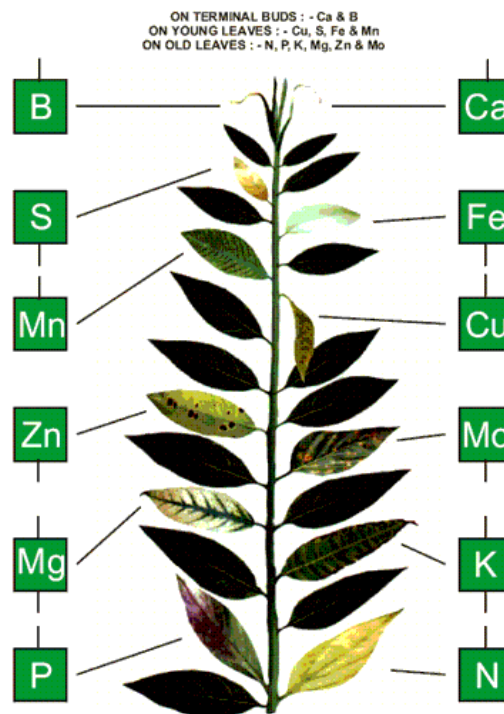




نقش عناصر غذایی در جلوگیری از بیماری های گیاهی



تهیه و تنظیم

دکتر اکرم اسدی

مهندس سمیه کربلایی

مدیریت مبارزه با آفات عمومی و همگانی

گروه پیشگیری و کاهش خسارت عوامل غیرزنده محیطی

بایب ۱۳۹۰

مقدمه

بر هم کنش بین گیاهان، عناصر غذایی و عوامل بیماری زای گیاهی پیچیده و تا حدودی ناشناخته است. با وجود ناشناخته بودن این نوع بر هم کنش ها، مباحث مربوط به نقش عناصر غذایی در بروز بیماری های گیاهی، در ردیف نخست برنامه های کنترل قرار گرفته است. در بسیاری از خاک ها و محیط کشت گیاهان، مقادیر زیادی از عوامل بیماری زا یافت می شوند. در چنین شرایطی، گیاهانی که از کمبود عناصر غذایی رنج می برند مقاومت کمتری داشته و به انواع مختلف عوامل بیماری زا حساس تر هستند. از این رو تمام عناصر غذایی قادرند بروز بیماری را در گیاهان تحت تأثیر قرار دهند. برخی از عناصر غذایی اثر بیشتر و مستقیمی بر بروز بیماری های گیاهی دارند. بنابراین این نوشته در صدد است تا بر هم کنش میان عناصر غذایی و نقش آنها را در بروز بیماری های گیاهی، مورد بحث قرار دهد.

در گیاهان، مقاومت به بیماری در وهله اول واکنشی ژنتیکی است. بنابراین توانایی گیاه برای بیان این پتانسیل ژنتیکی یعنی مقاومت به بیماری می تواند تحت تأثیر عناصر غذایی قرار گیرد. گونه ها یا ارقامی که مقاومت ژنتیکی بالایی به بیماری دارند، ممکن است نسبت به گیاهان متحمل به بیماری با تغییر عناصر غذایی، کمتر تحت تأثیر قرار گیرند. همچنین گیاهانی که از نظر ژنتیکی بسیار حساس هستند ممکن است حساس باقی بمانند لیکن با تغذیه مناسب قادرند اثرات ناشی از عامل بیماری زا را کاهش داده و در برابر بیماری مقاومت نمایند.

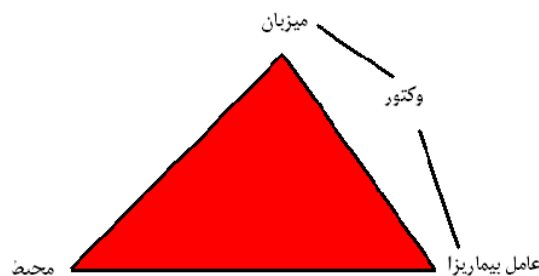
محققین خاطر نشان نمودند " شدت بسیاری از بیماری ها می تواند کاهش یابد و کنترل شیمیایی، بیولوژیکی یا ژنتیکی بسیاری از عوامل بیماری زای گیاهی با تغذیه مناسب تقویت می گردد". از این رو توصیه های کودی بدین سبب انجام می گیرد که جذب عناصر غذایی بهینه شده و محصولی با بالاترین عملکرد تولید گردد. در بسیاری از موارد، توصیه های کودی مناسب، محصول را در برابر بیماری ها مقاوم می سازد اما در شرایطی، کاربردهای غذایی بالاتر از نیاز رشدی، می تواند منجر به افزایش مقاومت به بیماری گردد.

اصول بیماری های وابسته به تغذیه گیاه

به منظور شناخت اثر عناصر غذایی بر بیماری های گیاهی لازم است به برخی جنبه های نظری یعنی بیماری چگونه ایجاد می گردد و در درون میزبان گیاهی گسترش می یابد، پردازیم. نظرات زیر مفاهیم جامعی نیستند، با وجود این

عواملی را خاطر نشان می کند که قادر است بر هم کنش بین عناصر غذایی و بروز بیماری های گیاهی را تحت تأثیر قرار دهند.

تمام چرخه های بیماری شامل ۳ یا ۴ بخش (شکل ۱) است. در شرایطی که تمام عوامل با یکدیگر برخورد کنند، بیماری رخ داده و گسترش می یابد. در صورتی که در هر بخش چرخه، اختلالی ایجاد شود از ایجاد و گسترش بیماری جلوگیری به عمل خواهد آمد. برخی از عوامل بیماری زا مانند ویروس ها نیاز به وکتور یا حاملانی برای معرفی آنها به گیاه میزبان دارند. همان طور که قبلاً ذکر شد، این وکتورها می توانند حشرات یا قارچ ها باشند. در صورتی که از فعالیت وکتور جلوگیری به عمل آید، بیماری می تواند بدون مبارزه مستقیم با عامل بیماری زا کنترل شود. عناصر غذایی می توانند اثر مهمی بر تمام جنبه های چرخه بیماری داشته باشند. شاید به نظر عجیب باشد که عناصر معدنی قادرند محیط زیست را تحت تأثیر قرار دهند. زیرا کودها سیستم خاکی را تغییر می دهند و عناصر غذایی توانایی گیاهان را برای مقاومت به شرایط متنوع آب و هوایی تحت تأثیر قرار می دهند. بنابراین این ادعا می تواند صحت داشته باشد که عناصر غذایی قادرند محیط زیست را تحت تأثیر قرار دهند.



شکل ۱. نمایش چرخه بیماری در گیاهان

بیماری های قارچی

آلودگی قارچی به شکل جوانه زنی اسپورها بر سطوح گیاهی اتفاق می افتد. ریشه های حاصل از جوانه زنی اسپورها از طریق نفوذ به سلول های سطحی (اپیدرمی) و عبور از بین فضای های بین سلولی یا درون سلولی به بخش های درونی نفوذ می کنند. مقاومت فیزیکی که با استحکام، تمامیت دیواره ها و فضاهای بین سلولی شناخته می شوند اولین خط دفاعی در این شرایط است. عناصر غذایی نقش اصلی در ایجاد دیواره سلولی منسجم و بافت های استحکامی همچنین افزایش مقاومت گیاه ایفا می کنند. جوانه زنی اسپورها با ترکیبات ترشح شده توسط گیاهان تحریک می

گردد. مقدار و ترکیب این تراوش ها ارتباط مستقیمی با نوع تغذیه گیاه دارد. زمانی که گیاه مقادیر کمی از عناصر غذایی ضروری را دریافت کرده است، مقدار ترکیباتی از جمله قندها و آمینواسیدها در تراوش ها افزایش می یابد و همین امر شرایط را برای تثبیت قارچ فراهم می سازد.

از زمانی که گیاه با قارچ آلوده می گردد مکانیسم دفاعی آن شروع به فعالیت می کند. آلودگی موجب افزایش فلاونوئیدها و ترکیبات فنلی مهارکننده رشد قارچ در محل آلودگی و نیز در سایر بخش های گیاه می گردد. تولید و انتقال این ترکیبات در بخش های زیادی از گیاه با تغذیه کنترل می شود. بنابراین کمبود عناصر غذایی ضروری سبب کاهش مقدار ترکیبات ضد قارچی گیاه در محل آلودگی می شود.

برعکس مشاهده شده است در صورتی که مقدار نیتروژن در گیاه افزایش یابد یا این عنصر در تعادل با سایر عناصر غذایی نباشد، تولید ترکیبات ضد قارچی کاهش می یابد. از آنجایی که قارچ و باکتری بافت گیاهان را مورد هدف قرار می دهند و برای نفوذ به درون آنها آنزیم های ویژه ای آزاد می کنند که منجر به تجزیه بافت ها می گردد بنابراین مقدار مناسب عناصر معدنی در گیاه می تواند فعالیت این آنزیم ها را کاهش دهد. به عنوان مثال در صورتی که گیاه با کمبود کلسیم مواجه گردد، آنزیم های تجزیه کننده قارچ یا باکتری، سبب تجزیه دیواره و غشا سلولی شده و نشت پتاسیم از درون سلول اتفاق می افتد، همین امر مقاومت گیاه را کاهش خواهد داد.

