دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی خاک

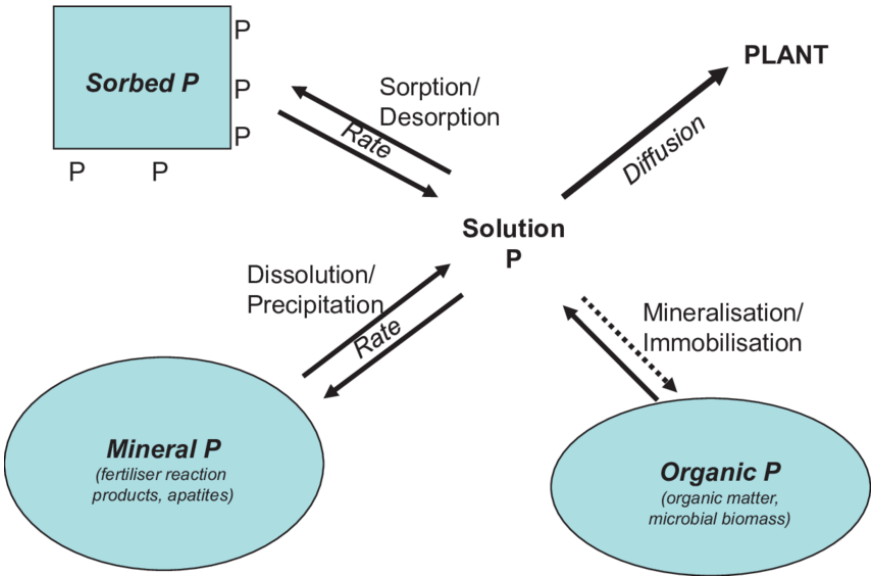
خاکشناسی عمومی

حاصلخیزی خاک

تهیه و تنظیم

نقش فسفر در گیاه: تجزیه نباتات نشان می‌دهد که فسفر در گیاه از نظر کمی در مقامی پایین تر از ازت قرار دارد و به طور متوسط ۰/۴٪ وزن خشک آن را تشکیل می‌دهد. این عنصر به دلیل داشتن نقش بسیار مهم در فیزیولوژی گیاهی در میان عناصر مورد نیاز گیاهان در ردیف دوم اهمیت قرار می‌گیرد. حدود ۲۰ درصد وزن اسیدهای نوکلئیک را فسفر به صورت P_2O_5 تشکیل می‌دهد. اسیدهای نوکلئیک در هر سلول، از هر بافت و اندام گیاهی وجود دارند. مقدار آنها در برگ و ساقه‌های گیاهی به یک دهم تا یک درصد وزن ماده خشک گیاهی می‌رسد. مقدار اسیدهای نوکلئیک در برگهای جوان و نقاط رویشی، بیش از برگ‌ها و ساقه های پیر گیاه است. بیشترین مقدار اسیدهای نوکلئیک در جوانه‌های دانه، دانه‌های گرده و نوک ریشه ها یافت می‌شود.

اشکال مختلف فسفر در خاک:

