

بررسی تأثیر تغذیه‌ای درختان سیب بر شدت بیماری شانکر سیتوسپورایی (*Cytospora cincta*) در باغ‌های سمیرم

احمد حیدریان✉ و مسعود تدین‌نژاد

به ترتیب مربی پژوهش بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی و مربی پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
(تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۵؛ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۷)

چکیده

بررسی‌های مقدماتی در خصوص وضعیت تغذیه‌ای ۲۹ باغ سیب تجاری گلدن دلشز آلوده به شانکر سیتوسپورایی نشان داد که غالب باغ‌های آلوده کمبود عناصر معدنی پتاسیم و کلسیم و بیش‌بود نیتروژن دارند. در این راستا، آزمایش باغی بصورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۸ تیمار (نیتروژن و پتاسیم هر کدام در ۳ سطح و کلسیم در ۲ سطح) و ۳ تکرار روی رقم گلدن دلشز ۲۷ ساله در شهرستان سمیرم به منظور بررسی تأثیر متعادل عناصر معدنی نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در پیش‌گیری از بروز و توسعه شانکر سیتوسپورایی ناشی از قارچ *Cytospora cincta* Fries در سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. نتایج نشان دادند که، شاخص انحراف از درصد بهینه عناصر معدنی نیتروژن، پتاسیم و کلسیم گزینه‌ای مناسب برای پیش‌بینی بروز و توسعه شانکر سیتوسپورایی درختان سیب است. کمبود یا بیش‌بود هر کدام از عناصر غذایی مورد ارزیابی باعث عدم تعادل در غلظت دیگری شده و شدت بیماری را تحت تأثیر قرار داد. بیش‌ترین درصد سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) در تیمارهایی دیده شد که مقدار نیتروژن مصرفی در آن‌ها کم‌تر یا بیش‌تر از مقدار بهینه بود. استفاده توأم از نیتروژن و پتاسیم باعث گردید پتاسیم تأثیر مستعد کنندگی نیتروژن به شانکر سیتوسپورایی را کاهش دهد. تأثیر کلسیم در کاهش بیماری نسبت به نیتروژن و پتاسیم کم‌تر بود. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده متعادل عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم در خاک و محلول‌پاشی کلسیم درختان سیب در منطقه سمیرم، بر اساس میزان توصیه شده، بیماری شانکر سیتوسپورایی را تا ۸۳/۷۹٪ کاهش می‌دهد.
واژه‌های کلیدی: سیب، سیتوسپورا، شانکر، عناصر غذایی.

Nutritional effects of apple trees on *Cytospora* canker severity (*Cytospora cincta*) in Semirom orchards

A. HEIDARIAN✉ and M. TADAYON NEJAD

MSc. Plant Protection Research Department & MSc. Soil and water Research Department; Respectively; Esfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Esfahan, Iran

Abstract

Preliminary studies on nutritional status of 29 commercial Golden Delicious orchards infected to *Cytospora* canker disease, showed deficiency of potassium and calcium and excess of nitrogen in most of infected orchard. In this regard, an orchard's trials was conducted to determine the effects of balanced potassium, nitrogen and calcium elements on prevention of incidence and development of *Cytospora* canker disease of 27 years apple Golden Delicious cultivar during 2014-15 in the commercial orchard at Semirom, Iran. Eighteen treatments (nitrogen and potassium at 3 levels and calcium at 2 levels) were designed in a factorial complete randomized block design with three replications. The results showed that deviation from optimum percentage index of nitrogen, potassium and calcium is proper option for predicting the occurrence and development of *Cytospora* canker disease of apple trees. Deficiency or excess of any nutrient caused imbalances in other elements and influenced the severity of the disease extensively. The highest percentage area under disease progress curve occurred in most of the treatments, that nitrogen rate was less or more than the optimal amount. Combined application of nitrogen and potassium in most of the treatments significantly reduced the predisposing effects of high nitrogen application. The impact of calcium on reducing disease was lower than nitrogen and potassium. This results of this study showed that, balance utility of nutrients such as nitrogen, potassium in soils of Semirom area orchards and spraying of calcium based on recommended manual reduced *Cytospora* canker disease at 83.79 percent.

Key words: Apple, *Cytospora*, canker, nutritional elements.

مقدمه

باکتری‌ها، قارچ‌ها و نماتدها تجمع پیدا می‌کنند غیر قابل دسترس برای گیاه هستند. محدودیت رشد ریشه در اثر عوامل بیماری‌زا، جذب مواد غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و گیاهان را مستعد به آلودگی شدیدتر با بیمارگرهای دیگر می‌کند. تغییر در نفوذپذیری غشای سیستم آوندی و یا تخریب آن باعث کمبود سیستمیک یا موضعی عناصر غذایی می‌شود. افزایش نفوذپذیری منجر به از دست دادن مواد غذایی از طریق تراوش‌های ریشه یا برگ می‌شود که نتیجه آن جذب عوامل بیماری‌زا و آلودگی‌های بیشتر است (Huber and Haneklaus, 2007).

عناصر غذایی به طور معمول برای افزایش محصول، سلامت و بهبود کیفیت گیاه استفاده می‌گردد. استفاده صحیح از آن‌ها در تولید محصولات زراعی و باغبانی برای بهبود بهره‌وری تولید و یک اکوسیستم پایدار زیست‌محیطی حیاتی است. تغذیه گیاه به مقدار زیادی مقاومت یا حساسیت آن را به بیماری، ساختار بافتی و مرفولوژیکی، شدت بیماری‌زایی بیمارگر و توانایی آن‌ها برای بقا تحت تأثیر قرار می‌دهد. عناصر معدنی، در بسیاری از موارد، اولین و مهم‌ترین سد دفاعی در برابر بیماری‌های گیاهی هستند که تمام اجزاء هرم بیماری‌ها (میزبان، شرایط محیطی و بیمارگر) را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Huber and Haneklaus, 2007). علاوه بر آن، بیماری‌های گیاهی همچنان به صورت محدود کننده در تولید محصولات کشاورزی ایفای نقش می‌کنند. کنترل بیماری‌های گیاهی با استفاده از آفت‌کش‌ها، نه تنها باعث نگرانی‌های جدی در مورد ایمنی مواد غذایی و کیفیت محیط‌زیست گردیده است که مقاومت به آفت‌کش‌ها را نیز در پی داشته است. در این راستا، نیاز به روش‌های جایگزین در مدیریت بیماری‌ها است. به‌طور خاص، عناصر غذایی تحمل یا مقاومت گیاهان به عوامل بیماری‌زا را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Dordas, 2008).

مقاومت میزبان به بیماری به واسطه توانایی‌اش در نفوذ، گسترش و تولید مثل بیمارگرهای مهاجم است (Graham and

شانکر سیتوسپورایی ناشی از قارچ‌های *Valsa*، *Cytospora* و *Leucostoma* (Mehrabi et al., 2008) یکی از مهم‌ترین بیماری‌های درختان سیب (*Malus domestica* Borkh.) است که در سال‌های اخیر در باغ‌های شهرستان سمیرم توسعه پیدا کرده و خسارت ناشی از آن افزایش یافته است. دلایل این واقعیت پیچیده و نامشخص است، اما غالباً در ارتباط با محرک‌هایی مانند تغییرات دما و خشکسالی، عدم تعادل بین عناصر غذایی و برهم‌کنش بین آن‌ها اتفاق افتاده است.

استراتژی جدید در مدیریت تلفیقی، استفاده از ترکیبات شیمیایی زیست‌سازگار است که مقاومت به بیماری را در گیاهان از طریق مقاومت القایی افزایش می‌دهند (Altamiranda et al., 2008) در این بین، عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم به‌طور خاص مورد توجه قرار گرفته و استفاده متعادل از آن‌ها منجر به کنترل موفق بیماری‌های گیاهی ناشی از قارچ‌ها، ویروس‌ها و باکتری‌ها شده است (Veromann et al., 2013; Zafar and Atahar, 2013; Geary et al., 2014). عوامل بیماری‌زا، قابل دسترس بودن عناصر غذایی، جذب، توزیع یا استفاده از آن‌ها توسط گیاهان را کاهش می‌دهند. بنابراین، یکی از عوامل محدود کننده در بهبود بهره‌وری تولید و کیفیت محصول هستند. علائم بیماری اغلب بیانگر وضعیت تغذیه‌ای دگرسان شده گیاه است و غالباً تشخیص بین عوامل زنده و غیرزنده دخیل در بروز علائم بسیار مشکل است.

در یک پژوهش، مشخص گردیده است که عدم تحرک منگنز در مکان‌های آلوده به قارچ‌های *Gaeumannomyces grisea* و *graminis* var *tritici* در گندم و برنج آن‌ها را به ترتیب، مستعد به بیماری‌های پاخوره و بلاست می‌کند. توانایی اکسید کردن منگنز از فرم قابل دسترس گیاه به فرم اکسید شده غیر قابل دسترس یک سازوکار بیماری‌زایی بیمارگر است و جدایه‌هایی از این دو بیمارگر که نتوانند منگنز را اکسید کنند بیماری‌زا نخواهند بود (Thompson and Huber, 2006). عناصر غذایی که اطراف مکان‌های آلوده توسط

باعث بیان ژن‌ها در مقاومت افقی می‌شود بلکه موانع فیزیکی و شیمیایی در برابر آلودگی به بیمارگر نیز بهبود می‌یابد (Taiz and Zeiger, 2013; Marschner, 2012; Huber, 1980).

هدف از این پژوهش ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای باغ‌های سالم و آلوده به شانکر سیتوسپورایی و بررسی تأثیر عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و کلسیم و برهم کنش آن‌ها با میزبان در کاهش شدت بیماری شانکر سیتوسپورایی درختان سیب گلدن دلشز بود.