پاسخ دفاعی دیگر گیاه به آلودگی، تشکیل رادیکال های اکسیژنی ($O^{\cdot-}$ و $OH^{\cdot-}$) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) است. این ترکیبات قادرند سلول های گیاهی و عوامل بیماری زا را تخریب نمایند. این تا حدی مشابه با استفاده از شیمی درمانی در درمان افراد سرطانی است. این عمل در عین حال برای بافت میزبان نیز مخرب است. از این رو برخی از عناصر غذایی در این شرایط نقش سم زدایی رادیکال های اکسیژنی و پراکسید هیدروژن را بازی کرده و از تخریب بیش از حد بافت میزبان جلوگیری به عمل می آورند.

بیماری های باکتریایی

گسترش عوامل باکتریایی درون گیاه میزبان با تولید آنزیم های تجزیه کننده دیواره سلولی (آنزیم های هیدرولازی و پکتینازی) انجام می گیرد. تولید و فعالیت آنزیم های پکتولیتیکی بوسیله برخی از عناصر غذایی مهار می گردد. علاوه بر این، گیاهانی که از مقادیر کم عناصر غذایی رنج می برند و از تغذیه مطلوبی برخوردار نمی باشند در معرض آسیب آنزیم های تجزیه کننده قرار گرفته و در نتیجه مستعد نفوذ و گسترش باکتری در درون بافت های خود هستند.

به طور کلی بیماری های باکتریایی به سه نوع بیماری های لکه برگ^۱، پوسیدگی های نرم^۲ و بیماری های آوندی^۳ تقسیم می شوند.

• لکه برگ:

عوامل بیماری زای لکه برگ عموماً از طریق روزنه وارد برگ می گردند و درون فضاهای بین سلولی گسترش می یابند. از آنجایی که باکتری ها از طریق سلول های اپیدرمی و با تشکیل ریشه نفوذ نمی کنند از این رو ساختار و استحکام سلول های اپیدرمی عامل مهمی محسوب نمی گردد. لیکن استحکام و پایداری سلول های درونی (سلول های پارانشیمی) و فضاهای بین سلولی و نیز توانایی آنها در تولید و انتقال ترکیبات ضد باکتریایی بسیار مهم می باشد. پایداری و تثبیت مکانیسم های دفاعی یاد شده وابستگی زیادی با عناصر غذایی دارد.

• بیماری های آوندی:

بیماری های آوندی از طریق آوند چوبی (آوندهایی که آب و مواد غذایی را از طریق ریشه ها به بخش های هوایی گیاه منتقل می کنند) گسترش می یابند. گسترش بیماری های آوندی منجر به تشکیل اسلایم^۴ یا مواد چسبناکی درون آوندها می گردد که همین امر گهگاهی سبب انسداد آوند و در نتیجه توقف جریان انتقال شیره خام می شود. بنابراین پژمردگی، مرگ برگ ها و ساقه ها اتفاق می افتد. عناصر غذایی نقش بسیار مهمی را در جلوگیری از تشکیل اسلایم و در نتیجه کاهش فعالیت باکتری ها ایفا می کنند.

بیماری های ویروسی

اطلاعات کمی درباره اثرات عناصر غذایی در بروز بیماری های ویروسی وجود دارد. ویروس ها درون سلول های گیاهی زنده هستند و تکثیر می شوند. بقای آنها وابسته به آمینواسیدها و نوکلئوتیدهای درون سلول میزبان است. عموماً شرایطی که برای رشد گیاه مطلوب می باشد، برای تکثیر ویروس ها نیز مناسب است. در برخی موارد، علائم بیماری های ویروسی می تواند با بهبود تغذیه گیاه کاهش یابد یا ظاهر نگردد. برای مثال در چغندر قند، ویروس زرد ملایم چغندر قند^۵ (BMV) علائمی مشابه با علائم کمبود منگنز نشان می دهد. هنگامی که چغندر ها هم با کمبود منگنز و هم

¹.Leaf Spot

².Soft Rots

³.Vascular

⁴. Slime

⁵.Beet mild yellowing virus

با **BMVYV** مواجه می گردند در صورتی که از کود حاوی منگنز استفاده گردد مشاهده می شود علائم هر دو مشکل تقلیل می یابد یا حتی به طور کامل ناپدید می شود.

وکتورهایی که ویروس ها را به گیاه حمل می کنند حشرات مکنده مانند شته ها و نیز قارچ ها می باشند. تغذیه مناسب گیاه می تواند هم قارچ ها و هم برخی از حشرات را تحت تأثیر قرار دهد، در نتیجه در انتقال ویروس به گیاه اختلال ایجاد خواهد شد. به طوری که در یک بررسی دریافتند اگر گیاه در وضعیت تغذیه ای مناسبی قرار گیرد جمعیت شته های روی گیاه کاهش می یابد. برعکس جمعیت شته ها در برگ هایی که از کمبود برخی عناصر غذایی رنج می برند، افزایش داشت. در گیاهانی که دارای مقدار زیادی آمینو اسید بودند، میزان تغذیه و تولید مثل حشرات مکنده افزایش یافت. این شرایط در زمانی اتفاق می افتد که گیاه از تنش های تغذیه ای رنج می برد. در واقع گیاه در تبدیل آمینو اسیدها به پروتئین های ضروری به منظور بالا بردن مقاومت خود دچار اختلال شده است.

با توجه به مقدمه یاد شده در بخش بعدی، به تفکیک به اثرات برخی از عناصر غذایی مهم در بروز یا بهبود بیماری های گیاهی اشاره خواهیم نمود.

نیتروژن (N)

یکی از رایج ترین برهم کنش های بین عناصر غذایی و بروز بیماری، رابطه بین افزایش مقدار نیتروژن و تشدید بیماری در گیاه است. در عوض، تغذیه مناسب با نیتروژن قادر است گسترش بیماری را مهار نماید. جذب کافی نیتروژن برای ایجاد ساختارهای گوناگون از جمله پروتئین ها و آنزیم هایی ضروری است که در رشد و مقاومت به بیماری دخالت دارند. زیرا مشاهده شده است در شرایطی که مقدار نیتروژن از سطح بهینه خود فراتر می رود، مقدار ترکیبات ضد قارچی کاهش می یابد.

شدت تغذیه و تولید مثل بوسیله حشرات مکنده در گیاهانی افزایش می یابد که مقدار آمینو اسید آنها فراوان است. این در گیاهانی رایج است که با کمبود پتاسیم، روی یا افزایش نسبی نیتروژن مواجه هستند. از آنجایی که برخی از حشرات مکنده مانند شته ها حامل بیماری هستند بدین ترتیب عدم تعادل در نیتروژن منجر به مشکلات بیشتری در بروز بیماری ها می گردد. در گزارشی مشخص شده است که استفاده از کودهای روی در کشت شاهی آبی، منجر به کنترل قارچ عامل پوسیدگی شد. این قارچ وکتور ویروس لکه برگی کلروتیک نیز است. بنابراین کود روی، هم قارچ و هم

ویروس را کنترل می کند. همچنین سیب زمینی هایی که دارای کمبود نیتروژن یا فسفر می باشند به زنگ زدگی اولیه⁶ حساس می باشند. استفاده از کود نیتروژنی با مقادیر زیاد سبب رشد رویشی بیش از اندازه شده و همین امر دامنه بیماری های گوناگون را افزایش می دهد. کود نیتروژنی در مقادیر مناسب دامنه پاخوره⁷ را در جو و گندم کاهش می دهد. در واقع افزایش نیتروژن حساسیت ریشه های منفرد را به بروز بیماری پاخوره افزایش می دهد زیرا نیتروژن اضافی سبب تولید سریع ریشه های تاجی در گیاه می شود که همین امر شرایط را برای قارچ ها جهت تخریب این نوع ریشه ها فراهم می سازد.

همچنین جذب نیتروژن اضافی شرایط را برای فعالیت مطلوب بیماری فراهم می کند:

- نیتروژن اضافی سبب تسریع رشد بافت های آبدار (گوشتی) و دیواره های سلولی نازک شده و حساسیت گیاهان را به آلودگی افزایش می دهد.
 - نیتروژن اضافی قادر است ضخامت گیاه را افزایش داده و با ایجاد هوای مرطوب در اطراف گیاهان بروز بیماری را تسریع نماید.
 - نیتروژن اضافی قادر است بلوغ را به تاخیر انداخته، ایجاد و گسترش بیماری را افزایش دهد.
- به دو دلیل نیتروژن اضافی، دامنه و شدت بیماری را افزایش می دهد:
- هنگامی که دسترسی به نیتروژن به علت عوامل محدود کننده رشد، بیشتر از توان گیاه است.
 - هنگامی که دسترسی به نیتروژن بیشتر از دسترسی به سایر عناصر غذایی است. این به ویژه برای عنصر پتاسیم در بسیاری از محصولات زراعی و گاهی اوقات عنصر کلسیم در سبزیجات اتفاق می افتد. در این شرایط گیاه با علائمی شبیه کمبود پتاسیم و کلسیم مواجه خواهد شد.
- تبادل در کود نیتروژنی و پتاسیمی (N:K) اغلب منجر به بهبود تغذیه و مهار اثرات بیماری می گردد. سهم نسبی هر یک از آنها متغیر است. به هر حال زمانی که موجودی نیتروژن در تعادل با پتاسیم نیست، عملکرد و کیفیت محصول دچار اختلال می گردد.

