فرصت کافی برای جذب و انتقال و تاثیر نهایی باقی باشد.

- بررسی ها نشان داده است، محلول پاشی مزارع دیم در اواخر اسفند و اوایل اردیبهشت ماه هر سال با عناصر غذایی ماکرو و میکرو با رعایت میزان رطوبت، نقش بسیار مؤثری در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی ایفاء می کند.

ازت (Nitrogen(N)

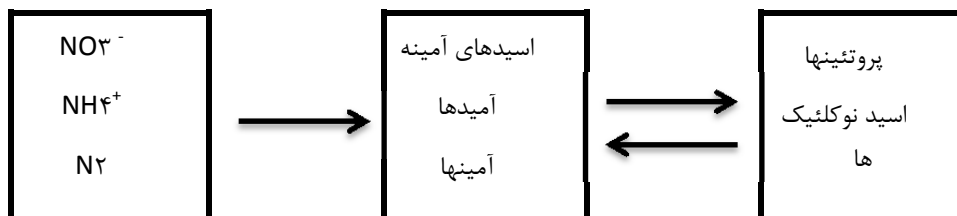
ازت یکی از عناصر اصلی و عامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در محصولات کشاورزی می باشد. مقدار این عنصر در پوسته بیرونی زمین (Lithosphere) $10^{15} \times 18$ تن بوده و از این مقدار، جزء بسیار کوچکی در خاک وجود داشته و از این مقدار هم بخش کمی مستقیماً برای گیاهان قابل جذب می باشد. بعلاوه اگر چه ۷۸ درصد حجم هوا را ازت تشکیل می دهد، معهداً تنها گروه کوچکی از موجودات مانند باکتریها و جلبک ها قادرند ازت هوا را جذب کنند. به این لحاظ کمبود این عنصر در گیاهان بیشتر از سایر عناصر می باشد. به طور کلی نیتروژن در خاک به سه صورت: عنصری، معدنی و آلی وجود دارد. نیتروژن

عنصری به صورت گاز در هوای خاک وجود دارد، عنصر معدنی نیتروژن در خاک بسیار متنوع بوده و به صورت ترکیبات اکسیدی، آمونیاک، یون آمونیوم و نیترات یافت می‌شود. ترکیبات اکسیدی نیتروژن در خاک بسیار بوده و بیشتر آن‌ها چندان تاثیری در زندگی گیاه ندارند ولی سه ترکیب از نظر تغذیه گیاه بسیار حائز اهمیت هستند، یکی آمونیوم که به صورت یون و قابل تبادل در خاک وجود داشته و دیگر ترکیبات نیتريت و نیترات که در محلول خاک موجود هستند. مجموعه نیتروژن معدنی خاک از دو درصد کل نیتروژن خاک تجاوز نمی‌کند. نیتروژن آلی خاک به مقدار زیادی از مشتقات پروتئین، اسیدهای آمینه آزاد و ترکیبات هگروز آمینی حاصل می‌شود (آمین‌ها ترکیبات آلی آمونیاک هستند)

عوامل و فرایندهای بسیاری در گردش ازت در میان هوا، خاک، موجودات زنده و گیاه دخالت دارند که برخی فیزیکی - شیمیایی و بعضی دیگر زیستی هستند.

یکی از فرایندهای زیستی که بر گردش ازت و قابلیت جذب آن در خاک تاثیر گذار می‌باشد، تثبیت زیستی ازت در خاک است. علاوه بر این، تجزیه پروتئین، آمونیاک سازی، نیترات سازی و نیترات زدایی فرایندهای دیگری هستند که توسط موجودات زنده خاک انجام می‌شود. مواد آلی خاک ازت را بیشتر به صورت پروتئین و مقدار کمی به صورت بازهای نیتروژنی و اسید نوکلئیک (ترکیباتی که در ساختار DNA شرکت دارند) در بر دارد.

تغییر و تبدیل نیتروژن در گیاهان با سه مرحله عمده مشخص می‌شود که در شکل زیر نشان داده شده است. اولین مرحله، شامل تبدیل نیتروژن غیرالی به ترکیبات آلی دارای وزن مولکولی کم است. در گیاهان عالی این مرحله غیر قابل برگشت است.



جزء آلی با وزن مولکولی زیاد جزء آلی با وزن مولکولی کم جزء معدنی

در مرحله دوم ترکیبات آلی دارای نیتروژن با وزن مولکولی زیاد ساخته می شود . این ترکیبات شامل پروتئینها و اسید نوکلئیکها هستند و در مرحله سوم تجزیه مولکولهای درشت دارای نیتروژن در اثر آنزیمهای آبکافتی (هیدرولیزی)، و هر سه مرحله فوق تحت تأثیر تغذیه گیاه به خصوص میزان نیتروژن هستند. در صورتی که نیتروژن بیش از حد نیاز مصرف شود مقدار ترکیبات آمینه انحلال پذیر (اسید آمینه آزاد، آمینها و آمیدها) به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد ولی افزایش مقدار پروتئینها تا اندازه ای کاهش پیدا می کند.



عوامل مؤثر در تثبیت ازت در طبیعت

آمونیاک سازی

در فرایند آمونیاک سازی ابتدا تجزیه آبکافتی (هیدرولیزی) پروتئین به منظور آزادسازی نیتروژن آمینه از ماده آلی اتفاق می افتد و سپس نیتروژن آمینه احیا شده و به NH_3 تبدیل می شود. آمونیاک با آب موجود در خاک ترکیب شده و یون NH_4^+ را تولید می کند. NH_4^+ تولیدی در صورت وجود اکسیژن و سایر شرایط لازم، به سهولت به نتریت و سپس به نترات اکسید می شود.

نترات سازی

نیترات سازی فرآیند دو مرحله ای می‌باشد و دو گروه از باکتری ها در این فرایندها دخالت دارند.

۱- تبدیل یون آمونیوم به نیتريت توسط باکتری نیتروزوموناز

۲- تبدیل نیتريت به نیترات توسط باکتری نیتروباکتر

۳- حاصل این دو واکنش به قرار زیر می‌باشد.



در این واکنش ۴ هیدروژن تولید شده باعث اسیدی شدن خاک می‌گردند.

و از آنجا که باکتری های مذکور هوازی هستند، در خاک های غرقابی عمل اکسایش NH_4^+ متوقف می‌شود باکتری ها در شرایط PH خنثی و یا کمی اسیدی فعالیت بیشتری دارند.

نیترات زدایی

در فرآیند نیترات زدایی، نیترات طی مراحل ابتدای به اکسید نیترو و سپس به گاز نیتروژن احیا شده و به اتمسفر وارد می‌شود. این فرآیند که توسط موجودات زنده صورت می‌گیرد، نیترات زدایی یا تنفس نیتراتی نامیده می‌شود که در واقع نوعی هدر روی این ماده غذایی از خاک است. این فرآیند در شرایط غیر هوازی و در خاک های غرقابی صورت می‌گیرد. چون که انواع مختلفی از موجودات غیر هوازی می‌توانند به جای اکسیژن از نیتريت و نیترات بعنوان منبع اکسیژن استفاده کنند.

تثبیت آمونیوم

یون آمونیوم بدلیل خاصیت کاتیونی می‌تواند به صورت تبادل جذب کانی های رسی یا بار منفی شود و همچنین کاتیونهای آمونیوم می‌توانند به صورت انتخابی با کانیهای رسی پیوند نمایند این فرایند را تثبیت آمونیومی می‌گویند این تثبیت آمونیومی شباهت زیادی به تثبیت پتاسیم دارد و به همین جهت آمونیوم و پتاسیم در پیوند با کانیهای رسی می‌توانند جانشین یکدیگر شوند به این خاطر در مزارعی که تخلیه پتاسیمی صورت گرفته باشد (مانند شالیزارها) کارایی کودهای نیتروژنه

کاهش خواهد یافت مگر اینکه قبل از مصرف کودهای نیتروژنه از کودهای پتاسیمی استفاده شود.

نقش نیتروژن در فیزیولوژی گیاه

یکی از مهم ترین و ضروری ترین عنصر غذایی گیاهان ازت می باشد این عنصر باعث تسریع در رشد گیاهان و افزایش محصولات کشاورزی می شود.

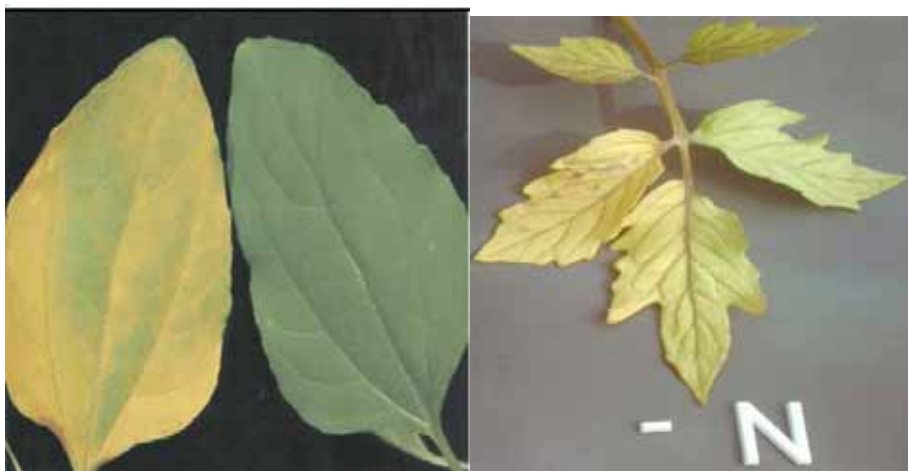
نیتروژن جزء تشکیل دهنده اولیه، برای ترکیبات آلی زیادی نظیر اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئوپیک است. نیتروژن در گیاه متحرک بوده و هنگامی که میزان آن از حد مطلوب کمتر باشد، از برگهای پیرتر یا پایینی گیاه به اندامهای جوانتر یا بالایی منتقل می شود. به همین سبب در گیاهان دچار کمبود نیتروژن، علائم کمبود ابتدا در برگهای پیرتر دیده می شود. در چنین برگهایی پروتئین تجزیه شده و اسید آمینه های حاصل به برگها و جوانه های انتهایی انتقال مجدد می یابد. تجزیه پروتئین منجر به تخریب کلروپلاست ها شده و بدین ترتیب باعث کاهش مقدار کلروفیل می شود پس از ورود نیترات و آمونیم به ریشه، آمونیم مستقیماً در ریشه به ترکیبات آلی وارد می شود. در صورتی که نیترات در آوند چوبی متحرک است چون بایستی ابتدا به آمونیاک احیا شده، و سپس در ساختمانهای مواد آلی وارد و نقش اساسی خود را ایفا نماید.

علائم کمبود نیتروژن در گیاهان

نیتروژن جزء مهمی از مولکول کلروفیل را تشکیل می دهد. بنابراین اولین تظاهرات کمبود نیتروژن، رنگ پریدگی برگ ها (کلروز) است. رنگ برگها معمولاً سبز روشن، سبز مایل به زرد و زرد روشن است که به دلیل عدم تشکیل کلروفیل می باشد. در اواخر رشد رنگ برگها زرد، قرمز و بنفش مایل به قرمز نیز مشاهده می شود که در نتیجه ی تشکیل رنگ آنتوسیانین است. در کمبود نیتروژن همچنین برگها کوچک، ساقه و شاخه ها لاغر هستند و معمولاً با زاویه کوچکی نسبت به

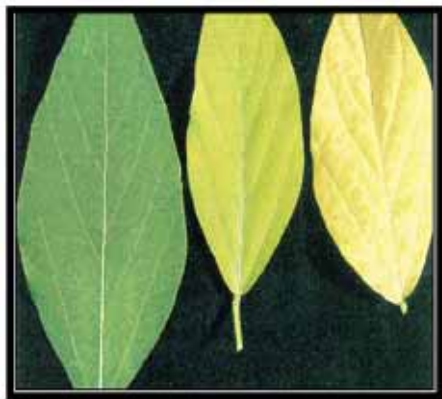
ساقه اصلی می ایستند. شاخه های جانبی معمولا کم تشکیل می شود. زردی رنگ در برگهای پایین زودتر ظاهر می شود.

در شرایط کمبود شدید برگ ها پیش از موقع، شروع به ریزش می کنند. در غلات کمبود ازت باعث کاهش تعداد پنجه ها، کوچک شدن خوشه، کم شدن دانه در خوشه و کوچک شدن دانه می گردد.



افتاب برگردان

سیب زمینی



سویا



چغندر



برنج



پنبه



ذرت



گندم

علائم بیشبود ازت در گیاهان

در صورت مصرف زیاد کودهای حاوی نیتروژن، علائم زیادی آن در گیاه بشکل‌های زیر ظاهر میشود.

- دیررس شدن محصول (به خصوص در صورت ناکافی بودن مقادیر فسفر، پتاسیم، گوگرد در خاک)
- پر رنگ شدن برگها
- آبدار، ترد و شکننده شدن بافت ها به علت جذب بیشتر آب در اثر مصرف تمام کربوهیدرات برای تولید بیشتر پروتئین
- افزایش بیشتر خوابیدگی در غلات به خصوص اگر پتاسیم در گیاه کم باشد.
- کاهش استحکام الیاف در پنبه
- کاهش درصد قند در چغندر قند
- افزایش حساسیت گیاه به حمله آفات و بیماریها
- بیشبود ازت در گیاهان علوفه ای باعث تولید ماده سرطانی نیتروزآمین در سلولها می‌شود.
- افزایش نیتروژن در غذاهای کودک باعث بیماری سندروم (syndrome) شده، که یک نوع بیماری ژنتیکی است که باعث تاخیر رشد جسمانی و عقلانی می‌گردد.

اثرات نامطلوب مصرف بی‌رویه کود ازت

یکی از اثرات نامطلوب مصرف بی‌رویه کود ازت، آلوده کردن آب های زیرزمینی است، به خصوص در مناطقی مانند شمال کشور که سطح آب‌های زیرزمینی بالا است. غلظت نیترات در چاهای مجاور شالیزارها بسیار بالا است وجود نیترات زیاد در آب های آشامیدنی و غذا ها باعث تولید ماده سرطانتزا در معده می‌گردد.

کودهای حاوی نیتروژن:

در جدول زیر منابع مختلف یا کودهای حاوی نیتروژن نشان داده شده است.

منابع (کودها)	اشکال نیتروژن
کود حیوانی، کمپوست، بقایای گیاهی	نیتروژن آلی
کود شیمیایی	اوره
کود های شیمیایی نترات آمونیوم و فسفات آمونیوم	آمونیوم
کود های شیمیایی نترات آمونیوم و نترات پتاسیم	نترات
حدود ۸۰ درصد هوا در فضای خاک	گاز ازت

آمونیاک (NH₃) Ammonia

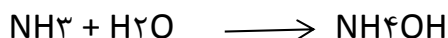
آمونیاک مهمترین ترکیب هیدروژنه ازت بوده و در طبیعت از تجزیه مواد آلی ازت دار حاصل می‌شود. این ماده گازی است بی رنگ و با مزه فوق العاده تند و زننده که اشک آور و خفه کننده نیز می‌باشد. گاز آمونیاک از هوا سبکتر و به سهولت به مایع تبدیل می‌شود. گاز آمونیاک در آب محلول است و تشکیل هیدروکسید آمونیوم (NH₄OH) می‌دهد به همین جهت خاصیت قلیایی دارد.

آمونیاک به روش صنعتی نیز با استفاده از عناصر ازت و هیدروژن در دما و فشار زیاد تولید می‌شود و کاتالیزورهای مختلف هم به این واکنش کمک می‌کنند.

آمونیاک به راحتی کمپرس شده و تحت فشار به مایع تبدیل می‌شود و معمولاً به صورت مایع در کانتینرهای فولادی جابجا می‌شود. آمونیاک اشتعال زا بوده ولی کانتینرهای حامل آن در صورت تماس با گرمای زیاد، ممکن است منفجر شود.

آمونیاک به عنوان کود ازته در برخی کشورها مصرف دارد و با توجه به ماهیت گازی شکل آن، این کود باید به داخل خاک مرطوب تزریق شود. محلول آمونیاک

در موقع تزریق به خاک به گاز تبدیل شده و به سرعت با رطوبت خاک ترکیب و تولید آمونیوم مینماید.



کود اوره Urea

کود اوره یک ترکیب آلی با فرمول شیمیایی $\text{Co}(\text{NH}_2)_2$ می باشد که در سال های اخیر جایگزین نیترات آمونیوم شده است به همین جهت امروزه یکی از پرمصرف ترین کودهای ازته در جهان به شمار می رود.

اوره از واکنش آمونیاک مایع و دی اکسید کربن در فشار و حرارت بالا تولید می شود.



کود اوره به شکل دانه های کوچک سفید رنگی که کشاورزان به آن کود شکری نیز می گویند، دارای ۴۶ درصد ازت می باشد. در این فرم کود اوره، میزان آبشویی و تصعید آن نسبت به فرم دانه درشت یا گرانوله آن بیشتر است به همین جهت بازدهی اوره گرانوله (دانه درشت) نسبت به اوره شکری (دانه ریز) بیشتر است.

به طور کلی گیاهان قادر به جذب نیتروژن اوره در خاک نیستند و اشکال جذب نیتروژن توسط گیاهان به شکل یون NH_4^+ و یا یون (NO_3^-) می باشد. پس از قرار دادن کود اوره در خاک، ابتدا کود با رطوبت موجود در خاک و با عمل آنزیم اوره آز که در خاک به مقدار زیاد وجود دارد، با طی یک فرآیند هیدرولیز، به کربنات آمونیوم تبدیل می شود که می تواند مستقیماً مورد استفاده گیاه قرار گیرد و یا توسط ریز جانداران تبدیل به نیترات شده و به مصرف گیاه برسد. کربنات آمونیوم بسته به شرایط PH و رطوبت و دمای خاک به آمونیوم یا گاز آمونیاک تبدیل می شود گاز آمونیاک فرار است و به آسانی از خاک خارج می شود و لذا اگر شرایط برای به وجود آمدن آمونیاک وجود داشته باشد در اینصورت تلفات قابل توجه نیتروژن، به وجود خواهد آمد.

باید توجه داشت که در مدت زمان کم، اوره با قرار گرفتن در معرض هوا به آمونیاک تبدیل و از طریق تصعید به هدر میرود بنابراین کود اوره بایستی بلافاصله با خاک مخلوط شده و یا فوراً اقدام به آبیاری نمود.

کود اوره در آب بسیار محلول است (حدود یک کیلوگرم در لیتر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد) بنابراین علاوه بر مصرف خاکی می‌توان به صورت محلول پاشی نیز از این کود استفاده کرد.

مزایای استفاده از کود اوره

- ۱- حاوی نیتروژن بیشتر نسبت به سایر اشکال کودهای نیتروژن می‌باشد بنابراین با بازدهی بالا، در افزایش عملکرد بسیار تاثیرگذار می‌باشد.
- ۲- برخلاف نیترات خاصیت اشتعال و انفجار ندارد و بنابراین نگهداری آن آسان است.
- ۳- می‌تواند به صورت جامد و پخش سطحی و یا محلول به صورت محلول پاشی مورد استفاده قرار گیرد.
- ۴- می‌تواند با کودهای دیگر مخلوط شود.
- ۵- باعث کاهش تولید آلاینده‌های محیط زیستی می‌شود.

تلفات اوره در خاک

مقدار تلفات اوره (تصعید نیتروژن به صورت آمونیاک) در خاک بستگی زیادی به درجه حرارت محیط و PH خاک دارد. جداول زیر درصد تلفات اوره در برهه‌های زمانی و در دماها و PH های مختلف نشان می‌دهند.

دمای محیط بر حسب سانتی گراد و فارنهایت				
C° ۳۲-۹۰F°	C° ۲۴-۷۵F°	C° ۱۳-۶۰F°	C° ۷-۴۵F°	روز
۰	۰	۰	۰	۰
۲	۱	۰	۰	۲
۵	۴	۲	۲	۴
۱۰	۷	۶	۵	۶
۱۹	۱۲	۷	۵	۸
۲۰	۱۴	۱۰	۶	۱۰

PH های مختلف خاک						
۷/۵	۷	۶/۵	۶	۵/۵	۵	روز
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۱	۰	۰	۰	۰	۲
۲۰	۱۸	۱۰	۵	۲	۱	۴
۳۰	۲۳	۱۱	۷	۵	۴	۶
۳۳	۳۰	۱۸	۱۲	۹	۸	۸
۴۴	۴۰	۲۲	۱۳	۱۰	۸	۱۰

کود اوره ممکن است دارای ناخالصی باشد این ناخالصی با فرمول شیمیایی $C_2H_5N_3O_2$ به نام بیورت Biuret به راحتی در خاک تجزیه می‌شود و می‌تواند باعث مسمومیت های سلولی گردد. بنابراین کود اوره نیز مانند سایر کودهای نیتروژن دار می‌بایست به مقدار لازم مورد مصرف قرار گیرد و مصرف بی‌رویه و

بیش از حد آن می‌تواند به گیاه آسیب برساند و موجب سوختگی گیاه و یا جوانه زنی را مختل سازد.

اوره با پوشش گوگردی (SCU) Sulfur Coated Urea

عموماً کودهای محلول در آب را با لایه ای از گوگرد پوشش می‌دهند تا مواد موجود در کود به تدریج آزاد و جذب خاک و گیاه شود در میان این دسته از کود ها اوره با پوشش گوگردی، یکی از مهمترین آنها می‌باشد.

اوره با پوشش گوگردی یکی از کودهای کندرها بوده و حاوی ۳۰ تا ۴۰ درصد ازت، حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد گوگرد می‌باشد و پوشش گوگردی آن باعث می‌شود که کود به آهستگی در آب حل شود و در نتیجه ازت به کندی آزاد و در اختیار گیاه قرار گیرد و آبشویی آن سریع صورت نگیرد. کود SCU به علت داشتن گوگرد، مصرف آن در خاکهای آهکی باعث کاهش PH خاک گردیده و این وضعیت می‌تواند در جذب بیشتر عناصر غذایی به خصوص مواد ریزمغذی توسط گیاه، بسیار مؤثر باشد.

اوره بدون پوشش گوگردی بعلت قابلیت شستشویی بیشتر، بازیافت کمتری داشته و در نتیجه آبشویی، باعث آلودگی نیتراتی خاک و آب های زیرزمینی می‌شود. در مورد استفاده از کود اوره در زراعت باید توجه داشت که کود اوره با پوشش گوگردی، در زیر خاک از طریق شخم قرار گیرد تا بتواند به تدریج اوره را آزاد کرده و ازت مورد نیاز گیاه تامین شود.

کود نیترات آمونیوم (AN) Ammonium Nitrate

نیترات آمونیوم با فرمول شیمیایی NO_3NH_4 به عنوان یک کود نیتروژنه در تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده می‌باشد. این ماده از ترکیب اسید نیتریک با آمونیاک حاصل می‌شود و حاوی ۳۴ درصد ازت می‌باشد مزیت کود نیترات آمونیوم نسبت به کود اوره پایدارتر بودن و عدم از دست رفتن ازت در هوا می‌باشد. نیترات آمونیوم یک ماده منفجره بوده و قدرت زیادی دارد ولی از نظر امنیت نگهداری، یک ماده منفجره ایمن می‌باشد و سرعت انفجار آن پایین است. مشکل

قابل انفجاری این کود را می‌توان با اضافه کردن کود فسفات آمونیوم برطرف کرد و درصد نیتروژن آن را به کمتر از ۲۸ درصد رساند.

کود AN می‌تواند مقدار زیادی آب به خود جذب کرده و به شکل کلوخه در آید به همین جهت تولید این کود معمولاً به شکل گرانوله می‌باشد و یک پوشش ضد رطوبت بر روی آن قرار می‌دهند. این کود قابلیت مخلوط شدن با سولفات را نیز برای تامین گوگرد گیاه دارد. کود AN هم به شکل مایع و هم به صورت کریستالهای جامد تولید می‌شود. مصرف این کود به صورت پخش سطحی و به صورت تقسیط به خصوص در مزارع دیم توصیه شده است.

کود نیترات فسفات آمونیوم (ANP) Ammonium Nitrate Phosphate

این کود از مخلوط فیزیکی ۸۰ درصد نیترات آمونیوم و ۲۰ درصد دی آمونیوم فسفات به منظور جلوگیری از خطرات انفجار نیترات آمونیوم به دست می‌آید این کود حاوی حدود ۳۰ درصد نیتروژن و ۸ درصد فسفر می‌باشد و مصرف آن به صورت پخش سطحی و با رعایت ایمنی و قبل از کاشت بسیار مفید خواهد بود.

کود اوره نیترات آمونیوم (UAN) Urea Ammonium Nitrate

این کود یکی از کودهای مایع نیتروژنی با ۳۲ درصد نیتروژن می‌باشد مصرف این کود معمولاً به صورت آبکود (با آب آبیاری) و یا محلول پاشی و همچنین به صورت سرک می‌باشد. مصرف این کود در مزارعی که خاک ورزی در آن‌ها صورت می‌گیرد. به علت هدر رفت، توصیه نشده است. این کود از حل کردن اوره و نیترات آمونیوم در آب به دست می‌آید و تقریباً نصف نیتروژن آن از اوره و نصف دیگر از نیترات آمونیوم می‌باشد.

PH این کود ۷ و دارای فشار جزئی بخار می‌باشد. در مناطق سردسیر و به منظور جلوگیری از کریستاله شدن کود، از محلول ۲۸ درصد تا ۳۰ درصد استفاده می‌کنند. این کود به طور وسیعی برای کلیه گیاهان کاربرد دارد و برای زراعت های پنبه، چغندر قند، ذرت، غلات دانه‌ای و خیلی زراعت های دیگر مصرف می‌شود. این کود به سرعت قابل دسترسی گیاهان بوده و نیتروژن آن به راحتی در اختیار

گیاهان قرار می‌گیرد نیتروژن نیترات آن به محض تماس با ریشه، جذب آن می‌شود.

نیتروژن کود اوره با آب خاک حرکت کرده تا اینکه با آنزیم اوره آز هیدرولیز شود و نیتروژن آمونیاکی را به وجود بیاورد. نیتروژن های حاصله از نیترات و اوره (سه چهارم کل نیتروژن کود) در بین ملکول های رس جابجا شده و شستشو نمی‌شود. این نیتروژن قابل دسترسی گیاه بوده و همچنین توسط میکروارگانیزم های خاک ابتدا به نیتريت (توسط باکتری نیتروزوموناس) و بعد به نیترات (توسط باکتری نیتروباکتر) تبدیل می‌شود و این فرایند بعد از گذشت چند هفته در خاک اتفاق می‌افتد.

کود سولفات آمونیوم (AS) Ammonium Sulfate

این کود از ترکیب آمونیاک و اسید سولفوریک حاصل می‌شود و برای خاکهای آهکی بسیار مناسب است و با اضافه شدن به خاک، PH ریزوسفر را تا حدودی پایین می‌آورد این کود دارای ۲۴ درصد گوگرد و ۲۱ درصد نیتروژن و به شکل گرانوله و پودری عرضه می‌شود و یکی از پرمصرف ترین کودهای ازته به شمار می‌رود. کود AS به علت داشتن یون NH_4^+ به ذرات خاک متصل شده و کمتر از خاک شسته می‌شود و به سرعت جذب گیاه و در متابولیسم مصرف می‌شود.

اختلاط این کود با سایر کودها امکان پذیر بوده و بعلت سهولت انحلال در آب، می‌توان به صورت محلول پاشی نیز از این کود استفاده کرد. اهمیت کود سولفات آمونیوم بیشتر از جنبه دارا بودن گوگرد می‌باشد و بعنوان یک منبع عالی از گوگرد که چندین عمل اساسی به خصوص تولید پروتئین را برعهده دارد، محسوب می‌شود مصرف این کود در زراعت های پنبه، ذرت، کلزا، برنج، سیبزمینی و گندم باعث افزایش عملکرد قابل توجهی خواهد بود.

پتاسیم (K) Potassium

پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد و تولید مثل در گیاهان است و از عناصر مغذی ماکرو در کنار نیتروژن و فسفر قرار دارد. در کودهای شیمیایی حاوی پتاسیم برای بیان مقدار پتاسیم از نام پتاس با فرمول شیمیایی K_2O استفاده می‌شود.

برای تبدیل K به K_2O مقدار پتاسیم را در عدد $1/2$ و برای تبدیل مقدار K_2O به K، مقدار K_2O را در عدد $0/8$ ضرب میکنند ضمناً باید توجه داشت که ترکیب K_2O در کودها وجود ندارد و در گیاه یافت نمی‌شود. پتاسیم در تمام فرآیندها که برای رشد و تولید مثل گیاهان انجام می‌شود، نقش دارد.

پتاسیم در کیفیت بذر یا دانه از نظر اندازه، شکل، رنگ و قدرت جوانه زنی و همچنین بهبود کیفیت الیاف پنبه بسیار تاثیرگذار می‌باشد پتاسیم در افزایش میزان برداشت محصول به دلایل زیر دخالت دارد:

- باعث رشد و توسعه ریشه می‌شود
- تولید سلولز می‌کند
- فعال سازی ۶۰ نوع آنزیم مؤثر در رشد
- ایفای نقش در فتوسنتز و تولید گیاه
- کمک به انتقال قندها و نشاسته ها
- مؤثر در افزایش میزان پروتئین موجود در گیاهان
- جلوگیری از پلاسیدگی گیاه و کمبود آب

کمبود پتاسیم باعث کاهش مقاومت به خشکی، غرقابی، نوسانات دمایی و در برابر آفات و بیماری‌ها می‌شود. عموماً گیاهان در مراحل اولیه رشد، نیاز پتاسیمی خود را از خاک جذب میکنند. در جدول زیر مقدار جذب پتاسیم در هکتار بر حسب تولید در هکتار بعضی از گیاهان نشان داده شده است.

محصول	تولید در هکتار (کیلوگرم)	جذب پتاسیم در هکتار (کیلوگرم)
پنبه (الیاف)	۱۷۰۰ لیف	۲۳۶
گندم	۵۰۰۰	۱۸۲
ذرت	۱۲۵۰۰	۲۹۹
دانه سویا	۳۷۵۰	۲۳۰
بادام زمینی	۴۵۰۰	۲۰۸

علائم کمبود پتاسیم

پتاسیم در داخل گیاه از تحرک و پویایی بالایی برخوردار است به طوری که می‌تواند از بافت‌های پیر به طرف بافت‌های جوان حرکت کند، در نتیجه علائم کمبود در مرحله اول در برگ‌های پایینی و مسن گیاه دیده می‌شود و سپس با افزایش کمبود، علائم کمبود به قسمت‌های بالای گیاه حرکت می‌کند. یکی از شایع‌ترین علائم کمبود پتاسیم سوختگی کلروزی (زرد رنگی) در حاشیه‌های برگ‌ها می‌باشد و با شدیدتر شدن کمبود، سوختگی حاشیه از برگ جدا می‌شود و در مورد گیاهان پهن برگ مانند پنبه و سویا ممکن است برگ‌ها ریزش کنند که نتیجه آن از بین رفتن گیاه پیش از بلوغ خواهد بود.

کمبود پتاسیم در گیاهان باعث کندی رشد و ضعیف شدن توسعه سیستم ریشه ای می‌گردد.

کمبود پتاسیم در غلات باعث ضعیف شدن ساقه و کوچکی دانه می‌شود. حبوبات در دستیابی به پتاسیم ضعیف هستند و لذا در رقابت با علف‌های هرز برای جذب پتاسیم، توانایی لازم را ندارند.