روش بررسی

ارزیابی عناصر غذایی در برگ و خاک باغ‌های آلوده و

سالم: برای ارزیابی نقش عناصر غذایی در بروز و توسعه‌ی سیتوسپورای همراه درختان سیب در منطقه سمیرم، ۲۹ باغ آلوده و ۲۳ باغ سالم سیب دارای رقم گلدن دلشز (بیش‌ترین میزان آلودگی در منطقه روی این رقم مشاهده می‌شود) به‌طور تصادفی و به‌گونه‌ای انتخاب شد که نماینده باغ‌های منطقه باشند (تغذیه، شرایط اقلیمی، پستی و بلندی، بافت خاک و آبیاری، شاخص‌های هر محل نمونه‌برداری بودند). هر باغ حداقل ۵۰۰۰ مترمربع وسعت و درختان آن‌ها، بین ۷-۲۵ سال سن داشتند. در هر باغ ۵ درخت به‌صورت تصادفی انتخاب شد. تقریباً ۹۰ روز بعد از اتمام گل، از تعداد حداقل ۵۰ برگ توسعه‌یافته شاخسارهای سال نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از تهیه‌ی نمونه‌های مرکب برگ، کل عناصر غذایی آن‌ها به روش هضم تر (Wet Digestion) اندازه‌گیری شد. اعداد غلظت عناصر غذایی برگ به دست آمده به روش انحراف از درصد بهینه (Deviation from Optimum Percentage) یا DOP در برگ درختان باغ‌های آلوده نسبت به غلظت مرجع (C_{ref}) در برگ درختان باغ‌های سالم عاری از بیماری (۲۳ باغ) محاسبه و تفسیر گردید. شاخص DOP به‌صورت درصد انحراف از غلظت یک عنصر غذایی (بر اساس درصد ماده خشک) در مقایسه با مقدار بهینه به‌دست‌آمده تحت عنوان مقدار مرجع

(Webb, 1991). به عبارت دیگر، تحمل میزبان در ارتباط با توانایی آن در حفظ رشد و تولید مطلوب با وجود بیماری مشخص خواهد شد. مقاومت در ارتباط با ژنوتیپ بیمارگر، میزبان و شرایط محیطی است، با وجود این‌که مقاومت یا تحمل به بیماری به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌شود (Agrios, 2005) اما تحت تأثیر محیط و به‌خصوص کمبود و بیش‌بود عناصر غذایی نیز قرار می‌گیرند (Krauss, 1999). عناصر غذایی گسترش یک بیماری را با تغییر فیزیولوژی گیاه یا بیمارگر یا هر دو تحت تأثیر قرار می‌دهند (Marschner, 1995). عناصر غذایی فیزیولوژی، بیوشیمیایی و سلامت دیواره‌های سلولی، نشأت‌غشایی و ترکیبات شیمیایی میزبان را تحت تأثیر قرار می‌دهند و علاوه بر آن، میزان رشد را در مراحل حساس میزبان به بیماری با فرار یا دوری‌جستن از بیماری تحت تأثیر قرار می‌دهند. همچنین، عناصر غذایی با تغییر در محیط خاک قادر هستند گسترش بیمارگر را تحت تأثیر قرار دهند (Dordas, 2008).

تغذیه متعادل گیاه یک فرایند اساسی در کشاورزی پایدار است، برای این‌که در اغلب موارد در کنترل بیماری‌های گیاهی مقرون به‌صرفه‌تر و سازگار با محیط زیست است. استفاده مطلوب از عناصر غذایی، بیماری را به کم‌ترین سطح قابل قبولی کاهش می‌دهد. در این‌حالت، کنترل آن با روش‌های مدیریتی دیگر یا آفت‌کش‌ها، موفق‌تر و از نظر اقتصادی توجیه‌پذیرتر است. تغذیه مطلوب یکی از روش‌های جایگزین کنترل بیماری‌های گیاهی است که در افزایش عملکرد و کیفیت محصول نیز تأثیر به‌سزایی دارد (Batish et al., 2007). عناصر غذایی در رشد و نمو گیاهان، میکروارگانیزم‌ها و کنترل بیماری‌های گیاهی نقش اساسی ایفا می‌کنند (Agrios, 2005).

بهترین روش مدیریت شانکر سیتوسپورایی درختان سیب مدیریت کنترلی چندگزینه‌ای است. در این بین، حفاظت گیاه با تغذیه مطلوب آن، یکی از اساسی‌ترین گزینه‌ها است. به نظر می‌رسد که روش چندگزینه‌ای در مدیریت بیماری‌ها نه‌تنها

بافت خاک مکان آزمایشی در عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متر رسی‌سیلتی (جدول ۲) و سیستم آبیاری قطره‌ای بود. میزان و دور آبیاری با توجه به فصل به‌گونه‌ای تنظیم گردید که هیچ تنش آبی به درختان اعمال نشود.

طرح آماری: برای ارزیابی اثرات ممتد تیمارهای غذایی روی توسعه شانکر سیتوسپورایی، تیمارهای زیر روی درختان گلدن دلشیز انتخابی در اسفند سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ قبل از بیدار شدن درختان انجام شد. هر تیمار دارای سه تکرار با هر واحد آزمایشی یک درخت بود (اطراف درختان هر واحد آزمایشی یک ردیف حاشیه در نظر گرفته شد). محلول‌پاشی کلسیم طبق توصیه موسسه خاک‌وآب در ۵ نوبت به فاصله ۸ روز (از زمان تشکیل میوه‌ها) با استفاده از کلرور کلسیم انجام شد.

این پژوهش به‌صورت طرح فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار شامل: نیتروژن در سه سطح (صفر (N_0) ، توصیه کود ازتی برای باغ‌های سمیرم (N_r) و دو برابر توصیه مذکور (N_{2r}))، پتاسیم در سه سطح (صفر (K_0) ، توصیه کود پتاسیمی برای باغ‌های سمیرم (K_r) و دو برابر توصیه مذکور (K_{2r}) و کلسیم در دو سطح (صفر (Ca_0) و محلول‌پاشی (Ca_r)) اجرا گردید. هر تیمار دارای سه تکرار و هر واحد آزمایشی شامل یک درخت بود (اطراف درختان هر واحد آزمایشی یک ردیف حاشیه در نظر گرفته شد).

میزان بهینه عناصر غذایی باغ‌های سیب براساس توصیه کودی درختان دانه‌دار (Malakouti, 2014) و پژوهش انجام شده توسط شهابی و همکاران (انتشار نیافته) در باغ‌های سیب سمیرم به ازای هر درخت شامل: ۷۰۰ گرم سولفات آمونیم، ۵۰۰ گرم سوپر فسفات تریپل، ۵۰۰ گرم سولفات پتاسیم، ۲۵۰ گرم سولفات آهن، ۳۵۰ گرم سولفات روی، ۸۰ گرم اسید بوریک می‌باشد. استفاده از این مقادیر، بستگی به میزان عناصر در خاک محل آزمایش دارد، از این‌رو نمی‌توان در مورد همه‌ی خاک‌های سمیرم تعمیم داد، ولی چون حدود بحرانی

(Montanes *et al.*, 1993) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$DOP = [(C \times 100) / C_{ref}] - 100$$

DOP = انحراف از درصد بهینه؛ C = غلظت هر عنصر؛

C_{ref} = غلظت متوسط در باغ‌های سالم.

نمونه‌برداری از خاک ۲۹ باغ آلوده و ۲۳ باغ سالم جهت انجام آزمایش‌های خاک در اواسط فصل رشد انجام شد. در هر باغ ۵ درخت به تصادف انتخاب و در سایه‌انداز هر درخت ۳ نمونه خاک از عمق ۰-۶۰ سانتی‌متری خاک با دستگاه چال‌زن (Auger) برداشته شد و نهایتاً در آزمایشگاه به‌صورت یک نمونه مرکب خاک از هر باغ برای تعیین بافت، هدایت الکتریکی، اسیدیته گل اشباع، کربن آلی، میزان گچ، مواد خثی شونده و برخی عناصر غذایی خاک آزمون شد.

جداسازی و انتخاب جدایه: در بهار و پاییز سال ۱۳۹۲

از ده باغ آلوده انتخابی، بین ۲۰ تا ۳۰ نمونه شاخه بیمار به آزمایشگاه انتقال داده شد و از حاشیه زخم‌های فعال و از پیکنیده‌های تشکیل‌شده روی چوب به روش Fotouhifar *et al.* (2007) قارچ عامل بیماری جدا و خالص‌سازی شد. شدت بیماری‌زایی جدایه‌های به‌دست‌آمده روی شاخه‌های بریده رقم گلدن دلشیز به روش Heidarian *et al.* (2001) بررسی شد. جدایه با فراوانی و شدت بیماری‌زایی بالاتر انتخاب و برای مایه‌زنی در آزمایش‌ها استفاده شد. بر اساس خصوصیات مورفولوژیک جدایه قارچ *Cytospora cincta* Fries تشخیص داده شد که به‌عنوان گونه غالب در منطقه سمیرم گزارش شده است (Mehrabi *et al.*, 2011).

اطلاعات مکان آزمایشی: آزمایش در یک باغ تجاری

گلدن دلشیز ۲۷ ساله آلوده در شهرستان سمیرم (مهرگرد) با عرض شمالی ۳۴' ۱۲" و طول شرقی ۳۱' ۴۸" ۵۱۰ اجرا گردید. این منطقه از نظر آب‌وهوایی جزو مناطق با تابستان گرم‌و خشک و زمستان‌های معتدل سرد است. متوسط میانگین دمای ماهیانه ۱۳ سال اخیر از ۷/۱۲ تا ۱۷/۶۴ درجه سلسیوس و میانگین بارندگی سالیانه در ۱۳ سال اخیر ۵۲۰/۷ میلی‌متر بوده است (جدول ۱).

بعد از تمام‌گل، نمونه‌برداری از حداقل ۵۰ برگ توسعه یافته (برگ ششم از انتهای شاخه) بر روی ساقه‌های سال جاری از هر تکرار تیمار انجام شد. نمونه‌های برگ در آزمایشگاه از نظر عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و کلسیم تجزیه گردیدند.

