

## بررسی وضعیت و مدیریت منگنز متناسب با مراحل رشد و تأثیر آن بر عملکرد و کیفیت مرکبات شرق مازندران

علی اسدی کنگرشاهی<sup>1</sup>

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

ایران؛ kangarshahi@gmail.com

دریافت: 97/11/10 و پذیرش: 98/4/12

### چکیده

به منظور بررسی وضعیت منگنز در مرکبات منطقه و تأثیر کاربرد سولفات منگنز بر عملکرد و کیفیت میوه درختان تامسون ناول دو آزمایش مجزا انجام شد. آزمایش اول در باغ‌های مرکبات منطقه 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: 1- شاهد اول (بدون مصرف سولفات منگنز)، 2- شاهد دوم (بدون مصرف سولفات منگنز و با محلول‌پاشی اوره)، 3- مصرف خاکی سولفات منگنز به مقدار 300 گرم به ازای هر درخت قبل از توسعه برگ‌ها، 4- مصرف سولفات منگنز به مقدار 300 گرم به ازای هر درخت به صورت کودآبیاری در مرحله اول رشد میوه، 5- مصرف سولفات منگنز به مقدار 300 گرم به ازای هر درخت در مرحله اول و دوم رشد میوه، 6- محلول‌پاشی سولفات منگنز با غلظت دو در هزار در مرحله اول رشد میوه، 7- محلول‌پاشی سولفات منگنز با غلظت دو در هزار در مرحله اول و دوم رشد میوه بودند. نتایج آزمایش اول نشان داد که باغ‌های ساری و نکا بیشترین علائم کمبود را داشتند. نتایج آزمایش دوم نشان داد که مصرف خاکی سولفات منگنز تأثیری در عملکرد، کیفیت میوه، غلظت منگنز در برگ، میوه و ریشه نداشت اما مصرف آن به شکل کودآبیاری و محلول‌پاشی موجب افزایش عملکرد، قطر و وزن میوه، غلظت منگنز در برگ و میوه شد. بیشترین غلظت منگنز برگ از تیمار محلول‌پاشی سولفات منگنز در مرحله اول و دوم رشد میوه حاصل شد. تیمار کودآبیاری موجب افزایش معنی‌داری در غلظت منگنز ریشه نسبت به شاهد شد. به طور کلی با توجه به نتایج این آزمایش، برای باغ‌هایی که سابقه علائم خفیف کمبود منگنز دارند یا احتمال کمبود منگنز در آنها وجود دارد مصرف سولفات منگنز به صورت کودآبیاری یا محلول‌پاشی پس از ریزش گلبرگ‌ها توصیه می‌شود. اما برای باغ‌هایی که علائم شدید کلروز منگنز دارند دو بار کودآبیاری یا محلول‌پاشی سولفات منگنز، بار اول پس از ریزش گلبرگ‌ها و بار دوم قبل از شروع رشد فلش‌های پاییزی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تامسون ناول، سولفات منگنز، کودآبیاری، فنولوژی، محلول‌پاشی، مصرف خاکی

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: ساری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، بخش تحقیقات خاک و آب

## مقدمه

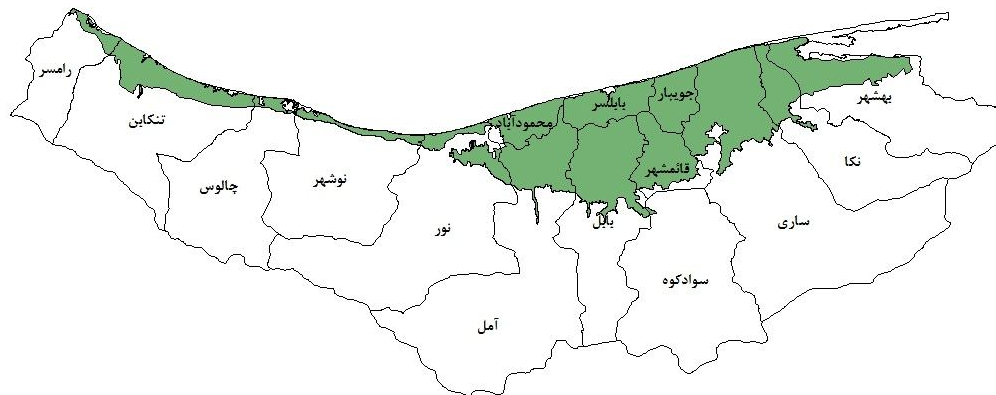
منگنز یازدهمین عنصر موجود در پوسته زمین است و دامنه غلظت کلان در خاک از 20 تا 3000 میلی‌گرم در کیلوگرم است. به طور کلی منگنز در خاک به شکل اکسیدهای منگنز دو، سه و چهار ظرفیتی وجود دارد اما شکل دو ظرفیتی و چهار ظرفیتی آن غالب است در خاک‌های با تهویه مناسب، غلظت منگنز چهار ظرفیتی بیشتر از منگنز دو ظرفیتی است. منگنز در خاک می‌تواند به فرم محلول، قابل تبادل، کمپلکس شده با مواد آلی و در ساختار کانی‌ها باشد. در کل تغییر، تبدیل و تعادل بین این شکل‌های منگنز و قابلیت استفاده آن به طور عمده، تحت تأثیر کربنات کلسیم، ماده آلی، pH و وضعیت اکسیداسیون و احیای خاک است. منگنز محلول و قابل تبادل خاک نیز به شکل منگنز دو ظرفیتی است. منگنز قابل تبادل توسط سایت‌های تبادل کاتیونی نگهداری می‌شود و دامنه آن از 0/1 میلی‌گرم در کیلوگرم تا حدود 1000 میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر است (کریمیان و غلامعلی‌زاده، 1998؛ سیلانیا، 1982؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).

به طور کلی منگنز به شکل یون دو ظرفیتی ( $Mn^{2+}$ )، جذب و به شکل کاتیون دو ظرفیتی در آوندهای جویبی از ریشه‌ها به اندام هوایی منتقل می‌شود. منگنز در درختان مرکبات در چندین فرآیند مهم مانند فتوسنتز و آزادسازی اکسیژن، فعال‌سازی و تنظیم فعالیت برخی آنزیم‌ها، تقسیم و بزرگ شدن سلول، متابولیسم قندها، پروتئین و نیتروژن شرکت دارد. منگنز برای واکنش هیل (تجزیه آب و تولید اکسیژن) در فتوسنتز، ضروری است بنابراین با کمبود منگنز، نخستین مرحله جابجایی الکترون در واکنش‌های نوری فتوسنتز، کاهش یافته یا متوقف می‌شود که می‌تواند بر فسفوریلاسیون نوری، احیای گاز کربنیک، احیای نیتريت و سولفات، تأثیر منفی داشته باشد. منگنز در درختان مرکبات غیرمتحرک است و علائم کمبود آن بیشتر در برگ‌ها و سرشاخه‌های جوان ظاهر می‌شود. همچنین با کمبود منگنز، تشکیل ریشه‌های جانبی در درختان مرکبات متوقف می‌شود و به خسارت‌های ناشی از یخبندان حساس‌تر می‌شوند (سریواستاوا و سینک، 2003؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).

