نقش عناصر غذایی در مدیریت بیماری‌های گیاهی

علی‌رضا شعله‌ورفرد[۱] و محمدرضا موسوی[۲]✉

۱- کارشناس‌ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، باشگاه پژوهشگران و نخبگان جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت

۲- استادیار گروه بیماری‌شناسی گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت

تاریخ دریافت : ۱۳۹۲/۰٤/۱۰ **تاریخ پذیرش:**۱۳۹۲/۱۰/۰۱

شعله‌ورفرد ع. و موسوی م.ر. ۱۳۹۲. نقش عناصر غذایی در مدیریت بیماری‌های گیاهی. *دانش بیماری‌شناسی گیاهی* ۳(۱): ۱۷-۳٦.

چکیده

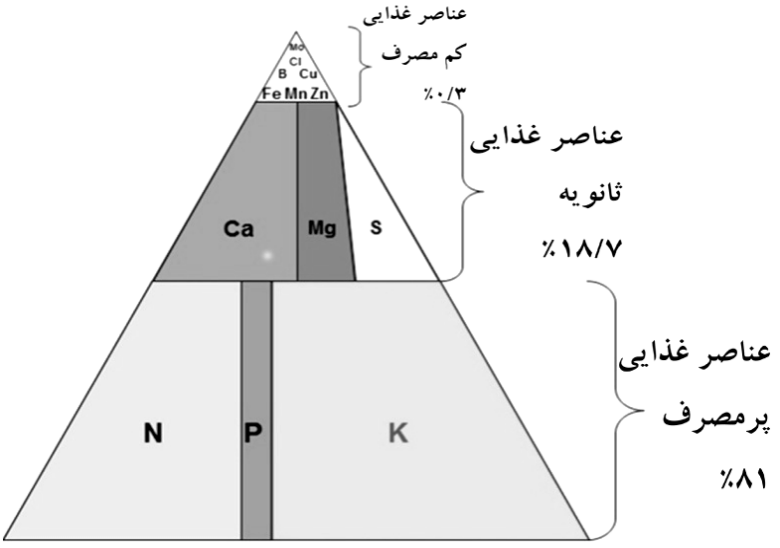
عناصر غذایی معمولا برای افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی مصرف می‌شوند. این عناصر قادر به افزایش سطح تحمل یا مقاومت گیاهان به بعضی بیماری‌ها نیز هستند. تصحیح و تعدیل مواد غذایی خاک می‌تواند به عنوان یک روش موثر مدیریت بیماری‌های گیاهی در کشاورزی پایدار در نظر گرفته شود. عناصر غذایی اولین و مهمترین خط دفاعی را در برابر بیماری‌های گیاهی تشکیل می‌دهند که روی تمام اجزای مثلث بیماری تاثیر می‌گذارند. مواد غذایی می‌توانند بیماری‌ها را تاحد رضایت بخشی کاهش دهند یا حداقل آنها را تا سطحی تقلیل دهند که مهارشان توسط سایر روش‌ها موفقیت‌آمیزتر و ارزان‌تر باشد. در این مقاله تاثیر عناصر غذایی روی میزان تحمل یا مقاومت، ساختار بافتی و ظاهری گیاه، بیماری‌زایی و بقای بیمارگر بررسی شده است.

واژه‌های کلیدی: بیماری، پتاسیم، فسفر، گیاه، نیتروژن

✉ مسئول مکاتبه، پست الکترونیک: rmmoosavi@yahoo.com

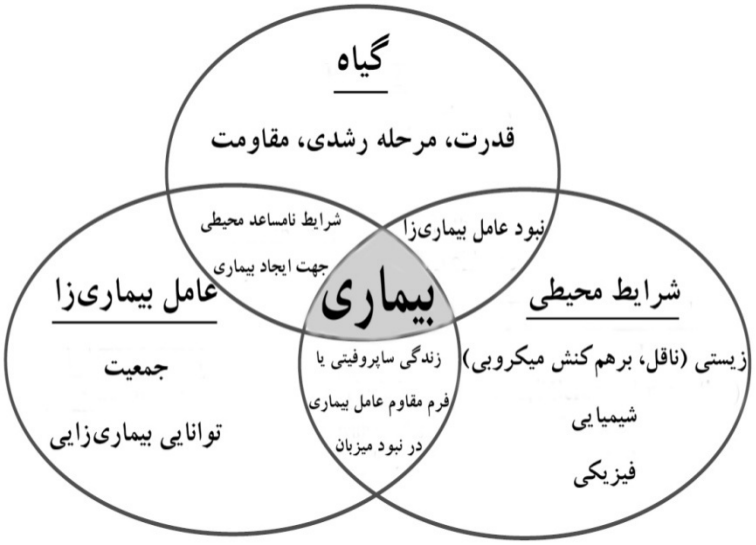
مقدمه

موضوع تغذیه و نقش آن در رشد مناسب گیاهان، از دیرباز مورد توجه پژوهشگران بوده است، که با پژوهش‌های انجام شده، مشخص گردیده که مواد مغذی به صورت مستقیم و غیر مستقیم در مقاومت گیاه به بیماری نقش داشته و از طرف دیگر بیماری‌ها نیز می‌توانند ترکیب عناصر غذایی گیاه را تغییر دهند. عناصر غذایی پرمصرف، عناصری هستند که به مقدار بیشتری مورد نیاز گیاهان هستند و شامل نیتروژن(N)، فسفر(P)، پتاسیم(K)، کلسیم(Ca)، گوگرد(S) و منیزیم (Mg) می‌باشند. از میان این عناصر، نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشتر از بقیه مورد استفاده بوده و بخش اعظم نیازهای غذایی گیاه را تشکیل می‌دهند. به عناصر کلسیم، منیزیوم و گوگرد عناصر غذایی ثانویه نیز می‌گویند. عناصر غذایی کم‌مصرف جزء عناصر ضروری گیاه بوده ولی در مقدار کم مورد استفاده و اثر بخش هستند. تنها آهن(Fe) در مقایسه با سایر این عناصر به نسبت بیشتری استفاده می‌شود، بقیه آن‌ها شامل منگنز(Mn)، بر(B)، مس(Cu)، روی(Zn)، کلر(Cl) و مولبیدن (MO) هستند (شکل ۱). تامین این عناصر برای کشت‌های بدون خاک (Soilless Mixtures) ضروری و حیاتی است، اما برای کشت گیاهان در گلدان، یا مزرعه چندان ضروری نیستند (Marschner 2012, Daroub & Snyder 2007).



شکل ۱- نیاز گیاهان به عناصر غذایی پرمصرف، ثانویه و کم مصرف (Spann & Schumann 2010).

