نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد یازدهم، شماره سوم، ۱۴۰۰
۹۷-۷۷
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2021.18568.1990
(مقاله کامل علمی- پژوهشی)

ارزیابی وضعیت روی و مدیریت کوددهی سولفات روی (متناسب با فنولوژی رشد) برای مرکبات در خاک‌های آهکی شرق مازندران

علی اسدی کنگرشاهی*

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۸

چکیده

سابقه و هدف: درختان مرکبات حساس به کمبود روی هستند و این کمبود، یک ناهنجاری تغذیه‌ای معمول در اغلب درختان مرکبات است. کمبود روی موجب ایجاد تغییرات آناتومی، مورفولوژی و سیتولوژی در مرکبات می‌شود که سبب کاهش شدت گلدهی، تشکیل میوه. عملکرد و پایداری تولید می‌شود. با توجه به محدودیت روی در خاک‌های منطقه و اهمیت اقتصادی مرکبات برای استان مازندران، بررسی وضعیت روی در باغ‌های منطقه و مدیریت مصرف سولفات روی متناسب با فنولوژی رشد و تأثیر آن در رفع کمبود و کیفیت میوه تامسون ناول در این پژوهش انجام شد.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی وضعیت روی در مرکبات منطقه و تأثیر سولفات روی بررفع کمبود، غلظت روی، عملکرد و کیفیت میوه درختان تامسون ناول دو آزمایش مجزا انجام شد. آزمایش اول در باغ‌های مرکبات شرق مازندران و آزمایش دوم در یک باغ بارده تامسون با پایه نارنج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و چهار تکرار اجرا شد. تیمارها شامل: ۱- شاهد اول (بدون مصرف سولفات روی)، ۲- شاهد دوم (بدون مصرف سولفات روی و با محلول‌پاشی اوره)، ۳- مصرف خاکی سولفات روی به مقدار ۲۰۰ گرم به ازای هر درخت قبل از توسعه برگ‌ها، ٤- مصرف سولفات روی به مقدار ۲۰۰ گرم به ازای هر درخت به صورت کودآبیاری در مرحله اول رشد میوه، ٥- مصرف سولفات روی به مقدار ۲۰۰ گرم به ازای هر درخت در مرحله اول و دوم رشد میوه، ٦- محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت دو در هزار در مرحله اول رشد میوه، ۷- محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت دو در هزار در مرحله اول و دوم رشد میوه بودند.

یافته‌ها: نتایج آزمایش اول نشان داد که باغ‌های منطقه بهشهر و گلوگاه کم‌ترین و منطقه قائم‌شهر و جویبار بیش‌ترین محدویت و علائم کمبود روی داشتند. باغ‌هایی که مقدار روی آن‌ها در دامنه "کم" بود اغلب در فصل سرد علائم کلروز در سمت جنوب و جنوب شرق درختان ظاهر می‌شد. نتایج آزمایش دوم نشان داد که مصرف خاکی سولفات روی تأثیری در رفع کلروز، عملکرد، کیفیت میوه، غلظت روی در برگ و میوه نداشت اما مصرف آن به شکل

* مسئول مکاتبه: kangarshahi@gmail.com

کودآبیاری و محلول‌پاشی موجب افزایش عملکرد، قطر و وزن میوه، و غلظت روی در برگ و میوه شد. بیش‌ترین غلظت روی برگ از تیمار محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله اول و دوم رشد میوه حاصل شد. تیمار کودآبیاری موجب افزایش معنی‌داری در غلظت روی ریشه نسبت به شاهد شد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی با توجه به نتایج این آزمایش، باغ‌هایی که سابقه علائم خفیف کمبود روی دارند یا احتمال کمبود روی در آن‌ها وجود دارد، حداقل یک بار کودآبیاری یا محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله اول رشد میوه توصیه می‌شود. اما برای باغ‌هایی که علائم پایدار یا کلروز شدید روی دارند دو بار کودآبیاری یا محلول‌پاشی سولفات روی، بار اول در مرحله اول رشد میوه و بار دوم در مرحله دوم رشد میوه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تامسون ناول، کودآبیاری، محلول‌پاشی، مرحله رشدی، مصرف خاکی

مقدمه

متوسط غلظت روی در پوسته زمین، حدود ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است و دامنه تغییرات آن در خاک‌ها از ۱۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد. شکل‌های معدنی نسبتاً غیرمحلول روی در خاک، بیش‌تر از ۹۰ درصد روی خاک را تشکیل می‌دهند. کانی‌های روی در خاک شامل سولفید روی (ZnS)، کربنات روی ($ZnCO_3$) و همی‌مورفیت ($Zn_4(OH)Si_2O_7.H_2O$) می‌باشند. روی در خاک، به‌طور عمده به شکل دو ظرفیتی وجود دارد و قادر است با مواد آلی کمپلکس تشکیل دهد که می‌تواند در فاز جامد خاک، همراه با مواد آلی و هم‌چنین به شکل محلول در فاز محلول خاک، وجود داشته باشد. روی دو ظرفیتی و هیدرولیز شده در محلول خاک، روی قابل تبادل در سایت‌های تبادلی خاک، روی کمپلکس شده با مواد آلی در فاز محلول و جامد خاک، شکل‌های قابل‌جذب روی هستند. روی در محلول خاک، بیش‌تر به شکل یونی و کمپلکس شده وجود دارد و با افزایش مواد آلی و پ‌هاش خاک، نسبت روی کمپلکس شده به یونی افزایش می‌یابد. به طور معمول دامنه غلظت روی در محلول خاک، از ۰/۰۲۵ تا ۰/۲۵ میلی‌گرم در لیتر متغیر است (۷، ۲۰ و ۳۶).

اگر غلظت روی در محلول خاک، کم‌تر از ۰/۶۵ میلی‌گرم در لیتر باشد، جذب روی توسط ریشه گیاهان بیش‌تر به شکل فعال است که با کاهش تنفس ریشه و کاهش درجه حرارت محیط، کاهش خواهد یافت. به طور کلی با کاهش پ‌هاش خاک و افزایش غلظت یون هیدروژن در محلول خاک، جذب روی به طور رقابتی کاهش می‌یابد. هم‌چنین افزایش غلظت کلسیم و منیزیم در خاک، به‌طور غیررقابتی جذب روی را کاهش می‌دهند. افزایش غلظت فسفر در خاک نیز جذب روی را کاهش می‌دهد که بیش‌تر، ناشی از کاهش در انتقال روی به اندام هوایی تا رقابت در غشای پلاسمایی سلول‌های ریشه است. در خاک‌های آهکی و خاک‌های با پ‌هاش بیش‌تر از ۷، مقدار روی (قابل استخراج با DTPA) کم‌تر از ۰/۵ تا ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم موجب بروز علائم کمبود روی می‌شود. به‌طورکلی، اگر غلظت روی در محلول خاک، ۰/۰۲۵ تا ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر باشد و غلظت بهینه روی، در برگ گیاهان حدود ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک برگ باشد، جریان توده‌ای می‌تواند نیاز گیاهان را تامین کند. اما اگر غلظت بهینه روی در برگ گیاهان بیش‌تر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک باشد، جریان توده‌ای فقط بخش

کوچکی از نیاز گیاهان را تامین می‌کند و بخش عمده نیاز گیاهان توسط انتشار به سطح ریشه انتقال می‌یابد. بنابراین غلظت روی در محلول خاک (یون روی و کمپلکس‌های آلی روی)، قدرت بافری روی، ضریب انتشار موثر روی در خاک و توانایی ریشه در جذب و انتقال روی، بیش‌ترین تأثیر در جذب روی توسط ریشه گیاهان دارند (۱۷ و ۳۷).

با افزایش پ‌هاش محلول خاک، روی قابل استفاده درختان کاهش می‌یابد که به طور عمده ناشی از افزایش جذب روی، توسط اجزای ساختمانی خاک، رسوب روی به شکل ترکیبات نامحلول و هم‌چنین کاهش انتقال روی از محلول خاک به سطح ریشه (کاهش ضریب انتشار روی) است. مصرف مواد آلی در خاک نیز بر قابلیت استفاده روی تأثیر دارد به‌طوری‌که واکنش روی با اسیدهای آلی، آمینواسیدها و اسید فولویک، موجب تشکیل کمپلکس‌های آلی روی محلول با وزن مولکولی کم می‌شود که می‌توانند قابلیت استفاده روی را در خاک افزایش دهند. در مقابل، واکنش روی با اسیدهای هیومیک و هم‌چنین هیومین، موجب تشکیل کمپلکس‌های با وزن مولکولی بالا می‌شوند که اغلب حلالیت کمی دارند و یا نامحلول هستند و می‌توانند قابلیت استفاده روی را در خاک کاهش دهند (۷ و ۳٦). بررسی مطالعات شبکه‌ای قابلیت استفاده روی در خاک‌های استان مازندران نشان داد که قابلیت استفاده روی در اغلب این خاک‌ها کم‌تر از دو میلی‌گرم در کیلوگرم است (۵۲).