در مورد گیاهان چندساله مانند یونجه، در صورت کمبود پتاسیم، در معرض سرمازدگی قرار می‌گیرند.

پتاسیم از نظر قابل دسترسی گیاهان، به سه حالت مشاهده می‌شود: تقریباً غیر قابل دسترسی، کمتر در دسترس و قابل دسترس. در مورد پتاسیم تقریباً غیر قابل دسترسی و منبع آن، می‌توان به مواد معدنی اولیه تشکیل دهنده خاک اشاره کرد. بیش از ۹۰ درصد پتاسیم موجود در خاک در لایه های کانیهای اولیه خاک و به صورت غیر محلول وجود دارد و در مقابل تجزیه شیمیایی مقاوم هستند. این کانیها پتاسیم را به آرامی آزاد می‌کنند ولی مقدار آن نسبت به نیازی که گیاهان دارند، کم است.

منشاء حدود ۱ تا ۱۰ درصد پتاسیم به حالت تقریباً قابل دسترسی و جذب گیاه، یا از کانیهای اولیه خاک و یا از کودهای شیمیایی پتاسیمی ناشی می‌شود. این پتاسیم به حالت پیوند یا چسبیده به ذرات خاک (رس) در آمده و به آرامی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. مقدار پتاسیم در این وضعیت بستگی به نوع و مقدار رس خاک دارد.

در مورد پتاسیم قابل دسترس گیاهان، که حدود ۰/۱ تا ۲ درصد از کل پتاسیم موجود در خاک را شامل می‌شود، به صورت محلول در خاک وجود داشته و در مبادلات رس و مواد آلی خاک حفظ می‌شود. این پتاسیم قابل جایگزینی با کاتیونهای هیدروژن، کلسیم و منیزیم بوده و این تبادل به سرعت و مکرراً انجام می‌شود. پتاسیم موجود در محلول خاک ممکن است توسط گیاه جذب یا به وسیله آبشویی از خاک خارج شود. این اتفاق معمولاً در خاکهای سبک و شنی رخ می‌دهد.

نکته حائز توجه در جذب پتاسیم از کود داده شده به خاک، کافی بودن سایر مواد مغذی در گیاه می‌باشد. بین پتاسیم و بعضی از مواد مغذی ارتباطاتی وجود دارد. بنابراین مدیریت کاربرد پتاسیم حائز اهمیت بسیار می‌باشد. کاربرد زیاد پتاسیم ممکن است باعث کاهش دسترسی گیاه به منیزیم (Mg) گردد و این وضعیت بیشتر در خاکهای بافت درشت و برای گیاهان آن مشاهده می‌شود و از

سوی دیگر بیشتر شدن منیزیم در خاک باعث کمبود پتاسیم خواهد شد و بالا بودن فسفر در خاک نیز باعث کاهش جذب پتاسیم و بروز عارضه کمبود آن در خاک خواهد شد.



گندم

گندم



ذرت



آفتابگردان

پنبه



پنبه

یونجه



کودهای حاوی پتاسیم

میزان مصرف پتاسیم در گیاهان بعد از ازت، بیش از سایر عناصر است. هرچند اغلب خاک های ایران دارای پتاسیم کافی می باشند، ولی به علت غیر محلول بودن مواد معدنی حاوی پتاسیم خاک ها، آزادسازی پتاسیم به سهولت ممکن نبوده و لذا پتاسیم قابل دسترسی برای گیاهان ناکافی می باشد، به همین جهت برای تامین نیاز گیاهان باید از کودهای شیمیایی پتاسیمی با اعمال مدیریت صحیح استفاده کرد. در مناطقی که رژیم رطوبتی آنها نیمه خشک (حد واسط رژیم های خشک و مرطوب) می باشد، یعنی دارای بارندگی مناسب در فصول پاییز و بهار بوده و در تابستان هم بیش از مناطق خشک دارای بارندگی می باشند، در صورت عدم آبخش، پتاسیم قابل استفاده در خاک ذخیره میشود و در صورت خنثی یا قلیایی بودن واکنش خاک (PH)، معمولاً نیاز به استفاده از کود پتاسیم ندارند. نکته مهم دیگر این است که در خاکهای آلی کمبود پتاسیم شدید بوده چون کانی های حاوی پتاسیم در این خاک ها بسیار کم است.

در جدول زیر کود های مختلف حاوی پتاسیم و درصد مواد مغذی در آن ها ملاحظه می شود.

Mg	S	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	فرمول شیمیایی	نوع کود
-	-	۶۰-۶۲	-	-	KCl	کلرید پتاسیم و
-	۱۸	۵۰-۵۲	-	-	K ₂ SO ₄	سولفات پتاسیم
۱۱	۲۲	۲۲	-	-	K ₂ SO ₄ Mg ₂ SO ₄	سولفات منیزیم پتاسیم
-	-	۴۴	-	۱۳	KNO ₃	نترات پتاسیم
-	-	۱۴	-	۱۵	K Na (NO ₂) ₂	نترات سدیم پتاسیم

-	-	۸۳	-	-	KOH	هیدروکسید پتاسیم
-	-	۶۸>	-	-	K ₂ CO ₃	کربنات پتاسیم

کاربرد کودهای پتاسیمی

کودهای حاوی پتاسیم مورد مصرف در کشاورزی، در آب به راحتی حل می‌شوند و بعضی از این کودها دارای غلظت نمک بالایی هستند و اگر این نوع کودها خیلی نزدیک به بذر قرار داده شوند ممکن است باعث کاهش جوانه زنی بذر شوند. این آسیب وارده از کود بیشتر در خاک‌های شنی تحت شرایط خشکی و با نرخ کوددهی بالا رخ می‌دهد، به ویژه در مورد نیتروژن و پتاسیم این حالت بیشتر دیده می‌شود.

برخی از محصولات مانند پنبه، سویا و بادام زمینی به آسیب کود حساسیت بیشتری دارند. بنابراین برای جلوگیری از این آسیب، باید نحوه کود دهی به گونه ای باشد که کود از اطراف بذر حدود ۷/۵ سانتیمتر و از زیر بذر حدود ۵ سانتی متر فاصله داشته باشد در صورت پایین بودن درصد پتاسیم کود مصرفی یا پایین بودن سطح پتاسیم خاک، بهتر است از روش کوددهی نواری برای کوددهی استفاده کرد.



علائم کمبود پتاسیم در مزرعه

فسفر (p) Phosphor

فسفر یکی از عناصر اصلی غذایی برای گیاهان به شمار می‌رود. به لحاظ اهمیت این عنصر و بررسی چگونگی مصرف آن در کشورمان، مطالعات گسترده‌ای از سوی محققین محترم موسسه تحقیقات خاک و آب صورت گرفته است. آنچه که از این مطالعات به دست آمده است، این بوده است که مصرف کودهای فسفاته در کشور بدون هرگونه قاعده و قانونی صورت می‌گیرد، یعنی اینکه در بعضی مناطق بیشبود آن در مزارع گزارش شده و در برخی دیگر کمبود آن مشخص شده است. آنچه به عنوان نتیجه تحقیقات بیان شده است، آن است که نبود آزمون خاک در کاربرد این عنصر (که می‌تواند در مورد سایر عناصر به خصوص نیتروژن و پتاسیم نیز این موضوع مطرح باشد) باعث مصرف نامتعادل آن شده و متاسفانه این وضع همچنان ادامه دارد. تنها چاره کار آزمون خاک و فراهم آوردن تسهیلات لازم برای انجام این

مهم از سوی وزارت جهاد کشاورزی می‌باشد تا ضمن بهینه سازی مصرف کود و افزایش کارایی و بازیافت آن در گیاهان، از هدر رفت انرژی و سرمایه نیز جلوگیری شود. در مورد عنصر فسفر نکته قابل توجه این است که مقدار کل فسفر خاک هیچ ارتباطی با قابلیت استفاده آن برای گیاه وجود ندارد بنابراین آگاهی از اثر متقابل و برهمکنشی شکل‌های مختلف کودی فسفر با خاکهای مختلف و تشخیص نیاز واقعی گیاه و تامین آن در خاک، مدیریت کاربرد کودهای حاوی عنصر فسفر را ضروری می‌سازد و در این ارتباط لازم است برای توسعه آزمایشگاه‌ها در کلیه مناطق و تداوم فعالیت آنها، حمایت‌های مؤثری از سوی تولیدکنندگان محصولات زراعی و باغی به طور جدی صورت گیرد.

نقش فسفر در رشد و نمو گیاهان

عنصر فسفر یکی از اجزای کلیدی در ساختار گیاهان محسوب می‌شود. فسفر نقش اساسی در فتوسنتز و تبدیل انرژی خورشیدی به ترکیبات قابل استفاده گیاه، تنفس، ذخیره و انتقال انرژی، تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول و بسیاری فرآیندهای دیگر که برای تکمیل چرخه تولید طبیعی در گیاهان لازم است، ایفا می‌کند، همچنین به عنوان یک کاتالیزور در بسیاری از واکنشهای بیوشیمیایی اصلی نقش دارد.

فسفر از اجزای مهم DNA («دی اکسی‌ریبونوکلیک اسید» Deoxyribonucleic acid) ماده تشکیل دهنده ژن که عامل جمع آوری اطلاعات، کدگذاری و ذخیره می‌باشد و در سلول تمام موجودات حیوانی و گیاهی و همچنین تک سلولی‌ها (ویروس‌ها) وجود دارد و RNA («ریبونوکلیک اسید» Ribonucleic acid) که در سیتوپلاسم سلول‌ها وجود داشته و ناقل کد یا رمز اسیدهای آمینه از DNA و سنتز پروتئین و سایر ساختارهای ضروری در ساختمان گیاه و انتقالات ژنتیک می‌باشد. ساختار DNA و RNA به کمک پیوندهای فسفوری با هم در ارتباط هستند.

فسفر در ساختار عامل انرژی گیاهان [ATP (آدنوزین تری فسفات)] نیز نقش دارد و این فرآیند در حین فرآیند فتوسنتز صورت می‌گیرد. فسفر از ابتدای جوانه

زنی بذر تا بلوغ گیاه و تولید محصول در فرایندهای گیاهی شرکت دارد بعضی از فرآیندهای رشد که مختص فسفر می‌باشد به شرح زیر است.

- تحریک رشد ریشه
- افزایش استحکام ساقه
- تشکیل گل و دانه (بذر)
- بلوغ سریع و یکنواخت تر محصول
- بهبود کیفیت محصول
- افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها
- حفظ سلامت و قدرت گیاه از زمان رشد و در طول چرخه زندگی آن

علائم کمبود فسفر

معمولاً در مراحل اولیه رشد، گیاه علائم خاصی از کمبود فسفر نسبت به کمبودهای سایر عناصر مانند نیتروژن و پتاسیم نشان نمی‌دهد و وقتی علائم کمبود فسفر در گیاه ظاهر شد برای حفظ محصول از عوارض کمبود فسفر دیر شده است. علائم کمبود فسفر در گیاهان معمولاً رنگ آنهاست. رنگ برگها به سمت سبز مایل به آبی تیره و رنگ ساقه به طرف بنفش می‌رود و این تغییر رنگ به علت انباشت قندها که باعث سنتز آنتوسیانین می‌شود، به وجود می‌آید. فسفر تحرک و پویایی زیادی در اندامهای گیاه دارد و در مواقع کمبود فسفر از بافت پیر به سمت بافت های جوان که در حال رشد هستند، حرکت می‌کند. زمانی که گیاه در حال بلوغ است فسفر به سمت اندامهای تولید دانه (بذر) حرکت می‌کند و به انرژی نیاز دارد که کمبود فسفر در این زمان بر روی رشد و تکمیل دانه ها تاثیر زیادی خواهد داشت، چون در مقایسه جذب عناصر مغذی در مراحل انتهایی رشد گیاه، جذب فسفر نسبت به نیتروژن و پتاسیم بیشتر است.

در عکس زیر نشانه کمبود فسفر در برگ به وضوح دیده می‌شود و به علت کمبود فسفر رنگ بنفش در برگ پیر (پایینی) ظاهر شده است.



گندم

گندم



پنبه

گندم



ذرت



برنج

فسفر در خاک

فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاهان می‌باشد. این عنصر در تمام فرآیندهای بیوشیمیایی، در ترکیبات انرژی زا و در مکانیسم های انتقال انرژی دخالت دارد و بعلاوه فسفر جزئی از پروتئین‌های سلولها بوده و نقش ویژه‌ای به عنوان جزئی از غشای سلولی نوکلئیدی DNA و RNA که مسئولیت فرایندهای تکثیر و رشد را بر عهده دارند، ایفا می‌کند.

علی رغم نقش فسفر در ساختار و فرایند های گیاهی، مقدار آن در بافتهای گیاهی کمتر از ازت و حدود ۲ درصد می‌باشد. ترکیبات فسفر نسبتاً غیر محلول هستند و باین جهت به راحتی از خاک شسته نمی‌شود مقدار کم فسفر در خاک و عدم گرایش آن به تشکیل و تولید ترکیبات محلول و در نتیجه غیر قابل جذب برای گیاه، فسفر را در زمینه حاصلخیزی خاک بسیار مهم می‌سازد. معمولاً فسفر در خاک بدو صورت معدنی و آلی دیده می‌شود و جزء آلی فسفر در هوموس و سایر مواد آلی خاک یافت می‌شود.

قابلیت حل شدن ترکیبات فسفر به شدت کم است و فقط مقدار خیلی کمی از فسفر خاک به حالت محلول در می‌آید. در انواع خاکها کمتر از ۰/۵ کیلوگرم، فسفر محلول در هکتار وجود دارد و مصرف گیاهان بین ۴ تا ۲۲/۵ کیلوگرم در هکتار است. گیاهان فسفر را عمدتاً بصورت یون های H_2PO_4^- و HPO_4^{2-} جذب می کنند و غلظت این یون ها در محلول خاک ناچیز است و غلظت یون های فسفات در محلولها، رابطه بسیار نزدیکی با PH محیط دارد. محیط های اسیدی برای یون های H_2PO_4^- و محیط های دارای PH بالاتر از ۷ برای یونهای HPO_4^{2-} مناسب است. براساس یک قانون تجربی کلی حداکثر قابل استفاده بودن فسفر برای اکثر گیاهان کشاورزی در گستره PH ۵/۵ تا ۷ می‌باشد. با کاهش یا افزایش PH از مقادیر مذکور، قابلیت جذب فسفر کاهش می‌یابد و در این شرایط اصلاح PH توسط کشاورزان به راحتی امکان پذیر بوده به طوری که با افزودن آهک در خاکهای اسیدی و استفاده از گوگرد در خاکهای قلیایی می‌توان حدود PH ۵/۵ تا ۷ برای جذب بیشتر فسفر توسط گیاهان در خاک به وجود آورد.

معلوم شده است زیر خاک کردن کود دامی و گیاهان سبز باعث بهره‌وری زراعت بعد، از فسفر باقیمانده در خاک می‌شود و در خاکهای رسی، تثبیت فسفر بیشتر صورت می‌گیرد و باین جهت استفاده از کودهای فسفوری در این گونه خاکها بهتر است به روش نواری صورت گیرد و از بخش سطحی آن اجتناب کرد. خاکهای زراعی با میزان فسفر قابل دسترس حدود ۵ppm نیازمند کود دهی بوده و کمتر از این مقدار، خاک فقیر است و اگر بین ۵ تا ۱۰ ppm باشد کودهی تاثیرگذار بوده و از ۱۰ تا ۱۵ ppm، خاک غنی از فسفر است.

کودهای فسفوری پس از پخش در مزارع، حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد آنها به صورت قابل جذب گیاه در میانند و بقیه برای جذب گیاهان بعدی در خاک باقی می ماند.

مسئله بسیار مهمی که در ارتباط با فسفر مطرح می‌باشد این است که در جهان تنها تعداد معدودی از کشورها دارای منابع فسفر می‌باشند، بنابراین برای تعداد زیادی از کشورها که بدون سنگ معدن فسفات می‌باشند، مشکلات تامین کودهای فسفاته بسیار مهم و جدی است. به هر حال محدود بودن منابع فسفر، استخراج

کانی های فسفردار و تولید کودهای حاوی فسفر و استفاده آن در اراضی کشاورزی، نگرانی‌هایی را از بابت تداوم و پایداری تولید کودهای فسفاته برای جهان به وجود آورده است بنابراین مدیریت استفاده بهینه و با دقت هر چه بیشتر کودهای فسفاته در هر زمان لازم و جدی بوده و در غیر این صورت تأمین امنیت غذایی با خطر جدی مواجه خواهد شد. مقدار فسفر خاکها کمتر از مقدار نیتروژن کل یا پتاسیم آنها است و حدود یک چهارم تا یک دهم نیتروژن و یک دوازدهم پتاسیم می‌باشد.

فسفر با بعضی عناصر دیگر موجود در خاک، واکنش می‌دهد، در نتیجه در فرآیند تثبیت، مقدار فسفر قابل دسترسی گیاه کاهش می‌یابد به همین جهت اکثر خاک ها دارای ذخیره فسفر نامحلول هستند. معمولاً مقدار فسفر معدنی از فسفر آلی آن بیشتر است ولی در خاک هایی که دارای مواد آلی زیادی هستند، مقدار فسفر آلی بیشتر است و در خاک های معدنی نیز فسفر آلی در سطح فوقانی خاک (بعثت انباشت مواد آلی) بیشتر است.

گیاهان فسفر را به صورت آنیون و به دو شکل یون اولیه یا مونوفسفات H_2PO_4^- و یون ثانویه یا دی فسفات HPO_4^{2-} که در خاک موجود هستند، جذب می‌کنند و ممکن است مقدار کمی فسفات آلی حل پذیر نیز جذب شود. غلظت این یون ها در محلول خاک کم و حفظ آنها، در رشد گیاه بسیار حائز اهمیت است غلظت این یون ها همواره در محلول خاک ناچیز است و اغلب کمتر از ۰/۱ میلی گرم در لیتر است چون مقدار مصرف گیاهان بین ۴ تا ۲۲/۵ کیلوگرم در هکتار است، بنابراین فسفر موجود در محلول خاک بایستی به طور مداوم تجدید شود در غیر این صورت گیاه برای تکمیل رشد خود فسفر کافی در اختیار نخواهد داشت.

باکتریهای حل کننده فسفر

در خاک میکروارگانیسم هایی وجود دارد که با تولید متابولیت های اولیه و ترشح در خاک، قادرند روی کانیهای معدنی و آلی فسفردار اثر گذاشته و موجب آزاد شدن فسفر و حل شدن آن در محلول خاک گردند، همچنین این میکروارگانیسم ها با استفاده از منابع کربن و ترکیبات آلی حاوی فسفر، موجب

معدنی شدن فسفر آلی می‌گردند، و این فرایند معدنی شدن به کمک آنزیم‌ها صورت می‌گیرد. فسفری که از این فرآیندها آزاد می‌گردد توسط گیاهان و میکروارگانیسم‌های دیگر موجود در خاک مصرف می‌شود.

مقدار فسفر کل خاک در سطح الارض و تحت الارض از چند میلی گرم تا یک گرم در کیلوگرم خاک متغیر می‌باشد، فسفر به دو صورت معدنی و آلی در خاک یافت می‌شود.

فسفر معدنی در خاک به شکل ترکیبات کلسیمی (در خاکهای قلیایی) و با ترکیبات آلومینیوم و آهن در خاکهای اسیدی وجود دارد و غلظت فسفر معدنی در محلول خاکهای کود خورده در حدود ۵ میلی گرم در لیتر بوده و در خاک‌های کود نخورده حدود ۳ میلی گرم در لیتر است.

وقتی که یک کود فسفاته مانند سوپر فسفات یا فسفات آمونیوم بخاک داده می‌شود بلافاصله بعد از انحلال، یون‌های فسفاته با یونهای کلسیم و آهن و آلومینیوم موجود در محلول خاک، واکنش نشان داده و به صورت نامحلول درآمده و یا جذب سطحی ذرات رس خاک می‌شود. این فرآیند، تثبیت فسفات نامیده می‌شود. مقدار فسفر آلی خاک از چند میلی گرم تا نیم گرم در کیلوگرم خاک متغیر است (۸ تا ۲۰ درصد فسفر کل). در مناطق گرمسیر مقدار فسفر آلی در سطح الارض کمتر از مناطق سردسیر بوده و مقدار آن در مناطق گرمسیر ۲/۳۵ درصد و در مناطق سردسیر ۶/۴۸ درصد می‌باشد.

یکی از ترکیبات فسفر با ۵۴ درصد P_2O_5 و حلالیت زیاد، اسید فسفریک می‌باشد. اما استفاده از این ترکیب که یک اسید قوی است، به عنوان کود بدون خطر نمی‌باشد بنابراین امروزه از ترکیبات دیگر فسفر که ناخالصی کمی دارند استفاده می‌شود.

انواع کود فسفر

منابعی که کود فسفر از آن‌ها تولید می‌شود (سنگ فسفات، خاک فسفات) بسیار محدود و تجدید ناپذیر می‌باشد بنابراین بایستی در مصرف بهینه کودهای

حاوی فسفر نهایت دقت را به کار برد و با اعمال مدیریت درست از مصرف بی‌رویه آن جلوگیری نمود و به همین جهت حفظ و بهبود وضعیت این عنصر در خاک برای تولید محصولات غذایی در راستای تامین امنیت غذایی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد ضمن آنکه مصرف بی‌رویه و بالای کود فسفر، باعث آلودگی آبهای سطحی با این عنصر شده و به این ترتیب خسارت جبران ناپذیری به محیط زیست وارد می‌شود.

کود سوپر فسفات ساده (SSP) Simple Superphosphate :

این کود حاوی ۸/۸ درصد فسفر و ۱۱ درصد گوگرد و ۱۹ درصد کلسیم و به صورت گرانوله می‌باشد و در همه محصولات زراعی قابل استفاده است. این کود به جز کود های اوره و دی آمونیوم فسفات با کود های دیگر قابل اختلاط بوده و ذخیره سازی آن برای مدت طولانی امکان پذیر می‌باشد وجود دو عنصر گوگرد و کلسیم در این کود می‌تواند به حفظ ساختار خاک نیز کمک کند.

مونو آمونیوم فسفات (MAP) mono ammonium phosphate :

این کود شامل ۱۰ درصد نیتروژن، ۲۱/۹ درصد فسفر، ۱/۵ درصد گوگرد، ۱/۶ درصد عناصر دیگر بخصوص کلسیم و به صورت گرانوله می‌باشد. این کود قابل استفاده در همه محصولات کشاورزی بوده و ترکیب آن با بیشتر کود ها میسر می‌باشد. از ویژگی‌های این کود، فسفر بالای آن و دارا بودن یون آمونیوم که این نوع ازت، به راحتی آب شویی نمی‌شود و برای مصرف در خاکهای آهکی به دلیل واکنش اسیدی بالائی که دارد، توصیه شده است.

دی آمونیوم فسفات (DAP) Diammonium phosphate :

این کود حاوی ۱۸ درصد نیتروژن، ۲۰/۲ درصد فسفر، ۱/۵ درصد گوگرد و قابل استفاده در همه محصولات کشاورزی می‌باشد و قابل ترکیب با بیشتر کودها و حتی کودهای ریز مغذی می‌باشد.

آمونیوم پلی فسفات (APP) ammonium poly phosphate :

این کود حاوی ۱۰ درصد نیتروژن، ۱۵ درصد فسفر می‌باشد. فسفر موجود در این کود به طور کامل در آب حل می‌شود.

سوپر فسفات تریپل (STP) Super Triple Phosphate :

این کود حاوی ۲۰ درصد فسفر و مقداری از دیگر عناصر از جمله کلسیم و گوگرد می‌باشد این کود قابل ترکیب با سایر عناصر بوده و معمولاً بصورت NP و Npk مصرف می‌شود. بهتر است این کود به صورت نواری و به فاصله ۵ سانتی متر از بذر در زمین قرار داده شود چون پخش سطحی آن از کارایی کمتری برخوردار است.

منو پتاسیم فسفات (MPP) Monopotassium phosphate :

این کود حاوی ۲۲/۵ درصد فسفر و ۲۰ درصد پتاسیم بوده و از حلالیت بالایی برخوردار است و می‌توان در کلیه مراحل رشد گیاه به صورت پخش سطحی و یا به صورت محلول پاشی استفاده کرد.



مقایسه کمبود فسفر در مزرعه برنج

گوگرد (S)

گوگرد یکی از عناصر اصلی غذایی گیاهان بوده و در رشد و توسعه گیاهان نقش اساسی دارد. در حال حاضر گوگرد به عنوان عنصر چهارم بعد از نیتروژن، فسفر و پتاسیم قرار گرفته است و اگر خاکی کمبود گوگرد داشته باشد و به آن توجه نشود، گیاهان به حداکثر عملکرد نخواهند رسید.

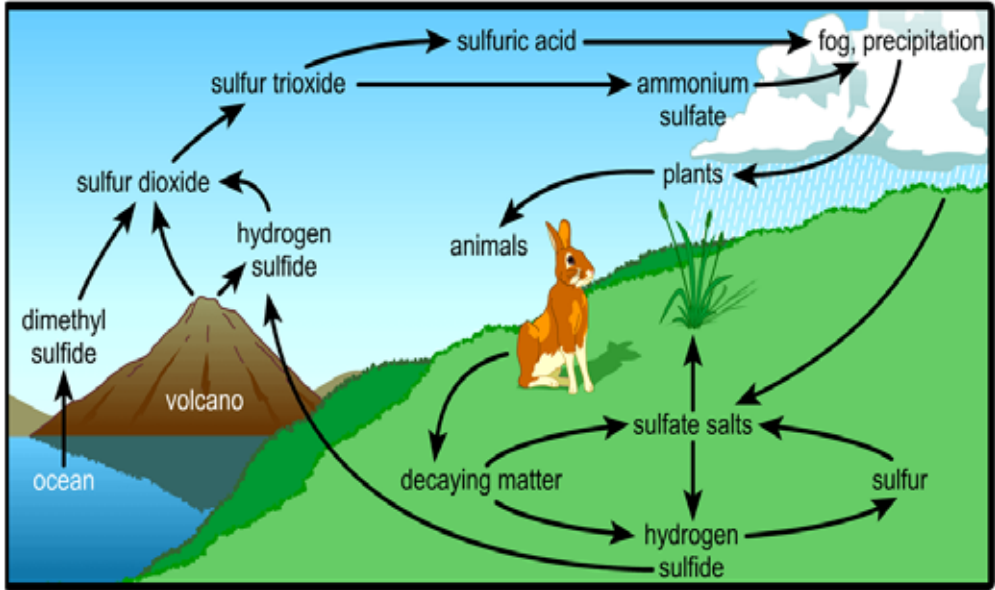
پتانسیل مصرف گوگرد در کشاورزی ایران بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ هزار تن در سال تخمین زده شده است و لذا لازم است برنامه های ترویجی بیشتری برای کشاورزان تهیه و اجرا شود تا اهمیت این عنصر برای آن ها بیش از پیش معلوم گردد.

پوسته زمین دارای ۰/۶ درصد گوگرد است و گوگرد از نظر مقدار در طبیعت در ردیف ششم و از لحاظ میزان نیاز گیاهان پس از سه عنصر اصلی قرار دارد و مقدار گوگرد در خاک از ۰/۰۲ تا ۵ درصد متغیر است و به طور متوسط بین ۰/۵ تا ۰/۱ درصد می باشد. گوگرد در خاک به دو شکل معدنی و آلی یافت می شود.

تقریباً تمام گوگرد موجود در نواحی خشک و درصد کمی در مناطق مرطوب، به صورت معدنی می باشد. مقدار گوگرد آلی و معدنی نسبت به هم بسیار متفاوت است و بستگی به PH، وضعیت زهکشی، مقدار مواد آلی و ترکیبات کانی ها دارد گوگرد معدنی در خاک عمدتاً به صورت سولفات است.

در خاکهای آهکی و شور بخش عمده گوگرد به شکل $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ دیده می شود و در اراضی غرقابی گوگرد به شکل SH_2 و FeS_2 مشاهده می شود.

اغلب خاک های کشاورزی بین ۵۰ تا ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک، دارای گوگرد در لایه های سطحی می باشند خاک می تواند تحت تاثیر چند فرایند، گوگرد را در خود ذخیره یا از دست بدهد. عواملی که باعث افزایش گوگرد در خاک می شود، عبارتند از، کودهای شیمیایی، مواد آلی، قارچ کشها، بقایای گیاهی، آب آبیاری و باران. عواملی که باعث کاهش گوگرد در خاک می شوند عبارتند از؛ برداشت محصول، شستشوی خاک، فرسایش و متصاعد شدن بشکل گاز.



چرخه گوگرد در طبیعت

گوگرد در خاک

گوگرد از درجه اکسیداسیون بالایی برخوردار است و این امر به گردش آن در طبیعت کمک می‌کند. چرخه گوگرد شامل چهار مرحله: معدنی شدن، آلی شدن، احیا شدن و اکسید شدن می‌باشد.

شکل‌های مختلف گوگرد به طور دائم در حال تغییر و تبدیل به یکدیگر بوده و در داخل این چرخه در گردش هستند. گوگرد به طور عمده به صورت سولفات توسط گیاهان و میکروارگانیسم‌ها جذب می‌شود.

یون‌های سولفات SO_4^{--} در اثر هواپدگی کانی‌های حاوی گوگرد و یا در اثر معدنی شدن ترکیبات آلی گوگرددار آزاد شده و وارد محلول خاک می‌شوند. بیشترین مقدار گوگرد به صورت آلی در اغلب خاک‌ها وجود دارد ولی نمی‌تواند به طور مستقیم به وسیله گیاهان جذب شود به همین جهت معدنی شدن گوگرد آلی اهمیت زیاد پیدا می‌کند. معدنی شدن گوگرد آلی فرایندی است که طی آن این مواد توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و گوگرد موجود در آنها به صورت

سولفات آزاد می‌شود. معدنی شدن ترکیبات آلی گوگرد دار به دو طریق انجام می‌گیرد.

الف) بیولوژیک: در این روش گوگرد متصل به کربن در اثر اکسیداسیون کربن توسط میکروارگانیسم های هتروتروف (گیاهان بدون کلروفیل که مواد غذایی مورد نیاز خود را از طریق تجزیه مواد آلی به دست می‌آورند) اکسید شده و به صورت سولفات آزاد می‌شود.

ب) بیوشیمیایی: در این روش گوگردی که به کربن متصل نشده باشد، به وسیله آنزیم های خاک معدنی می‌شود. به طور کلی عواملی که بتوانند رشد و نمو و فعالیت میکروارگانیسم های خاک را تحت تاثیر قرار دهند، می‌توانند روی معدنی شدن گوگرد اثرگذار باشند.

اکسیداسیون ترکیبات گوگردی در خاک، منبع کسب انرژی برای میکروارگانیسم های خاک بوده که اثرات مفید این ارگانیسم ها در اصلاح و بهبود تغذیه گیاهان حائز اهمیت است. اکسیداسیون گوگرد بسیار کند است. مهمترین عوامل مؤثر در اکسیداسیون بیولوژیک مواد آلی گوگرد عبارتند از: درجه حرارت، تهویه و رطوبت خاک، بافت خاک، PH خاک، مواد آلی، جمعیت میکروارگانیسم های اکسید کننده، اندازه ذرات گوگردی و نوع نمک آن. از میان باکتریهای اکسید کننده گوگرد، باکتریهای جنس «تیو باسیلوس *Thiobacillus*» از مهمترین آنها در خاک به شمار می‌رود و بنابراین تلقیح خاک با این باکتری ها باعث افزایش سرعت اکسیداسیون گوگرد خواهد شد. در خاکهای قلیایی به ویژه خاکهای سدیمی که جمعیت این باکتری ها در آن ها کم است، استفاده از این باکتری ها توام با گوگرد، نتایج بهتری خواهد داشت. علاوه بر نقش بسیار مثبت گوگرد در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی، اهمیت آن در اصلاح خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک های آهکی و سدیمی، افزایش نفوذپذیری و کاهش PH خاک، حذف بی کربنات آب آبیاری و اصلاح خاکهای سدیمی بسیار حائز توجه است.