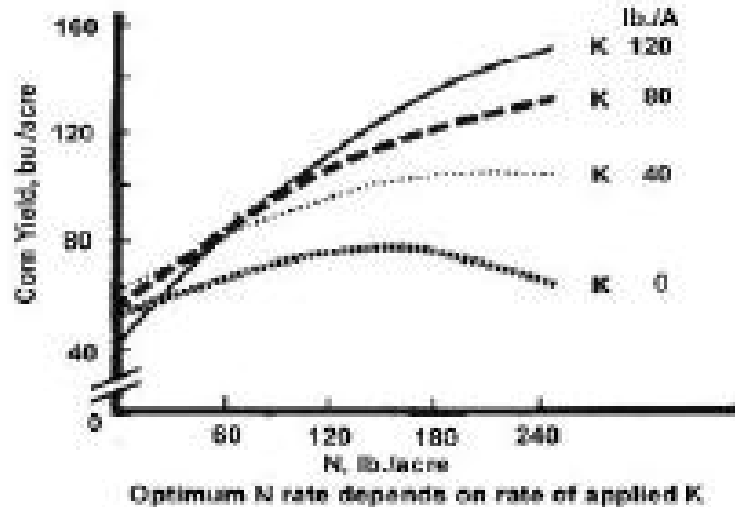
⁶.*Alternaria solani*

⁷.*Gaeumannomyces graminis*

نسبت N:K بحرانی مشخصی وجود ندارد که بتواند بیماری ها را مهار نماید. از این رو لازم است کشاورزان از برنامه های کود دهی صحیح بر پایه آزمون خاک، آنالیز گیاه و ردیابی بیماری به منظور تعیین تعادل غذایی مناسب استفاده نمایند.

در بسیاری از مناطق، جایی که پتاسیم خاک کمتر از حد بهینه است و برنامه کود دهی شامل نسبت های K_2O تقریباً متناسب با مقادیر نیتروژن است، غلاتی مانند ذرت، گندم، جو و یولاف اغلب کمتر دچار بیماری خواهند شد. برخی گیاهان مانند گوجه فرنگی، فلفل، کدو تنبل اغلب در شرایطی که مقادیر K_2O مساوی یا بالاتر از مقادیر نیتروژن است از عملکرد بهتری برخوردار هستند. محصولاتی مانند سیب، گلابی و آلبالو نیاز به K_2O بسیار بالاتری نسبت به مقادیر نیتروژن دارند.

نسبت های K_2O بالا، جذب سایر عناصر غذایی مانند کلسیم و منیزیم را مهار می کند. خاک هایی با ظرفیت تبادل کاتیونی^۸ پایین یا خاک هایی با مقادیر پایین منیزیم و کلسیم به چنین مشکلاتی آسیب پذیرتر هستند (نمودار ۱).



نمودار ۱. اثر نرخ بهینه نیتروژن و مقدار پتاسیم بکار رفته بر عملکرد گیاه ذرت

^۸. Cation Exchange Capacity (CEC)

گزارش ها حاکی از آن است که نوع نیتروژن یا نسبت نیتروژن آمونیومی ($\text{NH}_4\text{-N}$) به نیتروژن نیتراتی ($\text{NO}_3\text{-N}$) در بروز برخی از بیماری های محصولات زراعی دخیل هستند (جدول ۱).

جدول ۱. اثر نوع نیتروژن بر بروز بیماری های گیاهی			
نام محصول	بیماری	نیتروژن نیتراتی ($\text{NO}_3\text{-N}$)	نیتروژن آمونیومی ($\text{NH}_4\text{-N}$)
ذرت	پوسیدگی (<i>Diplodia</i>)	افزایش	کاهش
	پوسیدگی فوزاریومی (<i>Fusarium</i>)	افزایش	کاهش
	پوسیدگی ریشه (<i>Pythium</i>)	افزایش	کاهش
	بلایت برگ (<i>Helminthosporium</i>)	کاهش	افزایش
سویا	پوسیدگی ریشه (<i>Aphanomyces</i>)	کاهش	افزایش
	سیست نماد (<i>Heterodera</i>)	افزایش	کاهش
گندم	پوسیدگی ریشه (<i>Fusarium</i>)	کاهش	افزایش
	پاخوره (<i>Ophiobolus</i>)	افزایش	کاهش
پنبه	پوسیدگی ریشه (<i>Phymatotrichum</i>)	افزایش	کاهش
	پژمردگی (<i>Fusarium</i>)	کاهش	افزایش

نیتروژن نیتراتی می تواند شدت شوره سیاه^۹ سیب زمینی، پوسیدگی ریشه لوبیا و نخود و نیز پوسیدگی ساقه در گندم را کاهش دهد در حالی که نیتروژن آمونیومی شدت این نوع بیماری ها را افزایش می دهد. اما عوامل بیماری زای خاک زاد مانند اسکاب سیب زمینی^{۱۰} و سندرم مرگ ناگهانی سیب زمینی ها می تواند بوسیله نیتروژن نیتراتی تسریع گردد لیکن نیتروژن آمونیومی سبب کاهش آن می شود.

برخی از گزارش ها نشان داده اند که استفاده از مهار کننده نیتریفیکاسیون به منظور حفظ نسبت های بالاتر نیتروژن آمونیومی به نیتروژن نیتراتی، سبب کاهش شدت پژمردگی ورتیسیلیومی و افزایش شدت شانکر رایزوکتونیا شده است.

در خصوص "اثر نیتروژن بر عملکرد محصول"، باید خاطر نشان نمود که برای مقدار معینی نیتروژن، استفاده از مقدار بسیار زیاد نیتروژن آمونیومی منجر به افزایش شدت بیماری می گردد نسبت به زمانی که از مقدار

^۹. *Rhizoctonia solani*

^{۱۰}. *Streptomyces scabies*

زیاد نیتروژن نیتراتی استفاده می شود. یعنی اثرات منفی ایجاد شده بوسیله مقادیر زیاد نیتروژن نیتراتی به مراتب کمتر از اثرات منفی نیتروژن آمونیومی است.

بررسی ها در خصوص مزایای استفاده از نسبت های مناسب $NH_4:NO_3$ در خاک پیشنهاد می کنند که استفاده از نسبت ۱:۱ جهت دستیابی به عملکرد و کیفیت بهینه محصولات زراعی و دیگر محصولات، مناسب باشد. در اغلب مواقع در زمان نسبتا کوتاهی، بیشتر نیتروژن آمونیومی در خاک به نیتروژن نیتراتی تبدیل می شود. بنابراین نیتروژن نیتراتی منبع اصلی نیتروژن برای اکثر محصولات زراعی و باغی است. این شرایط می تواند تا اندازه ای با استفاده از مهار کننده های نیتریفیکاسیون اصلاح شود لیکن رسیدن به یک نسبت خاص $NH_4:NO_3$ در بهترین شرایط، مشکل و یا حتی غیر ممکن است. در صورتی که فراوانی نیتروژن بکار برده شده به شکل نیتروژن آمونیومی حفظ شود، سرمایه گذاری کود نیتروژنی می تواند بی فایده باشد. به دلیل آنکه نیتروژن آمونیومی کاتیونی بوده و در سطح خاک تثبیت می گردد. در چنین شرایطی نیتروژن آمونیومی غیر متحرک بوده و کمتر در دسترس ریشه های گیاه قرار می گیرد مگر آنکه مستقیما در محل ریشه ریخته شوند. همین امر می تواند اثر زیادی بر عملکرد محصول داشته باشد.

پتاسیم (K)

شاید پتاسیم موثرترین عنصر، در بین تمام عناصر غذایی باشد که بیماری ها و آفات گیاهی را تحت تأثیر قرار می دهند. این عنصر تقریبا در تمام عملکردهای سلولی درگیر بوده و تنظیم کننده فعالیت آنزیم ها است. بررسی ها نشان داده است تغذیه مطلوب پتاسیمی، سبب افزایش مقاومت گیاه به آلودگی های نماتدی می شود. محققین در گزارشی با بررسی ۵۳۴ منبع خاطر نشان نمودند که:

- پتاسیم در ۶۵ درصد موارد، موجب بهبود سلامت گیاه و در ۲۳ درصد موارد برای سلامت گیاه زیان آور بوده است (برخی از اثرات زیان آور می تواند به علت غلظت بالای پتاسیم باشد که همین امر جذب منیزیم، کلسیم و یا نیتروژن آمونیومی را کاهش می دهد).
- پتاسیم در ۷۰ درصد موارد، بیماری های قارچی و باکتریایی، در ۶۰ درصد از موارد حمله حشرات و کرم ها و نیز در اکثر موارد اثرات نماتدها و ویروس ها را کاهش می دهد.

اثر پتاسیم بر عملکرد محصول می تواند براساس نوع عامل بیماری زا تغییر نماید (جدول ۲).

جدول ۲. اثر پتاسیم بر عملکرد محصول براساس نوع عامل بیماری زا	
افزایش رشد و عملکرد محصول در اثر پتاسیم	عامل بیماری زا
۴۸٪	قارچ
۷۰٪	باکتری
۹۹٪	ویروس
۱۱۵٪	نماتد
۱۴٪	حشرات و کرم ها

جدول ۳ فهرست محصولات و بیماری هایی که اثر سودمند پتاسیم در مهار فعالیت آنها اثبات شده است را نشان می دهد. این فهرست ضرورتا همه محصولات را در بر نمی گیرد و برخی از عوامل بیماری زا ممکن است گونه های گیاهی بیشتری را نسبت به محصولات فهرست شده تحت تاثیر قرار دهند.

