

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی
پژوهشکده سبزی و صیفی

نشریه فنی

اصول تغذیه سبزی و صیفی در گلخانه



ویژه کارشناسان و گلخانه‌داران پیشرو

عبدالحمید محبی - محسن خدادادی

اعضای هیات علمی پژوهشکده سبزی و صیفی

فهرست

۲	مقدمه
۳	گلخانه برای تولید سبزی و صیفی
۴	حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهی
۴	عناصر غذایی ضروری برای رشد محصولات کشاورزی
۶	نمونه برداری خاک
۶	روش نمونه برداری از خاک گلخانه:
۶	نکاتی که باید هنگام نمونه برداری رعایت شود:
۷	ارزیابی نتایج حاصل از تجزیه خاک
۸	ارزیابی تغذیه گیاهی بر اساس وضعیت خاک و گیاه
۹	تعیین وضعیت تغذیه ای اندام گیاهی سبزی و صیفی در گلخانه
۱۱	تخمین میزان کوددهی و مدیریت مصرف کود در سبزی و صیفی گلخانه ای
۲۳	مدیریت کود آبیاری
۲۳	ترکیب کودی
۲۴	کودهای آلی
۲۴	اصلاح خاک
۲۵	آلودگی
۲۸	نتیجه گیری
۲۹	منابع

در طول سال تقاضای زیادی برای سبزی و صیفی با کیفیت از جانب مصرف کنندگان وجود دارد. با توجه به محدودیت تولید در شرایط فضای باز، تولید در گلخانه یکی از مواردی است که مورد توجه تولید کنندگان قرار گرفته است. رشد در گلخانه‌های با تکنولوژی بالا، به دلیل اجتناب از وابستگی شدید به آب و هوای فضای باز از اهمیت زیادی برخوردار است. در دهه‌های اخیر، توسعه گلخانه‌ها در سراسر جهان افزایش یافته است. تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی محصول به شمار می‌آید. در تغذیه گیاه نه تنها باید هر عنصر به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار بگیرد بلکه ایجاد تعادل و رعایت تعادل عناصر غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است در عدم تعادل تغذیه‌ای، با اضافه کردن مقداری از یک عنصر غذایی، نه تنها افزایش عملکردی رخ نمی‌دهد، بلکه اختلالاتی در رشد گیاه و در نهایت افت عملکرد مطرح می‌شود. تغذیه گیاهی نه تنها بر میزان تولید محصول گیاهان تاثیر می‌گذارد بلکه حساسیت آنها نسبت به بیماریهای ریشه، اندام گیاهی را از طریق ایجاد تنش روی پاتوژن و میزبان تحت تاثیر قرار می‌دهد. با مدیریت تغذیه گیاه با صرف هزینه‌های متعادل و با دیدی آگاهانه می‌توان تولیدی در خور توجه و محصولی سالم و با کیفیت مطلوب تولید نمود که از یک طرف سبب افزایش درآمد زارعین و از سوی دیگر بهبود کیفیت غذای تولیدی را میسر می‌سازد. در این نشریه تغذیه مناسب گیاهی در سبزی و صیفی گلخانه‌ای مورد بحث قرار گرفته است. امید است با بکارگیری این مطالب در آینده شاهد افزایش کمی و کیفی تولیدات این بخش باشیم.

گلخانه برای تولید سبزی و صیفی

اگر گلخانه به درستی طراحی شده و مجهز به کنترل پارامترهای آب و هوایی باشد بسیاری از گیاهان باغبانی را می‌توان پرورش داد. با این حال، برای کشت سودآور و پایدار، انتخاب نوع محصول باید بر اساس شرایط آب و هوایی و مورد نیاز سبزی یا صیفی مورد نظر باشد. انتخاب گونه‌ها و ارقام جهت تولید در گلخانه نباید نباید سلیقه ای باشد بلکه کشتش بازار و ... باید مد نظر قرار گیرد و باید نتیجه یک برنامه هماهنگ و برای یک منطقه مشخص بوده و به محدودیت های زیست محیطی، توسعه تکنولوژی و فرصت های اجتماعی و اقتصادی توجه شود. انتخاب گونه‌ها و ارقام برای کشت در محیط کنترل شده یک متغیر اساسی است که می تواند بر موفقیت و بازگشت اقتصادی کل فرایند تولید تاثیر بگذارد. در سیستم های تولید فشرده، مانند کشت گلخانه‌ای، قبل از انتخاب مناسب ترین گونه‌ها یا رقم، باید پاسخ‌های برخی از سوالات اساسی مشخص گردد:

- چه چیزی باید تولید شود؟
 - چه موقع تولید شود؟
 - چگونه تولید شود؟
 - در کجا محصول به فروش رود؟
- با توجه به اینکه تولید کنندگان سبزی و صیفی باید شیوه‌های سازگار با محیط زیست را مد نظر قرار دهند بنابراین لازم است برای سؤالات زیر پاسخ مناسب داشته باشند.

- سبزیجات چگونه می‌توانند با کمترین خسارت به محیط زیست رشد کنند؟
- حاصل خیزی خاک چیست و نقش عناصر غذایی گیاهی در تولید سبزیجات چیست؟
- مقادیر و اشکال مختلف عناصر غذایی در خاک چیست؟
- محصولات، چه مقدار و چه نوع عناصر غذایی مصرف می‌کنند؟
- ورودی و خروجی عناصر غذایی خاک چیست؟
- چه رابطه ای بین عناصر غذایی خاک و گیاهان وجود دارد؟
- چه مقدار عناصر غذایی و کودهای مرتبط در طول فصل رشد مورد نیاز است؟
- مقادیر بحرانی عناصر غذایی در خاک برای هر گیاه چیست؟
- چه عناصر غذایی گیاهی طبیعی و مصنوعی در محل وجود دارد؟

حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهی

حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهی، اجزای مهم پروتکل عملیات کشاورزی خوب^۱ هستند. باروری خاک یک ویژگی پیچیده است و برای بهره وری خاک های کشاورزی بسیار مهم است. این مسئله به توانایی خاک برای تامین عناصر غذایی برای تولید محصول می پردازد که از ذخایر خود و مصرف مواد غذایی استفاده می کند. باروری خاک شامل پایداری درازمدت خواص بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی است که مستقیم یا غیرمستقیم قابلیت دسترسی عناصر غذایی را تحت تاثیر قرار می دهد. در گلخانه ها، مدیریت باروری خاک ارتباط با آب و هوای گلخانه داشته و برای بهینه سازی تغذیه گیاه در کوتاه مدت و دراز مدت جهت دستیابی به تولید محصولات پایدار اهمیت دارد.

عناصر غذایی ضروری برای رشد محصولات کشاورزی

تأمین، جذب و استفاده از عناصر شیمیایی محیط مخصوصاً هوا و خاک و استفاده از آنها در متابولیسم و رشد گیاه به عنوان تغذیه تعریف شده است. بدین ترتیب عناصر شیمیایی مورد نیاز را عناصر غذایی می نامند (بابالار و پیرمادیان، ۱۳۷۹). خاک دارای اکثر عناصر شناخته شده می باشد که تعدادی از این عناصر مانند اکسیژن، سیلیسیم، آلومینیوم، آهن، کلسیم و سدیم به مقدار زیاد در خاک وجود دارند. در صورتی که عناصر دیگر مانند نقره، سلنیم و مولیبدن به مقدار خیلی کم در خاک موجود می باشند. درختان میوه به طور طبیعی اکثر این عناصر را از خاک جذب می نمایند ولی تنها ۱۷ عنصر برای رشد گیاه ضروری بوده و نقش فیزیولوژیکی آنها در گیاه کم و بیش شناخته شده است که شامل اکسیژن، کربن، هیدروژن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، منگنز، روی، مس، بر، مولیبدن و کلر می باشد. تعداد دیگری از عناصر برای گیاه غیر ضروری بوده و نقش آنها در گیاه هنوز مشخص نشده، نیز توسط گیاه جذب می شوند

سه عنصر اول توسط آب و هوا برای گیاه تأمین می گردد. شش عنصر بعد را به نام عناصر غذایی پرمصرف^۲ می شناسند و هفت عنصر آخر را تحت عنوان عناصر غذایی کم مصرف^۳ نام می برند (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). این عناصر غذایی برای رشد، ضروری هستند و به طور کلی عنصری را برای گیاه ضروری می شناسیم که دارای خصوصیات زیر باشد:

- الف) بدون حضور این عنصر، گیاه قادر نباشد چرخه زندگی خود را کامل سازد.
- ب) در اثر کمبود این عنصر، علائم کمبود بر سطح برگ و دمبرگ ظاهر شود.
- پ) با اضافه کردن عنصر بخصوص، علائم کمبود رفع و رشد گیاه بهینه گردد.