علائم کمبود منگنز به صورت یک شبکه ریز از رگبرگ‌های سبز در یک زمینه سبز روشن‌تر می‌باشد. در کمبود خفیف‌تر منگنز، علائم به صورت نوارهای نامنظم

سبز تیره در طول رگبرگ میانی و رگبرگ‌های عرضی اصلی، با نواحی سبز روشن‌تر بین رگبرگ‌ها دیده می‌شود. با تشدید کمبود، چندین درجه بندی در رنگ، از سبز روشن تا بلوک‌های سبز مات یا سبز رنگ پریده مات، بین رگبرگ‌های عرضی اصلی، به وجود می‌آید. کمبود منگنز به صورت بلوک‌های سبز روشن غیر همسان بین رگبرگ‌های اصلی می‌باشد و در برخی مواقع، لکه‌های زرد روشن کوچک یا مایل به سفید نیز ظاهر می‌شوند که در کمبود روی دیده نمی‌شوند (پاپاداکیس 2007؛ سریواستاوا و سینک، 2003؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).

نقشه استان مازندران و اراضی تحت کشت کل محصولات آن در شکل یک نشان داد شده است. مطالعات شبکه‌ای خاک‌های تحت کشت استان مازندران نشان داد که اغلب خاک‌های مناطق رامسر، تنکابن، چالوس، نوشهر، نور، محمودآباد، فریدونکنار، بابل، قائمشهر، کیاکلا، بهنمیر، کوهی‌خیل، جویبار، آکند، تازه‌آباد، زردگاه، سنگ‌تراشان، اسلام‌آباد، نکا، مناطق شمالی و غربی زاغمرز، رستم‌کلا، بهشهر، علمدارمحله و گلوگاه دارای بیش از 15 میلی‌گرم در کیلوگرم منگنز قابل استفاده می‌باشند. اما مناطق اطراف کنالم و سادات محله، مناطق اطراف عباس‌آباد و تازه‌آباد، علمده، سلیاکتی، مناطق شمالی و شمال غربی چمستان، بیشتر مناطق آمل، مناطق غربی و شمال غربی مرانده، مناطق غربی بیشه‌کلا، مناطق اطراف امیرکلا، رودبست و کله‌بست، مناطق غربی و جنوب غربی بابل، مناطق محدودی از اطراف کیاکلا، برخی مناطق شمالی ساری، مناطق جنوبی آکند، مناطق شرقی زردگاه، بیشتر مناطق طوس‌کلا، مناطق جنوبی زاغمرز، مناطق غربی و جنوب غربی تازه‌آباد، برخی مناطق جنوبی رستم‌کلا دارای حدود 2 الی 10 میلی‌گرم در کیلوگرم منگنز قابل استفاده هستند (شکل 2).



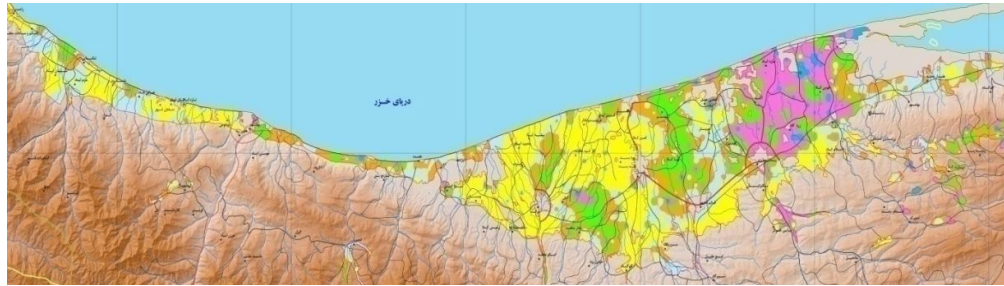
شکل 1- اراضی زراعی (مناطق سبز رنگ) و غیرزراعی (سفیدرنگ) شهرستان‌های مختلف استان مازندران



شکل 2- پراکنش منگنز قابل استفاده (استخراج شده با DTPA) در خاک‌های میانه و شرق استان مازندران. مناطق زرد رنگ، 1-0 میلی گرم در کیلوگرم؛ آبی کمرنگ، 2-1 میلی گرم در کیلوگرم؛ صورتی کمرنگ، 4-2 میلی گرم در کیلوگرم؛ سبز، 6-4 میلی گرم در کیلوگرم؛ آبی پررنگ، 10-6 میلی گرم در کیلوگرم؛ نارنجی، 15-10 میلی گرم در کیلوگرم و صورتی پررنگ بیش از 15 میلی گرم در کیلوگرم، منگنز قابل استفاده را نشان می‌دهند (طهرانی و همکاران، 1390)

رستم کلا، بهشهر، علمدارمحل و گلوگاه بین 10 تا 15 درصد کربنات کلسیم معادل دارند. بیشتر بخش‌های جنوبی آمل، نجارمحل، کیاکلا، بهنمیر، کوهی خیل و گلبرگ بین 10 تا 20 درصد کربنات کلسیم معادل دارند. اما بخش‌های عمده‌ای از ساری مانند آکند، زردگاه، تازه‌آباد ساری، طوس‌کلا و زاغمرز بین 20 تا 30 درصد کربنات کلسیم معادل دارند (شکل 3). همچنین مطالعات خاکشناسی باغ‌های مرکبات مناطق شرق مازندران نشان داده است که مقدار کربنات کلسیم خاک باغ‌های این منطقه از میانه به طرف شرق به تدریج افزایش می‌یابد به طوری که مقدار کربنات کلسیم خاک در آمل و بابل کمتر از یک درصد و در شرق ساری و نکا به بیشتر از 30 درصد می‌رسد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ طهرانی و همکاران، 1390).

بررسی‌های انجام شده و گزارش‌های خاکشناسی منطقه نشان می‌دهد که مقدار کربنات کلسیم معادل خاک‌های منطقه نیز از غرب به طرف شرق، به تدریج افزایش می‌یابد به طوری که بخش عمده خاک‌های مناطق رامسر، نشتارود، سلمان‌شهر، تنکابن، چالوس، محمودآباد، چمستان، فریدون‌کنار، کله‌بست بابل، امیرکلا، بخش‌هایی از جویبار، بخش‌های جنوبی قائمشهر، سنگ‌تراشان و اسلام‌آباد ساری کمتر از 5 درصد (0 تا 5 درصد) کربنات کلسیم معادل دارند. اما بخش عمده خاک‌های شرق کتالم، تنکابن، خرم‌آباد، عباس‌آباد، علمده، نور، ایزده، جنوب نکا، رستم‌کلا، بهشهر، علمدارمحل و گلوگاه بین 5 تا 10 درصد کربنات کلسیم معادل دارند. همچنین بخش‌هایی از نوشهر، علمده، نور و ایزده و بخش‌های محدودی از مناطق جنوب نکا،



شکل 3- پراکنش کربنات کلسیم در خاک‌های استان مازندران. مناطق با رنگ زرد، 5-0 درصد؛ آبی کم‌رنگ، 10-5 درصد؛ قهوه‌ای، 15-10 درصد؛ سبز، 20-15 درصد؛ صورتی، 30-20 درصد؛ آبی پررنگ، 50-30 درصد و خاکستری، بیش از 50 درصد کربنات کلسیم معادل را نشان می‌دهند (طهرانی و همکاران، 1390).