نقش گوگرد در رشد و نمو گیاهان

گوگرد عنصر حیاتی برای تغذیه گیاهان به شمار می‌رود و نقش اساسی در رشد و توسعه گیاهان بعهده دارد. مقدار جذب گوگرد در گیاهان هم اندازه فسفر می‌باشد و حتی در دانه‌های روغنی جذب گوگرد بیشتر از فسفر است نقش گوگرد در گیاهان به طور عمده ساخت پروتئین، روغن و بهبود کیفیت محصولات است گیاهان گوگرد را به صورت یون سولفات (SO_4^{--}) از طریق ریشه جذب می‌کنند و به مقدار کمی هم به صورت (SO_2) از هوا جذب میکنند، بنابراین همراه با مصرف گوگرد عنصری، لازم است از باکتری های اکسید کننده (مانند تیوباسیلوس) نیز استفاده شود تا گوگرد به صورت قابل جذب گیاه تبدیل شود. به طور کلی نقش گوگرد در گیاهان به شرح زیر مشخص شده است

- ۱- شرکت در سنتز اسیدهای آمینه گوگرددار
- ۲- شرکت در ساختمان کلروفیل
- ۳- ضروری در ساخت آنزیم نیتروزوموناس که در تثبیت ازت نقش دارد
- ۴- نقش مهم در تشکیل روغن در گیاهان روغنی بخصوص در خاکهایی که دارای منیزیم کافی باشند
- ۵- بوی برخی محصولات به خصوص پیاز، سیر، کلم و خردل از گوگرد است
- ۶- فعال سازی آنزیم تجزیه کننده پروتئین
- ۷- موجب افزایش پروتئین ها و کاهش تجمع نیترات در گیاهان علوفه‌ای می‌شود
- ۸- بهبود کیفیت غلات در رابطه با آسیاب کردن و پختن
- ۹- بهبود کیفیت سبزیجات، تراکم مراتع
- ۱۰- ایجاد مقاومت در گیاه در برابر سرما، خشکی و بیماریهای خاکزاد

نسبت ازت به گوگرد (N/S) در کلیه محصولات کشاورزی در محدوده ۱۵-۱۰ بوده و در دانه‌های روغنی کمتر از ۱۰ می‌باشد. مصرف گوگرد علاوه بر نقش های فوق‌الذکر، در رشد و نمو گیاهان، در کاهش PH در ناحیه ریزوسفر (ناحیه فعالیت ریشه) بسیار مؤثر بوده و با استفاده از باکتری های اکسید کننده گوگرد نظیر

تیوباسیلوس، حلالیت عناصر ریزمغذی افزایش یافته و افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات را سبب خواهد شد.

علائم کمبود گوگرد

کمبود گوگرد درپاره ای از گیاهان شبیه کمبود ازت می‌باشد. برگ‌ها بی‌رنگ یا سبز کم‌رنگ می‌شوند و بر خلاف ازت علائم کمبود گوگرد (به علت عدم پویائی) ابتدا در برگ‌های بالایی یا جوان ظاهر می‌شود (در کمبود ازت علائم کمبود از برگ‌های پیر یا پایینی شروع می‌شود). در پنبه علائم کمبود گوگرد ابتدا در تعدادی از برگ‌های پیر ظاهر می‌شود.

در گیاهان مبتلا به این عارضه قسمت پایین برگ‌ها و دم‌برگ‌ها برنگ قرمز مایل به صورتی در می‌آید. در اثر شدت کمبود، علائم برنگ قهوه‌ای با لکه‌های نکروتیک (بافت مرده) دیده می‌شوند. دم‌برگ‌ها و برگ‌ها اغلب عمودی، پیچ‌خورده و شکننده می‌شوند. ساقه‌های گیاهان کوتاه، ضعیف و نازک‌تر از معمول و چوبی می‌شوند. سطح برگ‌ها کوچک و تعداد برگ‌ها نیز کم می‌شود.

کمبود گوگرد در حبوبات باعث عدم تشکیل غده در روی ریشه‌ها شده و باعث کاهش ازت و در نتیجه عدم رسیدگی و سبز ماندن دانه‌ها را سبب می‌گردد.

در سویا برگ‌های جوان به رنگ سبز مایل به زرد هستند و در حالت کمبود شدید، گیاه زرد شده و اندازه برگ‌ها کاهش می‌یابد. در افتابگردان نیز برگ‌ها کم‌رنگ، گیاه کوچکتر از حالت نرمال می‌شود.

به طور کلی دانه‌های روغنی و حبوبات به کمبود گوگرد بسیار حساس هستند در مورد سمیت گوگرد و علائم آن، به کاهش رشد، رنگ سبز تیره برگ‌ها و نکرور شدن برگ‌ها (بافت مردگی) اشاره شده است.



مزرعه برنج با کمبود گوگرد



سیب زمینی



گندم



ذرت



سویا



چغندر قند



گندم



پنبه

کودهای مصرفی گوگرد دار

در حال حاضر کودهای شیمیایی گوگرددار که در کشاورزی مصرف میشوند عبارتند از:

- کود اوره با پوشش گوگردی (SCU)

این کود به عنوان کود نیتروژنه مورد مصرف بوده، و از آنجا که با یک لایه گوگردی پوشش داده می‌شود این پوشش ضمن اینکه باعث کندرهائی ازت در خاک می‌شود از آب شوئی سریع آن نیز جلوگیری می‌شود.

از طرف دیگر به علت داشتن گوگرد، در خاک های آهکی موجب کاهش PH در منطقه ریزوسفر شده که خود باعث افزایش جذب عناصر غذایی می‌شود.

چون بیشتر خاکهای کشاورزی کشورمان آهکی و شور هستند و آب آبیاری نیز دارای بی کربنات زیادی است، بنابراین در اولویت قرار دادن ساخت انواع کودهای گوگردی مخصوصاً اوره با پوشش گوگرددار، سولفات آمونیوم، فسفات سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم که دارای خاصیت اسیدزایی نیز هستند، بسیار ضروری باین و جهت الزامی می‌باشد. از آنجا که قسمت اعظم اکسایش گوگرد در خاک توسط میکرو ارگانیسم ها صورت می‌گیرد باین جهت برای تسریع در اکسایش، لازم است مواد آلی همراه با گوگرد در خاک اضافه شود. در حال حاضر مصرف کودهای گوگردی کمتر از ۱۰ درصد کودهای ازته است. بنابراین بایستی با اجرای برنامه‌های ترویجی، اطلاع رسانی به کشاورزان به طور جدی انجام گیرد. در حال حاضر نسبت ازت، فسفر، پتاسیم، گوگرد و ریز مغذی‌های مصرفی تقریباً ۱۰۰، ۴۵، ۲۱، ۹ و یک درصد است و طبق نظر متخصصین این نسبت ها باید به ۱۰۰، ۴۰، ۳۰، ۴۰ و ۴ درصد برسد.

سولفات کلسیم آبدار یا ژپس (Gypsum)

سولفات کلسیم در طبیعت به صورت ژپس با فرمول $2H_2O$ و $CaSO_4$ و چندین فرم بلوری یافت می‌شود و در پوسته جامد زمین به شکل لایه های ضخیم به وفور یافت می‌شود. مقدار گوگرد در کود ها را به صورت درصد عنصر ذکر

می‌کنند و انتخاب نوع کود به PH بستگی دارد. از سولفات کلسیم بعنوان منبع گوگرد میتوان در خاک های اسیدی استفاده کرد این ترکیب دارای ۲۲ درصد کلسیم و ۱۸ درصد گوگرد بوده و علاوه بر تامین گوگرد و کلسیم، باعث افزایش PH نیز می‌شود.

پودر گوگرد

از پودر گوگرد میتوان بعنوان کود گوگردی استفاده نمود. لازمه این کار استفاده از باکتری های اکسید کننده گوگرد (تیوباسیلوس) می‌باشد. در نتیجه کنش های این باکتری ها، ابتدا گوگرد به اسید سولفوریک و سپس به سولفات تبدیل می‌شود. هر چه ذرات گوگرد ریزتر و توزیع آن در خاک یکنواخت تر باشد، سرعت اکسیداسیون سریعتر خواهد بود. در نتیجه اکسیداسیون گوگرد، PH خاک کاهش یافته و به همین دلیل از پودر گوگرد در اصلاح خاک های قلیایی استفاده می‌شود. اکسیداسیون گوگرد در حرارت و رطوبت مناسب حدود ۳ تا ۴ هفته طول می‌کشد.

سولفات آمونیوم (AS) Ammonium Sulfate

این کود از ترکیب آمونیاک با اسید سولفوریک بدست می‌آید. به علت اسید زایی، با افزودن این ترکیب در خاک، PH ریزوسفر پایین می‌آید این کود یکی از کودهای مناسب برای خاکهای آهکی می‌باشد چون هم دارای گوگرد بوده و هم اسید زا می‌باشد. اب شویی این کود کمتر است. این کود دارای ۲۴ درصد گوگرد و ۲۱ درصد ازت می‌باشد.

سولفات فسفات آمونیوم (APS) Ammonium Phosphate Sulfate

این کود به خاطر داشتن گوگرد از کود دی آمونیوم فسفات متفاوت است و وجود عنصر گوگرد در این کود باعث حلالیت بیشتر فسفر و افزایش قابلیت جذب ازت می‌گردد.

دو نوع از این کود در بازار به فروش می‌رسد، یکی با مشخصات ۱۰ درصد گوگرد، ۲۰ درصد فسفر و ۲۰ درصد ازت و دیگری حاوی ۵ درصد گوگرد، ۲۰ درصد فسفر و ۹ درصد ازت می‌باشد.

عنصر روی (Zn)

مقدار روی در پوسته زمین حدود ۸۰ میلی گرم در کیلوگرم تخمین زده شده است. مقدار آن در سنگ های حاوی روی متفاوت بوده و طیف آن از ۴ تا ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم متغیر است و مقدار روی در سنگ های بازالت ۱۰۰، شیل ۴۵، گرانیت ۹۰، سنگ آهک ۴ و در ماسه سنگ ۳ میلی گرم در کیلوگرم می باشد. یکی از کانی های طبیعی روی بنام اسفالریت Sphalerite بوده و سنگ معدن اصلی آن همراه با کمی آهن می باشد، فرمول شیمیایی آن ZnS و حاوی ۶۷/۰۶ درصد روی می باشد. این کانی در اسیدهای نیتریک و کلریک محلول می باشد.

عنصر روی در خاک

مقدار روی در خاک های مختلف متفاوت است و از ۱۰ تا ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم متغیر است و در خاکهای قلیایی مقدار آن از ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم تجاوز نمی کند. مقدار روی در سطح بالای خاک کمتر از سطح پایینی یا زیری خاک می باشد. نکته قابل توجه این است که مقدار کل روی در خاک همانند دیگر عناصر غذایی به هیچوجه معیار قابل جذب بودن آن برای گیاه نیست. روی در خاک به شکل های مختلف دیده می شود که عبارتند از:

- روی به صورت کاتیون قابل تبادل، جذب سطحی کانیهای رسی خاک می گردد.
- بخشی از روی جذب سطحی اکسیدها، هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم و همچنین کربناتها می شود.
- بخشی از روی به صورت ترکیب با ماده آلی، در خاک وجود دارد.
- بخشی از روی به شکل یون در محلولهای خاک یافت می شود.

فعالیت یون روی در خاک توسط PH کنترل می‌شود و با افزایش یک واحد PH، غلظت روی ۱۰۰ برابر کاهش می‌یابد. حرکت روی در خاک عمدتاً به صورت انتشار (حرکت محلول غلیظ به سمت محلول رقیق) بوده و ضریب انتشار آن در خاکهای آهکی نسبت به خاکهای اسیدی ۵۰ مرتبه کمتر است و این خود به دلیل کمبود روی در خاک های آهکی می‌باشد. عوامل دیگر نظیر فقیر بودن خاک از کانی های حامل روی، بالا بودن PH، زیادی کربنات کلسیم، حضور بی کربنات فراوان در آبهای ابیاری، مرده بودن خاک (فاقد باکتری ها و مواد آلی)، زیادی فسفر و ازت در خاک و نهایتاً عدم رواج مصرف کودهای حاوی روی، بر کمبود عنصر روی در خاک اثر می‌گذارد.

عنصر روی در گیاهان

روی عنصری است که در مقادیر کم برای گیاه لازم و حیاتی است. روی عمدتاً به صورت عنصر دو ظرفیتی از محلول خاک جذب می‌شود و مقدار آن در مراحل مختلف رشد گیاه متفاوت است به طوریکه در اوایل رشد بیشترین جذب صورت گرفته و به مرور مقدار آن کم می‌شود.

در خاکهای قلیایی روی می‌تواند به صورت هیدروکسید نیز جذب شود. جذب روی توسط گیاه به دو شکل فعال و غیرفعال صورت می‌گیرد و بخش عمده آن به صورت فعال جذب می‌گردد. مقدار روی در گیاهان بین ۴۰ تا ۷۰ میلی گرم در کیلوگرم متغیر است و مقدار آن با سن گیاه رابطه معکوس دارد. انتقال روی از ریشه به دیگر اندامهای گیاهی از طریق آوندهای چوبی انجام می‌شود. روی نقش مهمی در فرآیندهای فتوسنتز، تشکیل قند، سنتز پروتئین، حاصلخیزی خاک، مقاومت در برابر بیماریها دارد. وقتی که کمبود روی در خاک وجود داشته باشد این فعالیت های فیزیولوژیکی تضعیف شده و در نتیجه باعث افت محصول و پایین آمدن کیفیت آن می‌شود.

نکته حائز توجه این است که استفاده بیش از حد از کود های حاوی فسفر باعث تجمع بیشتر آن در خاک شده و سبب کاهش دسترسی گیاه به روی می‌گردد. در میان گیاهان زراعی به طور مشخص برنج ذرت و لوبیا حساس ترین گیاهان به کمبود روی شناخته شده اند. بررسی‌های انجام شده اثر عنصر روی بر ریشه زایی و رشد بخش هوایی گیاهان را ثابت کرده است.

علائم کمبود روی در گیاهان

عواملی که باعث بروز کمبود روی در گیاهان می‌شوند عبارتند از:

- ۱- فقیر بودن خاک از کانیهای حامل روی
- ۲- بالا بودن PH خاک، زیادی کربنات کلسیم در خاک و بی کربنات در آب آبیاری
- ۳- زیادی ازت و فسفر در خاک
- ۴- خاک هایی که فاقد مواد آلی و باکتری های مفید هستند مانند اراضی بعد از تسطیح

کمبود روی یکی از شایعترین کمبود ریز مغذی در محصولات زراعی در جهان می‌باشد. کمبود این عنصر باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول شده و ممکن است تا ۲۰ درصد محصول نیز موجب کاهش گردد.

جذب روی توسط گیاه بیشتر با مکانیسم فعال صورت می‌گیرد و بیشترین جذب آن در اوایل رشد گیاه صورت گرفته و به مرور زمان مقدار آن کاهش می‌یابد. جذب روی در گیاه بیشتر از طریق ریشه و به صورت محلول بوده و توسط آوندهای چوبی به دیگر اندامهای گیاه انتقال می‌یابد.

حرکت روی از برگ های پایینی (پیر) به سوی برگ های جوان صورت می‌گیرد و بهمین جهت علائم کمبود ابتدا در برگهای جوان رخ می‌دهد.

در گندم در مراحل اولیه کمبود، رگه های سبز روشن تا سفید و نشانه‌های سوختگی (نکروز) در هر دو طرف برگ ها ظاهر می‌شود. در مراحل شدید برگهای پایینی زرد و بسیار کوتاه می‌شوند. حاشیه برگهای پیر معمولاً سبز باقی مانده و

ممکن است به صورت قهوه ای هم نمایان شوند علائم سوختگی در برگهای پیر به تدریج موجب خم شدن و ریختن آن ها می شود.

در ذرت علائم کمبود معمولاً به صورت نوارهای زرد در برگ ها ظاهر می شوند که در نزدیک ساقه برنگ سفید مایل به زرد دیده میشود.

در مراحل بعدی کمبود فاصله گره ها کوتاه و رگه های زرد و قرمز در برگهای پایین مشاهده می گردد و در این حالت رشد گیاه متوقف می شود.

در محصول سویا علائم اصلی کمبود به تغییر رنگ برگ ها از سبز روشن تا زرد و توقف رشد می باشد. این برگها که در قسمت های پایین قرار دارند برنزه شده و نواحی نکروزه گسترش یافته و رسیدن گیاه به تأخیر می افتد.

کودهای حاوی روی

برای جبران کمبود روی در گیاهان مختلف از ترکیب سولفات روی و کلات روی استفاده می شود و سولفات روی به دلیل تاثیر گذاری در افزایش طول ریشه و وزن خشک آن حائز اهمیت بیشتری می باشد و همچنین قیمت آن در بازار کمتر از کلات روی می باشد.



ذرت



گندم



گندم



سیب زمینی

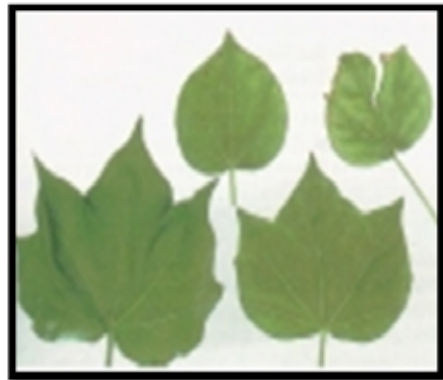
گندم



ذرت



سیب زمینی



پنبه

منیزیم (Mg) Magnesium

منیزیم حدود ۱/۹۳ درصد پوسته سطح زمین را تشکیل می‌دهد. مقدار آن در خاک‌های درشت بافت مناطق مرطوب حدود ۰/۱ درصد و در خاک‌های ریز بافت مناطق خشک و نیمه خشک حدود ۰/۴ درصد می‌باشد. منابع طبیعی منیزیم در خاک‌های کانی‌های سیلیکاتی، سنگ آهک، کانیهای حاوی کربنات منیزیم ($MgCO_3$)، سولفات منیزیم ($MgSO_4 \cdot 7 H_2O$)، دولومیت [$(Co_3)_2Mg \cdot Ca$] و برخی کانی‌های دیگر می‌باشد. منیزیم موجود در کانی‌ها بر اثر تجزیه و تخریب کانی‌ها، آزاد شده و وارد محلول خاک می‌شود. شدت آزادسازی منیزیم در خاک‌های مختلف یکسان نیست. منیزیم آزاد شده یا به وسیله گیاه جذب می‌شود و یا جذب کلوئیدهای خاک شده و یا اینکه مجدداً به صورت کانیهای ثانویه در آمده و رسوب می‌کند و یا در معرض آبشویی قرار می‌گیرد.

منیزیم در خاک

منیزیم در خاک به مقدار فراوان وجود دارد و مقدار آن در خاکها بستگی به سنگ ما در و اقلیم دارد. مقدار آن در خاک‌های شنی و سبک کمتر و در خاک‌های سنگین و رسی بیشتر است.

در خاک‌هایی با PH پایین، حلالیت منیزیم کمتر بوده و در این صورت نمی‌تواند به راحتی در دسترس گیاه قرار گیرد. در خاکهای اسیدی با وجود منگنز و آلومینیوم (به دلیل حلالیت بیشتر آنها در خاکهای اسیدی) از جذب منیزیم کاسته می‌شود.

پتاسیم و کلسیم دارای اثر متقابل با منیزیم بوده بطوریکه بیشبود منیزیم در خاک مانع جذب عناصر پتاسیم و کلسیم شده و بیشبود دو عنصر مانع جذب منیزیم می‌شود. نسبت پتاسیم به منیزیم در خاک برای رشد گیاهان متفاوت است این نسبت در گیاهان زراعی ۵ می‌باشد، و در مقابل، با وجود منیزیم جذب فسفر در گیاه بیشتر می‌شود.

منیزیم در خاک به صورت های زیر وجود دارد:

- ۱- منیزیمی که به حالت محلول در خاک وجود دارد به راحتی جذب گیاهان می شود.
- ۲- منیزیمی که همراه رس و مواد آلی در خاک هستند به راحتی قابل دسترس گیاهان می باشند.
- ۳- منیزیمی که در مواد اولیه معدنی تشکیل دهنده خاک، وجود داشته و به کندی تجزیه می شود نمی تواند به راحتی در دسترس گیاه قرار گیرد.

منیزیم در گیاهان

گیاهان منیزیم را به شکل یون Mg^{++} جذب می کنند و این جذب با دو فرایند انجام می شود:

- ۱- جذب منیزیم با عمل تعرق
 - ۲- هدایت آن به قسمت های دیگر گیاه
- هدایت یون ها به قسمت های دیگر گیاه به طریق انتشار یعنی جریان محلول با غلظت بالا به طرف محلول با غلظت کم صورت می گیرد.

منیزیم عنصری است پویا و تنها عنصر فلزی است که در مرکز ساختمان مولکول کلروفیل موجود است و حدود ۱۵ درصد از کل منیزیم گیاه را تشکیل می دهد. کمبود منیزیم باعث کاهش مقدار کلروفیل در برگها می شود و در فرایند فتوسنتز نقش احیایی دارد. منیزیم به همراه فسفات در ساخت روغن در گیاهان ایفای نقش می کند.

منیزیم نقش مهمی در فعال کردن تعدادی از آنزیم های مسئول متابولیسم کربوهیدراتها و آنزیم های مسئول ساخت اسید نوکلئیک، به عهده دارد.

همچنین نقش منیزیم در انتقال کربوهیدرات ها (قند و نشاسته) به قسمت های دیگر گیاه حائز اهمیت می باشد. علاوه بر کلروفیل بیشترین مقدار منیزیم در بذور بوده و مقدار آن در بافت های دیگر کم است و منیزیم با یون دو ظرفیتی در تنظیم PH و فشار اسمزی سلولی نقش دارد. حدود ۵ تا ۱۰ درصد منیزیم بعنوان

عنصر ساختمانی در ساختمان دیواره سلولی عمل می‌کند و بقیه منیزیم نیز به شکل پویا در داخل گیاه در حرکت می‌باشد.

به علت فراوانی منیزیم در خاک، غلظت آن در محلول خاک هم بیشتر است ولی مقدار جذب آن توسط ریشه و سایر اندام‌ها کم است. جذب منیزیم در گیاهان مختلف متفاوت است. عموماً گیاهان خانواده بقولات حاوی منیزیم و کلسیم بیشتری هستند در میان گیاهان زراعی پنبه، چغندر قند، ذرت، سیب زمینی و غلات عکس العمل خیلی زیادی به منیزیم نشان می‌دهند و به کمبود منیزیم حساس هستند.

علائم کمبود منیزیم در گیاهان

چون اصلی‌ترین نقش منیزیم در گیاهان شرکت در ساختمان کلروفیل می‌باشد (۱۵ درصد منیزیم موجود در گیاه، در ملکول کلروفیل وجود دارد) و اساساً نقش حیاتی در فتوسنتز گیاهان دارد و عنصری است پویا، بنابراین اولین علامت ناشی از کمبود منیزیم، زردی برگ‌ها می‌باشد. این زردی ابتدا در برگ‌های پیر و بین رگبرگها در پهنه برگ ظاهر می‌شود و این علائم شبیه کمبود آهن در گیاهان بوده با این تفاوت که علائم کمبود آهن، ابتدا در برگ‌های جوان (بالایی) ظاهر می‌شود.

علائم کمبود منیزیم در اواخر دوره رشد گیاهان ظاهر می‌شود. زردی برگ‌ها ابتدا با ظهور لکه‌های کوچک زرد مایل به سبز در اطراف رگبرگها معلوم می‌شود که به تدریج به طرف حاشیه برگ‌ها پیش می‌رود و تمام برگ‌ها را فرا می‌گیرد و تنها نوک برگ‌ها و قسمت‌های پایینی آنها سبز باقی می‌ماند و شکل سبز باقیمانده شکل عدد ۸ را دارد. کمبود منیزیم موجب می‌شود که فاصله بین رگبرگها حالت ابلقی چروکیده پیدا کند و قبل از بلوغ می‌میرند و در صورت شدید بودن کمبود ممکن است ۸۰ تا ۹۰ درصد برگ‌ها ریزش نمایند.

در پنبه، در برگ‌های پیر، ابتدا زردی خفیفی بین رگ‌برگها نمایان می‌شود ولی بعداً این کلروز تبدیل به نکرور ارغوانی تیره مایل به قرمز می‌شود و برگ‌ها همچنان روی بوته باقی می‌ماند کمبود منیزیم در گیاهان زراعی (در شرایط مزرعه) اثر

چندان قابل توجهی روی رشد گیاهان ندارد. به طور کلی نیاز غذایی گیاهان به منیزیم کم است و گیاه می‌تواند تا حدودی نیاز خود را از خاک جذب کند.



علائم کمبود منیزیم در سویا



گندم



سویا



چغندر



پنبه

گندم

کود های شیمیایی دارای منیزیم

برای برطرف کردن کمبود این عنصر می‌توان از کود های سولفات منیزیم و نیترات منیزیم به صورت پخش سطحی و محلول پاشی استفاده کرد. کود سولفات منیزیم در زراعت های برنج، گندم، حبوبات، آفتابگردان، سویا و پنبه برای رفع کمبود منیزیم بسیار مؤثر است و در آب کاملاً محلول می‌باشد.

عناصر کلسیم و منیزیم کمتر به عنوان کود مصرف می‌شوند زیرا کمبود این دو عنصر در بسیاری از خاک ها (به استثنای خاک های نواحی مرطوب) دیده نمی‌شود و در خاکهای نواحی مرطوب اسیدی و برای اصلاح PH آنها از کربنات کلسیم و منیزیم (دولومیت) استفاده می‌شود و در نتیجه کمبود احتمالی این دو عنصر در این نوع خاک ها هم برطرف می‌شود.

کلسیم (Ca) Calcium

کلسیم موجود در پوسته زمین در میان کلیه عناصر تشکیل دهنده آن دارای مقام پنجم بعد از اکسیژن، سیلیسیم، آلومینیوم و آهن و در میان فلزات مقام سوم را دارا است. این عنصر یکی از فراوان ترین عنصر به ویژه در خاک آهکی بوده و ۶/۳ درصد پوسته زمین را تشکیل می دهد. ترکیبات آن ۶۴/۳ درصد از ترکیبات پوسته زمین را شامل می شود.

منشأ کلسیم موجود در خاک ها از منابع سنگها و کانیهای نظیر دولومیت، کلسیت، آپاتیت، فلدسپارها (فلدسپاتها) و آمفیبول ها بوده و کلسیم موجود در این کانیها از طریق هوازدگی آزاد شده و برای جذب در اختیار گیاه قرار می گیرند. سنگ آهک یا کربنات کلسیم که به وفور در خاکهای کشورمان یافت می شود، در بعضی حالات با ایجاد لایه ای بنام کلسیک مانع رشد و نفوذ ریشه درختان می شود گزارش شده است درصد کربنات کلسیم در خاک های ایران حتی به بیش از ۷۵ درصد نیز می رسد. کربنات کلسیم به عنوان یک بافر قوی (K_2CO_3 و H_2CO_3) تبادلات شیمیایی خاک را کنترل می کند. (بافرهای ترکیباتی هستند که تا حدودی در برابر تغییرات PH خاک مقاومت می کنند و به این جهت با افزودن مقدار کم ماده اسیدی یا بازی در محلول خاک مانع تغییرات PH و تبادلات شیمیایی می شوند. یک ترکیب بافری از یک اسید ضعیف و نمک آن بوجود می آید)

کلسیم در خاک

وجود کربنات کلسیم در خاک باعث افزایش PH آن می شود و بالعکس در خاکهای اسیدی مقدار آن در حداقل می باشد، بنابراین خاکهای با PH بالا طبیعتاً دارای کلسیم زیادی هستند. در این نوع خاک ها جذب تعداد زیادی از عناصر معدنی نظیر فسفر، پتاسیم، روی و آهن به کندی صورت می گیرد، در PH بیش از ۷/۲ و با وجود یون کلسیم، میزان اضافی کلسیم جذب خاک نمی شود. در این حالت با سایر عناصر مانند فسفر (آنیون فسفات) واکنش داده و باعث کاهش

فراهمی فسفر در این نوع خاک ها می‌گردد. خاکهای آهکی بی اندازه از مواد آلی فقیر هستند و از نظر هوموس هم دچار کمبود شدید می باشند.

برای اصلاح خاکهای آهکی می توان با اضافه کردن مواد آلی و یا با کاربرد کودهای شیمیایی اسیدی کننده خاک مانند سولفات آمونیوم اقدام کرد. یکی از ویژگی‌های مهم کاتیون کلسیم در خاک توانایی تبادل کاتیونی آن می‌باشد و به این جهت در خاکهای آلی که درصد کلسیم آنها کمتر است، از میزان ظرفیت تبادل کاتیونی پایین برخوردار هستند. با توجه به چنین خصوصیات یون کلسیم، یکی از راه‌های اصلاح خاک های سدیمی، جایگزینی یون کلسیم با کاتیون سدیم و شستشوی آن است و این کار با اضافه کردن سولفات کلسیم (گچ) در خاک های سدیمی، اصلاح وضعیت شوری یا سدیمی آنها امکان پذیر می‌شود.

اصلاح خاک های سدیمی از طریق اضافه کردن گوگرد نیز امکان پذیر بوده و با پخش سطحی آن در خاک، گوگرد پس از اکسید شدن، تبدیل به اسید سولفوریک شده و این اسیدنه تنها نمک های کربنات رابه سولفات تبدیل می‌کند بلکه با کاهش PH از شدت قلیایی خاک نیز می‌کاهد.

ظرفیت تبادل کاتیونی عنصر کلسیم به عنوان یکی از عمده‌ترین کاتیونها، رابطه مستقیم با میزان فراهمی کلسیم در خاک دارد.

چون این عنصر همواره با سایر عناصر مانند سدیم (Na^{+})، پتاسیم (K^{+})، منیزیم (Mg^{++})، آمونیوم (NH_4^{+})، آهن (Fe^{++})، آلومینیوم (Al^{+++}) برای جذب توسط گیاه رقابت دارد. بنابراین مصرف بیش از حد پتاسیم باعث کاهش جذب کلسیم در خاک می‌شود. کلسیم در خاکهای اسیدی تا حدی می‌تواند جایگزین سدیم شده و باعث شستشوی آن شود و این روش یکی از مهمترین روشهای اصلاح خاکهای سدیمی می‌باشد. بالا بودن غلظت منیزیم باعث کاهش جذب کلسیم می‌گردد.

آنیون فسفات با کاتیون آزاد کلسیم در خاک ترکیب پایداری به وجود می‌آورد. حلالیت فسفات کلسیم پایین است و ترکیب فسفر با کلسیم توسط گیاه جذب نمی‌شود و از آنجا که مقدار کلسیم در خاک های زراعی کشور قابل توجه است، به این

جهت محدودیت فسفر برای جذب بیشتر مطرح می‌باشد. کلسیم با آهن و آلومینیوم نیز واکنش نشان می‌دهد و میزان این واکنش به میزان PH خاک بستگی دارد هر چقدر حالت اسیدی خاک بیشتر باشد، حلالیت کاتیونی این دو عنصر بیشتر و هر چه حالت بازی بیشتر باشد، میزان حلالیت این دو عنصر کاهش می‌یابد.