نتیجه و بحث

ارزیابی عناصر غذایی در خاک و برگ باغ‌های آلوده و

سالم: بر اساس ارزیابی که روی خاک باغ‌های سالم در عمق ۰ تا ۶۰ سانتی متری انجام شد، $64/28\%$ باغ‌ها بافت خاک سیلتی رسی و $35/72\%$ بافت خاک رسی سیلتی داشتند. کربن آلی آن‌ها بین $1/77-0/33$ درصد، گچ بین ۱۵-۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم، هدایت الکتریکی بین $1/2-0/4$ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته (pH) بین $7/8-7/4$ متغیر بود. درحالی‌که در باغ‌های آلوده $69/23\%$ باغ‌ها بافت خاک سیلتی رسی و $30/77\%$ آن‌ها بافت رسی سیلتی داشتند. کربن آلی آن‌ها بین $2/11-0/56$ درصد، گچ بین ۲۰-۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم، هدایت الکتریکی بین $1/1-0/51$ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته (pH) بین $7/8-7/3$ متغیر بود (جدول ۳). آب آبیاری مورد استفاده در باغ‌های آلوده و سالم بدون محدودیت شوری، سدیم و کلر بود. همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، دامنه تغییرات عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم در درختان سالم و آلوده هردو نسبتاً زیاد است اما فراوانی و نحوه توزیع آن‌ها به‌گونه‌ای است که در نهایت باعث بروز یا عدم بروز بیماری می‌شود.

برای مقایسه مقادیر غلظت عناصر غذایی در برگ درختان سیب به‌جای استفاده از غلظت‌های استاندارد از شاخص DOP که غلظت‌های مرجع محلی درختان سالم را مبنا قرار می‌دهد (Malakouti and Gheibi, 1997) استفاده شد. در این راستا، غلظت عناصر غذایی پرنیاز و کم‌نیاز در برگ درختان سالم رقم گلدن دلشیز مربوط به ۲۳ باغ با مدیریت مناسب تغذیه‌ای اندازه‌گیری شد و غلظت مرجع (C_{ref}) براساس میانگین غلظت‌ها در آن‌ها تعیین گردید که این نتایج در جدول ۴ ارائه گردیده است.

عناصر غذایی در خاک‌های سمیرم بررسی نشده است، بنابراین در شرایط کنونی نمی‌توان بر اساس آزمون خاک توصیه نمود و استفاده از توصیه موسسه خاک و آب معمول است. محلول‌پاشی کلسیم در تیمارهای خاص، طبق توصیه موسسه خاک و آب در ۵ نوبت به فاصله ۸ روز (از زمان تشکیل میوه‌ها) با استفاده از کلرور کلسیم با غلظت پنج در هزار انجام شد.

بر اساس نوع تیمار، عناصر معدنی با ۳۰ کیلوگرم کود حیوانی پوسیده مخلوط گردید و در انتهای سایه‌انداز درخت که ریشه‌های فعال قرار دارند در ۲ چال‌کود در جهت‌های شرقی‌غربی و در سال دوم در جهت‌های شمالی‌جنوبی در زیر قطره‌چکان‌ها قرار داده شد. قطر چاله‌ها بین ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر و عمق آن‌ها بسته به پراکنش ریشه‌های درخت بین ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر بود.

مایه‌زنی بیمارگر و ارزیابی بیماری: مایه‌زنی در دو فصل

رویشی و شش هفته پس از اعمال تیمارها با دیسک‌های به قطر ۵ میلی‌متر محیط غذایی سیب‌زمینی دکستروزآگار برداشتی از حاشیه کلنی‌های در حال رویش فعال انجام شد. به این ترتیب که، با چوب‌پنبه‌سوراخ‌کن دیسکی از پوست شاخه‌های انتخابی برداشته شد و طرف میسلیم‌دار دیسک را روی کامبیوم قرار داده و روی آن با دولایه پارافیلیم و دولایه چسب نواری کاغذی پوشانده شد. برای هر تیمار یک درخت در نظر گرفته شد و در سال اول روی دو شاخه با قطر تقریباً یکسان در ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متری محل اتصال به تنه در دو جهت جغرافیایی شرقی‌غربی و در سال دوم در دو جهت جغرافیایی شمالی‌جنوبی مایه‌زنی گردید. در هر تیمار یک شاخه با دیسک‌های سیب‌زمینی دکستروزآگار سترون به عنوان شاهد مایه‌زنی گردید. ارزیابی براساس اندازه‌گیری مساحت شانکر با استفاده از طلق شفاف (Heidarian *et al.*, 2001) در دو نوبت آخر خرداد و مهرماه هر سال آزمایشی بود.

تجزیه عناصر نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در برگ

تیمارهای آزمایشی: در سال دوم آزمایشی و تقریباً ۹۰ روز

جدول ۱- مقایسه متوسط دمای ماهیانه و متوسط بارندگی سالیانه سمیرم در سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۳ در مقایسه با سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۱

Table 1. Mean monthly temperature and mean annual precipitation in 2014 and 2015 in Semirom compared to the same figures for 2002-2015

| Year | Annual precipitation (mm) | Mean high Temperature (monthly) (°C) | Mean low Temperature (monthly) (°C) |
|-------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 2014 | 386.1 | 17.25 | 6.58 |
| 2015 | 370.1 | 17.97 | 7.43 |
| Average (2002-15) | 520.7 | 17.64 | 7.12 |

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Characteristics of the soil in the experimental site

| Soil depth (cm) | Clay | Silt | Sand (%) | TNV | OC | EC (dS/m) | pH | P | K | Zn | Cu | Mn | Fe | Gypsum mg/100 |
|-----------------|------|------|----------|-----|------|-----------|-----|----|---------|----------|----------|-----------|----------|---------------|
| 0-60 | 55 | 37 | 8 | 55 | 1.03 | 1.04 | 7.5 | 43 | 29 5 | 2.2 6 | 0.6 8 | 12.6 6 | 6.5 2 | 15 |

جدول ۳- دامنه تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باغ‌های مورد آزمایش در عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متری

Table 3. Ranges of physical and chemical properties of the soils (0-60 cm) in the experimental trial site

| Depth cm | Orchards | Clay | Silt | Sand | K (ava.) | P (ava.) | TNV | OC | pH | EC | CaSO4 |
|----------|----------|-------|-------|-------|----------|----------|-----------|-----------|---------|----------|--------|
| | | % | | | mg/kg | | % | | | dS/m | mg/100 |
| 0-60 | Healthy | 35-57 | 32-50 | 19-86 | 170-956 | 1.8-33.3 | 18-38 | 0.33-1.77 | 7.4-7.8 | 0.4-1.2 | 9-15 |
| 0-60 | Infected | 27-37 | 32-38 | 11-29 | 300-750 | 2.2-33.2 | 25.5-50.5 | 0.56-2.11 | 7.3-7.8 | 0.51-1.1 | 9-20 |

جدول ۴- غلظت مرجع عناصر غذایی پرنیاز و کم‌نیاز در باغ‌های گل‌دلیشز سالم ۹۰ روز بعد از تمام‌گل

Table 4. Concentration reference determined from leaf macro and micro nutrients contents at 90 DAFB in Golden Delicious cultivar in healthy orchards

| N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn | Cu |
|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | % | | | mg/kg | | | |
| 1.89 | 0.17 | 1.37 | 2.06 | 0.96 | 88.12 | 27.04 | 16.87 | 11.13 |

بیماری‌زا دارند (Pozza and Pozza, 2012; Thompson and Huber, 2006; Biggs and Peterson, 1990; Zahoor et al., 2017)، انتخاب شد و در شرایط طبیعی تأثیر آن‌ها بر شدت بیماری شانکر سیتوسپورایی درختان سیب بررسی شد.

تجزیه عناصر نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در برگ

تیمارهای آزمایشی: مقایسه میانگین غلظت عناصر غذایی مورد ارزیابی با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ در برگ درختان تیمار شده گل‌دلیشز در سال دوم آزمایشی، ۹۰ روز بعد از تمام‌گل، نشان داد که در تمام تیمارها با تغییر در میزان مصرف عناصر مورد ارزیابی مقدار آن‌ها در وزن خشک برگ نیز تغییر می‌کند و تیمارها از نظر آماری در گروه‌های مختلف قرار گرفتند (جدول ۶ و شکل ۱).

روش DOP به‌عنوان شاخصی برای تشخیص وضعیت تغذیه‌ای درختان و تعیین کمبود و بیش‌بود عناصر غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. وقتی عناصر بر اساس مقادیر DOP اولویت‌بندی شوند، عنصر غذایی با شاخص DOP کوچک‌تر از صفر نشان‌دهنده‌ی نیاز بیش‌تر نسبت به سایر عناصر غذایی خواهد بود (جدول ۵). علاوه بر آن، شاخص تعادل تغذیه‌ای (ΣDOP) که از مجموع قدرمطلق‌های DOP به‌دست می‌آید نیز محاسبه گردید (جدول ۵). مقادیر بالاتر ΣDOP بیان‌گر عدم تعادل تغذیه‌ای بیش‌تر در گیاه خواهد بود. درصد بالای آهک در خاک‌های سمیرم (جدول ۳) می‌تواند یکی از دلایل کمبود و اختلالات تغذیه‌ای در این باغ‌ها باشد.