بسیاری از بیمارگرها می‌توانند تغذیه‌ی گیاه را کاملاً دگرگون کنند و اغلب تمایز میان نشانه‌های به وجود آمده توسط عامل‌های زنده و غیرزنده دشوار است (Romheld 2012). از این رو با تغییرات توزیع مواد غذایی، ملاحظه می‌شود بسیاری از نشانه‌های سیستمیک و موضعی ناشی از بیماری‌ها با نشانه‌های کمبود یا زیادی مواد غذایی مشابه است. گزارش‌ها نشان می‌دهند که بیشتر عناصر غذایی معدنی بر وقوع یا تغییر شدت بیماری‌های گیاهان موثرهستند (Huber *et al.* 2012, Huber & Graham 1999). جهت ایجاد بیماری حضور سه بخش اصلی گیاه میزبان، بیمارگر و شرایط مساعد محیطی الزامی است (شکل ۲) که برهم‌کنش آن‌ها باعث ایجاد بیماری و تغییر در هر بخش باعث شدت یا کاهش بیماری می‌شود. عکس‌العمل بین گیاهان، عناصر غذایی و عوامل بیماری‌زای گیاهی نامعلوم و تاحدودی ناشناخته است. با وجود ناشناخته بودن این نوع عکس‌العمل‌ها، تاثیر عناصر غذایی همواره جزء اصلی کنترل بیماری‌های گیاهی به حساب می‌آید. تقریبا همه خاک‌ها و محیط‌های رشدگیاهان حاوی مقادیر زیادی از عوامل بیماری‌زا هستند. در این شرایط، گیاهانی که از کمبود عناصر غذایی رنج می‌برند مقاومت کمتری از خود نشان می‌دهند و به بسیاری از عوامل بیماری‌زا حساس‌تر هستند. ثابت شده است که تمام عناصر غذایی می‌توانند ایجاد بیماری را در گیاهان تحت تأثیر قرار دهند اما بعضی از عناصر دارای اثر بیشتر و مهم‌تری هستند (Vidhyasekaran 2004, Spann & Schumann 2010).



شکل۲- طرح کلی تعامل عوامل اصلی موثر در ایجاد بیماری‌های گیاهی (Huber & Jones 2013).

مقاومت به بیماری در گیاهان در وهله اول یک واکنش ژنتیکی است، با این وجود توانایی گیاه برای بیان این پتانسیل ژنتیکی می‌تواند تحت تاثیر عناصر غذایی قرار گیرد. گونه‌ها یا ارقامی که مقاومت ژنتیکی بالایی به یک بیماری دارند، نسبت به گیاهان متحمل به بیماری کمتر تحت تأثیر تغییرات عناصر غذایی قرار می‌گیرند. همچنین گیاهانی که از نظر ژنتیکی بسیار حساس هستند ممکن است حساس باقی بمانند ولی قادر هستند اثرات ناشی از بیمارگر را با تغذیه مناسب کم کرده و بیماری را تحمل کنند. افزودن بهینه عناصر غذایی باعث افزایش کمی وکیفی محصول و در بعضی موارد مقاومت در برابر بیماری‌ها می‌شود. گاهی نیز استفاده بیشتر از نیاز غذایی گیاه، می‌تواند منجر به افزایش حساسیت به بیماری گردد (Dordas 2008, Huber & Graham 1999, Engelhard 1996). به دلیل وجود انعطاف پذیری در بیشتر برهم کنش‌های بیماری و تغذیه، انتظار می‌رود که روز به روز بر استفاده از عناصر مغذی در کاهش بیماری‌های گیاهی افزوده شود. در کشاورزی مدرن، دستکاری تغذیه‌ای از راه بهسازی یا تغییر محیط خاک یک شیوه مهم در مبارزه زراعی با بیماری‌ها و جزء لاینفک تولید پایدار محصولات کشاورزی به شمار می‌رود. مصرف بهینه کود نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد و بهبود کیفی محصولات زراعی و باغی دارد و با مصرف متعادل کودها و ریزمغذی‌ها شاهد افزایش استحکام گیاه، پیشگیری از شیوع بیماری‌های گیاهی و افزایش مقاومت گیاهان در برابر بیماری‌ها و آفات خواهیم بود و در نتیجه، مصرف سموم شیمیایی کاهش یافته و مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف آن‌ها نیز کمتر خواهد گردید (Huber & Haneklaus 2007, Atkinson & McKinlay 1997).

۱- تاثیر عناصر غذایی پرمصرف درمدیریت بیماری‌های گیاهی

۱-۱- نیتروژن (N)

منابع نیتروژن قابل توصیه برای اضافه کردن به خاک شامل نیترات پتاسیم، نیترات آمونیوم، نیترات کلسیم و اوره است. رابطه بین زیادی نیتروژن و تشدید بعضی بیماری‌های گیاهان یکی از رایج‌ترین بر هم‌کنش‌های بین عناصر غذایی و بروز بیماری‌ها و در مقابل، تاثیر تغذیه مناسب با نیتروژن در جلوگیری از شیوع بعضی بیماری‌ها است. جذب کافی نیتروژن برای تشکیل مولکول‌های حیاتی مختلف از جمله پروتئین‌ها و آنزیم‌هایی که در رشد و مقاومت به بیماری‌ها موثر

هستند، ضروری است. از طرف دیگر در صورتی که مقدار نیتروژن از سطح بهینه خود فراتر رود، مقدار ترکیبات ضد قارچی کاهش می‌یابد (Hawkesford *et al*. 2012, Huber & Thompson 2007, Lewandowski *et al*. 1999).

به طور کلی زیادی و کمبود نیتروژن سبب کاهش مقاومت گیاه نسبت به بیماری‌ها می‌شود، مثلاً شدت پوسیدگی خاکستری (*Botrytis cinerea*) با جبران کمبود نیتروژن در گیاه کاهش پیدا می‌کند. در گیاهانی که مقدار اسیدهای آمینه آن‌ها فراوان است شدت تغذیه و تولیدمثل حشرات مکنده نیز افزایش می‌یابد. این حالت در گیاهانی رایج است که با کمبود پتاسیم، روی یا افزایش نسبی نیتروژن مواجه هستند. از آنجا که برخی از حشرات مکنده مانند شته‌ها حامل بیماری هستند بدین ترتیب عدم تعادل در مقدار نیتروژن می‌تواند احتمال بروز برخی از بیماری‌ها را که توسط حشرات مکنده منتقل می‌شوند، افزایش دهد. جذب نیتروژن اضافی توسط گیاه شرایط را برای فعالیت مطلوب‌تر عامل بیماری فراهم می‌کند. نیتروژن اضافی سبب تسریع رشد بافت‌های آبدار (گوشتی) با دیواره‌های سلولی نازک شده و حساسیت گیاهان را به آلودگی افزایش می‌دهد. تعادل در کود نیتروژنی و پتاسیمی اغلب منجر به بهبود تغذیه و مهار اثرات بیماری می‌گردد. سهم نسبی هر یک از این ۲ عنصر متغیر است. به هر حال زمانی که مقدار نیتروژن در تعادل با پتاسیم نیست، عملکرد و کیفیت محصول دچار اختلال می‌گردد (Huber & Thompson 2007). در مناطقی که پتاسیم خاک کمتر از حد بهینه است و برنامه کوددهی شامل نسبت‌های K_2O تقریبا متناسب با مقادیر نیتروژن است، غلاتی مانند ذرت، گندم، جو و یولاف کمتر دچار بیماری خواهند شد. برخی گیاهان مانند گوجه فرنگی، فلفل و کدو تنبل 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. نسبت‌های K_2O بالا، جذب سایر عناصر غذایی مانند کلسیم و منیزیم را کاهش می‌دهند. خاک‌هایی با ظرفیت تبادل کاتیونی پایین و خاک‌هایی با مقادیر پایین منیزیم و کلسیم نسبت به چنین مشکلاتی آسیب پذیرتر هستند (Huber *et al*. 2012). گزارش‌ها حاکی از آن است که نوع نیتروژن یا نسبت نیتروژن آمونیومی (NH_4-N) به نیتروژن نیتراتی (NO_3-N) در بروز برخی از بیماری‌های گیاهان زراعی موثر می‌باشد(جدول ۱).