2) می‌باشند. همچنین بیشتر خاک‌های مناطق آمل، بابل، جویبار، کیاکلا، بهنمیر، قائم‌شهر، ساری، نکا و بهشهر دارای 1/5 تا 2 درصد ماده آلی هستند. اما در بخش‌هایی از کیاکلا و بهنمیر (به ویژه مناطق شمالی آنها)، همچنین بخش‌هایی از ساری (مانند تازه‌آباد و طوس‌کلا) و بخش‌هایی از نکا و زاغمرز، دارای مواد آلی کمتر از 1/5 درصد (بین 1 تا 1/5 درصد) می‌باشند (شکل 4).

مقدار ماده آلی خاک‌های منطقه نیز از غرب به طرف شرق، به تدریج کاهش می‌یابد به طوری که بخش عمده خاک‌های مناطق غرب و میانه مازندران (رامسر، تنکابن، نشتارود، چالوس، نوشهر، محمودآباد، فریدونکنار و بخش‌هایی از بابلسر) دارای 2 درصد و بیشتر ماده آلی هستند. در مقابل، بخش عمده خاک‌های عباس‌آباد و سلمان‌شهر دارای ماده آلی کمتر از 2 درصد (بین 1/5 تا



شکل 4- پراکنش ماده آلی در خاک‌های میانه و شرق استان مازندران. مناطق با رنگ زرد، 0/25 - 0 درصد؛ سبزروشن، 0/5 - 0/25 درصد؛ سبز، 0/75 - 0/5 درصد؛ قرمز، 1 - 0/75 درصد؛ صورتی، 2 - 1/5 درصد و بنفش بیش از 2 درصد ماده آلی را نشان می‌دهند (طهرانی و همکاران، 1390).

خاک‌های باتلاقی با آهک زیاد (مانند برخی خاک‌های مناطق میانه و شرق مازندران و همچنین خاک‌هایی که زمانی آب‌بندان بوده‌اند) و خاک‌های آهکی با مواد آلی زیاد و زهکشی ضعیف (بیشتر خاک‌های شرق مازندران) و خاک‌های شنی (مانند خاک‌های شنی سواحل دریای مازندران) مشاهده می‌شود (برگمن، 1992؛ مارشترن، 1995؛ کاباتا و پندیس، 2001؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). برخی گزارش‌ها، علائم کمبود منگنز را در باغ‌های مرکبات منطقه شرق مازندران به ویژه در سال‌های با بارندگی‌هایی زیاد و هوای سرد در اوایل بهار نشات داده‌اند (بی نام، 1353). خویی (1360) نیز کمبود منگنز را در باغ‌های مرکبات شرق مازندران گزارش کرد و با بررسی وضعیت تغذیه‌ای باغ‌های مرکبات شرق مازندران نشان داد که از بین عناصر کم مصرف،

اغلب گزارش‌ها نشان می‌دهند که درختان مرکبات به کمبود منگنز خیلی حساس هستند و کمبود منگنز در درختان مرکبات، یک ناهنجاری تغذیه‌ای خیلی معمول است که بر فیزیولوژی، آناتومی، رشد و عملکرد مرکبات در بیشتر مناطق جهان تأثیر دارد. بنابراین عواملی مانند آهک، مواد آلی، ریزبافت بودن خاک، مانداب و زهکشی ضعیف به میزان زیادی بر قابلیت استفاده منگنز تأثیر دارند. نتایج گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد که کمبود منگنز اغلب در خاک‌های با کربنات کلسیم و مواد آلی زیاد (مانند خاک‌های آهکی شرق مازندران)، خاک‌های کم عمق با مواد آلی زیاد در لایه سطحی و کربنات کلسیم زیاد در لایه‌های زیرین (مانند برخی خاک‌های مناطق جنگلی شرق مازندران در شیب تپه‌ها که تبدیل به باغ شده‌اند)، خاک‌های رسی و سیلتی رسوبی و همچنین

کمبود منگنز بیشترین فراوانی در باغ‌های مرکبات منطقه دارد.

به طور کلی با توجه به این که سطح کشت مرکبات در استان مازندران بیش از 120 هزار هکتار و تولید سالانه آن حدود سه میلیون تن است و حدود 87 هزار هکتار از آن به پرتقال تامسون ناول اختصاص داده شده است. بنابراین این رقم، نقش مهمی در صنعت مرکبات استان مازندران دارد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397). لذا وضعیت منگنز در این درختان، مدیریت مصرف سولفات منگنز متناسب با فنولوژی رشد و تأثیر آن در رفع کمبود و کیفیت میوه تامسون ناول مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی وضعیت منگنز در مرکبات منطقه و تأثیر مدیریت مصرف سولفات منگنز بر عملکرد و کیفیت میوه درختان تامسون ناول دو آزمایش مجزا انجام شد. آزمایش اول: به منظور بررسی وضعیت منگنز باغ‌های مرکبات در شرق مازندران، حدود 100 تا 150 باغ کاملاً بارده پرتقال تامسون ناول با پایه نارنج (با سن بیش از 15 سال) از مناطق عمده کشت مرکبات در شرق مازندران (بابل، قائم‌شهر، ساری و نکا، بهشهر و گلوگاه) انتخاب شد. نمونه‌های برگ از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون درختان هر باغ تهیه شد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393) و غلظت منگنز در آن‌ها اندازه‌گیری شد (امامی، 1375). سپس داده‌های هر منطقه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

آزمایش دوم: به منظور بررسی تأثیر سولفات منگنز بر غلظت منگنز برگ، عملکرد و کیفیت میوه مرکبات، آزمایشی در یک باغ بارده پرتقال تامسون ناول حدود 22 ساله با پایه نارنج در شرق مازندران انجام شد. ابتدا مراحل فنولوژی رشد درختان پرتقال تامسون ناول با پایه نارنج، با پایش مراحل رشد تعیین شد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397). قبل از انجام آزمایش، نمونه‌های خاک و برگ از درختان مطابق روش‌های استاندارد تهیه شد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393) و سپس برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بافت خاک، شوری، کربنات کلسیم معادل، pH، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس اندازه‌گیری شد (باشور و سایه، 2007). نمونه‌های برگ در اواخر مردادماه از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر درخت تهیه شد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393) و غلظت عناصر غذایی نیتروژن،

فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس در آن‌ها اندازه‌گیری شد (امامی، 1375). نتایج تجزیه خاک و برگ درختان قبل از انجام آزمایش، به ترتیب در جدول‌های یک و دو نشان داده شده است. 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: 1- شاهد اول (بدون مصرف سولفات منگنز): 2- شاهد دوم (بدون مصرف سولفات منگنز و با محلول‌پاشی اوره): 3- مصرف‌خاکی سولفات منگنز به مقدار 300 گرم به ازای هر درخت به صورت چالکود قبل از توسعه برگ‌ها (اسفند ماه): 4- مصرف سولفات منگنز به مقدار 300 گرم به ازای هر درخت به صورت کودآبیاری در مرحله اول رشد میوه (150 گرم پس از تشکیل میوه، 150 گرم قبل از شروع ریزش تابستانه): 5- مصرف سولفات منگنز به مقدار 300 گرم به ازای هر درخت در مرحله اول و دوم رشد میوه (150 گرم پس از تشکیل میوه، 75 گرم پس از شروع ریزش تابستانه و 75 گرم پس از شروع مرحله توسعه میوه‌ها): 6- محلول‌پاشی سولفات منگنز با غلظت دو در هزار در مرحله اول رشد میوه (پس از ریزش گلبرگ‌ها و تشکیل میوه‌ها): 7- محلول‌پاشی سولفات منگنز با غلظت دو در هزار در مرحله اول و دوم رشدی (پس از ریزش گلبرگ‌ها و تشکیل میوه‌ها و پس از شروع رشد فلش‌های دوم درختان) بودند. مقدار مصرف کودهای شیمیایی برای همه تیمارهای آزمایشی یکسان بود و با توجه به نتایج تجزیه خاک، برگ و همچنین پیش‌بینی عملکرد متوسط درختان تعیین شد (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396). تعداد درختان در هکتار حدود 500 اصله بود. نیتروژن به شکل اوره (133 کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، فسفر به شکل اسید فسفریک (35 کیلوگرم فسفر  $P_2O_5$ ) در هکتار، پتاسیم به شکل سولفات پتاسیم (110 کیلوگرم پتاس  $K_2O$ ) در هکتار، منیزیم به شکل سولفات منیزیم (40 کیلوگرم منیزیم  $MgO$ ) در هکتار) مصرف شد. زمان مصرف کودهای شیمیایی متناسب با فنولوژی رشد بود، به طوری که در مورد زمان مصرف نیتروژن، 15 درصد قبل از گلدهی، 30 درصد پس از تشکیل میوه، 20 درصد از شروع تا پایان ریزش فیزیولوژیک میوه، 20 درصد در زمان توسعه میوه و 15 درصد پس از برداشت مصرف شد. کود فسفر، 15 درصد در گلدهی، 30 درصد پس از تشکیل میوه، 20 درصد از شروع تا پایان ریزش فیزیولوژیک میوه، 30 درصد در زمان توسعه میوه و 5 درصد پس از برداشت مصرف شد. کود پتاسیم، 20 درصد

فیزیولوژیک میوه، 45 درصد در توسعه میوه و 15 درصد استفاده در دامنه خیلی زیاد قرار دارند. غلظت نیتروژن، فسفر، کلسیم، آهن، روی، مس و بور برگ در دامنه کفایت و غلظت منگنز در دامنه کمبود قرار داشت (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396 و اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). جدول راهنمای تفسیر نتایج تجزیه خاک و برگ برای منگنز در جدول‌های سه و چهار آمده است. در جدول پنج نیز مراحل کلیدی فنولوژی درختان پرتقال تامسون ناول در شرق مازندران جهت مدیریت مصرف کود متناسب با این مراحل آورده شده است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397).

مناطق عمده کشت مرکبات در شرق مازندران و سطح زیر کشت آنها در جدول شش آورده شده است. نتایج نمونه‌برداری حدود 101 الی 157 باغ از هر منطقه نشان داد که از باغ‌های منطقه بابل غلظت منگنز برگ حدود 21/5 درصد، قائم شهر و جویبار 30/1 درصد، ساری و نکا 65/6 درصد و بهشهر و گلوگاه 26/8 درصد در منطقه کم قرار داشتند که نشان می‌دهد باغ‌های منطقه ساری و نکا، قائم شهر و جویبار، بهشهر و گلوگاه و بابل به ترتیب دارای بیشترین محدودیت منگنز هستند. این نتایج با نتایج مطالعات طهرانی و همکاران (1390) و گزارش‌های اسدی کنگرشاهی و همکاران (1381) مطابقت دارد. همچنین با توجه به این که روند تغییرات آهک در خاک از غرب به شرق افزایش می‌یابد به طوری که در خاک‌های منطقه بابل کمتر از 5 درصد، در خاک‌های منطقه قائم‌شهر و جویبار حدود 10 تا 15 درصد، خاک‌های مناطق ساری و نکا به بیشتر از 20 تا 40 درصد افزایش می‌یابد از طرفی، اغلب خاک‌های منطقه بهشهر و گلوگاه، آهک کمتری از خاک‌های ساری و نکا دارند (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1394). براساس این روند تغییرات آهک از غرب به شرق مازندران و همچنین نتایج پژوهش‌های مختلف، خاک‌های دارای آهک و ماده آلی زیاد و زهکش ضعیف (اغلب خاک‌های منطقه ساری و نکا)، خاک‌های رسی و سیلتی رسوبی، خاک‌های کم عمق با مواد آلی زیاد که بالای خاک‌های آهکی قرار دارند (مانند برخی خاک‌های دامنه‌های شمالی قائم‌شهر، ساری و نکا) مستعد کمبود منگنز هستند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ سرواستاوا و سینک، 2002 و 2003؛ چینچمالتپور، 2002).

پس از تشکیل میوه، 20 درصد از شروع تا پایان ریزش پس از برداشت میوه مصرف شد. زمان مصرف منیزیم نیز مشابه زمان مصرف پتاسیم بود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393، جلد دوم). در طول فصل رشد عملیات زراعی مانند سمپاشی، آبیاری، دفع علف‌های هرز و غیره به طور یکسان اعمال گردید. محلول‌پاشی سولفات منگنز با غلظت دو در هزار انجام شد و به منظور افزایش نفوذ منگنز و کاهش احتمال خسارت و ایجاد لکه در سطح برگ‌ها و میوه‌چپه‌ها، دو در هزار اوره و نیم در هزار مویان محلول‌پاشی نیز به آن افزوده شد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ ال - فائولی، 1990). 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 اواخر مرداد ماه از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر درخت تهیه شد (چپمن، 1968؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). برای اندازه‌گیری منگنز، ابتدا نمونه‌های برگ خشک شده را در 450 درجه سانتی‌گراد در کوره الکتریکی سوزانده (روش خشک سوزانی) و سپس غلظت آن مطابق روش‌های معمول در موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد (امامی، 1375). همچنین برخی ویژگی‌های کیفی میوه مانند مواد جامد محلول با رفرنس‌متر دستی (کیمبال، 1991)، ویتامین‌ثبه روش تیتراسیون با 2 و 6- دی کلروفنول اندوفنول (لادانیا، 2008) و اسیدیته کل به روش تیتراسیون با سود یکدهم نرمال (کیمبال، 1991) اندازه‌گیری شد. به طور کلی عملکرد متوسط، اندازه میوه، وزن میوه، غلظت منگنز در برگ، ریشه و میوه، غلظت نیتروژن در برگ و میوه، مواد جامد محلول، اسیدیته کل و ویتامین‌ث به عنوان پاسخ‌های گیاهی در نظر گرفته شد. کلیه داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS و همچنین آزمون F مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح 5 درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک و برگ درختان قبل از انجام آزمایش (جدول‌های 1 و 2) نشان داد که مقدار فسفر و پتاسیم قابل استفاده در خاک در دامنه کفایت، منیزیم قابل استفاده در دامنه کم، عناصر آهن، منگنز، روی و مس قابل