بر اساس شاخص‌های DOP و ΣDOP در باغ‌های آلوده (جدول ۵) سه عنصر نیتروژن، پتاسیم و کلسیم که در ساختار و استحکام بافت‌های گیاهی نقش کلیدی در برابر عوامل

جدول ۵- انحراف از درصد بهینه و شاخص تعادل تغذیه‌ای عناصر غذایی پرنیاز و کم‌نیاز در باغ‌های

گلدن دلیشز آلوده به *Cytospora cincta* Fries ۹۰ روز بعد از اتمام گل*

Table 5. DOP and Σ DOP index determined from leaf macro and micro nutrients contents at 90 days after full boom in Golden Delicious cultivar in infected orchards by *Cytospora cincta* Fries*

| Lab. no. | Σ DOP | DOP | | | | | | | | |
|----------------|--------------|------|-------|-------|--------|------|-------|--------|------|------|
| | | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn | Cu |
| 166 | 1376 | -33 | 24 | -31 | -33 | -53 | -17 | -66 | 180 | 939 |
| 167 | 618 | -29 | 141 | 17 | -58 | -74 | -2 | -54 | 95 | 148 |
| 168 | 803 | -29 | 253 | -28 | -30 | -59 | -9 | -35 | 45 | 315 |
| 413 | 381 | 15 | -24 | -18 | -56 | -6 | 24 | -23 | 167 | -48 |
| 414 | 264 | 32 | 18 | -5 | -67 | -28 | 30 | -20 | 49 | -55 |
| 415 | 423 | 30 | 12 | -9 | -55 | -4 | 30 | -2 | 231 | -50 |
| 423 | 205 | 13 | 71 | 6 | -32 | 46 | 22 | 2 | 9 | 4 |
| 424 | 232 | 47 | 41 | -15 | -50 | 7 | 44 | -3 | 0 | -25 |
| 428 | 224 | -10 | 35 | 22 | -41 | 27 | -19 | -9 | -49 | -12 |
| 429 | 277 | -9 | 35 | -24 | -15 | 83 | 36 | 45 | -16 | -14 |
| 430 | 202 | -19 | 29 | 17 | -33 | 45 | 5 | 2 | -44 | 8 |
| 431 | 143 | 0 | 29 | -5 | -35 | 39 | 12 | 0 | -13 | -10 |
| 432 | 217 | 4 | 76 | 7 | -27 | 56 | 15 | -4 | -3 | -25 |
| 433 | 212 | 5 | 24 | 11 | -49 | 9 | 4 | -49 | -31 | -30 |
| 437 | 285 | -6 | -24 | -31 | -17 | 79 | 11 | 37 | -41 | -39 |
| 438 | 311 | -30 | -29 | -26 | -33 | 44 | -38 | 18 | -36 | -57 |
| 439 | 245 | -10 | 29 | 7 | -26 | 59 | -17 | 8 | -45 | -44 |
| 211 | 354 | 55 | 6 | -9 | 17 | -15 | -24 | 70 | 116 | -42 |
| 212 | 414 | 13 | -6 | -33 | 68 | 15 | -60 | 152 | -37 | -30 |
| 213 | 264 | 21 | -6 | -27 | -11 | -38 | -54 | 48 | -38 | -21 |
| 214 | 292 | 11 | -29 | 9 | -18 | -56 | 0 | 41 | -68 | -60 |
| 215 | 329 | 34 | 6 | 11 | -33 | -29 | -3 | 100 | -79 | -34 |
| 216 | 471 | 25 | -12 | -15 | -8 | -42 | -31 | 196 | -100 | -42 |
| 221 | 401 | 24 | 0 | 24- | -17 | -42 | -41 | 100 | -100 | -53 |
| 222 | 221 | -2 | -29 | -16 | -28 | 17 | -31 | 86 | -3 | -9 |
| 223 | 331 | 17 | 6 | 17 | -37 | 6 | -24 | 177 | -36 | -11 |
| 226 | 246 | 4 | -18 | 7 | -24 | 40 | -24 | 75 | 39 | -15 |
| 227 | 300 | 51 | -6 | 20 | -35 | 17 | -18 | 112 | 35 | -6 |
| 228 | 285 | 30 | -41 | -18 | -49 | 14 | -17 | 59 | -38 | -19 |
| Average | - | 8.76 | 21.07 | -6.31 | -28.69 | 5.41 | -6.76 | 36.656 | 6.52 | 8.76 |

*: استانداردهای مقایسه عناصر غذایی رقم گلدن دلیشز براساس نمونه‌برداری از ششمین برگ شاخساره‌های سال جاری، ۹۰ روز بعد از تمام‌گل

(Bergmann 1992). علامت‌های (-) و (+) به ترتیب بین‌گر بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار نسبت به بهینه (۰) است.

*: Mineral leaf composition standards for Golden Delicious cultivar, based on sixth-shoot leaves sampled at 90 days after full bloom (Bergmann 1992). Sign (-) and (+) indicates lower and higher content than optimum (0) respectively.

تیمارهایی اتفاق افتاد که عدم تعادل در مقدار نیتروژن و پتاسیم مصرفی وجود داشت. بین میانگین‌های شدت نهایی بیماری در تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۰.۵٪ اختلاف

ارزیابی عناصر معدنی نیتروژن، پتاسیم و کلسیم روی شدت شانکر سیتوسپورایی: اولین علائم بروز بیماری در هر دو سال آزمایشی حداقل سه هفته بعد از مایه‌زنی و در

معنی‌دار وجود داشت. تأثیر ممتد عناصر معدنی مورد ارزیابی سیب در جدول ۷ ارائه شده است. روند تغییرات شدت روی میانگین شدت بیماری شانکر سیتوسپورایی درختان بیماری با توجه به نوع تیمار متغیر است.

جدول ۶- میانگین مقدار عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در برگ رقم گلدن دلشیز ۹۰ روز بعد از تمام‌گل در سال دوم آزمایشی*

Table 6. Mean contents of nitrogen, potassium and calcium in Golden Delicious cultivar leaves, at 90 DAFB in treatments at second year trial*

| Treatment | N | K | Ca |
|---|----------|--------|--------|
| | % | | |
| N ₀ K ₀ Ca ₀ | 1.07e | 0.88c | 0.69g |
| N ₀ K ₀ Ca _r | 1.08e | 0.82cd | 2.88a |
| N ₀ K _r Ca _r | 1.01e | 1.25b | 2.14c |
| N ₀ K _r Ca ₀ | 0.99e | 1.22b | 0.98ef |
| N ₀ K _{2r} Ca _r | 1.03e | 1.77a | 2.09c |
| N ₀ K _{2r} Ca ₀ | 0.97e | 1.73a | 1.03e |
| N _r K ₀ Ca _r | 1.51d | 0.84c | 2.10c |
| N _r K ₀ Ca ₀ | 1.53d | 0.77cd | 1.30d |
| N _r K _r Ca _r | 1.48d | 1.23b | 2.20bc |
| N _r K _r Ca ₀ | 1.45d | 1.23b | 1.04e |
| N _r K _{2r} Ca _r | 1.52d | 1.69a | 2.17bc |
| N _r K _{2r} Ca ₀ | 1.50d | 1.65a | 0.87f |
| N _{2r} K ₀ Ca _r | 1.56cd | 0.76cd | 2.30b |
| N _{2r} K ₀ Ca ₀ | 1.98a | 0.68d | 1.25d |
| N _{2r} K _r Ca _r | 1.67bcd | 1.25b | 2.10c |
| N _{2r} K _r Ca ₀ | 1.93ab | 1.25b | 1.07e |
| N _{2r} K _{2r} Ca _r | 1.70abcd | 1.72a | 2.15bc |
| N _{2r} K _{2r} Ca ₀ | 1.83abc | 1.77a | 1.10e |
| LSD | 0.2922 | 0.1484 | 0.1574 |
| CV(%) | 12.33 | 6.99 | 5.74 |

*: در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشابه براساس آزمون حداقل اختلاف در سطح احتمال ۰.۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

*: Means followed by the same letter in the column do not differ statistically through the test of LSD value, at 0.05 probability level.

جدول ۷- میانگین‌های شدت نهایی، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) و درصد کاهش بیماری

تحت تأثیر عناصر نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴*

Table 7. Means of final disease severity, area under disease progress curve (AUDPC) and disease reduced percent as affected by nitrogen, potassium and calcium fertilizer applications at 2014 and 2015 years*

