

## روند رشد، واکنش تغذیه‌ای و درجه زرد برگی نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیتروملو در برخی خاک‌های آهکی مازندران

علی اسدی کنگرشاهی<sup>1</sup> و نگین اخلاقی امیری

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مازندران، ایران؛ kangarshahi@gmail.com

استادیار بخش علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مازندران، ایران؛ neginakhlghi@yahoo.com

دریافت: 95/6/23 و پذیرش: 96/3/3

### چکیده

در این پژوهش واکنش تغذیه‌ای نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیتروملو به خاک‌های آهکی شرق مازندران بررسی شد. آزمایش‌های گلدانی به مدت دو سال در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت خاک دارای مقادیر متفاوت کربنات کلسیم معادل از 2% تا 45 درصد در 4 تکرار جمعاً با 28 گلدان انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین وزن خشک اندام هوایی از خاک جنوب ساری با مقدار آهک کل 14 درصد، آهک فعال 5 درصد حاصل شد و در خاک‌های با آهک بیشتر، میانگین وزن خشک اندام هوایی به شدت کاهش یافت. بیشترین درجه زردی برگ از خاک‌های غرب نکا و شرق ساری با آهک فعال 14 و 16 درصد و آهک کل 30 و 45 درصد به دست آمد و کمترین درجه زردی از خاک‌های بدون آهک فعال و آهک فعال 3 درصد و آهک کل 2 و 9 درصد حاصل شد. در خاک‌های با آهک 2 درصد (جنوب بابل) و 9 درصد (غرب قائمشهر)، بیشترین غلظت آهن کل در ریشه و کمترین علائم زردی برگ وجود داشت. میانگین غلظت آهن کل در ریشه‌ها حدود 7/5 برابر میانگین غلظت آن در برگ‌ها بود که تجمع و رسوب آهن در ریشه‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به این که مقدار منگنز قابل استفاده برای درختان مرکبات در بیشتر خاک‌ها بیش از حد مطلوب ( $2/5\text{mgkg}^{-1}$ ) بود اما میانگین غلظت منگنز برگ در بیشتر خاک‌ها کمتر از حد کفایت ( $>25\text{mgkg}^{-1}$ ) بود به طور کلی میانگین غلظت منگنز در ریشه حدود 3/2 برابر میانگین غلظت آن در برگ بود. در مقابل، با توجه به این که مقدار روی قابل استفاده برخی خاک‌ها کمتر از حد مطلوب بود اما در بیشتر آن‌ها، غلظت روی برگ‌ها در حد کفایت نشان می‌داد. همچنین از بین عناصر کم مصرف مورد بررسی، با توجه به شدت کمبود منگنز و راندمان پایین انتقال آن از ریشه به برگ، محدود کننده‌ترین عنصر برای این پایه و پیوندک بود. به طور کلی با توجه به نتایج این پژوهش، توصیه می‌شود در خاک‌های با آهک کل بیشتر از 14 و آهک فعال بیشتر از 5 درصد از پایه سوینگل‌سیتروملو استفاده نشود. همچنین توصیه می‌شود از مصرف خاکی کودهای آهن و منگنز برای رفع کمبود این عناصر در این پایه و پیوندک اجتناب شود.

واژه‌های کلیدی: پایه، رشد رویشی، کربنات کلسیم، پایه سوینگل‌سیتروملو، مرکبات

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

## مقدمه

یکی از مهمترین ویژگی‌های شیمیایی خاک که در قابلیت استفاده آهن برای گیاهان اختلال ایجاد می‌کند کربنات کلسیم است که در بیش از 30 درصد اراضی جهان وجود دارد (چن و باراک، 1982، لوپرت و همکاران، 1994). در استان مازندران نیز مقدار کربنات کلسیم خاک باغ‌های این منطقه از میانه به طرف شرق به تدریج افزایش می‌یابد به طوری که مقدار کربنات کلسیم خاک در شرق ساری و نکا به بیشتر از 40 درصد می‌رسد (اسدی و اخلاقی، 1386، 2008). در حال حاضر، استفاده از پایه سوینگل سیتروملو برای مرکبات در این مناطق به سرعت در حال گسترش است. این درحالی است که در منابع علمی، این پایه حساس به آهن خاک معرفی شده و امکان کلروز و زوال آن بسیار زیاد است (سودانو و همکاران، 1994؛ پستانا و همکاران، 2005؛ کاستل و نونالی، 2009). مشاهدات میدانی نگارندگان در باغ‌های مرکبات منطقه شرق مازندران نشان داده است که این پایه در خاک‌های با آهن زیاد، اغلب دچار کلروز ناشی از آهن می‌شوند. بنابراین ترویج بدون مطالعه و غیر علمی این پایه، می‌تواند عملکرد و کیفیت میوه باغ‌های مرکبات و اقتصاد باغداران منطقه را تحت تأثیر قرار دهد.

فراهمی آهن در بیشتر خاک‌های آهنکی برای گیاهان پایین است و این فراهمی کم آهن منجر به کلروز، کاهش عملکرد و کیفیت میوه در محصولات حساس مانند برخی پایه‌ها و ارقام مرکبات می‌شود. درختان مرکبات با پایه‌های حساس کشت شده در این خاک‌ها، به علت مقدار فراوان کربنات، پهاش بالا و غلظت زیاد بی‌کربنات در محلول خاک، اغلب علائم شدید کمبود یا کلروز آهن نشان می‌دهند. همچنین برخی نیز دلیل عمده کمبود آهن در خاک‌های آهنکی نواحی مدیترانه‌ای را غلظت زیاد کلسیم و بی‌کربنات در محلول خاک می‌دانند. غلظت زیاد بی‌کربنات در منطقه ریشه معمولاً بر فرآیندهای متابولیک در برگ‌ها و ریشه‌ها اثر می‌گذارد و راندمان استفاده آهن برای گیاه را کاهش می‌دهد و این کاهش راندمان منجر به توسعه علائم زردی آهن در برگ‌ها می‌شود (منگل، 1995؛ جایگر و همکاران، 2000).

استفاده از سوینگل سیتروملو به عنوان پایه در خاک‌های آهنکی، به دلیل عدم توانایی آن برای جذب کافی عناصر کم مصرف از جمله آهن محدود است و اغلب ارقام مرکبات به ویژه پرتقال‌های خونی با این پایه در خاک‌های با کربنات کلسیم زیاد، از عملکرد و کیفیت مناسبی برخوردار نمی‌باشند و هزینه زیادی برای باغدار خواهد داشت (مانتی و همکاران، 1994؛ کاستل و

همکاران، 2004). مطالعات محدودی در مورد پایه‌های مناسب برای خاک‌های آهنکی صورت گرفته است بیشتر این گزارش‌ها نشان داده است که در خاک‌های آهنکی با بافت سنگین سوینگل سیتروملو زردی ناشی از کمبود آهن نشان می‌دهد (سگی و همکاران، 1992، ال-اوتمانی، 1996). گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد که پونسیروس و دورگ‌های تجاری آن حساس یا نیمه‌حساس به خاک‌های آهنکی هستند (کوپر، 1961، لیوی و شالهرت، 1990).

زردی ناشی از آهن موجب کاهش عملکرد، کیفیت و تأخیر در رسیدن میوه مرکبات می‌شود (پستانا و همکاران، 2001؛ کورتز و همکاران، 2007). گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد که مناسب‌ترین روش برای حل این مشکل، انتخاب پایه‌های متحمل به کلروز آهن است (دیویس و البریگو، 1994، پستانا و همکاران، 2001). برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که سوینگل سیتروملو، پایه مناسبی برای خاک‌های آهنکی نمی‌باشد (پستانا و همکاران، 2005 و 2011؛ کاستل و استور، 2001). بررسی رشد رویشی درختان گریپ‌فروت با پایه سوینگل سیتروملو نشان داد که با افزایش مقدار کربنات کلسیم خاک به دو درصد، رشد رویشی نهال‌ها به شدت کاهش یافت (کاستل و استور، 2001؛ واتسچر و همکاران، 1975). ارزیابی درختان لیمو با پایه سوینگل سیتروملو در آریزونای آمریکا نشان داد که به علت زردی ناشی از کمبود آهن و رشد رویشی کم این درختان، سوینگل سیتروملو پایه مناسبی برای لیمو در این مناطق نیست (رایت و همکاران، 1999؛ کورتز و همکاران، 2007). در مقابل، گریپ‌فروت با پایه سوینگل سیتروملو در خاک‌های با پهاش بالا در تگزاس و فلوریدا، عملکرد نسبتاً بالایی داشتند (کاستل و همکاران، 1988). بررسی‌ها برای انتخاب پایه جایگزین نارنج در جنوب تگزاس نشان داد که سوینگل سیتروملو پایه مناسبی برای این خاک‌ها نمی‌باشد (لوزادا و همکاران، 2008).

پیش‌بینی امکان توسعه کلروز آهن درختان میوه، در زمان احداث باغ برای تولیدکنندگان از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است و اشتباه در این مرحله، امکان رسیدن به عملکرد مطلوب، بدون استفاده از روش‌های شیمیایی و مدیریت باغبانی برای بهبود کلروز آهن غیر ممکن و بعید می‌سازد (لوپرت و همکاران، 1994). با توجه به این که در استان مازندران، مقدار آهن در خاک‌های منطقه جلگه‌ای و دشت، از میانه به طرف شرق و همچنین در مناطق دامنه‌ای، میان‌بند و حاشیه جنگل‌ها

(جنوب) به طرف منطقه جلگه‌ابی و دشت (شمال) به تدریج افزایش می‌یابد و دامنه این تغییرات آهک از صفر تا بیشتر از 40 درصد است. بنابراین با توجه دامنه تغییرات زیاد آهک در خاک‌های منطقه و همچنین روند توسعه سونگل‌سیتروملو به عنوان پایه برای مرکبات در این مناطق (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)، بررسی پاسخ این پایه به مقادیر مختلف آهک در خاک‌های این منطقه بسیار ضروری است. بنابراین، پژوهش حاضر به ارزیابی روند رشد، پاسخ‌های تغذیه‌ای و تحمل نارنگی انشو با پایه سونگل‌سیتروملو به کلروز در خاک‌های آهکی شرق مازندران اختصاص داده شد.