جدول۱- تاثیر نوع نیتروژن مصرفی در گیاهان زراعی مختلف روی افزایش یا کاهش میزان بیماری‌های گیاهی (Fageria *et al*. 2011, Santana-Gomes *et al*. 2013)

گیاه	بیماری	نیتروژن نیتراتی (NO_3-N)	نیتروژن آمونیومی (NH_4-N)
ذرت	پوسیدگی *Diplodia*	افزایش	کاهش
	Fusarium sp.	افزایش	کاهش
	Pythium sp.	افزایش	کاهش
	Helminthosporium sp.	کاهش	افزایش
سویا	*Heterodera glycines*	افزایش	کاهش
	Aphanomyces sp.	کاهش	افزایش
گندم	*Fusarium* sp.	کاهش	افزایش
	پاخوره	افزایش	کاهش
پنبه	*Phymatotrichum* sp.	افزایش	کاهش
	Fusarium sp.	کاهش	افزایش
توتون	*Globodera* spp.	افزایش	کاهش
خیار	*Meloidogyne* spp.	افزایش	کاهش
لوبیا	*M. incognita*	افزایش	کاهش

گزارش‌ها نشان داده‌اند که استفاده از مهار کننده نیتریفیکاسیون به منظور حفظ نسبت‌های بالاتر نیتروژن آمونیومی به نیتروژن نیتراتی، سبب کاهش میزان پژمردگی ورتیسیلیومی و افزایش شدت شانکر ریزوکتونیایی در سیب زمینی شده است. درخصوص تاثیرکلی نوع نیتروژن بر عملکرد محصول می‌توان چنین گفت که اثرات منفی ایجادشده توسط مقادیر زیاد نیتروژن نیتراتی به مراتب کمتر از اثرات منفی نیتروژن آمونیومی است (Huber & Watson 1974).

کود آمونیاکی برخلاف کود نیتراته باعث کاهش pH و در نتیجه افزایش قابلیت جذب عناصر ریزمغذی می‌شود. کودهای کلردار مثل کلرید آمونیم و کلرید پتاسیم موجب کاهش شدت بیماری پاخوره می‌گردد که علت آن تاثیر کلر بر

کاهش نیتریفیکاسیون در خاک است (Huber *et al*. 2012, Huber & Thompson 2007, Lewandowski *et al*. 1999).

۱-۲- پتاسیم (K)

در بین تمام عناصر غذایی، مهمترین عنصری که بیماری‌ها و آفات گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد پتاسیم است. این عنصر تقریبا در تمام واکنش‌های سلولی موثر و تنظیم کننده فعالیت آنزیم‌ها است. در گزارشی با بررسی ۵۳٤ منبع تحقیقاتی، خاطر نشان نمودند که پتاسیم در ٦۵ درصد موارد، موجب بهبود سلامت گیاه و در ۲۳درصد موارد برای سلامت گیاه زیان‌آور بوده است، البته برخی از اثرات زیان آور آن می‌تواند به علت غلظت بالای پتاسیم باشد که همین امر جذب منیزیم، کلسیم و یا نیتروژن آمونیومی را کاهش می‌دهد(Hawkesford *et al*. 2012). پتاسیم وقوع بیماری‌های قارچی، باکتریایی و خسارت حشرات و کرم‌های چوبخوار را به ترتیب ۷۰٪ و ٦۰٪ کاهش می‌دهد و در اکثر موارد خسارت نماتدها و ویروس‌ها را نیز کاهش می‌دهد(جدول ۲). اثر پتاسیم بر عملکرد محصول می‌تواند براساس نوع عامل بیماری‌زا تغییر نماید (Prabhu *et al*. 2007b).

هنگامی که گیاهی با قارچ آلوده می‌شود، در صورت تشخیص آلودگی توسط گیاه، فعالیت سدهای دفاعی آن آغاز می‌گردد. آلودگی سبب افزایش تولید ترکیبات فنلی مهار کننده و فلاونوئیدها در محل آلودگی و در سایر بخش‌های گیاه می‌گردد. تولید و انتقال این ترکیبات به مقدار زیادی به وسیله تغذیه عمومی گیاه کنترل می‌شود. پتاسیم در این خصوص

جدول۲. تاثیر پتاسیم در کاهش تعدادی از بیماری‌های نماتدی در محصولات مختلف (Santana-Gomes *et al*. 2013)

گیاه	نماتد بیمارگر	درصد کاهش بیماری
گوجه‌فرنگی	*Meloidogyne incognita*	۷٦
چغندرقند	*Heterodera schachtii*	۷۹
پنبه	*Rotylenchulus reniformis*	٦۲
سویا	*Heterodera glycines*	۸۷