جدول 1- برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک محل انجام آزمایش (قبل از اجرای آزمایش)

توسعه میوه			فنولوژی رشد					پرتقال تامسون ناول					
Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	K	P	O.M	T.N.V	CEC	pH	EC	عمق	
میلی گرم در کیلوگرم در خاک			میلی گرم در کیلوگرم در خاک					(%)	(%)	(cmole/kg)		(dS/m)	(cm)
2/31	6/7	2/8	6/7	575	235	16	1/12	33	22/30	7/65	0/97	0-30	
1/08	6/6	1/6	7/2	546	224	9	1/27	38	24/15	7/82	1/12	31-60	

جدول 2- نتایج تجزیه برگ قبل از اجرای آزمایش

B	Cu	Mn	Zn	Fe	Ca	Mg	K	P	N	غلظت در برگ
میکروگرم در گرم وزن خشک برگ					درصد بر اساس وزن خشک برگ					نمونه
49	14/46	13/82	26/13	246	3/96	0/37	1/11	0/13	2/46	

جدول 3- راهنمای تفسیر نتایج آزمون خاک برای درختان مرکبات در خاک‌های آهکی (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	عنصر غذایی (روش استخراج)
میلی گرم در کیلوگرم					منگنز (DTPA)
> 5	3 - 5	2/5 - 3	1 - 2/5	< 1	

جدول 4- راهنمای تفسیر نتایج آزمون برگ درختان تامسون ناول از برگ‌های 4 الی 7 ماهه از شاخه‌های انتهایی بدون میوه (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)

غلظت عناصر غذایی (میلی گرم در کیلوگرم)					عنصر غذایی
خیلی زیاد	زیاد	مناسب	کم	کمبود	منگنز
>500	50-300	25-49	18-24	<17	

جدول 5- مراحل فنولوژی رشد پرتقال تامسون ناول در شرق مازندران (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397)

پرتقال تامسون ناول	فنولوژی رشد	توسعه میوه
پرتقال تامسون ناول	فنولوژی رشد	
25 اسفند تا 15 فروردین ماه	شروع فلش بهاره	
30 - 20 فروردین ماه	شروع گلدهی	
15 - 10 اردیبهشت ماه	تمام گل	
25 - 15 اردیبهشت ماه	ریزش گلبرگ‌ها	مرحله اول
30 - 15 اردیبهشت ماه	پایان فلش بهاره	
15 - 5 خرداد ماه	شروع ریزش تابستانه	
25 خرداد تا 10 تیرماه	پایان ریزش تابستانه	
15 - 5 تیرماه	شروع انبساط سلولی	
20 - 10 شهریور	شروع فلش پاییزه	
30 - 20 شهریور ماه	شروع تغییر رنگ میوه	مرحله دوم
20 - 5 آبان ماه	بلوغ فیزیولوژی میوه	
30 - 25 آبان ماه	پایان فلش پاییزه	
20 - 10 آذرماه	رسیدن میوه	مرحله سوم

عملکرد، قطر و وزن میوه شد اما بین تیمارهای کودآبیاری و محلول‌پاشی سولفات منگنز در مراحل مختلف فنولوژی درختان، از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج تأثیر تیمارهای مختلف مصرف سولفات منگنز بر برخی ویژگی‌های کیفی عصاره میوه نشان داد که درصد

نتایج تأثیر تیمارهای مختلف سولفات منگنز بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه (جدول 7) نشان داد که مصرف خاکی سولفات منگنز قبل از توسعه برگ‌ها تأثیری در عملکرد و ویژگی‌های کیفی میوه ندارد اما مصرف آن به شکل کودآبیاری و محلول‌پاشی موجب افزایش

مواد جامد محلول، ویتامین ث و اسیدپتیک کل عصاره تحت تأثیر تیمارهای مختلف مصرف سولفات منگنز متناسب با فنولوژی رشد قرار نگرفت (جدول 8). اما غلظت منگنز

در برگ، میوه و ریشه درختان تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول 9).

جدول 6- توزیع فراوانی (درصد) غلظت منگنز در برگ درختان تامسون ناول در مناطق شرق استان مازندران

منطقه	سطح زیر کشت مرکبات (هکتار)	تعداد باغ‌های نمونه- برداري شده	غلظت منگنز (میلی گرم در کیلوگرم)	
			کم < 25	مناسب 25 - 50
بابل	19934	150	21/50	28/50
قائم‌شهر و جویبار	15811	154	30/10	42/40
ساری و نکا	31564	157	65/60	25/90
بهشهر و گلوگاه	5204	101	26/80	44/80

از بین تیمارهای مختلف مصرف سولفات منگنز، مصرف خاکی آن در اوایل فصل رشد، تأثیری بر غلظت منگنز برگ، میوه و ریشه نداشت اما سایر تیمارهای مصرف سولفات منگنز به صورت کودآبیاری و محلول-پاشی موجب افزایش غلظت منگنز برگ و میوه شدند. بیشترین غلظت منگنز برگ از تیمار محلول‌پاشی سولفات منگنز در مرحله اول و دوم رشد میوه حاصل شد به طوری که غلظت منگنز برگ از 14/88 میلی‌گرم به 31/89 میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش یافت. نتایج تأثیر تیمارهای مختلف سولفات منگنز بر غلظت منگنز در ریشه نشان داد که مصرف خاکی سولفات منگنز در اوایل فصل رشد و همچنین محلول‌پاشی سولفات منگنز در مراحل اول و دوم رشد میوه، تأثیر معنی‌داری بر غلظت منگنز ریشه نداشتند اما تیمارهای کودآبیاری موجب افزایش معنی‌داری در غلظت منگنز ریشه نسبت به شاهد شدند. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین غلظت منگنز ریشه درختان پرتقال تامسون ناول با پایه نارنج حدود 3/5 برابر میانگین غلظت برگ و حدود 18 برابر میانگین غلظت آن در میوه است.

نتایج گزارش‌های مختلف نشان داده است که افزودن یک تا دو در هزار اوره به تانک کود در محلول-پاشی‌ها، موجب افزایش نفوذ عناصر غذایی و همچنین کاهش احتمال خسارت در برگ و میوه خواهد شد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ ال-فانولی، 1990). در این آزمایش به تانک کود محلول‌پاشی سولفات منگنز، 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 محلول-پاشی با آب خالص و مویان انجام شد)، غلظت نیتروژن

در برگ و میوه همه تیمارهای آزمایشی اندازه‌گیری شد و نتایج نشان داد که افزودن اوره با غلظت دو در هزار به تانک کود تأثیر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن برگ و میوه نسبت به شاهد نداشت (جدول 9).

