بررسی مقدار رشد و ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی نارنگی انشو با پایه سی **-35** در چند خاک آهکی

علی اسدی کنگرشاهی[1] 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، ساری، 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، ساری، ایران؛ **neginakhlaghi@yahoo.com**

دریافت: **98/11/2** و پذیرش: **99/4/25**

چکیده

با توجه به گسترش بیماری تریستیزا در شرق مازندران، حساسیت نارنج (پایه معمول منطقه) به این بیماری و متحمل بودن پایه سی-35 به عنوان یکی از پایه‌های جایگزین، و همچنین تغییرات زیاد آهک در خاک‌های منطقه و روند توسعه و ترویج سی-35، در این پژوهش پاسخ نارنگی انشو با پایه سی-35 به خاک‌های آهکی شرق مازندران در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بررسی شد. بر پایه نتایج، بیشترین میانگین وزن خشک اندام هوایی در خاک‌های جنوب بابل با مقدار آهک کل 2% حاصل شد. بیشترین درجه زردی برگ در خاک غرب ساری با آهک فعال 10% و آهک کل 25% به دست آمد و کمترین درجه زردی در خاک‌های بدون آهک فعال و آهک کل 2% ثبت شد. در خاک جنوب ساری با آهک 14%، بیشترین غلظت آهن کل و کمترین غلظت آهن فعال در ریشه وجود داشت. میانگین غلظت آهن کل در ریشه‌ها حدود یازده برابر میانگین غلظت آن در برگ‌ها بود که تجمع و رسوب آهن در ریشه‌ها را نشان می‌داد. مقدار منگنز قابل استفاده برای درختان مرکبات در بیشتر خاک‌ها بیش از حد مطلوب بود اما میانگین غلظت منگنز برگ در بیشتر خاک‌ها کمتر از حد کفایت بود. به طور کلی، میانگین غلظت منگنز در ریشه حدود 4/7 برابر میانگین غلظت آن در برگ بود. همچنین از بین عناصر کم مصرف مورد بررسی، با توجه به شدت کمبود منگنز و راندمان پایین انتقال آن از ریشه به برگ، منگنز محدود کننده‌ترین عنصر برای این پایه و پیوندک بود. نتایج میانگین مقدار کلروفیل و شاخص فلورسنس کلروفیل(F_v/F_m) برگها نشان داد که خاک‌های با آهک کل کم (جنوب بابل و غرب قائم‌شهر) بیشترین مقدار کلروفیل و شاخص فلورسنس را داشتند. به طور کلی، با توجه به نتایج این پژوهش، بافت خاک در تحمل پایه سی-35 به خاک‌های آهکی تأثیر دارد و در خاک‌هایی با بافت نسبتا سنگین و سنگین، و آهک کل بیش از دامنه 9% تا 14%، این پایه علائم شدید زرد برگی و کاهش رشد نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: رشد رویشی، شاخص فلورسنس، کلروز، کلروفیل، مرکبات

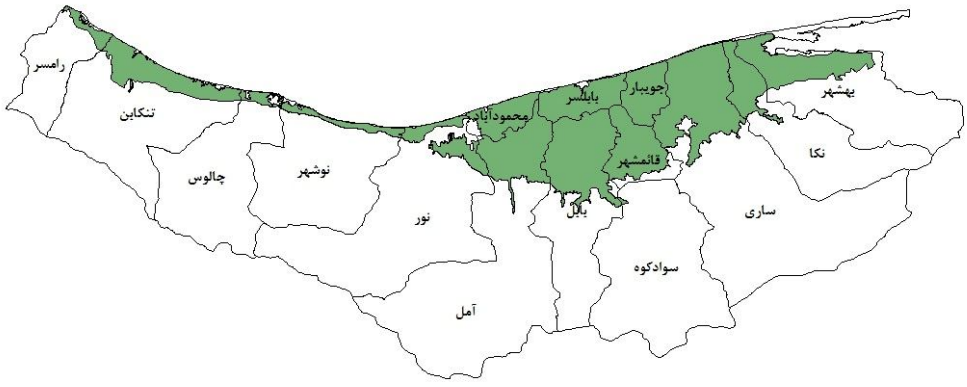
---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

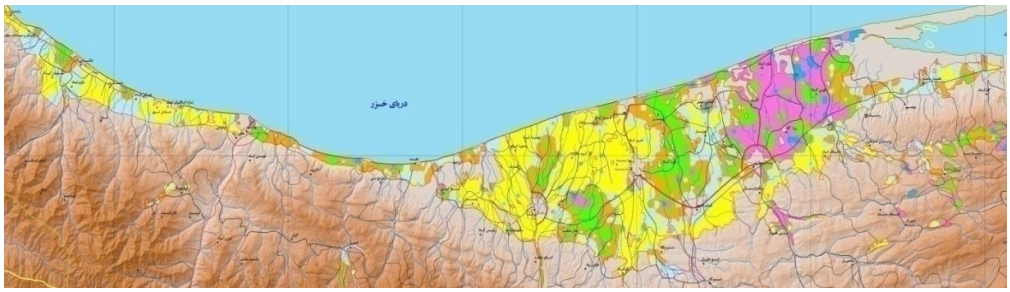
مقدمه

بافت خاک یکی از مهمترین ویژگی‌های فیزیکی خاک است که در تهویه و جذب آهن نقش دارد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).در استان مازندران، در بخش‌های جنوبی منطقه (پایین دست ارتفاعات در امتداد بخش‌های جنوبی) رسوبات لسی قرار دارند پس از آن، آبرفت‌های رودخانه‌ای با بافت سنگین تا متوسط هستند که تا وسط دشت ادامه دارند و از وسط دشت تا حاشیه دریا، آبرفت‌های رودخانه‌ای با بافت متوسط تا سبک قرار دارند در حاشیه سواحل، آبرفت‌های کم عمق رودخانه‌ای با بافت سبک قرار دارند که بر روی رسوبات ساحلی با بافت بسیار سنگین قرار دارند و پس از آن، رسوبات ساحلی با بافت سبک هستند که در امتداد دریای مازندران قرار دارند و حاشیه باریکی را تشکیل میدهند (ایزدپناه، 155؛ رامشنی و بنایی، 1362).یکی از مهمترین ویژگی‌های شیمیایی خاک نیز 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 (شکل‌های1و2) به طوری که مقدار کربنات کلسیم خاک در شرق ساری و نکا به بیشتر از 40 درصد می‌رسد (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ طهرانی و همکاران، 1390).

تحمل درختان مرکبات به آهک خاک و کلروز بیشتر به پایه آنها بستگی دارد. پایه سی-35 نیز در سال‌های اخیر به صنعت مرکبات استان مازندران وارد شده است و در این مناطق در حال گسترش و ترویج است در حالی که مشاهدات میدانی نگارندگان درباغ‌های مرکبات منطقه شرق مازندران و همچنین برخی گزارش‌های از منابع علمی نشان داده است که این پایه در خاک‌های با آهک زیاد، اغلب دچار کلروز ناشی از آهک می‌شود (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393؛ لوزدا و همکاران، 2008). گزارش‌های زیادی در مورد کلروز آهن درختان مرکبات در خاک‌های آهکی وجود دارد (مارتینز و همکاران،2017؛ پستانا و همکاران، 2005) کلروز شدید آهن، ممکن است منجر به کاهش یا توقف کامل باردهی محصول و کاهش سود اقتصادی باغدار شود. به طور معمول روش‌های جلوگیری یا رفع کلروز آهن، غیر قابل اطمینان و گران هستند و مناسب‌ترین روش برای جلوگیری از کلروز آهن، استفاده از پایه مناسب در زمان احداث باغ است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397؛ مورالس و همکاران، 1998). نتایج پژوهش‌های لوزدا و همکاران (2008) نشان داده است که پایه‌های سی_ 35 در خاک‌های آهکی کلروز آهن نشان می‌دهند و شدت کلروز به تدریج با افزایش سن درختان تشدید و موجب زوال درختان شد.