### مواد و روش‌ها

با توجه نقشه خاک و گزارش‌های خاکشناسی و همچنین مطالعات انجام شده در باغ‌های شرق مازندران (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)، هفت نمونه خاک به گونه‌ای انتخاب گردید که دارای دامنه وسیعی از کربنات کلسیم (از 2 تا 45 درصد) باشند و همچنین منطقه وسیعی از نظر جغرافیایی (نواحی عمده کشت مرکبات) در برداشته باشند، خاک‌های آزمایشی از مناطق مختلف شرق مازندران (بابل، قائم‌شهر، ساری و نکا) جمع‌آوری شدند و پس از خشک کردن در هوا، کوبیدن و عبور از الک دو میلی‌متری، برخی تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی انجام شد: کربنات کلسیم معادل به روش تیتره کردن با اسید (باشور و سایه، 2007)، کربنات کلسیم فعال به روش تیتره کردن با پرمنگنات پتاسیم (باشور و سایه، 2007)، رس، سیلت و شن به روش هیدرومتری (گی و بادر، 1986)، واکنش خاک در خمیر اشباع (مکلین، 1982)، ماده آلی به روش والکلی - بلک (نلسون و سامر، 1990)، پتاسیم به روش استات آمونیوم (ساشنیدر، 1997)، فسفر به روش اولسن و سامرز (اولسن و سامر، 1982)، منگنز، آهن، و روی به روش دی تی پی ای (لیندسی و نورول، 1978) اندازه‌گیری شد.

مقدار 30 کیلوگرم خاک از نمونه‌های خاک مورد نظر، در سطل‌های پلاستیکی ریخته شد. کود نیتروژنی به میزان 60 میلی‌گرم نیتروژن خالص در کیلوگرم خاک به صورت سولفات آمونیوم اضافه گردید (توصیه کودی براساس فصل هیجدم کتاب تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، کوددهی درختان جوان انجام شد). قبل از کاشت، کودهای فسفر (سوپر فسفات تریپل) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) فقط به خاک‌هایی افزوده شد که به ترتیب کمتر از 15 میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده (اولسن و سامر، 1982) و 300 میلی‌گرم

در کیلوگرم پتاسیم قابل استفاده به روش استات آمونیوم داشتند، 20 میلی‌گرم فسفر و 200 میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم به خاک شماره 5 و 25 میلی‌گرم فسفر و 100 میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم به خاک شماره 7 افزوده شد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). سپس نهال‌های نارنگی انشو میاگاوا با پایه سونگل‌سیتروملو تقریباً یکسان با ارتفاع حدود 50 سانتی‌متر و قطر حدود یک سانتی‌متر در هر خاک کاشته شد. آزمایش به مدت دو سال و به شکل گلدانی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت خاک با دامنه متفاوت کربنات کلسیم معادل از 2 تا 45 درصد در 4 تکرار با 28 گلدان انجام شد. بعد از کاشت نهال‌ها، در طول دوره رشد، تغذیه به صورت کود آبیاری با کودهای نترات پتاسیم (1/4 میلی‌مول در لیتر)، سولفات پتاسیم (0/6 میلی‌مول در لیتر)، سولفات منیزیم (1 میلی‌مول در لیتر)، مونوآمونیم فسفات (0/6 میلی‌مول در لیتر)، سولفات آمونیوم (3 میلی‌مول در لیتر)، مولیبدات آمونیوم (1 میکرومول در لیتر) هر دو هفته یک بار انجام شد (بومن و همکاران، 2008) و آبیاری با توزین تصادفی گلدان‌های آزمایشی (فدل و همکاران، 2008) به طور منظم انجام شد.

نمونه‌های برگ در مرداد ماه از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر نهال تهیه شد (امبلتون و همکاران، 1973 و مارشال، 1984). نمونه‌های گیاه ابتدا به روش خشک اکسید شد و سپس غلظت آهن، منگنز، روی و مس توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. برای تعیین درجه زردی برگ‌ها، در سال دوم رشد بر اساس درجه زردی برگ‌های جدید توسعه یافته و شمارش آن‌ها، به هر نهال در هر خاک به طور میانگین درجه‌ای از یک تا پنج (جدول 1) داده شد (اسدی و همکاران، 1394؛ بایرن و همکاران، 1995).

اندازه‌گیری آهن فعال به روش عصاره‌گیری با محلول فنانترویلین 1/5 درصد و قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 150 نانومتر انجام شد (اسدی و همکاران، 1394؛ کتیال و شارما، 1980 و محمد و همکاران، 1998). بنابراین در کل پاسخ‌های گیاهی شامل رشد رویشی، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، درجه زردی برگ‌ها، غلظت آهن کل و فعال، منگنز، روی و مس در برگ و ریشه و همچنین ارتباط آهک فعال با غلظت آهن فعال در برگ بود. آهک فعال، معرف بخشی از آهک خاک است که سطح ویژه بالایی داشته و بسیار واکنش‌پذیر می‌باشد.

جدول 1- راهنمای تعیین درجه زردی برگ (براساس درجه زردی برگ‌های جدید توسعه یافته و شمارش آن‌ها)

| علائم ظاهری  | درجه زردی برگ |
|--|---------------|
| برگ‌ها سبز و بدون هیچ گونه علائمی  | 1             |
| بین رگبرگ‌ها سبز متمایل به زرد و رگبرگ‌ها سبز                            | 2             |
| بین رگبرگ‌ها زرد متمایل به سبز و رگبرگ‌ها سبز                            | 3             |
| بین رگبرگ‌ها زرد و رگبرگ‌ها سبز  | 4             |
| بین رگبرگ‌ها زرد متمایل به سفید، رگبرگ‌ها سبز رنگ ریبه و مقداری ریزش برگ | 5             |

## نتایج و بحث

### روند رشد رویشی و وزن خشک

نتایج میانگین رشد قطری نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل سیتروملو در خاک‌های مختلف (شکل 1) نشان داد که در دو ماهه اول رشد بیشترین رشد از خاک با آهک 9 درصد و کمترین رشد از خاک‌های با آهک 30 و 25 درصد حاصل شد و سپس با گذشت زمان روند رشد در خاک‌های مختلف تغییر کرد و در پایان آزمایش، نهال‌ها در خاک با آهک 2 درصد از بیشترین رشد قطری برخوردار بود. رشد قطری نهال‌ها در خاک‌های با آهک 45، 9، 14، 25 و 40 درصد به ترتیب پس از خاک با آهک 2 درصد قرار گرفتند. اما نتایج میانگین وزن خشک اندام هوایی (شکل 2) نشان داد که بیشترین و کمترین وزن خشک اندام هوایی نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل سیتروملو به ترتیب از خاک‌های با آهک 14 و 45 درصد حاصل شد و وزن خشک در خاک‌های با آهک 2، 9، 14، 25، 30 و 40 درصد به ترتیب پس از خاک با آهک 14 درصد قرار گرفتند. بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه نیز از خاک‌های با آهک 14 و 40 درصد حاصل شد. وزن خشک ریشه در خاک‌های با آهک 2، 25، 45، 9 و 30 درصد به ترتیب پس از خاک با آهک 14 درصد قرار گرفتند. اما وزن خشک ریشه در خاک‌های با آهک 2، 9 و 14 درصد یکسان بود و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند.

این آهک فعال به طور غیر مستقیم مسئول کاهش رشد و ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی مانند عارضه زرد برگی می‌باشد است (کاستل و نونالی، 2009؛ یاتگ و همکاران، 2010). آهن فعال در برگ و ریشه، معرف بخشی از آهن است که به شکل دو ظرفیتی و از نظر متابولیکی فعال است که با محلول فنانترولین عصاره‌گیری و در طول موج 510 نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده می‌شود (کاتیال و شارما، 1980؛ نیامن و اگوری، 2007). ضریب انتقال<sup>1</sup> آهن که توانایی گیاهان برای انتقال آهن از ریشه به برگ‌ها را نشان می‌دهد (سان و همکاران، 2008؛ گوش و همکاران، 2005؛ خانبلوکی و همکاران، 1394) از طریق رابطه زیر محاسبه شد.

$$TF (\%) = C_{Fe.L} / C_{Fe.R}$$

TF = ضریب انتقال

$C_{Fe.L}$  = غلظت آهن در برگ (میلی‌گرم در کیلوگرم)

$C_{Fe.R}$  = غلظت آهن در ریشه (میلی‌گرم در کیلوگرم)

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در جدول 2 نشان داده شده است. دامنه آهک معادل خاک‌ها از 2 تا 45 درصد، آهک فعال از صفر تا 16 درصد، رس از 13 تا 41 درصد، سیلت از 18 تا 37 درصد، شن از 34 تا 58 درصد و کربن آلی از 0/65 تا 1/80 درصد متغیر بود (جدول 2). همچنین برخی ویژگی‌های سوینگل سیتروملو در جدول 3 آمده است.

پاسخ‌های گیاهی شامل روند رشد رویشی، وزن خشک، شاخص‌های درجه زردی برگ، رابطه آهک فعال در خاک با آهن فعال در برگ، غلظت آهن کل، آهن فعال، منگنز، روی و مس در برگ و ریشه و همچنین رابطه بین غلظت عناصر در ریشه با برگ بود. در پایان، کلیه داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزارهای SPSS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین پارامترهای مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شدند و توصیه‌های لازم ارائه شد.