نتایج بررسی وضعیت منگنز در باغ‌های مرکبات در این آزمایش با نتایج پژوهش‌های اسدی و همکاران (1381)، اسدی و محمودی (1379)، خوبی (1360) و بی نام (1353) مطابقت دارد که گزارش کردند اغلب مرکبات منطقه شرق مازندران کمبود پنهان و آشکار منگنز دارند. نتایج پژوهش‌های اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (1396) با درختان نارنگی انشو نشان داد که با وجود این که مقدار منگنز قابل استفاده در همه خاک‌های آزمایشی بیش از حد مطلوب بود اما غلظت منگنز در برگ اغلب درختان کمتر از حد بهینه بود، این شرایط در مطالعات میدانی در خاک‌های تحت کشت مرکبات در شرق مازندران نیز گزارش شده است (طهرانی و همکاران، 1390؛ اسدی و اخلاقی، 1393). همچنین نتایج این آزمایش با نتایج گزارش‌های اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (1396) مطابقت دارد که اظهار داشتند میانگین غلظت منگنز در ریشه نانگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیتروملو در خاک‌های مختلف حدود 3/2 برابر غلظت آن در برگ است. برخی گزارش‌ها (سریواستاوا و سینک، 2002؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393) نشان داده است که کمبود منگنز اغلب در خاک‌های کم عمق با مواد آلی زیاد که بالای خاک‌های آهکی قرار دارند (مانند برخی خاک‌های مناطق جنگلی شرق مازندران در شیب تپه‌ها که تبدیل به باغ شده‌اند). خاک‌های رسی و سیلنتی رسوبی و همچنین خاک‌های باتلاقی با آهک زیاد (مانند برخی خاک‌های مناطق میانه و شرق مازندران و همچنین خاک‌هایی که زمانی آب‌بندان بوده‌اند) و



بیش از حد کفایت است. ولی در مقابل، غلظت منگنز در برگ اکثر این باغ‌ها کمتر از حد کفایت می‌باشد و علائم کمبود آن در اکثر باغ‌ها به وضوح مشاهده می‌شود.

خاک‌های آهکی با مواد آلی زیاد و زهکشی ضعیف (بیشتر خاک‌های شرق مازندران) مشاهده می‌شود. نتایج مطالعات شبکه‌ای خاک‌های مازندران نیز نشان می‌دهد مقدار منگنز قابل استفاده، در خاک بیشتر باغ‌های مرکبات

جدول 7- تأثیر مصرف سولفات منگنز بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه

وزن میوه (گرم)	ضخامت پوست (میلی‌متر)	قطر میوه (میلی‌متر)	عملکرد (تن در هکتار)	تیمار
293/31 b	2/91a	78/78 b	33/86 b	شاهد اول (بدون محلول پاشی)
293/24 b	2/87a	78/92 b	34/12 b	شاهد دوم (محلول پاشی اوره)
298/06b	2/89a	79/69b	34/09b	مصرف خاکی سولفات منگنز
308/74 a	2/81a	82/73 a	35/21 a	کود آبیاری سولفات منگنز در مرحله اول رشد میوه
309/85 b	2/85a	84/47a	35/87a	کود آبیاری سولفات منگنز در مرحله اول و دوم رشد میوه
308/34 a	2/96a	82/63 a	35/17 a	محلول پاشی سولفات منگنز در مرحله اول رشد میوه
311/13a	2/85a	84/34a	35/82a	محلول پاشی سولفات منگنز در مرحله اول و مرحله دوم رشد میوه

جدول 8- تأثیر مصرف سولفات منگنز بر برخی ویژگی‌های کیفی عصاره میوه

اسیدیتته کل (mg/100ml)	ویتامین ث (mg/100ml)	مواد جامد محلول (درصد)	pH	تیمار
1/27 a	78/37a	9/87b	3/28a	شاهد اول (بدون محلول پاشی)
1/32 a	77/85a	9/66b	3/25a	شاهد دوم (بدون محلول پاشی)
1/31 a	74/96 a	9/53b	3/26a	مصرف خاکی سولفات منگنز
1/28 a	78/36a	10/28 a	3/31 a	کود آبیاری سولفات منگنز در مرحله اول رشد میوه
1/37 a	75/95a	10/41 a	3/29a	کود آبیاری سولفات منگنز در مرحله اول و دوم رشد میوه
1/29 a	79/06a	10/38 a	3/28a	محلول پاشی سولفات منگنز در مرحله اول رشد میوه
1/31 a	80/02 a	10/44 a	3/29a	محلول پاشی سولفات منگنز در مرحله اول و دوم رشد میوه

جدول 9- تأثیر مصرف سولفات سولفات منگنز بر غلظت منگنز برگ، میوه و ریشه و نیتروژن برگ و میوه

تیمار	منگنز برگ	منگنز میوه	منگنز ریشه	نیتروژن برگ	نیتروژن میوه
	(میلی گرم بر کیلوگرم)	(میلی گرم بر کیلوگرم)	(درصد)		
شاهد اول (بدون محلول پاشی)	14/88 c	3/67 b	65/76 b	2/57 a	0/87 a
شاهد دوم (محلول پاشی اوهر)	14/65 c	3/56 b	68/74 b	2/61 a	0/82 a
مصرف خاکی سولفات منگنز	14/76 c	3/74 b	69/38b	2/56 a	0/81 a
کود آبیاری سولفات منگنز در مرحله اول رشد میوه	23/36 b	4/47 a	88/63 a	2/65 a	0/85 a
کود آبیاری سولفات منگنز در مرحله اول و دوم رشد میوه	28/49 ab	5/53 a	102/67 a	2/67 a	0/87 a
محلول پاشی سولفات منگنز در مرحله اول رشد میوه	26/65 ab	4/49 a	71/53b	2/67 a	0/88 a
محلول پاشی سولفات منگنز در مرحله اول و دوم رشد میوه	31/89 a	4/56 a	74/68 b	2/62 a	0/85 a

کلات منگنز است. نتایج مشابهی هم در مورد درختان سیب گزارش شده است (تالهیمر و پائولی، 2002).

نتایج این پژوهش نشان داد که یک بار محلولپاشی سولفات منگنز در مرحله اول رشد میوه، غلظت منگنز را از 14/88 میلی گرم در کیلوگرم به 26/65 میلی گرم بر کیلوگرم افزایش داد و موجب رفع علائم کمبود منگنز در فلش های رشدی پاییزه و فلش های رشدی بهار شد و فلش های رشدی پاییزه علائم کمبود منگنز داشتند اما تیماری که در آن محلول-پاشی سولفات منگنز در مرحله دوم رشد نیز انجام شد فلش های پاییزی علائم کمبود منگنز نداشتند. این نتایج با نتایج گزارش های پاپاداکیس و همکاران (2007 . 2008) مطابقت دارد که گزارش کردند که اگر غلظت منگنز در برگ درختان واشنگتن ناول بارده با پایه تارنج معادل یا بیشتر از 15 میلی گرم در کیلوگرم باشد یک بار محلول-پاشی سولفات منگنز کفایت می کند اما اگر غلظت منگنز کمتر از 14 میلی گرم در کیلوگرم باشد علاوه بر محلول پاشی اول، یک محلول پاشی در شروع رشد فلش های تابستانه نیاز است. آزمایش های گلخانه ای با دو ژنوتیپ از درختان مرکبات نشان داد که پس از محلول پاشی منگنز، بخشی از منگنز جذب شده می تواند از شوت های محلول پاشی شده به فلش های رشدی جدید انتقال یابد (پاپاداکیس و همکاران، 2007). نتایج مشابهی هم در مورد درختان پرتقال ناولیت گزارش شده است (پاپاداکیس، 2007).