1 -GAP

2- Macroelements

3 -Microelements

مقدار این مواد مغذی به طور معمول در خاک کم است و برای محصولات گلخانه ای که نیاز به مواد غذایی بالایی دارند کافی نیست. محلول‌های غذایی که در گلخانه ها استفاده می‌شوند با محلول‌های غذایی که برای محصولات هوای آزاد استفاده می‌شود بسیار متفاوت است.

نمونه برداری خاک

نمونه برداری و تجزیه خاک باید قبل از کشت گیاه باشد تا بتوان با برنامه‌ریزی مانع کمبود عناصر غذایی شد. غلظت عناصر غذایی با افزایش عمق تغییر می‌کند بنابراین برای یک محاسبه دقیق از وضعیت تغذیه خاک، نمونه- برداری خاک از اعماق مختلف لازم است.

روش نمونه برداری از خاک گلخانه:

با توجه به اینکه کشت گلخانه ای در فضای محدود صورت می‌گیرد لازم است قبل از احداث گلخانه از هر ۵۰۰۰ متر مربع یک نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری برداشته شود نمونه برداری بایستی به صورت مرکب و تصادفی انجام گیرد به این ترتیب که از ۸ تا ۱۰ نقطه به صورت تصادفی تا عمق ۳۰ سانتی متر نمونه برداری انجام شده سپس خاک این ۸ تا ۱۰ نقطه را باهم مخلوط کرده و حداقل یک کیلوگرم از این مخلوط به آزمایشگاه جهت آنالیز عناصر و تعیین بافت خاک ارسال گردد.

نکاتی که باید هنگام نمونه برداری رعایت شود:

۱. از جایی که کود دامی، بقایای فضولات حیوانی، کود شیمیایی وجود دارد نبایستی نمونه برداری شود.
۲. از کنار دیوار ها نباید نمونه برداری انجام شود.
۳. هنگام نمونه برداری از بیل زنگ زده یا آغشته به کود دامی و مواد شیمیایی نباید استفاده گردد همچنین پلاستیک نمونه برداری بایستی تمیز باشد. حتما برگه مشخصات باید بطور کامل پر شود و داخل نایلون فریزر انداخته شود و بعد نایلون فریزر حاوی برگه را داخل نایلون نمونه خاک بیندازید.
۴. در برگه مشخصات بایستی نام کشاورز - شهرستان - روستا - نام نمونه بردار - تاریخ نمونه برداری - نوع کشت و عمق نمونه برداری ذکر شود.
۵. به هیچ وجه نمونه خاک در کیسه های حاوی کود های شیمیایی ریخته نشود
۶. در صورتیکه در گلخانه قبلا کشت صورت گرفته باشد بایستی از سالن های مشابه از نظر عملکرد و مشکلات بطور جداگانه نمونه برداری صورت گیرد
۷. در گلخانه های که قبلا کشت صورت گرفته بهتر است پس از شخم زدن گلخانه نمونه برداری صورت گیرد

ارزیابی نتایج حاصل از تجزیه خاک

أ. مواد آلی

ماده آلی خاک گلهخانه باید حدوداً ۱-۳٪ وزنی یا ۱۵-۱۲٪ حجمی باشد (جدول ۱). ماده آلی خاک معمولاً از اندازه گیری میزان کربن خاک و ضرب آن در ۱/۷۲۴ محاسبه می‌شود. مواد آلی را می‌توان به سه بخش کلی تقسیم کرد:

۱. زیست توده زنده (میکروارگانسیم‌ها)

۲. ماده آلی خوب تجزیه شده

۳. مواد آلی بسیار پایدار

جدول ۱- درصد ماده آلی در خاک با بافت‌های مختلف

میزان	خاک‌های با بافت سبک	خاک‌های با بافت متوسط	خاک‌های با بافت سنگین
خیلی کم	کمتر از ۰/۸	کمتر از ۱	کمتر از ۱/۲
کم	۰/۸-۱/۴	۱-۱/۸	۱/۲-۲/۲
متوسط	۱/۴-۲	۱/۹-۲/۵	۲/۳-۳
زیاد	بیشتر از ۲	بیشتر از ۲/۵	بیشتر از ۳

پ‌هاش خاک (pH)

پ‌هاش خاک میزان در دسترس بودن مواد غذایی گیاهی و فعالیت میکروبی خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. pH بهینه برای اکثر گیاهان ۶-۷/۵ است، با این حال، بسیاری از گیاهان در pH خارج از این محدوده رشد می‌کنند.

ظرفیت تبادل کاتیونی

ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) حداکثر مقدار کل کاتیون‌ها که خاک می‌تواند در یک pH مشخص در خود نگه دارد را گویند. واحد آن میلی اکوی والان در ۱۰۰ گرم خاک (meq/100 g) یا سانتی مول بر کیلوگرم (cmol/ kg) است. طبقه‌بندی ظرفیت تبادل کاتیونی بر اساس جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲- طبقه‌بندی ظرفیت تبادل کاتیونی

طبقه‌بندی	میزان ظرفیت تبادل کاتیونی (میلی اکوی والان در ۱۰۰ گرم خاک)
کم	کمتر از ۱۰
متوسط	۱۰-۲۰
زیاد	بیشتر از ۲۰

عناصر غذایی

تعیین غلظت عناصر غذایی خاک از اهمیت زیادی برخوردار است . نتایج تجزیه خاک میزان غلظت را مشخص می‌کند و بر اساس آن نتایج می‌توان کمبود، بیش‌بود و حد متعادل را مشخص نمود. جدول ۳ سطح متعادل عناصر غذایی را برحسب میلی گرم در ۱۰۰ گرم خاک خشک برای کشت سبزی و صیفی نشان می‌دهد. در رابطه با برخی عناصر مثل پتاسیم غلظت عنصر در خاک بستگی به بافت خاک دارد (جدول ۴).

ارزیابی تغذیه گیاهی بر اساس وضعیت خاک و گیاه

ارزیابی وضعیت عناصر غذایی خاک (حاصل‌خیزی خاک) برای کوددهی قبل از کشت انجام می‌شود. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه در گلخانه یک روش برای تشخیص کمبودها یا سمیت در طول دوره رشد محصول است. نمونه‌برداری گیاه معمولاً زمانی صورت می‌گیرد که گیاه علائم ظاهری کمبود را نشان می‌دهد یا میزان رشد مطلوب نیست. اگرچه در برخی موارد برای توصیه کودی نیز تجزیه گیاه انجام می‌گیرد.

جدول ۳- سطح متعادل عناصر غذایی برحسب میلی گرم در ۱۰۰ گرم خاک خشک (Sonneveld C, Voogt

W. 2009

عناصر	میزان	عناصر	میزان
کلسیم	۱۲۰۰-۵۰۰۰	آهن	۵-۱۵۰
منیزیم	۶۰-۳۵۰	منگنز	۲-۸۰
پتاسیم	۱۲۰-۵۰۰	روی	۰/۷-۲
سدیم	>۵۰۰	مس	۰/۵-۲
فسفر	۱۰-۴۰	بر	۰/۳-۱/۵

جدول ۴- میزان پتاسیم با توجه به بافت خاک (Sonneveld C, Voogt W. 2009)

پتاسیم قابل تبادل خاک (میلی گرم در کیلوگرم خاک)			طبقه بندی
خاک های سیلنی و رسی	خاک های لومی	خاک های شنی	
<۸۰	<۶۰	<۴۰	خیلی کم
۸۰-۱۲۰	۶۰-۱۰۰	۴۰-۸۰	کم
۱۲۱-۱۸۰	۱۰۱-۱۵۰	۸۱-۱۲۰	متوسط
>۱۸۰	>۱۵۰	>۱۲۰	زیاد

تعیین وضعیت تغذیه ای اندام گیاهی سبزی و صیفی در گلخانه

ارزیابی تغذیه گیاهی به روش های مختلف انجام می شود. اولین بررسی وضعیت ارزیابی تغذیه گیاهی بر اساس علائم ظاهری است. اگر چه علائم ظاهری یک برآورد تخمینی از وضعیت تغذیه گیاه است ولی به دو دلیل اهمیت زیادی دارد. اول آن که آسان و سریع است. دوم این که به عنوان اولین برآورد از وضعیت تغذیه گیاه می تواند مدنظر قرار گیرد و تجزیه گیاه می تواند میزان کمبود و سمیت یک ماده غذایی را در گیاه مشخص نماید. برای ارزیابی وضعیت تغذیه گیاه نمونه برگ از گیاهان شاخص جمع آوری و تجزیه شیمیایی در آزمایشگاه انجام می شود. سن فیزیولوژیکی برگ جهت تجزیه خیلی مهم است چون میزان بیشتر عناصر غذایی با افزایش سن تغییر می کند. در گلخانه معمولاً تجزیه بر اساس جوانترین برگ صورت می گیرد. که معیار آن در جدول ۵ و ۶ آمده است.