هم‌چنین بررسی مطالعات شبکه‌ای خاک‌های استان مازندران برای تعیین نقشه پراکنش فسفر خاک‌های استان مازندران نشان داد که دامنه مقدار فسفر قابل استفاده در لایه سطحی خاک بیش‌تر باغ‌های این منطقه از ۱۰ تا ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است (۵۲). اما فسفر قابل استفاده در لایه زیرین خاک بیش‌تر باغ‌ها کم‌تر از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است (۷). علاوه بر این، بررسی‌های انجام شده و گزارش‌های خاکشناسی منطقه نشان داد که مقدار کربنات کلسیم معادل خاک‌های منطقه نیز از غرب به طرف شرق، به تدریج افزایش می‌یابد (۵۲) به طوری که مقدار کربنات کلسیم خاک در باغ‌های مناطق شرق مازندران به بیش از ۳۰ تا ٤۰ درصد می‌رسد (۲۷ و ۳۹). مقدار ماده آلی خاک‌های منطقه نیز از غرب به طرف شرق، به تدریج کاهش می‌یابد به‌طوری‌که بخش عمده باغ‌های مرکبات شرق مازندران دارای مواد آلی کم‌تر از ۱/۵ درصد (بین ۱ تا ۱/۵ درصد) می‌باشند(۷).

بیش‌تر گزارش‌ها نشان داده‌اند که مصرف سولفات روی در خاک‌های آهکی در افزایش رشد و غلظت روی در بیش‌تر گیاهان مؤثر است و با مصرف سولفات روی در خاک‌های آهکی، بخش مهمی از روی محلول به روی کربناتی کم محلول تبدیل می‌شود و این شکل کربناتی، شکل مهم نگهداری روی مصرفی و هم‌چنین شکل بالقوه قابل استفاده گیاهان در خاک‌های آهکی است (۱۵ و ۲۸).

مهم‌ترین علائم ظاهری کمبود روی و روند توسعه آن در درختان مرکبات شامل (۳ و ٤۷)

۱) رشدهای جوان ابتدا تحت‌تأثیر قرار می‌گیرند و برگ‌ها زرد و نکروزه می‌شوند سپس رشدهای رویشی کوتاه چندگانه در انتهای سرشاخه‌ها (به ویژه در نارنگی‌های انشوی پیش‌رس) ظاهر می‌شوند.

۲) مقدار نسبی بافت‌های سبز و زرد با توجه به شدت کمبود روی (از کمبود متوسط تا شدید) تغییر می‌کنند. در کمبود متوسط، لکه‌های زرد کوچک بین رگبرگ‌های جانبی بزرگ‌تر می‌شوند سرانجام پایه رگبرگ میانی سبز مانده و بقیه برگ زرد تا سفید می‌شود.

۳) رگه‌های زرد متمایل به سفید بین رگبرگ‌ها در برگ‌های قدیمی ظاهر شده و با تشدید کمبود سفید می‌شوند هم‌چنین نوارهای سبز نامنظم در طول رگبرگ میانی در یک زمینه‌ای از زرد روشن تا تقریباً سفید ممکن است ظاهر شود.

٤) در مراحل خیلی شدید، برگ‌ها به طور غیرنرمال باریک می‌شوند و تمایل به راست ایستادن دارند و اندازه آن‌ها به شدت کاهش می‌یابد.

۵) با پیشرفت کمبود، اغلب برگ‌های پیرامون درختان تحت‌تأثیر قرار می‌گیرند و سرشاخه‌های جوان خیلی نازک می‌شوند و خشکیدگی سرشاخه‌ها رخ می‌دهد.

٦) توسعه زیاد نرک‌ها در شاخه‌های اصلی تنه (برگ‌های این نرک‌ها عاری از کمبود است).

۷) درختان معمولاً رشد متراکم در مرکز دارند و ظاهری در حال زوال در پیرامون تاج نشان می‌دهند.

به‌طورکلی بیش‌تر گزارش‌ها نشان داده است که درختان مرکبات به کمبود روی حساس هستند و کمبود روی در درختان مرکبات، یک ناهنجاری تغذیه‌ای معمول است که موجب ایجاد تغییرات آناتومی، مورفولوژی و سیتولوژی در مرکبات می‌شود که منجر به کاهش شدت گلدهی، تشکیل میوه. عملکرد و پایداری تولید می‌شود (۷، ۱۰ و ٤۷). کمبود روی بیش‌تر در خاک‌هایی شنی، خاک‌های آهکی (به‌ویژه خاک‌های با احتمال تنش ماندابی در طول سال مانند اغلب خاک‌های شرق مازندران)، خاک‌های با مقدار رس و سیلت ریز زیاد، خاک‌های با مقدار فسفر قابل‌استفاده زیاد و خاک‌هایی که عملیات تسطیح اراضی در آن‌ها انجام گرفته و لایه سطحی آن حفظ نشده است، وجود دارد (۷). برخی گزارش‌ها، علائم کمبود روی را در باغ‌های مرکبات منطقه شرق مازندران نشان داده‌اند (۲۹ و ۳۰). اسدی کنگرشاهی و محمودی (۲۰۰۰) در مورد روی خاک و برگ مرکبات شرق مازندران نیز گزارش کردند که غلظت روی در برگ حدود ٤ درصد این باغ‌ها در دامنه کمبود، ۵۳ درصد در دامنه کم و حدود ٤۳ درصد در دامنه کفایت و بیش‌تر قرار داشتند و روی قابل استفاده خاک حدود ۳۵ درصد باغ‌ها کم‌تر از یک میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. هم‌چنین با توجه به سطح کشت مرکبات در استان مازندران که حدود ۱۲۰ هزار هکتار و تولید سالانه آن حدود سه میلیون تناست و این که حدود ۸۷ هزار هکتار از این سطح به پرتقال تامسون ناول اختصاص داده شده است. این رقم، نقش مهمی در صنعت مرکبات استان مازندران دارد(۲). بنابراین با توجه به محدودیت روی در باغ‌های منطقه و اهمیت اقتصادی مرکبات برای استان مازندران، بررسی وضعیت روی در باغ‌های منطقه و مدیریت مصرف سولفات روی متناسب با فنولوژی رشد و تأثیر آن در رفع کمبود و کیفیت میوه تامسون ناول در این پژوهش انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی وضعیت روی در مرکبات منطقه و تأثیر مصرف سولفات روی در غلظت روی در برگ و ریشه، عملکرد و کیفیت میوه درختان تامسون ناول دو آزمایش مجزا انجام شد.

آزمایش اول: به منظور بررسی وضعیت روی باغ‌های مرکبات در شرق مازندران، ۹۸ تا ۱٤۹ باغ کاملاً بارده پرتقال تامسون ناول با پایه نارنج از هر یک مناطق عمده کشت مرکبات در شرق مازندران (بابل، قائم‌شهر و جویبار، ساری و نکا، بهشهر و گلوگاه) انتخاب شد. نمونه‌های برگ از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون درختان هر باغ تهیه شد (۷) و غلظت روی در آن‌ها اندازه‌گیری شد(۲۳). سپس داده‌های هر منطقه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

آزمایش دوم: به منظور بررسی تأثیر سولفات روی بر غلظت روی برگ، عملکرد و کیفیت میوه مرکبات، آزمایشی در یک باغ بارده پرتقال تامسون ناول حدود ۲۰ ساله با پایه نارنج در منطقه قره‌طقان شهرستان نکا در شرق مازندران انجام شد. ابتدا مراحل فنولوژی رشد این درختان با پایش مراحل رشدی تعیین شد. قبل از انجام آزمایش، نمونه‌های خاک و برگ از درختان آزمایشی تهیه شد (۷). نمونه‌برداری خاک در نیمه دوم اسفندماه انجام شد (۸) و پس از خشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن مانند بافت خاک، شوری، کربنات کلسیم معادل، پ‌هاش، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس اندازه‌گیری شد (۱۷). نمونه‌های برگ در اواخر مردادماه از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر درخت تهیه شد (۸) و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس در آن‌ها اندازه‌گیری شد (۲۳). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و چهار تکرار به مدت دو سال انجام گرفت. هر واحد آزمایشی شامل دو درخت بود. تیمارها شامل: ۱- شاهد اول (بدون مصرف سولفات روی)؛ ۲- شاهد دوم (بدون مصرف سولفات روی و با محلول‌پاشی اوره)؛ ۳- مصرف خاکی سولفات روی به مقدار ۲۰۰ گرم به‌ازای هر درخت به صورت نواری قبل از توسعه برگ‌ها (اسفند ماه)؛ ٤- مصرف سولفات روی به مقدار ۲۰۰ گرم به ازای هر درخت به‌صورت کودآبیاری در مرحله اول رشد میوه (۱۰۰گرم پس از تشکیل میوه، ۱۰۰ گرم قبل از شروع ریزش تابستانه)؛ ۵- مصرف سولفات روی به مقدار ۲۰۰ گرم به ازای هر درخت در مرحله اول و دوم رشد میوه (۱۰۰ گرم پس از تشکیل میوه، ۵۰ گرم پس از شروع ریزش تابستانه و ۵۰ گرم پس از شروع مرحله توسعه میوه‌ها)؛ ٦- محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت دو در هزار در مرحله اول رشد میوه (پس از ریزش گلبرگ‌ها و تشکیل میوه‌ها)؛ ۷- محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت دو در هزار در مرحله اول و دوم رشدی (پس از ریزش گلبرگ‌ها و تشکیل میوه و پس از شروع رشد فلش‌های دوم درختان) بودند. مقدار مصرف سایر کودهای شیمیایی برای همه تیمارهای آزمایشی یکسان بود و با توجه به نتایج تجزیه خاک، برگ و هم‌چنین پیش‌بینی عملکرد متوسط درختان تعیین شد (۳). تعداد درختان در هکتار حدود ۵۰۰ اصله بود. نیتروژن به شکل اوره (۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، فسفر به شکل سوپرفسفات تریپل (٤۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) در هکتار)، پتاسیم به شکل سولفات پتاسیم (۱۲۰ کیلوگرم پتاس (K_2O) در هکتار)، منیزیم به شکل سولفات منیزیم (۵۰ کیلوگرم منیزیم (MgO) در هکتار) مصرف شد. زمان مصرف کودهای شیمیایی متناسب با فنولوژی رشد بود به طوری که در مورد زمان مصرف نیتروژن، ۱۵ درصد قبل از گلدهی، ۳۰ درصد پس از تشکیل میوه، ۲۰ درصد از شروع تا پایان ریزش فیزیولوژیک میوه، ۲۰ درصد در زمان توسعه میوه و ۱۵ درصد پس از برداشت مصرف شد. تمامی کود فسفر، در اواسط فروردین‌ماه در منطقه ریشه مصرف شد. کود پتاسیم، ۲۰ درصد پس از تشکیل میوه، ۲۰ درصد از شروع تا پایان ریزش فیزیولوژیک میوه، ٤۵ درصد در توسعه میوه و ۱۵ درصد پس از برداشت میوه مصرف شد. زمان مصرف منیزیم نیز مشابه زمان مصرف پتاسیم بود (۳). در