به این ترتیب کاهش فراهمی آهن در خاکهایی با وفور کلسیم از جمله مشکلات تغذیه ای گیاهان می‌باشد.

کلسیم در گیاهان

کلسیم به صورت کاتیون دو ظرفیتی جذب گیاه می‌شود و حرکت آن در گیاه از طریق آوندهای چوبی همراه با آب می‌باشد بنابراین جذب مستقیم کلسیم توسط گیاه به میزان تعرق آن بستگی دارد (چون حرکت آب در آوند های چوبی بواسطه تعرق آن در برگ‌هاست). کلسیم نقش مهمی در تشکیل دیواره های سلولی و قابلیت انعطاف پذیری آنها دارد. همچنین در استحکام سلول و نفوذپذیری غشاء مؤثر است. کلسیم بر روی آنزیم ها تاثیرگذار بوده و در فرایند هورمونی دخالت دارد این عنصر با حفظ پایداری سلول ها و افزایش قدرت بافت ها مانع از ایجاد بسیاری از بیماری های فیزیولوژیکی در محصولات می‌شود.

کلسیم به صورت پکتات کلسیم در ساختار دیواره های سلولی وجود دارد و این امر از نفوذ قارچها به داخل سلول جلوگیری می‌کند. کلسیم به دلیل تثبیت در غشای سیتوپلاسمی و واکوئل ها نمی‌تواند وارد آوندهای آبکشی شود. قسمت عمده کلسیم در هر بافتی در اپوپلاست قرار دارد و بخش دیگر در تماس با دیواره سلولی و به صورت قابل تبادل مشاهده می‌شود. کلسیم در تنظیم آب سلولی گیاهی و همچنین در رشد و حجیم شدن سلول ها نقش اساسی دارد.

علائم کمبود کلسیم

کمبود کلسیم در گیاهان به ندرت مشاهده می‌شود و اغلب در خاکهای شنی و در زمان خشک سالی بروز می‌کند. به علت حرکت کند کلسیم در گیاه، علائم

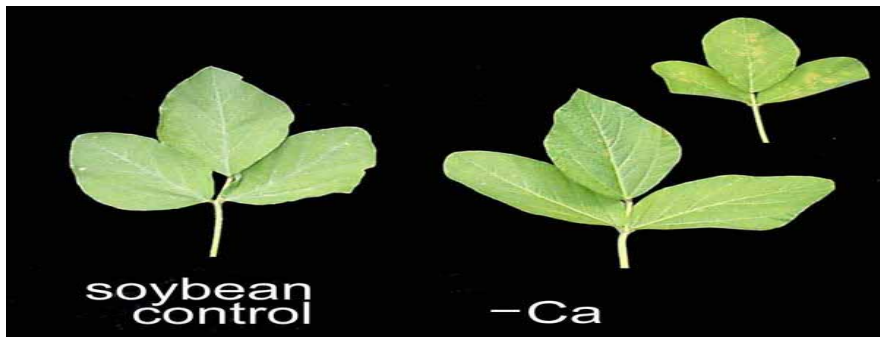
کمبود ابتدا در اندامهای جوان (برگ و شاخه) رخ میدهد. در ابتدا برگهای بالایی (جوان) و میانی با لکه‌های کلروز، علائم کمبود را نشان می‌دهند و اگر کمبود شدت پیدا کند نوک برگها به طرف بالا و حاشیه آنها به سمت بالا یا پایین دچار پیچیدگی می‌شوند و لبه های آنها به تدریج نکروزه و دچار سوختگی می‌گردد. برگهای پایینی (پیر) معمولاً دچار آسیب نمی‌شوند علاوه بر این شاخه های جوان نیز در اثر کمبود کلسیم با رشد و توسعه ضعیف مواجه شده و با گذشت زمان تعداد آنها کاهش پیدا می‌کند.

سیستم ریشه ای نیز در نتیجه کمبود کلسیم ضعیف شده و گیاه تمایل به خم شدن و باز شدن اعضای خود دارد. از آنجا که کلسیم در داخل گیاه حرکت نمی‌کند. بنابراین کمبود آن به قابلیت دسترسی گیاه به این عنصر تأثیر داشته و چندان به ذخیره آن در خاک مربوط نمی‌شود در عین حال جذب آن به شدت به جذب و انتقال آب وابسته است.



ذرت

گندم



چغندر

ذرت



پنبه

ترکیبات و کودهای حاوی کلسیم

کمبود کلسیم خاک را با استفاده از کربنات کلسیم، سولفات کلسیم و کودهای مشابه می‌توان جبران کرد و برای افزایش میزان کلسیم در گیاه، استفاده از سنگ آهک دولومیت که حاوی کلسیم بالایی می‌باشد، توصیه شده است و برای این منظور باید ۲ تا ۶ ماه قبل از کشت به زمین آهک داد و برای بالا بردن جذب کلسیم می‌بایست رطوبت خاک نیز کافی باشد. با استفاده از نترات کلسیم و محلول پاشی آن روی برگ‌ها، کمبود کلسیم در گیاه تا حدودی جبران می‌شود ولی به علت عدم تحرک کلسیم در گیاه، محلول پاشی نمی‌تواند تمامی کمبود کلسیم گیاه را جبران کند.

در مورد استفاده از کلراید کلسیم باید توجه داشت که در دمای بالای ۳۰ درجه سانتیگراد، این ماده موجب سوختگی برگ می‌شود و ضمناً این نکته حائز توجه است که محلول پاشی کلسیم نمی‌تواند جایگزین مناسبی برای کود دهی و آبیاری صحیح باشد.

عنصر آهن (Ferrum (Fe) به انگلیسی Iron)

آهن با نماد Fe (مأخوذ از کلمه لاتین: Ferrum)، فلزی است که از نظر جرم، بزرگترین عنصر سازنده کره ی زمین و چهارمین عنصر در پوسته زمین است و به مقدار ۵۰ گرم در کیلوگرم می‌باشد. آهن خالص دارای سطحی صاف و به رنگ نقره‌ای براق مایل به خاکستری بوده و به ندرت در سطح زمین یافت می‌شود، زیرا در حضور اکسیژن و رطوبت به آسانی اکسیده شده و به این ترکیب زنگ آهن گفته می‌شود. آهن فراوان ترین فلز در شهاب‌سنگ‌ها و هسته متراکم کره زمین و دیگر سیارات شبیه زمینی می‌باشد.

عنصر آهن بیشتر به صورت اکسیدها، هیدرواکسیدها و اکسی هیدرواکسیدها وجود دارد و ممکن است مقادیر کمی آهن بصورت کلراید، سولفات و کربنات نیز وجود داشته باشد.

آهن در خاک

آهن اولین عنصر کم مصرف بوده که برای زندگی گیاهان ضروری شناخته شده است. حد مطلوب غلظت آهن در خاک برابر با ۵ میلی گرم در کیلوگرم است. با در نظر گرفتن این موضوع که در ۲۰ سانتی متر بالای خاک زارعی تقریباً ۵۰ تن آهن در هر هکتار وجود دارد و از طرف دیگر با توجه به اینکه گیاهان فقط به ۱-۲ کیلو گرم آهن در هر هکتار نیاز دارند به این ترتیب آهن خاک باید برای چندین هزار سال نیاز گیاهان را تامین کند. با این وجود در بعضی گیاهان کمبود آهن مشاهده می‌شود و این مسئله، موضوع را تعجب آور می‌کند. برای روشن شدن موضوع، وقتی اثر PH در حلالیت این عنصر مورد توجه قرار می‌گیرد ملاحظه می‌شود در PH مساوی ۷ مقدار آهن محلول در آب در حدود 10^{-18} ملکول گرم در لیتر است یعنی 10^{-1} برابر کمتر از مقدار غلظت آهن لازم برای رشد عادی گیاهان (10^{-8} ملکول گرم در لیتر) می‌باشد.

بنابراین با توجه به این موضوع تمام گیاهانی که در خاک های بالاتر از PH ۴ رشد می کنند، در حقیقت باید دچار کمبود آهن شوند ولی در عمل چنین اتفاقی نمی افتد. برای روشن شدن موضوع توجه متخصصین به وضعیت فیزیکی شیمیایی آهن در خاک و همچنین قابلیت ریشه گیاهان در تغییر محیط ریشه برای جذب آهن معطوف گشت و معلوم شد مقادیر بالای بی کربنات در محلول خاک، عمده ترین عامل در ایجاد کلروز در گیاهان پرورش یافته در خاک های آهنی می باشد. خاکهای آهنی بیش از ۳۰ درصد از سطح خشکی های زمین را (به خصوص در آب و هوای نیمه خشک مانند شرایط کشورمان) می پوشانند. آبیاری سنگین، انجام عملیات خاک ورزی ناصحیح و فشردگی خاک یا هر اقدامی که تهویه خاک را کاهش دهد، منجر به افزایش غلظت دی اکسید کربن در خاک شده و در حضور آهن واکنش زیر انجام و بی کربنات حاصل می شود.



نقش منفی حضور بی کربنات در بافتهای گیاهی از جمله ریشه، آوندهای چوبی، رگبرگ ها و سلول های برگها و در مسیر حرکت آهن در این بافت ها، باعث عدم جذب آهن شده و علائم کلروز در این بافت ها ظاهر می شود و خود بی کربنات در اندام ها همانند خاک باعث افزایش میزان PH در اپوپلاست (فضاهای خالی بین سلولی که در آن آب و مواد محلول در آن بدون عبور از غشا حرکت می کند) سلول ها شده و افزایش میزان آهن به شکل غیر فعال را موجب می گردد.

نقش آهن در رشد و نمو گیاهان

آهن یکی از عناصر ریز مغذی محسوب می شود و در بین آنها آهن اصلی ترین و بیشترین عنصر مورد نیاز گیاهان بوده و کمبود این عنصر یکی از رایج ترین و شایع ترین کمبود در محصولات زراعی و باغی کشورمان می باشد. آهن یک عنصر کلیدی در ساخت کلروفیل گیاهی است و همچنین جزء اصلی ساختار آنزیم های مختلف و برخی از رنگ دانه ها می باشد. آهن در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی گیاهان مانند فتوسنتز و تنفس سلولی (جذب CO₂ و تولید اکسیژن)، متابولیسم

کربوهیدرات‌ها و تنظیم آنزیم‌ها نقش دارد. نقش آهن در احیای شیمیایی نیترات و سولفات و همچنین تبدیل ازت نیتراتی به اسید آمینه حیاتی است.

اگرچه آهن در ترکیب کلروفیل استفاده نشده است ولی در سنتز کلروفیل و ساختار پروتئین عنصر ضروری می‌باشد. در محیط‌های کشت کنترل شده، حدود ۸۰ درصد آهن گیاه در کلروپلاست برگ متمرکز می‌شود در شرایط کمبود آهن در گیاه، تعادل توزیع آن در کلروپلاست به هم می‌خورد و در نتیجه کاهش سنتز کلروفیل، زردی برگ بروز می‌کند. مطالعات جدید نشان داده است که آهن در رشد نوک ریشه و سنتز پروتئین نیز تاثیر می‌گذارد.

بررسی‌های انجام شده نشان داده است در ۷ تن سویای تولید شده در یک هکتار ۲ کیلوگرم آهن و در ۱۸ تن ذرت برداشت شده از یک هکتار ۳ کیلوگرم آهن وجود داشته است.

باید توجه داشت که آهن در افزایش عملکرد، سلامت گیاه و رسیدن دانه (بذر) بسیار اهمیت دارد بنابراین با برداشت محصول بایستی معادل آهن برداشت شده از خاک، آهن به زمین داده شود.

علائم کمبود آهن در گیاهان

اگر گیاهی برای جذب آهن مورد نیاز قادر نباشد ساخت سبزینه (کلروفیل) در برگ‌ها دچار مشکل شده و مقدار آن کاهش می‌یابد و در نتیجه برگ‌ها رنگ پریده خواهند شد. این پدیده ابتدا در بین رگ برگ‌ها رخ داده و سپس با شدت یافتن کمبود به جز رگ برگ‌ها تمام سطح برگ زرد می‌شود. چون آهن عنصری غیر پویا (غیرمتحرک) می‌باشد به این جهت این علائم ابتدا در برگ‌های جوان و در بالای شاخه‌ها مشاهده شده و با شدت یافتن کمبود تمامی گیاه را در بر می‌گیرد در غلاتی که دچار کمبود می‌شوند برگ‌ها راه راه یعنی با خطوط سبز روی آنها به نظر می‌رسد و با شدت گرفتن، زردی حاشیه برگ‌ها به سفیدی گرائیده و سپس علائم سوختگی (نکروز) در آن‌ها دیده می‌شود.



علائم کمبود آهن در مزرعه



سویا

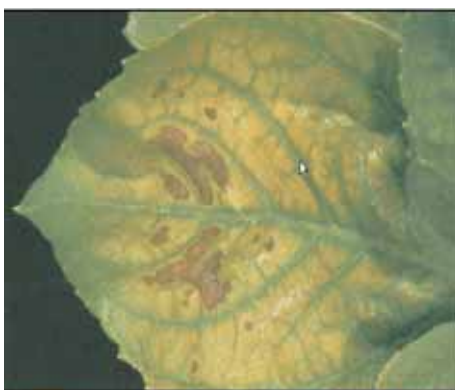


پنبه



سیب زمینی

چغندر



آفتاب گردان

کود های شیمیایی حاوی آهن

کلات آهن:

کلات آهن یک نوع عامل شیمیایی است که نقش محافظت کننده برای عنصر آهن دارد به طوری که یون آهن را در بر گرفته تا آهن در خاک به راحتی از دسترس گیاه خارج نشود. کلات محافظت می کند تا آهن مدت بیشتری بدون غیر فعال شدن در خاک بماند و به مرور در اختیار گیاه قرار گیرد کلات آهن قابلیت جذب از طریق خاک و برگ را دارد و با رها سازی تدریجی باعث می شود که گیاه از این ماده مغذی استفاده بهینه نماید.

نیترا ت آهن:

این کود به سرعت به یونهای تشکیل دهنده خود یعنی یون های آهن و نیترا ت تبدیل شده و توسط گیاهان جذب می شود.

سولفات آهن:

این کود با آهن دو ظرفیتی، ترکیبی است با فرمول شیمیایی $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ که بسته به PH میتواند به صورت کریستال های آبی یا سبز رنگ تولید گردد در حالت عادی ۷ مولکول آب در ترکیبات سولفات وجود دارد و در صورت خشک شدن می تواند ۶ مولکول آب را از دست بدهد و تبدیل به پودر سفید رنگ شود. نوع دیگر، سولفات آهن با فرمول شیمیایی $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ و به رنگ زرد تا قهوه ای تولید می شود و معمولاً از این کود کمتر در بازار یافت می شود.

عنصر بور (B) Boron

بور بعنوان یک شبه فلز شناخته می‌شود. این عنصر تمایل زیادی به جذب اکسیژن دارد و در طبیعت به صورت بورات های هیدراته همراه با یون اکسیژن وجود دارد. بور به طور طبیعی با سه عامل OH و به صورت $B(OH)_3$ همراه است و با گرفتن هیدروکسیل OH، از $B(OH)_3$ به $B(OH)_4$ تبدیل می‌شود این عنصر به عنوان یک ماده غذایی رفتار پیچیده ای در خاک ندارد چون در واکنشهای شیمیایی شامل اکسیداسیون و احیا شرکت نمی‌کند و از خاک نیز متصاعد نمی‌شود. عوامل عمده ای که بر وضعیت بور در خاک اثر می‌گذارند عبارتند از: نوع کانی‌های تشکیل دهنده خاک، بافت خاک، غلظت نمک های محلول در خاک، مواد آلی، کاتیونهای قابل تبادل، کربنات کلسیم آزاد، رطوبت خاک و دمای خاک می‌باشد. مقدار بور در خاکهای رسوبی بیشتر از خاک های آذرین است. میزان جذب سطحی بور با افزایش PH (در محدوده ۳ تا ۹) افزایش و در دامنه ۱۰ تا ۱۱/۵ دوباره کاهش می‌یابد. مقدار بور در خاکهای سبک و با بافت متوسط کمتر از خاکهای سنگین و رسی می‌باشد میزان بور محلول در خاک با افزایش EC خاک زیاد می‌شود. شوری خاک باعث حلالیت بور نامحلول در خاک شده و احتمالاً موجب مسمومیت محصولات زراعی می‌گردد.

میزان مواد آلی در فراهمی بور در خاک مؤثر است. اگرچه بور موجود در ماده آلی خاک سریعاً برای گیاه قابل استفاده نیست ولی در صورت تجزیه، منبع اصلی تامین بور برای گیاه می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده است یون های کلسیم و منیزیم قابل تبادل، در تثبیت یون بور در مقایسه با پتاسیم بیشتر می‌باشد. بنابراین بیشبود کلسیم و منیزیم (به ویژه منیزیم) باعث کمبود بور در خاک خواهد شد. سیاه شدن چغندر قند ناشی از کمبود بور در خاک است. در مورد رطوبت خاک و اثرات آن در بور اظهار نظر شده است چون بور قابل جذب، بیشتر در سطح روئی خاک متراکم است، بنابراین با خشک شدن سطح روئی خاک، جذب آب و بور از این قسمت خاک کاهش می‌یابد.

بور در خاک

بور در محلول خاک به صورت اسید بوریک H_2BO_3 وجود دارد و اغلب به این شکل مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد و با افزایش PH خاک به ویژه خاک هایی که دارای کلسیم و رس زیاد هستند، کاهش می‌یابد (احتمالاً به دلیل تشکیل بورات کلسیم و فراهمی آن برای گیاهان). فاکتورهای متعدد: خاکی، گیاهی و محیطی بر جذب بور اثرگذار هستند مانند بافت خاک، مقدار و نوع رس خاک، PH خاک، رطوبت خاک، EC خاک، آبیاری و همچنین اثر متقابل عناصری مانند کلسیم و پتاسیم.

غلات به کمبود بور بسیار حساس هستند و در مقابل به بور کمتری نیاز دارند. جذب بور توسط گیاهان به میزان تعرق آنها بستگی دارد. بنابراین شرایط اقلیمی نیز می‌تواند در جذب بور مؤثر باشند.

پویایی بور به طور چشمگیر بین گونه‌های گیاهی متفاوت است به طور کلی انتقال عناصر غذایی از طریق سیستم آوندی (آوندهای چوبی و آوندهای آبکش) صورت می‌گیرد آب ماده انتقال دهنده در این آوندها است این حرکت در نتیجه تعرق و در مدت روز انجام می‌گیرد.

علائم کمبود بور در گیاهان

علائم کمبود بور ممکن است در اندامهای مختلف گیاه مانند برگ، ساقه و حتی ریشه مشاهده شود و در حالت غیر متحرک بور، ابتدا علائم در برگهای جوان و جوانه های رویشی ظاهر می‌شود. اولین علامت، توقف رشد انتهایی است و پس از آن برگ های جوان سبز کم رنگ شده و این رنگ پدیدگی در قاعده برگها بیشتر است. مرحله بعدی سیاه شدن جوانه های رویشی و بافتهای مریستمی و تجزیه سلولهای پارانشیمی و فساد آنهاست.

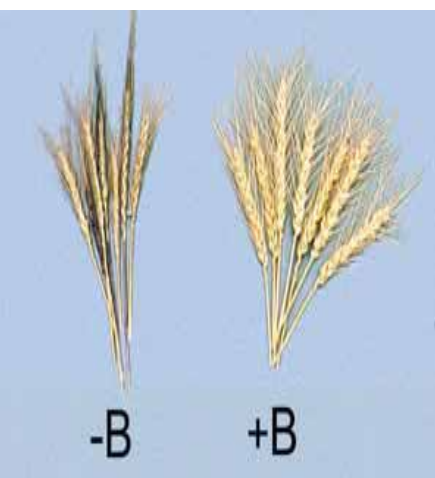
این ضایعات باعث تشکیل بافت های قهوه ای رنگ یا چوب پنبه‌ای، در داخل جوانه ها می‌شود در چغندر قند کمبود بور باعث شکنندگی دمبرگ ها شده و

رگبرگ های میانی و دمبرگ ها شکافته می شوند، پس از آن جوانه های انتهایی از بین می رود و لکه های سیاهی روی تاج ریشه پیدا می شود و این حالت به داخل ریشه نیز نفوذ کرده و در داخل ریشه به شکل عدد ۷ و به رنگ قهوه ای روشن تا سیاه در می آید. در آفتابگردان کمبود بور سبب کرکدار شدن و شکنندگی قسمت فوقانی شاخه و دمبرگ، تغییر شکل طبق و ضعف دانه بندی می شود و در گندم در صورت کمبود بور ریشک های سنبله ها از هم باز تر شده و با زاویه بیشتری نسبت به خوشه می ایستند در چنین وضعیتی دانه بندی در خوشه ها کاهش می یابد.



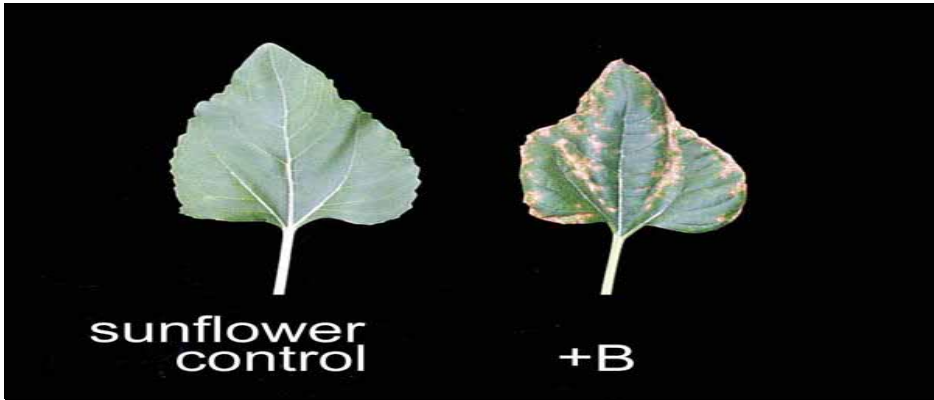
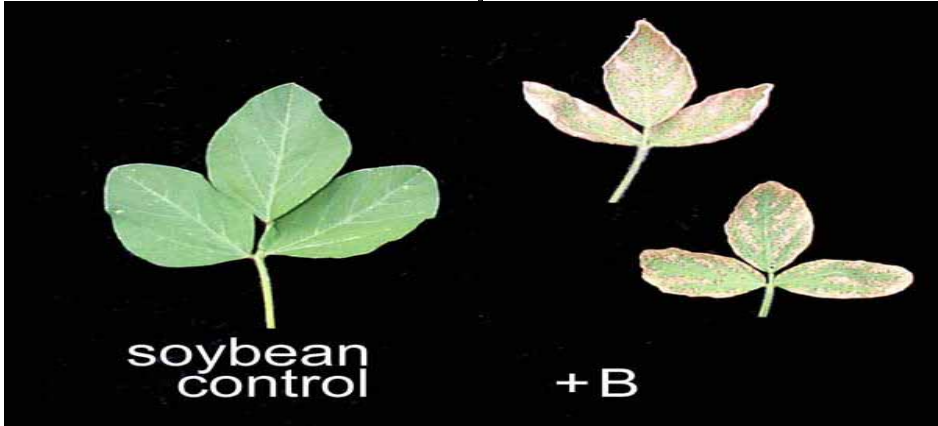
برگ چغندر

برگ گندم

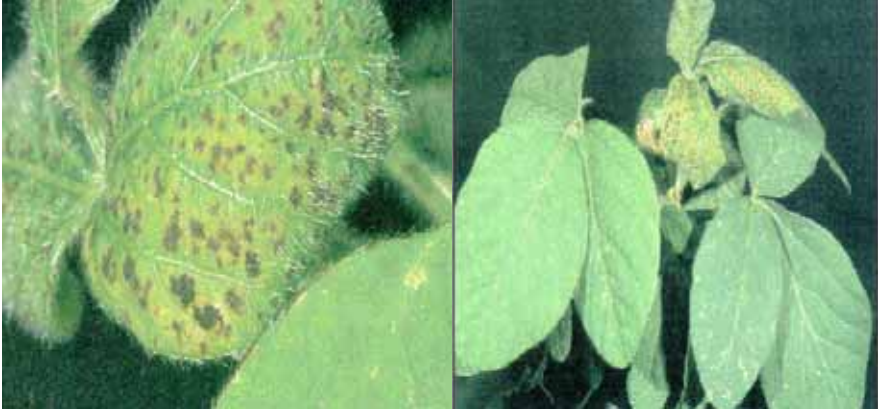


ذرت

گندم



پنبه



سویا

سویا



چغندر



کودهای شیمیایی حاوی بور

کودهای حاوی بور عبارتند از:

- اسید بوریک H_3BO_3 حاوی ۱۷ درصد بور خالص
- بوراکس $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ حاوی ۱۱ درصد بور خالص
- بورات کلسیم $Ca_2B_4O_{11} \cdot 5H_2O$ حاوی ۱۰ درصد بورخالص
- پنتابورات سدیم $Na_2B_{10}O_{16} \cdot 10H_2O$ حاوی ۱۸ درصد بورخالص
- تترا بورات سدیم $Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$ حاوی ۱۴ درصد بورخالص

بورات های سدیم معمولا به صورت خاکی مصرف می شوند و به دلیل حالیت بیشتر علاوه بر کاربرد خاکی به صورت محلول پاشی نیز قابل مصرف می باشند. اسید بوریک و بوراکس کود رایج در ایران می باشد و به روش های مختلف از جمله مصرف خاکی، همراه با آب آبیاری و محلول پاشی مورد استفاده قرار میگیرند.

در میان کودهای حاوی بور اسید بوریک بیشتر از همه، مورد استفاده قرار می گیرد و این کود به آسانی در خاک به حالت محلول در می آید و جذب گیاه می شود اسید بوریک را می توان از طریق آب آبیاری یا برگ پاشی نیز در اختیار گیاه قرار داد.

عنصر منگنز (Mn)

مقدار منگنز در پوسته رویی زمین ۶۵۰ میلی گرم در کیلوگرم است. توزیع و پراکنش منگنز در خاک ها به عواملی چون سنگهای مادری، فرآیند های هوازدگی، سن خاکها، مواد آلی و PH خاک بستگی دارد. خاکهای تشکیل شده از سنگهای گرانیت (سنگ خارا) و آذرین اسیدی دارای کمترین مقدار منگنز و خاکهای تشکیل شده از بازالت، شیل و سنگ آهک دارای بیشترین مقدار منگنز می باشند.

در مناطقی که آبشویی به مقدار زیادی انجام گرفته باشد، منجر به خروج املاح از محلول خاک می شود و منگنز در این نوع خاک ها کمتر است در خاک های مناطق خشک و نیمه خشک مقدار منگنز از خاکهای مناطق مرطوب و نیمه مرطوب بیشتر است. منگنز موجود در خاک به شکل های مختلف از قبیل محلول در آب، قابل تبادل، کمپلکس شده توسط مواد آلی وجود دارد. منگنز محلول در آب از حدود خیلی جزئی تا ۴/۸ میلی گرم در لیتر و منگنز قابل تبادل از مقادیر خیلی کم تا حدود ۱۷۰ میلی گرم در کیلوگرم متغیر است. منگنز تبدالی در خاک های لوم شنی نسبت به لوم رسی بیشتر است و مقدار آن با افزایش خاک ها کاهش می یابد. مقدار منگنز قابل تبادل در خاک های سطح الارض بستگی به مقدار رس و مواد آلی دارد و مقدار آن با افزایش PH خاک و درصد سدیم تبدالی کاهش می یابد. قابلیت استفاده منگنز در خاکها به عواملی مانند مقدار منگنز در سنگهای در حال هوا دیدگی، ماهیت ترکیبات شیمیایی موجود در کانیهای اولیه، EH (معرف پتانسیل اکسیداسیون و احیا یا افزایش-کاهش اکسیژن در محلول)، ترکیبات آلی، فعالیت های میکروبی، شرایط محیطی و روشهای مدیریت مزرعه بستگی دارد. بر اساس بررسی های انجام شده، وضعیت منگنز در کشور در محدوده ۱۱۷ - ۱/۲ میلی گرم در کیلوگرم که به طور متوسط ۱۰/۴ میلی گرم در کیلوگرم بوده و استان های آذربایجان غربی، خوزستان منطقه اهواز، گلستان، جیرفت و بوم دچار کمبود منگنز می باشند.

منگنز در خاک

در خاک ها منگنز به فرم های اکسید Mn_2O_4 (ترکیب منگنز ۲ و ۳ ظرفیتی) و Mn_2O_3 (منگنز ۳ ظرفیتی) وجود دارد که می تواند به فرم MnO_2 (دی اکسید منگنز) تبدیل شود. مهمترین فرم های شیمیایی منگنز در خاک شامل یونهای دو ظرفیتی Mn^{2+} ، اکسید منگنز ۴ ظرفیتی (MnO_2) و اکسید منگنز ۳ ظرفیتی (Mn_2O_3) می باشد یون دو ظرفیتی منگنز جذب سطحی کانیهای رسی و مواد آلی شده و مهمترین فرم شیمیایی موجود در محلول خاک است. وضعیت منگنز در خاک ها بیشتر به PH خاک و EH بستگی دارد.

عواملی که حلالیت منگنز و شرایط اکسیداسیون و احیا را تحت تاثیر قرار می دهند. عبارت اند از PH، کربنات کلسیم، مواد آلی، فعالیت های میکروبی و رطوبت خاک. افزایش PH باعث افزایش اکسیداسیون منگنز در خاک شده و قابلیت جذب آن را کاهش می دهد. به ازای افزایش هر واحد PH، یکصد برابر از حلالیت منگنز کاسته می شود.

منگنز در گیاهان

منگنز به صورت کاتیون Mn^{2+} در داخل سلول گیاه در واکنش های متعددی شرکت داشته و به شدت در کلروپلاست پیوند یافته است. غلظت متوسط آن در سلولهای گیاهی ۱۰۰ میکرومول در لیتر می باشد. منگنز جذب و احیای دی اکسید کربن CO_2 و قند را در گیاهان افزایش می دهد. این عنصر مقاومت گیاهان را در مقابل بیماریها افزایش می دهد. مهمترین نقش منگنز در گیاهان عالی در واکنش تجزیه نوری آب و سنتز اکسیژن در طی فرآیند فتوسنتز تشخیص داده شده است. منگنز در گره زایی ریشه و فعالیت تعدادی از آنزیم ها نقش داشته و در واکنش های متعددی بعنوان کاتالیزور دخالت دارد. بنابراین، منگنز بر روی تنفس،

سنتز اسید آمینه و تنظیم مقادیر هورمون های گیاهی تاثیر می گذارد. منگنز در افزایش قوه نامیه بذر (گندم و ذرت) و طول عمر دانه گرده مؤثر است.

علائم کمبود منگنز در گیاهان

منگنز مانند آهن، بور و کلسیم تحرک زیادی در گیاه ندارد و بیشتر در برگهای پایینی تجمع می یابد. و به همین جهت علائم کمبود ابتدا در برگهای جوان بروز می کند و به طو رخاص به نوع گیاه زیر کشت مرتبط است.

در این حالت رگ برگهای برگ های میانی و بالایی هم چنان سبز باقی می ماند ولی لبه سایر برگ ها به رنگ سبز کمرنگ در می آید.