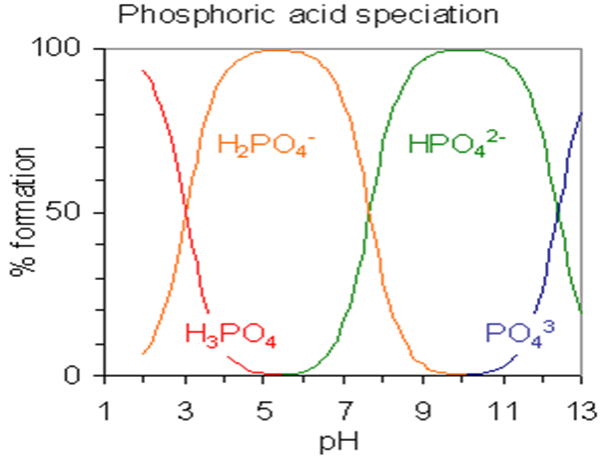


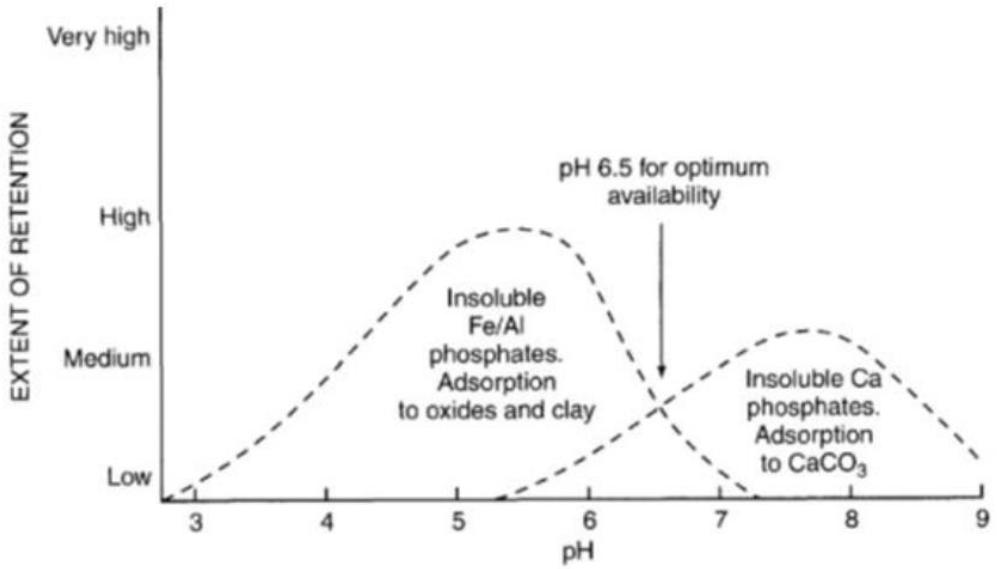
فسفات‌های خاک می‌توانند به دو گروه اصلی معدنی و آلی تقسیم شوند: فسفر معدنی خاک به صورت فسفات‌کلسیم، فسفات آهن، و یا فسفات‌آلومینیوم می‌باشد. در خاک‌های آهکی، اشکال مختلف فسفات‌کلسیم، کانی‌های غالب فسفرند، در صورتی که در خاک‌های اسیدی فسفاتهای آهن و آلومینیوم به اندازه یا بیشتر از فسفات‌کلسیم اهمیت دارند. میزان تثبیت فسفر معدنی به عوامل متعددی بستگی دارد که مهمترین آنها pH است. غلظت فسفر P محلول توسط حل شدن کانی‌های فسفره کنترل می‌شود. فراوان‌ترین کانی فسفره در خاکهای اسیدی فسفات AL و فسفات Fe می‌باشد. در حالی که فسفات‌کلسیم در خاکهای خنثی و آهکی وجود دارد که به صورت زیر حل می‌شوند.

$$FePO_4.2H_2O + H_2O \leftrightarrow H_2PO_4^- + Fe(OH)_3$$

$$CaHPO_4.2H_2O + H^+ \leftrightarrow Ca^{+2} + H_2PO_4^- + 2H_2O$$

در pH= ۴/۸ هر دو کانی واریسایت و استرگنایت می‌توانند در خاک وجود داشته باشند و در pH= ۶/۰-۶/۵ کانی‌های فسفات آهن و آلومینیوم می‌توانند همراه با b-TCP، DCPD، DCP و OCP وجود داشته باشند که در این pH بالاترین غلظت P محلول در خاک وجود دارد.





جدول: کانی‌های فسفره در خاکهای اسیدی، خنثی و قلیایی (کانی‌ها بر حسب کاهش حلالیت مرتب شده‌اند)

خاکهای اسیدی	
واریسایت	$ALPO_4.2H_2O$
استرگنایت	$FePO4.2H2O$
خاکهای خنثی	
دی‌کلسیم فسفات‌دی‌هیدرات (DCPD)	$CaHPO_4.2H_2O$
دی‌کلسیم‌فسفات (DCP)	$CaHPO_4$
اکتاکلسیم‌فسفات (OCP)	$Ca_4H(PO_4)_3.\ 2/5H_2O$
b-تری‌کلسیم‌فسفات (b-TCP)	$Ca_3(PO_4)_2$
هیدروکسی‌آپاتایت	$Ca_5(PO_4)_3OH$
فلورآپاتایت	$Ca_5(PO_4)_3F$