<sup>1</sup> Translocation Factor

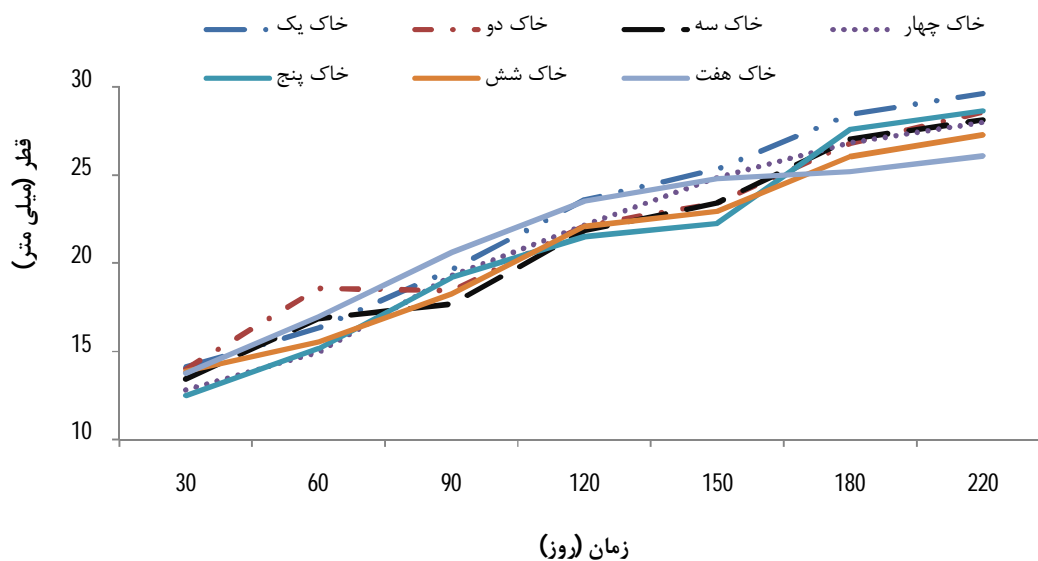
جدول 2- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد آزمایش

| خاک و منطقه |          |          |         |           |              |           | ویژگی                        |
|-------------|----------|----------|---------|-----------|--------------|-----------|------------------------------|
| 7           | 6        | 5        | 4       | 3         | 2            | 1         |                              |
| شرق ساری    | غرب ساری | شمال نکا | غرب نکا | جنوب ساری | غرب قائم شهر | جنوب بابل |                              |
| 23          | 37       | 13       | 41      | 19        | 29           | 23        | رس (درصد)                    |
| 37          | 29       | 29       | 18      | 35        | 26           | 30        | سیلت (درصد)                  |
| 40          | 34       | 58       | 41      | 46        | 45           | 47        | شن (درصد)                    |
| 45          | 25       | 40       | 30      | 14        | 9            | 2         | آهک معادل (درصد)             |
| 16          | 10       | 7        | 14      | 5         | 3            | 0         | آهک فعال (درصد)              |
| 1/10        | 1/52     | 0/65     | 1/60    | 1/80      | 0/95         | 1/17      | کربن آلی (درصد)              |
| 7/76        | 7/78     | 7/77     | 7/60    | 7/86      | 7/45         | 6/8       | اسیدیته اشباع                |
| 9/87        | 18/30    | 11/20    | 17      | 15        | 22           | 26        | فسفر (میلی گرم در کیلوگرم)   |
| 265         | 325      | 221      | 460     | 360       | 380          | 404       | پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم) |
| 6/80        | 8/22     | 4/40     | 8/90    | 8/80      | 6/40         | 7/20      | آهن (میلی گرم در کیلوگرم)    |
| 3/40        | 7/71     | 3/20     | 5/40    | 3/96      | 4/20         | 3/10      | منگنز (میلی گرم در کیلوگرم)  |
| 1/50        | 1/60     | 0/91     | 0/60    | 0/70      | 2/50         | 2/40      | روی (میلی گرم در کیلوگرم)    |

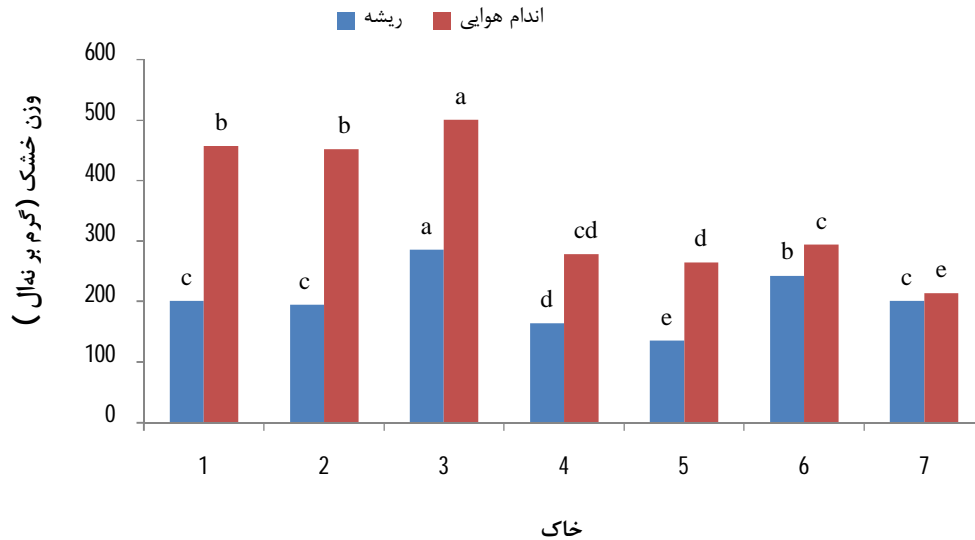
جدول 3- برخی ویژگی‌های پایه\* مورد آزمایش

| ویژگی             | نام لاتین                      | پایه (شماره 2)  |
|-------------------|--------------------------------|-----------------|
| واکنش به سرما     | Swingle citrusmelo             | سوینگل سیتروملو |
| واکنش به ترسیتیزا | Grapefruit & Trifoliate orange | هیبرید          |
| واکنش به سرما     |                                | متحمل           |
| واکنش به ترسیتیزا |                                | متحمل           |

\*منبع (سینگ و همکاران، 2002)



شکل 1- میانگین روند رشد قطری نهال نارنگی انشو میاگوا با پایه سوینگل سیتروملو در خاک‌های مختلف

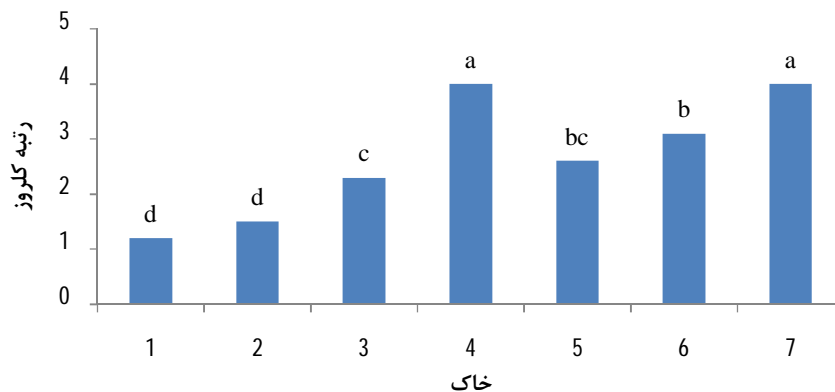


شکل 2- میانگین وزن خشک اندام هوایی و ریشه نارنگی انشو میاگوا با پایه سوینگل‌سیتروملو در خاک‌های مختلف (میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

#### شاخص درجه زردی برگ

درجه کلروز در خاک‌های با آهک 30 با 45 درصد و همچنین با آهک 2 و 9 درصد از نظر آماری تفاوت معنی‌دای با هم نداشتند. خاک‌های با آهک 30 با 45 درصد بیشترین آهک فعال و بیشترین درجه کلروز داشتند. علائم درجه زردی برگ‌ی نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیتروملو در خاک‌های مختلف در شکل 12 نشان داد شده است.

نتایج میانگین درجه کلروز نارنگی انشو میاگوا با پایه سوینگل‌سیتروملو در خاک‌های مختلف در شکل 3 آورده شده است این نتایج نشان می‌دهد که بیشترین درجه کلروز از خاک‌های با آهک 30 و 45 درصد و کمترین درجه کلروز از خاک‌های با آهک 2 و 9 درصد حاصل شد. خاک‌های با آهک 25، 40 و 14 درصد به ترتیب پس از خاک‌های با آهک 30 و 45 درصد قرار گرفتند. میانگین



شکل 3- میانگین درجه زردی برگ نارنگی انشو میاگوا با پایه سوینگل‌سیتروملو در خاک‌های مختلف (میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

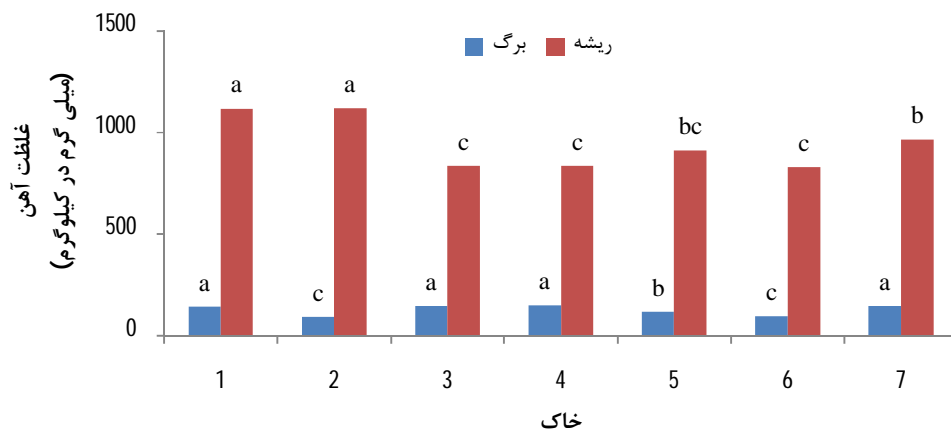
#### غلظت آهن کل در ریشه و برگ

نشان داده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که غلظت آهن کل در ریشه بسیار بیشتر از برگ است به طوری که