جدول ۵- حد بهینه غلظت عناصر پرمصرف در برگ محصولات گلخانه‌ای (Baudoin W,etal 2013)

گیاه	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	اندام نمونه برداری
درصد در وزن خشک گیاه						
گوجه	۳-۵	۰/۲-۰/۶	۳/۵-۶	۲-۴	۰/۳۵-۰/۸	برگ تازه کامل شده
لفل	۳-۴/۵	۰/۳-۰/۶	۳-۷/۵	۱-۲/۵	۰/۳۵-۰/۹۰	برگ تازه کامل شده
بادمجان	۴-۵/۵	۰/۳-۰/۶	۴-۶/۵	۱-۲/۲	۰/۳-۱	برگ تازه کامل شده
خیار	۴/۵-۶	۰/۳-۰/۸	۲/۵-۵/۵	۳-۶	۰/۵-۱/۲	پنجمین برگ از بالا
کدو	۴-۶	۰/۳-۰/۵	۲/۵-۵	۲-۳/۵	۰/۲۵-۱	پنجمین برگ از بالا
ملون	۴-۵/۵	۰/۳-۰/۷	۳/۵-۵/۵	۲-۳/۵	۰/۳۵-۰/۸	پنجمین برگ از بالا
هندوانه	۲-۵	۰/۲-۰/۶	۲/۵-۴/۵	۱/۵-۳/۵	۰/۴-۰/۸	پنجمین برگ از بالا
لویا	۳-۶	۰/۲-۰/۷	۳-۷/۵	۰/۸-۳	۰/۲۵-۰/۸	برگ تازه کامل شده
کاهو	۴-۵/۵	۰/۳-۰/۷	۵/۵-۱۲	۰/۸-۲/۵	۰/۲۵-۰/۹	برگهای هد کاهو
توت فرنگی	۲/۱-۴	۰/۲-۰/۴	۱/۵-۲/۵	۰/۶-۲/۵	۰/۲۵-۰/۷	برگ تازه کامل شده

جدول ۶- حد بهینه غلظت عناصر کم مصرف در برگ محصولات گلخانه‌ای (Baudoin W,etal 2013)

گیاه	آهن	منگنز	روی	مس	بر	اندام نمونه برداری
میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه						
گوجه	۴۰-۱۵۰	۳۰-۱۵۰	۲۰-۸۰	۵-۲۰	۳۰-۸۰	برگ تازه کامل شده
لفل	۶۰-۳۰۰	۳۰-۱۵۰	۲۰-۱۰۰	۶-۲۵	۲۵-۸۰	برگ تازه کامل شده
بادمجان	۵۰-۳۰۰	۳۰-۲۵۰	۲۰-۲۰۰	۵-۱۵	۲۵-۸۰	برگ تازه کامل شده
خیار	۵۰-۳۰۰	۵۰-۵۰۰	۲۵-۳۰۰	۶-۱۸	۳۰-۱۰۰	پنجمین برگ از بالا
کدو	۵۰-۲۰۰	۵۰-۲۵۰	۲۰-۲۰۰	۱۰-۲۵	۲۵-۷۵	پنجمین برگ از بالا
ملون	۵۰-۳۰۰	۵۰-۲۵۰	۲۰-۲۰۰	۷-۳۰	۲۵-۶۰	پنجمین برگ از بالا
هندوانه	۵-۳۰۰	۴۰-۲۵۰	۲۰-۲۵۰	۵-۲۰	۲۵-۸۰	پنجمین برگ از بالا
لویا	۵۰-۴۰۰	۳۰-۳۰۰	۲۰-۲۰۰	۵-۳۰	۲۵-۸۰	برگ تازه کامل شده
کاهو	۵۰-۳۰۰	۳۰-۲۵۰	۲۵-۲۵۰	۶-۲۵	۲۵-۶۰	برگهای هد کاهو
توت فرنگی	۵۰-۲۵۰	۳۰-۳۵۰	۲۰-۷۰	۶-۲۰	۲۵-۷۰	برگ تازه کامل شده

تخمین میزان کوددهی و مدیریت مصرف کود در سبزی و صیفی گلخانه‌ای

نیتروژن

از دیدگاه تولید محصولات کشاورزی، نیتروژن یکی از مهمترین عناصر غذایی می باشد. لیتوسفر بزرگ‌ترین منبع ذخیره نیتروژن ملکولی است که می‌تواند توسط فرآیندهای بیولوژیکی و شیمیایی به فرم قابل استفاده برای رشد گیاه درآید. نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف جهت رشد گیاه می‌باشد و در واقع این عنصر را به عنوان گلوگاه رشد گیاه می‌شناسیم. مقدار آن در وزن خشک گیاه ۵-۱٪ است. بخش اعظم نیتروژن مورد نیاز گیاه به صورت نترات جذب می‌شود عمده نتراتی که گیاه جذب می‌کند، در نهایت در ساختمان پروتئین استفاده می‌شود. همچنین نیتروژن در ساختمان DNA و RNA هم دخالت دارد. نیتروژن در ساختن کلروفیل گیاه نقش اساسی بازی می‌کند، به گونه‌ای که علامت کمبود نیتروژن در گیاه توام با زرد شدن برگ‌های مسن می‌باشد (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۶۷؛ خلدبرین و اسلام‌زاده، ۱۳۸۰).

غلظت نیتروژن در گیاه به عوامل زیر بستگی دارد:

مقدار نیتروژن نتراتی در خاک: هر چه نیتروژن خاک بیش‌تر باشد نیتروژن در گیاه نیز بیش‌تر است.

نوع گیاه: مثلاً در گیاهان تیره بقولات غلظت نیتروژن بیش‌تر از سایر گیاهان می‌باشد.

اندام گیاه: غلظت نیتروژن بسته به نوع اندام گیاهی متفاوت و در برگ برخی گیاهان بیش‌تر از ساقه است.

مرحله رشد: غلظت نیتروژن در گیاه جوان بیش‌تر از گیاه مسن است (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹؛ ملکوتی و طباطبایی، ۱۳۷۶).

در بین عناصر غذایی، مصرف نیتروژن بیش‌ترین واکنش را نسبت به تولید محصول نشان می‌دهد. همه محصولات نسبت به کودهای نیتروژنی واکنش نشان می‌دهند. معمولاً یک خاک ضعیف نسبت به یک خاک حاصلخیز واکنش بیش‌تری نشان می‌دهد. و زمانی که میزان واکنش قابل توجه نیست، ممکن است میزان نیتروژن باقیمانده و میزان معدنی شدن نیتروژن آلی به صورت تکی و یا با هم نیاز نیتروژنی گیاه را بر طرف سازند. معمولاً خاک‌های غنی از مواد آلی نسبت به دیگر خاک‌ها به مقدار نیتروژن کمتری برای تولید محصول نیاز دارند. میزان

آب قابل استفاده نیز در واکنش گیاه به نیتروژن نقش قابل توجهی دارد. مقدار نیتروژن در خاک و میزان برداشت توسط اجزای مختلف گیاه، شاخص مناسبی برای مصرف میزان نیتروژن می باشد.

مصرف زیاد نیتروژن باعث افزایش میزان نیتروژن در قسمت های خوراکی سبزی و صیفی می شود که برای انسان مضر است. بنابراین میزان نیتروژن خاک قبل از کشت از اهمیت زیادی برخوردار است. اگر چه تخمین و برآورد نیتروژن قابل استفاده گیاه کار ساده ای نیست چون نیتروژن از روش های مختلف وارد خاک یا از خاک خارج می شود. پروسه های مختلف ورود نیتروژن به خاک و خروج آن از خاک در جدول ۷ آمده است.

