



دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی خاک

خاکشناسی عمومی

تهیه و تنظیم

قابلیت دسترسی عناصر غذایی در خاک (Nutrient availability):

چندین فاکتور در قابلیت دسترسی عناصر غذایی از خاک تاثیر دارند که شامل:

- ۱- ذخیره عناصر غذایی در خاک، که این به مواد مادری بستگی دارد و شدت کشت و کار و خروج عناصر غذایی از خاک
- ۲- واکنش خاک: که در آزاد سازی عناصر از بخش جامد خاک موثر است
- ۳- فعالیت میکروبها در خاک: مثل باکتریهای تثبیت کننده نیتروژن، قارچهای مایکوریز که در قابلیت جذب فسفر از خاک موثرند.
- ۴- اضافه کردن کودهای معدنی و آلی، کود سبز و دیگر کودهای آلی
- ۵- درجه حرارت خاک، رطوبت و تهویه در خاک

مصرف کود یا برآورد نیاز غذایی گیاه در طول رشد:

- آنالیز خاک (Soil analysis): برآورد نیازهای اصلی گیاه در طول رشد به عناصر غذایی اصلی (N:P:K) بایستی قبل از کشت صورت گیرد و مقدار ماده غذایی پتانسیل در خاک برآورد و مقداری که از طریق کود بایستی به خاک اضافه شود تعیین گردد. مقدار نیاز برابر مقدار برداشت گیاه از زمین یا اصطلاحاً (uptake) خواهد بود.

کود مصرفی = پتانسیل - Uptake

آنالیز گیاه (Plant analysis): سطح عناصر غذایی در بافت (غلظت عنصر) برای هر گیاه در طول رشد مشخص است با نمونه برداری از گیاه و آنالیز آن پی به مقدار عنصر در بافت برده و از روی آن می توان کمبود و یا عدم کمبود آنرا مشخص نمود. آزمایش بافت (Tissue teste): کنترل سطح عناصر غذایی در طول رشد در درون مزرعه را می توان با استفاده از مواد شیمیایی واکنش گر با عصاره گیاهی و تشکیل رنگهای مشخص انجام داده و یا توسط کلروفیل متر میزان رنگدانه کلروفیل ایجاد شده در درون بافت را اندازه گیری و از روی آن به چگونگی متابولیک گیاه پی برد. کمبود عناصر غذایی در خاک (Deficiency) موجب ایجاد علائم کمبود (Symptoms) در گیاه شده و می بایست قبل از ایجاد این علائم در گیاه و کاهش محصول ابتدا قبل از کشت با آنالیز خاک سطح حاصلخیزی خاک برای کشت گیاه مربوطه تعیین شود و مقدار احتیاج کشت مربوطه به کود تامین گردد.

حرکت یونها از خاک به ریشه:

جذب عناصر غذایی توسط ریشه (Absorbtion) به چند طریق صورت می گیرد.

۱- Mass flow

۲- Diffusion

۳- Root interception

۱- نفوذ ریشه: با افزایش نفوذ ریشه و تماس بیشتر ریشه با خاک میزان جذب عناصر غذایی افزایش می یابد، استفاده از قارچهای مایکوریز میزان تماس ریشه با خاک را افزایش داده و موجب جذب بیشتر عناصر غذایی در خاک می شود.

۲- حرکت توده ای: در اثر حرکت آب از خاک به طرف ریشه بر اثر مکش تعرق، بیشتر عناصر غذایی محلول از این طریق وارد سیستم ریشه ای می شوند و مهمترین نقش را در جذب عناصر غذایی بازی می کند و کاهش درجه حرارت محیط و کاهش تبخیر و تعرق از سطح گیاه موجب کاهش جذب عناصر غذایی از خاک می شود.

۳- انتشار: در این پدیده با جذب عناصر غذایی از سطح ریشه غلظت عناصر در سطح ریشه کاهش یافته و شیب غلظت موجب حرکت عناصر به سطح ریشه می گردد، بیشتر P,K از این طریق جذب گیاه می گردند.