طول فصل رشد عملیات زراعی مانند سمپاشی، آبیاری، دفع علف‌های هرز و غیره به‌طور یکسان اعمال گردید. محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت دو در هزار انجام شد و به منظور افزایش نفوذ روی و کاهش احتمال خسارت و ایجاد لکه در سطح برگ‌ها و میوه‌چه‌ها، دو در هزار اوره و نیم در هزار مویان محلول‌پاشی نیز به آن افزوده شد (۷ و ۲۲). ضمناً در همه تیمارها، به غیر از شاهد اول، محلول‌پاشی اوره با غلظت دو در هزار و مویان محلول‌پاشی با غلظت نیم در هزار انجام شد. نمونه‌های برگ در همه تیمارها از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون درختان تهیه شد (۷ و ۸). برای نمونه‌برداری ریشه، منطقه آبچکان درختان در هر تیمار تا عمق حدود ۸۰ سانتی‌متری خاک حفر گردید و از ریشه‌های فیبری (ریشه‌های با قطر کم‌تر از دو میلی‌متر) نمونه‌برداری شد و پس از شستشو، به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند (٤٥). هم‌چنین میوه‌های نمونه‌بردای شده در هر تیمار ابتدا برش داده شد و سپس به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید (۳۲). برای اندازه‌گیری روی در نمونه‌های برگ، ریشه و میوه خشک شده، ابتدا این نمونه‌ها پودر شدند و در ٤٥٠ درجه سانتی‌گراد (روش خشک سوزانی) در کوره الکتریکی سوزانده و خاکستر شدند و سپس غلظت روی آن‌ها مطابق روش‌های معمول در مؤسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد (۲۳). هم‌چنین برخی ویژگی‌های کیفی میوه مانند مواد جامد محلول با رفرکتومتر دستی (۳۱)، ویتامین‌ث به روش تیتراسیون با ۲ و ٦- دی کلروفنول اندوفنول (۳۲)، اسیدیته کل به روش تیتراسیون با سود یکدهم نرمال (۳۱)، قطر میوه و ضخامت پوست آن با کولیس (۳۱) اندازه‌گیری شد. به‌طورکلی عملکرد متوسط، اندازه میوه، وزن میوه، غلظت روی در برگ، ریشه، پوست و بخش خوراکی میوه، مواد جامد محلول، اسیدیته کل و ویتامین ث به عنوان پاسخ‌های گیاهی در نظر گرفته شد. در پایان تجزیه واریانس مرکب انجام شد و نتایج تجزیه و تحلیل شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک و برگ درختان قبل از انجام آزمایش (جدول‌های ۱ و ۲) نشان داد که مقدار فسفر و پتاسیم قابل استفاده در خاک در دامنه کفایت، منیزیم قابل استفاده در دامنه کم، عناصر آهن، منگنز و مس قابل استفاده در دامنه خیلی زیاد و روی در دامنه خیلی کم قرار دارند. غلظت نیتروژن، کلسیم، منگنز و بور برگ در دامنه کفایت، غلظت فسفر، پتاسیم و منیزیم در دامنه کم، غلظت آهن و مس در دامنه زیاد و غلظت روی در دامنه کمبود قرار داشت (۷ و ۸). به‌طورکلی حد کفایت روی قابل‌استفاده در خاک برای درختان مرکبات ۱/۵ تا ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم است(٤) و مقدار بهینه غلظت روی در برگ درختان تامسون ناول ۲۵ تا ٤۹ میلی‌گرم در کیلوگرم است (۷). در شکل یک علائم کمبود روی نشان داده شده است و در جدول سه نیز مراحل کلیدی فنولوژی درختان پرتقال تامسون ناول در شرق مازندران برای مدیریت بهینه مصرف کودها متناسب با این مراحل آورده شده است (٤).

مناطق عمده کشت مرکبات در شرق مازندران و سطح زیر کشت آن‌ها در جدول چهار آورده شده است. نتایج نمونه‌برداری ۹۸ الی ۱٤۹ باغ از هر منطقه نشان داد که از باغ‌های منطقه بابل غلظت روی برگ حدود ۲۲/٤۷ درصد، قائم شهر و جویبار

۱۸/٤۲درصد، ساری و نکا ۲٤/۸٤ درصد و بهشهر و گلوگاه ٦/٤٥ درصد در منطقه کمبود قرار داشتند که نشان می‌دهد باغ‌های منطقه ساری و نکا، بابل، قائم شهر و جویبار، بهشهر و گلوگاه به ترتیب دارای بیش‌ترین کمبود روی هستند. اما غلظت روی در برگ باغ‌های منطقه بابل حدود ۳۸/۲۰ درصد، قائم شهر و جویبار ٦۱/۸٤ درصد، ساری و نکا ۵۰/۹۷ درصد و بهشهر و گلوگاه ۳۷/۱۰ درصد در منطقه کم (کمبود پنهان) بود که این نتایج با نتایج مطالعات طهرانی و همکاران (۲۰۱۱)، گزارش‌های اسدی کنگرشاهی و همکاران (۲۰۰۲) و اسدی و محمودی (۲۰۰۰) همخوانی دارد (۱۱، ۱۲ و ۵۲). هم‌چنین با توجه به این که روند تغییرات آهک در خاک از غرب به شرق مازندران افزایش می‌یابد به طوری که درصد آهک در خاک‌های منطقه بابل کم‌تر از ۵ درصد، در خاک‌های منطقه قائم‌شهر و جویبار حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد، خاک‌های مناطق ساری و نکا به بیش‌تر از ۲۰ تا ٤۰ درصد افزایش می‌یابد از طرفی، اغلب خاک‌های منطقه بهشهر و گلوگاه، آهک کم‌تری از خاک‌های ساری و نکا دارند (۹ و ۱۱). براساس این روند تغییرات آهک از غرب به شرق مازندران و هم‌چنین نتایج پژوهش‌های مختلف، خاک‌های با آهک زیاد و احتمال تنش مانداب (اغلب خاک‌های منطقه ساری و نکا)، خاک‌های با آهک متوسط و کم با احتمال تنش مانداب در برخی فصول سال (برخی خاک‌های منطقه بابل، جویبار و قائم‌شهر)، خاک‌های با مقدار رس و سیلت زیاد(مانند برخی خاک‌های دامنه‌های شمالی بابل، قائم‌شهر، ساری و نکا)، خاک‌های با مقدار فسفر قابل‌استفاده زیاد و هم‌چنین خاک‌های که تحت عملیات تسطیح قرار گرفته‌اند مستعد کمبود روی هستند (۷، ٤۵ و ٤٦).

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک محل انجام آزمایش(قبل از اجرای آزمایش).

Table 1. Some chemical properties of the soil at the test site(before the experiment).

عمق Depth (cm)	EC (dS/m)	pH	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC (cmole/kg)	آهک CCE (٪)	ماده آلی O.M (٪)	فسفر P	پتاسیم K	منیزیم Mg	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu
						(mg/kg)						
0-30	1.04	7.52	21.87	28	1.36	16.56	264	465	8.12	0.98	5.93	2.26
31-60	1.23	7.71	20.26	34	1.15	11.98	212	451	7.35	0.93	5.91	1.12

جدول ۲- نتایج تجزیه برگ قبل از اجرای آزمایش.

Table 2. Leaf analysis results before the experiment.

غلظت concentration	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	منیزیم Mg	کلسیم Ca	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu	بور B
	(%)					(mg/kg)				
leaf	2.59	0.11	0.98	0.29	4.32	138	15.73	31.15	15.54	51.13

جدول ۳- مراحل فنولوژی رشد پرتقال تامسون ناول در شرق مازندران (۵).

Table 3. Phenological stages of growth of Thomson Novell orange in East Mazandaran (5).