جدول ۷- پروسه های وارد کننده و خارج کننده نیتروژن در خاک (Baudoin W, et al 2013)

پروسه های وارد کننده نیتروژن به خاک	پروسه های خارج کننده نیتروژن از خاک
کانی های حاوی نیتروژن در خاک	جذب توسط محصول
معدنی شدن نیتروژن	دنتیریفیکاسیون
ورود نیتروژن به خاک از طریق اتمسفر	تصعید نیتروژن
کودهای آلی	شستشوی از خاک
باقیمانده های گیاهی	فرسایش خاک
تثبیت توسط لگوم ها	
آب آبیاری	

با توجه به این که اندازه گیری برخی از موارد در جدول فوق مشکل است محاسبه میزان کود بر اساس فرمول زیر صورت می گیرد.

$$N_f = (Y * f_N) - (N_p + N_s)$$

که

$$N_f = \text{نیتروژن مورد نیاز جهت کوددهی}$$

$$Y = \text{عملکرد مورد انتظار (تن در هکتار)}$$

$$f_N = \text{مقدار نیتروژنی (کیلو گرم) که هر تن محصول از خاک برداشت می کند (جدول ۸)}$$

$$N_p = \text{مقدار نیتروژن (کیلو گرم) قابل دسترس در خاک}$$

$$N_s = \text{میزان نیتروژن (کیلو گرم) موجود در مواد آلی}$$

جدول ۸- میانگین برداشت عناصر غذایی (کیلوگرم در هر تن عملکرد) توسط محصولات گلخانه‌ای (Baudoin W,etal 2013)

محصول	نیتروژن	فسفر (P ₂ O ₅)	پتاسیم (K ₂ O)
ریحان	۳/۴	۱/۵	۴/۱
لویا	۹/۳	۴/۵	۸/۳
نخودفرنگی	۶/۷	۲/۴	۳/۳
بروکلی	۸/۹	۲/۴	۸/۲
کلم پیچ	۳/۶	۱/۱	۳/۸
هویج	۳/۶	۱/۴	۵/۹
کلم گل	۴/۹	۲/۰	۶/۳
کرفس	۴/۹	۲/۴	۸/۴
کاسنی	۴/۶	۲/۸	۱۴/۹
خیار	۱/۲	۱/۲	۳/۱
بادمجان	۵/۰	۱/۵	۶/۲
آندیو	۴/۹	۳/۲	۷/۱
رازیانه	۴/۸	۱/۳	۶/۲
کاهو	۳/۲	۱/۲	۶/۰
ملون	۴/۴	۱/۳	۵/۷
پیاز	۳/۴	۱/۵	۳/۸
جعفری	۳/۲	۱/۵	۴/۵
تریچه	۳/۹	۲/۵	۳/۷
اسفناج	۴/۶	۱/۶	۶/۸
توت‌فرنگی	۴/۷	۲/۰	۸/۹
فلفل	۴/۵	۱/۳	۶/۵
گوجه‌فرنگی	۳/۵	۱/۰	۶/۲
هندوانه	۲/۳	۱/۳	۳/۵
کدو	۴/۵	۳/۰	۹/۵

کارآئی مصرف کود نیتروژن (NUE) عبارت از میزان برداشت محصول (برحسب کیلوگرم) به ازای مصرف هر کیلوگرم نیتروژن است و با مصرف صحیح و متعادل نیتروژن در زمان مناسب و با روش مناسب مصرف بهبود پیدا می کند.

فسفر (P)

فسفر از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه بوده و یکی از مهم ترین عناصر در تولید محصول می باشد. فسفر در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی زا، ساخت و کارهای انتقال انرژی دخالت دارد. افزون بر آن، فسفر جزئی از پروتئین یاخته بوده و به عنوان بخشی از پروتئین هسته، غشاء یاخته ای و اسیدهای نوکلئیک نقش ویژه ای دارد (سالاردینی، ۱۳۶۷ و ملکوتی، ۱۳۷۶). غلظت فسفر معمولاً ۰/۲ تا ۰/۴ درصد وزن خشک گیاه است (سالاردینی، ۱۳۶۷).

فسفر خاک را می توان به دو بخش فسفر آلی (شامل فسفو لیپیدها، اسیدهای نوکلئیک و فسفاتهای اینوسیتول) و فسفر غیر آلی (هیدروکسی آپاتیت، فلورو آپاتیت، فسفات دی کلسیم، فسفات تری کلسیم، واریسایت و استرنژیت) تقسیم نمود (بوس، ۱۹۸۸).

از نقطه نظر تغذیه گیاه مهم ترین بخش فسفات های خاک عبارتند از:

۱- فسفات در محلول خاک، ۲- فسفات پایدار ۱ و ۳- ۳) فسفر ناپایدار ۲

فسفر ناپایدار در تعادل با فسفر محلول خاک است.

غلظت یون هیدروژن نقش مهمی در جذب فسفر توسط گیاه بازی می کند. فسفر در پ هاش بین ۶-۸ توسط گیاهان قابل جذب است. در پ هاش کم تر از ۵ کاملاً برای گیاه غیر قابل استفاده می گردد. در پ هاش بین ۸/۵-۸ تقریباً غیر قابل استفاده می گردد (بوس، ۱۹۸۸).

تأثیر فسفر در گیاه شامل مواردی چون افزایش مقاومت گیاه به ورس در غلات، زودرس کردن محصول، افزایش کیفیت و کمیت محصول و رشد جوانه های جانبی در درختان میوه می باشد که در نهایت عملکرد را بالا

1-Labile

2 -Nonlabile

می‌برد. زیادی استفاده از فسفر باعث بروز مسائلی چون تشدید کمبود عناصر کم مصرف می‌گردد که فسفر اثر متقابل بر این گونه عناصر دارد و جذب و انتقال آن‌ها را توسط گیاه با مشکل مواجه می‌سازد.

در گلخانه میزان مصرف فسفر در مقایسه با فضای باز بیشتر است. اگرچه مصرف زیادی فسفر باعث تثبیت آن شده و نهایتاً برای گیاه غیر قابل استفاده می‌شود. جذب فسفر توسط گیاه با افزایش پ‌هاش محیط ریشه کاهش می‌یابد بنابر این لازم است پ‌هاش محیط ریشه ۵/۶-۶ باشد. همچنین قابلیت استفاده فسفر برای گیاه به وسیله درجه حرارت خاک نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. به عنوان مثال در مورد گوجه فرنگی جذب فسفر در درجه حرارت کمتر از ۱۴ درجه سانتی‌گراد محدود می‌شود. در نتیجه اگر درجه حرارت محیط ریشه به کمتر از ۱۴ برسد ممکن است علائم کمبود فسفر نمایان شود. برای تعیین میزان کود فسفر می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد.

$$P_f = (Y * F_p) + (P_{av} * C_{f-p})$$

که

P_f = میزان فسفر (P_2O_5) که باید به خاک داده شود (حسب کیلوگرم در هکتار)

Y = عملکرد مورد انتظار (تن در هکتار)

F_p = میزان فسفر (P_2O_5) بر حسب کیلوگرم که هر تن محصول از خاک جذب می‌کند (جدول ۸)

P_{av} = میزان فسفر (P_2O_5) قابل استفاده در خاک

C_{f-p} = ضریب تبدیل فسفر که با معادله زیر محاسبه می‌شود

$$C_{f-p} = a + (0.02 * CaCo_3)$$

که ضریب ثابتی است که بستگی به بافت خاک دارد (۱/۲ برای خاکهای درشت بافت ۱/۳ برای خاکهای

متوسط و ۱/۴ برای خاکهای ریزبافت)

در گلخانه تمام کود فسفره معمولاً قبل از کشت استفاده می‌شود و در صورت نیاز در طول دوره می‌توان از روش کود آبیاری استفاده نمود.