این سه روش اغلب با مشارکت هم شرایط تامین جذب عناصر غذایی را برای ریشه‌ها فراهم می‌سازند. به عبارت دیگر، اغلب به دنبال جذب مستقیم عنصری توسط ریشه (روش سوم) یعنی کم شدن غلظت این عنصر در مجاورت سطح ریشه، پخشیدگی آن (روش دوم) از غلظت بیشتر به سمت غلظت کمتر (به سمت ریشه) حرکت می‌کند. در حالی که در خصوص عنصری که به قدر کافی در محلول خاک وجود دارد (مانند کلسیم) اغلب روش اول یعنی انتقال توده‌ای از طریق فاز مایع به تنهایی قسمت اعظم کار غذا رسانی را بر عهده می‌گیرد و عنصر محلول را در دسترس ریشه قرار می‌دهد. به طور کلی، می‌توان گفت که کلسیم و گوگرد بیشتر از راه روش انتقال توده‌ای، فسفر بیشتر از طریق نفوذ یا پخشیدگی در دسترس ریشه قرار می‌گیرند، در حالی که در خصوص ازت پتاسیم و منیزیم بنابر میزان غلظت آنها روش اول و دوم در درجه اول اهمیت قرار می‌گیرند.

جدول: اهمیت نسبی روش‌های در دسترس قرار دهنده عناصر غذایی برای گیاه ذرت

عناصر غذایی	درصد انتقال توده‌یی (مکانیزم اول)	درصد پخشیدگی (مکانیزم دوم)	درصد در معرض جذب ریشه (مکانیزم سوم)
ازت	۹۸/۸	۰	۱/۲
فسفر	۶/۳	۹۰/۹	۲/۸
پتاسیم	۲۰	۷۷/۷	۲/۳
کلسیم	۷۱/۴	۰	۲۸/۶
گوگرد	۹۵	۰	۵
مولیبدن	۹۵/۲	۰	۴/۸

کودها

ضرورت مصرف کود:

گیاه عنصر مورد نیاز خود را به صورت یون و محلول جذب و به کمک فتوسنتز قسمت اعظم آنها را به ترکیبات آلی تبدیل می‌کند. ترکیب‌های حاصله از طریق اندام‌های مرده گیاهان مجدداً به خاک بر می‌گردند و به کمک ریزجانداران بار دیگر به مواد معدنی قابل استفاده گیاه تبدیل می‌شوند. این چرخه در خاک زنده همواره وجود دارد و بقایای حیات گیاهان طبیعی را تضمین می‌کند. وقتی خاک مدام تحت کشت قرار می‌گیرد و به ویژه وقتی که حداکثر بهره‌برداری از سطوح محدود و به صورت زراعت فشرده صورت می‌پذیرد وضعیت حاصلخیزی خاک و ارزیابی بیلان عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان باید مورد توجه قرار گیرد. پس از هر دوره کشت مقدار قابل توجهی از عناصر غذایی بصورت میوه یا سایر اندام‌های گیاه برداشت شده، از خاک خارج می‌گردد.

کودهای آلی:

به طور کلی می‌توان گفت که یک کود دامی خوب عمل آمده محتوی ۱۰٪ هوموس است، به طوری که با دادن ۳۰ تن کود دامی مرغوب به یک هکتار خاک زراعی، ۳ تن هوموس فعال به خاک افزوده می‌شود. بنابر این، درصد عناصر اصلی موجود در هوموس را می‌توان معادل هزار کیلوگرم کود دامی دانست. در یک تن کود دامی خوب عمل آمده، ۴ کیلوگرم N، ۳ کیلوگرم P_2O_5 ، ۵/۵ کیلوگرم K_2O ، ۷ کیلوگرم CaO، ۲ کیلوگرم MgO و ۰/۵ کیلوگرم گوگرد وجود دارد.

چگونگی مصرف کود دامی:

فاصله زمانی بین کودپاشی و کاشت به عوامل مختلف از قبیل درجه رسیدگی کود، وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک، شرایط اقلیمی و نوع کشت و کار ارتباط دارد. به طور کلی بهترین هنگام مصرف کود دامی معمولی در مناطق معتدله در فصل پاییز یا اوائل زمستان قبل از شروع یخبندان است. به طوری که تا قبل از کاشت، زمان لازم برای تجزیه و هموسی شدن (Humification) در اختیار باشد. در صورت استفاده از کود دامی کاملاً رسیده و فراهم بودن شرایط تجزیه و تخریب سریع، کود پاشی را می‌توان بلافاصله قبل از کشت و حتی در طول رشد گیاه انجام داد. این هنگام کود پاشی برای گیاهان وجینی مانند چغندر، سیب زمینی و ذرت مجاز است. ولی در زراعت غلات، بهتر است کود پاشی حتماً مدتی قبل از هنگام کاشت صورت گیرد، زیرا از یک طرف غلات خاک فشرده‌تر از بستر حاصله از پخش کود دامی را می‌طلبند و از سوی دیگر، کود دامی به همراه خود تخم علف هرز به مزرعه می‌آورد و در طول رشد زراعت غلات وجین یا کندن علف‌های هرز انجام نمی‌پذیرد. به منظور حفظ حاصلخیزی خاک مصرف کود دامی همه ساله در زمین زراعی توصیه می‌شود. سالانه ۳۰ تن کود دامی در هکتار مقدار مناسبی برای برقراری شرایط فیزیکی شیمیایی مطلوب در خاک‌های زراعی است.

کمپوست یا کود آلی مصنوعی:

با توجه کمبود تولید کود دامی برای کل زمینهای کشاورزی یکی از راههای جبران این نقص، تهیه کمپوست یا کود دامی مصنوعی است. این کود از تجزیه و تخریب بقایای آلی بدست می آید. این بقایا از باقی مانده مواد آلی مصرفی شهرها و همچنین از ضایعات مواد مصرفی و بقایای گیاهان محلی مانند شاخ و برگ، پوست شلتوک کارخانه های برنج کوبی، خاک اره مراکز چوب بری و حتی پوشاک مستعمل و غیره تامین می شود. کمپوست در صورتی که خوب تهیه شده باشد، می تواند با بسیاری از کود- های دامی رقابت کند و از نظر ارزش غذایی عناصر درجه یک به ویژه ازت در سطحی بالاتر از کود دامی قرار گیرد. کمپوست در صورتی که با رعایت اصول صحیح تهیه شده باشد محتوی ۵/۳٪ ازت، ۱٪ اسید فسفریک و ۲-۱٪ پتاس است. به طوری که یک تن کمپوست همانند کود دامی ۱۰۰ کیلوگرم هوموس در اختیار خاک می گذارد.

در تهیه کمپوست به منظور تسریع در تجزیه و تخریب بقایای آلی باید دو نکته مهم را در نظر داشت:

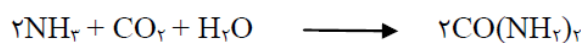
- ۱- به دلیل فقدان ازت در ضایعات آلی افزایش نیتروژن برای پایین آوردن نسبت C/N در آنها ضروری است.
- ۲- اجتماع و فعالیت ریزجانداران در ابتدای تجزیه و تخریب بقایای آلی به مراتب کمتر از کود دامی است به همین دلیل اضافه کردن یک تا چند سطل کود دامی در حال تخمیر برای تقویت این فعالیت توصیه می شود.

کودهای شیمیایی

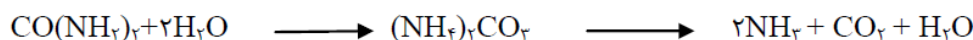
کودهای شیمیایی از ته:

نیتروژن هوا مهم ترین منبع ازت کودهای شیمیایی از ته به شمار می رود. نیتروژن در مخزنی تحت فشار زیاد و دمای بالا و در مجاورت کاتالیزورهایی مانند براده آهن به NH_3 یا آمونیاک تبدیل می شود. در این ترکیب هیدروژن معمولاً از گاز طبیعی متان تامین می شود. آمونیاک حاصله با ۸۲٪ ازت برای تولید کودهای از ته دیگر مورد استفاده قرار می گیرد.

اوره (Urea): از ترکیب NH_3 و آب و CO_2 بدست می آید:



اوره به آسانی در آب حل می شود، ۱۰۰ گرم اوره در ۱۰۰ گرم آب با دمای ۲۰ درجه سانتی گراد حل می شود. تا سه روز پس از ورود به خاک بسته به دمای آن با آب ترکیب و به کربنات آمونیم که نمکی ناپایدار است، تبدیل می شود. از ترکیب کربنات آمونیم و آب، آمونیاک و گاز کربنیک بدست می آید.