نقش حیاتی برای گیاه دارد و کمبود آن مقدار ترکیبات ضد قارچی طبیعی گیاهان را در جایگاه آلودگی کاهش می‌دهد. پتاسیم نقشی اساسی در ضخیم کردن کوتیکول به عنوان یک سد فیزیکی در برابر نفوذ قارچ‌ها و حشرات مکنده دارد (Amtmann *et al*. 2008). در مواقعی که غلظت نیتروژن معدنی یا قند در گیاه بالا است، اغلب آلودگی‌های انگلی و بروز بیماری شدیدتر می‌شود و تجمع نیتروژن معدنی یا قندهای نامحلول نشانه‌ای بر عملکرد نامناسب گیاه است زیرا قادر نیست برای تامین انرژی نیتروژن معدنی را به پروتئین‌ها یا قندهای محلول و کوچکتر تبدیل نماید. حضور پتاسیم نقش حیاتی در انجام چنین فرآیندهایی ایفا می‌کند. پتاسیم علاوه بر افزایش محصول و بهبود کیفیت (بازار پسندی)، سبب افزایش مقاومت گیاهان نیز می‌شود. به عنوان مثال می‌توان به تاثیر پتاسیم در افزایش مقاومت گوجه فرنگی در برابر شوری، کم آبی، انواع تنش‌ها و آفات و بیماری‌ها اشاره کرد (Prabhu *et al*. 2007b). تعادل بین مقدار پتاسیم و سایر عناصر معدنی نیز در ایجاد مقاومت مهم است. برای مثال حساسیت ذرت به عامل بیماری پژمردگی باکتریایی استوارت (باکتریوز ذرت) با افزایش غلظت نیتروژن معدنی در شیره آوندی بیشتر می‌شود. کمبود پتاسیم توانایی ذرت را برای متابولیزه کردن نیتروژن معدنی کاهش می‌دهد، بنابراین مقدار نیتروژن غیر آلی یا معدنی در شیره آوندی افزایش می‌یابد. این افزایش نیتروژن معدنی حساسیت به بیماری پژمردگی باکتریایی استوارت را افزایش می‌دهد. مکانیسم مشابهی نیز درخصوص بیماری پوسیدگی ساقه و پوسیدگی خوشه ذرت (بیماری دیپلودیای ذرت) مشاهده شده است. در اکثر گیاهان، نیتروژن غیر آلی در شرایط کمبود پتاسیم تجمع می‌یابد و پس از آن ترکیبات ضد قارچی به سرعت در گیاه از بین می‌روند (Amtmann *et al*. 2008).

جذب غلظت بالای پتاسیم، می‌تواند مفید یا مضر باشد. اگر نسبت نیتروژن به پتاسیم بیشتر از مقدار توصیه شده در هر محصول باشد می‌تواند گیاه را به بیماری حساس‌تر نماید. نشان داده شده که نسبت‌های بالاتر پتاسیم به کلسیم در برخی گیاهان می‌تواند منجر به آسیب بیشتر توسط بیماری گردد. بررسی‌ها روی سیب زمینی و درختان مرکبات نشان داده‌اند که شدت پوسیدگی ریشه سیب زمینی و پوسیدگی فیتوفتورایی ریشه مرکبات در غلظت‌های بالای کود پتاسیمی افزایش می‌یابد. در هر دو مورد، افزایش جذب پتاسیم موجب کمبود کلسیم می‌گردد. کمبود کلسیم ظاهراً منجر به تشکیل

دیواره سلولی با عملکرد نامناسب در گیاه می‌گردد و همین امر به افزایش آلودگی و گسترش بیماری در گیاه کمک می‌کند. بیماری‌های پوسیدگی ریشه همچنین می‌توانند به وسیله تعادل K/Ca بافتی نیز تحت تاثیر قرار گیرند. بسیاری از آلودگی‌ها از طریق زخم‌های باز اتفاق می‌افتند و التیام سریع زخم‌ها می‌تواند گسترش آلودگی را کاهش دهد. گزارش‌ها نشان می‌دهند که انگورهایی که با تغییر روش آبیاری ازکرتی به قطره‌ای با مصرف ٦٢٣٠ متر مکعب آب در هکتار ۵۰ کیلوگرم پتاسیم (K_2O) دریافت کرده‌اند، حساسیت کمتری به *B. cinerea* داشتند. این امر به التیام سریع‌تر زخم‌ها و تجمع ترکیبات ضد قارچی در اطراف زخم‌ها مربوط بوده است. در اثر کمبود پتاسیم، سنتز مواد با وزن مولکولی بالا مثل پروتئین، نشاسته و سلولز مختل می‌شود و مواد با وزن مولکولی پائین در واکوئل انباشته شده و دیواره سلولی را نسبت به خروج مواد، نشت‌پذیر می‌نمایند و بدین ترتیب شرایط برای آلودگی به قارچ و حمله آفات مناسب می‌شود (Prabhu *et al*. 2007b, Fageria *et al*. 2011, Huber *et al*. 2012).

۱-۳- فسفر (P)

وجود فسفر کافی در محیط ریشه سبب توسعه سریع و استفاده بهتر گیاه از آب و دیگر مواد غذایی ضروری گیاه می‌شود. فسفر مقاومت گیاه نسبت به بیماری‌های خاک‌زاد را افزایش می‌دهد. درباره نیاز گیاهان به فسفر تحقیقات متعددی صورت گرفته است. فسفر یک عنصر ضروری برای ساخت RNA است و در انجام بسیاری از مراحل بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مثل انتقال انرژی، ساخت پروتئین و سایر موارد کاربرد دارد (Romheld 2012). گزارش‌هایی از کاهش شیوع بیماری‌ها به واسطه کاربرد فسفر وجود دارد، هرچند خلاف آن نیز دیده شده است. به نظر می‌رسد که فسفر نقش مفید زیادی در گیاه دارد. به عنوان مثال فسفر پیشرفت بیماری را در برخی از زنگ‌ها و سایر بیماری‌های شاخ و برگی کاهش داده و به ویژه در خنثی کردن اثر نیتروژن اضافی مفید است (Mengel & Kirkby 2001). مقدار بالای فسفر به تنهایی باعث بالا رفتن حساسیت نیشکر به زنگ می‌شود اما اگر به تنهایی یا همراه با پتاسیم مصرف شود، باعث افزایش مقاومت گندم به سفیدک پودری می‌شود. کاربرد فسفر در pH ٦ باعث افزایش و در pH ۷ و ۷/۵ باعث کاهش پژمردگی فوزاریومی در گوجه فرنگی گردید. شدت بیماری رایزوکتونیایی در مزارع سویایی که دچار کمبود فسفر بودند افزایش

یافت که نشان دهنده‌ی اهمیت مقدار کافی عنصر و همچنین تعادل عناصر مختلف با یکدیگر است. کاربرد فسفر در مزارع باعث کاهش بیماری‌های نماتدی و باکتریایی نیز می‌گردد. در مواردی کاربرد برگی نمک‌های فسفات باعث افزایش مقاومت خیار، لوبیا و سایر محصولات به بیماری‌های مختلفی شده است. استفاده از فسفر باید با هدف افزایش محصول گیاه و کنترل بیماری باشد. به عبارت دیگر فسفر باید به مقدار کافی و با فرم مناسب و روش استفاده‌ی صحیح مورد مصرف قرار گیرد. این موضوع باید با توجه به احتیاجات گیاه و شرایط خاک تنظیم شود (Fageria & Moreira 2011). محلول‌پاشی فسفر روی گیاه می‌تواند باعث القای حفاظت موضعی و سیستمیک در برابر برخی از بیماری‌ها مثل سفیدک پودری در انگور، انبه، سیب، گندم و فلفل؛ زنگ در ذرت و موارد دیگر شود. این موضوع نشان دهنده‌ی این است که این کاربرد نیز می‌تواند بیماری‌ها را کنترل کرده و شایسته‌ی تحقیقات بیشتر است (Prabhu *et al*. 2007a).