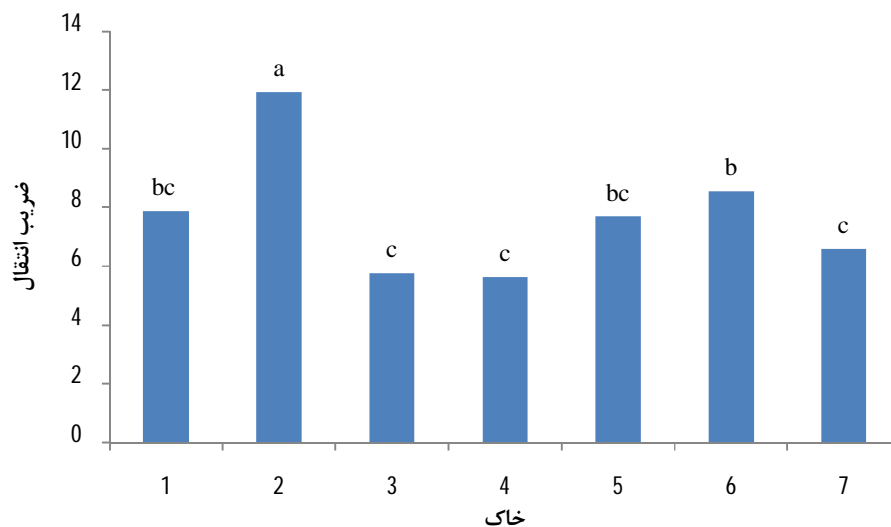
نتایج میانگین غلظت آهن کل در ریشه و برگ نارنگی انشو میاگوا با پایه سوینگل‌سیتروملو در شکل 4

می‌دهد غلظت آهن کل در ریشه در خاک‌های با آهک 2 و 9 درصد به ترتیب 7/87 و 11/92 برابر غلظت آهن برگ می‌باشد. به طور کلی میانگین غلظت آهن کل در ریشه در همه خاک‌ها حدود 7/45 برابر میانگین غلظت آهن کل در برگ است. که نشان می‌دهد بیشتر آهن جذب شده از خاک در ریشه تجمع و رسوب کرده است که نتایج دیگر پژوهشگران در خاک‌های آهکی مطابقت دارد که گزارش کردند بیشتر آهن جذب شده در آپوپلاست سلول‌های ریشه رسوب و ذخیره می‌شود (منگل، 1995 و گاسکارتن و همکاران، 1999).

میانگین غلظت آهن در ریشه‌ها 946 و در برگ‌ها 127 میلی‌گرم در کیلوگرم است. غلظت آهن ریشه در خاک‌های با آهک 2 و 9 درصد به ترتیب 1118 و 1121 میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک ریشه می‌باشد در حالی که غلظت آهن در برگ در همین خاک‌ها به ترتیب 142 و 94 میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک برگ است. همچنین ضریب انتقال آهن از ریشه به اندام هوایی در خاک‌های مختلف (شکل 5) نشان داد که دامنه این ضریب از 5/6 تا 11/9 متغیر است (سان و همکاران، 2008؛ گوش و همکاران، 2005؛ خانبلوکی و همکاران، 1394) که نشان



شکل 4- میانگین غلظت آهن کل برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سویینگل سیتروملو در خاک‌های مختلف (میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

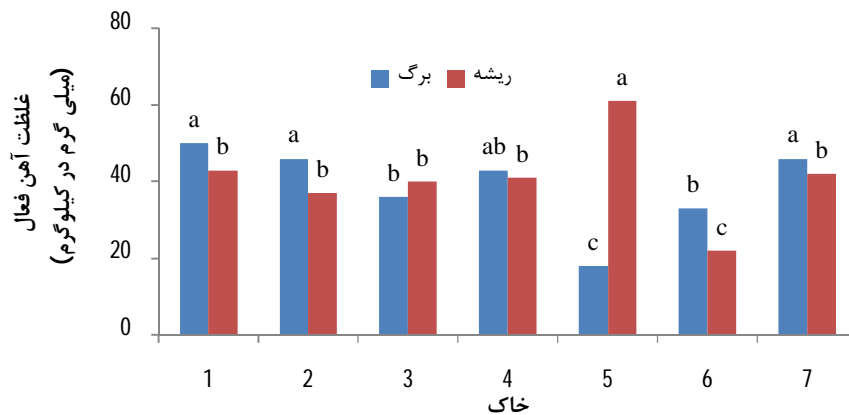


شکل 5- ضریب انتقال آهن از ریشه به اندام هوایی نارنگی انشو میاگاوا با پایه سویینگل سیتروملو در خاک‌های مختلف (میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

### غلظت آهن فعال در ریشه و برگ

نتایج میانگین غلظت آهن فعال در ریشه و برگ نارنگی انشو میاگاو با پایه سوینگل‌سیتروملو در شکل 6 نشان داده شده است. نارنگی انشو با این پایه در خاک‌های با آهک 2، 9 و 45 درصد بیشترین غلظت آهن فعال در برگ داشت به طوری که غلظت آهن فعال در برگ در این خاک‌ها به ترتیب 50، 46 و 46 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک برگ بود. غلظت آهن فعال برگ در خاک‌های با آهک 30، 14، 25 و 40 درصد به ترتیب پس از آن‌ها قرار گرفتند. کمترین غلظت آهن فعال از خاک با آهک 40 درصد حاصل شد که حدود 18 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. اما بیشترین غلظت آهن فعال ریشه از خاک با آهک 40 درصد حاصل شد که حدود 61 میلی‌گرم در

کیلوگرم بود و در مقابل کمترین آهن فعال ریشه از خاک با آهک 25 درصد به دست آمد. به طور کلی در خاک‌های با آهک 2، 9، 30، 25 و 45 درصد غلظت آهن فعال برگ بیشتر از غلظت آهن فعال ریشه بود اما در خاک‌های با آهک 14 و 40 درصد غلظت آهن فعال ریشه بیشتر از غلظت آهن فعال برگ بود که نشان می‌دهد غلظت آهن فعال در برگ و ریشه تحت تأثیر ویژگی‌های خاک قرار می‌گیرد. در کل میانگین غلظت آهن فعال در ریشه و برگ در خاک‌های مختلف به ترتیب 40/85 و 38 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که اختلاف قابل توجهی بین میانگین‌های غلظت آهن فعال ریشه و برگ وجود نداشت.



شکل 6- میانگین غلظت آهن فعال برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاو با پایه سوینگل‌سیتروملو در خاک‌های مختلف (میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

### غلظت منگنز در ریشه و برگ

نتایج میانگین غلظت منگنز در ریشه و برگ نارنگی انشو میاگاو با پایه سوینگل‌سیتروملو در شکل 7 نشان داده شده است. ریشه‌ها در خاک‌های با آهک 9، 45 و 2 درصد بیشترین غلظت منگنز داشتند و غلظت منگنز آن‌ها به ترتیب 52، 48 و 47 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. همچنین غلظت منگنز برگ در خاک با آهک 45 درصد بیشتر از غلظت منگنز برگ در سایر خاک‌ها بود. غلظت منگنز برگ در خاک با آهک 45 درصد 34/9 میلی‌گرم در کیلوگرم، و در خاک‌های با آهک 2، 30، 40، 25 و 14 و 9 درصد به ترتیب 14/7، 12/9، 10، 7/4، 5/9 و 7/6 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که بسیار کمتر از غلظت بهینه منگنز در برگ نارنگی‌های انشو می‌باشد. به طور کلی میانگین غلظت منگنز در ریشه نارنگی انشو میاگاو با پایه سوینگل‌سیتروملو در خاک‌های مختلف 42/71 میلی‌گرم در کیلوگرم و در برگ 13/34 میلی‌گرم در کیلوگرم بود.

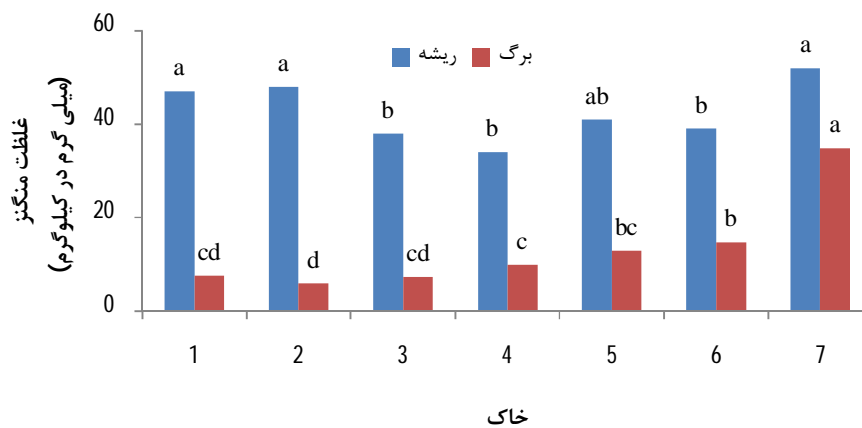
میانگین غلظت منگنز در ریشه 3/2 برابر میانگین غلظت منگنز برگ بود.

نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت منگنز در برگ نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیتروملو در همه خاک‌های آزمایشی کمتر از حد بهینه بود که با نتایج پژوهش‌های اسدی و همکاران (1381) و همچنین اسدی و محمودی (1379) مطابقت دارد که گزارش کردند بیشتر از 90 درصد از مرکبات شمال کشور کمبود پنهان و آشکار منگنز دارند. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که با وجود این که مقدار منگنز قابل استفاده در همه خاک‌های آزمایشی بیشتر از حد مطلوب بود اما غلظت منگنز در برگ 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). نتایج غلظت منگنز در



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) مشاهده می‌شود. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که بین غلظت منگنز در ریشه و برگ رابطه و همچنین بین ویژگی‌های خاکی اندازه‌گیری شده از جمله آهک کل و آهک فعال و غلظت منگنز در برگ رابطه معنی‌داری وجود نداشت.