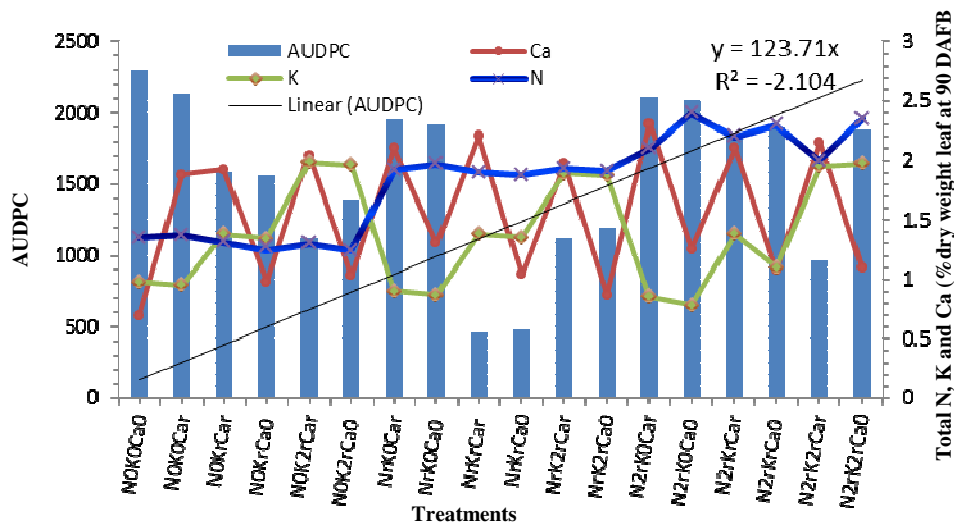
| Treatments | Final mean canker lesion size (mm ²) | | The Area Under the Disease Progress Curve (AUDPC) | | Disease reduced (%) | |
|---|--|------------|---|------|---------------------|-------|
| | 2013 | 2014 | 2013 | 2014 | 2013 | 2014 |
| | N ₀ K ₀ Ca ₀ | 1551.00a | 985.00a | 1425 | 2301 | 0.00 |
| N ₀ K ₀ Ca _r | 1491.00ab | 879.00ab | 1373 | 2130 | 4.62 | 10.76 |
| N ₀ K _r Ca _r | 1139.00fg | 537.67hij | 1035 | 1589 | 26.58 | 45.41 |
| N ₀ K _r Ca ₀ | 1180.00f | 580.33ghi | 1065 | 1558 | 23.90 | 41.08 |
| N ₀ K _{2r} Ca _r | 949.70h | 360.33k | 810 | 1120 | 38.77 | 63.42 |
| N ₀ K _{2r} Ca ₀ | 1092.00g | 492.33ij | 1036 | 1381 | 29.59 | 50.02 |
| N _r K ₀ Ca _r | 1358.00cd | 778.67bcde | 1323 | 1955 | 11.28 | 20.95 |
| N _r K ₀ Ca ₀ | 1376.00c | 759.00cdef | 1253 | 1911 | 12.42 | 22.94 |
| N _r K _r Ca _r (recommended) | 342.00k | 159.67l | 247 | 458 | 77.95 | 83.79 |
| N _r K _r Ca ₀ | 355.30k | 177.67l | 261 | 480 | 77.09 | 81.96 |
| N _r K _{2r} Ca _r | 837.30ij | 454.67jk | 737 | 1118 | 46.27 | 53.84 |
| N _r K _{2r} Ca ₀ | 882.00i | 496.33ij | 781 | 1192 | 43.13 | 49.61 |
| N _{2r} K ₀ Ca _r | 1440.00b | 826.67bcd | 1370 | 2107 | 5.01 | 16.07 |
| N _{2r} K ₀ Ca ₀ | 1473.00b | 840.33bc | 1345 | 2091 | 7.14 | 14.69 |
| N _{2r} K _r Ca _r | 1320.00d | 722.00def | 1225 | 1850 | 14.87 | 26.70 |
| N _{2r} K _r Ca ₀ | 1350cd | 750.33cdef | 1250 | 1898 | 12.94 | 23.82 |
| N _{2r} K _{2r} Ca _r | 1250.00e | 650.33fgh | 1150 | 961 | 19.39 | 33.98 |
| N _{2r} K _{2r} Ca ₀ | 1270.00e | 670.33efg | 1214 | 1880 | 14.87 | 31.95 |
| LSD | 46.85 | 115.8 | - | - | - | - |
| CV(%) | 12.46 | 11.29 | - | - | - | - |

*: در هر ستون میانگین‌ها با حروف مشابه براساس آزمون حداقل اختلاف در سطح احتمال ۰.۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

*: Means followed by the same letter in the column don't differ statistically through the test of LSD value, at 0.05 probability level.

مشخص کرد که تیمار شاهد (T_1) و پلات‌هایی که تنها نیتروژن (کمبود یا بیش‌بود) در آن‌ها اعمال گردیده است بیش‌ترین میزان بیماری را در مقایسه با پلات‌های دیگر داشتند (جدول ۷). استفاده از کلسیم به‌تنهایی کارایی معنی‌داری روی بیماری در مقایسه با تیمار بهینه و شاهد (T_1) نداشت. استفاده توأم از نیتروژن و پتاسیم به‌طور معنی‌داری (0.05) نسبت به شاهد تأثیر مستعدکنندگی افزایش نیتروژن بر بیماری را کاهش داد. بین تیمارها و AUDPC همبستگی منفی ($R^2 = -2/104$) وجود داشت (شکل ۱).

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش میزبان و عناصر غذایی در سطح ۵٪ بر کارایی بیمارگر در دو سال آزمایشی اثر معنی‌دار دارند. با توجه به این‌که نتایج حاصل از مقایسه میانگین شدت نهایی بیماری در سال ۱۳۹۳ تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای با سال ۱۳۹۴ نداشت لذا میانگین‌های سال ۱۳۹۴ ارزیابی شد (جدول ۷). سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC)، شدت نهایی و درصد کاهش بیماری برای ارزیابی استفاده شد. نتایج AUDPC نشان داد که برنامه‌های غذایی به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.05$) پیشرفت بیماری را تحت تأثیر قرار می‌دهند (جدول ۷). به‌طور کلی، مقایسه میانگین‌ها



شکل ۱- سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری شانکر سیتوسپورایی و میزان عناصر نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در برگ درختان گلدن دلشز تحت تأثیر تیمارهای مختلف غذایی

Fig. 1. AUDPC of *Cytospora* canker and content elements of nitrogen, potassium and calcium in leaf of *Golden Delicious* plants as affected by different nutritional treatments

درصد AUDPC در تیمار بهینه نسبت به سایر تیمارها کم است که این نتیجه با پژوهش‌های انجام‌شده (Marschner, 2012; Taiz and Zeiger, 2013; Freitas *et al.*, 2015) در این زمینه مطابقت می‌نماید.

سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بین تیمارهای مختلف نشان می‌دهد بیش‌ترین درصد AUDPC در اغلب تیمارهایی اتفاق افتاده است که مقدار نیتروژن مصرفی در آن‌ها کم‌تر یا بیش‌تر از مقدار بهینه بوده است و به همین دلیل در جدول ۳ میزان نیتروژن خاک (کربن آلی) در خاک باغ‌های آلوده، دامنه

اختلاف آماری بین میزان عناصر غذایی موجود در برگ ۹۰ روز بعد از تمام‌گل در تیمارهای مختلف (جدول ۶) بیان‌گر تأثیر تیمارهای مختلف روی عناصر غذایی موجود در برگ بود. میزان عناصر نیتروژن، پتاسیم و کلسیم نسبت به تیمار شاهد (T_1) به‌طور قابل‌توجهی بیش‌تر و نسبت به تیمار بهینه ($N_1K_1Ca_1$) متغیر بود (جدول ۶ و شکل ۱). میزان عناصر مورد ردیابی در تیمار بهینه به میزان غلظت‌های مرجع (جدول ۴) نزدیک بود. به‌علت این‌که، عناصر غذایی مسئول بیان مقاومت افقی به‌صورت فیزیکی یا شیمیایی در گیاه هستند لذا،

تیمار بهینه (N_rK₃Ca) از نظر مواد غذایی و تیمار (N_rK₃) کم‌ترین AUDPC را داشتند (شکل ۱) و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۷). بالاترین مقدار AUDPC در تیمارهای عدم مصرف پتاسیم، نیتروژن و کلسیم به‌این‌علت است که این عناصر نسبت به سایر عناصر غذایی به میزان بیش‌تری در تغذیه درختان سیب لازم (Malakouti, 2014) و در کنترل بیماری‌های گیاهی (Heidarian and Tadayonnejad, 2009; Belan et al., 2014; Furtado et al., 2009) نقش کلیدی دارند. نقش این سه عنصر معدنی در بیماری‌های گیاهی خاص و بستگی به گونه میزبان و برهم‌کنش آن‌ها با بیمارگر و شرایط محیطی دارد. بسته به عنصر معدنی مورد استفاده و تعادل آن با عناصر غذایی دیگر، شدت بیماری ممکن است کاهش یا افزایش پیدا کند (Pozza and Pozza, 2012).

به طور کلی، در تیمارهایی که نیتروژن و پتاسیم مصرف نشده، یا پتاسیم مصرف نشده ولی نیتروژن در آن‌ها کم‌تر یا بیش‌تر از مقدار بهینه است، شدت نهایی بیماری و AUDPC حداکثر است (شکل ۱) و از نظر آماری تیمارها هم‌پوشانی گروهی نیز دارند (جدول ۷). این نتایج با یافته‌های قبلی در خصوص اثر نیتروژن روی توسعه شانکر سیتوسپورایی که در سیستم کشت بدون خاک در شرایط گلخانه مورد بررسی قرار گرفته بود مطابقت داشت (Burks et al., 1998). این محققین نشان دادند که عدم مصرف و استفاده بیش از اندازه نیتروژن منجر به تشکیل شانکرهای وسیع روی درختان سپیدار می‌شود، درحالی‌که، استفاده صحیح از کود نیتروژن، باعث شده که سپیدارها در مقابل شانکر سیتوسپورایی مقاومت کنند. زمانی که میزان نیتروژن قابل دسترس در گیاه افزایش یابد نسبت C:N در گیاه کاهش یافته (گیاه شاداب‌تر می‌شود) و این نگرانی را به وجود خواهد آورد که افزایش غلظت نیتروژن، حساسیت گیاهان به بیماری‌ها را در پی خواهد داشت (Agrios, 2005).