۲- تاثیر عناصر غذایی ثانویه درمدیریت بیماری‌های گیاهی

۲-۱- کلسیم (Ca)

کلسیم یکی از اجزای اصلی دیواره سلولی و سایر غشاهای گیاهان است. بنابراین، نقش مهمی در یکپارچگی و عمل‌کرد بهینه این غشاها بازی می‌کند و کمبود آن سبب کاهش مقاومت آن‌ها در برابر نفوذ بیمارگرها می‌شود. زمانی که مقدار کلسیم در غشای سلولی پایین است، انتقال قندها از درون سلول به فضاهای بین سلولی در بافت گیاهی افزایش می‌یابد. مقادیر بالای قند در این بخش‌ها منجر به افزایش شانس آلودگی و رشد عوامل بیماری‌زا می‌گردد (Hawkesford *et al*. 2012).

کلسیم همچنین نقش اساسی در بهبود انبارداری میوه‌های آبدار دارد. برای مثال در بسیاری از ارقام سیب هنگامی که میوه دارای غلظت بالایی از کلسیم است، مدت زمان انبارداری افزایش می‌یابد. میوه با غلظت کم کلسیم به لکه سیاه حساس‌تر است که همین امر سبب پوسیدگی سریع‌تر میوه می‌گردد. همچنین همبستگی مثبتی بین مقدار کلسیم موجود در پوست غده‌های سیب‌زمینی و مقاومت به بیماری پوسیدگی نرم باکتریایی وجود دارد (Batistic & Kudla 2010).

کلسیم نقش مهمی نیز در کاهش بیماری‌های آوندی و لکه برگی باکتریایی بازی می‌کند. شدت بسیاری از این بیماری‌ها اغلب با درجه کمبود کلسیم در گیاه متناسب است. گسترش باکتری در بافت برگ نیز بسیار وابسته به مقدار کلسیم است و در شرایط کمبود، بیماری سریعتر گسترش می‌یابد. زمانی که مقدار کلسیم بافت افزایش می‌یابد، مقدار پتاسیم و منیزیم کاهش می‌یابد. این موضوع رابطه تعارضی بین این سه عنصر کاتیونی را نشان می‌دهد. در شرایطی که به مصرف زیاد یک عنصر نیاز است، انتظار می‌رود کاهش در جذب سایر عناصر بروز کند. کمبود کلسیم مقاومت فیزیکی بافت‌های گیاهان را کاهش می‌دهد و نفوذ ریسه قارچ‌ها به داخل بافت را آسان‌تر می‌کند. اکثر قارچ‌ها و باکتری‌ها با تولید آنزیم‌هایی به بافت گیاهی نفوذ و دیواره میانی را حل می‌کنند. ثابت شده فعالیت این آنزیم‌ها توسط کلسیم کاسته می‌شود (Rahman & Punja 2007).

۲-۲- منیزیوم (Mg)

منیزیم تنها عنصر فلزی موجود در کلروفیل و موثر در فتوسنتز گیاهان است. این عنصر همچنین در فعالیت آنزیم‌های گیاهی نقش داشته و حامل‌های فسفری را که در جذب سایر عناصر مؤثر می‌باشند فعال می‌کند. منیزیم با شرکت در چرخهٔ اسید سیتریک، در تنفس گیاهان نقش دارد. میزان در دسترس بودن منیزیوم برای گیاه با توجه به شرایط محیطی (خصوصا اسیدیته)، محصول سال قبل، فعالیت ریزجانداران فراریشه، علف کش استفاده شده و نسبت این عنصر نسبت به سایر عناصر، خصوصا کلسیم، پتاسیم و منگنز، متفاوت است. بنابراین تاثیر منیزیوم بر بیماری‌ها ممکن است ناشی از تاثیر غیرمستقیم این عنصر روی سلامت عمومی گیاه باشد یا به دلیل تاثیر مستقیم آن به عنوان یک عنصر ضروری جهت گیاه و نقش فیزیولوژیک خاص آن باشد (Wiedenhoeft 2006).

کوددهی با منیزیوم باعث کاهش ۲۲ بیماری و افزایش ۱۷ بیماری گردید و در مورد ٦ بیماری دیگر نیز بسته به شرایط محیطی نتایج متفاوت است. برخی از این واکنش‌های متفاوت نشان دهنده‌ی اثر افزایشی یا کاهشی مواد غذایی مختلف بر یکدیگر است چنانچه مثلا مقدار بالای پتاسیم یا کلسیم مانع از جذب منیزیوم شده و برعکس سطح بالای منیزیوم جذب پتاسیم، منگنز و کلسیم را کاهش می‌دهد (Jones & Huber 2007).

گیاهانی که در خاک‌های اسیدی رشد می‌کنند به دلیل کاهش جذب عناصر منیزیوم، کلسیم، مولیبدن و فسفر معمولا به کمبود این عناصر دچار شده و به دنبال آن نسبت به بیماری‌هایی که در اسیدیته‌های پایین معمول هستند (مثل پژمردگی فوزاریومی، ریشه گرزی کلم و پوسیدگی‌های نرم باکتریایی) حساس‌تر می‌گردند. اضافه کردن آهک به این خاک‌ها باعث افزایش اسیدیته و افزایش دسترسی گیاه به منیزیوم شده و شدت این بیماری‌ها را کاهش می‌دهد (Fageria *et al*. 2011, Hawkesford *et al*. 2012).