Table 6.4: Phosphate uptake by some common cro

Crop	Yield level, tonnes	P_2O_5 taken up in total crop, kg
Alfalfa	18.0	134
Banana	55.0	52
Beans	2.0	15
Coffee	2.1	12
Corn	10.0	102
Cotton (lint)	1.1	57
Grain sorghum	9.0	94
Peanuts	4.5	45
Rice	7.8	67
Soybeans	4.0	65
Sugarcane	112.0	112
Tomatoes	90.0	97
Wheat	4.0	46

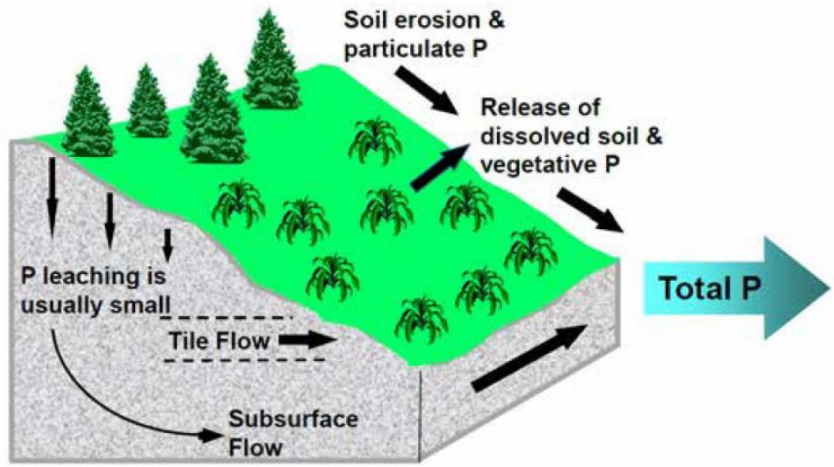
فسفات‌های آلی خاک عبارتند از حدود ۱٪ به صورت فسفولیپید، ۲٪ به صورت اسیدهای‌نوکلئیک و ۳۸٪ اینوسیتول‌فسفات‌ها (فیتین) یافت می‌شود.

از ترکیبات آلی فسفردار گیاهی می‌توان فیتین، لسیتین و قندهای فسفره را نام برد. فیتین نمک کلسیم، منیزیم و پتاسیم اسید-فسفریک با ۲۷/۵ درصد P_2O_5 است که بیش از ترکیب فسفره دیگری در بذرها و اندام‌های زایشی محصولات زراعی یافت می‌شود.

جذب فسفر از خاک:

میزان فراوانی فسفر در خاک ها کمتر از N و K است. کل P در خاکهای سطحی بین ۰/۱۵ – ۰/۰۰۵ درصد تغییر می‌کند. جذب

فسفر به وسیله گیاه از خاک بیشتر توسط انتشار به شکل فسفر اکسیده صورت می‌گیرد و بهترین شکل آن که همان فسفر محلول (تبادلی) خاک است که شامل یونهای HPO_4^{-2} و $H_2PO_4^-$ می‌باشد. در pH کمتر از ۶/۷ یون یک ظرفیتی یون غالب است، در صورتی که بالای این pH یون دو ظرفیتی بیشتر قبل جذب خواهد بود. و حداکثر جذب فسفر هم در این pH صورت می‌گیرد. فسفر برخلاف ازت و پتاسیم به مقدار کمتر جذب گیاه می‌شود و جذب سالیانه آن از خاک، حداکثر از ۵۰ کیلوگرم در هکتار تجاوز نمی‌کند. جذب فسفر به وسیله گیاه در pH بین ۶ تا ۷ و وجود رطوبت کافی در اطراف ریشه به میزان حداکثر است. جذب فسفر از خاک بستگی به گرما، رطوبت مناسب، pH خنثی، بافت متوسط تا درشت و همراه با ذخیره مناسب از این عنصر دارد.