جدول ۳. اثرات مثبت پتاسیم بر برخی از بیماری های گیاهی					
عامل بیماری زا	قارچ	محصول	عامل بیماری زا	قارچ	محصول
<i>Rhizoctonia solani</i>	بلایت گیاهچه	پنبه	<i>Sclerotinia fructocola</i>	پوسیدگی قهوه ای میوه	زردآلو
<i>Cercospora gossypina</i>	بلایت برگ	پنبه	<i>Helminthosporium teres</i>	لکه قهوه ای توری	جو
<i>Alternaria solani</i>	بلایت برگ	پنبه	<i>Erysiphe graminis</i>	سفیدک سطحی	جو
<i>Fusarium lini</i>	پژمردگی	کتان	<i>Phythium ultimum</i>	مرگ گیاهچه	چغندر قند
<i>Melampsora lini</i>	زنگ	کتان	<i>Botrytis cinerea</i>	کپک خاکستری	کلم
<i>Botrytis cinerea</i>	پوسیدگی میوه	انگور	<i>Fusarium oxysporum</i>	زردی	کلم
<i>Fusarium oxysporum</i>	پژمردگی	خربزه	<i>Fusarium spp.</i>	پژمردگی	میخک
<i>Fusarium oxysporum</i>	پوسیدگی پایه	گل نرگس	<i>Fusarium oxysporum</i>	زردی	کرفس
<i>Fusarium oxysporum</i>	پژمردگی	نخل	<i>Puccinia spp.</i>	زنگ	گیاه غله ای
<i>Aphanomyces euteiches</i>	پوسیدگی ریشه	نخود	<i>Erysiphe graminis</i>	سفیدک سطحی	گیاه غله ای
<i>Fusarium oxysporum</i>	پژمردگی	نخود	<i>Phoma chrysanthemicola</i>	پوسیدگی ریشه	گل داوودی
<i>Fomitopsis annosa</i>	پوسیدگی چوب	کاج	<i>Exserohilum turcicum</i>	بلایت برگ	ذرت

نقش عناصر غذایی در جلوگیری از بیماری های گیاهی

ذرت	پوسیدگی ریشه	<i>Gibberella saubineti</i>	سیب زمینی	بلایت	<i>Phytophthora infestans</i>
ذرت	پوسیدگی فوزاریومی	<i>Fusarium moniliforme</i>	سیب زمینی	پوسیدگی انتهای ساقه	<i>Fusarium spp.</i>
ذرت	پوسیدگی ساقه	<i>Gibberella zeae</i>	آلو	شانکر	<i>Cytospora leucostoma</i>
ذرت	پوسیدگی ساقه	<i>Diplodia zeae</i>	کدو تنبل	کپک سفید	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
ذرت	پوسیدگی ساقه	<i>Fusarium culmorum</i>	برنج	لکه برگی	<i>Cercospora oryzae</i>
پنبه	پوسیدگی ریشه	<i>Phymatotrichum omnivorum</i>	برنج	لکه برگی	<i>Helminthosporium spp.</i>
پنبه	پژمردگی	<i>Fusarium oxysporum</i>	برنج	لکه قهوه ای برگ	<i>Cochliobolus miyabeanus</i>
پنبه	پژمردگی	<i>Verticillium albo-atrum</i>	تنباکو	بلایت برگ	<i>Alternaria</i>
برنج	بلایت غلاف	<i>Corticium sasakii</i>	تنباکو	بلایت برگ	<i>Cercospora</i>
برنج	پوسیدگی ساقه	<i>Leptosphaeria salvinii</i>	گوجه فرنگی	پژمردگی فوزاریومی	<i>Fusarium oxysporum</i>
برنج	پوسیدگی ساقه	<i>Helminthosporium sigmoideum</i>	گوجه فرنگی	بلایت برگ	<i>Alternaria solani</i>
برنج	لکه قهوه ای	<i>Ophiobolus miyabeanus</i>	گندم	سپتوریای برگ	<i>Septoria tritici</i>
برنج	بلاست	<i>Pyricularia oryzae</i>	گندم	لکه سفید	<i>Septoria nodorum</i>
برنج	پوسیدگی ساقه	<i>Sclerotium oryzae</i>	گندم	پاخوره	<i>Gaeumannomyces graminis</i>
رز	سفیدک	<i>Phyllactinia guttata</i>	گندم	زنگ سیاه	<i>Puccinia graminis</i>
چاودار	زنگ سیاه ساقه	<i>Urocystis occulata</i>	گندم	زنگ قهوه ای	<i>Puccinia recondita</i>
سویا	پوسیدگی غلاف	<i>Diaporthe sojae</i>	گندم	زنگ زرد	<i>Puccinia striiformis</i>
سویا	لکه ارغوانی بذر	<i>Cercospora kikuchii</i>	گندم	سیاهک پنهان	<i>Tilletia spp.</i>
نیشکر	پوسیدگی طوقه	<i>Helminthosporium sacchari</i>	گندم	سفیدک سطحی	<i>Erysiphe graminis</i>
	بلایت برگی	<i>Sclerotinia</i>			
محصول	باکتری	عامل بیماری زا	محصول	ویروس	عامل بیماری زا
لوبیا	بلایت باکتریایی	<i>Pseudomonas syringae</i>	لوبیا	موزائیک	ویروس موزائیک تنباکو
کلم	پوسیدگی نرم باکتریایی	<i>Erwinia carotovora</i>	جو	کوتولگی زرد	ویروس کوتولگی زرد جو
میخک	پژمردگی باکتریایی	<i>Pseudomonas caryophyllii</i>	سیب زمینی	موزائیک	ویروس موزائیک سیب زمینی
پنبه	لکه برگی زاویه ای	<i>Xanthomonas malvacearum</i>	سیب زمینی	پیچیدگی برگ	ویروس پیچیدگی برگ سیب زمینی

نقش عناصر غذایی در جلوگیری از بیماری های گیاهی

ویروس موزائیک تنباکو	موزائیک	تنباکو	<i>Pseudomonas lachrymans</i>	لکه برگ زایه ای	خیار
ویروس موزائیک زرد تنباکو	موزائیک زرد	تنباکو	<i>Erwinia stewartii</i>	برگ بادبزنی باکتریایی	ذرت
ویروس موزائیک تنباکو	رسیدن لکه دار	گوجه فرنگی	<i>Xanthomonas pruni</i>	لکه باکتریایی	هلو
عامل بیماری زا	نماتد	محصول	<i>Erwinia amylovora</i>	آتشک	گلابی
<i>Meloidogyne incognita</i>	نماتد مولد غده ریشه	لوبیا	<i>Xanthomonas oryzae</i>	بلایت باکتریایی	برنج
<i>Heterodera schachtii</i>	نماتد	چغندر قند	<i>Pseudomonas angulata</i>	لکه برگ زایه ای	تنباکو
<i>Rotylenchulus reniformis</i>	نماتد رنیفرم	پنبه	<i>Pseudomonas tabaci</i>	آتشک	تنباکو
<i>Heterodera glycines</i>	سیست سویا	سویا	<i>Erwinia carotovora</i>	پوسیدگی نرم	گوجه فرنگی

پتاسیم همچنین عامل اصلی در کاهش بیماری های برگ است (جدول ۴). هنگام کمبود پتاسیم تراوش های گیاه، حاوی مقادیر زیادی ترکیبات از جمله قندها و آمینو اسید است که همین امر رشد و تثبیت بسیاری از آلودگی های قارچی را تضمین می کند.

جدول ۴. اثر پتاسیم بر بروز بیماری لکه برگی آلترناریایی، برگ ریزی و عملکرد لیاف پنبه در شرایط خاک ورزی متداول و بدون خاک ورزی

	K ₂ O (Lb./A)	لکه برگی آلترناریایی ^۱	برگ ریزی ^۱	عملکرد لیاف پنبه (lb./A)
خاک ورزی متداول	۰	۷/۷	۶/۹	۳۵۰
	۳۰	۵/۸	۴/۵	۵۵۶
	۶۰	۵/۵	۲/۹	۶۲۱
	۱۲۰	۴/۷	۱/۳	۷۶۰
بدون خاک ورزی	۰	۷/۵	۵/۸	۳۶۰
	۳۰	۶/۱	۴/۲	۵۳۱
	۶۰	۵/۱	۱/۶	۵۲۸
	۱۲۰	۴/۵	۰/۶	۶۶۹
^۱ لکه برگی آلترناریایی و نرخ برگ ریزی				
۰=هیچ، ۱۰=بالاترین				

مکانیسم عمل پتاسیم در کاهش بیماری های گیاهی

پتاسیم رابطه سازش بین محیط انگل _ میزبان را بهبود می بخشد. هنگامی که گیاهی با قارچ آلوده می شود، فعالیت سدهای دفاعی آن آغاز می گردد. آلودگی سبب افزایش تولید ترکیبات فنلی مهار کننده و فلاونوئیدها در جایگاه آلودگی و در سایر بخش های گیاه می گردد. تولید و انتقال این ترکیبات در بخش زیادی بوسیله تغذیه عمومی گیاه کنترل می شود. بنابراین پتاسیم نقش حیاتی برای گیاه دارد و کمبود آن مقدار ترکیبات ضد قارچی طبیعی گیاهان را در جایگاه آلودگی کاهش می دهد. پتاسیم نقش اساسی در ایجاد کوتیکول ضخیم به عنوان سد فیزیکی برای نفوذ آلودگی و حشرات مکنده دارد.