برگ و ریشه نشان داد که غلظت منگنز در ریشه بسیار بیشتر از غلظت آن در برگ است. به طور کلی میانگین غلظت منگنز در ریشه نانگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل سیتروملو در خاک‌های مختلف حدود 3/2 برابر غلظت آن در برگ بود. برخی گزارش‌ها 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 سیلتی رسوبی و همچنین خاک‌های باتلاقی با آهک



شکل 7- میانگین غلظت منگنز کل برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل سیتروملو در خاک‌های مختلف (میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

#### غلظت روی در ریشه و برگ

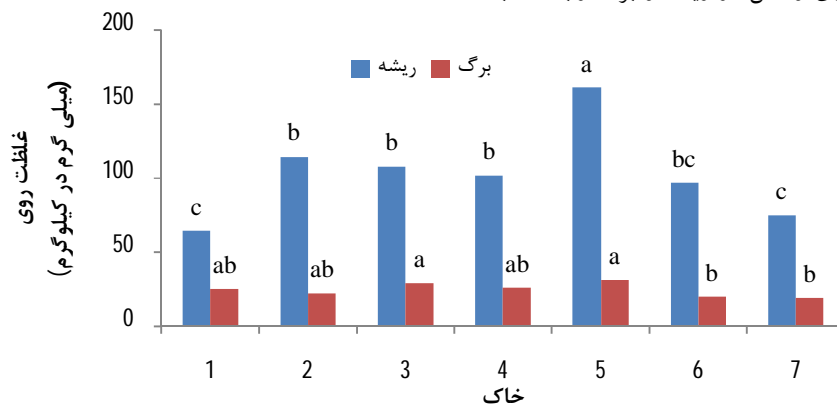
نتایج میانگین غلظت روی در ریشه و برگ (شکل 8) نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین غلظت روی ریشه به ترتیب از خاک‌های با آهک 40 و 2 درصد حاصل شد. غلظت روی ریشه در خاک پنج، 161 میلی‌گرم در کیلوگرم و در خاک یک 64/4 میلی‌گرم در کیلوگرم است. در برگ نیز بیشترین غلظت روی از خاک‌های با آهک 40 و 14 درصد حاصل شد. میانگین غلظت روی در ریشه و برگ در خاک‌های مختلف به ترتیب حدود 103 و 24/6 میلی‌گرم در کیلوگرم است. میانگین غلظت روی در ریشه حدود 4/2 برابر میانگین غلظت روی در برگ بود. همچنین در این پژوهش رابطه بین غلظت روی در ریشه با غلظت آن در برگ نشان داد که بین غلظت روی در ریشه با غلظت روی برگ رابطه خطی معنی‌داری ( $R^2 = 0.40$ ) وجود داشت (شکل 9).

نتایج نشان داد که غلظت روی در برگ نارنگی انشو با پایه سوینگل سیتروملو در خاک‌های غرب قائم‌شهر و غرب و شرق ساری کمتر از حد بهینه بود که با نتایج

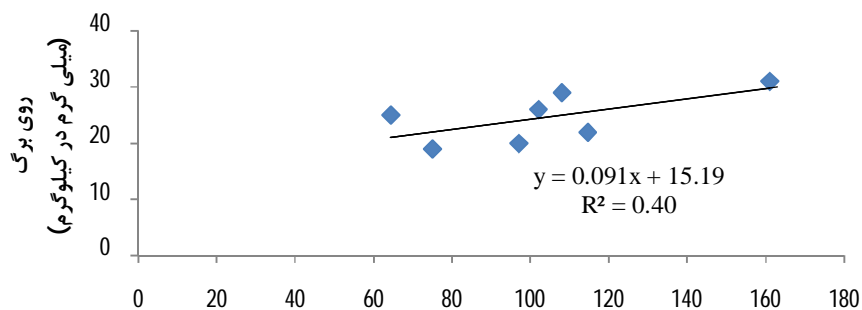
پژوهش‌های اسدی و همکاران (1381) و همچنین اسدی و محمودی (1379) مطابقت دارد که گزارش کردند علائم کمبود روی در 10 الی 15 درصد باغ‌ها به وضوح مشاهده می‌شود اما غلظت روی در برگ بیش از 50 درصد باغ‌ها زیر حد کفایت است. گزارش‌های مختلف نشان داده است که با افزایش آهک خاک و pH محلول خاک، روی قابل استفاده درختان 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. مواد آلی در خاک نیز ممکن است موجب تشدید یا کاهش کمبود روی شود زیرا واکنش روی با اسیدهای آلی، آمینواسیدها و اسید فولویک، موجب تشکیل کمپلکس‌های آلی روی محلول با وزن مولکولی کم شده که می‌توانند قابلیت استفاده روی را در خاک افزایش دهند. در مقابل، واکنش روی با اسیدهای هیومیک و همچنین هیومین، موجب تشکیل کمپلکس‌های

معنی‌داری وجود داشت اما بین ویژگی‌های خاکی اندازه‌گیری شده از جمله آهک کل و آهک فعال با غلظت روی و مس در برگ رابطه معنی‌داری وجود نداشت.

با وزن مولکولی بالا می‌شوند که به طور معمول، حلالیت آن‌ها کم بوده و یا نامحلول هستند و قابلیت استفاده آن‌ها نیز بسیار پایین است. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که بین غلظت روی و مس در ریشه و برگ رابطه مثبت



شکل 8- میانگین غلظت روی برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل سیتروملو در خاک‌های مختلف (میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

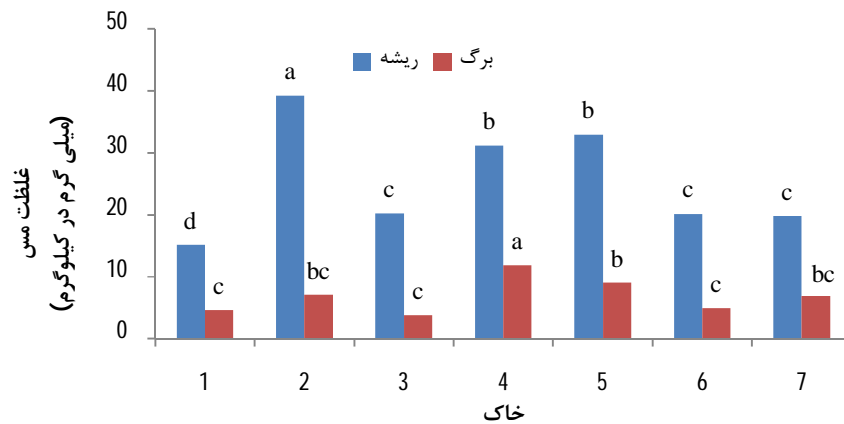


شکل 9- رابطه بین میانگین غلظت روی برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل سیتروملو

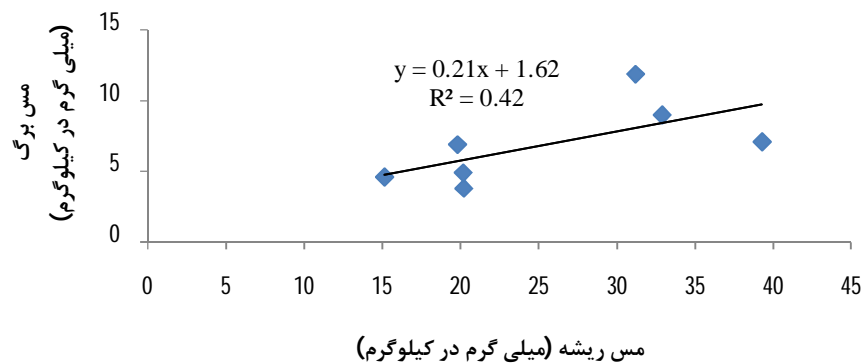
#### غلظت مس در ریشه و برگ

برگ به ترتیب 11/9 و 3/8 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که از خاک‌های با آهک 30 و 14 درصد به دست آمد. میانگین غلظت مس در ریشه در همه خاک‌ها 25/53 میلی‌گرم در کیلوگرم و در برگ 6/88 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. میانگین غلظت مس در ریشه حدود 3/7 برابر میانگین غلظت مس در برگ بود. رابطه بین میانگین غلظت مس در برگ در شکل 11 نشان داده شده است این رابطه از نظر آماری در سطح 5 درصد معنی‌دار بود و با افزایش غلظت مس در ریشه، غلظت مس نیز افزایش یافت.

نتایج میانگین غلظت مس در ریشه و برگ (شکل 10) نشان می‌دهد که ریشه‌ها در خاک با آهک 9 درصد بیشترین غلظت مس (39/3 میلی‌گرم در کیلوگرم) داشتند. غلظت مس در ریشه در خاک‌های با آهک 40، 30، 14، 25، 45 و 2 درصد به ترتیب پس از خاک با آهک 9 درصد قرار گرفتند. کمترین غلظت مس در ریشه حدود 15/13 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که در خاک با آهک 2 درصد حاصل شد. اما بیشترین و کمترین غلظت مس در



شکل 10- میانگین غلظت مس در برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل سیتروملو در خاک‌های مختلف (میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

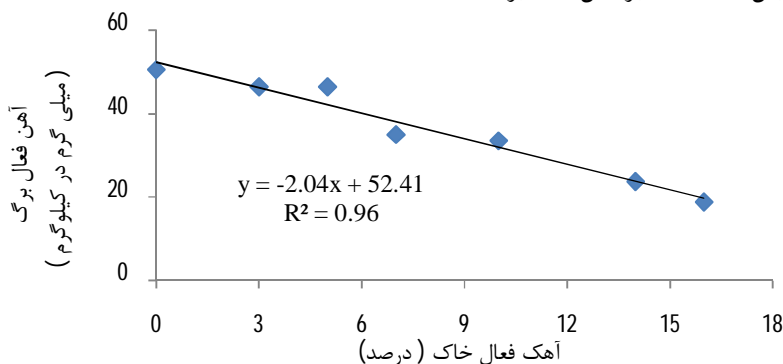


شکل 11- رابطه بین میانگین غلظت مس در برگ و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل سیتروملو

#### رابطه آهک فعال خاک با غلظت آهن فعال برگ

سوینگل سیتروملو نشان داد که با افزایش آهک فعال خاک تا حدود 5 درصد، غلظت آهن فعال برگ آن تقریباً ثابت بود اما همگام با افزایش بیشتر آهک فعال، روند کاهش غلظت آهن فعال تشدید شد. بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش، حد قابل تحمل آهک فعال برای سوینگل سیتروملو حدود 5 درصد پیشنهاد می‌شود.

در نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل سیتروملو، با افزایش آهک فعال خاک‌ها غلظت آهن فعال برگ کاهش یافت (شکل 12). با توجه به شیب خط رگرسیون، شدت آن برابر با 2/04 واحد کاهش در غلظت آهن فعال برگ به ازای هر واحد افزایش در غلظت آهک فعال خاک بود که از آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود ( $R^2=0.96$ ). تأثیر افزایش آهک فعال بر آهن فعال برگ در



شکل 12- تأثیر روند افزایش آهک فعال خاک بر غلظت آهن فعال برگ نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل سیتروملو

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی از خاک‌های با آهک کل 14 درصد و کمتر یا آهک فعال تا حدود 5 درصد حاصل شد و با افزایش بیشتر آهک کل یا آهک فعال میانگین وزن خشک اندام هوایی به شدت کاهش یافت. همچنین کمترین علائم زرد برگ‌ی (کلروز) در خاک‌های یک و دو وجود داشت (شکل 13) و میانگین غلظت آهن فعال در برگ‌های نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل سیتروملو نیز در این خاک‌ها بیشترین بود. حد کفایت آهن قابل استفاده در خاک (با عصاره گیر (DTPA) برای درختان مرکبات حدود 4 تا 5 میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393، جلد اول).

دامنه آهن قابل استفاده خاک‌های آزمایشی از 4/40 تا 8/90 میلی‌گرم در کیلوگرم بود بنابراین مقدار آهن قابل استفاده خاک‌ها بیشتر از حد کفایت است. در خاک‌های یک و دو که کمترین علائم زرد برگ‌ی داشتند مقدار آهن قابل استفاده آن‌ها به ترتیب 7/20 و 6/40 میلی‌گرم در کیلوگرم بود اما در مقابل بیشترین درجه زرد برگ‌ی در خاک‌های با آهک 30 و 45 درصد مشاهده شد که مقدار آهن قابل استفاده آن‌ها به ترتیب 8/90 و 6/80 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. لذا زرد برگ‌ی نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل سیتروملو به عواملی دیگر غیر از مقدار آهن قابل استفاده نیز بستگی دارد. گرچه این علائم زرد برگ‌ی، تنها ناشی از کاهش قابلیت استفاده آهن نمی‌باشد بلکه آهک خاک، بی‌کربنات محلول خاک، ویژگی‌های بیولوژیکی و فیزیکی خاک نیز از عوامل اصلی کنترل کننده غلظت آهن در محلول خاک هستند که نقش زیادی در فراهمی آهن برای درختان در خاک‌های آهکی دارند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393، جلد دوم). اما نتایج این تحقیق نشان داد که تنها بین مقدار آهک فعال با غلظت آهن فعال در برگ رابطه خطی معنی‌داری (شکل 12) وجود داشت و بین سایر ویژگی‌های خاک‌ها و غلظت آهن فعال برگ رابطه معنی‌داری حاصل نشد. لذا مقدار آهک فعال مهمترین ویژگی خاکی برای پیش‌بینی درجه کلروز برای پایه سوینگل سیتروملو است. بنابراین در کل نتایج این تحقیق نشان داد که درختان نارنگی انشو با پایه سوینگل سیتروملو در خاک‌های آهکی با مقدار آهک بیشتر از 9 درصد یا آهک فعال بیشتر از 3 درصد علائم زرد برگ‌ی نشان دادند در حالی که مقدار آهن قابل استفاده بیشتری داشتند.

آهن به شکل دو ظرفیتی و سه ظرفیتی در محلول خاک وجود دارد مقدار نسبی این‌ها در محلول خاک به pH و pe محلول خاک بستگی دارد. به طور کلی

گیاهان و از جمله درختان مرکبات عمدتاً آهن را به شکل دو ظرفیتی جذب می‌کنند. در غشای خارجی (پلاسمالما) نوک ریشه‌ها، آنزیم رداکتاز آهن سه ظرفیتی وجود دارد که امکان کاهش آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی را فراهم می‌کند و آهن دو ظرفیتی توسط سلول‌های ریشه جذب می‌شود. فعالیت این آنزیم به pH بستگی دارد و pH بالا موجب کاهش فعالیت آن می‌شود (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1392، کاسگارتن و همکاران، 2004 و اماری و منگل، 2006). pH بالای محلول خاک و همچنین آپوپلاست ریشه در خاک‌های آهکی و قدرت تامپونی زیاد آن موجب کاهش فعالیت آنزیم رداکتاز آهن و رسوب آن در دیواره سلول‌های ریشه می‌شود. در این حالت امکان دارد قابلیت استفاده آهن در خاک، فراهمی و غلظت آن در محلول خاک و همچنین آپوپلاست دیواره سلول‌های ریشه زیاد باشد اما گیاهان از کمبود آهن رنج ببرند (اماری و منگل، 2006).

نتایج این پژوهش نیز نشان داد که در خاک‌های با آهک کل بیشتر از 9 درصد، با وجود مقدار آهن قابل استفاده بیش از حد کفایت در خاک، علائم زرد برگ‌ی به وضوح در درختان نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل سیتروملو مشاهده شد، همچنین میانگین غلظت آهن کل در ریشه حدود 7/45 برابر میانگین غلظت آهن کل در برگ بود که نشان دهنده تجمع و رسوب آهن در آپوپلاست سلول‌های ریشه است (کاسگارتن و همکاران، 2004، اماری و منگل، 2006). این نتایج با نتایج دیگر پژوهشگران در خاک‌های آهکی مطابقت دارد (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1392، منگل، 2001 و کاسگارتن و همکاران، 1999). بنابراین در کل نتایج این تحقیق نشان داد که درختان نارنگی انشو با پایه سوینگل سیتروملو در خاک‌های آهکی با مقدار آهک بیشتر از 14 درصد یا آهک فعال بیشتر از 5 درصد علائم زرد برگ‌ی نشان دادند و استفاده از این پایه برای درختان نارنگی انشو در خاک‌های با مقدار آهک بیشتر از 14 درصد توصیه نمی‌شود که با نتایج دومینی و همکاران (2009) و کاستل و نونالی (2009) مطابقت دارد.

گزارش‌های اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (1393) نشان می‌دهد که حد کفایت منگنز و روی قابل استفاده در خاک (عصاره‌گیر (DTPA) برای درختان مرکبات به ترتیب حدود 2/5 و 1/5 تا 2 میلی‌گرم در کیلوگرم است. از طرفی دامنه منگنز قابل استفاده خاک‌های آزمایشی از 3/10 تا 7/71 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که بیشتر از حد کفایت است. همچنین حد کفایت منگنز و روی در برگ درختان نارنگی انشو به ترتیب 25

کاربردی مرکبات است). نتایج تیمارهای این آزمایش نشان داد که غلظت روی برگ در خاک‌های با آهک 2، 14، 30 و 40 درصد در حد کفایت و در خاک‌های با آهک 9، 25 و 45 درصد کمتر از حد کفایت است که نشان می‌دهد ارتباط معنی‌داری بین مقدار روی قابل استفاده و غلظت روی در برگ در این آزمایش وجود ندارد. اما خاک‌های با آهک 25 و 45 درصد که دارای ماده آلی و آهک زیاد بودند کمترین غلظت روی در برگ داشتند. در خاک‌های با مواد آلی زیاد، واکنش روی با اسیدهای هیومیک و هیومین ممکن است موجب تشکیل کمپلکس‌های پایدار روی با وزن مولکول‌های زیاد شوند که می‌تواند موجب کاهش قابلیت استفاده روی می‌شوند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ اسدی و ملکوتی، 1386؛ مورودت و همکاران، 1991). همچنین افزایش آهک فعال خاک و pH محلول خاک به طور کلی موجب افزایش جذب روی توسط اجزای ساختمانی خاک، رسوب و همچنین کاهش انتقال روی از محلول خاک به سطح ریشه شوند که در کل می‌تواند قابلیت استفاده روی را کاهش دهند (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ اسدی و ملکوتی، 1382؛ مورودت و همکاران، 1991).

تا 80 و 25 تا 50 میلی‌گرم در کیلوگرم است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393 جلد اول، اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1390). نتایج آزمون برگ در این آزمایش نشان داد که دامنه غلظت منگنز برگ در خاک‌های یک تا شش از 14/7 تا 15/9 میلی‌گرم در کیلوگرم بود اما در خاک هفت غلظت منگنز برگ حدود 34/9 میلی‌گرم در کیلوگرم است. نتایج این پژوهش با پژوهش‌های اسدی و همکاران (اسدی کنگرشاهی و محمودی، 1379، 1380) مطابقت دارد که گزارش کردند بیشتر از 90 درصد باغ‌های مرکبات شرق مازندران کمبود منگنز دارند. کمبود منگنز در خاک‌های آهکی با ماده آلی زیاد و همچنین خاک‌های رسی سیلتی با آهک و ماده آلی زیاد و زهکشی ضعیف بسیار شایع است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1385؛ مورودت و همکاران، 1991). همچنین اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (1393) گزارش کردند که کمبود منگنز در خاک‌های با کربنات کلسیم و مواد آلی زیاد مانند اغلب باغ‌های شرق مازندران مشاهده می‌شود. با توجه به حد کفایت روی قابل استفاده در خاک برای مرکبات (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1385)، در این آزمایش مقدار روی قابل استفاده در خاک‌های با آهک 14، 30 و 40 درصد کمتر از حد کفایت، در خاک‌های با آهک 25 و 45 درصد در حد کفایت و در خاک‌های با آهک 2 و 9 درصد بیش از حد کفایت بود (حد کفایت‌های ذکر شده براساس فصل فصل هفتم و هشتم کتاب تغذیه پیشرفته و





شکل 13- علائم درجه زردی برگ‌های نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیتروملو در خاک‌های آهکی (ویژگی خاک‌ها در جدول دو تعریف شده است)

### نتیجه‌گیری

فعال به وضوح علائم زردی در برگ‌های سرشاخه‌های جوان آشکار بود (شکل 13).