علائم کمبود فسفر:

غلظت P در گیاهان بین ۰/۵ – ۰/۱ درصد تغییر می‌کند که به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از غلظت N , K می‌باشد. گیاهان هر دو شکل $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{-2} (ارتوفسفات) را جذب می‌کنند که به pH خاک بستگی دارد. کمبود فسفر با تعویق تقسیم سلولی و رشد ناقص گیاه همراه است. از این رو در نباتات موصوف، برگها و بوته‌ها کوچک می‌مانند، جوانه‌های کناری رشد نمی‌کنند و شاخه‌های جانبی ظاهر نمی‌شوند، شکوفه ها دیر و کم ظاهر می‌شوند و لذا محصول کاهش می‌یابد و دیررسی در آن حادث می‌شود، برگ‌ها به رنگ سبز تیره مایل به آبی در می‌آیند و حاشیه آنها نیز بنفش رنگ می‌شود (شباهت زیادی بین کمبود ازت و فسفر مشاهده می‌شود و تفاوت ظاهری آنها فقط همین رنگ سبز تیره در کمبود فسفر و رنگ زرد در کمبود ازت است).

Merlot with advanced P deficiency symptoms.

پتاسیم:

نقش پتاسیم در گیاه: پتاسیم از نظر کمیت از اهمیت قابل ملاحظه‌ای در گیاه برخوردار است. به طور که مقدار متوسط آن نسبت به وزن خشک گیاه به حدود ۱٪ می‌رسد. برخلاف ازت و فسفر که بیشتر در ساختمان سلولها شرکت دارند پتاسیم عموماً در گیاه به صورت ترکیبات یونی است و هیچ گاه به صورت غیریونی و به عنوان عنصر تشکیل دهنده ترکیبات آلی دیده نمی‌شود و جزء ساختمان سلول نیست و از همین رو است که می‌توان تمام پتاسیم یک سلول را از آن جدا کرد و

Table 6.5: Potash taken up by some common crops at a given yield level.

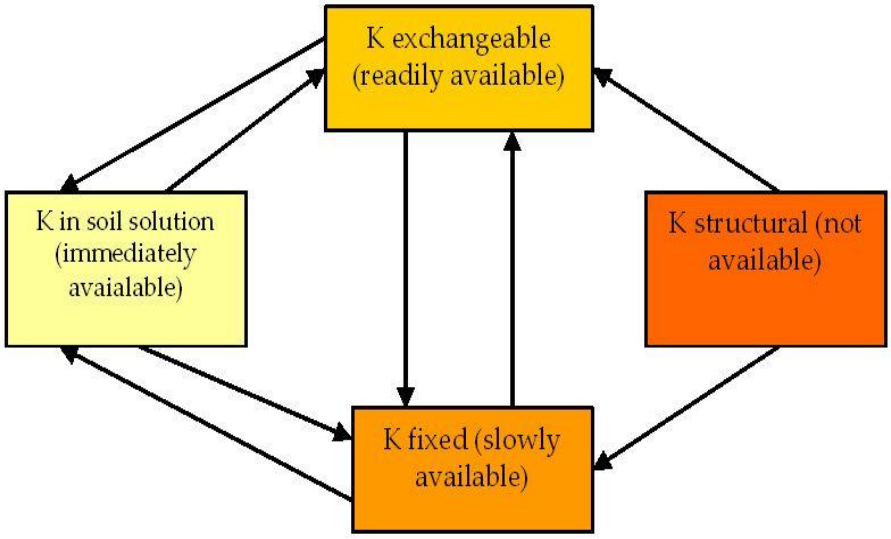
Crop	Yield level, tonnes	K_2O taken up by crop kg
Alfalfa (hay)	18.0	538
Banana	40.0	1,000
Citrus	30.0	350
Coconut (10,000 nuts)	-	200
Coffee (clean beans)	1.5	130
Corn	6.0	120
Cotton (lint)	1.0	95
Jute (dry fibre)	2.0	160
Oil palm	25.0	300
Peanut	2.0	92
Potato	40.0	310
Rice (paddy)	6.0	130
Soybean	3.0	150
Tomatoes	50.0	286
Wheat	6.0	180

سلول باز هم زنده بماند، ولی تأثیر پتاسیم در رشد و نمو گیاه امری قطعی است و در ساخت مواد هیدروکربنه و پروتئین‌ها نقش مؤثری دارد. عمدتاً جای تجمع پتاسیم در سلول، سیتوپلاسم و واکوئلها می‌باشد و محل ذخیره آن، ساقه‌های گیاه است. حدود ۲۰ درصد از پتاسیم گیاه، به صورت قابل تبادل در کلوئیدهای سیتوپلاسمی سلول‌های گیاهی و قریب ۸۰ درصد آن نیز در شیره سلولی است که به سهولت قابل استخراج با آب است.