توسعه میوه Fruit Development	فنولوژی رشد Growth phenology	تامسون ناول Thomson Navell
-	شروع رشد سرشاخه‌های بهاره the beginning of the spring flash growth	۲۵ اسفند تا ۱۵ فروردین ماه March 16 - April 4
مرحله اول first stage	شروع گلدهی the beginning of flowering	۳۰-۲۰ فروردین ماه 9-19 April
	تمام گل flowering	۱۵-۱۰ اردیبهشت ماه ۱-5 May
	ریزش گلبرگ‌ها petals fall	۲۵-۱۵ اردیبهشت ماه May 5-15
	پایان رشد سرشاخه‌های بهاره the end of the growth of spring branches	۳۰-۱۵ اردیبهشت ماه May 5-20
	شروع ریزش تابستانه the beginning of summer fall	۱۵-۵ خرداد ماه 26 may-5 June
	پایان ریزش تابستانه the end of summer drop	۲۵ خرداد تا ۱۰ تیرماه June 15 - July 1
مرحله دوم second stage	شروع انبساط سلولی Cell expansion begins	۱۵-۵ تیرماه 26June-6 July
	شروع رشد سرشاخه‌های پاییزه the beginning of the growth of autumn branches	۲۰-۱۰ شهریور September 1-11
	شروع تغییر رنگ میوه the beginning of fruit color break	۳۰-۲۰ شهریور ماه September 11-21
	بلوغ فیزیولوژی میوه the physiological maturity of the fruit	۲۰-۵ آبان ماه October 27-Nov11
	پایان رشد سرشاخه‌های پاییزه the end of the growth of autumn branches	۳۰-۲۵ آبان ماه November16-21
مرحله سوم the third stage	رسیدن میوه fruit ripening	۲۰-۱۰ آذرماه December 1-11

شکل ۱- علائم کمبود روی در درختان مرکبات شرق مازندران.

Figure 1. Symptoms of zinc deficiency in citrus trees in East Mazandaran.

جدول ٤- توزیع فراوانی (درصد) غلظت روی در برگ درختان تامسون ناول در مناطق شرق استان مازندران.

Table 4. Frequency distribution(percentage) of zinc concentration in the leaves of Thomson Novell trees in the eastern regions of Mazandaran province.

منطقه Region	سطح زیر کشت مرکبات (هکتار) Citrus cultivation (ha)	تعداد باغ‌های نمونه‌برداری شده Number of orchards sampled	غلظت روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) Zinc concentration (mg / kg)		
			کمبود Deficiency	کم Low	مطلوب Adequate
			<15	15-25	>25
بابل Babol	19934	137	22.47	38.20	39.33
قائم‌شهر و جویبار Ghaemshahr and Joibar	15811	134	18.42	61.84	18.74
ساری و نکا Sari and Neka	31564	149	24.82	50.97	24.21
بهشهر و گلوگاه Behshahr and Gulogah	5204	98	6.45	37.10	56.45

نتایج بررسی وضعیت روی در باغ‌های مرکبات در این آزمایش با گزارش‌های اسدی و محمودی (۲۰۰۰) و خویی (۱۹۸۱) در باغ‌های منطقه مطابقت دارد که گزارش کردند پس از کمبود منگنز، کمبود پنهان و آشکار روی در باغ‌های مرکبات منطقه شرق مازندران از بیش‌ترین فراوانی برخوردار است (۱۲، ١٤ و ۲۹). نتایج پژوهش‌های اسدی کنگرشاهی و ملکوتی (۲۰۰۳) در خاک‌های منطقه شرق مازندران نشان داد

که دامنه روی قابل استفاده این خاک‌ها از ۰/٦ تا ۳/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و حدود بحرانی روی را حدود ۱/۲۵ تا ۱/۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کردند (١٤). مطالعات میدانی در خاک‌های زراعی استان مازندران و هم‌چنین خاک‌های تحت کشت مرکبات در شرق مازندران نیز نشان داده است که در بیش‌تر خاک‌های این مناطق محدویت قابلیت استفاده روی وجود دارد (۷ و ۵۲). نتایج دینامیک روی در خاک و قابلیت استفاده آن در باغ‌های مرکبات نشان داده است که کمبود روی در مرکبات، عمدتاً به رقابت آن با عناصر غذایی فسفر، آهن و منگنز بستگی دارد و با سایر ویژگی‌های خاک همبستگی معنی‌داری ندارد به طوری که نتایج پژوهش‌های سریواستاوا (۲۰۰۵) در شمال شرقی هند نشان داد که کمبود روی در این مناطق به علت غلظت بالای آهن در محلول خاک است (٤٧). هیپلر و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که سنگینی بافت خاک و هم‌چنین آهک و pH بالای خاک موجب کاهش قابلیت استفاده و راندمان جذب روی توسط درختان مرکبات می‌شود (٢٦). هم‌چنین سینگ و ترپازی (۱۹۸۵) گزارش کرد که کلروز روی در باغ‌های پرتقال منطقه اگرا در هند ناشی از مقدار زیاد آهن و تأثیر ضدیت آن بر قابلیت استفاده روی است (٤٣). خاک‌های سرد و مرطوب در اوایل فصل رشد به علت محدود کردن روند توسعه رشد ریشه می‌توانند در ایجاد کمبود روی در اوایل فصل مؤثر باشند.

گزارش‌های اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (۲۰۱٤) نشان می‌دهد که بیش‌تر باغ‌های مرکبات مناطق شرقی استان (به ویژه زمین‌هایی که بافت سنگین دارند و هم‌چنین زمین‌های که قبلاً زیر کشت برنج بوده و اکنون به باغ اختصاص داده شده‌اند) در مواقعی از سال که بارندگی شدید است مشکل ماندابی ایجاد می‌شود که این تجمع آب در سطح خاک و منطقه ریشه درختان، مشکلات تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی زیادی برای درختان ایجاد می‌نماید (۷). نتایج مطالعات شبکه‌ای خاک‌های مازندران نیز نشان می‌دهد مقدار روی قابل‌استفاده، در خاک بیش‌تر باغ‌های مرکبات کم‌تر از حد کفایت است و علائم کمبود آن در برخی باغ‌ها به وضوح مشاهده می‌شود. هم‌چنین اسدی کنگرشاهی و محمودی (۱۳۷۹) گزارش کردند که غلظت روی در برگ حدود ۵۷ درصد باغ‌های مرکبات منطقه شرق مازندران در کم‌تر از حد کفایت است و آن را به عنوان یکی از عوامل محدودکننده تولید در منطقه ذکر کردند (۱۲). نتایج گزارش‌های متعدد نشان می‌دهد که درختان پرتقال به کمبود روی حساس‌تر از نارنگی‌ها هستند و کمبود روی بر فیزیولوژی، آناتومی، رشد و عملکرد مرکبات تأثیر دارد (۷، ۳۵ و ٤٨). به‌طورکلی روی در فعال‌سازی برخی آنزیم‌ها، متابولسیم قندها، ساخت پروتئین، فعالیت آنزیم پلی‌مراز، ثبات ساختمانی ریبوزم‌ها، تولیداکسین و افزایش استحکام غشای سلولی نقش دارد و در شرایط کمبود روی اندازه برگ‌ها کاهش می‌یابد و باریک شده و تقریباً به حالت عمودی روی شاخه‌ها قرار می‌گیرند هم‌چنین کمبود روی موجب اختلال در انتقال الکترون فتوسنتزی و تثبیت دی‌اکسیدکربن، افرایش تولید گونه‌های اکسیژن فعال و افزایش حساسیت درختان مرکبات به تنش سرما و یخبندان می‌شود (٦ و ۷). کمبود روی در بیش‌تر مناطق جهان گسترده است به طوری که کمبود روی پس از کمبود نیتروژن از بیش‌ترین پراکنش میدانی برخوردار است. کمبود روی در مرکبات در آمریکا (در کالیفرنیا، خاک‌های آهکی تگزاس و خاک‌های شنی فلوریدا)، هند، چین (بخش‌های جنوبی و مرکزی)، ایران، نپال، تیلند، ترکیه، اسپانیا، آرژانتین، برزیل، ونزوئلا، شیلی، مصر، آفریقای جنوبی و استرالیا گزارش شده است (٤٧). پژوهش‌های انجام