زمانی که غلظت نیتروژن معدنی یا قند در گیاه بالا است، آلودگی های انگلی و بروز بیماری اغلب شدیدتر است. تجمع نیتروژن معدنی یا قندهای نامحلول اغلب نشانه ای بر عملکرد نامناسب گیاه است زیرا قادر نیست برای تامین انرژی، نیتروژن معدنی را به پروتئین ها یا قندهای محلول و کوچک تر تبدیل نماید. بدین ترتیب پتاسیم نقش حیاتی در انجام چنین فرآیندهایی ایفا می کند.

تعادل بین پتاسیم و سایر عناصر معدنی نیز مهم است. برای مثال عامل بیماری پژمردگی باکتریایی استوارت در ذرت (باکتریوز ذرت) از غلظت بالای نیتروژن معدنی در شیره آوندی حکایت می کند. کمبود پتاسیم توانایی ذرت را برای متابولیسم کردن نیتروژن معدنی کاهش می دهد بنابراین مقدار نیتروژن غیر آلی یا معدنی در شیره آوندی افزایش می یابد. این افزایش نیتروژن معدنی حساسیت به بیماری پژمردگی باکتریایی استوارت را افزایش می دهد. مکانیسم وابسته ای نیز برای کاهش بیماری پوسیدگی ساقه و پوسیدگی خوشه ذرت (بیماری دیپلودیای ذرت) مشاهده شده است. از آنجایی که در اکثر گیاهان، نیتروژن غیر آلی در شرایط کمبود پتاسیم تجمع می یابد، بنابراین ترکیبات ضد قارچی به سرعت در گیاه از بین می روند.

تعادل پتاسیمی با سایر عناصر غذایی از عوامل مهم است. جذب غلظت بالای پتاسیم، می تواند مفید یا مضر باشد. همان طور که قبلاً ذکر شد، نسبت N:K بالا در گیاه می تواند گیاه را به بیماری حساس تر نماید. در گزارشی نشان داده شده که نسبت K:Ca بالا در برخی گیاهان می تواند منجر به آسیب بیشتر توسط بیماری گردد. بررسی ها روی سیب زمینی و درختان مرکبات نشان داده است که آلودگی با گال رایج¹¹ در سیب

¹¹. *Streptomyces scabies*

زمینی و پوسیدگی فیتوفتورایی ریشه^{۱۲} مرکبات در غلظت های بالای کود پتاسیمی افزایش می یابد. در نتیجه در هر دو مورد افزایش جذب پتاسیم موجب کمبود کلسیم می شود. کمبود کلسیم ظاهرا منجر به تشکیل دیواره سلول گیاهی یا عملکرد نامناسب آن می گردد و همین امر به افزایش آلودگی و گسترش بیماری درون گیاه کمک می کند. بیماری های گال همچنین می تواند بوسیله تعادل K/Ca بافتی نیز تحت تاثیر قرار گیرند. بسیاری از آلودگی های بیماری از طریق زخم های باز اتفاق می افتد و التیام سریع زخم ها می تواند گسترش آلودگی را کاهش دهد. گزارش ها نشان می دهند انگورهایی که غلظت بالایی از کودهای پتاسیمی را دریافت کرده اند حساسیت کمتری به *Botrytis cinerea* داشتند. این امر به التیام سریع تر زخم ها و تجمع ترکیبات ضد قارچی در اطراف زخم ها کمک می کند.

تغذیه پتاسیمی مطلوب، باعث کاهش شدت آلودگی نماتدی در گیاه می شود. به طوری که کاربرد پتاسیم به طور چشم گیری خسارت های ناشی از نماتد ریشه گرهی را کاهش داده است. بررسی روی نماتدهای سیست سویا نشان داده است که شدت آلودگی بوسیله کود پتاسیمی کافی کاهش می یابد.

کلسیم (Ca)

کلسیم جزء ساختاری دیواره های سلولی و سایر غشاهای گیاه است. در چنین شرایطی، کلسیم نقش اصلی در تمامیت و عملکرد این ساختارها بازی می کند. کمبود کلسیم سبب ایجاد ساختارهایی می شود که مقاومت کمی در برابر آلودگی ارگانسیم های بیماری زا نشان می دهند. دیواره های سلولی به سادگی سدی برای آلودگی نیستند. زمانی که به درستی عمل کنند، عبور قند و سایر ترکیبات را بین سلول ها و بخش های دیگر سلول تنظیم می کنند. زمانی که مقدار کلسیم پایین است، انتقال قندها از درون سلول به فضاهای بین سلولی در بافت گیاهی افزایش می یابد. سطوح قند بالا در این بخش ها منجر به افزایش شانس آلودگی و رشد عوامل بیماری زا می گردد.

¹².*Phytophthora parasitica*

جدول ۵. رابطه مقدار کاتیون بر شدت آلودگی با *Botrytis cinerea* در گیاه کاهو

مقدار کاتیون (%)			آلودگی با <i>Botrytis</i> *
پتاسیم	کلسیم	منیزیم	
۱/۴۴	۱/۰۶	۰/۳۲	۴
۲/۳۸	۰/۵۴	۰/۴۱	۷
۳/۴۲	۰/۲۲	۰/۴۷	۱۳
۴/۸۹	۰/۱۸	۰/۴۲	۱۵

* شاخص آلودگی: ۰-۵- کند، ۱۰-۶- ملایم، ۱۱+ شدید

ساختار و عملکرد درست غشاهای گیاهی صرفاً نقشی نیست که کلسیم در کاهش وقوع یا شدت بیماری بازی می کند. از آنجایی که قارچ ها و باکتری ها، بافت گیاه را تصرف می کنند، قادرند آنزیم های پکتولیتیک رها کنند و بخش هایی از غشاهای سلولی را حل نمایند؛ در نتیجه قادرند به درون ساختارهای سلولی نفوذ نمایند و منجر به گسترش آلودگی گیاه شوند. همچنین بدین وسیله نشت پتاسیم از درون سلول صورت می گیرد و اثرات کمبود پتاسیم در سلول ایجاد می گردد. فعالیت این آنزیم ها می تواند بوسیله یون کلسیم مهار شود. کلسیم نقش اساسی در بهبود انبارداری میوه های آبدار بازی می کند. برای مثال نشان داده شده است در شرایطی که میوه دارای غلظت بالایی از کلسیم است بسیاری از ارقام سیب قادرند به مدت طولانی در انبار باقی بمانند. میوه با غلظت کم کلسیم می تواند موجب ایجاد لکه سیاه^{۱۳} شود که همین امر سبب پوسیدگی یا خرابی بافت میوه درست زیر پوست می گردد. همچنین این میوه ها زودتر از گیاهانی که دارای مقادیر بالا کلسیم هستند، شروع به خرابی زود هنگام و قهوه ای شدن می کنند. همچنین همبستگی نزدیکی بین مقدار کلسیم موجود در پوست غده های سیب زمینی و پوسیدگی نرم باکتریایی وجود دارد که بوسیله سویه های گوناگون باکتری اروینیا^{۱۴} ایجاد می شود.

نظیر بیماری های لکه برگ، کلسیم نقش مهمی در کاهش بیماری های آوندی باکتریایی بازی می کند. شدت بسیاری از بیماری ها اغلب با درجه کمبود کلسیم در گیاه متناسب است. گسترش باکتری در برگ، بسیار

¹³.bitter pit

¹⁴.Erwinia

وابسته به مقدار کلسیم برگ است و در شرایط کمبود، بیماری گسترش می یابد. در جدول ۶ نمونه ای از اثرات کلسیم بر بروز بیماری شانکر باکتریایی در گوجه فرنگی نشان داده شده است.

جدول ۶. رابطه بین مقدار کلسیم و بروز بیماری شانکر باکتریایی در ارقام حساس و مقاوم گوجه فرنگی				
موجودی کلسیم (ppm)	مقدار کلسیم در بافت* (%)		برگ های پژمرده (%)	
	حساس	مقاوم	حساس	مقاوم
۰	۰/۱۲	۰/۱۴	۸۴	۵۶
۱۰۰	۰/۳۷	۰/۴۲	۲۷	۱۲
۲۰۰	۰/۴۳	۰/۵۵	۳۷	۶
۳۰۰	۰/۴۴	۰/۵۸	۲۷	۸

* یادداشت: سطح کلسیم بحرانی در برگ های گوجه فرنگی طیفی از ۱/۲٪ تا ۱/۵٪ دارد و این مقدار وابسته به سن است. گیاه بالغ مقادیر کلسیمی بالاتری را نیاز دارد.

در این بررسی خاطر نشان شد، از زمانی که مقدار کلسیم بافت افزایش می یابد، مقدار پتاسیم و منیزیم کاهش می یابد. این موضوع رابطه آنتاگونیستی بین این سه عنصر کاتیونی را نشان می دهد. در شرایطی که به کاربردهای زیاد یک عنصر یا بیشتر نیاز است، انتظار می رود کاهش در جذب سایر عناصر ایجاد شود.