تعادل عناصر غذایی با یکدیگر نیز بسیار مهم است، به عنوان مثال هنگامی که P، K و Mg با Ca در تعادل نباشند، شدت پوسیدگی گلگاه گوجه‌فرنگی افزایش می‌یابد. کاهش غلظت منیزیوم در ذرت‌های آلوده به اسپیروپلاسما را به عنوان شاهدی جهت رقابت بین بیمارگر و گیاه برای جذب این عنصر می‌دانند و نشانه‌های ایجاد شده در شرایط کمبود منیزیوم بسیار شدیدتر از شرایطی است که سطح بالایی از منیزیوم در اختیار این گیاه است. البته منیزیوم روی نحوه‌ی ایجاد آلودگی و کلنیزه کردن بافت‌های آبکشی گیاه توسط بیمارگر نیز تاثیر می‌گذارد. اگر سطح منیزیوم بالا باشد بیمارگر درون سلول‌های آبکشی باقی می‌ماند و در غیر این صورت از آن‌ها خارج می‌شود. منیزیوم به صورت غیرمستقیم نیز روی بیماری‌ها تاثیرمی‌گذارد. این عنصر جزیی از ساختار تیغه میانی و ملکول کلروفیل است. افزایش تنفس سلولی پس از نفوذ بیمارگر به انرژی احتیاج دارد که از طریق فتوسنتز تولید می‌شود. نقش منیزیوم در فتوسنتز و حرکت قندهای تولیدی در این رابطه دارای اهمیت است. کمبود منیزیوم باعث کاهش استحکام تیغه میانی و همچنین کاهش انرژی مورد نیاز برای فعالیت‌های دفاعی گیاه و غیرفعال کردن متابولیت‌های بیمارگر می‌شود. منیزیوم نقشی اساسی در انتقال مواد حاصل از فتوسنتز دارد و کمبود آن باعث تجمع قند، نشاسته و اسیدهای آمینه در برگ‌ها، تخریب کلروفیل II، اختلال در زنجیره انتقال الکترون در جریان فتوسنتز و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌گردد (Huber & Jones 2013, Jones & Huber 2007).

۲-۳- گوگرد (S)

گوگرد در ساختار ۳ اسید آمینه سیستین، سیستئین و متیونین به کار رفته و بدین جهت در تولید پروتیین‌ها اهمیت

دارد. این عنصر تشکیل دهنده‌ی ویتامین‌های تیامین، بیوتین و همچنین کوآنزیمآ نیز هست. آزمایش‌های مزرعه‌ای انجام شده با گوگرد نشان داده که میزان گوگرد در گیاه در مراحل ابتدایی آلودگی و زمانی که چند عامل مولد تنش هم‌زمان اتفاق می‌افتند، از اهمیت خاصی برخوردار است. کاربرد گوگرد به عنوان کود در خاک، اغلب به صورت سولفات، گاهی باعث کاهش بیماری‌ها در گیاهان می‌شود. این عمل معمولاً با تقویت مقاومت طبیعی گیاه و یا القای مقاومت (Induced resistance) همراه است (Haneklaus *et al*. 2007, 2009).

۳- تاثیر عناصر غذایی کم‌مصرف درمدیریت بیماری‌های گیاهی

۳-۱- بُر (B)

بُر ۳ نقش مهم در گیاهان دارد: الف- در تشکیل کمپلکس‌های کربوهیدرات- برات، که انتقال کربوهیدرات و متابولیسم پروتئین‌های دیواره سلولی را تحت کنترل دارند، نقش دارد. ب- در نفوذپذیری و پایداری غشای سلولی تاثیر دارد. ج- در متابولیسم مواد فنلی و تشکیل لیگنین موثر است. تولید و انتقال این مواد فعال در دفاع گیاه تا حد زیادی با تغذیه گیاه با بر تنظیم می‌شود. اثبات شده زمانی که بر کاهش می‌یابد دیواره سلول گیاهی متورم شده و شرایط برای پاره شدن سلول و تضعیف فضاهای بین سلولی فراهم می‌گردد. بنابراین سد فیزیکی سلول ضعیف و بیماری گسترش می‌یابد. کمبود بر سبب ترشح مقادیر زیادی از قندها و اسیدهای آمینه توسط گیاه می‌گردد بدین ترتیب شرایط برای تثبیت بسیاری از آلودگی‌های قارچی فراهم می‌گردد (Brown *et al*. 2002, Broadley *et al*. 2012). بر در کنترل بیماری‌های پوسیدگی فوزاریومی ریشه لوبیا، پژمردگی ورتیسلیومی گوجه‌فرنگی و پنبه و بیماری زگیل سیاه سیب‌زمینی موثر است. کمبود بر باعث افزایش شدت سفیدک پودری گندم می‌شود(Stangoulis & Graham 2007, Brown *et al*. 2002).

۳-۲- منگنز(Mn)

منگنز در تولید ترکیبات فنلی و تشکیل لیگنین نقش کلیدی دارد. مشخص شده که منگنز به مهار بیماری‌های قارچی و باکتریایی کمک می‌کند و یکی از مواد مؤثره برخی قارچ‌کش‌ها است. کمبود منگنز می‌تواند منجر به کاهش مقدار

ترکیبات طبیعی ضد قارچی گیاهان در محل آلودگی گردد. ترکیبات فنلی برای بسیاری از عوامل بیماری‌زا سمی هستند و لیگنین یک سد فیزیکی دفاعی برای نفوذ بیمارگرها است. منگنز در سم‌زدایی رادیکال‌های اکسیژنی و پراکسید هیدروژن نیز نقش اساسی دارد (Broadley *et al*. 2012). با اضافه کردن منگنز به خاک، گسترش آلودگی غده سیب‌زمینی به وسیله *Streptomyces scabies* کاهش می‌یابد. پژوهشگران دریافته‌اند که صنوبر نروژی بیمار شده توسط *Fomes annosus* مقدار منگنز بسیار پایینی نسبت به درختان سالم دارند. برخی قارچ های خاکزاد توانایی اکسید کردن منگنز خاک را دارند این امر منگنز را غیر قابل دسترس برای گیاهان عالی می‌کند. بنابراین سبب کاهش جذب منگنز و کاهش مقاومت در محصول یا گیاه هدف می‌گردد. قابلیت دسترسی به منگنز در منطقه ریشه‌ها و مقدار منگنز ریشه‌ها اثر مستقیمی بر شدت بیماری پاخوره گندم دارد. در زمانی که pH خاک افزایش می‌یابد، دسترسی به جذب منگنز به طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد. این قارچ همچنین توانایی اکسید کردن منگنز خاک را دارد که در این حالت منگنز را برای گیاه غیر قابل دسترس می‌کند. کاهش جذب منگنز در گیاه توانایی آن را برای تشکیل لیگنین تضعیف نموده و این امر توانایی گیاه را برای مقاومت به آلودگی کاهش می‌دهد. به علت تحرک محدود منگنز از برگ‌ها به ریشه‌ها، پاشش برگی منگنز در مهار بیماری‌های ریشه مؤثر نیست همانطور که در خاک‌های با pH بالا نیز به دلیل اکسیداسیون و عدم تحرک منگنز استعمال این عنصر در خاک تاثیر زیادی ندارد. اثر منگنز در مهار بیماری‌های جرب معمولی سیب زمینی، بلاست برنج، پژمردگی ورتسلیومی پنبه و سفیدک پودری گندم اثبات شده است (Thompson & Huber 2007).