شکل 1- مناطق سبز رنگ (اراضی زراعی) و سفیدرنگ (اراضی غیرزراعی) مرز انتقالی تقریبی مناطق دامنه‌ای و دشت را در شهرستان‌های مختلف استان مازندران نشان می‌دهد



شکل 2- 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).

به طور کلی آهن به عنوان یک کوفاکتور مهم برای بسیاری از آنزیم‌ها است برخی از این آنزیم‌ها، در بیوسنتز کلروفیل نقش اساسی دارند. لذا کمبود آهن می‌تواند موجب کاهش غلظت کلروفیل، کلروفیل a ، کلروفیل b و کاروتنوئیدها شود (لاربی و همکاران، 2006؛ ملاسیوتیس و همکاران، 2006). این زردی یا کلروز آهن می‌تواند موجب کاهش عملکرد، کیفیت و تأخیر در رسیدن میوه مرکبات شود (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 (کاستل و همکاران، 2010، پستانا و همکاران، 2001). بررسی‌ها برای انتخاب پایه جایگزین نارنج در خاک‌های آهکی جنوب تگزاس نشان داد که سی-35 پایه مناسبی برای این خاک‌ها نمی‌باشد (لوزادا و همکاران، 2008).

نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده است که از برخی پارامترهای فتوسنتز مانند غلظت کلروفیل و شاخص فلورسنس کلروفیل می‌توان برای انتخاب و غربالگری ژنوتیپ‌های مختلف به تنش‌های محیطی استفاده شود، این پارامترهای فتوسنتزی هر گونه تنش و محدودیت در فرآیندهای فتوسنتزی را به خوبی نشان می‌دهند و ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به تنش، تغییرات کمتری در پارامترهای فتوسنتزی در پاسخ به تنش دارند (میشرا و همکاران، 2011؛ سالیسبوری و روس، 1992؛ بلخدجی و همکاران، 1994). با اندازه‌گیری فلورسنس کلروفیل، می‌توان‌عملکرد دستگاه فتوسنتزی را به خوبی پایش کرد و این فلورسنس در پاسخ به تنش‌ها تغییر می‌کند، بنابراین می‌تواند در ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان به تنش‌های مختلف استفاده شود (پدروس و همکاران، 2008). همچنین نتایج پژوهش‌های اسدی و همکاران (1392)نشان داد که فلورسنس کلروفیل می‌تواند به عنوان یک روش جدید و در حال توسعه برای انتخاب و غربالگری ژنوتیپ‌های مختلف مرکبات به تنش استفاده شود، به طوری که با افزایش تنش، نشر فلورسنس پایه (F_0) افزایش می‌یابد و همبستگی معنی‌داری بین شاخص فلورسنس و تحمل به تنش ماندار ژنوتیپ‌های مختلف وجود دارد.

پیش‌بینی امکان توسعه کلروز آهن درختان میوه، در زمان احداث باغ، اهمیت بسیار زیادی در باغداری دارد و اشتباه در این مرحله، موجب کاهش رشد، عملکرد و کیفیت میوه، افزایش هزینه‌های مدیریت باغ برای رسیدن به عملکرد مطلوب می‌شود (لوپرت و همکاران، 1994؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397). با توجه به گسترش بیماری تریستیزا در استان مازندران و حساسیت نارنج پایه معمول منطقه به این بیماری، دامنه تغییرات زیاد آهک در خاک‌های منطقه (از صفر تا بیشتر از 40 درصد)، روند افزایش تدریجی آهک در مناطق جلگه‌ای و دشت، از میانه به طرف شرق و همچنین در مناطق دامنه‌ای، میان‌بند و حاشیه جنگل‌ها (جنوب) به طرف منطقه جلگه‌ایی و دشت (شمال) و همچنین روند توسعه و ترویج سی-35 به عنوان پایه جایگزین برای مرکبات در این مناطق(اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397)، بررسی پاسخ این پایه به مقادیر مختلف آهک در خاک‌های این منطقه بسیار ضروری است. پایه سی-35، هیبرید پرتقال خونی و پونسیروس(Red blood orange×trifolia orange) است که ابتدا در کالیفرنیای آمریکا تولید شد و مقاومت خوبی به فیتوفترا، تریستیزا، و نماتد مرکبات دارد این پایه معمولا موجب کاهش اندازه تاج درختان تا حدود 25 درصد می‌شود همچنین عملکرد و کیفیت میوه روی این پایه بسیار خوب گزارش شده است (سینگ و همکاران، 2002؛ اخلاقی امیری، 1399). بنابراین، پژوهش حاضر به ارزیابی روند رشد، پاسخ‌های تغذیه‌ای و تحمل نارنگی انشو با پایه سی-35 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 باغ‌های 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)، 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) اندازه گیری شد.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 (جدول1).

مقدار 30 کیلوگرم خاک از نمونه‌های خاک موردنظر، در سطل‌های پلاستیکی ریخته شد. کود نیتروژنی به میزان 60 میلی‌گرم نیتروژن خالص در کیلوگرم خاک به صورت سولفات آمونیوم اضافه گردید (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397). قبل از کاشت، کودهای فسفر (سوپر فسفات تریپل) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) فقط به خاک‌هایی افزوده شد که به ترتیب کمتر از 15 میلی‌گرم درکیلوگرم فسفرقابل استفاده (اولسن و سامر، 1982)و 300 میلی‌گرم درکیلوگرم پتاسیم قابل استفاده به روش استات آمونیوم داشتند، 20میلی‌گرم 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، 1397). سپس نهال‌های نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی-35(جدول 2) 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 درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت خاک با دامنه متفاوت کربنات کلسیم معادل در 4 تکرار با 28 گلدان انجام شد. بعد از کاشت نهال‌ها، درطول دوره رشد، تغذیه به صورت کود آبیاری با کودهای نیترات پتاسیم (1/4 میلی‌مول در لیتر)، سولفات پتاسیم (0/6 میلی‌مول در لیتر)، سولفات منیزیوم (یک میلی‌مول در لیتر)، مونوآمونیوم فسفات (0/6 میلی‌مول در لیتر)، سولفات آمونیم (3 میلی‌مول در لیتر)، مولیبدات آمونیوم (یک 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 طورمنظم انجام شد. نمونه‌های برگ در مرداد ماه از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر نهال تهیه شد (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1397).نمونه‌های گیاه ابتدا به روش خشک اکسید شد و سپس غلظت آهن، منگنز، روی و مس توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

آهن فعال

اندازه‌گیری آهن فعال به روش عصاره‌گیری با محلول فنانترولین 1/5 درصد و قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد (اسدی و همکاران، 1394؛ باسار،2003).).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 شد (باسار، 2003؛ نیامن و اگوری، 2007).

آهک فعال

کربنات کلسیم یا آهک فعال به روش تیتره کردن با پرمنگنات پتاسیم اندازه‌گیری شد(باشور و سایه، 2007). به طور کلی آهک فعال، معرف بخشی از آهک خاک است که سطح ویژه بالایی (تقریباً معادل رس خاک) داشته و بسیار واکنش‌پذیر می‌باشد. این آهک فعال به طور غیر مستقیم مسئول کاهش رشد و ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی مانند عارضه زرد برگی است(کاستل و نونالی، 2009؛ یاتگ و همکاران،2010).

شاخص فلورسنس

شاخص فلورسنس کلروفیل در برگ‌های جوان کاملا توسعه یافته نهال‌ها در خاک‌های مختلف{F_0: فلورسنس پایه، F_m: فلورسنس حداکثر در اولین پالس اشباع نوری بعد از سازگاری با تاریکی و F_v: تغییرات فلورسنس(F_m-F_0)} با استفاده از فلورومتر پرتابل(Efficiency Analyser, PEA, Hansatech Instrument Ltd., EnglandPlant)، بعد از30 دقیقه انطباق تاریکی اندازه‌گیری شد. برای سازگاری با تاریکی، ابتدا بخشی از برگ نهال‌ها (با کلیپ‌های مخصوص) برای مدت زمان 30 دقیقه در تاریکی قرار داده شد. پس از اتمام سازگاری با تاریکی، با قرار دادن سنسور فلورومتر به

کلیپ‌ها، ارتباط اندام سازگاری شده با تاریکی و منبع نور تنظیم شده فلورومتر برقرار نموده و پارامترهای فلورسنس کلروفیل قرائت گردید. سپس شاخص تغییرات کلروفیل فلورسنس($F_v/F_m =(F_m-F_0)/F_m$) محاسبه گردید(مگسول و جانسون، 2000؛ آربنا و همکاران، 2009).