یکی از وظایف مهم پتاسیم در گیاه، تنظیم فشار اسمزی داخل سلولی است که سبب افزایش قدرت آبگیری کلوئیدهای آبدوست پروتوپلاسم گیاهی می‌شود.

باز و بسته شدن سلولهای همراه روزنه در شرایط خشکی کاهش و در شرایط رطوبتی افزایش می‌یابد، در شرایط تنش خشکی انقباض سلولهای محافظ روزنه موجب بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تعرق و کربن‌گیری در گیاه می‌شود و مقاومت گیاه به خشکی افزایش می‌یابد.

نیاز گیاهان مختلف به پتاسیم، متفاوت و به طور متوسط معادل ازت است، گیاهان قندی و ریشه‌ای مثل چغندرقند، نیشکر و سیب‌زمینی که مواد قندی و نشاسته‌ای تولید می‌کنند نیاز بیشتری به پتاسیم دارند.



جذب و علائم کمبود پتاسیم:

مقدار متوسط پتاسیم پوسته جامد زمین در حدود ۲/۴ درصد است. پتاسیم موجود در خاک به چهار شکل کانی‌های خاک (ساختمانی)، پتاسیم غیرقابل تبادل، پتاسیم قابل تبادل، و محلول یافت می شود که گیاهان پتاسیم را در شکل محلول جذب می کنند. با این حال در حدود ۹۰ الی ۹۸ درصد پتاسیم خاک، به شکل ذخائر معدنی و کانی‌های خاک است که براحتی در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرد. پتاسیم توسط رسهای موجود در خاک در بین لایه‌های کریستالهای رسی، بخصوص گروه ایلیتی محبوس می‌شود و به کندی رها می‌گردد (فیکس شده). تامین پتاسیم قابل جذب بیشتر به بخش تبادلی آلی و معدنی خاک بستگی داردکه ۲-۰/۱ درصد از کل پتاسیم خاک را تشکیل می‌دهد. جذب پتاسیم از خاک بصورت کاتیون با یک بار مثبت (K^+)بیشتر از طریق انتشار از بخش محلول صورت می‌گیرد.

علائم ظاهری کمبود:

گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم، معمولاً ضعیف، کوتاه و کوچک باقی می‌مانند و رشد ساقه اصلی و شاخه‌های جانبی در آنها متوقف می‌گردد و فاصله میانگره‌ها کوتاه می‌شود. در شرایط تشدید کمبود که موجب خزان گیاه می‌شود، سرشاخه‌ها (در درختان میوه) از انتها شروع به خشک شدن می‌کنند و گاهی می‌افتند. در غلات، تعداد خوشه‌ها کم می‌شود و دانه‌های موجود در هر خوشه، کاهش یافته و لاغر می‌شوند. برگها به رنگ سبز تیره مایل به خاکستری در می‌آیند و شفافیت و طراوت خود را از دست می‌دهند و تداوم و تشدید کمبود آن موجب قهوه‌ای شدن و سرانجام خشک شدن نوک برگها می‌شود که به **لب سوختگی** یا **نوک سوختگی** موسوم است.

عناصر ثانویه (Secondery elements):

عناصر ثانویه شامل کلسیم، منیزیم و گوگرد بوده و از لحاظ کمی، نیاز گیاه به این مواد معمولا کمتر از عناصر غذائی پرمصرف می‌باشد. انتخاب عناصر غذائی ثانویه به این گروه از عناصر به دلیل کمی اهمیت آنها در تغذیه گیاه نیست. زیرا نه تنها مقدار عناصر مزبور در خاکهای مناطق خشک و نیمه‌خشک مثل کشور ما بسیار زیاد است، بلکه به صورت ناخالص نیز همراه کودهای شیمیائی به خاک اضافه می‌شوند. فرم قابل جذب آنها از خاک بصورت کاتیونهای Ca^{+2}، Mg^{+2}، SO_4^{-2} می‌باشد.