پتاسیم (K)

پتاسیم همانند نیتروژن و فسفر یکی از عناصر غذایی اصلی گیاه به شمار می‌آید. مقدار جذب پتاسیم به وسیله گیاه از جذب هر عنصر کانی دیگری به غیر از نیتروژن بیش‌تر است علی‌رغم این‌که پتاسیم در ساختمان بافت گیاه شرکت ندارد، ولی نقش آن مهم و اساسی است و در موارد زیر جهت رشد گیاه لازم و ضروری می‌باشد:

- باعث فعال شدن حدود ۶۰ آنزیم گیاهی می‌شود. برای مثال فعال کننده آنزیم به وجود آورنده آدنوزین تری فسفات است و در آنزیم‌های احیا کننده گاز کربنیک دخالت دارد.
 - در نقل و انتقال مواد ساخته شده موثر است.
 - به دلیل کارآیی بهتر آنزیم‌ها باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد.
 - با دخالت و نظارت بر باز و بسته شدن روزنه‌ها توانایی گیاه را در استفاده از آب بالا می‌برد.
 - در ساخت ترکیبات پلیمری گیاه نقش اساسی دارد.
 - باعث کاهش حساسیت گیاه نسبت به بیماری‌ها می‌شود.
 - باعث افزایش کیفیت و همچنین افزایش خاصیت انبارداری محصولات می‌گردد.
 - به عنوان ماده اسمزی عمده در واکوئل حتی در شرایط خشکی، آب را به میزان زیاد در بافت نگه می‌دارد (خلدبرین و اسلامزاده، ۱۳۸۰؛ سالاردینی، ۱۳۶۷ و ملکوتی، ۱۳۷۹).
- میزان پتاسیم پوسته زمین بالا است. این میزان پتاسیم بالا در کانی‌های اولیه و ثانویه نظیر فلدسپارها، مسکویت، بیوتیت، ایلیت، ورمیکولیت، کلریت و مونتموریلونیت وجود دارد. پتاسیم در خاک به فرم‌های مختلف وجود دارد. از میان این فرم‌ها، فرم قابل تبادل و فرم محلول در آب قابل استفاده‌ترین فرم برای تغذیه گیاه هستند. پتاسیم غیر قابل تبادل به عنوان ذخیره پتاسیم خاک محسوب می‌شود (بوس، ۱۹۸۸).
- پتاسیم نقش مهمی را در تعدادی از فرآیندهای فیزیولوژیکی ایفا می‌کند. پتاسیم یک عنصر فوق العاده متحرک است که به آسانی به طرف بافت‌های مریستمی حرکت می‌کند (بوس، ۱۹۸۸).
- پتاسیم به عنوان یک عنصر کلیدی در تعیین کیفیت برخی محصولات شناخته شده، همچنین پتاسیم باعث افزایش مقاومت به بیماری‌ها در چندین محصول شده است. وجود پتاسیم در نگه‌داری آب در داخل بافت‌های گیاهی نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. وجود پتاسیم در گیاهان سبب افزایش بازدهی کودهای نیتروژنی می‌شود (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹).

خاک‌های با بافت سنگین از کانی‌های حاوی پتاسیم غنی هستند. خاک‌های با بافت درشت و خاک‌های آلی نیاز بیش‌تری به کودهای پتاسیمی دارند. بسته به بافت خاک و نوع محصول نیاز پتاسیمی گیاهان حدوداً بین ۴۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در سال می‌باشد. البته زمان بالغ شدن محصولات هم در ارزیابی نیاز پتاسیمی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

پتاس در پ‌هاش بین ۷/۵ – ۵/۵ به راحتی برای گیاهان قابل استفاده است. در پ‌هاش کم‌تر از ۵ کاملاً غیر قابل استفاده و در پ‌هاش بین ۸/۵ – ۷/۵ تقریباً غیر قابل استفاده است و از پ‌هاش حدود ۸/۵ به بالا مجدداً قابل استفاده خواهد بود. بنابر این لازم است با اتخاذ تدابیر مناسب و تنظیم پ‌هاش خاک قابلیت استفاده نیتروژن، فسفر و پتاس را برای گیاهان فراهم آورد.

پتاسیم از لحاظ وزنی بیشترین عنصری است که جذب گیاه می‌شود بنابراین در گلخانه نیاز به توجه بیشتری دارد و میزان مصرف بستگی به مرحله رشد سبزی و صیفی دارد.

برای تعیین میزان کود پتاسیم می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد.

$$K_f = (Y * F_k)^+ (K_{exc} * C_{f-k})$$

که

K_f = میزان پتاسیم (K_2O) که باید به خاک داده شود (کیلوگرم در هکتار)

Y = عملکرد مورد انتظار (تن در هکتار)

F_k = میزان پتاسیم (K_2O) بر حسب کیلوگرم که هر تن محصول از خاک جذب می‌کند (جدول ۹)

K_{exc} = میزان پتاسیم (K_2O) قابل استفاده در خاک

C_{f-k} = ضریب تبدیل پتاسیم که با معادله زیر محاسبه می‌شود

$$C_{f_K} = 1 + (0.018 \times A)$$

که

A = درصد رس خاک

کلسیم (Ca)

کلسیم به مقدار زیاد در خاک وجود دارد. اغلب گیاهان میزان کلسیم زیادی را جذب می کنند و مقدار آن بین ۳۰-۵ میلی گرم بر گرم ماده خشک است. کلسیم به فرم های اکسالات کلسیم، کربنات کلسیم و فسفات کلسیم وجود دارد. کلسیم همچنین به صورت پکتات کلسیم در لایه میانی دیواره سلولی و فیتات کلسیم در بذر وجود دارد. فرم نیتروژن بر روی میزان کلسیم اثر می گذارد. میزان کلسیم گیاه، زمانی که نیتروژن به فرم نیتراتی وجود دارد، بیش تر از زمانی است که نیتروژن به فرم آمونیاکی وجود دارد.

منیزیم (Mg)

بسته به نوع بافت خاک، میزان منیزیم بین ۰/۵٪ (در خاک های سبک) و ۰/۵٪ در خاک های سنگین تغییر می کند. میزان منیزیم گیاه کمتر از ۰/۵٪ است که از میزان کلسیم و پتاسیم کم تر است. کاتیون های مختلف با منیزیم رقابت می کنند. مثلاً جذب منیزیم توسط NH_4 و K تحت تاثیر قرار می گیرد. بعضی از عناصر در جذب منیزیم خاصیت بازدارندگی^۱ و یا تشدید^۲ دارند. مثلاً تحت شرایط وجود پتاسیم آزاد و یا کمبود پتاسیم، میزان منیزیم افزایش پیدا می کند. در بافت هایی که کمبود کلسیم دارند، غلظت بالای منیزیم ثبت شده است. پتاسیم، توزیع غلظت منیزیم در گیاه را تحت تاثیر قرار می دهد. مثلاً افزایش غلظت منیزیم در میوه گوجه فرنگی و سیب زمینی تحت شرایط افزایش غلظت پتاسیم مشاهده شده است. غلظت بالای کلسیم و منیزیم در برگ های پیرتر نسبت به برگ های جوان دیده شده است (بوس، ۱۹۸۸).

منیزیم به عنوان یک عنصر ساختمانی در کلروفیل شناخته شده است. منیزیم تنها عنصر فلزی موجود در کلروفیل می باشد که در مرکز آن قرار گرفته است. بدون وجود این ترکیب زندگی گیاه دچار اختلال می شود. منیزیم در تعداد بی شماری آنزیم های گیاهی، نقش فعال کننده دارد. این عنصر در متابولیسم مواد هیدروکربن به خصوص در چرخه ی اسیدسیتریک و در تنفس گیاه دخالت دارد (خلدبرین و اسلامزاده، ۱۳۸۰؛ سالاردینی، ۱۳۶۷ و ملکوتی، ۱۳۷۹). منیزیم در ساختن کلروفیل و در حفظ ثبات پ هاش سلول و فعال شدن آنزیم ها و جابه جایی انرژی نقش

1- Antagonism

2- Synergism

دارد. ایجاد نقاط زرد و کم رنگ به صورت موزائیک، آشکارترین نشانه کمبود منیزیم است. به خاطر نقش منیزیم در ساختن پروتئین در برگ‌های مبتلا به کمبود منیزیم، میزان نیتروژن پروتئینی کاهش می‌یابد و میزان نیتروژن غیر پروتئینی بالا می‌رود (خلدبرین و اسلامزاده، ۱۳۸۰).