در تیماری که نیتروژن مطلوب بوده ولی دو عنصر دیگر وجود نداشته‌اند بیماری ۲۲/۹۴٪ نسبت به تیمار بهینه کاهش داشته است. با افزایش مقدار نیتروژن به دو برابر، بیماری

وسیعی را نشان می‌دهد. اثر نیتروژن روی حساسیت یا مقاومت گیاهان به بیماری متغیر است و بستگی به فاکتورهای دیگری مانند بیمارگر، ژنوتیپ، غلظت و منابع غذایی مورد استفاده و برهم‌کنش نیتروژن با عناصر غذایی دیگر دارد. غلظت مناسب نیتروژن به ساخته شدن لیگنین، فیتوالکسین و تانن‌ها کمک می‌کند و بیش‌بود آن باعث کاهش تولید این ترکیبات به‌واسطه تقاضا برای کربن در فتوسنتز از طریق چرخه کربس می‌شود که باعث اختلال در تولید متابولیت‌های ثانوی از طریق چرخه شیکیمیک اسید (shikimic acid cycle) می‌شوند که برای ایجاد مقاومت ضروری هستند. علاوه بر آن، زیادی نیتروژن به آزادسازی پلی‌ساکاریدها در سطح برگ نیز کمک می‌کند که به‌عنوان منبع انرژی برای تعداد زیادی از بیمارگرها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Thompson and Huber, 2006). با این وجود، تأثیر نیتروژن روی بیماری‌های گیاهی را نمی‌توان تعمیم داد، به این دلیل که افزایش نیتروژن برای برخی بیماری‌ها مناسب و برای برخی نامطلوب است (Pozza and Pozza, 2012). برای مثال تعداد زیادی از درختان موز با علائم بیماری پانامایی، کمبود نیتروژن در برگ داشته‌اند (Furtado et al., 2009). بیماری چشم قهوه‌ای درختان قهوه با افزایش نیتروژن در محلول غذایی، ۲۰/۷٪ کاهش یافته است (Pozza et al., 2001). لکه‌های برگ‌ی ناشی از *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* در درختان هلو با کمبود نیتروژن، ۱۶٪ افزایش داشته است (Cao et al., 2011) در حالی که، استفاده از ۶۷/۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در خاک مزارع گندم، ۱۴٪ بیماری‌های برگ‌ی را کاهش داده است (Krupinsky and Tanaka, 2001). مقایسه DOP برگ درختان گلدن دلشز سالم با درختان آلوده به شانکر سیتوسپورایی نشان داد که عنصر نیتروژن در غالب درختان آلوده بیش‌تر و عناصر پتاسیم و کلسیم کم‌تر است (جدول ۵) که احتمالاً به این علت است که، کمبود کلسیم باعث تجمع نیتروژن در بافت برگ به خاطر فروپاشی ساختار غشاء و از بین رفتن محفظه سلولی می‌شود (Marschner, 2012).

نفوذپذیری سلولی باعث حفظ فشار اسمزی می‌گردد و آب را برای فعالیت آنزیمی ضروری و چندین فرایند متابولیکی دیگر قابل دسترس می‌سازد (Marschner, 2012). این عنصر غذایی، تجمع فیتوالکسین‌ها و فنل‌ها را اطراف محل‌های آلودگی افزایش می‌دهد که با کاهش تکثیر و پیشرفت بیمارگر، مایه اولیه آن را کاهش می‌دهد (Huber and Army, 1985). علاوه بر آن، پتاسیم با تقویت و افزایش شکل‌گیری مواد داخل و بین سلولی در محل‌های آلودگی، نفوذ بیمارگر را سخت‌تر می‌کند (Pozza and Pozza, 2012). کمبود پتاسیم در برگ وقوع یا شدت بیماری‌های پانامایی موز ناشی از قارچ *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Furtado et al., 2009; Silva and Rodrigues, 2013) و زنگ سویا ناشی از قارچ *Phakopsora pachyrhizi* (Doreto et al., 2012) را افزایش داده است. با افزایش مقدار پتاسیم (بیش‌تر از ۷ میلی‌مول در لیتر) در سیستم کشت بدون خاک، شدت بیماری‌های لکه برگی فومایی درختان قهوه ناشی از قارچ *Phoma tarda* (Lima et al., 2010) و لکه چشم قهوه‌ای درختان قهوه ناشی از قارچ *Cercospora coffeicola* (Garcia Junior et al., 2003) کاهش یافته و سرانجام شدت بیماری به‌علت عدم تعادل با عناصر غذایی دیگر افزایش یافته است. در گندم با مصرف ۶۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار، شدت بیماری سوختگی برگی ناشی از قارچ *Pyrenophora tritici-repentis* ۵۱٪ کاهش یافته است (Sharma et al., 2005).

بعد از نیتروژن و پتاسیم، درختان با کمبود کلسیم بیش‌ترین AUDPC را نسبت به تیمار تغذیه بهینه داشتند (شکل ۱). اگرچه AUDPC کلسیم نسبت به کمبود عناصر غذایی دیگر پایین‌تر است، اما اهمیت این عنصر غذایی در مدیریت بیماری‌های گیاهی مهم دانسته شده است (Pozza and Pozza, 2012). این عنصر به تشخیص آلودگی بیمارگر در غشای پلاسمایی، ثبات غشاءها و ساختار دیواره سلولی کمک می‌کند (Huber et al., 2012). بنابراین، گزارش‌های زیادی از کاهش بیماری‌ها در اثر مصرف کلسیم در خاک وجود دارد

۱۴/۶۹٪ کاهش یافت (جدول ۷). با اضافه نمودن مقدار پتاسیم تأثیر کمبود یا بیش‌بود نیتروژن در بروز بیماری کاهش یافته و گروه‌ها از همدیگر مجزا گردیده‌اند به‌گونه‌ای که، در تیماری که نیتروژن مطلوب بوده ولی دو عنصر دیگر وجود نداشته‌اند بیماری ۲۲/۹۴٪ نسبت به تیمار بهینه کاهش داشته است. با افزایش مقدار نیتروژن به دو برابر، شدت بیماری ۱۴/۶۹٪ کاهش یافت (جدول ۷). با اضافه نمودن مقدار پتاسیم در تیمار N_2K_r ، بیماری ۸۱/۹۶٪ و در تیمارهای N_2K_r و N_2K_2r به ترتیب ۲۳/۸۲ و ۳۱/۹۵ درصد کاهش یافت. به عبارت دیگر، با افزایش مقدار پتاسیم، تأثیر مستعدکنندگی نیتروژن در بروز و توسعه بیماری کم شده و شدت نهایی بیماری و AUDPC کاهش یافته است (شکل ۱ و جدول ۷) که بیان‌گر نقش کلیدی غلظت متعادل عناصر نیتروژن و پتاسیم در مدیریت این بیماری است که با پژوهش انجام شده در شرایط کشت بدون خاک مطابقت می‌نماید (Heidarian and Tadayonnejad, 2014). با اضافه نمودن کلسیم به تیمارهای فوق، در تیمار بهینه کاهش بیماری ۸۳/۷۹٪ بود، درحالی‌که، در تیمارهای N_2K_2Ca ، N_2K_rCa و N_2K_2Ca بیماری به ترتیب ۵۳/۸۴، ۲۶/۷۰ و ۳۳/۹۸ درصد کاهش یافته است که بیان‌گر تأثیر کم‌تر کلسیم نسبت به دو عنصر دیگر است. پژوهش‌های اخیر (Amarante et al., 2009; Miqueloto et al., 2014; Heidarian and Nematollahi, 2016) نشان می‌دهد که افزایش مقدار مصرف نیتروژن و پتاسیم بیش از نیاز بهینه گیاه، به‌علت تأثیر رقت نیتروژن و اثر آنتاگونیستی پتاسیم با کلسیم، باعث بروز اختلالات کلسیمی در میوه سیب می‌گردد و در بعضی موارد عارضه فوق به‌شدت در شرایط باغ بروز می‌نماید که از این نظر بایستی توجه خاصی به مقدار مصرفی این عناصر در مدیریت باغ و بیماری شانکر سیتوسپورایی درختان سیب شود.

حساسیت گیاهان با کمبود پتاسیم در ارتباط با چندین فعالیت سوخت و سازی مرتبط با این عنصر در گیاهان است (Amtmann et al., 2008; Marschner, 2012). پتاسیم با

(Peterson, 1990). در تیمارهایی که نیتروژن و پتاسیم مصرف نگردیده است نقش کلسیم نیز ناچیز است. اما با تغییر در میزان نیتروژن و پتاسیم روند تغییرات شدت بیماری با محلول‌پاشی کلسیم تغییر یافته و تیمارها از نظر آماری هم‌پوشانی کاملاً مشخصی را دارند که احتمالاً به‌خاطر برهم‌کنش آن با دو عنصر دیگر است. با توجه به درصدهای کاهش بیماری در تیمارهای مختلف (جدول ۷)، در مجموع به‌نظر می‌رسد با وجود این‌که، کلسیم نقش اساسی در دیواره سلولی در گیاهان دارد، احتمالاً نسبت به دو عنصر نیتروژن و پتاسیم نقش بارزی در کاهش بیماری شانکر سیتوسپورایی درختان سیب ندارد (Huber et al., 2012). اما نظریه‌این‌که، طبق توصیه موسسه خاک‌وآب محلول‌پاشی کلسیم بعد از استقرار و بروز بیمارگر انجام می‌شود، تأثیر کمی بر کاهش شدت بیماری دارد.

پتاسیم نسبت به سایر عناصر سریع‌تر جذب می‌شود (Demira and Koseoglu, 2005). نظریه‌این‌که، پتاسیم یک رقیب خیلی قوی است، اگر به‌طور نسبی، غلظت آن در مواد غذایی بالا باشد جذب سایر کاتیون‌ها مانند سدیم، کلسیم و منیزیم را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اگر پتاسیم در محلول‌های غذایی وجود نداشته باشد کاتیون‌های دیگر به نسبت بالاتری جذب خواهند شد (Mengel, 2007). در پژوهش حاضر نیز با افزایش مصرف پتاسیم، مقدار کلسیم در برگ تغییر نشان نداد (شکل ۱) که این موضوع اهمیت و ضرورت محلول‌پاشی کلسیم (Palencia et al., 2010; Shahabi and Malakouti, 2000) درختان سیب را تأیید می‌نماید و به‌همین دلیل، بیش‌ترین مقدار کلسیم در تیمارهایی دیده شد که محلول‌پاشی صورت گرفته بود (جدول ۶). کاتیون‌های پتاسیم و منیزیم در اتصال به سایت‌ها در غشای پلاسمایی با کلسیم رقابت می‌کنند؛ بنابراین، زیادی پتاسیم و منیزیم، باعث جایگزینی آن‌ها در سطح غشای پلاسمایی خواهد شد که نقشی در ساختار و عملکرد غشای پلاسمایی ندارند، در نتیجه غشای پلاسمایی نشت خواهد کرد و باعث حساسیت بافت میوه به اختلالات