گوگرد در گیاه:

گوگرد به طور متوسط ۰/۲٪ ماده خشک گیاهان را تشکیل می‌دهد. نیاز به گوگرد در بعضی از گیاهان مانند سوزنی برگان، خانواده بقولات و خانواده لیلیاسه (سیر و پیاز) بیشتر جلب توجه می‌نماید و در آنها اهمیت گوگرد در ردیف فسفر قرار می‌گیرد. بعضی از ترکیب‌های یاخته‌های گیاهی دارای مقدار قابل ملاحظه‌ای گوگرد هستند. در این زمینه ترکیبات سیستیین سیستین و متیونین را می‌توان نام برد که از اسیدهای آمینه معروف در گیاهان به شمار می‌روند. گوگرد در کنار نیتروژن در ترکیبات پروتئینی گیاهی شرکت می‌کند. معمولا نیتروژن و فسفر را ضمن کنش و واکنشهای مختلف در گیاه دنبال می‌کند و سرانجام برای تشکیل کلروفیل ضرورت دارد.

گوگرد در خاک: گوگرد در طبیعت در سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی به شکل سولفور آهن مانند پیریت و مارکازیت، سولفور مضاعف آهن و مس مانند کالکوپیریست و کالکوزین و سرانجام سولفات‌ها که مشهورترین آن گچ یا سولفات‌کلسیم است یافت می‌شود. در خاکهای با سفره آب کم عمق و در شرایط خاک‌های ماندابی، اغلب سولفات‌ها احیاء شده و به ویژه به صورت سولفور آهن به رنگ خاکستری متمایل به آبی دیده می‌شوند که همراه با خاک اشباع حالت لجن تیره رنگی [۳۴] به خود می‌گیرند. مواد آلی و بقایای گیاهان یکی از منابع گوگرد در خاک را تشکیل می‌دهند. گوگرد همانند فسفر از تجزیه و تخریب این مواد تحت تاثیر فعالیت ریزجانداران به صورت سولفات (SO_4^{-2}) کم و بیش محلول و قابل جذب گیاهان در می‌آید و بیشتر از طریق حرکت توده‌ایی آب جذب می‌شود.

کلسیم:

کلسیم در گیاه:

کلسیم یکی دیگر از عناصر مورد نیاز گیاهان است. این عنصر به طور متوسط ۰/۳٪ وزن خشک گیاهان را تشکیل می‌دهد. این درصد در گونه‌های مختلف گیاهان و نیز در اندام‌های مختلف گیاه معینی کم و بیش متفاوت است، به طوری که این عنصر در نباتات خانواده بقولات و نیز در اندام‌های جوان و سبز گیاهان بیشتر تمرکز دارد. در واقع وجود کلسیم در گیاه برای رشد، تشکیل میوه و دانه ضرورت دارد.

کلسیم در خاک:

مقدار کلسیم در پوسته جامد زمین، نسبتا فراوان (حدود۳/۴٪) و معمولا مقدار آن در خاک جوابگوی رژیم غذائی گیاهان است. بنابر این، Ca نسبت به K, P, N که آنها به عنوان عناصر درجه یک مورد نیاز (کودی) یاد شده، از نظر تغذیه گیاهی در درجه دوم اهمیت قرار دارد. اما اهمیت کلسیم در پدیده‌های مختلف خاک شناسی به اندازه‌ای است که موضوع نیاز گیاهان به این عنصر تحت شعاع سایر استعدادهای آن در خاک قرار می‌گیرد. Ca در تحول و تکامل ماده آلی، فعالیت موجودات زنده، تشکیل کمپلکس کلوئیدهای رس و هوموس، بهبود ساختمان فیزیکی خاک و افزایش پایداری آن و سرانجام در اصلاح خاک‌های قلیائی به مقیاس قابل ملاحظه‌ای موثر است.