گوگرد (S)

گوگرد در خاک به فرم آلی و غیر آلی وجود دارد. فرم غیر آلی گوگرد در خاک SO_4 و در نواحی خشک ممکن است، بصورت سولفات کلسیم، سدیم و منیزیم تجمع پیدا کند. ذخیره بزرگی از گوگرد در خاک به فرم آلی است. حد نرمال غلظت SO_2 اتمسفر $0/2 - 0/1$ میلی گرم در متر مکعب است که در مکانهای صنعتی به $0/7 - 0/5$ افزایش پیدا می‌کند و باعث سمیت می‌شود (بوس، ۱۹۸۸). خاک‌های اغلب مناطق ایران، جزو خاک‌های آهکی محسوب شده و پ‌هاش آن‌ها بالا است. بالا بودن پ‌هاش در این نوع خاک‌ها باعث شده است که علی‌رغم وجود مقادیر فراوان برخی از عناصر غذایی در این خاک‌ها، فرم قابل جذب این عناصر کمتر از مقدار لازم برای رشد و نمو مناسب گیاه باشد. پژوهش‌گران سعی کرده‌اند با مصرف مواد اسیدزا، پ‌هاش این خاک‌ها را به طور موضعی کاهش داده و عناصر تثبیت شده در این خاک‌ها را برای جذب گیاه آزاد سازند که با توجه به مطالعات انجام گرفته، در بین مواد اسیدزا، گوگرد بهترین و اقتصادی‌ترین آن‌ها می‌باشد. کاربرد گوگرد در خاک به دلیل اکسایش آن، ضمن تامین سولفات مورد نیاز گیاه باعث کاهش موضعی پ‌هاش خاک در منطقه ریزوسفر^۱ ریشه گیاه، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی از جمله فسفر، آهن، روی، مس و منگنز و ... و در نهایت بهبود وضعیت تغذیه گیاه می‌گردد. امکان بهره‌برداری از این قبیل اثرات مفید، بستگی به حضور باکتری‌های اکسید کننده گوگرد، به تعداد کافی در خاک می‌باشد، زیرا تنها در اثر اکسایش بیولوژیکی گوگرد است که با تولید اسید سولفوریک، موجب کاهش پ‌هاش خاک، آزاد شدن عناصر غذایی برای گیاه و بهبود وضعیت تغذیه گیاه می‌گردد (بشارتی، ۱۳۷۷). باکتری‌های تیوباسیلوس^۲ مهم‌ترین اکسیدکنندگان گوگرد در خاک به شمار می‌روند. حضور این نوع باکتری‌ها، باعث افزایش سرعت اکسیداسیون گوگرد در خاک خواهد شد. در صورتی که جمعیت این باکتری‌ها در خاک پایین باشد؛ تلقیح خاک با این نوع باکتری‌ها می‌تواند اثرات سودمندی را به دنبال داشته باشد. به طور معمول، در خاک‌های آهکی به علت کمبود مواد آلی، فعالیت ریز جانداران موثر در اکسایش گوگرد

1 -Rhizosphere

2- Thiobacillus

کاهش می‌یابد و زمانی مصرف گوگرد در این نوع خاک‌ها موثر است که توأم با کودهای آلی بوده و یا همراه با تیوباسیلوس مصرف شود (بشارتی و همکاران، ۱۳۷۹).

تحقیقات انجام شده در ایران و سایر کشورها، نشان می‌دهد که کاربرد گوگرد در خاک در صورتی که همراه ماده آلی و مایه تلقیح تیوباسیلوس باشد، به دلیل اکسایش آن، ضمن تأمین سولفات مورد نیاز گیاه، باعث کاهش پهاش خاک در منطقه ریزوسفر ریشه گیاه، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی از جمله فسفر، آهن، روی، مس و منگنز و در نهایت بهبود وضعیت تغذیه گیاه می‌گردد.

آهن (Fe)

آهن در حد قابل توجهی در حدود ۰/۵٪ وزنی در پوسته زمین وجود دارد. اکسیدهای آهن مثل هماتیت (Fe_2O_3) ایلمینایت (FeTiO_3) و مگنتیت (Fe_3O_4) هم در بعضی از خاک‌ها وجود دارد. علی‌رغم میزان بالای آهن در پوسته زمین ولی مقدار آهن محلول (فرم‌های غیرآلی مثل Fe^{+2} ، Fe^{+3} ، $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$ و FeOH^{+2}) خیلی پایین است.

غلظت آهن با افزایش پهاش کاهش می‌یابد بر این اساس در دامنه پهاش حدود ۸-۶/۵ حلالیت آهن حداقل است که این دو معنی دارد. در خاک‌های اسیدی تحت شرایط غرقابی احیای Fe^{+3} به Fe^{+2} ، باعث افزایش حلالیت آهن می‌شود. البته در این حالت غلظت آهن افزایش غیر معمولی دارد و حتی ممکن است باعث سمیت آهن شود که موجب ظهور بیماری‌هایی مثل برنزه شدن^۱ و ایجاد لکه‌های کوچک قهوه‌ای می‌شود که بعداً باعث ظهور رنگ قهوه‌ای غیر یکنواخت می‌گردد. عواملی که جذب آهن را محدود می‌کند شامل پهاش بالا و همچنین زیادی غلظت‌های کلسیم و فسفر است (ملکوتی، ۱۳۷۵).

روی (Zn)

میزان روی در خاک حدود ۳۰۰-۱۰ پی پی ام است. روی عمدتاً به صورت دو ظرفیتی وجود دارد و توسط گیاه نیز به این صورت جذب می‌شود. روی در ساختمان تعداد زیادی از آنزیم‌ها شرکت داشته و در نقل و انتقالات بیوشیمیایی سلول نقش مهمی را ایفا می‌کند (ملکوتی، ۱۳۷۳). میزان روی در اندام‌های گیاهی کم است و مقدار

1-Bronzing

آن در خاک بسته به فرم‌های روی در خاک نوع گیاه و اندام مورد مطالعه تغییر می‌کند. ولی حد آن کمتر از ۱۰۰ پی پی ام است. کمبود روی باعث ظهور بیماری‌های فیزیولوژیکی مثل روزت در سیب و گلابی می‌شود.

مس (Cu)

فرم غالب مس که در خاک به صورت قابل جذب وجود دارد، Cu^{+2} است. غلظت مس در محلول خاک خیلی کم است و در حد $8-10 \times 10^{-6}$ - $8-10 \times 10^{-1}$ مول می‌باشد. بالغ بر ۹۸٪ آن به فرم ترکیب با مواد آلی است (هاگسون و همکاران، ۱۹۶۶). میزان مس در خاک بستگی به پ‌هاش خاک دارد و مقدار آن با افزایش پ‌هاش خاک کاهش می‌یابد. جذب مس توسط گیاه خیلی کم است و محدوده آن بین ۲۰-۲ پی پی ام می‌باشد. مس و روی برای جذب رقابت می‌کنند (بوس، ۱۹۸۸). فرم آلی و غیر آلی مس در خاک وجود دارد و معمول‌ترین آن‌ها در خاک سولفات مس، اکسیدمس و اکسی کلرور مس می‌باشد. همه این‌ها می‌توانند در محلول پاشی مورد استفاده قرار گیرند. سولفات مس نوع غیر آلی مس است که در خاک می‌تواند استفاده شود. فرم‌های آلی مس که برای رفع کمبود مس استفاده می‌شوند عبارت از $CuEDTA$ ، $CuDTPA$ ، فلاونوئیدهای مس و لیگنین سولفات‌های مس هستند. همه محصولات به کودهای مس واکنش نشان نمی‌دهند ولی محصولاتی مثل اسفناج و گندم به کودهای مس واکنش نشان می‌دهند. در شرایط مزرعه، سطح بالای مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و روی ممکن است باعث کمبود مس شود. بنابر این در خاک‌هایی که از لحاظ مس فقیر هستند، مصرف کودهای نیتروژنی، فسفر و روی باید با دقت صورت گیرد.

منگنز (Mn)

میزان منگنز در خاک معمولاً بین ۳۰۰-۲۰۰ پی پی ام می‌باشد. منگنز در طبیعت به شکل دو و سه ظرفیتی وجود دارد. از نقطه نظر تغذیه گیاه، فرم دو ظرفیتی مهمترین فرم قابل استفاده است که به همراه فرم به آسانی قابل احیاء در تغذیه گیاه نقش مهمی دارد و با هم به عنوان منگنز فعال شناخته می‌شوند. فاکتورهای متعددی میزان منگنز قابل استفاده در خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهند که عبارت از پ‌هاش خاک، میزان مواد آلی خاک، میزان رطوبت خاک، فعالیت میکروبی و سطح آب زیرزمینی می‌باشد. بالا بودن سطح آب زیرزمینی و پائین بودن پ‌هاش میزان منگنز قابل استفاده را افزایش می‌دهند. در بعضی از خاک‌های رسی که سطح آب زیرزمینی بالاست، افزایش میزان منگنز ممکن است، باعث بروز سمیت منگنز گردد (بوس، ۱۹۸۸). منگنز به صورت یون منگنز دو ظرفیتی و یا به

شکل ترکیبات مولکولی با بعضی عامل های کمپلکس کننده آلی مانند EDTA به وسیله گیاه جذب می شود (ملکوتی، ۱۳۷۵). نیاز ویژه به منگنز به عنوان ماده غذایی معدنی احتمالاً در رابطه با تشکیل پیوند قوی در پروتئین های دارای فلز می باشد که در آن جا به عنوان یکی از اجزای ساختمانی عمل می کند (خلدبرین و اسلامزاده، ۱۳۸۰ و ملکوتی، ۱۳۷۹). شناخته ترین نقش منگنز در گیاهان سبز که به میزان گسترده ای مورد مطالعه قرار گرفته است، دخالت در تولید اکسیژن در فتوسنتز می باشد. در شماری از واکنش های بیرون از سلول، منگنز می تواند جایگزین منیزیم شود و در مواردی خاص در فعال کردن آنزیم حتی فعال تر باشد (خلدبرین و اسلامزاده، ۱۳۸۰).