شاخص درجه زردی

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 3) داده شد (اسدی کنگرشاهی، 1397؛ بایرن و همکاران، 1995).

غلظت کلروفیل برگ:در سال دوم آزمایش، نمونه‌های برگ از هر تیمار تهیه شد (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1397). مقدار 0/2 گرم از نمونه برگ‌های هر تیمار به دقت وزن، در هاون چینی ساییده و استون 80 درصد به آن اضافه شد. سپس محلول حاوی کلروفیل نمونه‌ها استخراج و میزان جذب آن‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. برای این منظور، ابتدا قرائت اسپکتروفتومتر برای استون روی صفر تنظیم شد و میزان جذب محلول در طول موج های 645 نانومترو 663 نانومتر قرائت شد. سپس غلظت کلروفیل محاسبه شد (آبادیا و آبادیا، 1993).

ضریب انتقال

ضریب انتقال[1] عناصر غذایی که توانایی گیاهان برای انتقال عناصر از ریشه به برگ‌ها را نشان می‌دهد از طریق رابطه زیر محاسبه شد (اسدی کنگرشاهی، 1397).

$$TF = C_{NEL} / C_{NE.R}$$

TF = ضریب انتقال

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

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

به طور کلی پاسخ‌های گیاهی شامل روند رشد رویشی، وزن خشک، شاخص‌های درجه زردی برگ (بایرن و همکاران، 1995)، رابطه آهک فعال در خاک (باشور و سایه، 2007) با آهن فعال در برگ، غلظت نیتروژن به روش کجلدال (بریمر، 1996)، فسفر به روش مولیبدات وانادات (کیتسون و ملون، 1944)، سولفور به روش کدورت سنجی (جونز و همکاران، 1991)، پتاسیم به روش نشر اتمی، کلسیم، منیزیم، آهن کل، منگنز، روی و مس به روش جذب اتمی (رایت و استوزینکی، 1996)، آهن فعال به روش عصاره‌گیری با محلول فنانترولین (باسار، 2003) در برگ و ریشه(اسدی کنگرشاهی، 1392) بود. در پایان، کلیه داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزارهایSPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین پارامترهای مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شدند و توصیه‌های لازم ارائه شد.

نتایج و بحث

روند رشد رویشی و وزن خشک

نتایج میانگین وزن خشک اندام هوایی نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی-35 از خاک یک با آهک کل دو درصد حاصل شد. در مقابل کمترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه از خاک شش با آهک کل 25 و آهک فعال 10 درصد بود (شکل 2). نتایج میانگین روند رشد قطری نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی-35 در خاک‌های مختلف در طول دوره رشد نشان داد که بیشترین رشد قطری در پایان دوره از خاک دو با آهک کل 9 درصد و کمترین رشد از خاک‌های شش و هفت با آهک کل 40 درصد حاصل شد (شکل3).

شاخص درجه زردی برگ

نتایج میانگین درجه کلروز نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی-35در خاک‌های مختلف نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین درجه کلروز به ترتیب از خاک‌های شش (آهک 25 درصد) و یک (آهک دو درصد) حاصل شد. میانگین درجه کلروز در خاک‌های چهار و هفت به ترتیب با آهک‌های کل 30 و 45 درصد و آهک فعال 14 و 16 درصد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند و پس از خاک شش قرار داشتند. همچنین میانگین درجه کلروز در خاک‌های سه و پنج یکسان بود و از نظر درجه کلروز، پس از خاک‌های چهار و هفت قرار گرفتند(شکل3).علائم درجه زردی برگی نارنگی انشو با پایه سی-35 در خاک‌های مختلف در شکل 4 نشان داده شده است.

[1] Translocation Factor

جدول 1- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد آزمایش

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

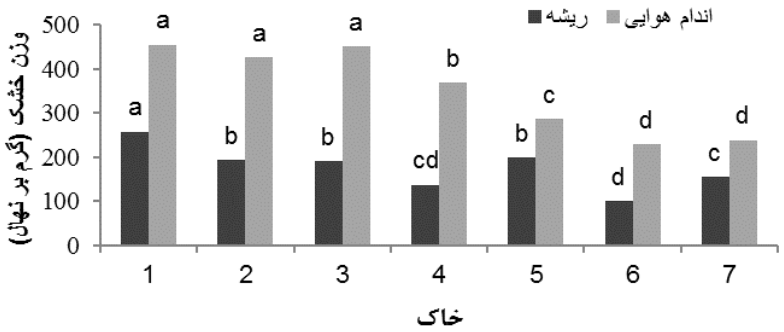
جدول 2- برخی ویژگی‌های پایه* مورد آزمایش

نام فارسی	نام لاتین	ویژگی		
		هیبرید	واکنش به تریستیزا	واکنش به سرما
سی_35	C- 35	Ruby Blood orange & P. trifoliate	متحمل	متحمل

*منبع (سینگ و همکاران، 2002)

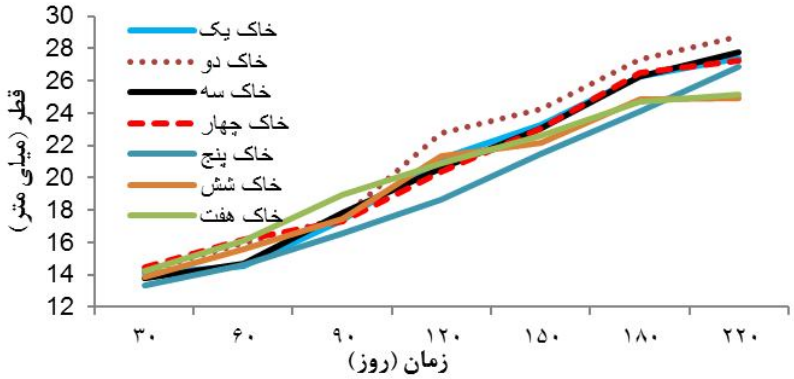
جدول 3- راهنمای تعیین درجه زردی برگ (براساس درجه زردی برگ‌های جدید توسعه یافته و شمارش آن‌ها)

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

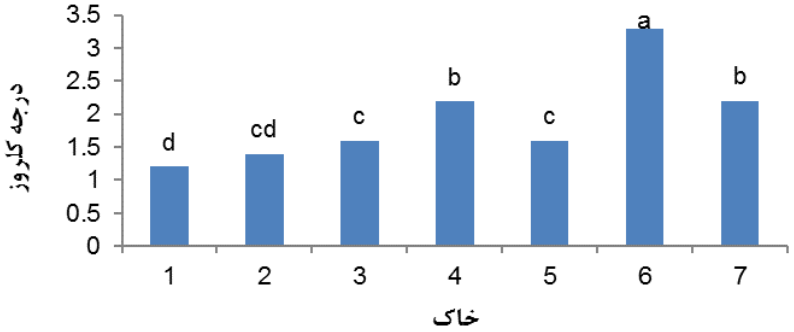


شکل 2- میانگین وزن خشک اندام هوایی و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی- 35 در خاک‌های مختلف

(میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند)



شکل 3- میانگین روند رشد قطری نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی- 35 در خاک‌های مختلف



شکل 4- میانگین درجه زردی برگ نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی- 35 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 عناصر پر مصرف در برگ و ریشه