منیزیم:

منیزیم در گیاه:

منیزیم یکی دیگر از عناصر مورد نیاز گیاهان را تشکیل می‌دهد. این عنصر به طور متوسط به مقدار ۰/۲٪ ماده خشک در گیاه وجود دارد و بیشتر در دانه‌ها متمرکز می‌شود. منیزیم در ترکیب کلروفیل به نسبت ۷/۲٪ شرکت می‌کند. در جذب انتقال و سنتز فسفر در گیاه نقش کاتالیزور را بر عهده دارد و سرانجام همراه با پتاسیم حالت ارتجاعی و قابلیت تورم یاخته‌های گیاهی را تضمین می‌کند.

منیزیم به راحتی در اندام‌های گیاهان تغییر مکان می‌دهد. در صورت عدم جذب کافی آن توسط ریشه از شاخه و برگ به اندام های جوان منتقل می‌گردد. به طوری که اغلب نشانه‌های کمبود آن در روی برگ‌های پیرتر ظاهر می‌شود. بدین ترتیب برگ‌ها به زردی می‌گرایند، سپس رگه‌های پهنه برگ به رنگ قهوه‌ای در می‌آید، و سرانجام با ادامه کمبود حالت سوختگی در آنها مشاهده می‌شود.

منیزیم همواره در کنار کلسیم ولی کمتر از آن در جذب سطحی کلوئیدها شرکت می‌کند و همانند کلسیم در کلوئیدها تثبیت نمی‌شود. قابلیت حل کربنات و بی‌کربنات منیزیم بیشتر از کلسیم است و به طوری که کربنات منیزیم به میزان ۲/۶ گرم در لیتر حل می‌شود (کربنات کلسیم به مقدار ۰/۱۳ گرم در لیتر آب حل می‌گردد) و به همین دلیل اغلب شستشوی آن در خاک بیشتر از کلسیم صورت می‌گیرد.

۳- عناصر کم‌مصرف یا (Microelements):

نیاز گیاهان به آنها خیلی کمتر و معمولاً زیر ۵۰ قسمت در میلیون می‌باشد. از ۱۶ عنصر غذایی مورد نیاز گیاهان، هفت عنصر آهن، روی، منگنز، بر، مس ، مولیبدن و کلر به مقدار ناچیز مورد نیاز گیاهان بوده و بدین علت آنها را عناصر کم‌مصرف و یا **نادر (Trace elements)** می‌نامند. این عناصر غذائی پس از متعادل سازی مصرف کودهای ازته، فسفاته و پتاسیمی نقش خود را در افزایش تولید نشان می‌دهند. به عبارت دیگر اگر گیاهی از کمبود هر یک از عناصر غذائی اصلی ازت، فسفر، پتاس، کلسیم، منیزیم و گوگرد رنج ببرد تا قبل از دفع آن عامل محدود کننده رشد، مصرف کودهای محتوی عناصر کم‌مصرف، سبب افزایش تولید محصول نخواهد گشت (قانون لیبیک).

در ایران، کمبود عناصر کم مصرف به ویژه آهن، روی، منگنز، بر در مزارع و باغها به دلیل حاکمیت شرایط آهکی و بالا بودن واکنش خاک، کمبود مواد آلی در خاک‌های با بافت درشت، وجود یونهای کربنات و بی‌کربنات در آبهای آبیاری و مصرف بالای فسفر مشاهده می‌شود. عملکرد محصولات کشاورزی عمدتاً کم بوده و لطمات اقتصادی زیادی از این کمبودها متوجه کشور شده است.

در صورت مصرف متعادل کودهای ماکرو بکارگیری کودهای میکرو سبب:

- اولاً: عملکرد محصول افزایش می‌یابد.
- ثانیاً: درصد پروتئین و غلظت عناصر در بذر غلات، کیفیت نان را بالا می‌برد (Fortification).
- ثالثاً: بذرهای تولید شده از کشت‌های غنی شده از عناصر کم‌مصرف، کشتهای بعدی از ریشه دهی و رشد اولیه بیشتری برخوردار می‌شوند.