بُر (B)

به رغم آنکه گزارش شده است بُر آلودگی و اثرات بیماری را کاهش می دهد لیکن عملکرد دقیق آن مشخص نیست. در اینجا به سه عملکرد آن که بیشتر مورد قبول محققین است خواهیم پرداخت:

- نقش آن در تشکیل کمپلکس های کربوهیدرات _ بُرات که انتقال کربوهیدرات و متابولیسم پروتئین دیواره سلولی را کنترل می کند.
- عملکرد بُر در نفوذپذیری و پایداری غشا سلولی
- نقش بُر در متابولیسم ترکیبات فنلی و نقش اولیه در سنتز لیگنین

هنگامی که گیاهی به قارچ آلوده می گردد سدهای دفاعی آن شروع به فعالیت می کنند. آلودگی سبب افزایش تولید ترکیبات فنلی و فلاونوئیدهای مهارکننده در جایگاه آلودگی و سایر بخش های گیاه می گردد. تولید و

انتقال این ترکیبات در بخش زیادی با تغذیه گیاه کنترل می شود. بنابراین کمبود عناصر غذایی کلیدی مانند پتاسیم، منگنز، مس، روی و بُر مقدار ترکیبات طبیعی ضد قارچی گیاهان را در محل آلودگی کاهش می دهد. اثبات شده است زمانی که بُر کاهش می یابد دیواره سلول گیاهی متورم شده و شرایط برای پاره شدن سلول و تضعیف فضاهای بین سلولی فراهم می گردد. بنابراین سد فیزیکی سلول تضعیف و آلودگی گسترش می یابد. بُر همچنین در درون سلول گیاهی در تولید ترکیبات و ساختارهای حفاظتی در برابر بیماری ها نقش دارد. کمبود بُر سبب ترشح مقادیر زیادی از ترکیبات مانند قندها و آمینو اسیدها توسط گیاه می گردد بدین ترتیب شرایط برای تثبیت بسیاری از آلودگی های قارچی فراهم می گردد. بُر در کنترل بیماری های زیر سودمند بوده است (جدول ۷). جدول زیر ضرورتا تمام عوامل بیماری زا را در بر نمی گیرد و ممکن است این بیماری ها گونه های گیاهی بیشتری را تحت تاثیر قرار دهند.

جدول ۷. اثر مثبت بُر بر برخی از بیماری های گیاهی

نام علمی بیماری	نام رایج بیماری	محصول
<i>Fusarium solani</i>	پوسیدگی ریشه	لوبیا
<i>Verticillium alboatrum</i>	پژمردگی	گوجه فرنگی
<i>Verticillium alboatrum</i>	پژمردگی	پنبه
<i>Synchytrium endobioticum</i>	بیماری زگیل سیب زمینی	سیب زمینی
<i>Petrobia latens</i>	کنه ها	گندم

مس (Cu)

کارایی مس در جلوگیری و بهبود بیماری های گیاهی تا سال ۱۹۰۰ به خوبی شناخته نشده بود. بررسی ها درباره ویژگی های ضد قارچی مس منتهی به این کشف شد که مس عنصر اصلی غذایی است. همانند منگنز، مس نیز عنصر ضروری برای گیاهان عالی و نیز قارچ ها و باکتری ها است. مس در مقادیر زیاد برای گیاهان سمی است. لیکن، گیاهان عالی مانند محصولات زراعی و زینتی قادرند سطوح بالای مس را نسبت به قارچ ها و باکتری ها تحمل نمایند. این تفاوت در مقاومت، زارعین را قادر می سازد تا از مس به عنوان یک تیمار

درمانی استفاده نمایند. کود مسی طیف وسیعی از بیماری های قارچی و باکتریایی را کاهش می دهد. مشخص شده است در صورتی که مس به شکل اسپری برگی بکار برده شود کارایی بیشتری در کنترل بیماری ها دارد. هنگامی که گیاهی به قارچ آلوده می گردد، سدهای دفاعی آن شروع به فعالیت می کنند. آلودگی سبب افزایش تولید ترکیبات فنلی و فلاونوئیدهای مهارکننده در جایگاه آلودگی و سایر بخش های گیاه می گردد. تولید و انتقال این ترکیبات در بخش زیادی با تغذیه گیاه کنترل می شود. بنابراین کمبود عناصر غذایی کلیدی مانند پتاسیم، منگنز، مس، روی و بُر مقدار ترکیبات طبیعی ضد قارچی گیاهان را در جایگاه آلودگی کاهش می دهد. پاسخ دیگر گیاه به آلودگی، تشکیل رادیکال های اکسیژنی (O^- و OH^-) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) است. این عناصر و ترکیبات می توانند سلول های گیاهی و نیز عامل بیماری زا را تخریب نمایند. در هر واقعه ای مس برای سمیت زدایی رادیکال های اکسیژنی و پراکسید هیدروژن عمل می کند بنابراین آسیب به سلول های گیاهی کاهش می یابد.

مس در کنترل بیماری های زیر سودمند بوده است (جدول ۸). جدول زیر ضرورتا تمام عوامل بیماری زا را در بر نمی گیرد و ممکن است این بیماری ها گونه های گیاهی بیشتری را تحت تاثیر قرار دهند.

جدول ۸. اثرات مثبت مس بر برخی از بیماری های گیاهی

نام علمی بیماری	نام رایج بیماری	محصول
<i>Blumaria graminis var. tritici</i>	سفیدک	گندم
<i>Alternaria</i>	نقطه برگی/ساقه	آفتابگردان
<i>Puccinia triticea</i>	زنگ قهوه ای گندم	گندم
<i>Claviceps purpurea</i>	ارگوت	چاودار
<i>Claviceps purpurea</i>	ارگوت	جو
<i>Pyricularia oryzae</i>	بلاست	برنج
<i>Septoria</i>	لکه برگی/گلوم	گندم
<i>Heterodera</i>	نماتد	چغندر قند
<i>Verticillium albo-atrum</i>	پژمردگی	گوجه فرنگی

پنبه	پژمردگی	<i>Verticillium dahliae</i>
سیب زمینی	اسکاب معمولی سیب زمینی	<i>Streptomyces scabies</i>
گندم	پاخوره	<i>Baeumannomyces graminis var. tritici</i>

پژوهش درباره ویژگی های ضد قارچی مس نشان داده است که استعمال ۱۰ تا ۱۰۰ برابر بالاتر از مقدار توصیه شده به شکل اسپری برگی قادر است ویژگی های ضد قارچی آن را نمایان نماید. به هر حال اثبات شده است گیاهانی که دارای غلظت پایین مس هستند به بیماری های گوناگون حساس ترند. بنابراین توانایی مهار بیماری توسط مس می تواند در طیف بالایی از غلظت ها اتفاق بیافتد. مس می تواند هم به عنوان مهار کننده مستقیم بیماری های گوناگون عمل کند و هم قادر است به گیاهان امکان دفاع بهتر را در برابر بیماری بدهد.

ریز مغذی هایی مانند مس، منگنز، روی و آهن در محلول شان دارای کاتیون های دو ظرفیتی و اشکال قابل دسترس گیاه هستند و نسبت به یکدیگر رفتار آنتاگونیستی دارند. این آنتاگونیسم گهگاهی در جذب عناصر غذایی و نیز در ارتباط با کنترل بیماری هم گزارش شده است. در یک بررسی دریافتند که یون دو ظرفیتی روی، اساسا اثرات ضد قارچی گیاهان گوجه فرنگی تیمار شده با مس را خنثی می کند. عنصر روی، همچنین ویژگی های ضد قارچی دارد و برای بسیاری از عوامل بیماری زا نسبت به مس سمیت کمتری ایجاد می کند. هنگامی که جذب مس بوسیله یون روی اضافی مهار می شود، اثر مثبت یون مس در کنترل بیماری نیز کاهش می یابد.

منگنز (Mn)

مشخص شده است که منگنز به مهار بیماری های قارچی و باکتریایی کمک می کند و نیز یکی از مواد مؤثره برخی قارچ کش ها است. منگنز نقش کلیدی در تولید ترکیبات فنلی و تشکیل لیگنین بازی می کند که دو سیستم دفاعی در گیاه هستند. آلودگی سبب افزایش تولید ترکیبات فنلی و فلاونوئیدهای مهارکننده در محل آلودگی و سایر بخش های گیاه می گردد به طوری که تولید و انتقال این ترکیبات در بخش زیادی با تغذیه گیاه کنترل می شود. بنابراین کمبود عناصر غذایی کلیدی مانند یون های پتاسیم، منگنز، مس، روی و بُر منجر به کاهش مقدار ترکیبات طبیعی ضد قارچی گیاهان در جایگاه آلودگی می گردد. ترکیبات فنلی برای بسیاری از

عوامل بیماری زا سمی هستند و لیگنین یک سد فیزیکی دفاعی برای نفوذ این میکروارگانیسم ها است. همچنین منگنز در سم زدایی رادیکال های اکسیژنی (O^- و OH^-) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) نقش اساسی دارد. منگنز اضافی در گیاهان عالی ایجاد سمیت می نماید این در حالی است که مقادیر فراوان این عنصر برای قارچ ها و باکتری ها نیز سمی است. این می تواند نشان دهد که سطوح بالای منگنز در برخی از گیاهان از طریق قارچ کش ها یا تغذیه بدست می آید که همین امر منجر به سمیت ساده منگنز برای قارچ و باکتری می گردد.