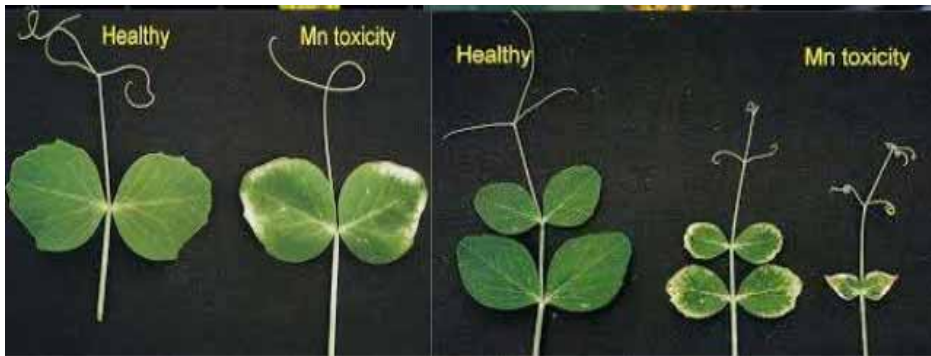
با پیشرفت کمبود، در قسمت های پهنک برگهای جوان لکه های سبز کم رنگ و زرد رنگ روی برگ ها دیده می شوند با گذشت زمان در بافت های سبز آسیب های نکروز کوچک (بافت مردگی) به خصوص در لبه ها و حاشیه ها رخ می دهد و در این حالت ممکن است علائم کوچک شدن اندازه برگها، پیچ خوردن لبه های برگ ها نیز مشاهده شود. اگر این علائم در گیاه برطرف نشود لکه های نکروز در روی برگها گسترش یافته و در نهایت منجر به قهوه ای و بی رنگ شدن برگها می شود. علائم کمبود منیزیم نیز مشابه منگنز است، با این تفاوت در کمبود منیزیم این علائم ابتدا در برگهای پیر اتفاق می افتد. در خاکهای شنی، خاکهای ارگانیک با PH بالای ۶، خاکهای مناطق گرمسیری و خاکهایی که مورد فرسایش زیاد قرار گرفته باشند، مشکل کمبود منگنز بسیار شایع می باشد و در مقابل در خاکهای اسیدی بالا، دسترسی گیاهان به این عنصر براحتی فراهم می گردد.



گوجه فرنگی



آفتاب گردان



نخود



سویا



چغندر

پنبه

کود های شیمیایی حاوی منگنز

تحت شرایط کمبود منگنز، پاسخ محصولات مختلف به مصرف منگنز بطور قابل توجهی متفاوت است. یکی از کود هائی که در همه مکان ها برای اصلاح کمبود منگنز بکار می‌رود، سولفات منگنز است. این کود ممکن است بصورت مصرف خاکی یا محلول پاشی مورد استفاده قرار گیرد. برتری سولفات منگنز بواسطهٔ حلالت مطلوب و قابلیت استفاده آن برای گیاهان است. در بررسی انجام شده معلوم شده است که دی اکسید منگنز (MnO_2) در میان منابع کودی منگنز برای تامین نیازهای غذائی گیاهان، غیر مؤثر تر بوده است.

بررسی‌ها نشان داده محلول پاشی سولفات منگنز نتیجه بهتری نسبت به مصرف خاکی آن داشته است.

در جدول زیر منابع مختلف منگنز مندرج شده است.

منبع	شکل‌های شیمیایی	درصد منگنز
سولفات منگنز	$MnSO_4 \cdot 3H_2O$	۲۶-۲۸
سولفات منگنز	$MnSO_4 \cdot 3H_2O$	۳۰-۳۲

۶۳	MnO ₂	دی اکسید منگنز
۳۱	MnC _{۰۳}	کربنات منگنز
۱۷	MnCl _۲	کلرید منگنز
۵-۱۲	EDTA-Mn	کلات منگنز

EDTA مخفف اتیلن دی آمین تترا استیک اسید که منگنز را به صورت کلات (چنگالی) در بر می گیرد

عنصر مس (Cu) copper

مس یکی از ۱۶ عنصر غذائی مورد نیاز گیاهان است. و مقدار آن در پوسته زمین بین ۲ تا ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم متغییر است. در خاکهای آلوده مقدار آن ممکن است به چند صد میلی گرم در کیلوگرم برسد.

مهمترین منابع مس در خاک ها به نام های کالکوپیریت (CuFeS_۲)، برونیت (Cu_۵Fe_۵S_۴) میباشد. این کانی ها در اثر هوا دیدگی بخصوص در محیط های اسیدی به آسانی تجزیه شده و یونهای Cu را آزاد میکنند. مس در خاک و در مواد ر سوبی یک کاتیون کم مصرف و بسیار متحرک است و توانایی زیادی برای همکنش با مواد آلی و معدنی خاک دارد. همچنین به آسانی می تواند با آنیون های سولفیدی، کربناتی و هیدروکسیدها واکنش کند و به همین دلیل در بیشتر خاک ها مس به شکل یک عنصر نسبتا غیر پویا می باشد.

مس به شکل های محلول، قابل تبادل، پیوند شده با مواد آلی، جذب سطحی شده و همچنین در ترکیبات معدنی، در خاک دیده می شود. هر چند مس در شکل های محلول و قابل تبادل اهمیت زیادی در محیط خاک دارد ولی اعتقاد بر این است که مهمترین شکل مس پویا در محیط خاک، به صورت کاتیون یعنی Cu^{۲+} است.

عنصر مس در خاک

به طور کلی مس در محیط‌هایی با PH بالا (خاکهای آهکی و قلیایی) برای گیاهان غیرقابل جذب می‌باشد لذا با توجه به اینکه اغلب خاک های ایران قلیایی و آهکی است باین جهت بازده جذب عنصر مس موجود در خاک های ایران بسیار کم است. بنابراین برای افزایش جذب مس توسط گیاهان به نحوی باید PH خاک های قلیایی و آهکی را اصلاح و کاهش داد یکی از روشهای اصلاح این نوع خاک ها استفاده از سولفات آمونیوم می‌باشد و با استفاده از کود سولفات آمونیوم می‌توان علاوه بر تامین ازت و گوگرد مورد نیاز گیاهان، خاک های قلیایی را اصلاح و PH آنها را کاهش داد. مقدار مس در خاک ها بسیار کم و حدود ۳۰ - ۵ میلی گرم در کیلوگرم بوده و جذب آن در گیاهان نیز به میزان کم صورت می‌گیرد. مس تمایل زیاد به اتصال با ترکیبات آلی دارد بنابراین کاهش ماده آلی در خاک میتواند بر قابلیت دسترسی مس برای گیاهان اثر بگذارد. در مورد نقش مواد آلی در افزایش حلالیت عناصر کم مصرف و قابلیت دسترسی آنها برای گیاهان، باید به نقش و تاثیر ترشحات ریشه با وجود مواد آلی در ریزوسفر ریشه نیز توجه داشت در واقع ریزوسفر به عنوان ناحیه دربرگیرنده ریشه های فعال، عامل مؤثر در خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی خاک، حائز توجه می‌باشد. ترشحات ریشه، (اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم) توانایی تغییر حلالیت، جذب، آزادسازی و حرکت عناصر غذایی از طریق تشکیل کمپلکس، اکسید و احیا را دارد به همین دلیل رهاسازی اسیدهای آلی (از ترکیبات اصلی ترشحات ریشه) به عنوان مکانیسمی برای افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در ریزوسفر شناخته شده است.

عنصر مس در گیاهان

مس جزء عناصر کم مصرف برای گیاهان است و به مقدار نسبتاً کم در گیاهان جذب می‌شود. این عنصر در گیاهان متحرک نیست و بنابراین علائم کمبود آن ابتدا در برگهای جوان تر گیاه مشاهده می‌شود در میان گیاهان زراعی گندم، جو و برنج حساسیت بیشتری به کمبود مس از خود نشان می‌دهند.

این عنصر در تولید کلروپلاست، کلروفیل، فتوسنتز، تنفس، ترکیب پروتئین کلروپلاست، ساخت دیواره سلولی و ساخت قند برای رشد گیاه در مراحل اولیه رشد رویشی نقش دارد. مس در گلدهی و همچنین در تشکیل دانه تاثیر گذار می‌باشد مس به عنوان یک آنزیم و همچنین فعال سازی چندین آنزیم و کاتالیزور ها در فرایندهای رشد گیاه نقش دارد عنصر مس در افزایش مقاومت گیاه به بیماری‌ها مؤثر است.

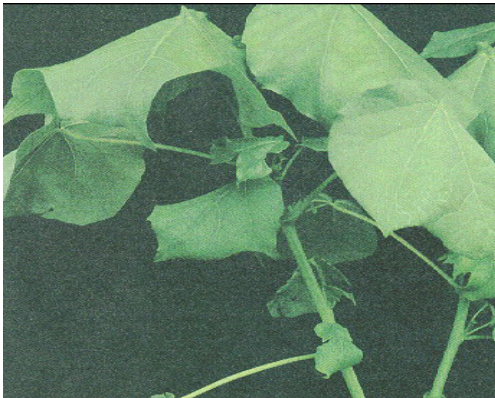
علائم کمبود در گیاهان

علائم کمبود مس در گیاهان بقولات: تاخیر در گلدهی، کاهش میزان تثبیت نیتروژن، کاهش تشکیل گره، خوابیدگی، کاهش مقاومت به بیماری‌ها و پژمردگی گیاه به دلیل آسیب در سیستم انتقال آب می‌باشد.

نشانه‌های کمبود مس در غلات: سفید شدن نوک ساقه، برگ‌ها باریک و مارپیچ شده، فاصله گره‌ها کوتاه‌تر از حالت عادی، زردی عمومی گیاه، سوختگی و پیچیدگی نوک برگ‌ها، سبزکمرنگ شدن برگ‌های جوان می‌باشد در کمبود شدید در گندم، رشد گیاه سریع‌تر شده و ممکن است نتواند سنبله تولید کند و یا سنبله تشکیل ولی انتهای خوشه‌ها از دانه خالی باشد. در ذرت ظهور رنگ سبز کمرنگ در برگ‌های جوان، سوختگی و پیچیدگی نوک برگ‌ها و در حالت کمبود شدید، رشد گیاه سریع‌تر و در گلدهی و تلقیح اثر می‌گذارد و انتهای بلال‌ها خالی می‌ماند زیادی مس می‌تواند باعث کمبود آهن و بروز علائم مربوطه شود.



گندم



پنبه



چغندر

کودهای شیمیایی حاوی مس

برای مقابله با کمبود مس در گیاهان زراعی روش های مختلفی ارائه شده است.

آسان ترین و مناسب ترین روش های پیشگیری از ابتلا به کمبود مس استفاده از ارقام مقاوم و پایه های کارا می باشد. کودهای حاوی مس را می توان به صورت مصرف خاکی، محلول پاشی و آغشته نمودن بذور به آنها مصرف کرد مصرف خاکی به دو صورت پخش سطحی یا مصرف نواری قبل از کاشت صورت می گیرد و دارای اثرات باقیمانده نسبتاً زیادی برای محصولات بعدی می باشد. لذا این روش ها به محلول پاشی برتری دارند و اثرات باقیمانده مس در خاک را ۹ تا ۱۲ سال (بعد از مصرف اولیه) ذکر نموده اند. در صورت استفاده از روش محلول پاشی، برای جلوگیری از خطر مسمومیت، بایستی محلول مس را به محلول آهک اضافه کرد.

منابع کودی حاوی مس برای جلوگیری از ایجاد کمبود و رفع آن شامل ترکیبات معدنی، کمپلکس آلی مصنوعی و طبیعی می باشد. از بین ترکیبات معدنی سولفات مس با ۲۵ درصد مس و ۱۳ درصد گوگرد رایج ترین ترکیب شیمیایی

حاوی مس می‌باشد و مزایای این کود حلالیت زیاد آن در آب، قیمت نسبی کم و فراوانی آن است ولی باید توجه داشت که این کود را نباید با کودهای حاوی عناصر پرمصرف مانند فسفر، پتاسیم و نیتروژن به کار برد.

از کود سولفات مس هم در خاکهای اسیدی و هم در خاکهای آهکی می‌توان استفاده کرد. اکسید مس نیز با داشتن ۷۵ درصد مس از منابع حاوی مس بوده و به علت حلالیت کم آن، تنها برای مصرف در خاکهای اسیدی توصیه شده است.

عنصر مولیبدن (Mo) Molybdenum

مقدار مولیبدن در پوسته زمین و خاک بسیار اندک و به ترتیب حدود ۲ و ۳ میلی گرم در کیلوگرم است. مولیبدن در طبیعت به صورت خالص یافت نمی‌شود و بیشتر در شبکه بلور کانیهای اولیه و ثانویه یا به صورت آنیون قابل تبادل (MoO_4^{2-}) در خاک، یافت می‌شود. این عنصر در بعضی از اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم و در سیلیکاتهای رسی وجود دارد. خاک های کشاورزی معمولاً حاوی ۰/۲۵ تا ۵ میلی گرم در کیلوگرم مولیبدن می‌باشند و نیاز اغلب گیاهان به این عنصر کمتر از یک میلی گرم در کیلوگرم است و این کمترین مقدار در بین عناصر غذایی می‌باشد. در خاکهای شنی معمولاً میزان مولیبدن کم است و در خاک های ناشی از کانی های رسی و گرانیتی میزان مولیبدن بیشتر است مقدار مولیبدن در خاکهای آلی و آتشفشانی جوان نیز بیشتر می‌باشد. مولیبدن در سنگهای آذرین و معمولاً در کانی های آهن و منیزیم دار وجود دارد.

مولیبدن در خاک

میانگین فراوانی مولیبدن در پوسته زمین ۲/۳ میلی گرم در کیلوگرم است و مقدار آن در خاک بسیار اندک است تنها کانی مهم با غلظت بالای مولیبدن، مولیبدن دی سولفید (MoS_2) می باشد که در بعضی از سنگهای گرانیتی به مقدار کمی وجود دارد. هوا دیدگی موجب آزاد شدن آنیون مولیبدات (MoO_4^{2-}) می شود که به مقدار جزئی در سنگ های رسوبی به وسیله اکسید آهن آبدار و آلومینیوم نگهداری می شود میزان مولیبدن کل خاک بین ۰/۲ تا ۵ میلی گرم در کیلوگرم است.

مولیبدن در خاک ها به مقدار زیادی غیرقابل استفاده است و اغلب به پیوند با مواد آلی تمایل دارد. قسمتی از مولیبدن خاک به صورت مولیبدات به وسیله اکسیدهای آهن و آلومینیوم و کانیهای رسی جذب مواد آلی خاک می شود. غلظت مولیبدن قابل استفاده گیاهان معمولاً در خاکهای شنی کم است، به ویژه اگر آب شوئی در آن ها زیاد و آهنی نیز باشند. فراهمی مولیبدن در خاک های رسی با PH کمتر از ۶، بخاطر جذب سطحی با اکسید آبدار آهن و آلومینیوم پایین است و با افزایش PH قابلیت استفاده آن به خاطر کاهش جذب سطحی افزایش می یابد. فراهمی مولیبدن در خاک هایی که زهکشی ضعیفی دارند، بیشتر است.

هرچند مولیبدن به وسیله اجزای خاک جذب سطحی می شود ولی می تواند از خاک خارج شود شدت جذب سطحی با ترکیب و PH خاک تغییر می کند با افزایش PH، آب شوئی بیشتر می شود.

علی رغم سایر ریز مغذی ها فراهمی مولیبدن با افزایش PH خاک افزایش می یابد. و عموماً وقتی که PH خاک بالاتر از ۶/۵ باشد. کمبود مولیبدن اتفاق نمی افتد و در PH کمتر از ۶ فراهمی مولیبدن در خاک به سرعت افت پیدا می کند با ترکیب آهن Fe_2O_3 و آلومینیوم $Al(OH)_3$ تثبیت می شود. در خاکهای اسیدی کاربرد آهن برای اصلاح اسیدیته خاک، می تواند از کمبود مولیبدن جلوگیری کند. در مقابل اسیدی کردن خاک با اضافه کردن کود های اسیدزا (سولفات آمونیوم)، از فراهمی مولیبدن در خاک می کاهد.

نقش مولیبدن در گیاهان

گیاهان مولیبیدن را به صورت آنیون مولیبدات (MoO_4^{2-}) از محلول‌های خاک جذب می‌کنند و وجود این عنصر برای سوخت و ساز ازت و فعال کردن ریزوبیوم های همزیست با بقولات، الزامی می‌باشد همچنین وجود آن برای احیای نیترات در گیاهان غیر بقول، ضروری است.

گیاهان نسبت به سایر مواد غذایی به مولیبیدن کمتر نیاز دارند. مولیبیدن در جذب و انتقال آهن در گیاهان نقش اساسی دارد. این عنصر همچنین برای تبدیل فسفر معدنی به فرم آلی در گیاهان ضروری است. نیاز گیاهان به مولیبیدن برای تولید دانه (بذر) بیشتر از مرحله رویشی می‌باشد و مولیبیدن در شرایط کمبود ازت، موجب تشدید جذب ازت و افزایش سنتز اسیدهای آمینه در مرحله رشد رویشی می‌گردد و مولیبیدن در ساختمان تعداد زیادی از آنزیم‌های گیاهی به کار می‌رود. مولیبیدن در آنزیم های گیاهی که در واکنش‌های مختلف اکسیداسیون و احیا شرکت می‌کنند، وجود دارد.

علائم کمبود مولیبیدن در گیاهان

علائم کمبود مولیبیدن در بقولات عموماً به صورت علائم کمبود ازت (زرد شدن و توقف رشد) خود نمایی می‌کند و به این خاطر نقش اساسی مولیبیدن در تثبیت ازت توسط این گیاهان، حائز اهمیت می‌باشد. کمبود مولیبیدن در ذرت نه تنها باعث تأخیر در تشکیل گل تاجی می‌گردد بلکه سبب می‌شود که قسمت عمده گل ها نیز باز نشوند و در نتیجه ظرفیت پرچم برای تولید دانه گرده کاهش می‌یابد.

به طور کلی غالب ترین علامت قابل مشاهده کمبود مولیبیدن، حالت زرد شدن و رنگ پریدگی می‌باشد که بسیار شبیه حالت کمبود ازت است و باید توجه داشت که مولیبیدن در جذب ازت توسط گیاهان و تبدیل آن به آمونیوم و تثبیت آن در گره ها، برای تولید کلروفیل در گیاهان حائز اهمیت می‌باشد.

مولیبیدن برای همه گیاهان ضروری است. در میان گیاهان زراعی یونجه، شبدر، سویا، لوبیا و اغلب گیاهان بقولی به کاربرد مولیبیدن بهتر جواب می‌دهند و دارای

حساسیت بیشتری هستند محصولات گندم، جو، ذرت و برنج از حساسیت کمی برخوردار هستند.



مزرعه آفتاب گردان



سیب زمینی



آفتاب گردان



یونجه



گندم



یونجه



برگ چغندر

کودهای شیمیایی حاوی مولیبدن

در بسیاری موارد با افزایش PH خاک (با استفاده از آهک) کمبود مولیبدن قابل جبران می‌باشد. استفاده از کودهای حاوی مولیبدن مانند مولیبدات پتاسیم و یا مولیبدات آمونیوم باید به مقدار کم و در حد ۵۰۰ گرم مولیبدن در یک هکتار باشد و برای پخش یکنواخت آن در مزرعه، می‌توان با کود Npk مخلوط کرد.

کمبود مولیبدن در محصولات در حال رشد را میتوان با محلول پاشی مولیبدات آمونیوم و یا مولیبدات سدیم (۱۵۰ گرم مولیبدن در هکتار) برطرف نمود. برای بقولات از مولیبدات آمونیوم و یا مولیبدات پتاسیم می‌توان به صورت تیمار بذری

استفاده کرد برای یونجه استفاده ۱۰ گرم مولیبدن به ازای هر کیلوگرم بذر توصیه شده است.

جدول کودهای حاوی مولیبدن

نام شیمیایی	فرمول شیمیایی	درصد مولیبدن
مولیبدات امونیوم	$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	۵۴
مولیبدات سدیم	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	۳۹
تری اکسید مولیبدن	MoO_3	۶۶
دی سولفید مولیبدن	MoS_2	-
اسید مولیبدیک	$\text{MoO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-

عنصر سیلیسیم (Si) Silicon

سیلیسیم (Si) از خانواده شبه فلز بوده بعد از اکسیژن دومین عنصر فراوان (۲۸در صد) در پوسته زمین می‌باشد. بیش از ۹۰ درصد پوسته زمین از کانی های سیلیکات ساخته شده است. عناصر دیگر به ترتیب آلومینیوم، آهن، کلسیم، سدیم، پتاسیم و منیزیم می‌باشند. این عنصر جزو عناصر مفید برای گیاهان به شمار می‌رود. مهمترین منبع اولیه تامین سیلیسیم، سیلیکات های بی شکل سیلیسیم و دی اکسید سیلیسیم موجود در کانی های رسی می‌باشد سیلیسیم یک عنصر جامد، بلورین، ترد و سخت است.

سیلیسیم از نظر فراوانی هشتمین عنصر فراوان در جهان می‌باشد البته به سختی به صورت خالص و آزاد در طبیعت یافت می‌شود.

سیلیسیم در خاک

سیلیسیم در خاک به سه شکل مشاهده می‌شود:

۱- سیلیکاتهای بی شکل که مهمترین منبع تأمین سیلیسیم مورد نیاز گیاهان میباشد.

۲- سیلیسمی که در ساختمان کانی های رسی و سیلیکاتهای آمورف (بی شکل) یافت می شود.

۳- سیلیسیم جذب سطحی شده؛ که فوری ترین منبع تأمین سیلیسیم محلول در خاک است و از طریق تبادل آنیونی صورت می‌گیرد.

۴- سیلیسیم موجود در محلول خاک، این سیلیسیم به صورت منوسیلیسیک اسیدی می‌باشد.

سیلیسیم محلول از انحلال و فروپاشی سلیکاتهای بی شکل و سیلیسیم موجود در کانیهای رسی حاصل میشود. مکانیسم جذب این عنصر در گیاهان مختلف متفاوت است مثلا در برنج بصورت فعال و در گندم غیر فعال می‌باشد. همچنین مقدار نیاز گیاهان به سیلیسیم نیز متفاوت است. در خاکهای آهکی عوامل مؤثر بر سیلیسیم قابل استفاده در گیاهان عبارتند از PH خاک، درصد رس، درصد کربنات کلسیم.

با افزایش هر یک از این عوامل سیلیسیم قابل استفاده گیاه در خاک افزایش می‌یابد.

نقش سیلیسیم در گیاهان

عنصر سیلیسیم از جمله عناصر کم مصرف در بین سایر عناصر محسوب می‌شود که کاربرد آن دارای خواص و مزایای زیادی برای گیاهان می‌باشد.

نقش سیلیسیم در گیاهان به شرح زیر توصیف شده است.

۱- سیلیسیم باعث افزایش مقاومت گیاه (بوژه برنج) به سمیت فلزات سنگین آهن، منگنز و همچنین آلومینیوم می‌گردد. در خاکهای اسیدی که غلظت آلومینیوم بالا و خطر مسمومیت آن جدی است، وجود سیلیسیم باعث عدم جذب آلومینیوم توسط گیاه می‌گردد

۲- سیلیسیم باعث افزایش جذب فسفر و کاهش قابلیت استفاده نیتروژن برای گیاه می‌شود همچنین سیلیسیم تجمع سمی فسفر را درون سلول های گیاهی کاهش می‌دهد و از بروز کمبودهای عنصر روی ناشی از زیادی فسفر، جلوگیری می‌کند.

۳- سیلیسیم با افزایش مقدار کلروفیل، سطح برگ و فتوسنتز، رشد و فعالیت گیاه را در شرایط شوری افزایش می‌دهد و سیلیسیم بافت‌های گیاهی را در مقابل سمیت شوری حفظ می‌کند و از اتلاف آب از طریق تعرق جلوگیری می‌کند سیلیسیم جذب سدیم را در گیاهان برنج، گندم و جو کاهش می‌دهد.

۴- با تجمع سیلیسیم در دیواره های سلولی آوندهای چوبی، مقاومت گیاه نسبت به ورس (خوابیدگی) افزایش می‌یابد و در نتیجه گیاه حالت عمودی و ایستادگی به خود گرفته و در نتیجه نفوذ نور به داخل، سایه اندازه گیاه بیشتر می‌شود.

۵- سیلیسیم کانی در گیاه باعث افزایش جذب نور توسط گیاه شده که در صورت کشت متراکم باعث ایستادگی عمودی گیاه می‌شود که این امر موجب نفوذ بهتر نور و به دنبال آن فتوسنتز بهتر می‌شود.

۶- سیلیسیم در استحکام بافت های گیاهی گیاهان زراعی مانند ذرت گندم برنج نقش مهمی دارد و به همین دلیل مقاومت گیاه به آفات و بیماریها و همچنین آلودگی های قارچی زیاد می‌شود. سیلیسیم در افزایش مقاومت برنج به بیماری های قارچی نظیر سوختگی برگ یا سنبله لکه قهوه ای و همچنین باعث افزایش مقاومت آن به آفات کرم ساقه خوار و زنجیرک می‌گردد.

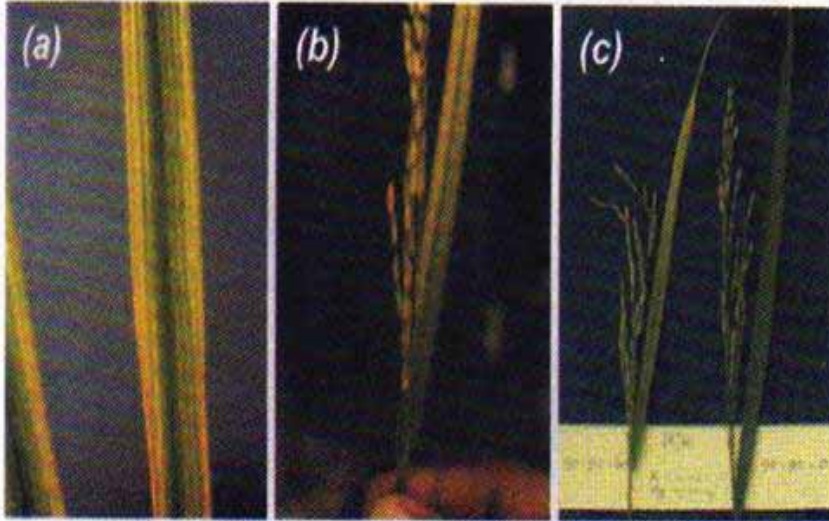
علائم کمبود سیلیسیم

کمبود سیلیسیم اغلب منجر به کاهش مقاومت در برابر بیماری هایی از قبیل لکه قهوه ای برنج می شود مشخصه اصلی کمبود سیلیسیم لکه های قهوه ای روی برگ ها است. که در پی آن جذب دی اکسید کربن توسط گیاه کم شده و روزنه ها به مانند شرایط تنش آبی بسته شده و فتوسنتز متوقف می شود. در شرایط کمبود این عنصر، مقدار کلروفیل کم شده و در نتیجه فتوسنتز در گیاهان کاهش می یابد، همچنین تعداد دانه ها و درصد رسیدگی دانه ها پایین می آید و نهایتاً عملکرد گیاه با کاهش مواجه می گردد. در مورد عوامل تشدید کننده کمبود سیلیسیم در خاک به افزایش PH، خاکهای شنی، زمین های باتلاقی و مردابی، زیادی علف کشها و افزایش دمای آب اشاره شده است.



علائم کمبود سیلیسیم در برنج





گندم

کودهای حاوی سیلیسیم

کودهای حاوی سیلیسیم باید دارای مشخصات زیر باشد:

- ۱- درصد سیلیسیم بالایی داشته باشند.
- ۲- به آسانی در دسترس باشند (در بازار زیاد باشد).
- ۳- قیمت بالایی نداشته باشند (ارزان قیمت باشند).
- ۴- کاربرد آن با استفاده از ادوات کود دهی امکان پذیر باشد.

با وجود به فراوانی عنصر سیلیسیم در طبیعت این عنصر اغلب به صورت ترکیب با سایر عناصر وجود دارد و این ترکیبات نامحلول هستند به طور کلی منابع مورد استفاده عبارتند از:

- ۱- تفاله های (محصول فرعی) صنایع آهن و آلومینیوم سازی که غلظت سیلیسیم و سایر عناصر در آنها متفاوت است.
- ۲- سیلیکات پتاسیم: کودی است گران قیمت و برای محصولات با ارزش استفاده می شود.
- ۳- سیلیکات سدیم: این کود نیز در تحقیقات و برای محصولات پر ارزش مورد استفاده قرار می گیرد و مهمترین کود برای مصرف خاکی سیلیسیم می باشد.
- ۴- استفاده از کودهای مایع حاوی سیلیسیم نیز متداول بوده و در انتخاب آنها باید توجه به مواد موجود در آنها و نوع گیاه دقت لازم به کاربرد بررسی ها نشان داده است محلول پاشی بر روی برنج در دو مرحله ۲۵ و ۵۰ روز بعد از نشاء، افزایش عملکرد ۱۰ تا ۳۰ درصدی را در پی خواهد داشت.

عنصر سلنیم (S) Selenium

مقدار سلنیم در پوسته زمین حدود ۰/۰۵ تا ۰/۰۹ میلی گرم در کیلوگرم است از نظر فراوانی در بین سایر عناصر پوسته زمین، شصت و هشتمین عنصر محسوب می شود. سلنیم یک شبه فلز بوده و از نظر خواص شیمیایی نزدیک به گوگرد است. این عنصر بیشتر به صورت ترکیب یافت می شود و به صورت خالص کمتر دیده می شود این عنصر توسط یک شیمیدان سوئدی کشف و آن را الهه ماه نامگذاری کرد. این عنصر در پزشکی به عنوان یک آنتی اکسیدان قوی شناخته شده است آنتی اکسیدان ها موادی هستند که از انجام واکنشهای شیمیایی زیان آور که در سلول های بدن انسان اتفاق می افتد جلوگیری می کنند بدین ترتیب سلول را قادر

می‌سازند در مقابل بیماری‌های قلبی، سرطان و اختلالات مربوط به سن از خود مقاومت نشان دهند.

سلنیم در خاک

سطح سلنیم در خاک اساساً به وسیله عوامل شیمیایی خاک، طبیعت سنگهای مادری، شرایط اقلیمی، و پوشش گیاهی تعیین می‌شود، سنگهای سیلیس مثل گرانیت و شیل حاوی میزان بالای سلنیم هستند. سلنیم در خاک به شکل های مختلف وجود دارد. سلنیم عنصری موجود در خاک، به سلنات SeO_4^{2-} در خاکهای خنثی و قلیائی، به سلنیت SeO_3^{2-} در خاکهای اسیدی اکسیده می‌شود. PH و EH مهمترین پارامترهایی هستند که در حلالیت و شکل‌گیری شیمیایی سلنیم در خاک را کنترل می‌کنند. گیاهان سلنات را بیشتر از سلنیت جذب می‌کنند و سلنات برای گیاه بسیار محلول و قابل دسترس است به همین جهت باعث تجمع در گیاهان رشد یافته و در خاک با PH بالا، می‌گردد. سلنیم آلی (سلنیم کمپلکس) بخش مهمی از سلنیم در خاکهای آلی است و در هوموس وجود دارد.