نتایج این پژوهش نشان داد که رابطه رگرسیونی معنی‌داری بین مقدار آهن قابل استفاده خاک با غلظت آهن ریشه و برگ و همچنین بین غلظت آهن ریشه و برگ وجود ندارد. میانگین غلظت آهن در ریشه حدود 7/5 برابر غلظت آهن در برگ بود و خاک‌های که بیشترین درجه زردی داشتند از میانگین نسبی غلظت آهن ریشه به برگ کمتری برخوردار بودند. بنابراین اندازه‌گیری مقدار آهن قابل استفاده در خاک (به روش DTPA)، معیار مناسبی برای پیش‌بینی درجه زرد برگی در درختان مرکبات یا حداقل در این پایه و پیوندک نمی‌باشد. کمبود آهن در اوایل رشد در هنگام ظاهر شدن فلش‌های بهاره، منجر به کند شدن رشد برگ‌های جدید و کاهش اندازه برگ‌ها می‌شود اما اگر کمبود آهن در هنگام توسعه برگ‌ها رخ دهد موجب کاهش غلظت کلروفیل و زردی می‌شود بنابراین در خاک‌های آهکی، کاهش اندازه برگ‌ها و ریز بودن آن‌ها از علائم کمبود آهن می‌باشد (کاستل و نونالی، 2009 و کاسگارتن، 1999)

همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که در خاک‌های آهکی، قابلیت استفاده آهن در خاک، غلظت ناکافی آهن در محلول خاک، کاهش جذب آهن توسط ریشه‌ها و انتقال آن به اندام هوایی، علت کمبود آهن نمی‌باشند بلکه کمبود آهن ناشی از رسوب آن در

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی و رشد قطری نارنگی انشو میاگاوا با پایه سوینگل‌سیتروملو به ترتیب از خاک‌های با آهک 14 و 2 درصد (با کربنات کلسیم کم 9 حاصل شد که با نتایج پژوهشگران بایرن و همکاران (1995) و کاستل و استور (2001) مطابقت دارد. براساس نتایج این پژوهش در خاک‌های با آهک کل و آهک فعال به ترتیب بیشتر از 14 درصد و 5 درصد میانگین رشد رویشی و وزن خشک اندام هوایی به شدت کاهش نشان داد. اما کمترین درجه زردی برگ از خاک‌های با آهک کل 3 و 9 درصد و در مقابل بیشترین درجه زردی در خاک‌های با آهک فعال 14 و 16 درصد حاصل شد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد رابطه رگرسیونی منفی معنی‌داری بین مقدار آهک فعال در خاک با غلظت آهن فعال در برگ نارنگی انشو با پایه سوینگل‌سیتروملو وجود دارد و با افزایش آهک فعال در خاک‌ها، غلظت آهن فعال در برگ کاهش نشان داد. بنابراین براساس نتایج این تحقیق، این پایه در خاک‌های با آهک کل بیشتر از 14 درصد یا آهک فعال بیشتر از 5 درصد زردی و کاهش شدید رشد داشت ولی در خاک‌های با آهک کل بین 9 تا 14 درصد و آهک فعال 2 تا 5 درصد، اختلاف معنی‌داری در وزن خشک و رشد رویشی در مقایسه با خاک‌های با آهک کمتر مشاهده نشد اما در این دامنه از آهک کل و

و برگ ارتباط معنی‌داری وجود نداشت اما بین غلظت این عناصر در ریشه با غلظت آن‌ها در برگ رابطه معنی‌داری بود و با افزایش غلظت این عناصر در ریشه، غلظت آن‌ها در برگ نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت. به طور کلی با توجه به نتایج این پژوهش، توصیه می‌شود در خاک‌های با آهک کل بیشتر از 14 و آهک فعال بیشتر از 5 درصد از پایه سوینگل‌سیتروملو استفاده نشود. همچنین توصیه می‌شود از مصرف خاکی کودهای آهن و منگنز برای رفع کمبود این عناصر در این پایه و پیوندک اجتناب شود. و در پایان پیشنهاد می‌شود در مورد روند رشد و پاسخ پایه‌های در حال توسعه در شرق مازندران مانند ترویرس‌ترینج، کاریزوسیترنج و سی-35 به خاک‌های این منطقه، پژوهش‌های مشابه‌ای انجام شود.

آپوپلاست سلول‌های برگ، ریشه و کاهش راندمان فیزیولوژیکی آن است به طوری که حدود 0/42 درصد آهن ریشه و 30 درصد آهن برگ به شکل فعال بود. اما بین قابلیت استفاده منگنز خاک با غلظت آن در ریشه و برگ رابطه رگرسیونی معنی‌داری وجود نداشت همچنین بین غلظت منگنز در ریشه با غلظت آن در برگ رابطه معنی‌داری مشاهده نشد و بر اساس نتایج این تحقیق، کمبود منگنز در برگ درختان مرکبات شمال کشور، به علت کمبود منگنز در خاک نیست بلکه ناشی از انتقال منگنز از ریشه به اندام هوایی است که با وجود غلظت زیاد منگنز در خاک و ریشه، غلظت منگنز برگ در همه خاک‌ها در دامنه کمبود قرار داشت. در مورد روی و مس نیز بین مس قابل استفاده در خاک با غلظت آن‌ها در ریشه

### فهرست منابع:

1. اسدی کنگرشاهی، علی و نگین اخلاقی امیری. 1394. بررسی شاخص درجه زردی پایه‌های مختلف مرکبات در خاک‌های آهکی شرق مازندران. چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، کرمان، ایران.
2. اسدی کنگرشاهی، علی و نگین اخلاقی امیری. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات. جلد اول، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران. صفحه 321.
3. اسدی کنگرشاهی، علی، غلامرضا ثوابی و نگین اخلاقی امیری. 1392. امکان استفاده از آهن فعال برای غربالگری ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات به خاک‌های آهکی. سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران.
4. اسدی کنگرشاهی، علی، غلامرضا ثوابی، محمود سمر و نگین اخلاقی امیری. 1392. بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات به آهک کل و فعال در خاک‌های آهکی شرق مازندران. سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران. دانشگاه شهید چمران اهواز، خوزستان، ایران.
5. اسدی کنگرشاهی، علی، نگین اخلاقی امیری و محمد جعفر ملکوتی. 1390. تاثیر مصرف چهار ساله روی بر عملکرد و کیفیت پرتقال سانگین. مجله علوم خاک و آب. جلد 42، شماره 1، دانشگاه تهران، تهران، ایران، صفحه 86-77.
6. اسدی کنگرشاهی، علی و مجتبی محمودی. 1379. ضرورت مصرف عناصر روی و منگنز در باغ‌های مرکبات شرق مازندران. مجله علمی پژوهش خاک و آب (ویژه نامه باغبانی)، موسسه تحقیقات خاک و آب. جلد 12 شماره 8، تهران، ایران، صفحه 105-103.
7. اسدی کنگرشاهی، علی و مجتبی محمودی. 1380. بررسی روند مصرف کودهای شیمیایی و پیامدهای ناشی از آن در استان مازندران. هفتمین کنگره علوم خاک ایران، شهرکرد، ایران..
8. اسدی کنگرشاهی، علی، نگین اخلاقی امیری، مجتبی محمودی و محمد جعفر ملکوتی. 1381. شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در مرکبات مازندران (محدودیت‌ها و توصیه‌ها): قسمت دوم - عناصر ریزمغذی. نشریه فنی شماره 269. نشر آموزش کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

9. اسدی کنگرشاهی، علی، محمد جعفر ملکوتی و علی چراتی. 1385. کالیبراسیون منگنز تحت شرایط مزرعه‌ای و نقش آن در عملکرد سویا. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد 37، شماره 5، دانشگاه تهران، تهران، ایران، صفحه 845-839.
10. اسدی کنگرشاهی، علی و محمد جعفر ملکوتی. 1386. تأثیر مصرف روی در رشد، غلظت و جذب روی توسط سویا. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد 38، شماره 2، دانشگاه تهران، تهران، ایران، صفحه 328-321.
11. اسدی کنگرشاهی، علی، محمد جعفر ملکوتی و علی چراتی. 1385. کالیبراسیون روی تحت شرایط مزرعه‌ای و نقش آن در عملکرد سویا. مجله علوم خاک و آب. جلد 17، شماره 2، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران، صفحه 122-115.
12. خانبلوکی، گلاره، حسین میرحسینی و بابک متشعزاده. 1394. تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفری و کادمیم خاک در جذب کادمیم توسط گندم و سورگوم. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد 5، شماره 4، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، صفحه 210-203.
13. طهرانی، محمد مهدی، محمد پسندیده و محمد حسین داودی. 1390. تعیین پراکنش و توصیه عناصر کم مصرف در اراضی تحت کشت آبی استان های 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.
14. Ammari, T. & Mengel, K. 2006. Total soluble Fe in soil solution of chemically different soils. *Geoderma*.136: 876 – 885.
15. Asadi Kangarshahi, A., & Akhlaghi, N. 2008. Investigation of physicochemical condition and fertilization methods to citrus gardens of Mazandaran, Iran. 11<sup>th</sup> International Citrus Congress (ICC2008). Hubei, China.
16. Bashour, I. & Sayegh, A. A. 2007. *Methods of Analysis for Soils of Arid and Semi-Arid Regions*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. P. 49-53.
17. Boman, B. J., Obreza, T. A. & Morgan, K. T. 2008. Citrus Best Management practices: Fertilizer rate recommendation and precision application in Florida. Proceeding of The 11<sup>th</sup> International Society of Citriculture. pp. 573 – 578.
18. Byrne, D. H., Rouse, R. E. & Sudahono. 1995. Tolerance to citrus rootstocks to lime-induced iron chlorosis. *Subtrop. Plant Science*. 47: 7 – 11.
19. Castle, W.S. & Nunnallee, J. 2009. Screening citrus rootstocks and related selections in soil and solution culture for tolerance to low-iron stress. *HortScience*. 44: 638-645.
20. Castle, W. S. , J. W. Grosser, F. G. Gmitter, R. J. Schnell, T. Ayala – Silva, J. H. Crane & K. D. Bowman. 2004. Evaluation of new citrus rootstocks for Tahiti lime production in Southern Florida. Proceeding of the Florida State Horticultural Society. 117: 174 -181.
21. Castle, B. & Stover, E. 2001. Update on use of swingle citromelo rootstock. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences.
22. Castle, W. S., H. K. Wutscher, C. O. Youtsey & R. R. Pelosi. 1988. Citrumelos as rootstocks for Florida citrus. Proceeding of the Florida State Horticultural Society. 101: 28 - 33.
23. Chen, Y. & P. Barak. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. *Adv. Agron*. 35: 217 – 240.
24. Cooper, W. C. 1961. Toxicity and accumulation of salts in citrus on various rootstocks in Texas. Proceeding of the Florida State Horticultural Society. 74: 95-104.
25. Davies, F. S. & L. G. Albrigo. 1994. Citrus. CAB International. P. 241.
26. Donnini, S., Castagna, A., Ranieri, A. & Zocchi, G. 2009. Differential responses in pear and quince genotypes induced by Fe deficiency and bicarbonate. *Journal of Plant Physiology*. 166: 1181-1193.