بر (B)

بر مثل فسفات در خاک به فرم آنیون برات وجود دارد اما بر خلاف فسفات و مولیبدن که جذب آن ها با کاهش پ هاش افزایش می یابد، جذب برات، کاهش پیدا می کند. پایین ترین بر قابل استفاده در خاک های قلیایی در یک طیف از پ هاش بین ۷-۹ وجود دارد. اسید بریک یا برات فرم غالب بر در خاک است. میزان بر در خاکها ۷-۸ پی پی ام است (بوس، ۱۹۸۸).

کلر (Cl)

کلر به مقدار زیادی در طبیعت وجود دارد و به عنوان یک عنصر متحرک شناخته شده است. گیاهان به صورت آزاد و سریع در مقدار قابل توجه، کلر را جذب می نمایند. میزان جذب کلر توسط گیاه به وسیله غلظت آن در محیط تعیین می شود. جذب کلر به تغییرات درجه حرارت و رفتارهای متابولیکی حساس است و می تواند بر خلاف شیب الکتروشیمیایی جذب شود. مکانیزم جذب کلر توسط فعالیت های متابولیکی کنترل می شود. عموماً میزان کلر در بافت های گیاهی بین ۲-۳۰ میلی گرم در گرم ماده خشک است. معمولاً میزان کلر خاک، کمتر از ۲ پی پی ام و میزان کلر گیاه ۷۰-۱۰۰ پی پی ام در ماده خشک به عنوان حد بحرانی شناخته شده است. به طور کلی کمبود کلر در طبیعت معمول نیست (بوس، ۱۹۸۸).

مدیریت کود آبیاری

کود آبیاری^۱ به عمل مصرف کود همراه با آب آبیاری گفته می‌شود. در این روش کود در سیستم آبیاری تزریق شده و باعث افزایش معنی‌دار کارآئی مصرف کود و در نتیجه مصرف کود کمتر می‌گردد. کود آبیاری نه تنها هزینه‌های تولید را کاهش می‌دهد بلکه باعث کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود. کود آبیاری بر اساس مقدار و غلظت کاربرد کود بر اساس نیاز هر نوع سبزی و صیفی در طول فصل رشد تنظیم می‌گردد. بنابر این گلخانه‌دار باید نیاز روزانه محصول را بداند. از دیگر مزایای کود آبیاری می‌توان موارد زیر را نام برد:

صرفه‌جویی در مصرف انرژی و همچنین نیروی انسانی

قابلیت تنظیم زمان مصرف کود

قابلیت مصرف کود با عناصر ریزمغذی

تنظیم میزان مصرف کود با دستگاه‌های دقیق

قابلیت استفاده از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای

کود مورد استفاده در کود آبیاری در خاک‌های شنی و رسی به ترتیب نباید بیشتر از ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر برای هر گیاه باشد چون اگر بیشتر از این مقدار باشد باعث شستشوی عنصر غذایی و اتلاف کود خواهد شد. در کود آبیاری فرموله کردن میزان هر کود باید با دقت انجام شود و گلخانه‌داران باید مقدار مناسبی از هر کود و ماده غذایی را که گیاه دریافت می‌کند را تنظیم کنند. توصیه می‌شود هر کود جداگانه بر اساس نیاز گیاه، کیفیت آب و شرایط خاک مصرف شود.

مطالب زیر در مدیریت کود آبیاری از اهمیت زیادی برخوردار است:

تعداد قطره‌چکان‌ها و میزان خروجی هر قطره‌چکان

قطر و طول لوله‌های اصلی و ثانویه

حجم باقیمانده آب در لوله‌های اصلی و ثانویه

ترکیب کودی

کودها معمولاً به صورت ترکیبی از عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم تهیه می‌شوند و برای مصرف به صورت سرک یا کود آبیاری مناسب هستند. میزان مواد غذایی در محصولات گلخانه‌ای نسبت به فضای آزاد متفاوت است علاوه بر آن نسبت عناصر غذایی نیز تغییر می‌کند و یکی از عوامل مهم در این رابطه نوع محصول است. در گلخانه کوددهی عموماً بر اساس تجربه گلخانه‌داران انجام می‌شود و این باعث می‌شود که شوری در اعماق مختلف خاک

1-F fertigation

گلخانه تغییر کند و عموماً در سطح خاک نمک تجمع پیدا نماید. بنابر این لازم است با انجام آبیاری غرقابی به تعداد یک تا دو نوبت در هر دوره کشت در گلخانه میزان نمک‌ها از خاک شسته شود. لذا یکی از پارامترهای مهم که جهت مدیریت مصرف کود در گلخانه اهمیت دارد تعیین شوری خاک است. جدول ۱۰ غلظت مولی عناصر معدنی جذب شده را در فضای آزاد و گلخانه در مورد دو محصول خیار گلخانه‌ای و کاهو گلخانه‌ای نشان می‌دهد.

جدول ۱۰- نسبت عناصر معدنی جذب شده در فضای آزاد و گلخانه (Sonneveld C, Voogt W. 2009)

عنصر	محصولات فضای باز	خیار گلخانه‌ای	کاهو گلخانه‌ای
نیتروژن	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
پتاسیم	۲۵	۵۶/۸	۶۰/۴
کلسیم	۱۳/۵	۲۴/۷	۱۶/۸
منیزیم	۸	۸/۲	۵/۲
فسفر	۶	۹/۲	۹/۴
گوگرد	۳	۶/۵	۳/۴
بر	۰/۲	۰/۲	۰/۱
آهن	۰/۲	۰/۰۸	۰/۱
منگنز	۰/۱	۰/۰۶	۰/۰۴۳
روی	۰/۰۳	۰/۰۲۴	۰/۰۲۹
مس	۰/۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵۷
مولیبدن	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۲

کودهای آلی

کودهای آلی از بقایای گیاهی یا حیوانی تولید می‌شوند و تمام این کودها در ترکیشان نیتروژن و فسفر به شکل آلی دارند و عناصر را به تدریج و از طریق تجزیه میکروبی در خاک آزاد می‌کنند.

اصلاح خاک

برای بهبود شرایط خاک باید تمهیداتی قائل شد تا مواد غذایی به نحو احسن در اختیار گیاه قرار گیرد. به عنوان مثال در خاک‌های شنی به منظور افزایش قابلیت نگهداری آب لازم است کودهای آلی به خاک اضافه شود. در این خاک‌ها میزان مواد آلی نباید بیش از ۵٪ اضافه شود. برای برخی محصولات مثل تربچه و هویج خاک‌هایی با میزان

مواد آلی کم توصیه می شود. این قبیل محصولات در خاک های شنی رشد بیشتری دارند و چنانچه ماده آلی به خاک اضافه شود رشد شاخ و برگ افزایش می یابد.

مالچ می تواند در بهبود شرایط خاک نقش مهمی داشته باشد که البته بستگی به نوع محصول، نوع خاک و نوع مالچ دارد. متلا توصیه نمی شود زمانی که تهویه خاک خوب نیست مواد آلی تازه به عمق خاک اضافه شود چون معمولا در خاک های سنگین مشکل ساز می شود.

مواد آلی علاوه بر بهبود خواص فیزیکی خاک دارای عناصر غذایی نیز هستند. برخی از مواد آلی که می توان به خاک گلخانه اضافه نمود به همراه ترکیب آنها در جدول ۱۱ آمده است.