آهن (Fe):

نقش آهن در ساخت کلروفیل، تولید کربوهیدراتها، تنفس، احیاء شیمیایی نیترات و سولفات و تبدیل ازت نیتراته به اسیدهای آمینه حیاتی است. علائم مشخصه کمبود آهن به صورت کلروز (سفید شدن بین رگبرگها در برگهای جوان) می‌باشد. در کشور ما بیشترین عاملی که موجب کمبود آهن می‌شود، زیادی بیکربنات محلول در خاک است. بیشتر ترکیب‌های معدنی آهن را در خاک سیلیکات‌ها و هیدروکسیدهای آهن تشکیل می‌دهند. سیلیکات‌های آهن در چهار گروه رسها (مونت مورلونیت، ایلیت، ورمی‌کولیت و کلریت) به قدر کافی وجود دارند، به طوری که مقدار Fe_2O_3 دربهترین کود محتوی آهن، کلاتهای آهن می‌باشد که در فاصله سایه انداز گیاه بصورت چالکود به خاک اضافه می‌شود و یا با استفاده از سولفات ($FeSO_4.7H_2O$) بصورت محلول‌پاشی می‌باشد که حاوی ۲۰ درصد آهن است (شکل).

روی (Zn):

برای بسیاری از سیستم‌های آنزیمی گیاه، تولید اکسینها، ساخت پروتئین و تولید بذر مورد نیاز است. کمبود روی در باغهای میوه موجب لخت شدن انتهای شاخه یا کاهش فاصله میانگره‌ها (روزت شدن) سرشاخه‌ها می‌گردد.

مناسبترین کود برای رفع روی سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$) است که حاوی (Zn=۲۳-۳۵٪) می‌باشد. مصرف ۴۰ کیلوگرم سولفات روی در مزارع ذرت و گندم قبل از کاشت، حدود ۲۵۰ گرم در پای درختان میوه به صورت چالکود و نیز دو بار محلول-پاشی با غلظت ۵ در هزار در مزارع و باغها مناسبترین روش‌های مصرف این کود است .**منگنز (Mn):**

منگنز در گیاه در واکنش های انتقال الکترون دخالت دارد و نیز در تولید کلروفیل نیز نقش دارد. گیاهان حساسیت متفاوتی نسبت به کمبود منگنز از خود نشان می‌دهند، سیب زمینی، غلات و درختان میوه، بیشترین حساسیت را نسبت به کمبود منگنز از خود نشان می‌دهند. مناسبترین کود برای رفع کمبود منگنز ($MnSO_4.4H_2O$) با ۲۸ تا ۳۲ درصد منگنز است که آن را می‌توان هم بصورت چالکود و هم بصورت محلول‌پاشی مصرف کرد.

بر (B):

بر برای تکمیل غشاء سلولی، توسعه دیواره سلولی، تقسیم و توسعه سلول، حرکت گرده گل در کلاله، لقاح گل و تشکیل میوه نقش اساسی را در گیاهان بازی می‌کند. کمبود بر در خاک‌های آهکی بافت درشت با درصد کم مواد آلی در مزارع چغندرقند، درختان میوه، پنبه، دانه‌های روغنی، علوفه، غلات و گل‌های زینتی مشاهده می‌شود.

مناسبترین راه برای رفع کمبود بر استفاده از اسید بوریک (H_3BO_3) می‌باشد که دارای ۱۷ درصد بر بوده و در آب کاملاً محلول و به صورت‌های مختلف منجمله به صورت خاکی، چالکود در پای درختان، با آب آبیاری و محلول‌پاشی قابل مصرف می‌باشد.

مس (CU):

نقش مس عمدتاً در فعالیت‌های آنزیمی است. وجود این عنصر در سیستمهای آنزیمی اکسیداز و کاتالاز و واکنش‌های انتقال الکترون برای فعال کردن آنزیم‌های مختلف ضروری است. پیاز، غلات و درختان میوه از حساسترین محصولات نسبت به کمبود مس هستند.

مناسبترین کود معدنی محتوی مس، سولفات مس ($CuSO_4.2H_2O$) می‌باشد که حدود ۲۵ درصد مس و ۱۲ درصد گوگرد دارد. از این کود می‌توان هم بصورت چالکود و هم محلول‌پاشی استفاده کرد.

کلر و مولیبدن:

کشور ما در جهان جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود و میزان نزولات آن کم و عموما pH خاک‌ها قلیائی بوده و غلظت املاح در آن بالا می‌باشد بنابر این کمبود دو عنصر کلر و مولیبدن در خاک‌های ما کمتر دیده می‌شود.