27. El-Otmani, M. 1996. Tolerance of seedlings of six citrus rootstocks to high soil calcium carbonate content. *Proceedings of the International Society of Citriculture* 1: 190-195.
28. Embleton, T. W., Jones, W. W., Labanauskas, C. K. & Reuther, W. 1973. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization (W. Reuther, ed.). *The Citrus Industry*, Vol.3, pp. 183 – 210. Div. Agri. Sci., Berkeley, Calif, USA.
29. Fadl, A., El-Otmani, M., Benismail, M. C., Abouatallah, A. & El-Jaouhari. 2008. Optimizing irrigation water supply in a young citrus orchard. *Proceeding of The 11<sup>th</sup> International Society of Citriculture*. pp. 573 – 578.
30. Gee, G. W. & Bauder, J. W. 1986. Particle size analysis. P. 383 – 411. In: A. Klute, (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part1. SSSA, Madison, WI*.
31. Ghosh, M. & Singh, S. P. 2005. A comparative study of cadmium phytoextraction by accumulator and weed species. *Environmental Pollution*. 133: 365-371.
32. Jaegger, B., Goldbach, H. & Sommer, K. 2000. Release from lime induced iron chlorosis by CULTAN in fruit trees and its characterization by analysis. *Acta Horticulturae*. 531: 107 – 113.
33. Katyal, J. C. & Sharma, B. D. 1980. A new technique of plant analysis to resolve iron chlorosis. *Plant and Soil*. 55: 105- 119.
34. Kosegarten, H., Hoffman, B., Roco, E., Grolig, F., Gluesenkamp, K., & Mengel, K. 2004. Apoplastic pH and Fe<sup>III</sup> reduction in young sunflower (*Helianthus annuus*) roots. *Physiologia Plantarum*. 122: 95 – 106.
35. Kosegarten, H., Hoffmann, B. & Mengel, K. 1999. Apoplastic pH and Fe<sup>3+</sup> reduction in intact sunflower leaves. *Plant Physiology*. 121: 1069 – 1079.
36. Levy, Y. & J. Shalheret. 1990. Ranking the salt tolerance of citrus rootstocks by juice analysis. *Scientia Horticulturae*. 45: 89-98.
37. Lindsay, W. L. & Norvel, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*. 42: 421- 428.
38. Loeppert, R. H., Wei, L. C., Ocumpaugh, W. R. 1994. Soil factors influencing the mobilization of iron in calcareous soils. In: Manthey, J.A., Crowley, D.A., Luster, D.G.(Eds.), *Biochemistry of Metal Micronutrients in the Rhizosphere*. Lewis Publishers. Boca Raton. PP. 343 – 360.
39. Louzada, E. S. , del Rio, H. S., Setamou, M., Watson, J. W. & Swietlik, D. M. 2008. Evaluation of citrus rootstocks for the high pH, calcareous soils of South Texas. *Euhytica*. 164: 13 – 18.
40. Manthey, J. A., D. L. McCoy & D. E. Crowley. 1994. Stimulation of rhizosphere iron reduction and uptake in response to iron deficiency in citrus rootstocks. *Plant Physiology Biochemistry*. 32: 211- 215.
41. Marchal, J. 1984. Citrus. In: P. Martin et al., (Eds.), *Plant Analysis as a guide to the Nutrient Requirements of Temperate and Tropical Crops*, ( pp. 320 – 354). Lavoisier Publishing INC. New York.
42. Mclean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. P. 199- 224. In: A.L. Page et al. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. SSSA. Madison, WI*.
43. Mengel, K. 1995. Iron availability in plant tissues-iron chlorosis in calcareous soils, in: J. Abadia (Ed.), *Iron Nutrition in Soils and Plant*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 389-397.
44. Mengel, K. & E. Kirkby. 2001. *Principles of plant nutrition*. 5<sup>th</sup> edition, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands.
45. Mohammad, M. J., Najim, H. & Khresat, S. 1998. Nitric acid- and O-Phenanthroline-extractable iron for diagnosis of iron chlorosis in citrus lemon trees. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 29: 1035 – 1043.

46. Mortvedt, J. J., Cox, F. R., Shuman, L. M. & Welch, R. M. 1991. Micronutrients in Agriculture. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
47. Nelson, D. W. & Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P. 539 – 579. In: A.L. Page et al. (eds.), Methods of Soil Analysis. Part II. 2th ed. ASA, SSSA, Madison, WI.
48. Neaman, A., & Aguirre, L. 2007. Comparison of different methods for diagnosis of iron deficiency in avocado. Journal Plant Nutrition. 30: 1098 – 1108.
49. Olsen, S. R. & Sommers, L. E. 1982. Phosphorus. In: A.L. Page et al., (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Monograph no 9. (pp. 403-430). American Agronomy, Madison, WI.
50. Pestana, M., de Varrnes, A., Abadia, J. & Araujo Faria, E. 2005. Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstocks grown in nutrient solution. Scientia Horticulturae. 104: 25 – 36.
51. Pestana, M., David, M., de Varennes, A., Abadia, J. & Faria, E. A. 2001. Responses of Newhall orange trees to iron deficiency in hydroponics: effects on leaf chlorophyll, photosynthetic efficiency and root ferric chelate reductase activity. Journal of Plant Nutrition. 24: 1609-1620.
52. Qrtiz, P. R., Meza, B. J. C., Garza Requena, F. R., Flores, G. M. & Etchevers Barra, J. D. 2007. Evaluation of different iron compound in chlorotic Italian lemon. Plant Physiology and Biochemistry. 45: 330-334.
53. Sagee, O., Hasdai, D., Hamou, M. & Shaked, A. 1992. Screenhouse evaluation of new citrus rootstocks for tolerance to adverse soil condition. Proceedings International Society Citriculture. 1: 299 – 303.
54. Schneider, A. 1997. Release and fixation of potassium by a loamy soil as affected by initial water content and potassium status of soil samoles. European Journal of Soil Science. 48: 263 – 271.
55. Singh. A., Naqvi, S., and Singh, S. 2002. Citrus Germplasm Cultivar and Rootstocks. Natural Research Centre for Citrus, Kalyani publishers. New Delhi, India.
56. Sudahono, Byrne, D. H. & Rouse, R. E. 1994. Greenhouse screening of citrus rootstocks for tolerance to bicarbonate-induced iron chlorosis. HortScience. 29: 113 – 116.
57. Sun, Y., Qixing, Z. & Chunyan, D. 2008. Effects of cadmium and arsenic on growth and metal accumulation of Cd-hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. Bioresource Technology. 99: 1103-1110.
58. Wright, G. C., Tilt, P. A. & Pena, M. A. 1999. Results of scion and rootstock trials for citrus in Arizona. Final report for project 98-12. University of Arizona, College of Agriculture.
59. Wutscher, H. K., Maxwell, N. P. & Shull, A. V. 1975. Performance of nucellar grapefruit (*Citrus Paradisi Macf.*) on 13 rootstocks in south Texas. Journal of the American Society for Horticultural Science. 100: 48 - 51.
60. Yang, L., Li, G., Lin, Q. & Zhao, X. 2010. Active carbonate of chestnut soils in different lands. Ecology Environmental Science. 19: 428 – 432.

## Growth Trend, Nutritional Responses, and Chlorosis Degree of Satsuma Mandarin in Calcareous Soils of East Mazandaran

A. Asadi Kangarshahi<sup>1</sup> and N. Akhlaghi Amiri

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

Assistant Professor., Agronomy and Horticultural Science Department of Agricultural and Natural Resources Education and Research Center of Mazandaran, Iran; E-mail: neginakhlghi@yahoo.com

Received: September, 2016 & Accepted: May, 2017

### Abstract

In this research, the reaction of Satsuma mandarin (on Swingle citromelo rootstock) to calcareous soils was investigated in pots with soils from east of Mazandaran province, using a randomized complete block design. The highest mean of shoot dry weight was obtained in soils with 14% total lime and 5% active lime. The highest chlorosis was observed in soils from west of Neka and east of Sari with 30 and 45% total lime and 14 and 16% active lime, while the least chlorosis was obtained in soils with no lime or with 3% active lime and 2% to 9% total lime. Total and active iron concentration in leaves and root did not have a significant relationship with degree of leaf chlorosis and soils with 2% total lime (south of Babol) and 9% total lime (west of Ghaemshar had the highest total iron concentration in root and the least symptoms of leaf chlorosis. Mean iron concentration in root was about 7.5 times that of leaves that showed iron accumulation and deposition in root. Mean Mn concentration in leaves in most soils was lower than optimum ( $>25 \text{ mgkg}^{-1}$ ) while soils available Mn was more than optimum ( $2.5 \text{ mgkg}^{-1}$ ) for citrus trees. Mean Mn concentration in roots was about 3.3 times that of leaves. In contrast, although available Zn of some soils was lower than optimum, in most soils, Zn concentration of leaves was in the optimum range. In general, according to results of this research, Satsuma mandarin on Swingle citromelo rootstock is inappropriate in soils with total lime more than 14% and active lime more than 5%. Also, due to low absorption and transmission efficiency from roots to shoots and severe deficiency in leaves, Mn is the most limiting microelement for this rootstock-scion combination.

**Keywords:** Calcium carbonate, Citrus, Swingle citromelo rootstock, Vegetative growth.

---

<sup>1</sup> Corresponding author: Sari- Agricultural and Natural Resources Education and Research Center of Mazandaran, Department of Soil and Water.