شده در مورد روند توسعه و بهبود روش‌های تشخیص و شناسایی محدودیت‌های تغذیه‌ای و هم‌چنین مدیریت کوددهی درختان مرکبات نشان می‌دهد که استفاده تجزیه خاک، تجزیه برگ، تجزیه آب و نشانگرهای بیوشیمیایی به تنهایی نمی‌توانند مؤثر باشند اما استفاده ترکیبی از نتایج تجزیه خاک و برگ می‌تواند به طور نسبی مقداری تشخیص و تمایز حاصل نماید. به‌طورکلی علائم مرفولوژی کمبود روی، ظاهراً در کمبودهای شدید و در مراحل نهایی کمبود ظاهر می‌شود در درختان مرکبات، زوال و کاهش تولید ناشی از کمبود روی حدوداً ۲ تا ۳ سال قبل از ظهور علائم علائم ظاهری، ایجاد می‌شود (۵۳).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایشی در جدول‌های ۵ و ٦ آورده شده است. نتایج تأثیر تیمارهای مختلف سولفات روی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه (جدول ۷) نشان داد که مصرف خاکی سولفات روی قبل از توسعه برگ‌ها تأثیری در عملکرد و ویژگی‌های کیفی میوه ندارد اما مصرف آن به شکل کودآبیاری و محلول‌پاشی موجب افزایش عملکرد، قطر و وزن میوه شد و بیش‌ترین عملکرد از تیمار محلول‌پاشی و کودآبیاری در مرحله اول و دوم رشد میوه حاصل شد. نتایج تأثیر تیمارهای مختلف مصرف سولفات روی بر برخی ویژگی‌های کیفی عصاره میوه نشان داد که ویتامین ث، اسیدیته فعال و کل عصاره تحت‌تأثیر تیمارهای مختلف مصرف سولفات روی متناسب با فنولوژی رشد قرار نگرفت اما تیمارهای محلول‌پاشی و کودآبیاری موجب افزایش مواد جامد محلول عصاره نسبت به شاهد شد (جدول ۸). نتایج تأثیر تیمارها بر غلظت روی در برگ، میوه و ریشه درختان نشان داد که مصرف خاکی سولفات روی در اوایل فصل رشد، تأثیری بر غلظت روی برگ و میوه نداشت اما کودآبیاری و محلول‌پاشی موجب افزایش غلظت روی برگ، ریشه و میوه شدند بیش‌ترین غظت روی برگ از تیمار محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله اول و دوم رشد میوه حاصل شد به طوری که غلظت روی برگ از ۱۵/۷۸ میلی‌گرم در تیمار شاهد به ٤۱/۹۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار محلول‌پاشی در مرحله اول و دوم رشد میوه افزایش یافت. محلول‌پاشی سولفات روی در مراحل اول و دوم رشد میوه، تأثیر معنی‌داری بر غلظت روی ریشه نداشتند اما تیمارهای کودآبیاری موجب افزایش معنی‌داری در غلظت روی ریشه نسبت به شاهد شدند بیش‌ترین غلظت روی ریشه از تیمار کودآبیاری سولفات روی در مرحله اول و دوم رشد میوه حاصل شد. به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که میانگین غلظت روی در ریشه درختان حدود ۲/٤ برابر میانگین غلظت روی در برگ و حدود ۷/۵ و ۱۰/۸ برابر میانگین غلظت روی به ترتیب در پوست و بخش خوراکی میوه است (جدول ۹). هم‌چنین نتایج این آزمایش با نتایج گزارش‌های اسدی کنگرشاهی (۲۰۱۸) و اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (۲۰۱۷) مطابقت دارد که بیان نمودند میانگین غلظت روی در ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه ترویرسیترنج و سوینگل‌سیترواملو در خاک‌های مختلف به ترتیب حدود ٤/٦ و ٤/۲ برابر غلظت آن در برگ است (۱ و ۵).

نتایج گزارش‌های مختلف نشان داده است که افزودن یک تا دو در هزار اوره به تانک کود در محلول‌پاشی‌ها، موجب افزایش نفوذ عناصر غذایی و هم‌چنین کاهش احتمال خسارت در برگ و میوه خواهد شد (۷ و ۲۲). در این آزمایش به تانک کود محلول‌پاشی سولفات روی، اوره با غلظت دو در هزار نیز افزوده شد اما برای اطمینان از عدم تأثیر آن در نتایج آزمایش، محلول‌پاشی اوره با غلظت دو در هزار در همه تیمارها به غیر از تیمار شاهد اول انجام شد

(در شاهد اول محلول‌پاشی با آب خالص و مویان انجام شد). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزودن اوره به تانک محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن برگ نداشت که با نتایج پژوهش‌های اسدی کنگرشاهی (۲۰۱۹) و اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (۲۰۱۸) در مورد محلول‌پاشی سولفات منگنز و نیترات کلسیم در درختان مرکبات مطابقت دارد گزارش کردند افزودن اوره با غلظت دو در هزار به تانک محلول‌پاشی، تأثیری بر غلظت نیتروژن در برگ و میوه درختان تیمار شده نسبت به درختان شاهد ندارد (۲ و ٤).

جدول ۵- جدول تجزیه واریانس مرکب تأثیر مصرف روی بر عملکرد و کیفیت میوه مرکبات.

Table 5. Results of combined analysis of variance the effects of zinc application on yield and fruit quality of citrus trees.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS					
		عملکرد yield	وزن میوه fruit weight	قطر میوه fruit diameter	اسیدیته کل Total acidity	ویتامین ث vitamin C	مواد جامد محلول TSS
تیمار Treatment	6	369**	107.26*	23.14*	0.33ns	23.14ns	2.66ns
سال× تیمار Treatment × Year	6	62.02*	73.64*	25.01*	0.051ns	25.01ns	0.823ns
ضریب تغییرات C.V.	-	10.81	14.38	16.32	10.03	16.32	7.98

ns، * و ** به ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and ** non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ٦- تجزیه واریانس مرکب تأثیر مصرف روی بر غلظت روی در برگ، ریشه و میوه مرکبات.

Table 6. Results of combined analysis of variance the effects of zinc application on Zn concentration in leave, root and fruit of citrus.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS			
		غلظت روی Zinc Concentration			
		برگ Leave	ریشه Root	پوست میوه Fruit peel	بخش خوراکی میوه Pulp
تیمار Treatment	6	497**	2582**	8.78*	1.04*
سال× تیمار Treatment × Year	6	38.11*	89.19*	0.491ns	0.216ns
ضریب تغییرات C.V.	-	13.41	11.92	11.65	13.77

ns، * و ** به ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and ** non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۷- تأثیر مصرف سولفات روی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه.

Table 7. The effect of zinc sulfate on some quantitative and qualitative characteristics of fruit.

تیمار Treatment	عملکرد Yield (kgtree)	قطر میوه Fruit diameter (mm)	ضخامت پوست Skin thickness (mm)	وزن میوه Fruit Weight (gr)
شاهد اول (بدون محلول‌پاشی) first control (without spraying)	61.79[c]	73.58[b]	2.76[a]	224.54[b]
شاهد دوم (محلول‌پاشی اوره) second control (urea spraying)	64.32[c]	72.99[b]	2.79[a]	223.97[b]
مصرف خاکی soil application	63.11[c]	74.53[b]	2.91[a]	223.16[b]
کود آبیاری در مرحله اول رشد میوه fertigation in the first stage of fruit growth	74.32[b]	80.33[a]	2.83[a]	248.97[a]
کود آبیاری درمرحله اول و دوم رشد میوه fertigation in the first and second stage of fruit growth	85.92[a]	81.49[a]	2.93[a]	259.88[a]
محلول‌پاشی در مرحله اول رشد میوه foliar application in the first stage of fruit growth	72.47[b]	80.98[a]	2.94[a]	355.54[a]
محلول‌پاشی درمرحله اول و مرحله دوم رشد میوه foliar application in the first and second stages of fruit growth	84.23[a]	82.62[a]	2.89[a]	251.22[a]

جدول ۸- تأثیر مصرف سولفات روی بر برخی ویژگی‌های کیفی عصاره میوه.

Table 8. Effect of zinc sulfate consumption on some quality characteristics of fruit extract.

تیمار Treatment	pH	مواد جامد محلول Total soluble solids (%)	ویتامین ث Vitamin C (mg / 100ml)	اسیدیته کل Total acidity (mg / 100ml)
شاهد اول (بدون محلول‌پاشی) First control (without spraying)	3.38[a]	9.49[b]	63.47[a]	2.46[a]
شاهد دوم (محلول‌پاشی اوره) Second control (urea spraying)	3.37[a]	9.36[b]	69.21[a]	2.32[a]
مصرف خاکی Soil application	3.34[a]	9.58[b]	65.92[a]	2.52[a]
کود آبیاری در مرحله اول رشد میوه Fertigation in the first stage of fruit growth	3.40[a]	9.62[b]	66.97[a]	2.32[a]
کود آبیاری در مرحله اول و دوم رشد میوه Fertigation in the first and second stage of fruit growth	3.39[a]	10.21[a]	69.96[a]	2.69[a]
محلول‌پاشی در مرحله اول رشد میوه Foliar application in the first stage of fruit growth	3.38[a]	10.19[a]	69.56[a]	2.49[a]
محلول‌پاشی در مرحله اول و مرحله دوم رشد میوه Foliar application in the first and second stages of fruit growth	3.41[a]	10.23[a]	72.32[a]	2.29[a]

گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد که روی برای رشد ریشه از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (۲۰ و ۳٤). افزایش غلظت روی در بخش هوایی گیاهان دارای کمبود روی با محلول پاشی، می‌تواند تا حدی رشد ریشه‌ها را نیز ترمیم کند اما به طور واضح، به اندازه مصرف خاکی روی و جذب مستقیم روی توسط ریشه در رشد ریشه‌ها مؤثر نمی‌باشد (۵۱). اندام‌های مختلف رشدی حساسیت‌های متفاوتی به کمبود روی دارند که سطح برگ از بیش‌ترین حساسیت و رشد سرشاخه‌ها، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، رشد ریشه، تعداد برگ و وزن خشک ریشه به‌ترتیب از حساسیت کم‌تری برخوردار هستند (۳٤). به طور کلی درختان مرکبات در جذب کافی روی در بسیاری از خاک‌ها مشکل دارند و هر عاملی که موجب کاهش توسعه سیستم ریشه شود به احتمال زیاد موجب کاهش جذب روی می‌شود. بنابراین اگر مقدار روی قابل استفاده خاک در محدوده بحرانی باشد، عاملی که موجب کاهش رشد و توسعه، فعالیت و سلامت سیستم ریشه شوند از جمله سنگینی بافت خاک، ماناب، آسیب‌های مکانیکی و یا کمبودهای دیگر عناصر غذایی (از جمله کمبودهای مس و منیزیم که موجب کاهش توسعه سیستم ریشه می‌شوند)، ممکن است کمبود روی را تشدید کنند (٤٤).