با پایین آوردن pH خاک (که مقدار منگنز محلول افزایش می یابد) یا با اضافه کردن غلظت بالایی از منگنز به خاک، گسترش آلودگی غده های سیب زمینی بوسیله *Streptomyces scabies* کاهش می یابد.

در صنوبر نروژی، پوست داخلی ریشه ها کمتر قادر به فعالیت ضد قارچی علیه عامل بیماری زای *Fomes annosus* نسبت به پوست بیرونی است. زمانی که این بیماری ایجاد می گردد بیماری در مرکز ریشه (قلب ریشه) ایجاد می گردد که ناحیه ضعیف تر ریشه است. زمانی که این درختان با غلظت بالایی منگنز و غلظت پایین نیتروژن تغذیه می شوند، توانایی ضد قارچی پوست داخلی افزایش می یابد.

پژوهشگران دریافته اند که گیاهان بیمار، مقدار منگنز بسیار پایینی نسبت به گیاهان سالم داشتند. این امر می تواند به دلایل گوناگونی اتفاق بیافتد به طوری که رابطه نزدیکی بین یون منگنز و بروز بیماری های گیاهی وجود دارد. برخی قارچ های خاکزاد توانایی اکسید کردن منگنز خاک را دارند این امر منگنز را غیر قابل دسترس برای گیاهان عالی می کند. بنابراین سبب کاهش جذب منگنز و کاهش مقاومت در محصول یا گیاه هدف می گردد. علاوه بر این، در شرایطی که مقدار منگنز و سایر عناصر غذایی در برگ ها و ساقه ها کاهش می یابد، برخی از بیماری هایی که به ریشه و سیستم آوندی (چوبی) آسیب وارد می سازند، افزایش یافته و بدین ترتیب گیاه حساس تر به این نوع بیماری ها می گردد. از این رو سطح عناصر غذایی در بخش هوایی گیاه کاهش یافته و بیماری سریع تر گسترش می یابد.

منگنز در توانایی گندم برای مقاومت به بیماری پاخوره¹⁵ نقش مهمی را بازی می کند. این بیماری در pH خنثی و قلیایی خاک رشد کرده و بسیار حساس به خاک اسیدی است. قابلیت دسترسی به منگنز در منطقه ریشه ها و مقدار منگنز ریشه ها اثر مستقیمی بر شدت بیماری پاخوره دارد. در زمانی که pH خاک افزایش می

¹⁵. *Gaeumannomyces graminis*

یابد، دسترسی به جذب منگنز بطور چشم گیری کاهش می یابد. این قارچ همچنین توانایی اکسید کردن منگنز خاک را دارد که در این حالت منگنز را برای گیاه غیر قابل دسترس می کند. کاهش جذب منگنز در گیاه توانایی آن را برای سنتز لیگنین تضعیف نموده و این امر توانایی گیاه را برای مقاومت به آلودگی کاهش می دهد. به علت تحرک محدود منگنز از برگ ها به ریشه ها، اسپری برگی منگنز در کنترل بیماری پاخوره چندان مؤثر نیست. در خاک هایی با pH بالا، به دلیل اکسیداسیون و عدم تحرک منگنز استعمال خاکی این عنصر چندان مؤثر نیست.

جدول زیر اثرات مثبت منگنز را در کنترل بیماری ها نشان می دهد (جدول ۹). فهرست زیر ضرورتا تمام عوامل بیماری زا را در بر نمی گیرد و ممکن است این بیماری ها گونه های گیاهی بیشتری را تحت تاثیر قرار دهند.

جدول ۹. اثرات مثبت منگنز بر برخی از بیماری های گیاهی

نام علمی بیماری	نام رایج بیماری	محصول
<i>Streptomyces scabies</i>	اسکاب معمولی سیب زمینی	سیب زمینی
<i>Pyricularia oryzae</i>	بلاست	برنج
<i>Alternaria</i>	نقطه برگی	برنج
<i>Blumaria grammis var. tritici</i>	سفیدک	گندم
<i>Verticillium alboatrum</i>	پژمردگی	پنبه

روی (Zn)

بررسی های اولیه در ابتدای دهه ۱۹۲۰ نشان داد که گیاهانی که با کمبود روی مواجه بودند در معرض بیماری های گوناگون قرار داشتند. گزارش ها در همان زمان نشان داد که عنصر روی توانایی گیاهان را برای دفاع در برابر بیماری بهبود می بخشد. امروزه اطلاعات درباره رابطه ویژه یون روی با عوامل بیماری زای گیاهی گسترش یافته است. برخی منابع خاطر نشان نمودند که مدارک مشخصی دال بر اینکه چگونه عنصر روی برخی بیماری ها را مهار می کند، وجود ندارد لیکن سایرین نشان دادند که عنصر روی به طور مستقیم برای بسیاری از ارگانسیم های بیماری زا سمی است. اینکه عنصر روی ماده مؤثره برخی قارچ کش ها است

مدارکی وجود دارد که به طور مستقیم اثر سمی این نوع قارچ کش ها را به اثبات رسانده است. مدارک همچنین نشان داده است در خاک هایی که عنصر روی محلول (قابل دسترس بوسیله گیاهان) پایینی دارند ممکن است جوامع بیشتری از برخی ارگانسیم های بیماری زا را دارا باشند. به هر حال، برخی از گونه های فوزاریوم (*F. oxysporum* و *F. lycopersici*) نسبت به بسیاری از محصولات زراعی نیاز بیشتری به عنصر روی دارند زیرا زمانی که در کشت های ایزوله، روی وجود ندارد، رشد و گسترش کمتری نشان می دهند. روی به تولید و سم زدایی رادیکال های اکسیژنی و پراکسید هیدروژن کمک می کند و بنابراین آسیب به سلول های گیاهی را محدود می کند. عنصر روی برای تمامیت و پایداری غشاهای گیاهی ضروری است و تصور می شود به جلوگیری از نشت عناصر یا ترکیبات ضروری از سلول های گیاهی کمک می کند. مشخص شده است کمبود روی به تجمع قندهای بکار نرفته در گیاه کمک می کند. دانشمندان دریافته اند که در برخی گیاهان که با کمبود روی مواجه می باشند نشت قندها به سطح برگ ها اتفاق می افتد. این مورد می تواند شرایط را برای هجوم قارچ و باکتری فراهم نماید. از این رو بهبود تغذیه عنصر روی به جلوگیری از گسترش بیماری ها کمک خواهد نمود.

شدت تغذیه و تولید مثل بوسیله حشرات مکنده در گیاهانی با مقدار آمینو اسید بالا بیشتر است. این شرایط در گیاهان با کمبود روی یا افزایش نسبی نیتروژن در مقایسه با سایر عناصر غذایی رایج است. روی در کنترل بیماری های زیر سودمند بوده است (جدول ۱۰). فهرست زیر ضرورتا تمام عوامل بیماری زا را در بر نمی گیرد و ممکن است این بیماری ها گونه های گیاهی بیشتری را تحت تاثیر قرار دهند.

جدول ۱۰. اثرات مثبت روی بر برخی از بیماری های گیاهی

نام علمی بیماری	نام رایج بیماری	محصول
<i>Phytophthora nicotiana</i>	پوسیدگی ریشه	پرتغال
<i>Penicillium citrinum</i>	کپک	مرکبات
<i>Verticillium</i>	پژمردگی	پنبه
<i>Rotylenchulus reniformis</i>	نماتد	گوجه فرنگی
<i>Phymatotrichopsis omnivorum</i>	پوسیدگی ریشه	پنبه
<i>Gaeumannomyces graminis var. tritici</i>	پاخوره	گندم
<i>Erysiphe polygoni</i>	پوسیدگی پایه	سویا

آهن (Fe)

با وجود آنکه مدارک زیادی حاکی از آنست که آهن علیه برخی از بیماری ها فعال می باشد لیکن در گروه های یکسانی با پتاسیم، منگنز، مس و روی قرار داده نشده است. شواهد نشان می دهد عوامل بیماری زای گیاهی عموماً به آهن بالایی نیاز دارند. برخی از مطالعات نشان دادند که رقابت برای آهن بین گیاهان عالی و عوامل بیماری زا عاملی در آلودگی گیاهان عالی است. آهن به تولید و سم زدایی رادیکال های اکسیژنی و پراکسید هیدروژن کمک می کند و بنابراین آسیب به سلول های گیاهی را محدود می کند.

برخی از بررسی ها نشان داده اند که افزایش قابلیت دسترسی یا جذب آهن می تواند در واقع شدت بیماری ها را افزایش دهد. برای مثال مقاومت به پژمردگی فوزاریومی گوجه فرنگی بوسیله آهن کاهش می یابد بدون اینکه رشد و نمو قارچ ها را تحت تاثیر قرار دهد. در این مورد آهن همچنین جوانه زنی اسپور قارچ را تحریک می کند. در سایر بررسی ها نتایج نشان داد آهن مکمل، دامنه و شدت بیماری پاخوره را در گندم و جو افزایش می دهد.