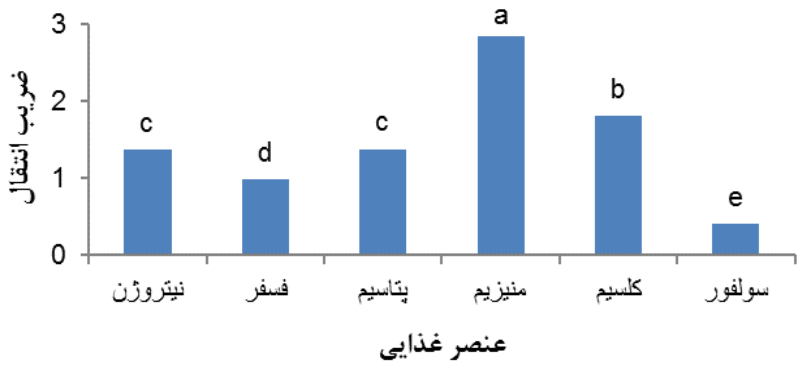
نتایج میانگین غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد در ریشه و برگ نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی-35 در جدول‌های چهار و پنج نشان داده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که غلظت نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و کلسیم در ریشه کمتر از غلظت آن‌ها در برگ بود به طوری که میانگین غلظت نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و کلسیم در برگ به ترتیب حدود 1/36، 1/37، 2/83، 1/18 برابر غلظت آنها در ریشه بود که نشان می‌دهد منیزیم از بیشترین اختلاف غلظت بین ریشه و برگ برخوردار بود. غلظت فسفر در ریشه و برگ تقریباً یکسان بود اما غلظت گوگرد در ریشه بسیار بیشتر از برگ بود به طوری که میانگین غلظت گوگرد در ریشه‌ها 0/448 درصد و در برگ‌ها 0/183 درصد بود که میانگین غلظت آن ریشه حدود 2/45 برابر برگ است. میانگین ضریب انتقال عناصر پر مصرف نشان داد که گوگرد کمترین ضریب انتقال و منیزیم بیشترین ضریب انتقال از ریشه به اندام هوایی را داشتند و عناصر کلسیم، پتاسیم، نیتروژن و فسفر به ترتیب پس از منیزیم قرار داشتند و دامنه این میانگین ضرایب انتقال برای عناصر پر مصرف از 0/40 تا 2/84 متغیر بود که نشان دهنده تفاوت در روند تجمع و تخلیه عناصر در ریشه است (شکل 5).

جدول 4- میانگین غلظت عناصر پر مصرف برگ نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی- 35 در خاک‌های مختلف

خاک	غلظت عناصر در برگ (درصد)					
	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	منیزیم	کلسیم	گوگرد
1	2/65a	0/136 b	1/45 b	0/415 d	3/72 bc	0/176 bc
2	2/30 c	0/156 a	1/23 c	0/549 bc	3/20 d	0/183 b
3	2/42 b	0/138 b	1/20 c	0/494 c	3/28 cd	0/159 c
4	2/22 c	0/128 c	1/09 d	0/607 a	3/82 b	0/141 d
5	1/94 d	0/132 bc	1/57 a	0/538 bc	3/39 c	0/218 a
6	2/43 b	0/136 b	1/11 d	0/582 b	3/93 b	0/225 a
7	2/56a	0/133 bc	1/22 c	0/561 b	4/51 a	0/178 b
میانگین	2/36	0/137	1/21	0/535	3/55	0/183

جدول 5- میانگین غلظت عناصر پر مصرف ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی- 35 در خاک‌های مختلف

خاک	غلظت عناصر در ریشه (درصد)					
	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	منیزیم	کلسیم	گوگرد
1	1/67b	0/157 ab	1/23 a	0/183 b	1/70 c	0/580 b
2	1/77 ab	0/167 a	0/774 c	0/153 c	1/37 d	0/329 d
3	1/76 ab	0/123 c	0/692 c	0/223 a	1/95 b	0/464 c
4	1/86 a	0/167 a	0/539 d	0/183 b	1/51 cd	0/354 cd
5	1/83 a	0/140 b	1/062 b	0/203 ab	2/04 b	0/457 c
6	1/53 c	0/101 c	0/693 c	0/163 bc	3/04 a	0/337 d
7	1/69 b	0/122 c	1/148 a	0/213 a	2/14 b	0/616 a
میانگین	1/73	0/140	0/88	0/189	1/96	0/448



شکل 5- میانگین ضریب انتقال عناصر پرمصرف از ریشه به اندام هوایی نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی- 35

غلظت عناصر کم مصرف در برگ و ریشه

نتایج میانگین غلظت آهن کل، آهن فعال، منگنز، روی و مس در ریشه و برگ نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی-35 در جدول‌های شش و هفت نشان داده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که غلظت آهن کل در ریشه بسیار بیشتر از برگ است به طوری که میانگین غلظت آهن در ریشه‌ها 1299 و در برگ‌ها 117 میلی‌گرم در کیلوگرم است. همچنین میانگین ضریب انتقال عناصر کم

مصرف (شکل 6) نشان داد که آهن کمترین ضریب انتقال و مس بیشترین ضریب انتقال از ریشه به اندام هوایی را دارد و عناصر روی و منگنز به ترتیب پس از مس قرار داشتند و دامنه این میانگین ضرایب انتقال برای عناصر کم مصرف از 0/09 تا 0/224 متغیر بود که نشان می‌دهد میانگین غلظت آهن کل در ریشه در خاک‌های مختلف در حدود 11 برابر غلظت آهن برگ است که نشان می‌دهد بیشتر آهن جذب شده از خاک‌ها در ریشه‌ها تجمع و رسوب کرده است که با نتایج دیگر پژوهشگران در خاک‌های آهکی مطابقت دارد که گزارش کردند بیشتر آهن جذب شده در آپوپلاست سلول‌های ریشه رسوب و ذخیره می‌شود (مورالس و همکاران، 1998؛ مارتینز و همکاران، 2017).

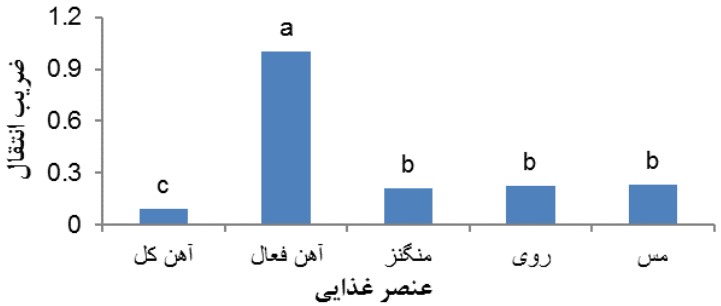
نتایج میانگین غلظت آهن فعال در ریشه و برگ نشان داد که غلظت آهن فعال در برگ و ریشه خاک‌های مختلف متفاوت بود به طوری که کمترین غلظت آهن فعال برگ از خاک با آهک 45 درصد حاصل شد که حدود 22 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. اما بیشترین غلظت آهن فعال ریشه از خاک‌های با آهک 9 درصد حاصل شد که حدود 58 میلی‌گرم در کیلوگرم 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 تقریباً برابر و حدود 34 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. نتایج میانگین غلظت منگنز نشان داد که ریشه‌ها در خاک‌های با آهک 9 و 40 درصد بیشترین غلظت منگنز را داشتند و غلظت منگنز آن‌ها حدود 65 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. اما میانگین غلظت منگنز برگ در همه خاک‌ها پایین بود به طوری که میانگین آن در خاک‌های مختلف از 9/2 تا 13/8 میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بود که بسیار کمتر از غلظت بهینه منگنز در برگ نارنگی‌های انشو می‌باشد (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1380 و 1381). به طور کلی میانگین غلظت منگنز در ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی-35 در خاک‌های مختلف 56/57 میلی‌گرم در کیلوگرم و در برگ 12 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نشان می‌دهد میانگین غلظت منگنز در ریشه 4/7 برابر میانگین غلظت منگنز برگ است.نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت منگنز در برگ نارنگی انشو با پایه سی-35 در همه خاک‌های آزمایشی کمتر از حد بهینه بود. نتایج میانگین غلظت روی در ریشه و برگ نشان می‌دهد که بیشترین غلظت روی ریشه از خاک پنج با آهک 40 درصد حاصل شد و غلظت روی آن198 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. در برگ، بیشترین غلظت روی از خاک یک با آهک دو درصد حاصل شد. میانگین غلظت روی در ریشه و برگ در خاک‌های مختلف به ترتیب حدود 91/2 و 20/43 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که نشان می‌دهد میانگین غلظت روی در ریشه حدود 4/46 برابر میانگین غلظت روی در برگ بود. نتایج میانگین غلظت مس در ریشه و برگ نشان می‌دهد که ریشه‌ها در خاک با آهک 40 درصد بیشترین غلظت مس (60 میلی‌گرم در کیلوگرم) داشتند. کمترین غلظت مس در ریشه حدود 14/1 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که در خاک با آهک 30 درصد حاصل شد. اما بیشترین و کمترین غلظت مس در برگ به ترتیب 9/2 و 4/6 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که از خاک‌های با آهک 45 و 2 درصد به دست آمد به طور کلی میانگین غلظت مس در ریشه حدود 4/28 برابر میانگین غلظت مس در برگ بود.