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف خاکی منگنز تأثیری بر غلظت منگنز برگ نداشت این نتایج با گزارش های لئونارد (1969)، سریویستاوا و سینگ (2002 و 2003) و پاپاداکیس (2007) مطابقت دارد

همچنین اسدی کنگرشاهی و محمودی (1379) گزارش کردند که غلظت منگنز در برگ حدود 60 درصد باغ های مرکبات منطقه شرق مازندران در دامنه کمبود قرار دارد و آن را به عنوان یکی از عوامل محدود کننده تولید در منطقه ذکر کردند. نتایج گزارش های متعدد نشان می-دهد که درختان مرکبات به کمبود منگنز خیلی حساس هستند و کمبود منگنز بر فیزیولوژی، آناتومی، رشد و عملکرد مرکبات تأثیر دارد (برگمن، 1992؛ مارشور، 1995؛ کاباتا و پندیاس، 2001 و اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). درختان در شرایط کمبود منگنز عملکرد فتوسنتزی کمتر دارند که عمدتاً به علت اختلال در فعالیت دستگاه نوری II، حساسیت به بازدارندگی نوری فتوسنتز، کاهش در اندازه کلروپلاست و به علاوه تعداد آنها در واحد سطح برگ، انبساط غشای تیلاکوئیدها (کمبود متوسط) یا خسارت ساختاری در غشای خارجی و تیلاکوئیدهای کلروپلاست (کمبود شدید)، کاهش در رشد درختان، کاهش عملکرد درختان و رنگ ضعیف میوه ها می باشد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ پاپاداکیس، 2004).

نتایج این پژوهش با گزارش های برگمن (1992) و پاپاداکیس و همکاران (2005) مطابقت دارد که گزارش کردند مؤثرترین روش برای جلوگیری یا تصحیح کمبود منگنز، محلول پاشی سولفات منگنز یا کلات منگنز است و درختان مرکبات دارای کمبود منگنز که با 800 تا 1200 میلی گرم منگنز در لیتر به شکل سولفات منگنز یا کلات منگنز محلول پاشی شدند کمبود منگنز رفع شد و همچنین گزارش کردند محلول پاشی سولفات منگنز مؤثرتر از

برگ‌های محلول‌پاشی شده به برگ‌های جدیدتر در فلش-های بعدی رشد انتقال می‌یابد. اما درختانی که دو بار در سال محلول‌پاشی شدند منگنز کافی برای فلش‌های دوم رشدی را نیز فراهم کردند و کلروز منگنز در این فلش‌ها حذف یا به شدت کاهش یافت. همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که درختانی که دوبار محلول‌پاشی شدند غلظت منگنز در برگ‌هایشان بیشتر از درختان یک بار محلول‌پاشی شده است.

### نتیجه‌گیری

1. بر اساس نتایج این آزمایش، مصرف سولفات منگنز به صورت چالکود قبل از توسعه برگ‌ها تأثیر معنی‌داری بر غلظت منگنز ریشه، برگ، میوه و همچنین عملکرد درختان ندارد بنابراین مصرف خاکی آن در اسفندماه توصیه نمی‌شود.
2. مصرف سولفات منگنز به صورت محلول‌پاشی و کودآبیاری موجب افزایش معنی‌داری در غلظت منگنز برگ، میوه و همچنین عملکرد میوه نسبت به شاهد شد.
3. باغ‌های که علائم خفیف کمبود منگنز دارند یا احتمال کمبود منگنز دارند مصرف سولفات منگنز به صورت کودآبیاری یا محلول‌پاشی پس از ریزش گلبرگ‌ها در مرحله اول رشد میوه توصیه می‌شود.
4. باغ‌های که علائم شدید کلروز منگنز دارند نیاز به دو بار کودآبیاری یا محلول‌پاشی سولفات منگنز دارند مرحله اول پس از ریزش گلبرگ‌ها در مرحله اول رشد میوه و مرحله دوم در تابستان در مرحله دوم رشد میوه قبل از شروع رشد فلش‌های پاییزی.

که اظهار داشتند مصرف خاکی سولفات منگنز، تأثیر معنی‌داری در غلظت منگنز برگ‌ها، میانگین عملکرد و کیفیت میوه ندارد آن‌ها علت عدم تأثیر را تبدیل منگنز دو ظرفیتی در خاک به منگنز چهار ظرفیتی و رسوب آن به شکل اکسید بیان کردند. به طور کلی کمبود منگنز در مرکبات کشت شده در خاک‌های آهکی شدیدتر از کمبود آن در خاک‌های با آهک کم و یا خاک‌های اسیدی است. در بسیاری از باغ‌های مرکبات در خاک‌های اسیدی یا خاک‌های با آهک کم، علائم کمبود منگنز موقتی است و معمولاً در برگ‌های فلش‌های رشدی اوایل فصل ظاهر می‌شود و به تدریج بدون اعمال تیمار مصرف منگنز رفع می‌شود. اما کمبود پایدار منگنز در باغ‌های با خاک‌های اسیدی و خاک‌های با آهک کم نیز نیاز به مصرف منگنز برای رفع علائم کمبود دارد و نتایج این گزارش‌ها نشان داده است که در باغ‌های دارای علائم کمبود منگنز موقتی (کمبود ضعیف و متوسط منگنز)، میانگین عملکرد و کیفیت میوه مرکبات تحت تأثیر تیمارهای مصرف خاکی و محلول‌پاشی سولفات منگنز قرار نگرفت. همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف خاکی سولفات منگنز قبل از توسعه برگ‌ها تأثیری در غلظت منگنز برگ، عملکرد و کیفیت میوه نداشت اما مصرف آن به صورت کودآبیاری یا محلول‌پاشی به ویژه در تیمارهای که دو بار در سال محلول‌پاشی منگنز شدند علائم کمبود فلش‌های رشدی بهار کاملاً رفع شد یا کلروز منگنز بسیار کمی نشان دادند اما درختانی که یک بار در سال پس از ریزش گلبرگ‌ها (مرحله اول رشد میوه) محلول‌پاشی شدند علائم کلروز در برگ‌های فلش‌های پاییزی مشاهده شد. علت آن این است که منگنز ظاهراً به طور ضعیف از