(Pozza and Pozza, 2012). بیماری سیگاتوگای زرد موز (Freitas et al., 2015)، بیمارگر *Cercospora coffeicola* روی قهوه (Garcia Junior et al., 2003)، قارچ *Mycosphaerella citri* روی مرکبات (Mondal and Timmer, 2003) و *Phytophthora cinnamomi* روی بلوط (Serrano et al., 2013) در نواحی که کلسیم به‌اندازه کافی در خاک وجود داشته، به‌خاطر نقش حیاتی کلسیم در بروز و توسعه لکه‌های ناشی از بیمارگر کم‌تر بوده است. یافته‌های حاضر نشان می‌دهد که غلظت کلسیم در بافت گیاه ممکن است سطح مقاومت را تنظیم کند. بنابراین، بروز و توسعه بیماری در ارتباط با غلظت متعادل نیتروژن، پتاسیم و کلسیم مورد استفاده بود. تعادل در نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در برگ‌ها به میزان تعرق بستگی دارد که در ارتباط با دما و رطوبت نسبی است. لذا، با توجه به این‌که کلسیم در سیستم آوندهای چوبی حرکت می‌کند، لازم است از طریق محلول‌پاشی غلظت کلسیم را در برگ متعادل نگه‌داشت تا اثر آنتاگونیستی با دو عنصر پتاسیم و منیزیم پیدا نکند (Palencia et al., 2010). با وجود آهکی بودن خاک باغ‌های مورد مطالعه (جدول ۳)، به دلایل متعددی، کمبود کلسیم در محصولات باغی مشاهده می‌شود (جدول ۴). خشکی خاک‌ها و عدم وجود رطوبت کافی، تابستان‌های گرم با درجه حرارت بالا و رطوبت پایین (جدول ۱) که سبب می‌شود تعرق به حداقل کاهش یابد، در نتیجه، جریان مواد به‌خصوص کلسیم در آوندهای چوبی به حداقل می‌رسد (Shahabi and Malakouti, 2000) و به‌شدت کمبود آن در میوه و برگ‌ها مشاهده می‌گردد (جدول ۵)، بنابراین، استفاده از کلسیم به‌صورت محلول‌پاشی روی درختان سیب لازم و ضروری است (Shahabi and Malakouti, 2000).

کلسیم باعث بازدارندگی بیماری آنتراکنوز درخت سیب، ناشی از *Colletotrichum gloeosporioides* یا *C. acutatum* شده است (Biggs, 1999). کلسیم ممکن است نقش مهمی در جلوگیری از تجزیه دیواره‌های سلولی در اثر آنزیم‌های تولیدشده توسط عوامل بیماری‌زا داشته باشد (Biggs and

را کاهش دهد. بنابراین، از آنجایی که، در منطقه سمیرم حدود بحرانی عناصر غذایی در درختان سیب تعیین نشده است و نمی‌توان بر اساس آزمون خاک باغ‌ها، توصیه کودی نمود و از طرف دیگر، تیمار توصیه بهینه موسسه تحقیقات خاک و آب در این پژوهش نیز کم‌ترین میزان شدت بیماری را نشان داد، پیشنهاد می‌شود که در این منطقه، به‌منظور کاهش شدت و کنترل بیماری شانکر سیتوسپورایی درختان سیب، مصرف متعادل عناصر غذایی (بر اساس توصیه موسسه خاک و آب)، به ویژه نیتروژن و پتاسیم به صورت خاک کاربرد قبل از بیدار شدن درختان و کلسیم به‌صورت محلول پاشی در پنج نوبت بعد از ریزش گل‌ها به فاصله ۸ روز با کلرور کلسیم ۵ در هزار ترویج گردد. در این صورت، نه تنها، کمیت و کیفیت میوه‌ها بهبود می‌یابد که، بیماری شانکر سیتوسپورایی درختان سیب به خوبی کنترل می‌گردد.

References

- AGRIOS, N. G. 2005. Plant Pathology. 5th ed., Elsevier-Academic Press, p. 635.
- ALTAMIRANDA, E. A. G., A. B. ANDEREU, G. R. DALEO and F. P. OLIVIERI, 2008. Effect of *B*-aminobutyric acid (BABA) on protection against *Phytophthora infestans* throughout the potato crop cycle. Australas Plant Pathology, 37:421-427.
- AMARANTE, C. V. T., P. R. ERNANI and C. A. STEFFENS, 2009. Predição de "bitter pit" em maçãs 'Gala' por meio da infiltração dos frutos com magnésio. Revista Brasileira de Fruticultura, 31: 962-968. (in Portuguese).
- AMTMANN, A., S. TROUFFLARD and P. ARMENGAUD, 2008. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. Physiologia plantarum, 133: 682-691.
- BATISH, D. R., H. P. SINGH, N. SETIA, R. K. KOHLI, S. KAUR and S. S. YADAV, 2007. Alternative control of little seed canary grass using eucalypt oil. Agronomy for Sustainable Development, 27: 171-177.
- BELAN, L. L., E. A. POZZA, M. L. FREITAS, A. A. A. Yermiyahu et al., 1994; Elumalai et al., 2002; Freitas et al., 2010; Freitas and Mitcham, 2012.
- نتایج حاصل از این پژوهش اهمیت غلظت متعادل نیتروژن، پتاسیم و کلسیم را در کاهش بیماری شانکر سیتوسپورایی درختان سیب را نشان می‌دهد. به خاطر این که، AUDPC در درختان با تیمار بهینه کم‌ترین است و در تیمارهای با کمبود پتاسیم و بیش‌بود نیتروژن بیش‌ترین است (شکل ۱). همان‌گونه که عدم تعادل برخی عناصر غذایی حساسیت میوه در درختان سیب به اختلالات کلسیمی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Heidarian and Nematollahi, 2016)، شانکر سیتوسپورایی درختان سیب نیز غالباً، متأثر از عدم تعادل عناصر غذایی نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در برگ است.
- تعادل عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و پتاسیم در باغ‌های سیب سمیرم در جهت کاهش بیماری شانکر سیتوسپورایی اهمیت زیادی دارد و کمبود یا بیش‌بود یک عنصر غذایی در خاک به‌تنهایی تعیین‌کننده بروز بیماری نیست، همان‌گونه که خاک باغ‌های آلوده و سالم هر دو دامنه تغییرات عناصر غذایی زیادی را نشان دادند. به‌بیان‌دیگر، علائم بیماری ابتدا در درختانی مشاهده شد که از نظر مصرف کودهای نیتروژن و پتاسیم متعادل نبودند. همچنین بیش‌ترین میزان بیماری در تیمار شاهد (بدون مصرف کود) و تیمارهایی که تنها نیتروژن (کم‌بود یا بیش‌بود) در آن‌ها به‌کار برده شده بود، مشاهده گردید. از طرف دیگر، کاربرد کود پتاسیمی به همراه کود نیتروژن اثر مستعدکنندگی زیادی نیتروژن را کاهش داد. با توجه به نتایج این پژوهش کم‌ترین مقدار AUDPC در تیمار مصرف بهینه مشاهده شد و غلظت عناصر غذایی در این تیمار به غلظت مرجع (Cref) در برگ درختان سالم، بسیار نزدیک بود. همچنین عدم مصرف نیتروژن و پتاسیم و یا مصرف و عدم مصرف نیتروژن بدون کاربرد پتاسیم باعث حداکثر شدت نهایی بیماری و AUDPC گردید و در صورت مصرف متعادل نیتروژن و پتاسیم، محلول‌پاشی کلسیم می‌تواند شدت بیماری

- POZZA, M. S. ABREU and E. ALVES, 2014. Nutrients distribution in diseased coffee leaf tissue. *Australas Plant Pathology*, 44: 105–111.
- BIGGS, A. R. 1999. Effects of calcium salts on apple bitter rot caused by two *Colletotrichum* spp. *Plant Disease*, 83: 1001–1005.
- BIGGS, A. R. and C. A. PETERSON, 1990. Effect of chemical applications to peach bark wounds on accumulation of lignin and suberin and susceptibility to *Leucostoma persoonii*. *Phytopathology*, 80: 861–865.
- BURKS, S., W. R. JACOBI and I. A. MCINTYRE, 1998. *Cytospora* canker development on *Aspen* in response to nitrogen fertilization. *Journal of Arboriculture*, 24: 28–34.
- CAO, T., B. C. KIRKPATRICK, K. A. SHACKEL and T. M. DEJONG, 2011. Influence of mineral nutrients and freezing-thawing on peach susceptibility to bacterial canker caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Fruits*, 66:441–452.
- DEMIRA, M. A. and T. KOSEOGLU, 2005. Effect of potassium on yield, fruit quality and chemical composition of green-house-grown of galia melon. *Journal of Plant Nutrition*, 28: 93-100.
- DORDAS, C. 2008. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28: 33-76.
- DORETO, R. B. S., W. L. GAVASSONI, E. F. SILVA, M. E. MARCHETTI, L. A. BACCHI and F. F. STEFANELLO, 2012. Asian rust and soybean yield under potassium fertilization and fungicide, in the 2007/08 crop season. *Semin: Ciências Agrárias*, 33: 941–952.
- ELUMALAI, R. P., P. NAGPAL and J. W. REED, 2002. A mutation in the Arabidopsis KT2/KUP2 potassium transporter gene affects shoot cell expansion. *Plant Cell*, 14: 119–131.
- FOTOUHIFAR, K. H. B., G. H. A. HEDJARODE, D. J. ERSHAD, S. M. MOUSAVI, S. M. OKHOVAT and M. JAVANNIKKHAH, 2007. New information on the form-genus *Cytospora* in Iran. *Rostaniha*, 8 (2): 129-149 (in Persian).
- FREITAS, A. S., E. A. POZZA, M. C. ALVES, G. COELHO, H. S. ROCHA and A. A. A. POZZA, 2015. Spatial distribution of Yellow Sigatoka Leaf Spot correlated with soil fertility and plant nutrition, *Precision Agriculture*, pp. 1-15.
- FREITAS, S. T. D. and E. J. MITCHAM, 2012. Factors Involved in Fruit Calcium Deficiency Disorders. *Horticultural Reviews*, Volume 40, First Edition. Edited by Jules Janick. Wiley-Blackwell. Published by John Wiley & Sons, Inc.
- FREITAS, S. T. D., C. V. T. AMARANTE, J. M. LABAVITCH and E. MITCHAM, 2010. Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 57:6–13.
- FURTADO, E. L., C. J. BUENO, A. L. D. OLIVERIA, J. O. M. MENTEN and E. MALAVOLTA, 2009. Relationship between occurrence of Panama disease in banana trees of cv. Nanicão and nutrients in soil and leaves. *Tropical Plant Pathology*, 34: 201–215.
- GARCIA JUNIOR, D., E. A. POZZA, A. A. POZZA, P. E. SOUZA, J. G. CARVALHO and A. C. BALIEEIRA, 2003. Incidence and severity of the brown eye spot of coffee according to supply of potassium and calcium in nutrient solution. *Fitopatologia Brasileira*, 28: 286 – 291.
- GEARY, B., J. CLARK, B. G. HOPKINS and V. D. JOLLEY, 2014. Deficient, adequate and excess nitrogen levels established in hydroponics for biotic and abiotic stress – interaction studies. *Potato Journal of Plant Nutrition*, 38:41–50.
- GRAHAM, D. R. and M. J. WEBB, 1991. Micronutrients and disease resistance and tolerance in lants, in: MORTVEDT, J. J., F. R. COX, L.M. SHUMAN and R. M. WELCH (Eds.), *Micronutrients in Agriculture*, 2nd ed., Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA, pp. 329–370.
- HEIDARIAN, A. and M. R. NEMATOLLAHI, 2016. Interrelation between mineral nutrients and calcium disorders in apple Red Delicious and Golden Delicious cultivars. *Plant Pathology*, 52(2): 267-278. (in Persian).
- HEIDARIAN, A. and M. TADAYONNEJAD, 2014. Effect of Different levels of Nitrogen and Potassium on Infection Severity of Canker of Apple Caused by