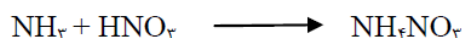


بدیهی است که آمونیم موجود در کربنات آمونیم مورد استفاده گیاه قرار گرفته و یا به کمک موجودات ذره بینی خاک به نیترات اکسید می شوند و یا بوسیله رس ها تثبیت می گردد. نسبت ترکیب اوره با آب و تبدیل آن به آمونیم بستگی کامل به حضور آنزیم اوره آز دارد؛ هر چه pH خاک بیشتر و درصد مواد آلی آن کمتر باشد، فعالیت نسبی آنزیم اوره آز کمتر خواهد بود. فعالیت نسبی آنزیم اوره آز در خاک های آهکی و شور کم می باشد.

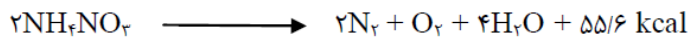
اوره با پوشش گوگردی (Sulfur Coated Urea (SCU):

جهت کند کردن تبدیل نیتروژن آلی به نیتروژن معدنی و کاهش سرعت دگرگونی آمونیم به نیترات استفاده از کودهای کندرها یا اوره با پوشش گوگردی توصیه می شود. این کود داری ۳۶ درصد نیتروژن و ۱۰ درصد گوگرد می باشد. اگر این کود در داخل آب به مدت یک هفته نگهداری شود پس از یک هفته نبایستی بیش از ۱۵ درصد نیتروژن این کود آزاد گردد (Seven days dissolution rate) کاربرد مواد مومی و میکروپ کش جهت پوشاندن درزها و سوراخ های موجود در پوشش گوگردی مطلوب و الزامی است. از آنجا که پیدایش شکاف ها و درزها در کود تدریجاً انجام می گیرد لذا نیتروژن موجود در داخل پوشش گوگردی به آهستگی آزاد می شود و بدین ترتیب نیتروژن برای مدتی طولانی تر در اختیار گیاه قرار می گیرد.

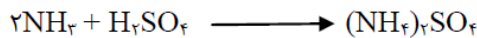
نیترات آمونیم (NH_4NO_3): به عنوان یک منبع کودی در سطحی وسیعتر از سولفات آمونیم استفاده می شود. این کود از طریق خنثی سازی اسید نیتریک بوسیله آمونیاک بدست می آید:



نیترات آمونیم دانه‌ای شکل و محتوی ۳۳٪ نیتروژن می‌باشد و معمولاً نصف این مقدار به شکل آمونیم و نصف دیگر بصورت نیترات است. این نمک در آب بسیار محلول بوده و شکل خالص آن شدیداً آبدوست می‌باشد. اگر رطوبت نسبی هوا در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد تنها ۶۰ درصد باشد این کود آب جذب می‌کند. جاذبه‌الرطوبه بودن، حلالیت زیاد در آب و تغییرات دما از عواملی هستند که سبب کلوخه شدن نیترات آمونیم می‌گردند که این خود مصرف آنرا با دشواری مواجه می‌سازد. خطر دیگر نیترات آمونیم احتمال انفجار آن است. هرگاه این کود در کنار مواد نفتی با درجه حرارت بالا گذاشته شود و تعدادی از کیسه‌های نیترات آمونیم روی هم در انبار گرم گردند نیترات آمونیم تجزیه گشته و طبق واکنش زیر حرارت تولید می‌کند. گرمای حاصله سبب انفجار نیترات آمونیم می‌گردد.



سولفات آمونیم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: کودی است اسیدزا که دارای ۲۰-۲۱٪ درصد نیتروژن و ۲۴ درصد گوگرد می‌باشد. این کود از ترکیبات آمونیاک و اسیدسولفوریک بدست می‌آید:



سولفات آمونیم یکی از محصولات فرعی صنایع کک‌سازی نیز می‌باشد. مصرف این کود برای خاک‌های آهکی و نیمه‌خشک بسیار مفید است زیرا گوگرد مورد نیاز محصولات کشاورزی را تامین می‌کند. از آنجا که نیتروژن آن به شکل آمونیم است بصورت تبدیلی به رس‌ها متصل گردیده و کمتر از دیگر کودهای نیتروژنه از خاک شسته می‌شود. این کود عمدتاً به شکل دانه‌های درشت با خاصیت جذب آب کم می‌باشد، لذا در طول مدت زمان نگهداری، حمل و مصرف از خواص فیزیکی خوبی برخوردار می‌باشد. عیب عمده این کود پایین بودن درصد مواد غذایی آن است.