۳-۳- مس (Cu)

مس در سمیت زدایی رادیکال‌های اکسیژنی و پراکسید هیدروژن موثر است (Broadley *et al*. 2012). مس در مهار بیماری‌های سفیدک پودری گندم، سوختگی آلترناریایی آفتابگردان، زنگ قهوه‌ای گندم، ارگوت چاودار، بلاست برنج، لکه برگی گندم، نماتد سیستی چغندرقند، پژمردگی ورتسیلیومی گوجه‌فرنگی، پاخوره گندم و جرب معمولی سیب‌زمینی موثر است. کمبود مس باعث توقف چوبی شدن و اختلال در سنتز کربوهیدرات‌های محلول و در نتیجه کاهش مقاومت به بیماری‌ها و آفات می‌شود (Evans *et al*. 2007).

۳-۴- روی(Zn)

روی درساختمان تعدادی از آنزیم‌های گیاهی شرکت دارد و یا برای فعال‌سازی آن‌ها لازم است. در گیاهان مبتلا به کمبود روی غلظت بعضی پروتیین‌ها کاهش می‌یابد، در حالی که غلظت بعضی آمیدها و اسیدهای آمینه افزایش می‌یابد. کاهش ساخت پروتیین‌ها به علت کاهش غلظت آنزیم RNA پلیمراز است. روی نیز در سم‌زدایی رادیکال‌های اکسیژنی و پراکسید هیدروژن موثر است (Broadley *et al*. 2012). روی به جلوگیری از نشت عناصر و مواد ضروری از سلول‌های گیاهی کمک می‌کند. در گیاهانی که با کمبود روی مواجه هستند، قندها به سطح برگ‌ها نشت می‌کنند، که می‌تواند شرایط را برای هجوم قارچ‌ها و باکتری‌ها فراهم نماید. روی در مهار بیماری‌های پوسیدگی ریشه پرتقال ناشی از *Phytophthora nicotiana*، کپک مرکبات *Penicillium citrinum*، پژمردگی ورتسلیومی پنبه، نماتد *Rotylenchulus reniformis* گوجه‌فرنگی، پوسیدگی ریشه پنبه *Phymatrotrichopsis omnivorum* و پاخوره گندم موثر است (Duffy 2007).

۳-۵- آهن (Fe)

آهن برای بعضی بیمارگرها سمی است، ولی سمیت آن از پتاسیم، منگنز، مس و روی کمتر است (Broadley *et al* 2012). آهن در مهار زنگ قهوه‌ای و سیاهک پنهان معمولی گندم ، آنتراکنوز موز، پوسیدگی سیاه سیب و گلابی و ویروس حمل شده توسط *Olpidium brassicae* در کلم موثر است. وجود آهن در خاک باعث تولید سیانید هیدروژن توسط باکتری‌ها می‌شود که برای قارچ‌ها سمی است (Expert 2007, Fageria *et al*. 2011).

۳-۶- کلر (Cl)

کلر به شکل یون کلرید (Cl^-) یک عنصر کم‌مصرف برای تغذیه‌ی گیاهان است. این عنصر علاوه بر تنظیم فشار اسمزی، همراه با یون پتاسیم درتنظیم تورژسانس بعضی گیاهان نیز عمل می‌کند. این عنصر برای فتوسنتز ضروری است و در تجزیه مولکول آب در فتوسیستم II فتوسنتز دخالت دارد و نقش آن احتمالاً در انتقال الکترون‌ها از آب به کلروفیل است (Mengel & Kirkby 2001). کلر در مهار بیماری‌های پوسیدگی فوزاریومی ذرت، پوسیدگی فوزاریومی ریشه سویا، ناشی از *Fusarium solani*، زنگ زرد، قهوه‌ای و پاخوره‌ی گندم، لکه سفید سنبله گندم، ناشی از *Stagonospora*

nodorum، لکه خرمایی برگ گندم، ناشی از *Pyrenophora tritici-repentis*، پوکی و قهوه‌ای شدن فیزیولوژیک مغز سیب زمینی و زردی فوزاریومی کرفس موثر است (Elmer 2007).

۳-۷- مولیبدن (Mo)

مولیبدن به مقدار بسیار کم مورد نیاز گیاه است. مقدار مولیبدن به طور متوسط ۲/۳ میلی گرم در هر کیلوگرم خاک برآورده شده است که تقریباً ۱۰ درصد آن قابل استفاده گیاهان است. جذب سطحی مولیبدن به pH خاک بستگی دارد و در pH حدود ۷ یا بالاتر کم است اما با پائین آمدن pH زیاد می‌شود. به عبارت دیگر، کمبود مولیبدن بیشتر در خاک‌های اسیدی دیده می‌شود و از این جهت با دیگر عناصر کم مصرف که کمبود آن‌ها بیشتر در خاک‌های قلیائی دیده می‌شود، تفاوت دارد. مسمومیت گیاهی ناشی از زیادی مولیبدن، مشاهده نشده است (Broadley *et al* 2012). مولیبدن باعث کاهش نشانه‌های پژمردگی ورتیسلیومی گوجه‌فرنگی، تولید سم بوسیله *Myrothecium roridum* در خربزه و شیوع بیماری‌های ناشی از *Phytophthora dreschleri* و *Ph. cinnamomi* در انواع محصولات و جمعیت نماتد *Rotylenchulus reniformis* می‌شود (Graham & Stangoulis 2007).

نتیجه

مصرف بهینه کودهای عناصر غذایی با توجه به مقدار برداشت محصول، شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، می‌تواند به مدیریت بعضی بیماری‌های گیاهی و کاهش مصرف سموم شیمیایی و آلودگی‌های محیط زیست کمک کند.

منابع **References**

Amtmann A., Troufflard S. & Armengaud P. 2008. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Physiologia Plantarum* 133(4):682–691.

Atkinson D. & McKinlay R. G. 1997 .Crop protection and its integration within sustainable farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 64: 87–93.

Batistic O. & Kudla J. 2010. Calcium: Not Just Another Ion. Pp.17–54. *In:* R. Hell & R-R. Mendel (eds.). Cell Biology of Metals and Nutrients, Plant Cell Monographs 17. *Springer-Verlag*, *Heidelberg, Germany*.

Broadley M. Brown P. Cakmak I., Rengel Z. & Zhao F. 2012. Function of Nutrients: Micronutrients. Pp.191–248. *In:* H. Marschner (ed.). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd ed. *Academic Press, London*.

Brown P. H., Bellaloui N., Wimmer M. A., Bassil E.S., Ruiz J., Hu H., Pfeffer H., Dannel F. & Romheld V. 2002. Boron in plant biology. *Plant Biology* 4:205–223.

Daroub S. H. & Snyder G. H. 2007.The Chemistry of Plant Nutrients in Soil. Pp.1–7. *In:* L. E. Datnoff, W. H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN,U.S.A.

Dordas C. 2008. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture-A review. *Agronomy for Sustainable Development* 28(1): 33–46.

Duffy B. 2007. Zinc and Plant Disease.Pp.155–175. *In:* L. E. Datnoff, W. H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN,U.S.A.