- Cytospora cincta* Feries in Hydroponic Condition. Seed and Plant Production Journal, 30-2(4): 473-485.
- HEIDARIAN, A., A. ALIZADEH and V. MINASIAN, 2001. The susceptibility of certain citrus cultivars to branch wilt and decline disease caused by *Nattractia mangiferae*. Iranian Journal of Plant Pathology, 37: 135-143. (in Persian).
- HUBER, D. M. 1980. The use of fertilizer and organic amendments in the control of plant disease, in: Pimental D. [Ed.] Handbook Series in Agriculture. Sect. D. CRC Press, Inc., West Palm Beach, FL, USA.
- HUBER, D. M. and D. C. ARNY, 1985. Interactions of potassium with plant disease. In: Munson RD (ed) Potassium in Agriculture. ASA, CSSA, SSA, Madison, pp. 467-488.
- HUBER, D. M. and S. HANEKLAUS, 2007. Managing Nutrition to Control Plant Disease. Landbauforschung Völkenrode, 4(57): 313-322.
- HUBER, D., V. ROMHELD and M. WEINMANN, 2012. Relationship between nutrition, plant diseases and pests. In: MARSCHNER H. (ed) Mineral nutrition of higher plants, 3rd edn. Academic Pres, San Diego, pp. 283-298.
- KRAUSS, A. 1999. Balanced Nutrition and Biotic Stress, IFA Agricultural Conference on Managing Plant Nutrition. 29 June-2 July 1999, Barcelona, Spain.
- KRUPINSKY, J. M. and D. L. TANAKA, 2001. Leaf spot diseases on winter wheat influenced by nitrogen, tillage, and haying after a grass-alfalfa mixture in the Conservation Reserve Program. Plant Disease, 85: 785-789.
- LIMA, L. M. D., E. A. POZZA, H. N. TORRES, A. A. POZZA, M. SALGADO and L. H. PFENNING, 2010. Relationship between nitrogen/potassium with Phoma spot and nutrition of coffee seedlings cultivated in nutrient solution. Tropical Plant Pathology, 35: 223-228.
- MALAKOUTI, M. J. 2014. Recommendations for Optimal Fertilizer Use in Agricultural Crops of Iran: Determination of Amount, Type and Time of Fertilizer Application for the Purpose of Achieving Self-Sufficiency, Food Security, Sustainable Agriculture and Increasing Farmers' Income. Mobaleghan Press, Second Edition 318p.
- MALAKOUTI, M. J. and M. N. GHEIBI, 1997. The determination of the critical nutrient elements of strategic products and advice on the proper fertilizer recommendations in Iran. Publication Agricultural Education, p. 54.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed., Academic Press, London, p. 889.
- MARSCHNER, H. 2012. Mineral nutrition of higher plants, 3rd edn. Academic, San Diego, 643 p
- MEHRABI, M., F. MOHAMMADI GOLTAPPEH and B. FOTOUHIFAR, 2008. Report on fungi associated with *Cytospora* canker of apple trees in Semirrom region of Esfahan province. Proceeding if the 18th Iranian Plant Protection Congress, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran. P. 27 (in Persian).
- MEHRABI, M., F. MOHAMMADI GOLTAPPEH and B. FOTOUHIFAR, 2011. Studies on *Cytospora* canker disease of apple trees in Semirrom region of Iran. Journal of Agricultural Technology, 7(4): 967-982.
- MENGEL, K. 2007. Iron availability in plant tissue-iron chlorosis in calcareous soils. Iron Nutrition in Soils and Plants. Dodrecht, Netherlands, pp. 389-397.
- MIQUELOTO, A., C. V. T. AMARANTE, C. A. STEFFENS, A. D. SANTOS and E. MITCHAM, 2014. Relationship between xylem functionality, calcium content and the incidence of bitter pit in apple fruit. Scientia Horticulturae, 165: 319-323.
- MONDAL, S. N. and L. W. TIMMER, 2003. Effect of urea, CaCO₃, and dolomite on pseudothecial development and ascospore production of *Mycosphaerella citri*. Plant Disease, 87: 478-483.
- MONTANES, L., L. HERAS, J. ABADIA and M. SANZ, 1993. Plant analysis interpretation based on a new Index: Deviation from optimum percentage (DOP). Journal of Plant Nutrition, 16: 1289-1308.
- PALENCIAA, P., F. MARTINEZA, E. RIBEIROC, M. PESTANAC, F. GAMAC, T. SAAVEDRAC, A. D. VARENNESEB and P. J. CORREIAC, 2010. Relationship between tipburn and leaf mineral composition in strawberry. Scientia Horticulturae, 126:

242–246.

- POZZA, A. A. A., H. E. P. MARTINEZ, S. L. CAIXETA, A. A. CARDOSO, L. ZAMBOLIM and E. A. POZZA, 2001. Influence of the mineral nutrition on intensity of brown-eye spot in young coffee plants. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36: 53–60.
- POZZA, E. A. and A. A. A. POZZA, 2012. Relação entre nutrição e as doenças de plantas: implicações práticas. *Simposio Avancos Na Otimizacao Do Uso De Defensivos Agrícolas No Manejo Fitossanitario*, 12., Lavras. *Anais Lavras: UFLA*, 2012. 1 CD-ROM. (in Portuguese).
- SERRANO, M. S., P. FERNÁNDEZ-REBOLLO, P. VITA and M. E. SANCHEZ, 2013. Calcium mineral nutrition increases the tolerance of *Quercus ilex* to *Phytophthora* root disease affecting oak rangeland ecosystems in Spain. *Agroforestry Systems* 87: 173–179.
- SHAHABI, A. and M. J. MALAKOUTI, 2000. Calcium sprays undeniable necessity to improve the qualitative properties of stored fruit in calcareous soils country. *Technical Bulletin No. 136*. Ministry of Agriculture. Karaj. Iran (In Persian).
- SHARMA, S., E. DUVEILLER, R. BASNET, C. B. KARKI and R. C. SHARMA, 2005. Effect of potash fertilization on *Helminthosporium* leaf blight severity in wheat, and associated increases in grain yield and kernel weight. *Field Crop Research* 93:142–150.
- SILVA, J. T. A. and M. G. V. RODRIGUES, 2013. Nutricional evaluation, production and incidence Panamá disease in banana 'Prata anã' fertilized with K, on the 4th cycle. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35:1170–1177. doi:10.1590/S010029452013000400028.
- TAIZ, L. and E. ZEIGER, 2013. *Fisiologia vegetal*, 5th edn. Artmed, Porto Alegre, 918p.
- THOMPSON, I. A. and D. M. HUBER, 2006. The role of manganese. In L.E. Datnoff, W.E. Elmer, and D.M. Huber (eds.). *Mineral Nutrition and Plant Disease*. APS Press, St. Paul, MN.
- VEROMANN, E., M. TOOME, A. KANNASTE and R. KAASIK, 2013. Effects of nitrogen fertilization on insect pests, their parasitoids, plant diseases and volatile organic compounds in *Brassica napus*. *Crop Protection*, 43:79-88.
- YERMIYAHU, U., S. NIR, G. BEN-HAYYIM and U. KAFKAFI, 1994. Quantitative competition of calcium with sodium or magnesium for sorption sites on plasma membrane vesicles of melon (*Cucumis melo* L.) root cells. *The Journal of Membrane Biology*, 138: 55–63.
- ZAFAR, Z. and H. U. R. ATHAR, 2013. Reducing disease incidence of cotton leaf curl virus (CLCUV) in cotton (*Gossypium hisotum* L.) by potassium supplementation. *Pakistan Journal of Botany*. 45(3): 1029-1038.
- ZAHOOR, R., W. ZHAOL, M. ABID, H. DONG and Z. ZHOU, 2017. Potassium application regulates nitrogen metabolism and osmotic adjustment in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) functional leaf under drought stress. *Journal of Plant Physiology*, 215: 30–38.