نقش سلنیم در گیاهان

سلنیم یک عنصر ضروری برای گیاهان به حساب نمی‌آید ولی مقادیر اندک آن برای رشد و نمو طبیعی انسان و حیوان لازم است از نظر پزشکی سلنیم یک آنتی‌اکسیدان قوی بوده و وجود به اندازه آن در بدن، از مرگ و میر ناشی از انواع سرطان و بیماری‌های قلبی جلوگیری می‌کند. میزان سلنیمی که هر انسان در یک روز نیاز دارد حدود ۷۵ میکرو گرم است ولی مصرف روزانه انسان حدود ۳۰ تا ۴۰ میکرو گرم می‌باشد و از این جهت وجود مقادیر بالایی از سلنیم در بدن مردان حدود ۲۳۰ میکروگرم و زنان حدود ۱۳۰ میکروگرم برای پیشگیری از خطر ابتلا به سرطان مورد نیاز می‌باشد. یکی از راه‌های مناسب برای آگاهی از کمبود سلنیم در

بدن اهالی یک منطقه، تعیین مقدار سلنیم خوراکی انسان و حیوانات از طریق گیاهان می‌باشد. بر اساس بررسی‌های انجام شده برای تعیین مقادیر سلنیم خاکهای مختلف کشور مشخص شده است مناطق جنوبی و مرکزی دارای مقادیر متوسط از سلنیم ولی خاک های مناطق شمالی با کمبود سلنیم مواجه می‌باشند یکی از راههای برطرف کردن کمبود سلنیم از غذاها تولید گیاهان غنی از سلنیم توصیه شده است. روش‌های مختلفی برای غنی‌سازی گیاهان وجود دارد از جمله آنها کاربرد کودهای حاوی سلنیم در خاک از طریق پخش سطحی و محلول پاشی می‌باشد.

در بین محصولات زراعی گندم به عنوان منبع تامین کننده اصلی و قابل دسترس سلنیم محسوب می‌شود و در برخی کشورها از جمله استرالیا حدود نیمی از نیاز های سلنیمی مردم از طریق این محصول برطرف می‌شود با کاربرد کم سلنیم در خاک به آسانی می‌توان سلنیم دانه های گندم را افزایش داد. در مورد سایر غلات منجمله برنج نیز بررسی هایی صورت گرفته و با کاربرد سلنیت و سلنات باعث افزایش چندین برابر سلنیم در دانه ها شده است. در این مورد نتیجه سلنات بهتر از سلنیت بوده است.

میزان جذب سلنیم در خاک تحت تاثیر نوع محصول، نوع خاک و آب و هوا می‌باشد سلنیم در سوخت و ساز گیاهان تا حدی جایگزین گوگرد شده و مانند گوگرد در آمینو اسیدها و پروتئین‌های گونه‌های مختلف گیاهی وجود دارد و قسمت خوراکی گیاه نسبت به قسمت های غیرخوراکی آن، سلنیم بسیار کمتری دارد.

سلنیم بر توزیع و جذب فلزات و عناصر غذایی در کل گیاه اثر می‌گذارد و کاهش سلنیم غلظت عناصر خاصی را در بافت گیاهی افزایش می‌دهد که حالت مسمومیت ایجاد می‌کند و با افزایش ماده آلی خاک، تثبیت سلنیم نیز افزایش می‌یابد و با افزایش PH نیز جذب سلنیم بیشتر می‌شود در میان گیاهان زراعی یونجه دارای بیشترین سلنیم حدود ۲/۷ میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد.

سلنیم در دیواره سلولی گیاهان لایه ای درست می‌کند که مقاومت مکانیکی گیاه را در برابر بیماری های قارچی افزایش می‌دهد همچنین بر زاویه برگ ها اثر گذاشته و باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد و سلنیم باعث کاهش سمیت منگنز در شالیزارهای شمال و در محصولات جو و لوبیا باعث توزیع بهتر منگنز می‌شود.

کودهای حاوی سلنیم

در توصیه کود مؤثر و بی خطر سلنیم، بایستی فرم شیمیایی، حلالیت، PH و EH خاک، میزان و روش های کاربرد سلنیم، مورد توجه قرار گیرد. کودهای حاوی فسفات، سولفات یا نیتروژن می‌توانند سطح سلنیم را در گیاهان تحت تاثیر قرار دهند. این مواد ممکن است رشد ریشه را تحریک کرده و متعاقب آن جذب سلنیم افزایش یابد.

کودهای ساخته شده از سنگ فسفات حاوی بیش از ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم سلنیم می‌باشد کاربرد محلولپاشی سلنیت SeO_3^{-2} روش مؤثری برای افزایش سلنیم در گیاهان علوفه‌ای است از کاربرد سلنیم با کودهای کامل یک روش مؤثر برای بالا بردن سطح سلنیم در بافت ها و بذر گیاهی توصیه شده است.

در تحقیقات متعدد نشان داده شده است ساده ترین روش برای افزایش غلظت عناصر ریزمغذی منجمله سلنیم اضافه کردن آنها در کودهای شیمیایی است. با مصرف کود کامل ماکرو محتوی ۶ الی ۱۶ میلی میلی گرم سلنیم در هر کیلوگرم در مزارع گندم و برنج غلظت این عنصر مهم و حیاتی برای سلامت انسان و دام به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد یکی از مسائل مطرح درباره عنصر سلنیم، مسئله سمیت آن است. تجمع سلنیم در گیاهان موجب ایجاد سمیت می‌شود با توجه به شکلهای مختلف سلنیم در خاک، سمیت آنها متفاوت است. در صورت عدم برداشت گیاهانی که (بخصوص گیاهان وحشی) تجمع سلنیمی در آنها وجود داشته باشد، پس از مرگ آن ها سلنیم می‌تواند از آن ها خارج شده و دوباره به خاک برگردد. سلنیم می‌تواند به فرم گازی تبدیل و به اتمسفر وارد شود و از طریق باران مجدداً به داخل خاک برگردد.

عنصر سدیم (Na) Sodium

اگرچه عنصر سدیم برای اکثر گیاهان ضروری نیست اما می‌تواند برای بسیاری از گیاهان سودمند باشد بخصوص اگر گیاهی دچار کمبود پتاسیم باشد بجای پتاسیم می‌تواند جذب گیاه شود. وجود عنصر سدیم در خاک ناشی از مصرف کود، آفت کش ها، دفع نمک از آب چاههای کم عمق و تجزیه مواد معدنی می‌باشد.

عنصر سدیم بصورت یون جذب گیاهان می‌شود و اکثر گیاهان برای متابولیسم وسنتز کلروفیل به مقدار کم از عنصر سدیم استفاده می‌کنند برخی هم برای کمک به غلظت دی اکسید کربن به عنصر سدیم نیاز دارند. سدیم زیاد در خاک منجر به

اثری به نام اسمزی شدن، می‌گردد، به این ترتیب که آب های مهم در بافتهای گیاهی از بین می‌رود و سبب می‌شود بافتها خشک شوند.

در حال حاضر علائمی برای کمبود سدیم بیان نشده است. زیرا یک عنصر ضروری برای گیاهان محسوب نشده است و به راحتی با آب شیرین از خاک شسته می‌شود، البته برای این کار آب بیشتری نسبت به نیاز آبی گیاه مورد کشت می‌باشد. باید توجه داشت که کمبود سدیم در خاک به ندرت اتفاق می‌افتد چون کود های شیمیایی اغلب حاوی سدیم به صورت ناخالص بوده و اکثر منابع آبی نیز دارای این عنصر هستند تجمع سدیم در گیاه باعث مسمومیت آن شده و علائم آن به صورت نکروز یا سوختگی حاشیه برگ ها مشاهده می‌شود.

عنصر کلر (Cl) Chlorine

کلر عنصر گازی شکل و به صورت یون منفی جذب گیاهان می‌شود تأمین آن در خاک به طور عمده از آب باران، آب دریا، گرد و غبار و آلودگی هوا مسیر می‌شود، همچنین آب آبیاری نقش مهمی در رسوب کلر در خاک دارد. از آنجا که یون کلر تمایل کمی برای اتصال به اجزای خاک دارد، بنابراین حرکت آن در خاک عمداً با جریان آب می‌باشد. غلظت کلر در گیاهان از ۱ تا ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم است. به همین جهت در دامنه پر مصرف قرار دارد. با این وجود نیاز گیاهان به این عنصر کم است. این عنصر برای فتوسنتز لازم است و علاوه بر تنظیم اسمزی، نقش

بیوشیمیایی در گیاهان دارد. کلر برای آزادسازی اکسیژن در هنگام فتوسنتز ضروری است. کمبود آن باعث پژمردگی می‌شود پژمردگی نوک برگ و سپس زردی، برنزه شدن و بافت مردگی از عوارض متداول کمبود کلر است. در محصول جو برگها لوله ای و پیچیده و طویل تر از برگ های طبیعی و دارای رشد کمتر و شکننده تر هستند در سیب زمینی رنگ برگ ها سبز روشن و دارای ظاهری زبر و خشن می‌باشند.

مسمومیت کلر مانند مسمومیت بور می‌باشد در این حالت نوک و حاشیه برگ ها سوخته می‌شود. در مسمومیت های شدید بافت های مرده در نوک برگ ها زیاد شده تا حدی که نصف یا بیشتر قسمت انتهایی برگ می‌میرد. مسمومیت های کلر با افزایش میزان آن در آب آبیاری ایجاد می‌شود اگر عامل مسمومیت در خاک باشد می‌توان با آبخویی اثرات آن را از بین برد.





عنصر کبالت (Co) Cobalt

کبالت فلزی است سخت و خشن با رنگ آبی نقره‌ای، مقاوم به اکسیداسیون در هوا، کم محلول در اسیدهای رقیق. فراوانی آن در پوسته خارجی زمین (لیتوسفر) ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم است.

جدول زیر میزان کبالت در برخی نمونه‌های طبیعی و شیمیایی نشان می‌دهد

مقدار	نمونه
$6/9 \times 10^{-6}$ میلی گرم در لیتر	آب دریا
۰/۰۱ تا ۱۸ میلی گرم در لیتر	آب شیرین
۱ تا ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم	خاک (کل)
۰/۱ تا ۱ میلی گرم در کیلوگرم	خاک (قابل استفاده)

کودهای شیمیایی	ناچیز
گیاهان	۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم

انواع شیمیایی کبالت در آب شامل یون Co^{+2} و CoCO_3 می‌باشند عنصر کبالت به تازگی به فهرست عناصر ضروری برای گیاهان افزوده شده است. این عنصر دارای ضریب جذب متوسط بوده و تا حدودی نیز متحرک است. کبالت در بدن انسان در هسته ویتامین B12 وجود دارد و برای تشکیل گلبولهای قرمز خون مورد نیاز است نقش کبالت در حیوانات کاملاً مشخص و ضروری بوده و بنابراین وجود مقدار کافی کبالت در گیاهان به خصوص در گیاهان علوفه‌ای برای حفاظت و سلامت دام‌ها و در پی آن انسان ضروری می‌باشد.

نقش کبالت در گیاهان

کبالت در گیاهان بقول برای ساختن ویتامین B12، که خود در ساخت هموگلوبین خون انسان ضروری است، حیاتی می‌باشد بنابراین وجود کبالت در گره‌های ریشه بقولات برای تثبیت نیتروژن حائز اهمیت بوده و کمبود آن باعث تأخیر و کاهش تشکیل گره، تکثیر ریزوبیوم‌ها در گیاه و کمبود ازت می‌شود. کبالت نیز مانند سایر کاتیونها جذب سطحی رس شده و با عناصر مس و روی مبادله می‌شود. توزیع کبالت در خاک بسته به میزان مواد آلی و درصد رس متفاوت است. در خاکهای آهکی و گیاهان علوفه‌ای که در خاکهای آهکی تولید می‌شود، کمبود کبالت وجود دارد میزان کبالت در بقولات حدود ۰/۱ تا ۰/۵۷ میلی گرم در کیلوگرم، در علوفه حدود ۰/۰۳ تا ۰/۲۷ میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد. در صورت افزایش مقدار آن در گیاه، علائم کمبود آهن ظاهر می‌شود.

جذب کبالت در گیاهان پهن برگ بیشتر از گیاهان باریک برگ می‌باشد کبالت در رشد و نمو برگها و افزایش مقاومت گیاه به خشکی (در بذر) نقش دارد.

علائم کمبود کبالت

وجود مقدار کافی کبالت در خاک برای تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در بقولات ضروری است و به این جهت تولید بقولات در خاکهای فقیر از نظر کبالت علائم کمبود نیتروژن را نشان می‌دهد در مورد سایر گیاهان علائم خاصی که ناشی از کمبود کبالت باشد شناسایی نشده است. در شرایط کمبود کبالت افزودن مقدار خیلی ناچیز کبالت به خاک با استفاده از کود های شیمیایی می‌تواند کمبود این عنصر را برطرف کند.

عنصر نیکل (Ni) Nickel

نیکل یک عنصر ضروری در گیاهان شناخته شده است. فراوانی آن در لیتوسفر زمین ۷۵ میلی گرم در کیلوگرم و میزان آن در آب شیرین ۱۰ میکروگرم در لیتر می‌باشد گونه های شیمیایی نیکل در آب به فرم یون Ni^{2+} و $NiCO_3$ بوده و کانیهای حاوی نیکل $(NiAs)$ ، (NiS) ، $(NiSO_4 \cdot 7H_2O)$ ، $[Ni_4(Mg)Si_3O_{10}]$ می‌باشد میزان نیکل در کانی ها حداکثر ۳ گرم در کیلوگرم و مقدار متوسط آن در خاک ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم و مقدار نیکل قابل استفاده محلول در خاک ۲ میلی گرم در کیلوگرم است.

نیکل در خاک

نیکل به عنوان یک عنصر ضروری در گیاهانی که اوره به عنوان منبع ازت در محلول های غذایی آن ها استفاده می‌شود، ضروری است. نیکل جزو عنصر فلزی

آنزیم اوره آز است. در غلات نیکل نقش مهمی در تولید مثل گیاه و تشکیل دانه دارد، غلظت آن در بافت های گیاهی از ۰/۰۵ تا ۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم وزن ماده خشک بوده و متحرک است و لذا خطر تجمع این عنصر در گیاه و سمیت آن وجود دارد و کمبود آن هم اثرات سوئی بر رشد و متابولیسم گیاه دارد. همچنین فقدان نیکل در گیاه باعث تجمع اوره در گیاه می شود در غلظت های بالا (یک میلی گرم در لیتر) سبب کاهش فرایند رشد و نمو می گردد.

نیکل در گیاهان

تحقیقات انجام شده نشان داده است که نیکل از عناصر ضروری ریز مغذی می باشد. حد بحرانی آن در گیاه جو ۱۰۰ میکرو گرم در کیلوگرم تعیین شده و کمتر از آن به طور قابل توجهی موجب کاهش جوانه زنی بذر جو و کمتر از ۵۰ میکرو گرم، جوانه زنی بذر جو ۷۰ درصد کاهش می یابد. نیکل به سهولت در ریشه گیاهان جذب و سریع به درون گیاه انتقال می یابد.

اغلب مواد غذایی به اندازه کافی نیکل در خود دارند به طوریکه جوابگوی نیاز به نیکل پستانداران می باشد از این رو احتمال کمبود نیکل در بدن انسان کمتر است میزان متوسط دریافت روزانه نیکل در بدن حدود ۰/۳ تا ۰/۵ میلی گرم و میزان خروج از ادرار ۱۷ میکروگرم در روز حدس زده شده است.

علائم کمبود نیکل

علائم کمبود نیکل مشابه علائم کمبود نیتروژن در گیاهان است و بیشتر در برگهای پایین گیاه مشاهده می شود در این وضعیت برگها حالت نکروز پیدا کرده و در امتداد لبه های برگ ها ظاهر می شوند.



A Ni-deficient (left row).

B Ni-sufficient (right row).



عنصر کروم (Cr) Chromium

کروم فلزی است سفید متمایل به آبی و سخت و محلول در اسید سولفوریک و اسید کلریدریک و در هوا اکسیده نمی‌شود و فراوانی آن در لیتوسفر ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم و از کانی های اصلی حاوی کروم کانی کرومیت FeCr_2O_4 (حاوی آهن) است گونه های شیمیایی کروم در آب Cr^{2+} و $\text{Cr}(\text{OH})_3$ می‌باشد مقدار کل کروم در خاک ۵ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و متوسط آن ۶۵

میلی گرم در کیلوگرم و مقدار کروم قابل استفاده در خاک نیز ۱۰ میکروگرم در لیتر و در گیاهان ۰/۲ تا ۰/۲ میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد. کروم بیشتر در ریشه تجمع کرده و انتقال آن به اندامهای هوایی به راحتی امکان پذیر نیست.

عنصر کروم در گیاهان

کروم یک عنصر غذایی ضروری است که در غلظت های پایین رشد گیاهان را افزایش می‌دهد و در غلظت های بالا می‌تواند به عنوان یک عامل تنش زا و محدود کننده رشد و ویژگی های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تحت تاثیر قرار دهد.

کروم برای تندرستی دام و انسان بسیار حائز اهمیت بوده و موجب کاهش متعارف گلوکز اضافی در خون می‌شود. جذب زیادی کروم را می‌توان با نوشیدن آب فراوان برطرف کرد. از علائم کمبود کروم اختلال در گلوکز، غلظت بالای چربی و کلسترول خون، علائمی شبیه دیابت مثل ضعف، لاغری، تشنگی، گرسنگی و تکرر ادرار مشخص شده است.

منابع غذایی حاوی کروم شامل جگر، گوشت مرغ و گوساله، تخم مرغ، سبوس غلات، خشکبار، ماهی، اسفناج و کلم می‌باشد. کاربرد آهک زیاد، کودهای فسفاته و مواد آلی باعث کاهش کروم در خاکهای حاوی کروم می‌شود.

عنصر آرسنیک (As)

آرسنیک فلزی ۳ و ۵ ظرفیتی است خاکستری رنگ با جلای فلزی و شکننده، در اکسیژن می‌سوزد و در واکنش با آب، اسید و باز مقاوم است ولی با اسید داغ و سود مذاب واکنش نشان می‌دهد. فراوانی این عنصر در لیتوسفر زمین ۱/۵ میلی

گرم در کیلوگرم و کانیهای حاوی آرسنیک AS_2S_3 (زرنیخ)، AS_4S_4 و $FeAs_2$ می‌باشد.

میزان آرسنیک در آب $1/5$ میکروگرم در لیتر و در خاکهای زراعی تا 20 میلی گرم در کیلوگرم (با میانگین 5 میلی‌گرم در کیلوگرم) بر مبنای وزن خشک خاک است. مقدار آرسنیک قابل استفاده در خاک تا حدود 40 درصد کل آرسنیک خاک و مقدار آرسنیک در کودها از $0/4$ تا 188 میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر باشد.

میزان آرسنیک بیش از 2 میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه موجب مسمیت می‌شود. سمیت آرسنیک در خاک با افزایش فسفر قابل جذب خاک، کاهش می‌یابد و حد سمیت آن 5 تا 10 میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک خاک و غلظت حد طبیعی آن برابر $0/1$ میلی گرم بر کیلوگرم در قسمت های خوراکی گیاهان مورد تأیید است.

آرسنیک برای تجمع در ریشه بیشتر تمایل دارد و لذا حرکت آن به سمت اندام‌های فوقانی گیاه کند است. عنصر آرسنیک سمیت فوق العاده دارد. به همین جهت به مقدار کم در قارچ کشها، حشره کش ها و علف کش ها مصرف می‌شود در خاکهایی که با آب آرسنیک دار آبیاری می‌شوند حتی چند سال پس از توقف آبیاری با این گونه آب، غلظت آرسنیک در کشت های بعدی مانند سیبزمینی از حد مجاز ($2/6$ میلی‌گرم در کیلوگرم) فراتر می‌رود.

عنصر کادمیم (Cd) Cadmium

کادمیم فلزی است نقره ای رنگ محلول در اسید و غیر محلول در باز. فراوانی آن در لیتوسفر $0/18$ میلی گرم در کیلوگرم و کانی حاوی کادمیم CdS می‌باشد گونه های شیمیایی آن در آب $Cd(OH)_2$ و Cd^{2+} می‌باشد میزان کادمیم در آب

شیرین کمتر از ۰/۲ میکروگرم در لیتر و در خاک مقدار آن از ۰/۱ تا ۳ میلی گرم در کیلوگرم و مقدار قابل استفاده آن در خاک از ۰/۱ تا ۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک می باشد مقدار کادمیم در کودهای شیمیایی کمتر از ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم و در گیاهان کمتر از ۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه می باشد حلالیت کادمیم در محلول خاک با افزایش PH کاهش می یابد.

کادمیم در تهیه قارچ کشها و تولید کودهای شیمیایی به کار می رود و مقدار آن در کودهای فسفاته از صفر تا ۱۷۰ میلی گرم در کیلوگرم متفاوت است. در خاک فسفات تولیدی داخل کادمیم وجود ندارد و عنصر کادمیم در خاک های زراعی نزدیک به یک میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده و منشأ آن عمدتاً فاضلاب شهری و کودهای فسفاته و سولفات روی است کادمیم در خاکهای آهکی غیر پویا بوده بنابراین در خاکهای سطح الارضی تجمع می یابد. کادمیم برای گیاهان سمی نیست بنابراین می تواند بدون نشان دادن علائم مسمومیت، در گیاه تجمع یابد لیکن وجود کادمیم در زنجیره غذایی انسان بسیار خطرناک بوده و در بدن انسان باعث عوارض کلیوی و ناراحتی های دیگر می شود به همین جهت حد مجاز آن در جیره غذایی انسان فقط یک میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک تعیین شده است. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا حداکثر میزان قابل تجمع آن در خاک های با CEC بالا (ظرفیت تبادل کاتیونی) و $pH=6/5$ ، ۲۰ کیلوگرم در هکتار و در خاکهای اسیدی، ۵ کیلوگرم در هکتار تعیین کرده است. حساسیت گیاهان نسبت به کادمیم در محلول غذایی متغیر است. در خاکهای با غلظت ۳ میلی گرم در کیلوگرم خاک، رشد گیاه کاهش می یابد. علائم کمبود کادمیم در برگ به صورت کلروز برگی (زردی) و سوختگی ظاهر می شود. اثر کادمیم بر روی گیاه به نوع گیاه و برهمکنش (چه منفی و چه مثبت) با عناصر دیگر بستگی دارد .

میزان کادمیم در اندام های درونی گیاه بسیار به میزان آن در خاک و نوع گیاه بستگی دارد. حلالیت کادمیم به طور معنی دار با افزایش PH کاهش می یابد وقتی که ریشه گیاه در معرض سطوح مختلف کادمیم قرار گیرد، بخصوص در سبزی های برگی و غده ای (مثل اسفناج و سیب زمینی)، پتانسیل جذب مقادیر زیاد

کادمیم را دارا بوده و در نتیجه امکان ورود آن به چرخه غذایی وجود دارد. در بعضی از محصولات اگر میزان کادمیم درون سیستم ریشه به مقدار قابل توجهی افزایش یابد، کادمیم بدرون دانه انتقال نمی‌یابد.

تعاریف و کلید واژه ها

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) Cation-Exchange Capacity

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) عبارت است از کل ظرفیت یک خاک برای کاتیون‌های قابل تبادل، که همان یون‌های حامل بار مثبت هستند. یون‌های اصلی

مرتبط با CEC عبارتند از: کلسیم (Ca^{2+}) ، منیزیم (Mg^{2+}) ، سدیم (Na^+) ، پتاسیم (K^+) و آلومنیوم (Al^{3+}) این کاتیون‌ها به شدت بازی هستند، و اگر خاکی بیش از حد اسیدی شود (PH پائین)، این کاتیون‌ها با کاتیون‌های دیگر خاک جایگزین می‌شوند.

CEC خاک در واقع بادوتا از اجزای تشکیل دهنده خاک که کانی رس و مواد آلی هستند به دست می‌آید. این دو جزء در سطح خود بارهای منفی دارند که با نیروی الکتریسیته ساکن (الکترواستاتیک) یون‌های با بار مثبت را به سمت خود جذب می‌کنند. بسیاری از کاتیون‌ها مواد مغذی ضروری برای بسیاری از گیاهان هستند. پس خاک‌هایی با رس و مواد آلی زیاد که می‌توانند مقادیر زیادی از یون‌های مثبت را جذب کنند، معمولاً حاصلخیزترند. PH خاک بر CEC تأثیر گذار است زیرا وقتی PH افزایش می‌یابد تعداد بارهای منفی روی گلوئیدها افزایش می‌یابد. بنابراین این CEC نیز افزایش می‌یابد.

خاک‌هایی که CEC پایینی دارند اغلب دچار کمبود مواد مغذی مهمی مثل پتاسیم و منیزیم می‌شوند. چون این مواد نمی‌توانند به مکان‌های دارای بار منفی متصل شوند و پروسه مورد انتظار در خاک اتفاق بیفتد. خاک‌هایی که سطح CEC بالاتری دارند در مقابل آبشویی مضر مقاومت می‌کنند و مواد مغذی ضروری را حفظ کرده و ظرفیت ذخیره آب بالاتری دارند.

CEC به شدت به ساختار و ترکیبات طبیعی خاک وابسته است، و به دلیل پیچیدگی سیستم بیولوژیکی خاک‌ها، تغییر عمده در ظرفیت تبادل یونی مشکل است. برای مثال ماسه خالص CEC نسبتاً کمی دارد. در حالی که ساختارهای رسی عمدتاً سطوح بالاتری از CEC دارند.

بدیهی‌ترین راه‌حل برای خاک‌هایی با CEC پایین، افزایش مواد آلی در ترکیب آنهاست. ماده آلی سطح CEC ، مواد مغذی ، میزان نگهداشت آب، و مقاومت خاک در برابر نوسان یا کاهش سطح PH را افزایش می‌دهد.

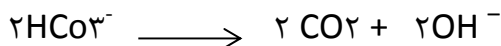
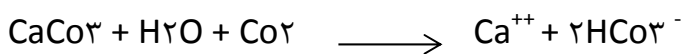
ظرفیت تبادل آنیونی (AEC) Anion Exchange Capacity

ظرفیت تبادل آنیونی (AEC) خاک به جذب یا رهاسازی (تبادل) آنیون‌ها، تحت شرایط نرمال خاک اطلاق می‌شود. آنیون‌های یون‌های با بار منفی هستند که با PH پایین و غلظت نمک بالا در خاک افزایش می‌یابند AEC به اندازه تبادل کاتیونی (CEC) مورد مطالعه و یا تاکید واقع نشده اما به هرحال بر توانایی خاک برای به اندازه لازم مغذی ماندن، تاثیر دارد.

پتانسیل اسیدی (Potential Acidity): به مقدار کربنات کلسیم موجود در خاک بر حسب کیلوگرم که با مصرف یک تن کود اسیدی، خنثی شده و pH محیط کشت را در طول زمان کاهش می‌دهد، گفته می‌شود.

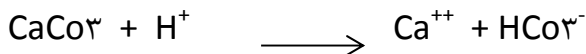
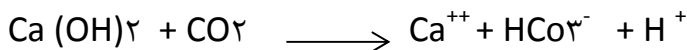
پتانسیل بازی (Potential Basicity): به مقدار کربنات کلسیم بر حسب کیلوگرم که به صورت کود با خاصیت بازی، به محیط کشت اضافه می‌شود، اطلاق می‌شود کودهای با پتانسیل بازی باعث افزایش pH محیط کشت می‌شوند.

خاکهای آهکی: خاکهای ایران عمدتاً آهکی (درصد کربنات کلسیم معادل بیش از ۱۰ درصد)، pH بالا (۷/۸ تا ۸/۲) و دارای مواد آلی پایین (کمتر از یک درصد) می‌باشد. بنابراین تحت چنین شرایطی کمبود آهن و روی دیده می‌شود. وجود کربنات کلسیم در خاک از طریق انحلال در آب و تولید بیکربنات طبق واکنش‌های زیر سبب افزایش pH می‌گردد.



به عبارت دیگر خاکهای آهکی با PH ۷/۵ تا ۸/۳ قادرند طبق واکنش زیر یون هیدروکسیل (OH)⁻ تولید و یا یون هیدروژن (H)⁺ مصرف نمایند.





غلظت بحرانی (Critical Level): غلظت بحرانی محدوده ای از غلظت عناصر غذایی است که در کمتر از آن، عملکرد محصول در مقایسه با گیاهانی که سطح غلظت عناصر غذایی بالاتری دارند، شروع به کاهش می‌کند. در تفسیر نتایج برگ‌گی فرض کلی بر این استوار است که اگر غلظت عنصری در بافتهای گیاهی پایین تر از حد بحرانی باشد، جذب آن عنصر از خاک کافی نبوده است. در روش غلظت بحرانی، زمان و محل نمونه برداری در تفسیر نتایج حاصل از تجزیه گیاه بسیار حایز اهمیت است. مثلاً، در ذرت، محل نمونه برداری برگ روبروی بلال، و مناسبترین زمان نمونه برداری، هنگام تشکیل گل آذین نر است. از آن جا که غلظت عناصر غذایی در اندامهای گیاهی با سن فیزیولوژیکی گیاه تغییر می‌کند، وجود ارقام مقایسه ای دقیق الزامی است.

تعریف مول (mol): مقداری از یک ماده که تعداد اتم های (مولکول) آن برابر با عدد آووگادرو (6.02×10^{23}) باشد.

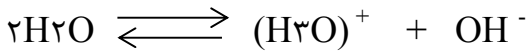
تعریف اکی‌والان (Eq) Equivalent: اکی‌والان یکایی (واحدی) از بار الکتریکی است که در تعریف برابر است با تعداد مول های یک یون در یک محلول ضربدر مقدار مطلق بار آن. برای مثال یک مول Na^+ برابر با یک اکی‌والان و یک مول Ca^{++} برابر با ۲ اکی‌والان می‌باشد. در واقع اکی‌والان یک ماده برابر است با مقدار مول آن ماده ضربدر ظرفیت آن ماده.

پتانسیل یونی هیدروژن (PH Potential of Hydrogen)

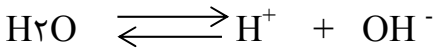
در شیمی از واژه PH برای بیان خاصیت اسیدی یا بازی (قلیایی) بودن یک محلول آبی و سایر محلولهای مایع استفاده می‌شود. همچنین این واژه در بیولوژی

و کشاورزی نیز به طور گسترده کاربرد دارد. به عبارت دیگر PH مقیاسی است برای بیان غلظت یون هیدروژن یک محلول.

آب مایعی است که هم به عنوان باز و هم به عنوان اسید عمل می کند و این پدیده به این دلیل است که آب همواره به صورت مولکول های H_2O وجود ندارد در حقیقت دو مولکول آب در واکنش به یکدیگر یونهای هیدرونیوم و هیدروکسید تولید می کند و به این پدیده یونیزه شدن خود به خودی آب می گویند.



غلظت یون هیدرونیوم $(H_3O)^+$ و غلظت هیدروکسید (OH^-) در آب خالص با یکدیگر برابرند و معمولاً فرمول بالا به صورت زیر نیز نوشته می شود.



با ملاحظه فرمول های فوق اگر اسیدی یا یون H^+ به آب اضافه کنیم در واقع غلظت یون OH^- کم می شود و اگر یون OH^- یا باز به آب اضافه کنیم در واقع از غلظت هیدرونیوم (با جذب H^+ آن) کاسته می شود.