در تغذیه گیاه و شیمی خاک، میکروالمان های منگنز، مس، آهن و روی با یکدیگر آنتاگونیست هستند. علاوه بر این بسیاری از گیاهان تا حدودی به نسبت Fe:Mn در بافت حساس هستند. از آنجایی که می دانیم منگنز، مس و روی ویژگی و عملکردهای ضد میکروبی مهمی دارند، آهن اضافی قادر است فعالیت یکی از این

عناصر یاد شده را مهیار نماید. آهن در کنترل بیماری های زیر سودمند بوده است (جدول ۱۱). فهرست زیر ضرورتاً تمام عوامل بیماری زا را در بر نمی گیرد و ممکن است این بیماری ها گونه های گیاهی بیشتری را تحت تاثیر قرار دهند.

جدول ۱۱. اثرات مثبت آهن بر برخی از بیماری های گیاهی

نام علمی بیماری	نام رایج بیماری	محصول
<i>Puccinia recondita</i>	زنگ قهوه ای	گندم
<i>Tilletia sp.</i>	سیاهک پنهان	گندم
<i>Coletotrichu mmusae</i>	آنتراکنوز	موز
<i>Sphaeropsis malorum</i>	پوسیدگی سیاه	سیب
<i>Sphaeropsis malorum</i>	پوسیدگی سیاه	گلابی
<i>Olpidium brassicae</i>	وکتور ویروس	کلم

کلر (Cl)

عنصر کلر زمانی که به شکل یون کلرید (Cl⁻) در می آید یک میکروالمان ضروری برای اهداف تغذیه ای است. همچنین هنگامی که با نرخ های مشابه با مقادیر عناصر اصلی یا ثانویه بکار برده می شوند اثرات ضد میکروبی چشم گیری دارند. درباره مکانیسم عمل آن در کنترل بیماری توافق چندانی وجود ندارد. همچنین مقادیر اضافی کلر عاملی در تنش شوری و آسیب به گیاه است. بنابراین اثرات کلر طیفی از اثرات میکروالمان ها در مقادیر پایین تا بازدارندگی بیماری در مقادیر متوسط و ایجاد سمیت در مقادیر اضافی است.

در حالی که در بسیاری از گزارش ها نشان دادند که کودهای کلر برای محصولات زراعی مفید هستند برخی از محصولات زراعی می توانند از اثرات آن آسیب ببینند. به عنوان مثال سال ها مشخص شده بود که تنباکو بوسیله مقادیر نسبتاً پایین کلر آسیب می بیند. برخی ارقام سویا که در جنوب آمریکا کشت می شوند همچنین حساس به آسیب کلر هستند. سایر محصولات مانند یونجه، سیب زمینی، پنبه، گوجه فرنگی و سورگوم به سطوح بالای کلر حساسیت دارند. محصولات نامبرده در مقادیر متوسط رشد مناسبی دارند. بنابراین اثرات سودمند یا آسیب کلر بستگی به مقادیر و غلظت کاربرد آن دارد.

کلر در کنترل بیماری های زیر سودمند است (جدول ۱۲). فهرست زیر ضرورتاً تمام عوامل بیماری زا را در بر نمی گیرد و ممکن است این بیماری ها گونه های گیاهی بیشتری را تحت تاثیر قرار دهند.

جدول ۱۲. اثرات مثبت کلر بر برخی از بیماری های گیاهی

نام علمی بیماری	نام رایج بیماری	محصول
<i>Gobbler fujikuroi</i>	پوسیدگی	ذرت
<i>Fusarium moniliforme</i>	پوسیدگی فوزاریومی	ذرت
<i>Fusarium solani</i>	سندرم مرگ ناگهانی	سویا
<i>Puccinia striiformis</i>	زنگ زرد	گندم
<i>Puccinia recondita</i>	زنگ قهوه ای	گندم
<i>Gaeumannomyces graminis var. tritici</i>	پاخوره	گندم
<i>Septoria nodorum</i>	لکه برگ	گندم
<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	لکه خرمايي برگ	گندم
اختلالات فیزیولوژیکی بدون آثار بیماری	پوک شدگی	سیب زمینی
اختلالات فیزیولوژیکی بدون آثار بیماری	مغز قهوه ای	سیب زمینی
<i>Fusarium</i>	زردی فوزاریومی	کرفس

سلیسیوم (Si)

اگرچه سلیسیوم در فهرست عناصر غذایی ضروری قرار ندارد اما در کاهش بیماری در برخی گیاهان سودمند است. مدارک نشان می دهد که یکی از مکانیسم هایی که این عنصر اعمال می کند افزایش سد فیزیکی گیاه در برابر آلودگی است. افزایش سلیسیوم در گیاهان مشکل حشرات مکنده، نظیر شته ها یا پوره های برگ را افزایش می دهد. کاهش تغذیه بوسیله این حشرات می تواند در جلوگیری و گسترش بیماری های ویروسی کمک نماید. همچنین گزارش کردند سلیسیوم نقش فعال تری در مهار بیماری بازی می کند. برخی بررسی ها نشان داد که مکان های بدون آلودگی نسبت به مکان های آلوده شده دارای مقادیر زیادتری سلیسیوم هستند. این افزایش مقدار سلیسیوم عاملی در مهار آلودگی بوده و این عنصر به جایگاه آلودگی منتقل می گردد. برخی

بررسی ها همبستگی بین تجمع ترکیبات فنلی در اطراف جایگاه های آلودگی و تجمع سلیسیوم در اطراف جایگاه های مشابه را نشان داده اند. سلیسیوم می تواند نقشی در انتقال ترکیبات فنلی مهار کننده آلودگی داشته باشد.

سلیسیوم در کنترل بیماری های زیر سودمند است (جدول ۱۳). فهرست زیر ضرورتا تمام عوامل بیماری زا را در بر نمی گیرد و ممکن است این بیماری ها گونه های گیاهی بیشتری را تحت تاثیر قرار دهند.

جدول ۱۳. اثرات مثبت سلیسیوم بر برخی از بیماری های گیاهی

نام علمی بیماری	نام رایج بیماری	محصول
<i>Piricularia oryzae</i>	بلاست برنج	برنج
<i>Cochliobolus miyabeanus</i>	لکه قهوه ای	برنج
<i>Erysiphe graminis</i>	کپک پودری	جو
<i>Sphaeotheca fuliginea</i>	کپک پودری	خیار
<i>Uncinula necator</i>	کپک پودری	انگور
<i>Uromyces phaseoli</i>	زنگ	لوبیا

مولیبدن (Mo)

اثرات مولیبدن در کاهش بیماری های گیاهی کمتر شناخته شده است. گزارش شده است مولیبدن در ریشه های گوجه فرنگی علائم پژمردگی ورتیسلیومی را کاهش می دهد همچنین این عنصر تولید سم بوسیله *Myrothecium roridum* عامل بیماریزای خربزه را کاهش می دهد. گزارش ها نشان داده اند که مولیبدن به آرامی گسترش بیماری های *Phytophthora dreschleri* و *Phytophthora cinnamomi* را در انواع مختلفی از محصولات کاهش می دهد. بررسی ها نشان داد استعمال خاکی مولیبدن جمعیت نماتدهای *Rotylenchulus reniformis* را کاهش می دهد. مکانیسم عمل مولیبدن در گیاهان که چه نوع نقش حفاظتی علیه عوامل بیماری زا ایجاد می کند، شناخته شده نیست. احتمالا هر نوع اثر کمبود مولیبدن روی بیماری ها می تواند غیر مستقیم باشد از طرفی نقش مولیبدن در متابولیسم نیتروژن نیز شناخته شده است.

نیکل (Ni)

نیکل گاهی اوقات با عناصر غذایی ضروری فهرست می شود یا به عنوان عنصر بالقوه ضروری و نیز در فهرست فلزات سنگین قرار می گیرد. از این رو مقدار آن در خاک باید تحت کنترل باشد. نیکل نقش کلیدی در متابولیسم نیتروژن در گیاهان بازی می کند. سطح بحرانی در گیاهان بین ۱۰ و ۱۰۰ ppb گزارش شده است از این رو کشاورزان کمتر با کمبود این عنصر مواجه می شوند.

کادمیوم (Cd)

کادمیوم عنصر ضروری نیست و در مقادیر پایین سمی نمی باشد. از آنجایی که حداقل مقدار ۳ ppm آن در محلول غذایی، قادر است رشد اکثر گیاهان را مهار نماید؛ از این رو عناصری نظیر نیکل در فهرست فلزات سنگین قرار دارند و مقدار آنها باید در خاک تحت کنترل باشد. دانشمندان دریافته اند که کادمیوم در غلظت های پایین سبب افزایش تشکیل لیگنین در گندم می شود. همچنین این عنصر به عنوان یک مکانیسم دفاعی در برابر بیماری عمل می کند و اثرات مخرب کپک های پودری را در انواع محصولات زراعی کاهش می دهد.

لیتیم (Li)

لیتیم جزء عناصر ضروری نمی باشد و می تواند در مقادیر کم نیز سمی باشد. محققین دریافته اند این عنصر برای مرکبات در سطوح خاکی حدود ۲ ppm تا ۵ سمی است. عناصری نظیر کادمیوم می توانند اثرات مخرب کپک های پودری را کاهش دهند.

فهرست منابع

1. W. Engelhard (1993). Soilborn plant pathogens: management of diseases with macro and microelements .ed., American Phytopathological Society.
2. Horst Marschner (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press.