نیترات پتاسیم (KNO_3) : به عنوان کود با دو منبع عنصری (عمدتاً پتاسیم) استفاده می‌شود. این کود محتوی ۱۴٪ نیتروژن و ۳۹٪ پتاسیم می‌باشد و در گلکاری‌ها و سبزی کاری‌ها مصرف آن توصیه می‌شود.

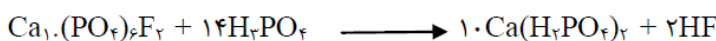
کودهای فسفره:

کودهای فسفره از منشاء سنگ فسفات (آپاتیت) بدست می‌آیند که فرمول کلی آن $M_3(\text{PO}_4)_2X_2$ می‌باشد که حدود ۱۴٪ فسفر دارد. معمولاً کاتیون (M) کلسیم بوده و آنیون (X) فلوئور است. آنیون همچنین می‌تواند OH یا CO_3 باشد و بر این اساس فلوروآپاتیت، کلرو آپاتیت، هیدروکسی آپاتیت و کربنات آپاتیت در طبیعت وجود دارد. سوپرفسفات غنی شده (ESP): بوسیله تیمار سنگ فسفات با مخلوطی از فسفریک اسید و سولفوریک اسید تولید می‌شود. دارای (۱۱-۱۳) درصد فسفر، ۲۵-۳۰ درصد (P_2O_5) می‌باشد. تمام فسفر آن قابل جذب توسط گیاه است. سوپرفسفات غنی شده مخلوطی از مونوکلسیم فسفات و سولفات کلسیم می‌باشد. آشکار است که ESP دارای گوگرد هم می‌باشد.



سوپر فسفات تریپل:

برای تهیه سوپر فسفات تریپل ابتدا اسیدسولفوریک به مقدار زیاد روی سنگ فسفات می‌ریزند و برای از بین بردن گچ بر روی آن اسید فسفریک ریخته تا در آن گچ مشاهده نشود.



آمونیم فسفات‌ها:

آمونیم فسفات‌ها با واکنش دادن آمونیاک با اسیدفسفریک یا مخلوطی از اسیدفسفریک و اسیدسولفوریک تولید می‌شود. کاملاً در آب حل پذیرند و بدلیل آمونیاک کمی که دارند در نهایت اثر اسیدی بر خاکها دارند، مثل مونوآمونیم فسفات $(\text{MAP})\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ و دی‌آمونیم فسفات $(\text{DAP})(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$.

کودهای پتاسیمی:

نمک‌های پتاسمی از آب نمک استخراج می‌گردند و همیشه با کلرور سدیم همراه بوده و فرایند جداسازی عمدتاً بر مبنای اختلاف در حلالیت یا تفاوت در جرم ویژه نمک‌ها استوار بوده است.

پتاسیم کلراید (کلرور پتاسیم): دارای ۵۰-۵۳٪ پتاس و ۶۰-۶۳٪ K_2O و حلالیت آن در آب ۳۵٪ است و ۹۲٪ کودهای پتاسمی مصرفی را تشکیل می‌دهد. لیکن در برخی شرایط حضور یون کلر مطلوب نمی‌باشد. مثلاً در سیب زمینی کلر اضافی در انتقال نشاسته در گیاه وقفه ایجاد کرده و بدین سبب تولید کاهش می‌یابد. همچنین کیفیت سوخت برگ‌های توتون کاهش یافته و در صورت استفاده از کلرورپتاسیم، عملکرد الیاف در کنف کاهش می‌یابد. برخی از مشاهدات گویای این است که کلر اضافی، سبب کاهش قند انگور در تاجکستان‌ها می‌گردد.

سولفات پتاسیم:

این کود از ترکیب اسیدسولفوریک با کلرورپتاسیم به دست می‌آید، با این توصیف، مقداری کلر به عنوان ناخالصی در ترکیب این کود وجود دارد. این کود علاوه بر $(K_2O=50\%)$ دارای $(SO_4=45\%)$ است که به عنوان امتیازی برای مصرف این کود در خاکهای نسبتاً شور (با درصد بالای کلر) و کشت گیاهان حساس به کلر به شمار می‌آید.