جدول 6- میانگین غلظت عناصر کم مصرف در برگ نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی- 35 در خاک‌های مختلف

خاک	غلظت عناصر در ریشه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)				
	آهن کل	آهن فعال	منگنز	روی	مس
1	1219 c	33c	46 c	82 b	82 b
2	974 d	58 a	59 ab	78 ab	78 ab
3	1976 a	16 d	65 a	97 a	97 a
4	1098 c	34 c	56 b	43 d	43 d
5	1371 b	19 d	65 a	98 a	98 a
6	1056 c	34 c	50 cb	69 c	69 c
7	1398 b	45 b	55 b	71 c	71 c
میانگین	1299	34/14	56/57	91/2	28/84

جدول 7- میانگین غلظت عناصر کم مصرف در ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی- 35 در خاک‌های مختلف

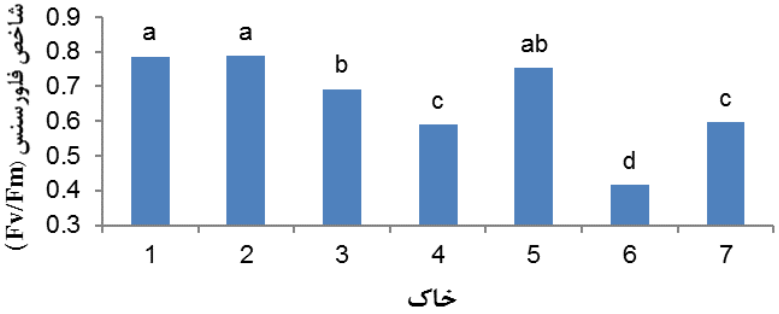
خاک	غلظت عناصر در برگ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)				
	آهن کل	آهن فعال	منگنز	روی	مس
1	82 c	50 a	11/4 b	28 a	4/6 d
2	123 b	32 b	9/2 c	21 b	6/9 bc
3	84 c	37 b	10/4 c	19 bc	5/1 d
4	118 b	37 b	13/7 a	15c	7/4 b
5	127 b	29 bc	13/1 a	18 bc	6/7 bc
6	129 b	23 c	12/5 ab	21 b	7/2 b
7	156 a	22 c	13/8 a	21 b	9/2 a
میانگین	117	34/14	12	20/43	6/73



شکل 6- میانگین ضریب انتقال عناصرکم مصرف از ریشه به اندام هوایی نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی- 35

شاخص فلورسنس

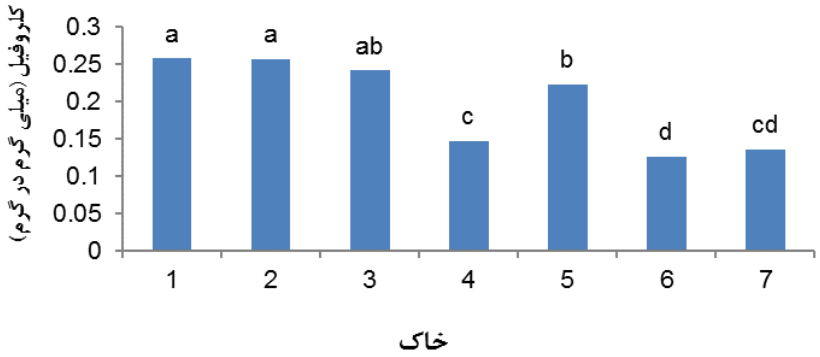
شاخص فلورسنس کلروفیل (Fv/Fm) برگ نارنگی انشو با پایه سی-35 نشان داد که نهال‌ها در خاک یک و دو، بیشترین شاخص فلورسنس داشتند (شکل 7). و در مقابل، کمترین شاخص از خاک شش حاصل شد. به طور کلی، متوسط شاخص فلورسنس کلروفیل نشان می‌دهد که خاک‌های پنج، سه، هفت و چهار به ترتیب پس از خاک‌های یک و دو قرار گرفتند. با توجه به نتایج این تحقیق، شاخص فلورسنس کلروفیل نارنگی انشو با پایه سی-35 در خاک‌های بدون آهک و آهک کم به طور متوسط حدود 0/78 می‌باشد (شرایط غیر تنش) و اعداد کمتر از آن نشان دهنده وجود تنش است، این نتیجه با یافته‌های دیگر محققان (اسدی و همکاران، 1392؛ پستانا و همکاران، 2005) تقریبا همخوانی دارد که عدد مناسب شاخص فلورسنس کلروفیل، را حدود 0/83 گزارش کرده‌اند و اعداد کمتر از آن را نشان دهنده وجود تنش دانستند. به طور کلی، شاخص فلورسنس کلروفیل، یک شاخص حساسیت برای راندمان عملکرد دستگاه فتوسنتزی گیاهان می‌باشد و نشر فلورسنس کلروفیل با فتوسنتز رابطه معکوس دارد و تحت شرایط تنش، تولید گرما در بافت‌های گیاهی (برای اتلاف زیادی انرژی) افزایش می‌یابد. اگر چه در برخی موارد، در مراحل اولیه تنش نشر فلورسنس ممکن است به طور موقت کاهش (افزایش موقتی شاخص فلورسنس) یابد. اما همواره یک تعادل نسبی بین سه مکانیسم عمده مصرف و اتلاف انرژی (فتوسنتز، تولید گرما و نشر فلورسنس کلروفیل) وجود دارد، این تعادل الگوی واقعی پایش فلورسنس کلروفیل را در تنش‌های مختلف تعیین می‌کند (سالیسبوری و روس، 1992). همچنین نتایج این پژوهش با گزارش‌های مارتینز و همکاران (2017) مطابقت دارد که نشان دادند کمبود آهن در برگ‌ها موجب کاهش کلروفیل، شاخص فلورسنس کلروفیل می‌شود.



شکل 7- میانگین شاخص فلورسنس برگ نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی- 35

کلروفیل برگ

نتایج اثر خاک‌های مختلف بر میانگین غلظت کلروفیل برگ نشان داد که بیشترین میانگین غلظت کلروفیل از خاک‌های یک و دو حاصل شد و کمترین میانگین غلظت کلروفیل از خاک شش به دست آمد و میانگین غلظت کلروفیل در خاک‌های سه، چهار، پنج و هفت به ترتیب پس از خاک دو قرار گرفتند (شکل 8). به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش کربنات کلسیم فعال خاک، میانگین غلظت آهن فعال برگ‌ها کاهش یافت و با کاهش میانگین غلظت آهن فعال برگ، میانگین غلظت کلروفیل برگ‌ها نیز کاهش نشان داد. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های گذشته مطابقت دارد که گزارش کردند کمبود آهن بر بیوشیمی، مورفولوژی و فیزیولوژی برگ درختان مرکبات تاثیر دارد، زیرا آهن یک کوفاکتور مهم برای بسیاری از آنزیم‌ها است که برخی از این آنزیم‌ها در بیوسنتز کلروفیل نقش اساسی دارند، بنابراین کمبود آهن می‌تواند موجب کاهش غلظت کلروفیل برگ شود و با کمبود آهن، غلظت کلروفیل کاهش می‌یابد (مارتینز و همکاران، 2017؛ لاربی و همکاران، 2006؛ ملاسیوتیس و همکاران، 2006).