واژه PH به معنای «پتانسیل یون هیدروژن» است که توسط یک شیمیدان دانمارکی در سال ۱۹۰۳ ارائه گردید و بیان کرد که PH در حقیقت لگاریتم منفی غلظت یون های هیدروژن است و چون H^+ در آب خودبخود یونیزه شده، به صورت هیدرونیوم $(H_3O)^+$ می باشد بنابراین فرمول زیر خواهد بود

$$PH = -\log (H_3O)^+$$

این فرمول بیان می کند که افزایش یا کاهش هر عدد صحیح از این مقیاس برابر با تغییرات ۱۰ برابری غلظت است به طور مثال اگر PH محلولی برابر با ۳ باشد این محلول ۱۰ برابر اسیدی تر از محلول PH برابر با ۴ خواهد بود. (در این رابطه لگاریتم بر پایه ۱۰ می باشد)

و به عبارت دیگر PH بیان می‌کند که آیا عناصر غذایی معدنی در دسترس گیاه قرار دارند یا خیر. به خصوص عناصر غیر متحرک و عناصر کم مصرف، چون در شرایط اسیدی ریزوسفر، امکان دسترسی عناصر مذکور وجود خواهد داشت.

هدایت الکتریکی (EC) (Electrical Conductivity): این شاخص توانایی یک محلول در عبور دادن جریان الکتریسیته به خاطر وجود یونهای مختلف در محلول را نشان میدهد. EC برای مشخص کردن میزان نمکهای محلول در آب بکار می‌رود.

برای نشان دادن EC از اعداد استفاده می‌شود و با یکی از واحدهای زیر توصیف می‌شود.

۱- دسی زیمنس بر متر (ds/m)

۲- میکروموس بر سانتی متر ($\mu\text{m/cm}$)

واحد اندازه گیری	محدوده EC عالی	محدوده EC خوب	محدوده EC نسبتاً خوب
دسی زیمنس بر متر	بین ۰ تا ۱	بین ۱ تا ۲	بین ۲ تا ۳
میکروموس بر سانتی متر	بین ۰ تا ۱۰۰۰	بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰	بین ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰

در گزارش نتایج تجزیه خاک و آب غیر از PH و EC ممکن است پارامترهای زیر نیز مشخص گردد.

- AEC ظرفیت تبادل آنیونی

- CEC ظرفیت تبادل کاتیونی

- SP درصد رطوبت اشباع خاک

- C درصد کربن آلی خاک (درصد کربن آلی ضربدر ۱/۷۲ برابر است

درصد مواد آلی خاک)

- SAP نسبت سدیم قابل جذب

- TDS مجموع املاح آب

اکسیداسیون و احیا (Eh)(Oxidation and reduction)

یکی از فرایندهای شیمیایی که موجب تغییراتی در رسوبات محیط های مختلف می گردد، عمل اکسیداسیون و احیا می باشد. در معنی، اکسیداسیون به مفهوم جذب اکسیژن و احیا به معنای از دست دادن آن است. Eh یا پتانسیل اکسایش-کاهش عبارت است از اندازه گیری های نسبی شدت اکسیداسیون و احیا در محلول می باشد که در اثر فرآیندهای بیولوژیکی از قبیل فتوسنتز، تنفس و واکنش های باکتریها در چرخه گوگرد و فساد مواد آلی حاصل می شود. پتانسیل Eh یکی از عوامل مهم در تعیین مشخصات شیمیایی خاک های غرقاب بوده و تأثیر زیادی بر قابلیت انحلال و رسوب کانی ها، میزان فعالیت و جذب عناصر دارد.

آبشویی (Leaching): آبشویی خروج عناصر، نمک و یا مواد محلول در آب از محیط ریشه توسط آب می باشد. در مورد کودهای محلول و پویا (Mobile) نظیر کودهای نیتروژنه، کلرور پتاسیم، نترات پتاسیم، سولفات منیزیم، اسید بوریک و... مطرح است. برای کاهش آبشویی، مصرف تقسیط آنها به دفعات (سرک) پیشنهاد شده است.

آزمون خاک (Soil Testing): آزمون خاک شامل سه مرحله: نمونه برداری صحیح از خاک، تجزیه صحیح و تفسیر صحیح برای انجام توصیه کودی است. کارایی این روش عمدتاً برای محصولات زراعی بوده و در باغهای میوه از نتایج تجزیه برگی و یا میوه برای تعیین نیاز کودی استفاده می شود. مسئله حائز توجه در انجام توصیه های کودی این است که بر مبنای تقاضای گیاه برای تولید حداکثر، نمی توان مصرف کودها را افزایش داد بلکه برای تحقق کشاورزی پایدار باید اثر درازمدت مصرف کودها بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاکها، برهمکنش های مثبت و منفی عناصر غذایی بر خاک، گیاه و محیط زیست را در نظر گرفت و با تمهیداتی، علاوه بر حفظ کارایی کودها، به گونه ای عمل گردد که غلظت عناصر غذایی در خاک و گیاه به حد مسمومیت نرسد.

آلاینده (Pollutant): هر ماده ای که حضور اضافی آن در خاک و آب و یا با اضافه شدن به خاک و آب سبب افزایش غلظت آن ماده در گیاه، دام و انسان

شود به نحوی که سلامت آنها را به خطر بیندازد، آلاینده گفته می‌شود. آلاینده‌ها به صورت معدنی مثال نیترات، سرب و کادمیم و بصورت آلی مانند آفت کش‌ها در محیط زیست موجود می‌باشد.

آلاینده‌های زیست محیطی (Environmental Pollutants):

آلاینده‌های زیست محیطی به موادی گفته می‌شود که سلامتی محیط زیست را به خطر می‌اندازند. در راستای تأمین نیاز کشور و حمایت از تولید داخل و برای ارتقاء کیفیت کودهای تولیدی در داخل کشور، رعایت استانداردهای تولید چه از نظر کیفیت کود تولیدی و چه از نظر معیارهای زیست محیطی اهمیت ویژه‌ای دارد و بایستی در تولید استاندارد، جنبه‌های زیست محیطی رعایت گردد.

آنتاگونیسم (Antagonism): وقتی غلظت یک عنصر غذایی در خاک یا گیاه زیاد باشد مانع جذب بعضی از عنصر گردیده و کمبود آن عناصر غذایی را بوجود می‌آورد.

آنتی اکسیدان (Antioxidants): آنتی اکسیدانها موادی هستند که در برخی از محصولات که در تولید آنها مصرف بهینه کود رعایت شده باشد، بیشتر یافت می‌شوند. تغذیه این مواد ضمن اینکه ایمنی بدن را افزایش می‌دهند، اثرات زیان آور انواع رادیکالهای آزاد درون سلول‌ها را نیز خنثی نموده و بدن را در مقابل ابتلا به بیماریهای خطرناک ایمن می‌سازند. آنتی اکسیدانها شامل ویتامین‌های C و E و A و از عناصر فلزی روی (Zn)، سلنیم (Se) و به مقدار جزئی مس (Cu) و آهن (Fe) می‌باشند. رادیکالهای آزاد گروهی از اتمها هستند که در آخرین لایه اتمی خود یک الکترون جفت نشده دارند. رادیکالهای آزاد به مقدار اندک و به طور طبیعی در بدن تولید می‌شوند. اما برخی از عوامل محیطی از جمله عوامل عفونی، دود سیگار و انواع پرتو ها می‌توانند شکل گیری رادیکالهای آزاد را در داخل سلولها افزایش دهند. وقتی رادیکالهای آزاد خطرناک توسط سیستم دفاعی (آنتی اکسیدان) بدن خنثی نشوند، تجمع پیدا کرده و صدمات جبران ناپذیری را به بدن وارد می‌سازند).

هوازگی

در تعریف کلی هوازگی به خرد شدن و تجزیه سنگها و تشکیل کانی‌ها در طبیعت اطلاق می‌شود. هوازگی به دو صورت انجام میشود:

- ۱- هوازگی مکانیکی، فرایندی که در نتیجه آن سنگها خرد شده و به ذرات کوچکتر تبدیل میشوند.
- ۲- هوازگی شیمیایی فرایندی که در نتیجه آن سنگها تجزیه شده و کانی‌ها تشکیل میگردد. هوازگی شیمیایی در ارتباط با ترکیبات آب، درجه حرارت، وجود و یا عدم وجود گیاهان و میکروارگانیسم‌ها می‌باشد.

سنگ آهک دولومیتی (CaCO_3) (dolomite MgCO_3): آهک

دولومیتی آهکی است که از کربنات کلسیم و مقدار کمی کربنات منیزیم تشکیل شده باشد. هر آهکی که مقدار کمی منیزیم دولومیتی داشته باشد، آهک دولومیتی نامیده می‌شود. غلظت کربنات منیزیم از یک الی ۱۰ درصد متفاوت است و از تجزیه سنگ آهک دولومیت میتوان ۲۲ درصد کلسیم و ۱۱ درصد منیزیم بدست آورد.

سنگ آهک کلسیت (CaCO_3): یک کانی کربنات و همان کربنات کلسیم و پایدارترین شکل آن می‌باشد. سنگ آهک کلسیت خالص دارای ۶۰٪ کلسیم است. معمولاً به آن سنگ آهک کلسیته نیز می‌گویند. آهک کلسیت شبیه آهک دولومیت بوده با این تفاوت که سختی دولومیت بیشتر از کلسیت است.

آهک هیدراته (Ca(OH)_2): آهکی است که از هیدروکسید کلسیم تشکیل یافته است. از خاک آهک هیدراته برای افزایش سریع pH استفاده می‌شود.

آهک (CaO): به این آهک اکسید کلسیم نیز گفته می‌شود. از لحاظ کشاورزی هر ماده ای که حاوی کربنات، یا هیدروکسید کلسیم یا منیزیم باشد و از آن برای خنثی سازی اسیدیته محیط کشت استفاده شود آهک گویند. رایجترین آهکی که استفاده می‌شود آهک کلسیته، آهک دولومیتی و آهک هیدراته می‌باشند.

آمونیم بدون آب (Anhydrous Ammonia) (NH₃): از آنجا که آمونیم بدون آب دارای ۸۲ درصد نیتروژن است، و یکی از منابع ارزان نیتروژن مطرح می‌باشد، به این جهت در کشورهای غربی کود نیتروژنه غالب است. با توجه به ماهیت گازی شکل آن، این کود باید به داخل خاک مرطوب تزریق شود و بدین خاطر هزینه مصرف آن بالا می‌باشد.

اثر متقابل (Interaction): اثر متقابل می‌تواند مثبت (Synergistic) مانند رابطه پتاسیم (K) با روی (Zn) باشد و یا می‌تواند منفی (Antagonistic) مانند رابطه فسفر (P) با روی (Zn) و یا بور (B) با کلسیم (Ca) باشد. در رابطه با اثر متقابل مثبت چنین بیان شده است که با افزایش میزان یک عنصر غذایی نظیر پتاسیم، میزان استفاده عنصر دیگر نظیر روی افزایش می‌یابد. این برهمکنشی مثبت در آزمایش‌های متعددی در مزارع گندم و برنج در سطح مزرعه به کرات مشاهده شده است. در مقابل، در اثر متقابل منفی با افزایش درجه حلالیت یک عنصر غذایی نظیر فسفر (P)، از قابل استفاده بودن عنصر غذایی دیگر نظیر روی (Zn) کاسته می‌شود.

اندازه گیری غلظت نترات پای بوته (Pre - Soil Nitrate Test (PSNT): در این روش که در دهه ۱۹۹۰ در آمریکا مطرح گردید، برای صرفه جویی در مصرف کودهای نیتروژنه و حفظ محیط زیست، از مصرف قبل از کاشت کودهای نیتروژنه جلوگیری نموده و در مقابل پس از یک ماه از زمان کاشت (مثلاً در مورد ذرت) از پای بوته گیاه نمونه برداری خاک بعمل آورده و غلظت نترات را در نمونه خاک اندازه گیری می‌کنند. اگر غلظت نترات به طور متوسط از ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم بیشتر باشد، کود مصرف نمی‌کنند و اگر کمتر باشد، بر مبنای فاصله از میانگین مصرف، از کود استفاده می‌شود. با اعمال این روش فقط در ایالت آیوا در یک سال زراعی بیش از ۳۰۰ هزار تن کود نیتروژنه صرفه جویی گردید و این در حالی بود که فقط یک درصد از تولید ذرت کم شده بود.

اسیدهای آلی (Organic Acids): ریشه گیاهان قادرند در محیط فعالیت خود (ریزوسفر) تحت شرایطی اسیدهای آلی را ترشح نمایند. اسیدهای آلی مانند

اسید سیتریک ($C_6H_8O_7$)، اسید اگزالیک ($C_2H_2O_4$) و اسید مالئیک ($C_4H_4O_4$) در بسیاری از فرآیندهای ریشه شرکت می‌کنند که این فرآیندها شامل سهولت جذب عناصر غذایی، سمیت زدایی فیزی، هوازگی مینرالی و جذب عوامل بیماری‌زا می‌باشد. مکانیسم رهاسازی اسیدهای آلی و سرنوشت این ترکیبات در خاک کاملاً معلوم نشده است لذا ارزیابی نقش اسیدهای آلی در فرآیندهای فوق الذکر نیز مقدور نشده و بطور خلاصه، رهاسازی اسیدهای آلی از ریشه‌ها و جذب آن‌ها توسط مینرالهای خاک و نیز معدنی شدن میکروبی آنها، نقش بسیار اساسی در کارایی اسیدهای آلی در فرآیندهای ریزوسفر دارند. اسیدهای آلی از اجزای اصلی ترشحات ریشه هستند و به عنوان مکانیسمی برای قابل جذب نمودن عناصر غذایی در ریزوسفر فرض شده‌اند. ریزوسفر معمولاً به لایه نازک ۱ الی ۳ میلیمتری از خاک اطراف ریشه اطلاق می‌شود که موجودات زنده آن از نظر کمی و کیفی تحت تاثیر فعالیت‌های ریشه نظیر تنفس و ترشحات ریشه قرار دارند.

اسیدی کردن آب آبیاری: تزریق اسید به آب آبیاری یا محلول عناصر غذایی برای خنثی سازی بی‌کربنات و کاهش pH را اسیدی کردن می‌گویند. اسیدی کردن آب آبیاری عبارت است از کاهش pH و بی‌کربنات آب آبیاری با کمک اسید سولفوریک است. اسیدی کردن فرآیند تهیه محلول یا موادی که خاصیت اسیدی زیاد دارند (pH کمتر از ۷ باشد). در آبیاری اصطلاح اسیدی کردن به اضافه نمودن اسید به آب آبیاری گفته می‌شود که برای کاهش pH و حذف بی‌کربنات آب آبیاری مصرف می‌گردد.

امنیت غذایی: امنیت غذایی به معنی اطمینان از دسترسی عمومی به غذای کافی، سالم و مغذی در تمام اوقات، به منظور داشتن زندگی سالم و فعال می‌باشد. در بیانیه جهانی غذا، حاصلخیزی خاک به عنوان کلید امنیت غذایی و کشاورزی پایدار بیان گردیده است. همچنین پذیرش بخش کشاورزی به عنوان ابزار اولیه کاهش سوء تغذیه به صورت پایدار، مورد تأکید همگان است. در این میان مدیریت سیستمهای زراعی از جمله کودهای شیمیایی، وارد کردن بقولات در تناوب، انتخاب ارقام با جذب عناصر غذایی کم مصرف بالا، طراحی سیستمهای کشت با

توجه به نیازهای انسانی، به خوبی می‌تواند امنیت غذایی را تأمین نماید. لیکن در کنار تجربیات برای تحقق پایداری حاصلخیزی خاک و مصرف بهینه کود، از هم اکنون بایستی تدابیری اندیشیده شود که از آن جمله می‌توان به اتخاذ راهبردهای کشاورزی متناسب با مناطق اگرواکولوژیکی، استقرار شبکه پایش کیفیت خاک، اولویت به مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه و تغییر نگرشهای تک دیسپلینی به نگرشهای جامع نگر اشاره نمود، تا در آینده بتوان ضمن حفظ محیط زیست و پایداری تولیدات کشاورزی نیاز غذایی جمعیت رو به افزایش را به طور کمی و کیفی تأمین نمود.

افزایش تولید در واحد سطح: تمرکز بر افزایش تولید در واحد سطح یکی از مهمترین راهبردهای کشور می‌باشد تا کلیه عوامل مؤثر در تولید به کار گرفته شود. در بیانیه جهانی غذا، حاصلخیزی خاک، به عنوان کلید امنیت غذایی و کشاورزی پایدار بیان گردیده و مطالعات فائو نشان داده است که در برنامه کودی فائو، حدود ۵۵ درصد افزایش تولید در اثر مصرف بهینه کود وجود داشته است. در هندوستان و چین در طول سه دهه (۹۲-۱۹۶۲) افزایش تولید سالیانه محصولات کشاورزی از ۱۶۲ میلیون تن به ۶۰۰ میلیون تن در هند و در چین از ۸۷ میلیون تن به ۲۰۰ میلیون تن رسید، تنها عمدتاً از طریق مصرف بهینه کود بوده است. چه مصرف بهینه کود و آب مؤثرترین، سریعترین، سهل‌الوصولترین و اقتصادیترین راه تحقق افزایش عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی می‌باشد. بنا به گزارش سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (FAO) بین ۴۰ تا ۶۰ درصد (حداقل ۳۳ درصد) افزایش تولیدات کشاورزی در جهان مرهون مصرف کودهای شیمیایی است و در کشورهایی که مصرف کود در آنها بهینه است این افزایش حداکثر می‌باشد. بنا به اظهار مدیر FAO کمبود عناصر ریزمغذی، سالانه در کشورهای در حال توسعه بیش از ۱۰۰ میلیارد دلار خسارت به محصولات کشاورزی وارد می‌کند. اگر نقش ریزمغذیها در ارتقاء سطح سلامت جامعه نیز مطرح باشد در چنین شرایطی خسارات وارده به سلامت جامعه قابل محاسبه نخواهد بود.

اصلاح خاک: به هر نوع عملیاتی که سبب اصلاح خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاکهای زراعی گردد، اطلاق می‌گردد.

باروری خاک: چنانچه خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک خاکهای زراعی در حد مطلوبی بوده باشد و درصد ماده آلی هم بیشتر باشد باروری چنین خاکی بالا خواهد بود.

باکتریهای تیوباسیلوس (Thiobacillus Bacteria): به گروهی از باکتریهایی که بتوانند در کنار مواد آلی، گوگرد عنصری را به سولفات تبدیل نمایند، اطلاق می‌گردد که امروزه توسط بخش خصوصی با کمک محققین محترم موسسه تحقیقات خاک و آب در مقیاس صنعتی تولید و به بازار عرضه می‌گردد. مایه تلقیح تیوباسیلوس (تیوباسیل) حاوی یک سری باکتری‌های اکسید کننده گوگرد می‌باشد که قادرند در شرایط مناسب از نظر رطوبت، درجه حرارت و مواد آلی، گوگرد را اکسید کرده و در نتیجه بطور موضعی باعث کاهش pH خاک و متعاقب آن افزایش قابلیت جذب عناصری چون فسفر، آهن، روی و همچنین تأمین سولفات مورد نیاز گیاهان گردند. بررسی‌ها نشان داده است مصرف صحیح آن در خاکهای آهکی حداقل پانزده درصد افزایش عملکرد را به دنبال خواهد داشت. مصرف این کود بیولوژیک برای کلیه گیاهان زراعی (به استثناء برنج) و باغی که در شرایط خاکهای آهکی کشت می‌گردند، اکیدا توصیه شده است.

در گیاهان زراعی، عموماً مایه تلقیح تیوباسیلوس به همراه گوگرد گرانوله و با استفاده از روش نواری و یا با استفاده از کودکار بذرکار مصرف می‌شود. در این روش نیز به ازاء هر ۵۰ کیلوگرم گوگرد گرانوله یک بسته مایه تلقیح تیوباسیلوس ۵۰۰ گرمی با آن مخلوط و آنگاه با استفاده از ماشین آلات مناسب به طور نواری مصرف می‌گردد.

باکتریهای محرک رشد گیاه (PGPR) Plant Growth Promoting Rhizobacteria: باکتریهای محرک رشد گیاه گروهی از باکتریهای مفید خاکزی هستند که توان تولید سیدروفورهای میکروبی و هورمونهای محرک رشد گیاه را دارند. در میان میکروارگانیسم‌های ریزوسفری، شماری از باکتری‌ها قادرند از طریق

الف) تثبیت نیتروژن، ب) سنتز و تولید سیدروفورهای کمپلکس کننده آهن، ج) تولید هورمونهای گیاهی، د) انحلال ترکیبات معدنی فسفات و ایجاد رقابت با عوامل بیماری‌زای گیاهی بواسطه تولید آنتی بیوتیک‌ها و ترکیبات قارچ کش، رشد گیاهان را بهبود می‌بخشند. به این باکتری‌ها، اصطلاحاً PGPR گفته می‌شود. PGPR در نزدیکی و یا حتی در داخل ریشه گیاهان یافت می‌شوند.

سیدروفورها یا آهن برها (siderophores): ملکول‌های کوچکی هستند که بصورت کلات (کی‌لیت chelate) با آهن پیوند دارند و بوسیله میکروارگانیزم‌های گوناگون از قبیل باکتری‌های بی‌هوازی، قارچ‌ها و ریشه‌های گیاهان ساخته می‌شود. کی‌لیت در واقع فرآیندی است که طی آن یک ترکیب شیمیایی با یک یون فلزی کمپلکس شده و آنرا بصورت محکم نگه می‌دارد. سیدروفورها باعث افزایش فراهمی آهن مورد نیاز گیاهان و کنترل بیماری‌های گیاهی می‌گردند.

باگاس (Bagasse): ضایعات نیشکر که به منظور تهیه بسترهای آلی استفاده می‌شود.

بذر مال (Seed Treatment): چنانچه قبل از کشت، بذور گیاهان با انواع کودها مخلوط شوند، به چنین بذرهایی، بذرمال می‌گویند. یکی از روش‌های تأمین عناصر غذایی، استفاده از مایه تلقیح بذری می‌باشد. در این روش همزمان با جوانه زنی بذر عناصر غذایی و عوامل محرک رشد گیاه در تماس مستقیم و نزدیکی ریشه‌های گیاه قرار می‌گیرند.

بیورت (Biuret): ماده ای سمی است که در فرایند تولید اوره، هر گاه درجه حرارت از ۴۵۰ درجه بیشتر باشد، این ماده سمی تولید می‌شود. درصد بیورت در کود اوره برای محلول پاشی کمتر از یک درصد و برای مصرف خاکی کمتر از دو درصد باشد.

بستر کاشت: محلی که ریشه گیاه در آن رشد می‌کند و حاوی مخلوطی از مواد آلی و معدنی می‌باشد.

پرلیت (Perlite): یک ماده معدنی بوده که به عنوان بستر کشت از آن استفاده می‌شود و از سنگ آتشفشانی سیلیکات آلومینیوم درست شده است و از نوع درجه یک (مرغوب) آن در تهیه بسته‌های بیولوژیک استفاده می‌شود.

پیت (Peat): پیت یک ماده آلی نیمه تجزیه شده بقایای خزها در شرایط گرم و مرطوب می‌باشد و به عنوان محیط کشت گیاهان استفاده می‌شود.

تفاوت فیما بین کارایی و درصد بازیافت در کودها: کارایی کود عبارتست از میزان محصول تولیدی بر حسب کیلوگرم به ازاء هر کیلوگرم کود، واحد آن کیلوگرم در کیلوگرم می‌باشد ولی درصد بازیافت، آن مقدار درصدی از کود است که در تولید (جذب کل) بکار رفته است. با ذکر مثال زیر تفاوت کارایی و درصد بازیافت کودها مشخص می‌گردد.

در قطعه شاهد تمامی کودها بر مبنای آزمون خاک مصرف گردید به غیر از کود اوره، تولید گندم ۲۸۰۰ کیلوگرم گردید ولی در قطعه ای که ۳۵۰ کیلوگرم اوره در چهار تقسیط مصرف شده بود تولید گندم ۵۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گردید. اگر غلظت ازت دانه‌های گندم در تیمار شاهد ۱/۸۶ درصد و در تیمار اوره داده شده ۲/۰۶ درصد باشد، کارایی و درصد بازیافت به شرح زیر خواهد بود. ۵۲۰۷

کارایی اوره (کیلوگرم دانه به ازاء هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی)

$$\frac{5200 - 2800}{160} = \frac{2400}{160} = 15$$

درصد ازت موجود در اوره مصرفی

درصد بازیافت نیتروژن

$$\frac{(5200 \times 2/06) / 100 - (2800 \times 1/86) / 100}{160} = \frac{(10712 - 5207) / 100}{160} = 34/4$$

تنش غذایی: در شرایطی که مصرف انواع کودها مطابق با نیاز گیاه نبوده و مصرف کود نیز بهینه و به موقع صورت نگرفته باشد آن گیاه با تنش غذایی مخصوصاً تنش غذایی عناصر ریزمغذی و عناصر غیر متحرک مواجه خواهد شد..

توان غذادهی خاک: هر چه درصد مواد آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاکی بیشتر باشد و مصرف بهینه کود نیز در آنها رعایت شده باشد، آن خاک از توان غذادهی بالایی برخوردار می‌باشد.

تجمع نیترات: به طور کلی تجمع نیترات با فتوسنتز رابطه معکوس دارد. هر عاملی که میزان فتوسنتز در گیاه را کاهش دهد، سبب افزایش غلظت نیترات در گیاه خواهد شد. با توجه به اینکه فرایند آمین سازی و تبدیل نیترات به عامل آمینی (بنیان اسید آمینه) جهت سنتز پروتئین در گیاه، انرژی خواه است بنابراین هر عاملی نظیر تنش‌های محیطی که باعث تضعیف گیاه شود، به تجمع نیترات کمک می‌کند. در یک گیاه میزان نیترات در بین بافت‌های مختلف متفاوت است؛ نیترات معمولاً در برگها، ریشه، و ساقه به بیشترین مقدار دیده می‌شود.

تنظیم کننده‌های رشد (PGR) Plant Growth Regulators: به ترکیبات آلی گفته می‌شود که در غلظت‌های بسیار کم توانایی کنترل فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهی را دارند.

تشخیص برگگی: گیاهان در شرایط کمبود عناصر غذایی علائم ظاهری اختصاصی در روی برگها، شاخه‌ها و ریشه‌های خود نشان می‌دهند که می‌توان از روی این علائم نسبت به تشخیص و رفع کمبود عناصر غذایی اقدام نمود.

تغذیه متعادل کودها: مصرف متعادل کود یکی از عوامل مهم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. مصرف کودها بایستی مطابق با نیاز گیاه و با توجه به عملکرد مورد انتظار، کیفیت محصول و غنی سازی انجام گیرد. برای محصولات زراعی در خاک‌های آهکی کشور نسبت فیما بین نیتروژن (N)، فسفر (P₂O₅)، پتاس (K₂O) ، گوگرد (S) و ریز مغذی‌ها، (۰.۴) + ۵۰ + ۳۵ + ۴۵ + ۱۰۰ پیشنهاد شده است.

حاصلخیزی خاک: حاصلخیزی خاک یعنی وضعیت خاک از نظر قابلیت تهیه عناصر ضروری برای رشد گیاه، بدون آنکه غلظت عنصری به حد مسمومیت رسیده باشد. بنابراین حاصلخیزی خاک به تأمین مناسب و متعادل عناصر یا مواد غذایی توجه داشته تا احتیاجات گیاه برآورده شود.

حد بحرانی: حدی از غلظت عناصر غذایی است که کمتر از آن مقدار، عکس العمل محصول نسبت به مصرف کودهای مربوطه بسیار مثبت خواهد بود.

حرکت مواد غذایی به طرف ریشه: حرکت مواد غذایی از محلول خاک به طرف ریشه گیاهان به سه طریق صورت می‌گیرد.

۱- حرکت توده ای (Mass Flow): عناصر غذایی که بصورت یون و پویا در محلول خاک می‌باشند، نظیر کودهای نیتروژنه، کلرور پتاسیم، نترات پتاسیم و ۰۰۰ عمدتاً بصورت توده ای و انبوه در اثر تعرق گیاه و جریان آب حاوی عناصر به سمت ریشه حرکت می‌کنند. بیشترین درصد عناصر غذایی با این روش به طرف ریشه گیاهان حرکت و در نهایت توسط ریشه گیاهان جذب می‌گردند.

۲- حرکت انتشار یا پخشیدگی (Diffusion): در این نوع حرکت، عناصر غذایی از جایی که غلظت بالایی دارند (خاک)، به جایی که غلظت کم (سطح ریشه) دارد حرکت می‌کنند و این نوع حرکت در مورد کودهای غیر پویا نظیر کودهای فسفاته و کودهای ریز مغذی صدق می‌کند.

۳- تماس مستقیم (direct contact): در این نوع جذب که معمولاً حدود دو درصد از کل جذب عناصر غذایی را شامل می‌شود، ریشه گیاهان از طریق تماس مستقیم با عناصر غذایی محلول در خاک، عمل جذب را انجام می‌دهند.

خاک (Soil): خاک عبارت است از قسمت فرسایش یافته (فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) بیرون کره زمین به طوریکه گیاه قادر به رشد در آن باشد. زمان لازم برای تشکیل یک سانتی متر خاک سطحی زراعی در شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک بیش از ۱۰۰ سال می‌باشد.

خاک ورزی (Tillage): خاک ورزی بطور کلی عبارتست از ایجاد شرایطی مطلوب و پایدار در خاک که ضمن ایجاد بستری مناسب برای بذر، زمینه مطلوبی برای تکامل ساقه، ریشه و یا غده گیاه فراهم کند. خاک ورزی بطور کلی به دو دسته: خاک ورزی مرسوم یا سنتی (Conventional Tillage) و خاک ورزی حفاظتی (Conservation Tillage) تقسیم بندی شده است.

خاک ورزی سنتی (Conventional Tillage): عبارتست از انجام کلیه عملیات خاک ورزی به منظور ایجاد بستری مناسب برای بذر. این عملیات بسته به نوع گیاه، شرایط خاک، فرهنگ رایج جامعه و ادوات کشاورزی در دسترس تفاوت می‌نماید. در این نوع عملیات، سطح خاک عاری از بقایای گیاهی شده و از گاوآهن برگردان دار استفاده می‌شود.

خاک ورزی حفاظتی (Conservation Tillage): خاک ورزی حفاظتی عبارتست از انجام حداقل عملیات خاک ورزی که در آن حداقل ۳۰ درصد سطح زمین پوشیده از بقایای گیاهی باشد. این نوع خاک ورزی دارای مزایایی از قبیل کاهش وسایل مورد استفاده، صرفه اقتصادی، حفظ بقایای گیاهی و کاهش فرسایش خاک می‌باشد. خاک ورزی حفاظتی به شکل‌های مختلفی تقسیم بندی شده است که از جمله آن می‌توان به خاک ورزی حداقل (Minimum Tillage) و بی خاک ورزی (No Tillage) اشاره نمود.

خاک ورزی حداقل (Minimum Tillage): عبارتست از انجام حداقل عملیات خاک ورزی که در آن کمترین به هم خوردگی خاک انجام می‌شود. عملیات خاکورزی در این حالت کمتر از خاک ورزی سنتی بوده و وسایل مورد استفاده انرژی کمتری نسبت به حالت معمولی مصرف می‌کنند.

زرد بوگی ناشی از آهک: در اثر فراوانی آهک، PH محلول خاک و شیره آوندی بالا رفته و در نتیجه کمبود ریز مغذی‌ها به ویژه آهن، زردبگری در محصولات زراعی و باغی مشاهده می‌شود. تداوم این امر سبب کاهش کمی و کیفی تولید می‌شود.