Elmer W. H. 2007. Chlorine and Plant Disease. Pp.189–202. *In:* L. E. Datnoff, W. H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN,U.S.A.

Engelhard W. A. 1996. Management of Diseases with Macro-and Microelements. APS Press,
St. Paul, MN,U.S.A.,217 p.

Evans I., Solberg E. & Huber D. M. 2007. Copper and Plant Disease. Pp.177–188. *In:* L. E. Datnoff, W. H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN,U.S.A.

Expert D. 2007. Iron and Plant Disease. Pp.119–137. *In:* L. E. Datnoff, W. H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN,U.S.A.

Fageria N.K. & Moreira A. 2011. The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. Pp. 251–331. *In:* Sparks, D. L. (eds.). Advances in Agronomy, Volume 110. Academic Press, San Diego, CA., U.S.A.

Fageria N.K., Baligar V.C. & Jones C.A. 2011. The Effects of Essential Nutrients on Plant Diseases. Pp.195–218. *In:* Fageria N. K., Baligar V. C. & Jones C. A. (eds.). Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. CRC Press, Boca Raton, FL., U.S.A.

Graham R. D. & Stangoulis J. C. R. 2007. Molybdenum and Plant Disease.Pp.203–206. *In:* L. E. Datnoff W. H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN., U.S.A.

Haneklaus S., Bloem E. & Schnug E 2007 Sulfur and Plant Disease. Pp.101–118. *In:* L. E. Datnoff, W. H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN., U.S.A.

Haneklaus S., Bloem E. & Schnug E. 2009. Plant Disease Control by Nutrient Management: Sulphur. Pp.221–236. *In:* D. Walters (ed.). Disease Control in Crops: Biological and Environmentally Friendly Approaches. Blackwell Publishing, Oxford, England.

Hawkesford M., Horst W., Kichey T., Lambers H., Schjoerring J., Skrumsager Møller I. & White, P. 2012. Functions of Macronutrients. Pp.135–190. *In:* H. Marschner (ed.). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd ed. Academic Press, London,England.

Huber D. M. & Graham R. D. 1999. The Role of Nutrition in Crop Resistance and Tolerance to Disease. Pp.205–226. *In:* Z. Rengel (ed.), Mineral Nutrition of Crops Fundamental Mechanisms and Implications. Food Product Press, New York, U.S.A.

Huber D.M. & Haneklaus S. 2007. Managing Nutrition to Control Plant Disease. *Landbauforschung Völkenrode* 57 (4): 313–322.

Huber D. M. & Jones J.B. 2013. The role of magnesium in plant disease. *Plant and Soil* 368:73–85

Huber D. M. & Thompson I. A. 2007. Nitrogen and Plant Disease. Pp.31–44. *In:* L. E. Datnoff, W.H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN., U.S.A.

Huber D. M. & Watson R. D. 1974. Nitrogen form and plant disease. *Annual Review of Phytopathology* 12:139–165.

Huber D. M., Romheld V. & Weinmann M. 2012. Relationship between Nutrition and Plant Diseases and Pests. Pp.283–298. *In:* H. Marschner (ed.). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd ed. Academic Press, London,England.

Jones J. B. & Huber D. M. 2007. Magnesium and Plant Disease. Pp.95–100. *In:* L. E. Datnoff, W. H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN., U.S.A.

Lewandowski I., Hardtlein M. & Kaltschmitt M. 1999. Sustainable crop production: definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability. *Crop Science* 39:184–193.

Marschner H. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd ed. Academic Press, London, England, 672 p.

Mengel K. & Kirkby E. A. 2001. Principles of Plant Nutrition, 5th Edition. Springer Science & Business Media, Dordrecht, Netherlands, 849 p.

Prabhu A. S., Fageria N. D., Berni R. F. & Rodrigues F. A. 2007a. Phosphorous and Plant Disease. Pp.45–55. *In:* L. E. Datnoff, W. H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN., U.S.A.

Prabhu A. S., Fageria N. D., Huber D. M. & Rodrigues F. A. 2007b. Potassium and Plant Disease. Pp.57–78. *In:* L.E. Datnoff, W. H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN., U.S.A.

Rahman M. & Punja Z. K. 2007. Calcium and Plant Disease. Pp.79–93. *In:* L. E. Datnoff, W. H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN., U.S.A.

Romheld V. 2012. Diagnosis of Deficiency and Toxicity of Nutrients. Pp.299–313. *In:* H. Marschner (ed.). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd ed. Academic Press, London,England.

Santana-Gomes S.M., Dias-Arieira1 C. R., Roldi M., Dadazio T.S., Marini P.M. and Barizão D.A.O. 2013. Mineral nutrition in the control of nematodes-Review. *African Journal of Agricultural Research* 8(21):2413-2420

Spann T. M. & Schumann A.W. 2010. Mineral Nutrition Contributes to Plant Disease and Pest Resistance. HS1181, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, https://edis.ifas.ufl.edu/hs1181.

Stangoulis J. C. R. & Graham R. D. 2007. Boron and Plant Disease. Pp.207–214. *In:* L. E. Datnoff, W. H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN., U.S.A.

Thompson I.A. & Huber D. M. 2007. Manganese and Plant Disease. Pp.139–153. *In:* L. E. Datnoff, W. H. Elmer & D. M. Huber (eds.). Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, MN., U.S.A.

Vidhyasekaran P. 2004. Concise Encyclopedia of Plant Pathology. Food Products Press, The Haworth Reference Press, New York, U.S.A. 619 p.

Wiedenhoeft A. C. 2006. The Green World, Plant Nutrition. InfoBase Publishing, Chelsea, England, 144 p.

Role of Plant Nutrition in Disease Management

ALI REZA SHOLEVARFARD[1] & MOHAMMAD REZA MOOSAVI[2]✉

1-Former MSc. Student of Plant Pathology,Young Researchers Club,
Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Plant Pathology, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran (✉Corresponding author: rmmoosavi@yahoo.com).

Sholevarfard A. R. & Moosavi M. R. 2014. Role of plant nutrition in disease management. *Plant Pathology Science* 3(1):17-36.

Abstract

Plant nutrients are generally applied to increase the crop production and improve their quality. Many of these elements can improve the level of tolerance or resistance in plants. Improving and balancing the soil nutrients can be considered as an effective method in plant disease control and subsequently in sustainable agriculture. Plant nutrition is the first and the most important barrier against the plant pathogens, so can be affect the other parts of the disease triangle. They can satisfactorily decrease the diseases severity, or make a considerable reduction in their density, so the other control measures successfully can be carried out with a lesser costs of plant disease management. In this review we tried to explain the most recent data collected about the influence of mineral nutrients on plant disease resistance and tolerance, histological or morphological changes of plants and the virulence or survival of plant pathogens.

Key words: Disease, Potassium, Phosphorus, Plant, Nitrogen