جدول ۱۲- نوع و ترکیبات ماده آلی (بر حسب کیلوگرم در ۱۰۰۰ کیلوگرم وزن تازه)

نوع	ماده خشک	ماده آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
کود حیوانی	۲۵۰	۱۲۰	۵/۵	۲	۷
کود مرغی	۸۰	۵۰	۵/۵	۱/۵	۴/۵
ضایعات کمپوست قارچ	۳۵۰	۱۸۰	۷	۲	۸
کود سبز	۶۵۰	۱۵۰	۷	۱/۵	۵/۵
پیت	۵۰۰	۴۵۰	۵	۰	۰
ضایعات نیشکر			۲	۰	۲۳/۷

آلودگی

موادی که به عنوان ضایعات به خاک گلخانه اضافه می شود ممکن است دارای آلودگی باشد. آلودگی برای محصولات مختلف ضرر دارد حتی ممکن است به صورت مستقیم برای محصول ضرر نداشته باشد و باعث بروز مشکلاتی در آینده شود. به عنوان مثال وقتی حاوی عناصر سنگین باشد این عناصر می توانند در خاک تجمع پیدا نموده و جذب آنها باعث بروز مشکلاتی برای انسان شود بنابراین حداکثر غلظت مجاز برای هر عنصر باید مشخص شود. در جدول ۱۳ غلظت عناصر سنگین در کود سبز و کمپوست مورد استفاده جهت گلخانه ارائه شده است.

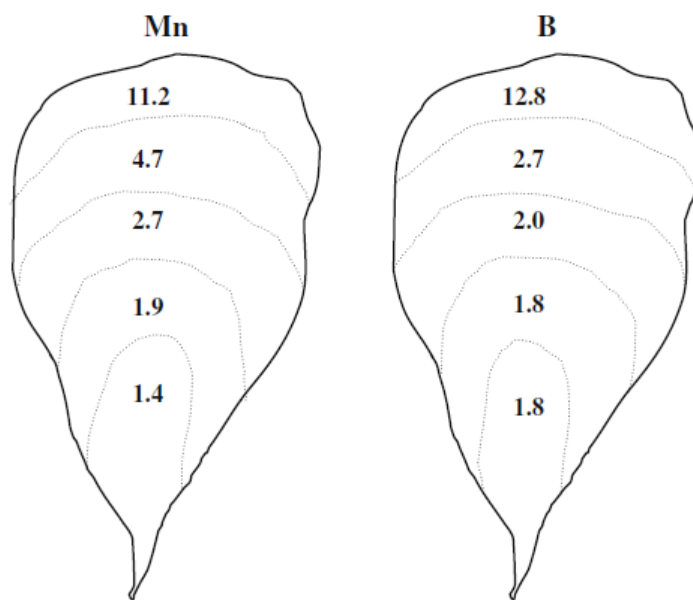
جدول ۱۳- میانگین غلظت عناصر سنگین در کود سبز و کمپوست (Sonneveld C, Voogt W. 2009)

عنصر	کود سبز			کمپوست
	حداقل	حداکثر	میانگین	
میلی گرم در کیلو گرم ماده خشک				
کادمیم	۰/۷	۳	۱/۴	۰/۷
کرم	۵۰	۲۵۰	۹۳	۷۰
مس	۲۵	۶۰۰	۱۴۳	۷۰
جیوه	۰/۲	۳	۱	۰/۴
نیکل	۱۰	۱۰۰	۴۷	۲۵
سرب	۴۵	۲۸۰	۱۲۱	۴۵
روی	۷۵	۱۵۰۰	۴۱۶	۲۰۰
ارسنیک	۵	۵۰	۲۳	—

جدول ۱۴- غلظت عناصر بر حسب میلی مول بر کیلو گرم ماده خشک در برگ (Sonneveld C, Voogt W. 2009)

عنصر	برگ گوجه فرنگی		برگ خیار	
	جوان	پیر	جوان	پیر
سدیم	۵۶	۵۲	۴۸	۵۶
پتاسیم	۱۰۶۴	۹۶۷	۶۸۳	۵۰۹
کلسیم	۶۱۱	۱۵۰۱	۱۱۷۷	۱۸۲۰
منیزیم	۱۷۳	۲۵۵	۲۶۳	۴۴۹
نیتروژن	۳۶۰۷	۲۳۹۳	۴۸۶	۲۵۹۳
فسفر	۱۷۴	۱۹۴	۲۱۰	۱۲۹
کلر	۱۳۰	۴۵	۹۰	۷۳

نتیجه تجزیه بافت به شدت تحت تاثیر محل و اندام نمونه برداری (جدول ۱۴) و محل نمونه برداری (تصویر ۱) قرار دارد. به همین جهت توصیه می شود در مورد محصولات مختلف از محل خاصی نمونه برداری انجام شود. مثلاً برای سبزیجات میوه ای از برگهای دارای رشد کامل نمونه برداری انجام شود. برای سبزیجات برگی از کل گیاه نمونه برداری شود. نمونه باید از ۲۰ گیاه یا قسمتهای مختلف ۲۰ گیاه برداشته شود.



شکل ۱- توزیع غلظت منگنز و بر در قسمتهای مختلف برگ کاهو (Sonneveld C, Voogt W. 2009)

نتیجه گیری

انواع محصولات گلخانه‌ای جهت رشد و نمو مطلوب و تولید محصول کافی، در مراحل مختلف رشد به انواع مواد غذایی نیاز دارند. این مواد غذایی باید به میزان مناسب در زمان مناسب در اختیار گیاه قرار گیرد. گیاهان به‌طور طبیعی اکثر این عناصر را از خاک جذب می‌نمایند ولی تنها ۱۷ عنصر برای رشد گیاه ضروری بوده و نقش فیزیولوژیکی آن‌ها در گیاه کم و بیش شناخته شده است که شامل اکسیژن، کربن، هیدروژن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، منگنز، روی، مس، بر، مولیبدن و کلر می‌باشد. خاک دارای اکثر عناصر شناخته شده می‌باشد که تعدادی از این عناصر مانند اکسیژن، سیلیسیم، آلومینیوم، آهن، کلسیم و سدیم به مقدار زیاد در خاک وجود دارند. در صورتی که عناصر دیگر مانند نقره، سلنیم و مولیبدن به مقدار خیلی کم در خاک موجود می‌باشند. با اطلاع از وضعیت تغذیه‌ای خاک می‌توان مقدار مناسب هر کود را در اختیار گیاه قرار داد. علاوه بر آن در صورت ظهور علائم کمبود نوع کمبود تغذیه‌ای را شناسایی و نسبت به جبران کمبود اقدام نمود. برای ارزیابی وضعیت تغذیه گیاه نمونه برگ از گیاهان شاخص جمع‌آوری و تجزیه شیمیایی در آزمایشگاه انجام می‌شود. سن فیزیولوژیکی برگ جهت تجزیه خیلی مهم است چون میزان بیشتر عناصر غذایی با افزایش سن تغییر می‌کند. در مورد محصولات مختلف از محل خاصی نمونه‌برداری انجام شود. مثلاً برای سبزیجات میوه‌ای از برگ‌های دارای رشد کامل نمونه‌برداری انجام شود. برای سبزیجات برگی از کل گیاه نمونه‌برداری شود. در گلخانه معمولاً تجزیه بر اساس جوانترین برگ صورت می‌گیرد. با ارزیابی نتایج حاصل از تجزیه خاک با برنامه‌ریزی دقیق با توجه به نوع محصول می‌توان مانع انجام فعالیت بر پایه حدس و گمان شد. البته در هنگام نمونه برداری ذکر نکاتی لازم و با اهمیت است. در این راستا باید از محصول نمونه برداری و بر اساس نتایج آزمایشگاهی تفسیر نتایج را انجام داد.

- Baudoin W, Nono-Womdim R, Litaladio N, Hodder A, Castilla N. 2013. Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops: principles for Mediterranean climate areas .FAO plant production and protection paper (FAO)
- Dodson M, Bachmann J, Williams P. 2002. Organic greenhouse tomato production. appropriate technology transfer for rural areas available at: www.attra.ncat.org
- Dorais M, Thériault M, Lefort J, Pepin S. 2016. Fertilization management of organic greenhouse soil-less cucumber
- Hochmuth G. J. 2015. Fertilizer Management for Greenhouse Vegetables -Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook, Vol 3. Suwannee Valley Agricultural Extension Center, UF/IFAS Extension, Gainesville, FL 32611. Available at: <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Kreij De, Voogt C., W., Van den Bos A.L. and Baas R. 2016. Nutrient solutions for greenhouse crops. Bemestingsadviesbasis substraten. Naaldwijk - Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente. 145 p
- Rodríguez F, Berenguel M, Guzmán J L, Ramírez-Arias A. 2015. Modeling and Control of Greenhouse Crop Growth. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London.
- Sonneveld C, Voogt W. 2009. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. Springer Dordrecht Heidelberg London New York. 432p