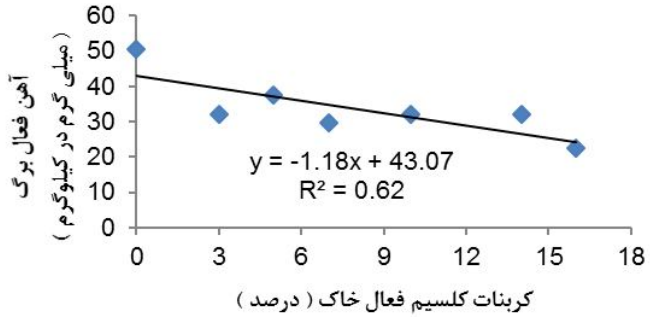


شکل 8- میانگین غلظت کلروفیل کل برگ نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی- 35

رابطه آهک فعال خاک با غلظت آهن فعال برگ

نتایج این پژوهش نشان داد بین آهک فعال خاک‌ها و غلظت آهن فعال برگ درختان نارنگی انشو با پایه سی- 35، همبستگی منفی معنی‌داری وجود دارد و با افزایش آهک فعال خاک‌ها، غلظت آهن فعال برگ کاهش یافت(شکل 9). به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین علائم زرد برگی (کلروز) در خاک‌شش با آهک کل 25 درصد و آهک فعال 10 درصد وجود داشت (شکل4). حد کفایت آهن قابل استفاده در خاک (با عصاره‌گیر DTPA) برای درختان مرکبات حدود 4 تا 5 میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1397). 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، دو، سه و پنج که کمترین علائم زرد برگی را داشتند مقدار آهن قابل استفاده آن‌ها به ترتیب 7/20، 6/40، 8/80 و 4/40 میلی‌گرم در کیلوگرم بود اما در مقابل بیشترین درجه زرد برگی در خاک با آهک 25 درصد مشاهده شد که مقدار آهن قابل استفاده آن حدود 6/80 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. لذا زرد برگی نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی-35 به عواملی دیگر غیر از مقدار آهن قابل استفاده خاک بستگی دارد.. گرچه این علائم زردبرگی، 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). اما نتایج این تحقیق نشان داد که تنها بین مقدار آهک فعال با غلظت آهن فعال در برگ همبستگی منفی معنی‌داری (شکل 9) وجود داشت و بین سایر ویژگی خاک‌ها و غلظت آهن فعال برگ رابطه معنی‌داری حاصل نشد. لذا مقدار آهک فعال مهمترین ویژگی خاکی برای پیش‌بینی درجه کلروز برای پایه سی-35 است. بنابراین در کل نتایج این تحقیق نشان داد که درختان نارنگی انشو با پایه سی-35 در خاک‌های آهکی با مقدار آهک حدود 9 تا 14 درصد یا آهک فعال بیشتر از 3 تا 5 درصد علائم زرد برگی نشان می‌دهند.



شکل 9- رابطه بین کربنات کلسیم فعال خاک با غلظت آهن فعال در برگ نارنگی انشو با پایه سی-35

به طور کلی در مرکبات، در شرایط کمبود آهن با توسعه استراتژی I (اسیدی کردن ریزوسفر، کاهش آهن سه ظرفیتی (H^+-ATP_{ase}) و آنزیم‌های احیاء کننده کلات-های آهن سه ظرفیتی) موجب افزایش ظرفیت جذب آهن توسط ریشه می‌شوند (ایوانو و همکاران، 2012؛ مارتینز و همکاران، 2013). در محلول خاک، آهن به شکل دو ظرفیتی و سه ظرفیتی وجود دارد و مقدار نسبی آن‌ها به pH و pe محلول خاک بستگی دارد. بخش عمده آهن جذب شده توسط ریشه درختان مرکبات به شکل دو ظرفیتی است. در غشای خارجی (پلاسمالما) نوک ریشه‌ها، آنزیم رداکتاز آهن وجود دارد که در کاهش آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی نقش دارد. فعالیت این آنزیم به pH بستگی دارد با افزایشpH، فعالیت آن کاهش می‌یابد (مارتینز و همکاران، 2017؛ اماری و منگل، 2006). در خاک‌های آهکی، pH بالای محلول خاک، محلول آپوپلاست ریشه و همچنین قدرت تامپونی زیاد آن موجب کاهش فعالیت آنزیم رداکتاز آهن و رسوب آن در دیواره سلول‌های ریشه می‌شود. در آوندهای چوبی، آهن سه ظرفیتی به صورت کربوکسیلات آهن به برگ‌ها انتقال و در آنجا تجمع می‌یابد (مارتینز و همکاران، 2013). لذا امکان دارد قابلیت استفاده آهن در خاک، فراهمی و غلظت آن در محلول خاک و همچنین آپوپلاست 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 حدود 9 تا 14 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 سی-35وجود داشت، همچنین میانگین غلظت آهن کل در ریشه حدود 11 برابر میانگین غلظت آهن کل در برگ بود که تجمع و رسوب آهن در آپوپلاست سلول‌های ریشه را نشان می‌دهند(کاستل و همکاران، 2004؛ اماری و منگل، 2006). این نتایج با نتایج دیگر پژوهشگران در خاک‌های آهکی مطابقت دارد (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1397؛ منگل و کاربای، 2001؛ مارتینز و همکاران، 2017). بنابراین در کل نتایج این تحقیق نشان داد که درختان نارنگی انشو با پایه سی-

35 در خاک‌های آهکی با مقدار آهک حدود 9 تا 14 درصد یا آهک فعال حدود 3 تا 5 درصد علائم زرد برگی نشان دادند و استفاده از این پایه برای درختان نارنگی انشو در خاک‌های با مقدار آهک کمتر از 9 تا 14 درصد توصیه نمی‌شود.

شکل 10- علائم زردی برگی نارنگی انشو با پایه سی-35 در خاک‌های آهکی
(ویژگی خاک‌ها در جدول دو تعریف شده است)

گزارش‌های اسدی کنگرشاهی (1397) 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 تا 80 و 25 تا 50 میلی‌گرم در کیلوگرم است (اسدی‌کنگرشاهی، 1397؛ اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1390). نتایج آزمون برگ در این آزمایش نشان داد که دامنه غلظت منگنز برگ در خاک‌های آزمایشی از 9/3 تا 13/8 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. نتایج این پژوهش با یافته‌های پژوهشگرهای دیگر مطابقت دارد که گزارش کردند بیشتر از 90 درصد باغ‌های مرکبات شرق مازندران کمبود منگنز دارند (اسدی کنگرشاهی و محمودی، 1379، 1380). 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، 1398؛ اسدی کنگرشاهی، 1397؛ مورودت و همکاران، 1991).. همچنین اسدی کنگرشاهی (1398) گزارش کردند که کمبود منگنز در خاک‌های با کربنات کلسیم و مواد آلی زیاد مانند اغلب باغ‌های شرق مازندران مشاهده می‌شود.

قابلیت فراهمی روی در خاک تحت تأثیر خواص شیمیایی خاک است در خاک‌های با پ‌هاش بالا رابطه بین مقدار روی خاک با روی درختان بسیار ضعیف است (سالاتو و همکاران، 2018).با توجه به حد کفایت روی قابل استفاده برای مرکبات(اسدی‌کنگرشاهی، 1397؛ 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 (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1394). نتایج این آزمایش نشان داد که غلظت روی برگ در خاک‌های با آهک دو درصد در حد کفایت و در سایر خاک‌ها 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 به طور کلی 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 می‌شوند که در کل می‌توانند قابلیت استفاده روی را کاهش دهند (اسدی کنگرشاهی، 1397؛ اسدی و ملکوتی، 1385؛ مورودت و همکاران، 1991).