زردبرگی ناشی از بی کربنات: در اثر فراوانی بی کربنات در خاک و آب آبیاری، PH محلول خاک و شیره آوندی بالا رفته و در نتیجه کمبود ریز مغذی‌ها به ویژه آهن، زردبرگی در محصولات زراعی و باغی مشاهده می‌شود. تداوم این امر سبب کاهش کمی و کیفی محصول می‌شود.

کود های گوگردی: گفته می‌شود نقش اصلاحی و تغذیه ای گوگرد در خاک‌های آهکی کشور، به مراتب بیشتر از کودهای فسفاته می‌باشد.

علی رغم تولید زیاد گوگرد در کشور، متأسفانه در کشاورزی به مقدار کافی مصرف نمی‌گردد. در حال حاضر انواع کودهای گوگردی در کشور توسط بخش خصوصی ساخته می‌شود که از آن جمله عبارتند از:

- **گوگرد کشاورزی (ساری کود):** این کود بصورت گرانوله و محتوی ۸۵ درصد گوگرد، ۱۵-۱۰ درصد بنتونیت (نوعی رس ریزدانه) می‌باشد.

- **گوگرد آلی گرانوله:** این کود محتوی ۴۵ درصد گوگرد، ۱۵ درصد بنتونیت و همراه با یک بسته مایه تلقیح تیوباسیلوس می‌باشد. این باکتری‌ها در جوار مواد آلی و رطوبت و در صورت مصرف صحیح به روش جایگذاری عمقی، گوگرد را به سولفات که فرم قابل استفاده در خاک می‌باشد تبدیل می‌نماید.

کود های سرک: مصرف کود ها همزمان با رشد گیاه را سرک می گویند.

سرب (Lead): سرب (Pb) یکی از آلاینده‌های خطرناکی است که سلامت انسان را به خطر می‌اندازد. سرب یکی از عناصر سنگین به شمار می‌آید. ورود سرب به زنجیره غذایی انسان زیانهای پرشماری دارد. از آن جمله می‌توان به فلجی اعصاب، نارسایی کلیه، کاهش حافظه و تولد فرزندان ناقص اشاره نمود. از عوارض عمده آن بروز انواع بیماریهاست. این آلاینده در بدن حالت تجمعی دارد. حلالیت آن در خاکهای آهکی ناچیز ولی در خاکهای اسیدی بالاست. مصرف بی رویه و کنترل نشده کودهای فسفاته و روی مخصوصا اکسید روی (ZnO) غیر خوراکی مورد استفاده در صنایع لاستیک سازی، منشأ سرب در مزارع کشاورزی گزارش شده است. غلظت مجاز سرب در خاک با توجه به استانداردهای کشورهای مختلف

حدود ۷۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک است. حد مجاز سرب (Pb) در انواع کودها بایستی کمتر از ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم و در خاکهای زراعی کمتر از دو و در محصولات کشاورزی کمتر از یک میلی گرم در کیلوگرم بر مبنای وزن خشک باشد. نظر به اینکه زدودن سرب از خاک پس از ورود آن به خاک بسیار دشوار است، لذا لازم است که از ورود آن به خاکهای کشاورزی جلوگیری گردد.

سیستم‌های کشاورزی کم نهاده: در اثر افزایش روزافزون اطلاعات عمومی جامعه، مردم به مرور علاقه بیشتری به روشهای کشاورزی پایدار و کم نهاده نشان می دهند. استفاده از کودهای آلی و حذف سموم از جمله اولین قدمهایی است که مورد استقبال مردم قرار گرفته است. کودهای بیولوژیک از جمله مهمترین و ارزانتترین نهاده‌های سیستم کشاورزی کم نهاده می‌باشند و ضمن ارزانی، ایجاد اشتغال مولد، دوستدار محیط زیست نیز می‌باشند.

وزن مخصوص ظاهری و حقیقی خاک: وزن مخصوص ظاهری یعنی یک سانتی متر مکعب خاک در حالت طبیعی و با خلل و فرج آن. وزن مخصوص حقیقی یعنی وزن یک سانتی متر مکعب ذرات جامد خاک. وزن مخصوص ظاهری با میزان خلل و فرج خاک رابطه معکوس دارد و وزن مخصوص حقیقی در یک نوع خاک همواره ثابت بوده و با تغییر میزان خلل و فرج آن تغییر پیدا نمی‌کند.

عملکرد نسبی (Relative Yield): نسبت درصد عملکرد تیمار شاهد به عملکرد تیمار کودی را عملکرد نسبی می گویند. مثلا اگر تولید گندم در قطعه بدون مصرف نیتروژن (بقیه عناصر غذایی مصرف شده است) برابر ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و عملکرد تیمار کودی (تمام عناصر من جمله نیتروژن) برابر ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گردد عملکرد نسبی شاهد در مقایسه با عملکرد قطعه تیمار کودی برابر ۶۰ درصد خواهد بود.

$$Ry = \frac{3000}{5000} \times 100 = 60\%$$

غنی سازی: غنی سازی یعنی افزایش غلظت عناصر غذایی یا ویتامینها در اندامهای خوراکی گیاهان به منظور بهبود ارزش غذایی آن ها می باشد. به دلیل جذب کم و حلالیت پایین عناصر معدنی در خاکهای آهکی، افزایش غلظت عناصر معدنی مفید برای گیاه، دام و انسان دارای اهمیت می باشد. غنی سازی در مزرعه از راهکارهای مفید برای افزایش غلظت ریز مغذی ها است. در این روش از طریق مصرف بهینه کود در مزارع، عناصر غذایی موردنیاز محصولات کشاورزی تامین و از این طریق علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت، غنی سازی نیز تحقق می یابد.

فعال کننده های زیستی: به آن دسته از موجودات خاکزی گفته می شود که تخمیر و تغییر شکل ضایعات و پسماندهای کشاورزی را سرعت می بخشند.

فشردگی خاک: خاکهای زراعی با بافت سنگین چنانچه بی رویه و نابهنگام شخم زده شوند، دارای فشردگی بیشتری می شوند (وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش پیدا می کند) و در نهایت ریشه گیاهان قادر به نفوذ در این خاکها نشده و عملکرد کاهش پیدا می کند.

قارچهای میکوریز: قارچهای میکوریزی از مهمترین میکروارگانیسمهای موجود در اغلب خاکهای تخریب نشده می باشند. بطوریکه بر طبق تخمینهای موجود حدود ۷۰ درصد از توده زنده جامعه میکروبی خاکها را میسلیوم این قارچها تشکیل می دهد و معمولاً به صورت لایه ای اطراف سیستم ریشه برخی از گیاهان از این قارچها پوشیده شده است و عناصر غذایی موجود در خاک با عبور از این لایه بوسیله سیستم ریشه ای گیاهان جذب می شوند. این حالت نشان دهنده رابطه همزیستی بوجود آمده بین ریشه گیاهان میزبان و قارچهای میکوریزی است. از آنجائیکه قارچهای میکوریزی موجب افزایش توانایی گیاه میزبان در جذب فسفر و عناصر معدنی از خاک و بخصوص از منابع غیر قابل دسترس آنها می شوند، لذا به این میکروارگانیسمهای مفید اصطلاح کود بیولوژیک (Biofertilizer) اطلاق شده و عقیده بر این است که قارچهای میکوریزی می توانند جایگزین خوبی برای قسمتی از کودهای شیمیایی مخصوصاً کودهای فسفاته در اکوسیستمهای مختلف باشند. (در تعریف اکوسیستم: یک سیستم طبیعی که موجودات زنده

(گیاهان، حیوانات، ریز جانوران) با همه عوامل و اجزای فیزیکی یک محیط غیر زنده، یک مجموعه مشخص هستند).

کارایی مصرف نیتروژن (NUE): در تعریف

کارایی کود عبارتست از میزان محصول تولیدی به ازاء هر کیلوگرم کود و واحد آن کیلوگرم در کیلوگرم می‌باشد ولی درصد بازیافت، آن مقدار درصدی از کود است (جذب کل) که در تولید بکار رفته است. کارایی مصرف نیتروژن به چند عامل از قبیل زمان، مقدار، نوع و روش مصرف کود، بارندگی و سایر متغیرهای مربوط به اقلیم بستگی دارد. تلفات کودهای نیتروژنی به روشهای مختلفی مانند تصعید، نیترات زدایی و آبشویی که باعث آلودگی آبهای زیرزمینی و زیان اقتصادی کشاورزان می‌شود. به دلیل ارزان بودن کودهای نیتروژنه و سهولت تهیه آن برای کشاورزان، مصرف آن بی رویه بوده و کودهای نیتروژنه کارایی پایینی دارند. در دنیا بازیافت برای غلات به طور متوسط ۳۳ درصد ذکر شده است که این میزان برای کشورهای در حال توسعه و پیشرفته به ترتیب ۲۹ و ۶۲ درصد می‌باشد. بازیافت مصرف نیتروژن از منبع کود اوره در ایران در شرائط مناسب حدود ۲۰ درصد گزارش گردیده است. این مقدار کم کارایی استفاده از نیتروژن نه تنها موجب هدر رفتن نیتروژن می‌گردد بلکه در دراز مدت اثرات مخربی بر محیط زیست و سلامتی انسان خواهد داشت.

کارایی مصرف آب: عبارت است از میزان ماده خشک محصول تولیدی به ازای

مصرف هر متر مکعب آب. متأسفانه در کشور ما این میزان در محصولات زراعی بسیار پایین تر بوده و می‌بایستی با اعمال مدیریت برای مصرف بهینه آب تا حد دو کیلوگرم در متر مکعب آب مصرفی، افزایش داده شود.

کلات (Chelate): کلات از یک کلمه یونانی بنام «کل» به معنی خرچنگ

گرفته شده است. مولکول‌های بزرگ آلی که عوامل کلات کننده نامیده می‌شوند و حاوی یکی از عناصر ریزمغذی مثل آهن (Fe)، روی (Zn)، منگنز (Mn) و یا حاوی کاتیونهای دو ظرفیتی مثل کلسیم یا منیزیم می‌باشند. کلاتها به عنوان حاملین عناصر میکرو، کاربرد زیادی در کشاورزی دارند. با این حال بیشتر کلاتهای مورد

استفاده دیرپا بوده و به سهولت تجزیه نمی‌شوند. کلاتهای مورد استفاده در کشاورزی بسیار دیر در محیط زیست تجزیه می‌شوند. به دلیل قدرت تجزیه پذیری بسیار پایین کلاتهای متداول و در مقابل حلالیت بسیار بالای آنها در آب، این کلاتها به آسانی وارد محیط زیست می‌شوند، به طوریکه امروزه در آبهای رودخانه‌ها و تصفیه خانه‌ها مقادیر بسیار زیادی از این کلاتها به صورت تجزیه نشده قابل مشاهده است. این خصوصیتی بسیار نامطلوب است که در دراز مدت تاثیرات بسیار زیانباری بر محیط زیست باقی می‌گذارد. از طرف دیگر به دلیل ورود به زنجیره غذایی دام و انسان برای سلامتی انسان و دام نیز بسیار خطر آفرین می‌باشند.

کربنات کل: به مجموع بی‌کربنات‌ها و کربنات‌ها، کربنات کل می‌گویند.

کربنات کلسیم معادل: این اصطلاح در برچسب کودها استفاده می‌شود و شاخصی برای بیان پتانسیل اسیدی (مقدار کربنات کلسیم لازم برای خنثی نمودن یک تن کود اسیدی) و یا بازی بودن (مقدار کربنات کلسیم معادل با یک تن از این کود) آن بکار می‌رود.

کم باروری خاک: به خاکهایی که درصد تبادل کاتیونی و مواد آلی آنها پایین بوده و تخلیه عناصر غذایی در آنها اتفاق افتاده باشد، اطلاق می‌گردد.

کشاورزی آلی یا ارگانیک: یک سیستم تولید کشاورزی است که در آن استفاده از کودهای شیمیایی، سموم، تنظیم کننده‌های رشد گیاه و افزودنی‌های خوراک دام و طیور به حداقل ممکن می‌رسد. در این سیستم تولید، برای حفظ حاصلخیزی و باروری خاک و همچنین کنترل علفهای هرز و آفات از تناوب زراعی، بقایای گیاهی، کودهای حیوانی، کودهای سبز، گیاهان بقول، کودهای بیولوژیک و مبارزه بیولوژیکی با آفات استفاده می‌شود. امروزه در کشورهای غربی فروشگاههای خاصی را برای عرضه و فروش تولیدات کشاورزی آلی دایر نموده‌اند و قیمت این نوع تولیدات حداقل دو برابر بیشتر از تولیدات معمولی (غیر آلی) کشاورزی است.

کشاورزی پایدار: تعاریف بسیاری برای کشاورزی پایدار ارائه شده است. این تعاریف از تمرکز بر روی تولید اقتصادی تا جامع نگری و دخالت دادن فرهنگ و زیست بوم از هم متفاوت اند. یک تعریف جامع نگر و در عین حال ساده از کشاورزی پایدار به این صورت بیان شده است: (کشاورزی پایدار نوعی کشاورزی است که در آن سعی بر تضمین منفعت دهی کشت و زرع و در عین حال حفظ محیط زیست می‌باشد). با گذشت زمان، طرفداران کشاورزی پایدار، شمار زیادی از محققین، کشاورزان، سیاست‌گذاران و موسسات جهانی تعریفی از کشاورزی پایدار را توسعه داده‌اند که در آن عناصر منفرد و متفاوت در یک مفهوم جامع، فراگیر، عامه پسند و عملی اجماع پیدا کرده‌اند. بنابر این تعریف کشاورزی پایدار بر چهار رکن: سازگاری با محیط زیست، دوام اقتصادی، عدالت اجتماعی و اخلاق انسانی استوار است.

کشاورزی دقیق: فن آوری اطلاعات مفهومی است که هم اکنون به موازات دیگر شاخه‌های علم، در کشاورزی با عنوان کشاورزی دقیق نمود پیدا کرده است. در کشاورزی مرسوم (سنتی)، هر مزرعه به عنوان یک واحد تلقی می‌شود و مبنای مدیریتی، شرایط و خصوصیات متوسط مزرعه قرار می‌گیرد و در نتیجه نهاده‌ها براساس همین خصوصیات تعریف می‌شوند. اما در کشاورزی دقیق با استفاده از فن آوریهای اطلاعاتی مزرعه را به واحدهای کوچکتر تقسیم کرده و سپس به تعیین خصوصیات هر واحد می‌پردازند. در نتیجه استفاده از این فن آوری، تولید کننده قادر خواهد بود نهاده‌ها را در محل و زمان دقیق بکار برد.

کشت بدون شخم (No Tillage): در این نوع عملیات خاک ورزی، هیچگونه ادوات خاک ورزی استفاده نمی‌شود و خاک از مرحله برداشت محصول اول تا کاشت محصول دوم و از کاشت تا برداشت به شکل دست نخورده باقی می‌ماند. در حقیقت در این نوع کشت بذر مستقیماً توسط کارنده‌های ویژه در خاک کاشته می‌شود و از اینرو مصرف انرژی در این حالت به کمترین مقدار ممکن رسیده و انرژی گرمایی تولید شده (گرمایش زمین) توسط ادوات کشاورزی در این حالت به کمترین مقدار ممکن می‌رسد انجام عملیات کشت بدون شخم می‌تواند در

کشاورزی پایدار بسیار مطرح باشد. هم اکنون در برزیل حدود ۲۰ میلیون هکتار از اراضی زراعی با این روش، کشت می‌گردد. با انجام این نوع کشت و نیز نسوزاندن کاه و کلش و بقایای گیاهی در مزارع، افزون بر بهبود ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک، کمک شایانی هم به جلوگیری از گرم شدن هوا (از طریق کاهش اثرات گلخانه ای) خواهد شد.

کیفیت خاک: کیفیت خاک بر ظرفیت آن در حفظ و تداوم باروری بیولوژیک، حفظ کیفیت محیط زیست برای سلامتی گیاه، انسان و حیوان دلالت دارد و بعنوان یک مفهوم منظور از آن اینست که خاک خوب چه خصوصیات دارد و انتظار ما از این خاک چیست؟ برای کیفیت خاک تعریف‌های متعددی ارائه شده است. در یک روش برای توصیف آن، فرایندهای نامطلوب و شرایط خاک نظیر: فرسایش، کاهش مواد آلی، زهکشی ضعیف، فشردگی، pH نامتعادل و فعالیت بیولوژیک پایین بررسی می‌شوند. در تعریف دیگری کیفیت خاک به سه جزء اساسی تقسیم بندی شده و اثرات خاک در این سه جزء که شامل حاصلخیزی، کیفیت زیست محیطی و سلامت گیاه، حیوان و انسان هستند، ارزیابی می‌شوند. برداشت مردم از کیفیت خاک بسته به فعالیت آنها متفاوت است. بعنوان مثال از نظر کشاورزان خاک با کیفیت: زمین حاصلخیز، حفظ و بهبود توان تولید، افزایش سود و حفظ منابع خاک برای نسل آینده است. کارشناسان محیط زیست تعریف شان از کیفیت خاک: عمل به وظایف خاک در محدوده ظرفیت خود در یک اکوسیستم و بهبود تنوع زیستی، کیفیت آب، چرخه عناصر و تولید بیوماس می‌باشد (زیست توده Biomass به بقایا و مواد مشتق شده از موجودات زنده اطلاق می‌شود). انجمن علوم خاک امریکا کیفیت خاک را به این صورت تعریف نموده است:

کیفیت خاک: عبارت است از ظرفیت و استعداد یک نوع خاک بخصوص که نقش خود را در محدوده‌های اکوسیستم طبیعی یا مدیریت شده انجام دهد، بهره گیری گیاه و حیوان را بطور پایدار تامین کند، کیفیت آب و هوا را ثابت نگهداشته و یا افزایش دهد، و سلامت انسان و محیط زندگی او را تامین نماید.

ورمی کمپوست: کمپوست حاصل یک فرایند نیمه هوازی است (حدود ۸۰٪ رطوبت) که توسط گونه ای خاص از کرم ها، قارچها، باکتریها تماماً انجام می پذیرد. کمپوست مواد حاصل از رشد کرم بوده که پس از دفع شدن از سیستم گوارش کرم در محیط باقی می ماند، لذا این ماده مجموعه ای از فضولات کرم به همراه مواد آلی تجزیه شده و نیز اجساد کرمها بوده که برای گیاه ارزش غذایی فراوانی دارد. مواد دفع شده توسط کرمها، اغلب دارای ازت، فسفر، پتاسیم به میزان ۵-۱۱ مرتبه بیشتر از خاکهای بدون کرم می باشد. در اثر عبور مواد آلی از دستکاه گوارش کرم خاکی، میزان عناصر قابل استفاده گیاه از جمله عناصر میکرو (ریز مغذی) افزایش چشمگیری می یابد. در طبیعت ۵۰۰-۱۰۰۰ سال طول می کشد تا ۲/۵ سانتی متر هوموس در سطح خاک تشکیل شود ولی کرمها این مدت را به ۵ سال تقلیل می دهند.

کود مرکب: به کودهایی که بیش از دو نوع عنصر غذایی داشته باشند، اطلاق می گردد.

کود اسیدی: کودی نظیر سولفات آمونیوم که اگر به محیط کاشت گیاه داده شود، pH ریزوسفر را کاهش می دهد. اسیدیته شدن به خاطر وجود یون آمونیوم می باشد.

کودهای کندرها (Slow Release Fertilizers): کودهای کندرها به کودهایی گفته می شود که آزادسازی ماده غذایی در این کودها به تدریج انجام می گیرد. آزاد شدن کود ممکن است هفته ها یا ماهها طول بکشد نمونه شاخص این نوع کودها اوره با پوشش گوگردی است که در اینها موضوع درصد نیتروژنی که در طول یک هفته در داخل آب آزاد می شود، مطرح می باشد این نسبت معمولاً بین ۱۰ الی ۳۰ درصد می باشد. هر چه این نسبت پائین تر باشد، برای مصرف در شالیزارها توصیه شده است.

کلروز یا زرد رنگی (Chlorosis): در این حالت برگها سبز کم رنگ مایل به زرد هستند. این اصطلاح معمولاً در مورد برگهایی که کمبود آهن دارند بکار می رود.

مایه تلقیح‌های ازتوباکتین یا ازتوباکتر: مایه تلقیح‌های ازتوباکتین یا ازتوباکتر حاوی تعدادی از باکتری‌های مفید و بسیار کارآ بوده و به صورت پودری در بسته‌های یک کیلو گرمی با جمعیت 10^7 از هر یک از باکتری‌ها، تولید و ارائه می‌گردد. این باکتری‌های مفید که از مشهورترین انواع باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند؛ با استفاده از مکانیسم‌های مختلفی چون تثبیت بیولوژیک ازت، تولید هورمون اکسین و توسعه سیستم ریشه ای گیاه، قادر به افزایش عملکرد گیاهان باغی و زراعی بالاخص گندم می‌باشند. این باکتریها از طریق ترشح انواع آنتی بیوتیک‌ها، سیانید هیدروژن (HCN کنترل کننده بیماری‌ها)، سیدروفور (تأمین کننده آهن)، از تهاجم بسیاری از عوامل بیماری‌زا به ریشه نیز جلوگیری می‌نمایند. این ریز جانداران مفید قادرند با استفاده از مکانیسم‌های مذکور تا بیست درصد افزایش عملکرد را باعث گردند. این مایه تلقیح علاوه بر گندم برای سایر گیاهان زراعی و باغی مخصوصا در پرورش نهالهای درختان میوه قابل مصرف می‌باشد و به علت آنکه این مایه تلقیح سبب افشان شدن و افزایش سطح ریشه گیاهان می‌گردد در گیاهان مختلف زراعی و باغی افزایش عملکرد قابل توجهی را باعث می‌گردد.

نحوه مصرف: ابتدا کل بذر مصرفی را در داخل یک محفظه گردان بریزید. آنگاه با استفاده از آب (تقریباً یک لیتر برای کل بذر مصرفی در هکتار) سطح بذر را مرطوب نمایید. پس از آن همزمان با چرخاندن محفظه مایه تلقیح ازتوباکتین یا ازتوباکتر را نیز به آن اضافه نمایید. این کار را به مدت ۵ دقیقه تکرار کنید تا مایه تلقیح به خوبی سطح بذر را پوشش دهد. بهتر است برای چسباندن مایه تلقیح به بذر به جای آب، از محلول ۵ درصد سریش، صمغ عربی و یا محلول ۲۰ درصد شکر استفاده نمایید. پس از آن به مدت ده دقیقه بذر را در سایه روی یک سطح تمیز پهن کرده و در معرض هوا خشک نمایید. حال بذور آماده کاشت می‌باشند. در صورت نداشتن محفظه گردان می‌توانید با استفاده از کیسه‌های خیاری این عملیات را با مقدار کمتر بذر و دفعات بیشتر انجام دهید. مقدار مصرف مایه تلقیح ازتوباکتین یا ازتوباکتر برای بذر گندم یک کیلوگرم به ازای هر صد کیلوگرم بذر می‌باشد (حداکثر ۳ کیلوگرم در هکتار).

چند نکته درباره مصرف مایه تلقیح:

- ۱- از پوشش مایه تلقیح بر روی بذر مطمئن باشید
- ۲- در جای خشک و خنک (۱۰-۴ درجه سانتیگراد) نگهداری کنید.
- ۳- از حرارت دادن یا قرار دادن مایع تلقیح در معرض خورشید خودداری شود.
- ۴- عمر مفید مایه تلقیح از توباکتین یا از توباکتر از تاریخ تولید حداکثر ۶ ماه است.

مواد آلی: موادی هستند که از کربن تشکیل یافته‌اند و کودهای آلی به آنهایی اطلاق می‌گردد که از فضولات حیوانی یا بقایای گیاهی تهیه شده باشند.

مواد جامد محلول: به کل مواد حل شده (غیرفرار) در یک محلول، گفته می‌شود. و برای اکثر آبها، به مقدار کل نمکهای موجود در آنها اطلاق می‌شود که با واحد میلی گرم در لیتر بیان می‌شود.

مواد معدنی: موادی هستند که پایه کربنی ندارند. وقتی اصطلاح مواد معدنی در کودها استفاده می‌شود که دارای اشکال معدنی مثل پتاسیم، نیترات و سوپرفسفات باشند و وقتی برای محیط کشت استفاده می‌شود که حاوی مواد معدنی فرآیند شده می‌باشند.

محلول پاشی یا تغذیه برگ: مصرف عناصر غذایی به صورت محلول از طریق برگ گیاهان را تغذیه برگ می‌گویند. محلول پاشی برگ یا تغذیه برگ یکی از روشهای سریع در عکس العمل گیاه به کود می‌باشد. به دلیل جذب پائین عناصر در خاکهای آهکی ایران با pH بالا و کاهش فعالیت ریشه‌ها در طول مرحله زایشی و محصول دهی، تغذیه برگ مفید خواهد بود. تجارب گذشته نشان می‌دهد محلول پاشی اگر به نحو صحیح و به موقع انجام شود، باعث افزایش کمی و کیفی محصولات مختلف کشاورزی می‌گردد.

محدوده کفایت: محدوده کفایت، مقدار عناصر غذایی در بافتهای گیاهی که موجب رشد مطلوب گیاه می‌شود. محدوده نرمال، اپتیمم و بهینه نیز گفته می‌شود.

مصرف خاکی: یعنی مصرف مستقیم کودها در خاکهای زراعی که معمولاً قبل از کاشت انجام می‌گیرد. منتها برای افزایش کارایی آنها لازم است در محصولات زراعی کود زیر بذر و به روش جایگذاری عمقی قرار داده شود.

مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه: امروزه توجه ویژه‌ای به ساماندهی تلفیقی تغذیه گیاه معطوف گردیده است که در آن استفاده توأم از منابع آلی و بیولوژیک به همراه کاربرد بهینه کودهای شیمیایی، مورد نظر بوده و منجر به بهبود و حفظ حاصل خیزی، ساختمان، فعالیتهای بیولوژیک، ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت نگهداری رطوبت خاک می‌گردد. تغییرات کمی میزان مواد آلی خاک از ماده خام تا هوموس، فرایندی است که تابع عوامل بسیاری از جمله خصوصیات خاک، روش کشت، عملیات خاکورزی، مدیریت بقایای گیاهی، مصرف کودهای شیمیایی و غیره می‌باشد. به عبارت دیگر مجموعه شرایطی باید فراهم نمود تا این فرایند کامل تر شده و ماده آلی بتواند نقش خود را در ارتقاء حاصلخیزی خاک ایفا نماید. اضافه نمودن کودهای دامی می‌تواند مقدار مواد آلی خاک را به میزان قابل توجهی افزایش دهد. تجمع مواد آلی خاک با افزایش مکرر کودهای دامی اثرات سودمندی را بر بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش اندوخته عناصر غذایی، بر جای می‌گذارد.

مویانها: موادی که به منظور کاهش کشش سطحی آب و یا حلال، برای تأثیرگذاری بیشتر کود یا سم، در محلولپاشی گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورت عدم دسترسی به این مواد، از صابون مایع با غلظت یک در هزار می‌توان استفاده نمود..

نمک: به گروهی از مواد محلول در آب گفته می‌شود که وقتی در آب حل شوند به کاتیونها و آنیونها یونیزه می‌شوند. نمک‌ها معمولاً از اثر اسیدها بر بازها حاصل می‌شوند.

نمکهای محلول: به نمکی‌هایی که در آب حل شوند، گفته می‌شود. اکثر کودهای شیمیایی حاوی آمونیوم، نترات، پتاسیم، سولفات و فسفات نمکهای محلول در آب هستند.

نکروز یا بافت مردگی (Necrosis): نقاط و یا قسمت های قهوه ای خشک شده روی اندامهای گیاهی (برگ ها) که معمولاً نشانگر علائم کمبود عناصر غذایی در گیاه می باشد.

هیدروپونیک یا آبکشت (hydroponics): کاشت گیاهان با قرار دادن ریشه آنها در محیط غذایی مایع

هوموس (Humus): در تعریف اولیه هوموس به مواد آلی تجزیه شده گفته می شد. بعدها هوموس به موادی اطلاق گردید که از لحاظ ساختمان بی شکل و کلونیدی بوده و حد نهائی تجزیه و تخریب مواد آلی می باشد. خصوصیات شیمیایی ترکیبات هوموسی مواد آلی مختلف شامل دو نوع اسید آلی مهم به نام های اسید هومیک و اسید فولویک می باشند. اسید هومیک با ملکول های بزرگتر سبب تشکیل کمپلکس پایدار و نامحلول (کندرها) با فلزات میکرو (ریز مغذی) می گردد. اسید فولویک نیز با ملکول های کوچکتر سبب تشکیل کمپلکس های محلول با عناصر میکرو می شود. مجموع این دو اسید می توانند میزان فراهمی عناصر غذایی به ویژه ریزمغذیها را برای گیاه در کوتاه مدت و بلند مدت افزایش دهند. ترکیبات هوموس با داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا که از یونیزه شدن گروه های عامل موجود در سطح آن ناشی می شود، قادرند از طرق مختلف شیمیایی و یا با ایجاد پل کاتیونی، ذرات خاک را به هم پیوند داده و سبب تشکیل خاکدانه های پایدار شود.

هورمونهای گیاهی (Plant Hormons): هورمون های گیاهی به مواد آلی گفته می شود که در غلظت های بسیار کم قادر به کنترل فرآیندهای فیزیولوژیکی می باشند. PGPRها از طریق افزایش حلالیت عناصر معدنی به ویژه فسفر قادرند جذب مواد غذایی را توسط گیاه افزایش دهند PGPRها بطور غیر مستقیم نیز با توسعه سیستم ریشه به جذب عناصر معدنی کمک می کنند.

یون (Ion): هر اتم یا مولکولی که به خاطر از دست دادن الکترون باردار شده باشد به عنوان کاتیون (بار مثبت) شناخته می شود و اگر الکترون کسب نماید به عنوان آنیون (بار منفی) شناخته می شود.

رابطه بین درصد کربن آلی با درصد مواد آلی خاک: نظر به اینکه به طور تقریب، ۵۸ درصد مواد آلی خاکهای سطحی از کربن تشکیل یافته است، بنابراین برای تبدیل درصد کربن آلی به درصد مواد آلی، کافی است درصد کربن آلی در عدد ($100/58 = 1/72$) ضرب گردد.

منابع :

- ۱- روش های نوین تأمین به موقع عناصر غذایی در گیاهان
دکتر محمد جعفر ملکوتی، دکتر میر جلال طباطبائی، دکتر محسن کافی
- ۲- نگرش بر حاصلخیزی خاک های ایران (شناسایی و بهره‌برداری)
دکتر جعفر ملکوتی، دکتر پیمان کشاورز
- ۳- روابط آب خاک و گیاه
دکتر امین علیزاده
- ۴- مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زارعی
دکتر عوض کوچکی، دکتر محمد حسن راشد محصل، مهدی نصیری، رضا صدر آبادی
- ۵- فنآوری های نوین پنبه در قرن ۲۱
موسسه تحقیقات پنبه کشور
- ۶- فرهنگ کشاورزی و منابع طبیعی
دکتر مسعود هاشمی
- ۷- دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه برنج (گندم)
دکتر کاظم خاوازی
- ۸- پنبه: عوامل خسارت زای مهم و استحصالات اصلی (بخش اول)
دکتر مرتضی عرب سلمانی - دکتر علی نادری عارفی
- ۹- مدیریت ماده آلی خاک
دکتر کامران میرزا شاهی، دکتر کامبیز بازرگان