مقدار ماده مؤثر کودهای شیمیایی در خاک:

روی بسته هر کود می‌بایستی مقدار عناصر غذایی برحسب درصد آنها، نیتروژن بر حسب N، فسفر قابل جذب بر حسب P_2O_5 و پتاسیم محلول بر حسب اکسید پتاسیم نوشته شده و با محتویات آن تطبیق کند. نوشتن و بیان کردن مقدار فسفر و پتاسیم بصورت اکسید آنها از نظر علمی صحیح نیست و از نظر مصرف کننده نیز گیج کننده است، امروزه در نوشته‌های علمی مقدار این عناصر را بصورت عنصری یعنی N-P-K نمایش می‌دهند. برای تبدیل پنتاکسید فسفر به فسفر و همچنین اکسیدپتاسیم به پتاسیم از معادلات زیر استفاده می‌شود.

$$P \times 2/29 = P_2O_5$$

$$K \times 1/20 = K_2O$$

$$P_2O_5 \times 0/44 = P$$

$$K_2O \times 0/83 = K$$

برنامه کوددهی:

بطور کلی مقدار مواد غذایی مورد نیاز گیاه در کل توسط نمونه‌گیری از خاک و تعیین غلظت عناصر غذایی ذخیره در خاک تعیین می‌شود. خصوصیات خاک مانند شوری، پهاش، بافت خاک، رقم و نوع محصول و میزان عملکرد و در نهایت مدیریت مزرعه مقدار و نوع و چگونگی کود مصرفی را تعیین می‌نماید.

فاکتور کارائی کود:

کود به واسطه عمل شستشو مواد غذایی آن توسط آب آبیاری معمولاً صد در صد کارائی ندارد. پدیده‌هایی مانند تخلیه و شستشو، تصعید و تثبیت باعث غیرقابل دسترس شدن کودها می‌شود. معمولاً یک فاکتور تصحیح برای جبران این نقیصه بکار برده می‌شود. که نوع خاک و مدیریت کود دهی تعیین کننده مقدار این فاکتور تصحیح می‌باشد. برای مثال در خاک‌های آهکی در مناطق خشک مثل کشور ما تنها ۵۳٪ درصد کود فسفر مصرفی قابل دسترس است. بنابر این مقدار کود فسفر مورد نیاز مصرفی بایستی از طریق میزان مورد نیاز گیاه (Uptake) بعلاوه فاکتور تصحیح که ۱/۹ می‌باشد محاسبه می‌شود.

جدول: فاکتور تصحیح برای عناصر پرمصرف

عناصر	کشت نواری یا قبل از کشت
ازت	۱/۲-۱/۲۵
فسفر	۱/۹-۲/۲
پتاسیم	۱/۴-۱/۶

روش‌های کودپاشی:

- الف. پخش در تمام سطح
- ب. نواری یا خطی
- ج. کپهای
- د. محلول پاشی

نکات مهم در حاصلخیزی خاک:

حاصلخیزی خاک برآیند سه خصوصیت مهم شیمیایی، زیستی و فیزیکی خاک می‌باشد

حاصلخیزی شیمیایی خاک: مقدار و ذخیره عناصر غذایی و چرخه آنها در خاک و شرایط شیمیایی آن (pH خاک و شرایط هوازی و بی‌هوازی و...) و حلالیت آنها در قابلیت فراهمی عناصر غذایی برای تغذیه گیاه نقش دارند.

حاصلخیزی و خصوصیات زیستی خاک: مقدار میکروبیهای زنده خاک که با انجام واکنشهای زیستی مختلف (تجزیه مواد آلی، تثبیت نیتروژن، حلالیت فسفر و پتاسیم، تولید هورمون رشد) در تغذیه گیاه نقش بازی می‌کنند.

حاصلخیزی و فیزیک خاک: شرایط فیزیکی (بافت ساختمان، نگهداری آب و وزن مخصوص...) در قابلیت نگهداری و جلوگیری از تفوذ عمقی و فرسایش و واکنشهای شیمیایی و زیستی خاک نقش مهمی در تغذیه گیاه بازی می‌کنند.