جدول ۹- تأثیر مصرف سولفات روی بر غلظت روی برگ، میوه و ریشه.

Table 9. The effect of zinc sulfate consumption on zinc concentration of leaves, fruits and roots.

تیمار Treatment	برگ Leaf	پوست میوه Fruit peel	بخش خوراکی میوه Fruit pulp	ریشه Root
	(mg/kg)			
شاهد اول (بدون محلول‌پاشی) first control (without spraying)	15.78^{c}	7.34^{c}	5.57^{b}	56.74^{c}
شاهد دوم (محلول‌پاشی اوره) second control (urea spraying)	15.83^{c}	7.16^{c}	5.61^{b}	58.34^{c}
مصرف خاکی Soil application	17.96^{c}	7.21^{c}	5.56^{b}	65.97^{b}
کود آبیاری در مرحله اول رشد میوه fertigation in the first stage of fruit growth	27.53^{b}	8.97^{b}	6.25^{ab}	71.22^{ab}
کود آبیاری در مرحله اول و دوم رشد میوه fertigation in the first and second stage of fruit growth	39.63^{a}	10.03^{ab}	6.38^{ab}	98.72^{a}
محلول‌پاشی در مرحله اول رشد میوه foliar application in the first stage of fruit growth	31.72^{ab}	9.37^{b}	6.27^{ab}	55.93^{c}
محلول‌پاشی در مرحله اول و مرحله دوم رشد میوه foliar application in the first and second stages of fruit growth	41.92^{a}	11.36^{a}	6.92^{a}	54.97^{c}

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف خاکی ۲۰۰ گرم سولفات روی در خاک‌های آهکی قبل از توسعه برگ‌ها تأثیری در غلظت روی برگ، عملکرد و کیفیت میوه ندارد اما مصرف آن به‌صورت کودآبیاری در مرحله اول و دوم رشد میوه موجب رفع علائم کمبود در سرشاخه‌های رشدی بهاره شد یا کلروز روی بسیار کمی نشان دادند و هم‌چنین علائم کلروزی در برگ‌های سرشاخه‌های

تابستانی و پاییزی مشاهده نشد. اما درختانی که کودآبیاری سولفات روی فقط در مرحله اول رشد میوه انجام شد علائم کلروز در برگ‌های سرشاخه‌های تابستانی و پاییزی مشاهده شد که به احتمال زیاد ناشی از انتقال ضعیف روی از برگ‌های مسن به برگ‌های در حال توسعه در سرشاخه‌های جدید است(۷، ٤١ و ٤٧). هم‌چنین نتایج این آزمایش نشان داد که درختانی که در مرحله اول و دوم رشد میوه کودآبیاری شدند غلظت روی در برگ‌هایشان بیش‌تر از درختانی بود که در مرحله اول رشد میوه آن‌ها، کودآبیاری انجام شد. به طور کلی نتایج این پژوهش با نتایج برخی گزارش‌های دیگر مطابقت دارد که نشان دادند که به‌علت تحرک کم روی در خاک، پاسخ درختان میوه به مصرف خاکی روی محدود است اما مصرف کودآبیاری روی توسط سیستم‌های آبیاری در رفع کمبود روی مؤثر بوده است (٤٩، ٥٠ و ٥٤). زائو و همکاران (۲۰۱۸)گزارش کردند به علت ظرفیت زیاد تثبیت روی در خاک‌های آهکی، مصرف سولفات روی تأثیر چندانی در افزایش غلظت روی برگ و رفع کمبود روی ندارد اما محلول‌پاشی آن به علت کارایی بیش‌تر و هزینه کم‌تر به‌طور گسترده در کارهای میدانی توصیه می‌شود (۵۵). گزارش‌های هیپلر و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان داد که راندمان جذب روی برای درختان مرکبات، به علت جذب روی در سطح کلوئیدهای خاک (به ویژه رس‌ها) پایین است اما پس از اشباع محل‌های جذب، قابلیت استفاده آن افزایش می‌یابد بنابراین راندمان مصرف روی در خاک به برهمکنش بین حلالیت کود، مقدار مصرف و جذب سطحی توسط کلوئیدها بستگی دارد و مصرف این کودها قبل از شروع رشد سرشاخه‌های جدید می‌تواند غلظت روی را در سرشاخه‌ها و دیگر اندام‌های در حال توسعه را افزایش دهد (۲۵). غلظت روی در محلول خاک و قابلیت استفاده آن برای گیاهان به طور کلی توسط مکانیسم جذب سطحی کنترل می‌شود با افزایش پ‌هاش خاک حلالیت روی کاهش و در مقابل جذب سطحی آن به ذرات خاک افزایش می‌یابد شدت واکنش روی طبیعی و مصرفی در خاک با اجزای معدنی خاک متفاوت است و تأثیر آن‌ها بر قابلیت استفاده روی نیز یکسان نیست. علاوه براین قابلیت استفاده روی تابعی از مقدار نسبی اشکال مختلف روی (کلسیم زینکات، جذب روی سطوح کربنات کلسیم، هیدروکسید روی، کربنات روی، سیلیکات روی در سطح رس‌ها و ...) در خاک است (۲۸، ٢٤ و ٤٧). تجزیه و تحلیل رگرسیون گام به گام خطی نشان داده است که حدود ۷۰ درصد از تغییرات روی قابل عصاره‌گیری با DTPA ناشی از تأثیر پ‌هاش، شوری، کربن آلی، کربنات کلسیم، فسفر قابل‌عصاره‌گیری، رس و اکسیدهای آزاد مس و منگنز است و خارج کردن فسفر قابل عصاره‌گیری از معادله، قابلیت پیش‌بینی پذیری را از ۷۰ درصد به ٦٣ درصد کاهش داد که نشان‌دهنده نقش مؤثر فسفر در قابلیت استفاده روی است (٤٠). اما نتایج این پژوهش با گزارش‌های اسدی کنگرشاهی و همکاران (۲۰۰۷ و ۲۰۱۱) با نارنگی انشو سوجی‌یاما و پرتقال سانگین در خاک‌های غیر آهکی مناطق دامنه‌ای غرب و شرق مازندران مغایرت دارد که نشان داد مصرف خاکی ۵۰ تا ۲۰۰ گرم روی خالص به صورت سولفات روی در درختان نارنگی انشو در غرب مازندران موجب افزایش غلظت روی برگ و عملکرد درختان نسبت به شاهد شد اما تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های کیفی میوه نداشت هم‌چنین مصرف همین مقدار روی در درختان پرتقال سانگین در مناطق دامنه‌ای شرق مازندران موجب افزایش عملکرد نسبت به شاهد شد اما تأثیر معنی‌داری بر غلظت روی برگ، مواد جامد محلول و اسیدیته عصاره نداشت (۱۰، ١٦ و ١٨).

به طور کلی در بسیاری از باغ‌های مرکبات در خاک‌های اسیدی، خاک‌های دارای تنش ماناب یا خاک‌های با آهک کم، علائم کمبود روی موقتی است

و بیش‌تر در برگ‌های سرشاخه‌های رشدی اوایل فصل ظاهر می‌شود و به تدریج با گرم شدن هوا و بدون اعمال تیمار مصرف روی رفع می‌شود. اما کمبود پایدار روی در باغ‌های با خاک‌های اسیدی با آهن زیاد و خاک‌های با بافت سنگین با تنش ماناب و خاک‌های با آهک زیاد نیاز به مصرف کودهای روی برای رفع علائم کمبود می‌باشد و نتایج این گزارش‌ها نشان داده است که مصرف خاکی و محلول‌پاشی سولفات روی در باغ‌های دارای علائم کمبود روی موقتی (کمبود ضعیف و متوسط روی)، تأثیری بر میانگین عملکرد و کیفیت میوه مرکبات ندارد (۷ و ٤٧). گزارش‌های مختلف نشان داده است که در برخی موارد مصرف روی برای درختان بدون علائم کمبود روی نیز موجب افزایش رشد می‌شود در مقابل مصرف روی در مواردی که علائم متوسط کمبود روی دارند پاسخ رشدی قابل‌ملاحظه‌ای مشاهده نشد (٤٧). به طور کلی شدت علائم کمبود روی قبل از گل‌دهی بهترین شاخص برای نیاز به مصرف روی و پاسخ درختان به آن است (۷ و ٤٧). اگر علائم کمبود روی در بیش‌تر از ۲۰ درصد تاج درختان ظاهر شود محلول‌پاشی روی به صورت سولفات روی یا کلات روی (ZnEDTA) موجب افزایش عملکرد می‌شود.

هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله اول رشد میوه، غلظت روی برگ را از ۱۵/۷۸ میلی‌گرم در کیلوگرم به ۳۱/۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش داد و موجب رفع علائم کمبود روی در سرشاخه‌های رشدی بهاری شد اما در سرشاخه‌های رشدی بعدی (تابستانی و پاییزی) مجدداً علائم کمبود ظاهر شد در مقابل، تیماری که در آن محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله اول و دوم رشد میوه انجام شد سرشاخه‌های رشدی تابستانی و پاییزی نیز علائم کمبودی نداشتند. غلظت روی در برگ درختانی که در مرحله اول و دوم رشد میوه محلول‌پاشی شدند بیش‌تر از درختانی بود که محلول‌پاشی فقط در مرحله اول رشد میوه انجام شد. اگرچه این اختلاف غلظت از نظر آماری معنی‌داری نبود اما روی کافی را برای سرشاخه‌های دوم رشدی فراهم کرد به طوری که علائم کلروز روی در این سرشاخه‌ها رفع یا به شدت کاهش یافت. نتایج این پژوهش با گزارش‌های رام و بوس (۲۰۰۰) مطابقت دارد که نشان دادند که محلول‌پاشی ۵ در هزار سولفات روی در درختان نارنگی ۱۸ ساله موجب افزایش عملکرد درختان (۳۶/٦-۳۳/۳ کیلوگرم به‌ازای هر درخت در درختان تیمار شده) نسبت به درختان شاهد (۲۹/۷-۲۲/٤ کیلوگرم به ازای هر درخت) شد (۳۸). هم‌چنین مصرف چهار در هزار کلات روی (ZnEDTA) در درختان جوان لیموی ۵ ساله موجب افزایش روی برگ از ۱٤/۳ به ۳۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم شد و هم‌چنین عملکرد درختان را از ۹/۳ به ۱۵/۲ کیلوگرم به ازای هر درخت افزایش داد (٤۲). محلول‌پاشی درختان پرتقال شموتی با سولفات روی ۵ در هزار موجب افزایش غلظت روی از ۱۱/۹ به ۳/ ٤۵ میلی‌گرم در کیلوگرم شد و هم‌چنین عملکرد از ۱۲/۵ به ۳۰/٤ کیلوگرم به‌ازای هر درخت افزایش یافت در مقابل مصرف خاکی ۱۵۰ گرم سولفات روی به ازای هر درخت، غلظت روی برگ را از ۱۱/۹ به ٤٤/۹ میلی گرم در کیلوگرم افزایش داد اما عملکرد به ۲۳/٤ کیلوگرم به‌ازای هر درخت افزایش یافت که در مقایسه با محلول‌پاشی برگی پایین‌تر بود (۲۱).

نتیجه‌گیری

۱) بر اساس نتایج این آزمایش، مصرف خاکی سولفات روی به صورت نواری قبل از توسعه برگ‌ها تأثیر معنی‌داری بر غلظت روی برگ، میوه و هم‌چنین عملکرد درختان مرکبات ندارد بنابراین مصرف خاکی آن در اسفندماه توصیه نمی‌شود.

۲) مصرف سولفات روی به صورت محلول‌پاشی و کودآبیاری موجب افزایش معنی‌داری در غلظت روی برگ، پوست و بخش خوراکی میوه و هم‌چنین عملکرد میوه نسبت به شاهد شد.

۳) باغ‌های که علائم خفیف کمبود روی دارند یا علائم کمبود آن‌ها موقتی بود و فقط علائم کمبودشان در فصل سرد سال ظاهر می‌شود یا احتمال کمبود روی دارند مصرف سولفات روی به‌صورت کودآبیاری یا محلول‌پاشی پس از ریزش گلبرگ‌ها در مرحله اول رشد میوه توصیه می‌شود.

٤) باغ‌های که علائم پایدار یا شدید کلروز روی دارند، کودآبیاری یا محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله اول رشد میوه پس از ریزش گلبرگ‌ها و در مرحله دوم رشد میوه در شروع رشد سرشاخه‌های تابستانی و یا پاییزی توصیه می‌شود.

منابع

1. Asadi Kangarshahi, A. 2018. Growth trend, nutritional response and tolerance of Troyer citrange to calcareous soils. Journal of Land Management. 9: 2. 196-212. (In Persian)
2. Asadi Kangarshahi, A. 2019. Investigation of manganese status and management in accordance with growth stages and its effect on yield and quality of citrus in East Mazandaran. Journal of Soil Research. 33: 3. 307-320. (In Persian)
3. Asadi Kangarshahi, A. 2019. Nutrition management of citrus fruit trees. Agricultural Education and Extension Publications, Tehran, Iran. 174p. (In Persian)
4. Asadi Kangarshahi, A., and Akhlaqi Amiri, N. 2018. The trend of changes in calcium concentration in fruit peel and the effect of calcium nitrate foliar application on yield and quality of Thomson Navell orange. Journal of Soil Research. 32: 1. 56-72. (In Persian)
5. Asadi Kangarshahi, A., and Akhlaghi Amiri, N. 2017. Growth trend, nnutritional responses (microelements) and chlorosis degree of Swingle citromelo in calcareous soils of east of Mazandaran. Journal of Soil Research. 31: 2. 176-195. (In Persian)
6. Asadi Kangarshahi, A., and Akhlaghi Amiri, N. 2016. Frost in fruit trees (foundations, principles and practical strategies to reduce damage). Agricultural Education and Extension Publications, Tehran, Iran. 204p. (In Persian)
7. Asadi Kangarshahi, A., and Akhlaghi Amiri, N. 2014. Advanced and applied citrus nutrition, Vol. I. Agricultural Education and Extension Publications, Tehran, Iran. 314p. (In Persian)
8. Asadi Kangarshahi, A., Akhlaghi Amiri, N., and Fallah, A.A. 2019. Guide to sampling and interpretation of soil and leaf analysis results for citrus trees. Technical Journal No. 561. Soil and Water Research Institute. Karaj, Iran. (In Persian)
9. Asadi Kangarshahi, A., Akhlaghi Amiri, N., and Samar, M. 2015. Possibillity of using chlorosis degree and active iron to assess the tolerance of some citrus rootstocks to calcareous soils. Journal of Soil Research. 29: 3. 269-284. (In Persian)
10. Asadi Kangarshahi, A., Akhlaghi Amiri, N., and Malakouti, M.J. 2011. The effect of four-year zinc sulfate application on yield and quality of Sangin oranges. Journal of Soil and Water. 42: 1. 77-86. (In Persian)
11. Asadi Kangarshahi, A., Akhlaghi Amiri, N., Mahmoudi, M., and Malakouti, M.J. 2002. Recognition of nutritional disorders in citrus trees of Mazandaran (limitations and recommendations) Part 1 - Micro elements. Technical Journal No. 268. Agricultural Education Publication. Agricultural Research and Training Organization, Ministry of Agriculture, Karaj, Iran. (In Persian)

12. Asadi Kangarshahi, A., and Mahmoudi, M. 2000. The necessity of zinc and manganese application in citrus orchards in East Mazandaran. Journal of Soil and Water. 12: 8. 103-106. (In Persian)
13. Asadi Kangarshahi, A., and Malakouti, M.J. 2003. Calibration of zinc in field conditions and its effect on soybean yield. Journal of Soil and Water. 17: 2. 115-123. (In Persian)
14. Asadi Kangarshahi, A., and Malakouti, M.J. 2003. The effect of zinc on growth, concentration and absorption of zinc by soybeans. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 38: 2. 321-329. (In Persian)
15. Asadi Kangarshahi, A., and Malakouti, M.J. 2008. Investigation of residual effects of zinc sulfate on growth, yield and zinc uptake by soybeans. Journal of Soil and Water, 22: 1. 11-25. (In Persian)
16. Asadi Kangarshahi, A., Malakouti, M.J., Akhlaghi Amiri, N., and Moradi, B. 2007. The effect of amount and method of zinc sulfate application on yield and quality of Unshu mandarin. Journal of Soil and Water. 21: 1. 66-79. (In Persian)
17. Barber, S.A., and Peterson, J.P. 1995. Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. John Wiley and Sons Publications, New York, America. 384p.
18. Bashour, I., and Sayegh, A.A. 2007. Methods of analysis for soils of arid and semi-arid regions. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Pp: 49-53.
19. Chen, Y., and Barak, P. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. Advances in Agronomy. 35: 217-240.
20. Christensen, N.W., and Jackson, T.L. 1981. Potential for phosphorus toxicity in zinc stressed corn and potato. Soil Science Society of America Journal. 45: 904-909.
21. Devi, D.D., Srinivasan, P.S., and Balakrishnan, K. 1997. Leaf nutrient composition, chlorosis and yield of Sathgudi orange as affected by micronutrient applications. South Indian Horticulture. 45: 26-29.
22. El-Fauly, M.M., Fawzi, A.F.A., Mobarak, Z.M., Aly, E.A., and Abdalla, F.E. 1990. Micronutrient foliar intake by different crop plants, as affected by accompanying urea. P 267-273. In: M.L. van Beusichem(ed.). Plant nutrition: Physiology and application. Kluwer Academic Publishers, Boston.
23. Emami, A. 1996. Methods of plant decomposition. Journal No. 982, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. 108p. (In Persian)
24. Guadalix, M.E., and Padro, M.T. 1995. Zinc sorption by acid tropical soils affected by cultivation. European Journal of Soil Science. 46: 317-322.
25. Hipper, F.W.R., Boaretto, R.M., Quaggio, J.A., Azevedo, R.A., and Mattos, D. 2015. Towards soil management with Zn and Mn: estimates of fertilization efficacy of citrus trees. Annals of Applied Biology. 166: 484-495.
26. Hipper, F.W.R., Boaretto, R.M., Quaggio, J.A., Boaretto, A.E., Abreu-Junior, C.H., and Mattos, D. 2015. Uptake and distribution of soil applied zinc by citrus trees-addressing fertilizer use efficiency with 68zn labeling. PlOS ONE Journal. 10: 1-16.
27. Izadpanah, B. 1976. Semi-detailed and brief studies of soil science and land classification of Mazandaran province. Journal No. 492. Soil and Water Research Institute, Agricultural Research and Training Organization, Tehran, Iran. (In Persian)
28. Karimian, N., Moftoon, M., Abtahi, A., and Yathribi, J. 1994. Residual effect of zinc sulfate on chemical forms of zinc in soil and the relationship between these forms and zinc uptake by plants. Vice Chancellor for Research, Shiraz University, Central Publications of Shiraz University, No. 81, Shiraz, Iran. (In Persian)
29. Khoii, S. 1981. Investigation of plant nutritional status of citrus in East Mazandaran. Journal No. 648, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. (In Persian)

30. Khoii, S. 1992. Principles of Citrus Nutrition. Printing and Publishing Organization of the Ministry of Culture and Islamic Guidance. 281p. (In Persian)
31. Kimball, D.A. 1991. Citrus processing: quality control and technology. Springer Science, New York. 473p.
32. Ladaniya, M. 2008. Citrus fruit: biology, technology and evaluation. Academic Press, Elsevier INC, USA. 576p.
33. Loeppert, R.H., Wei, L.C., and Ocumpaugh, W.R. 1994. Soil factors influencing the mobilization of iron in calcareous soils. P 343-360. In: J.A. Manthey, D.A. Crowley, D.G. Luster, (eds.), Biochemistry of Metal Micronutrients in the Rhizosphere. Lewis Publishers. Boca Raton.
34. Loneragan, J.F., Grove, T.S., Robson, A.D., and Snowball, K. 1982. Phosphorus accumulation and toxicity in leaves in relation to zinc supply. Soil Science Society of America Journal. 46: 3445-352.
35. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London. 889p.
36. Mortvedt, J.J., Cox, F.R., Shuman, L.M., and Welch, R.M. 1991. Micronutrients in agriculture. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 760p.
37. Neilsen, G.H., and Neilsen, D. 1994. Tree fruit zinc nutrition, P 85-93. In: A.B. Peterson and R.G. Stevens (eds.). Tree Fruit Nutrition. Good Fruit Grower, Yakima, WA.
38. Ram, R.A., and Bose, T.K. 2000. Effect of foliar application of magnesium and micronutrientson growth, yield and fruit quality of mandarin orange (*Citrus reticulate* Blanco). Indian Journal of Horticulture. 57: 3. 215-220.
39. Ramshani, K., and Banai, M.H. 1983. Report of semi-detailed and summary soil science studies in the west of Mazandaran province. Technical Journal No. 638. Soil and Water Research Institute, Agricultural Research and Training Organization, Tehran, Iran. (In Persian)
40. Randhawa, H.S., and Singh, S.P. 1995. Distribution of zinc fractions in alluvium derived soils of Punjab. Journal of the Indian Society of Soil Science. 43: 124-126.
41. Razeto, M.B., Lengueire, M.J., Rojas, Z.S., and Reginato, M.G. 1988. Correction of manganese and zinc deficiencies in orange. Agritechnica. 48: 347-352.
42. Sharma, Y.M., Rathore, R.S., and. Jesani, J.C. 1999. Effect of soil and foliar application of zinc and copper on yield and fruit quality of seedless lemon (*Citrus limon*). Indian Journal of Agricultural Sciences. 69: 236-238.
43. Singh Vinay and Tripathi, B.R. 1985. Studies on chlorosis in sweet orange in Agra region of Uttar Pradesh. Journal of the Indian Society of Soil Science. 33: 333-338.
44. Srivastava, A.K., and Singh, S. 1999. Soil suitability-crop response relationship in Nagpur mandarin. P 374-88. In: Hi-tech Citrus Management. S.P. Ghosh and S. Singh (eds.). In Proceedings of the International Symposium on Citriculture, Nov. 23-27, 1999, Nagpur, Maharashtra, India.
45. Srivastava, A.K., and Singh, S. 2002. Citrus: climate and soil. International Book Distributing Company, IBDC. Lucknow, U.P., India. 559p.
46. Srivastava, A.K., and Singh, S. 2003. Citrus nutrition. International Book Distributing Co. (IBDC). India. 968p.
47. Srivastava, A.K., and Singh, S. 2005. Zinc nutrition, a global concern for sustainable citrus production. Journal of Sustainable Agriculture. 25: 5-42.
48. Srivastava, A.K., and Singh, S. 2009. Citrus decline: Soil fertility and plant nutrition. Journal of Plant Nutrition. 32: 197-245.
49. Swietlik, D. 1989. Zinc stress on citrus. Journal Rio Grande Valley Horticultural Society. 42: 87-95.
50. Swietlik, D. 1996. Responses of citrus trees in Texas to foliar and soil Zn applications. Vol. 2, pp. 772-776. In Proceedings of the International Society

of Citriculture. VIII International Citrus Congress, May 12-17, Sun City, South Africa.

51. Swietlik, D., and Zhang, L. 1994. Critical Zn^{+2} activities for sour orange determined with chelator buffered nutrient solutions. Journal of the American Society for Horticultural Science. 119: 693-701.
52. Tehrani, M.M., Pasandideh, M., and Davoodi, M.H. 2011. Determining the distribution and recommendation of trace elements in irrigated lands of Gilan, Mazandaran, Hamedan, Kermanshah, West Azerbaijan and Isfahan provinces. Ministry of Jihad Agriculture, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Soil and Water Research Institute. Final report of the research project. Journal No. 1618. 30p. Iran. (In Persian)
53. Wutscher, H.K. 1981. Seasonal changes in zinc and water-soluble phenolics in theouter trunk wood of healthy and blight affected sweet orange trees. HortScience Journal. 16: 157-158.
54. Zekri, M., and Koo, R.C.J. 1994. Application of micronutrients to citrus trees through micro-irrigation system. Journal of Plant Nutrition. 15: 2517-2529.
55. Zhao, A., Yang, S., Wang, B., Tian, X., and Zhang, Y. 2018. Effects of $ZnSO_4$ broadcast or banded to soil on Zn bioavailability in wheat and Zn fraction in soil. Chemosphere. 205: 350-360.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 11(3), 2021
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2021.18568.1990

(Full Length Research Paper)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Evaluation of zinc status and management of zinc sulfate application (according to growth phenology) for citrus in calcareous soils of east Mazandaran

A. Asadi Kangarshahi*
Assistant Prof. of Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran
Received: 11.20.2020; Accepted: 04.28.2021

Abstract

Background and Objectives: Citrus trees are sensitive to zinc deficiency and zinc deficiency in citrus trees is a common nutritional disorder that causes changes in the anatomy, morphology and cytology of citrus trees, leading to reduced flowering, fruit set, performance and production stability. Due to the limitation of zinc in the soils and the economic importance of citrus for Mazandaran province, the study of zinc status in citrus orchards and the management of Zn application (accordance to growth phenology) and its effect on Zn deficiency and quality of Thomson Navell fruits were conducted.

Materials and Methods: To study zinc(Zn) status and its effect on yield and quality of Thomson navell orange, two separate experiments were conducted in East of Mazandaran Province, Iran. The first experiment was conducted in citrus orchards of the region, and the second, as a randomized complete block design with seven treatments and four replications was conducted in an orchard of Thomson navel on sour orange rootstock. Treatments included: 1- First control (without zinc); 2- Second control (without zinc and with urea spray); 3- 200 g zinc sulfate per tree as soil application, before leaf development; 4- 200 g zinc sulfate per tree as fertigation, in the first stage of fruit growth; 5- 200 g zinc sulfate per tree as fertigation, in the first and second stages of fruit growth; 6- zinc sulfate spraying in the first stage of fruit growth; 7- zinc sulfate spraying in the first and second stages of growth.

Results: The first experiment showed that the orchards of Behshahr and Galogah had the lowest deficiency symptoms and Ghaemshar and Juybar had the most deficiency symptoms. The results of the second experiment showed that soil application before leaf development had no effect on chlorosis, yield, fruit and zinc concentration in leaf and fruit, but its application as fertigation and spraying increased fruit yield, diameter, and fruit weight, in leaf and fruit zinc concentration. The highest leaf Zn concentration was obtained from spray treatment in the first and second stages of fruit growth. Fertigation treatment significantly increased the root Zn concentration compared to the control.

Conclusion: Generally, according to the results of this experiment, for orchards with a history of mild symptoms of zinc deficiency or probable zinc deficiency, the application of zinc sulfate as fertigation or spray after petal fall in the first stage of fruit growth is recommended, However, for orchards that have severe symptoms of zinc chlorosis, two fertigation or foliar application with zinc sulfate at the first and second stages of fruit growth is recommended.

Keywords: Fertigation, Foliar application, Growth stage, Soil application, Thomson Navell

* Corresponding Author; Email: kangarshahi@gmail.com