### فهرست منابع:

1. اسدی کنگرشاهی، علی و نگین. اخلاقی امیری. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، جلد اول. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
2. اسدی کنگرشاهی، علی و نگین. اخلاقی امیری. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، جلد دوم. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
3. اسدی کنگرشاهی، علی و مجتبی محمودی. 1379. ضرورت مصرف عناصر روی و منگنز در باغ‌های مرکبات شرق مازندران. نشریه خاک و آب، جلد 12 شماره 8. موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.
4. اسدی کنگرشاهی، علی و نگین اخلاقی امیری. 1396. روند رشد، پاسخ‌های تغذیه‌ای (عناصر کم مصرف) و درجه زردی نارنگی انشو با پایه سوینگل سیتروملو در خاک‌های آهکی شرق مازندران. نشریه پژوهش‌های خاک، جلد 32، شماره 1، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

5. اسدی کنگرشاهی، علی و نگین اخلاقی امیری. 1397. روند تغییرات غلظت کلسیم در پوست میوه و تأثیر محلولپاشی نیترات کلسیم بر عملکرد و کیفیت پرتقال تامسون ناول. نشریه پژوهش‌های خاک، جلد 31، شماره 2، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
6. اسدی کنگرشاهی، علی، نگین اخلاقی امیری، مجتبی محمودی و محمد جعفر ملکوتی. 1381. شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در مرکبات مازندران (محدودیت‌ها و توصیه‌ها) قسمت اول - عناصر پر مصرف و میان مصرف. نشریه فنی شماره 269. نشر آموزش کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.
7. اسدی کنگرشاهی، علی، نگین اخلاقی امیری و محمود سمر. 1394. شاخص درجه زردی و آهن فعال برای ارزیابی تحمل برخی پایه‌های مرکبات به آهک خاک. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، کرج، ایران.
8. امامی، عاکفه. 1375. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه شماره 982، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
9. بی نام. 1353. گزارش‌های پژوهشی اداره حاصلخیزی و خاکشناسی مازندران. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
10. خویی، سلطنت. 1360. بررسی وضعیت تغذیه گیاهی مرکبات شرق مازندران. نشریه شماره 648، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
11. طهرانی، محمد مهدی، محمد پسندیده و محمد حسین داودی. 1390. تعیین پراکنش و توصیه عناصر کم مصرف در اراضی تحت کشت آبی استان‌های گیلان، مازندران، همدان، کرمانشاه، آذربایجان غربی و اصفهان. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. نشریه شماره 1618. 30 صفحه. ایران.
12. Bashour, I. and A.A. Sayegh. 2007. Methods of Analysis for Soils of Arid and Semi-Arid Regions. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. P. 49-53.
13. Bergmann, W. 1992. Nutritional disorders of plants: Development, visual and analytical diagnosis. Gustav Fischer, NY.
14. Chapman, H.D. 1968. The mineral nutrition of citrus. P. 127-233. In: W. Reuther, L.D. Batchelor and H.J. Webber (eds.), The citrus industry. Vol. II. Univ. California, Berkeley.
15. Kabata-Pendias, A. and H. Pendias. 2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press LLC, Florida.
16. Kimball, D.A. 1991. Citrus Processing: quality control and technology. Springer Science, New York.
17. Ladaniya, M. 2008. Citrus fruit: biology, technology and evaluation. Academic Press, Elsevier INC, USA.
18. Papadakis, I.E., K.N. Dimassi, and I.N. Therios. 2003. Response of two citrus genotypes to six boron concentrations: concentration and distribution of nutrients, total absorption, and nutrient use efficiency. Australian Journal of Agricultural Research 54: 571-580.
19. Papadakis, I.E. 2004: The response of citrus plants to manganese. PhD thesis (In Greek; Abstract in English), School of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki, Greece.
20. Papadakis, I E., E. Protopapadakis, I.N. Therios, and V. Tsirakoglou. 2005. Foliar treatment of Mn deficient 'Washington navel' orange trees with two Mn sources. Scientia Horticulturae 106: 70-75.

21. Karimian, N.A. and A. Gholamalizadeh. 1998. Manganese retention by selected calcareous soils as related to soil properties. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29: 1061-1070.
22. Papadakis, I.E., T.E. Sotiropoulos and I.N. Therios. 2007. Mobility of iron and manganese within two citrus genotypes after foliar application of iron sulfate and manganese sulfate. *J. Plant Nutr.* 30, 1385–1396.
23. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.
24. Sillanpaa, M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: A global study. *FAO. Soils Bulletin, No.48. Rome, Italy.* P. 5-16.
25. Srivastava, A.K. and S. Singh. 2002. *Citrus: Climate and Soil.* International Book Distributing Company, IBDC. Lucknow, U.P., India.
26. Srivastava, A.K. and S. Singh. 2009. Citrus decline: Soil fertility and plant nutrition. *Journal of Plant Nutrition.* 32: 197-245.
27. Srivastava, A.K. and S. Singh. 2003. Citrus nutrition. International Book Distributing Co. (IBDC). India.
28. Thalheimer, M. and N. Paoli. 2002: Foliar absorption of Mn and Mg: effects of product formulation, period of application and mutual interaction of apple. *Acta Hort.* 594, 157–164.

## Study of Manganese Status and Management According to Growth Stages and Its Effect on the Yield and Quality of Citrus in East of Mazandaran

A. Asadi Kangarshahi<sup>1</sup>

Assistant Professors of Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran; E-mail: kangarshahi@gmail.com

Received: January, 2019 and Accepted: July, 2018

### Abstract

To study manganese (Mn) status and its effect on fruit yield and quality of Thomson navel oranges, two separate experiments were carried out in East of Mazandaran Province, Iran. The first experiment was conducted in citrus orchards of the region, and the second was conducted in an orchard of Thomson navel on sour orange rootstock, using a randomized complete block design with seven treatments and four replications. Treatments included: 1) First control (without manganese); 2) Second control (without manganese and with urea spray), 3) 300 g manganese sulfate per tree as soil application, before leaf development, 4) 300 g manganese sulfate per tree as fertigation, in the first stage of fruit growth, 5) 300 g manganese sulfate per tree as fertigation, in the first and second stages of fruit growth, 6) Manganese sulfate spraying in the first stage of fruit growth, and 7) Manganese sulfate spraying in the first and second stages of growth. The results showed that the orchards of Sari and Neka had the most deficiency symptoms. The results of the second experiment showed that soil application before leaf development had no effect on yield, fruit quality, Mn concentration in leaf, fruit and root, but its application as fertigation and spraying increased fruit yield, diameter, and weight, leaf and fruit manganese concentration. The highest leaf Mn concentration was obtained from the first and second stage of fruit growth treatment. Fertigation treatment significantly increased the root Mn concentration compared to the control. In general, according to the results of this experiment, for orchards with a history of mild manganese deficiency or probable manganese deficiency, application of manganese sulfate as fertigation or spray after the fall of petals in the first stage of fruit growth is recommended. However, for orchards that have severe symptoms of manganese chlorosis, two foliar applications or fertigations with manganese sulfate, after petal fall and second stage of the fruit growth, before the growth of the fall flash, is recommended.

**Keywords:** Fertigation, Foliar application, Manganese sulfate, Phenology, Soil application, Thomson navel.

<sup>1</sup> Corresponding author: Sari, Mazandaran Agriculture and Nutral Resources Research and Eduction Center, Soil and Water Department.