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که پایه در خاک‌های مختلف، تأثیر متفاوتی در رشد پیوندک دارد و پاسخ پیوندک نیز در خاک‌های مختلف به شدت به پایه بستگی دارد که با نتایج فرونر و همکاران (2011) و جور و همکاران (2012) مطابقت دارد. به طوری که بیشترین وزن خشک اندام هوایی و ریشه نارنگی انشو میاگاوا با پایه سی-35 از خاک‌های با آهک 2 تا 14 درصد حاصل شد. اما بیشترین رشد قطری از خاک دو با آهک کل 9 درصد و کمترین رشد از خاک‌های شش و هفت به ترتیب با آهک کل 25 و 45 درصد حاصل شد که با نتایج پژوهشگران بایرن و همکاران (1995) و کاستل و استور (2001) مطابقت دارد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش آهک فعال در خاک‌ها، غلظت آهن فعال در برگ نارنگی انشو با پایه سی-35 کاهش یافت. بنابراین براساس نتایج این تحقیق، این پایه برای خاک‌های با آهک کل تا حدود9 تا 14درصد یا آهک فعال تا حدود 3 تا 5 درصد توصیه می‌شود.

نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت آهن کل نمی‌تواند شاخص مناسبی برای تشخیص کلروز آهن باشد و رابطه معنی‌داری بین مقدار آهن قابل استفاده خاک با غلظت آهن ریشه و برگ و همچنین بین غلظت آهن ریشه و برگ وجود ندارد که با نتایج مارتینز و همکاران (2017) مطابقت دارد. میانگین غلظت آهن در ریشه حدود 12/5 برابر غلظت آهن در برگ بود و خاک‌هایی که بیشترین درجه زردی را 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. ناهنجاری کلروز آهن در برگ‌ها، عمدتا به علت اختلال در جذب آهن توسط ریشه‌ها و انتقال آن از ریشه به برگ‌ها است (مارتینز و همکاران، 2015). برگ‌های دارای کلروز در خاک‌های آهکی ممکن است دارای غلظت بیشتری از آهن نسبت به برگ‌های بدون علائم کلروز باشند بنابراین کلروز آهن تنها به علت اختلال در جذب آهن توسط ریشه‌ها و انتقال آن از ریشه به اندام هوایی نیست بلکه به راندمان آهن در برگ‌ها نیز بستگی دارد به طوری که آهن ممکن است در برگ‌ها غیرمتحرک

شود و از فیزیولوژی و بیوشیمیایی به شکل غیر قابل استفاده تبدیل شود که اصطلاحا تضاد آهن نامیده می‌شود (رامهلد، 2000؛ اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). 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 مارتینز و همکاران، 2017).

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 آپوپلاست سلول‌های برگ، ریشه و کاهش راندمان فیزیولوژیکی آن است به طوری که حدود 1/83 درصد آهن ریشه و 22 درصد آهن برگ به شکل فعال بود. اما بین قابلیت استفاده منگنز خاک با غلظت آن در ریشه و برگ رابطه 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. این نتایج با گزارش‌های اسدی کنگرشاهی (1398)، طهرانی و همکاران (1390) و اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری (1393) مطابقت دارد. به طور کلی با توجه به نتایج این پژوهش، توصیه می‌شود در خاک‌های با آهک کل بیشتر از 9 تا 14 درصد از پایه سی 35 استفاده نشود. همچنین پیشنهاد می‌شود در مورد روند رشد و پاسخ دیگر پایه‌های در حال توسعه در شرق مازندران به ویژه کاریزوسیترنج به خاک‌های این منطقه، پژوهش‌های مشابه‌ای انجام شود.

فهرست منابع:

1. اخلاقی امیری، نگین. 1399. شاخص‌های عملکردی نارنگی انشو میاگاوا روی شش پایه در شرق مازندران. مجله علوم باغبانی ایران، جلد 51، شماره 1، صفحه 65-55. دانشگاه تهران، کرج، ایران.
2. اسدی کنگرشاهی، علی. 1398. مدیریت کوددهی درختان بارده مرکبات. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران. صفحه 198.
3. اسدی کنگرشاهی، علی. 1398. بررسی وضعیت مدیریت منگنز متناسب با مراحل رشد و تاثیر آن بر عملکرد و کیفیت مرکبات شرق مازندران. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 9 شماره 5، موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.
4. اسدی کنگرشاهی، علی. 1397. روند رشد، واکنش تغذیه‌ای و تحمل ترویرسیترنج به خاک‌های آهکی. نشریه علمی ترویجی مدیریت اراضی، جلد 9 شماره 2، موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران. صفحه 212-195.
5. اسدی کنگرشاهی، علی و نگین اخلاقی امیری. 1397. مدیریت احداث باغ پایدار مرکبات. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران. صفحه 201.
6. اسدی کنگرشاهی، علی، نگین اخلاقی امیری و علیرضا فلاح. 1397. راهنمای نمونه¬برداری و تفسیر نتایج تجزیه خاک و برگ برای درختان مرکبات. نشریه فنی 561، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران .
7. 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.
8. اسدی کنگرشاهی، علی و نگین اخلاقی امیری. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات. جلد اول، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران. صفحه 321.

9. اسدی کنگرشاهی، علی، غلامرضا ثواقبی، محمود سمر و محسن فرحبخش. 1392. امکان استفاده از فلورسنس کلروفیل برای ارزیابی تحمل تعدادی از پایه¬های مرکبات به تنش ماتداب. مجله به زراعی کشاورزی، جلد 15، شماره 4، دانشگاه تهران، تهران، ایران،صفحه 78- 65..

10.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.

11.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.

12.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..

13.اسدی کنگرشاهی، علی، نگین اخلاقی امیری، مجتبی محمودی و محمد جعفر ملکوتی. 1381. شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای در مرکبات مازندران (محدودیت‌ها و توصیه‌ها): قسمت دوم ـ عناصر ریزمغذی. نشریه فنی شماره 269. نشر آموزش کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

14.اسدی کنگرشاهی، علی، محمد جعفر ملکوتی و علی چراتی. 1385. کالیبراسیون منگنز تحت شرایط مزرعه‌ایی و نقش آن در عملکرد سویا. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد 37، شماره 5، دانشگاه تهران، تهران، ایران،صفحه 845-839.

15.اسدی کنگرشاهی، علی و محمد جعفر ملکوتی. 1386. تاثیر 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.

16.اسدی کنگرشاهی، علی، محمد جعفر ملکوتی و علی چراتی. 1385. کالیبراسیون روی تحت شرایط مزرعه‌ایی 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.

17.ایزدپناه، بیژن. 1355. مطالعات نیمه تفضیلی و اجمالی خاکشناسی و طبقه¬بندی اراضی استان مازندران. نشریه شماره492. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران، ایران.

18.رامشنی، خسرو و محمد حسین بنایی. 1362. گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی و اجمالی غرب استان مازندران. نشریه فنی شماره 638. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران، ایران.

19.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.

20. Abadia, J. & Abadia, A. 1993. Iron and plant pigments. In: Barton, L.L. & Hemming, B.C., eds. Iron chelation in plants and soil microorganisms. New York, Academic Press, 327-343.
21. Ammari, T. & Mengel, K. 2006. Total soluble Fe in soil solution of chemically different soils. Geoderma.136: 876-885.
22. Arbona, V., M.F. Lopez-Climent, R.M.Perez-Clement &A.Gomez-Cadenas. 2009. Maintenance of a high photosynthetic performance is linked to flooding tolerance in citrus. Environmental and Experimental Botany. 66: 135-142.

23. Basar, H. 2003. Analytical methods for evaluating chlorosis in peach trees. Communication in Soil Science and Plant Analysis. 34: 327-341.
24. 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.
25. 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 11th International Society of Citriculture. pp. 573-578.
26. Belkhodja, R. Morales, F., Abadia, A., Gomes, J. & Abadia, J. 1994. Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in Barley (Hordeum vulgare L.). Plant Physiol. 104: 667-673.
27. Bremmer, J.M. 1996. Total Nitrogen. P.1085-1122. In: D. L. Sparks et al. (eds.) Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Madison, WI.
28. Byrne, D.H., Rouse, R.E. & Sudahono. 1995. Tolerance to citrus rootstocks to lime-induced iron chlorosis. Subtrop. Plant Science. 47: 7-11.
29. Castle, W.S., Baldwin, J.C., Muraro, R.P. 2010. Rootstocks and the performance and economic returns of' 'Hamlin' sweet orange trees. HortScience.45: 875-881.
30. 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.
31. 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.
32. Castle, B. & Stover, E. 2001. Update on use of swingle citromelo rootstock. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences.
33. 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.
34. Chen, Y. & P. Barak. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. Adv. Agron. 35: 217-240.
35. 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 11th International Society of Citriculture. pp. 573-578.
36. Forner-Giner, M.A., Legaz, F., Primo-Millo, E., Forner, J.B. 2011. Nutritional responses of citrusrootstocks to salinity: performance of the new hybrids, Forner-Alcaide 5 and Forner-Alcaide 13. Journal of Plant Nutrition. 34: 1-16.
37. 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.
38. Ivanov, R., Brumbarova. T. & Bauer, P. 2012. Fitting into the harsh reality: regulation of irondeficiencyresponses in dicotyledonous plants. Molecular Plant. 5: 27-42.
39. Jones, J.B., Wolf, B. & Mills, H.A. 1991. Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide. Macro-Micro Pub. Inc., Athens, GA.
40. Jover, S., Martinez-Alcaintara, B., Rodrı´guez-Gamir, J., Legaz, F., Primo-Millo, E., Forner, J. & Forner-Giner, M. 2012. Influence of rootstocks on photosynthesis in Navel orange leaves: effects on growth, yield, and carbohydrate distribution. Crop Science. 52: 836-848.
41. Kitson, R.E. & Mellon, M.G. 1944. Colorimetric determination of P as a molybdovanadate phosphoric acid. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 16: 379-383.
42. Larbi, A., Abadia, A., Abadia, J. & Morales, M. 2006. Down co-regulation of light absorption, photochemistry and carboxylation in Fe-deficient plants growing in different environment. Photosynth. Res. 89: 113-126.
43. Levy, Y. &Shalheret, J. 1990. Ranking the salt tolerance of citrus rootstocks by juice analysis. Scientia Horticulturae. 45: 89-98.

44. 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.
45. 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.
46. Louzada, E.S., 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.
47. Martinez-Guenca, M.R., Primo-Capella, A., Quinones, A., Bermejo, A. & Froner-Giner, M.A. 2017. Rootstock influence on iron uptake responses in citrus leaves and their regulation under the Fe paradox effect. Peer J.
48. Martıinez-Cuenca, M.R., Quinones, A., Primo-Millo, E., Forner-Giner, M.A. 2015. Flooding impairs Fe uptake and distribution in citrus due to the strong down-regulation of genes involvedin strategy I responses to Fe deficiency in roots. PLOS ONE 10: e0123644
49. Martinez-Cuenca, M.R., Forner-Giner, M.A., Iglesias, D.J., Primo-Millo, E., Legaz, F. 2013. StrategyI responses to Fe-deficiency of two Citrus rootstocks differing in their tolerance to ironchlorosis. Scientia Horticulturae 153:56-63.
50. Maxwell, K. & G.N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. Journal of Experimental Botany. 51: 659-668.
51. 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.
52. 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, Netherlands. 389-397.
53. Mengel, K. & E. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. 5th edition, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands.
54. Mishra, A., Mishra, K.B., Hoermiller, H., Heyer, A.G. & Nedbal, L. 2011. Chlorophyll fluorescence emission as a reporter on cold tolerance in Arabidopis thaliana accession. Plant Signaling and Behavior. 6: 301-310.
55. Molassiotis, A., G. Tanoa, G. Diamantidis, A. Patakas & I. Therios. 2006. Effect of 4-month Fe deficiency exposure on Fe reduction mechanism, photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and antioxidant defense in two peach rootstocks differing in Fe deficiency tolerance. J. Plant Physiol. 163: 176-186.
56. Morales, F., Grasa, R., Abadia, A. & Abadia, J. 1998. Iron chlorosis paradox in fruit trees, Journal of Plant Nutrition. 24: 815-825.
57. 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.
58. Nelson, D.W. & Sommers, L.E. 1982.Total cabon, 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.
59. Neaman, A., & Aguirre, L. 2007. Comparison of different methods for diagnosis of iron deficiency in avocado. Journal Plant Nutrition. 30: 1098-1108.
60. 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). Amrican Agronomy, Madison, WI.
61. Pedros, R., Moya, I., Goulas, Y. & Jacquemoud, S. 2008. Chlorophyll fluorescence emission spectrum inside a leaf. Photochemical and Photobiological Sciences 7: 498-502.
62. Pestana, M., de Varrnnes, A., Abadia, J. & Araujo Faria, E. 2005. Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstocks grown in nutrient solution. Scientia Horticulturae. 104: 25-36.

63. 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. Jounal of Plant Nutrition. 24: 1609-1620.
64. 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.
65. Romheld, V. 2000. The chlorosis paradox: Fe inactivation in leaves as a secondary eventin Fe deficiency chlorosis. Journal of Plant Nutrition. 23: 1629-1643.
66. .Salisbury, F.B. & Ross, C.W.1992. Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California. 682 pp.
67. Sallato, B., DuPont, T. & Granatstein, D. 2018. Tree fruit soil fertility and plant nutrition in cropping orchards in central Washington. WSU Extension.
68. 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.
69. Singh. A., Naqvi, S., and Singh, S. 2002. Citrus Germplasm Cultivar and Rootstocks. Natural Research Centre for Citrus, Kalyani publishers. New Delhi, India.
70. Wright, R.J. & T.I. Stuczynski. 1996. Atomic absorption and flame emission spectroscopy. In: Methods of Soil Analysis. Sparks, D.L. (Ed.), Part III, Chemical Methods, SSSA Book Series No.5, SSSA, Madison, WI. P. 65-91.
71. Yang, L., Li, G., Lin, Q. & Zhao, X. 2010. Active carbonate of chestnut soils in different lands. Ecology Environmental Science. 19: 428-432.

Evaluation of Growth Rate and Vegetative and Physiological Characteristics of Satsuma Mandarin on C-35 Rootstock in Some Calcareous Soils

A. Asadi Kangarshahi[1] and N. Akhlaghi Amiri

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

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

Received: January, 2020 and Accepted: July, 2020

Abstract

Due to the spread of Tristiza disease in east of Mazandaran province and the sensitivity of the region's common rootstock, C-35 rootstock is being promoted as an alternative rootstock tolerant to this disease. Considering the changes in the lime content of the soils in the region, in this study, the response of Satsuma mandarin on C-35 rootstock to calcareous soils east of Mazandaran province was investigated in a randomized complete block design. The results showed that the highest mean dry weight of aerial parts was obtained from south Babol soils with total lime content of 2%. The highest leaf chlorosis was obtained from West Sari soil with 10% active lime and 25% total lime, and the lowest chlorosis was obtained in the soil without active lime and 2% total lime. In southern Sari soil with 14% lime, the highest concentration of total iron and the lowest concentration of active iron were in the roots. The average concentration of total iron in the roots was about 11 times the average concentration in the leaves, indicating accumulation and deposition of iron in the roots. The amount of available manganese for citrus trees was excessive in most soils, but the mean concentration of leaf manganese in most cases was less than adequate. The overall mean manganese concentration in the root was about 4.7 times more than its mean concentration in leaf. For C-35 rootstock and scion, the most restrictive element was Mn deficiency and its low transfer efficiency from root to leaf. The results of mean chlorophyll content and chlorophyll fluorescence index (Fv/Fm) of leaves showed that the soils with low total lime (south of Babol and west of Ghaemshahr) had the highest amount of chlorophyll and fluorescence index. In general, according to the results of this study, soil texture has influence on tolerance of C-35 rootstock in calcareous soils, and in relatively heavy and heavy textured soils with a total lime less than 9-14%, use of this rootstock is recommended

Keywords: Chlorosis, Chlorophyll, Citrus, Fluorescence index, Vegetative growth

[1]. Corresponding author: Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran.