



Evaluation of pear seedlings *P.betulifolia* for tolerance to lime-induced chlorosis

Mitra Mirabdulbaghi^{1*}, Hamid Abdollahi², Mahyar Tavusi³, Ali Rezaei⁴

1. Associate Professor, Temperate Fruits Research Center, Horticultural Science Research Institute, Ag. Research Education Extension Org. Karaj, Iran
2. Associate Professor, Temperate Fruits Research Center Center, Horticultural Science Research Institute, Ag. Research Education Extension Org. Karaj, Iran.
3. Temperate Fruits Research Center, Horticultural Science Research Institute, Ag. Research Education Extension Org. Karaj, Iran.
4. PhD student, Tarbiat Modars University, Tehran, Iran.

Citation: Mirabdulbaghi, M., Abdollahi, H., Tavusi, M., Rezaei, A. (2024). Evaluation of pear seedlings *P.betulifolia* for tolerance to lime-induced chlorosis. *Plant Productions*, 47(1), 53-64

Abstract

Introduction

The aim of this research is to introduce the superior characteristics of *P.betulifolia* pear rootstock in comparison to the commercial Pyrodwarf (control) in terms of leaf parameters {leaf-N, -K, -Mg, Ca, -Fe, -Zn and leaf-B content; leaf area; chlorophyll (SPAD-Value); Chlorophyll fluorescence parameters (F0:minimum fluorescence; FM: maximum; fluorescence and value of photochemical capacity of photosystem 2 (FV/FM)}, growth traits (shoot length, diameter of shoot) under active lime tolerance in heavy-textured to clayey soils.

Materials and Methods

The experiment was conducted in a factorial design within the construction of a completely randomized blocks design, using pots. The factors included: 1- Soils with lime in the range of 15% (texture: clay-loam), 20% (texture: clay), 25% (texture: loam), and 45% (texture: sandy loam). 2- Rootstocks *P.betulifolia*, Pirrodwarf (as a control). In total, the experiment was carried out on 120 units (5 different levels of soil lime * 2 non-grafted rootstocks * 3 replications * 4 trunk of each studied rootstock). Data analysis was performed using SPSS and SAS software, involving mean comparisons using Duncan's method and determining regression relationships. The preparation of pots was carried out as follows: initially, drainage holes were created at the bottom of plastic pots and covered with gravel. Then, a layer of sand and gravel was added to the depth of the pots, followed by the application of animal manure. At this stage, the soils under study, representing different combinations of texture and lime treatments, were

* Corresponding Author: Mitra Mirabdulbaghi
E-mail: m.mirabdulbaghi@areeo.ac.ir



added to the 3-kilogram pots. Each pot's soil composition consisted of 1/3 sand and gravel, 1/3 animal manure, and the remaining being the specified soil samples. Prior to commencing the experiment, the soil samples underwent chemical analysis to determine their general characteristics, including total neutralizing value (TNV), saturation pH, electrical conductivity, soil texture, and organic matter content. In this research, the "Chlorosis Power Index" (CPI) was employed using the formula: $CPI = 10000 * (\text{active lime}) / (\text{Fe, ppm})^2$ to estimate the intensity of chlorosis resulting from soil liming for the studied rootstocks. The iron content, extracted as active iron (Fe, ppm) ² using ammonium oxalate, was reported in milligrams per liter, while CPI was reported in milligrams per kilogram.

Results

P.betulifolia rootstock, compared to the control rootstock Pyrodwarf, showed lower sensitivity to the soil's "Chlorosis Power Index." Negative and significant regression relationships between the increase in the soil's "Chlorosis Power Index" and the investigated traits were not observed in the *P.betulifolia* rootstock.

Conclusion

Notably, *P.betulifolia* demonstrated superior features, including active lime soil tolerance up to 45% lime (sandy loam texture and alkaline pH), in terms of leaf uptake of nutrients such as potassium, boron, total iron, and active iron, chlorophyll content, and growth traits like leaf length, leaf width, height, and trunk diameter.

Key words: Leaf nutrient uptake, Leaf chlorophyll, Soil chlorotic power index (CPI), Vegetative growth

ارزیابی تحمل به کلروز آهن ناشی از آهکی بودن خاک در پایه بذری گلابی *Pyrus betulifolia*

میترا میرعبدالباقی^{۱*}، حمید عبدالهی^۲، سید مهیار طاووسی نائینی^۳، علی رضایی^۴

- ۱- دانشیار پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
- ۲- دانشیار پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
- ۳- کارشناس ارشد آزمایشگاه فیزیولوژی و تغذیه درختان میوه پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
- ۴- دانشجوی دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

در آزمایشی گلدانی و در باغ تحقیقاتی کمال اباد کرج اثرات بستر خاکهایی با آهک در محدوده ۱۵٪ (بافت: clay-loam)، ۲۰٪ (بافت: clay)، ۲۵٪ (بافت: loam) و ۴۵٪ (بافت: sandy loam) بر صفات رشد (طول و عرض برگ، قطر، ارتفاع و طول میانگره) و جذب برگی عناصر غذایی (نیترژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، بور، روی و آهن فعال و آهن کل) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین تحمل به کلروز آهن ناشی از آهکی بودن خاک در مقادیر مختلف شاخص قدرت کلروزه شدن " یا CPI خاک برای هر دو پایه مورد بررسی اندازه‌گیری گردید. این آزمایش در قالب طرح آماری فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی به شکل گلدانی انجام گرفت. پایه *P. betulifolia* در مقایسه با پایه پیرودارف (شاهد)، به "شاخص قدرت کلروزه شدن" خاک حساسیت کمتری نشان داد. روابط رگرسیونی منفی و معنی‌داری بین افزایش "شاخص قدرت کلروزه شدن" خاک و صفات مورد بررسی در پایه بتولیفولیا مشاهده نگردید. از ویژگی‌های برتر پایه بتولیفولیا در مقایسه با پایه پیرودارف میزان تحمل به آهک فعال خاک حتی تا محدوده ۴۵٪ آهک (بافت sandy loam و pH قلیایی) از لحاظ جذب برگی عناصر غذایی نظیر پتاسیم (۲۵٪)، کلسیم (۶۳٪)، منیزیم (۸۳٪)، روی (۳۵/۲ ppm)، بور (۳۷۶/۳ ppm)، مقدار کلروفیل برگ (۴۲/۲۳) برای ارزش SPAD و ۷۴۸٪ برای شاخص (FV/FM) و صفات رشد نظیر عرض قطر تنه (۳/۹۷ میلی‌متر) در ارجحیت قرار داشت.

واژه‌های کلیدی: جذب برگی، رشد رویشی، شاخص قدرت کلروزه شدن خاک، کلروفیل

مقدمه

امروزه، تنش‌های غیر زنده (خشکی، شوری بودن خاک... و غیر) آسیب‌های زیادی به محصولات باغی وارد می‌کنند (Shafiei *et al.*, 2019; Farhadi *et al.*, 2023; Mirabdulbaghi, 2020; Ali-Akbari, 2009). در بین تنش‌های غیر زنده‌ای که به خصوص به محصول درختان گلابی آسیب جدی می‌زنند، تنش آهکی بودن خاک است. این درحالی است که اغلب خاکهای ایران آهکی هستند (Malakouti *et al.*, 2009). (درختان گلابی برای یک رشد و نمو خوب نیاز به خاکی حاصلخیز با تهویه و تخلخل مناسب نیاز دارند. خاکی با بافتی لومی برای آن‌ها مناسب است. حساسیت گلابی به وجود آهک در خاک زیاد است، بطوری که حداکثر مرز آهک برای گلابی ۷/۱ است. آن درحالی است که محدوده pH مناسب خاک برای احداث باغ گلابی بین ۷ تا ۷/۵ است. PH های بالاتر ناشی از مقدار کربنات کلسیم فعال یا آهک فعال، سبب زردی برگ درخت و در نهایت کاهش سطح کلروفیل برگ و ضعف درخت می‌شود (زرین نقش، ۱۳۶۸). یکی از پایه‌های بذری با خلوص بالا و ریشه‌دهی مناسب پایه بذری گلابی *P. betulifolia* است. این پایه نسبت به دیگر پایه‌های تجاری گلابی دارای این ویژگی برتر است، که یکی از مقاوم‌ترین گونه‌های گلابی به تنش خشکی است و بنظر میرسد که می‌توان از این پایه در مناطقی که تنش‌های غیر زنده‌ای نظیر خشکی و آهک همزمان وجود دارد، بخوبی استفاده نمود و قدمی مثبت و تاثیر گذار در مدیریت بهینه تغذیه باغات گلابی کسب نمود (ظهوری و همکاران، ۱۳۹۸). تعیین دامنه مرز تحمل پایه‌های گلابی از آنجا مهم و اساسی است که دامنه تغییرات مقدار کربنات کلسیم معادل خاک در این مناطق بین ۱۰ تا ۴۴ درصد متغیر می‌باشد (Anonymus, 1353; Anonymus, 1371; Anonymus, 1375; Anonymus, 1377). با توجه به- اینکه عمده کشت و کار درختان گلابی در خاکهایی با بافت نیمه سنگین-سنگین، آهکی و قلیایی انجام میشود. و تا

بحال بررسی‌های دقیقی بر روی اثرات بستر خاکهایی با آهک متفاوت در ایران و دنیا برای پایه *P. betulifolia* انجام نشده است، هدف از اجرای این پژوهش معرفی ویژگی‌های برتر پایه بذری گلابی *P. betulifolia* در مقایسه با پایه تجاری پیرودارف (شاهد) از لحاظ جذب برگی عناصر غذایی، مقدار کلروفیل برگ و صفات رشد میزان تحمل به آهک فعال درخاکی با بافت نیمه سنگین-سنگین و همچنین معرفی مناسب‌ترین مقدار آهک فعال خاک برای پایه بتولیفولیا است.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش و مواد گیاهی

پژوهش حاضر در پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری در استان البرز/کرج در سال ۱۴۰۲ انجام گردید. عملیات اجرایی قبل از شروع آزمایش شامل کاشت بذور گلابی *P. betulifolia* و پیرودارف (شاهد) و ازدیاد آنها در نهالستان، آماده سازی خاک گلدان‌ها و انتقال پایه-های مورد مطالعه به گلدان‌های حاوی مقادیر مختلف آهک بود. در مجموع ۱۲۰ نمونه گیاهی (در شرایط گلدانی) تهیه و بر روی آنها آزمایش انجام شد. در تمام طول دوره آزمایش که مدت آن هشت ماه (از اوایل اردیبهشت تا آخر آذر) بود، گلدانها در فضای آزاد و در شرایط طبیعی محیط (با میانگین دمای هوای بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی گراد) و رطوبت نسبی بین ۴۰ تا ۷۰ درصد قرارداد شدند.

اعمال تیمارها

در بررسی حاضر تیمارهای مورد مطالعه شامل بستر خاکهایی با آهک در محدوده ۱۵٪ (بافت: clay-loam)، ۲۰٪ (بافت: clay)، ۲۵٪ (بافت: loam) و ۴۵٪ (بافت: sandy loam) بود. آماده‌سازی گلدان‌ها بشرح ذیل انجام گردید: ابتدا برای کف گلدان‌های پلاستیکی سایز بزرگ گلدخانه‌ای به ابعاد منفذ بمنظور زهکشی ایجاد شد و با سنگریزه پوشانده شد. سپس مقداری شن و ماسه در عمق گلدان‌ها اضافه شد و بر روی آن مقداری کود حیوانی ریخته شد. در این مرحله خاک‌های مورد مطالعه که تیمارهای مختلفی از بافت و آهک را تشکیل میدادند به گلدان‌های

از قسمت میانی شاخه (۶ برگ/ دانها) انجام گرفت (بی نام، ۱۹۹۳). اندازه گیری فلورسانس یک نوبت و در یک روز و در فاصله بین ساعات ۸ تا ۱۰ انجام شد. اندازه گیری سطح برگ با استفاده از کاغذ میلیمتری انجام گرفت.

صفات رویشی

یادداشت برداری‌ها از وضعیت رشد، میان گره، ارتفاع، طول و عرض برگ (با استفاده از خط کش معمولی با دقت ۱ میلی متر)، قطر (به وسیله کولیس دیجیتالی) در دونوبت (تیر ماه و آذر ماه) انجام شد.

تجزیه شیمیایی نمونه‌های برگ

عمل عصاره گیری نمونه‌های برگ به روش مرطوب و با مخلوطی از اسید سولفوریک غلیظ و اسید سالیسیلیک هضم انجام گرفت. اندازه گیری نیتروژن کل با دستگاه کج‌لدال، فسفر با استفاده از روش کالریمتری (رنگ زرد مولیدات وانادات)، پتاسیم به روش فلم فتومتری، کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری از طریق تیتراسیون با E. D. T. A، آهن به روش کلریمتری با استفاده از اورتوفانترویلین، بور به روش کالریمتری با استفاده از آزمون H و بالاخره برای اندازه گیری روی از روش کالریمتری با استفاده از کمپلکس MEDTA استفاده گردید (امامی، ۱۳۷۵).

طرح و روش مطالعات آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک های کامل تصادفی و در گلدان به اجرا گذاشته شد. فاکتورها شامل ۱- خاکهایی با آهک در محدوده ۱۵٪ (بافت: clay-loam)، ۲۰٪ (بافت: clay)، ۲۵٪ (بافت: loam) و ۴۵٪ (بافت: sandy loam) 2- پایه بذری *P. betulifolia* پیروودوارف (به عنوان شاهد). در مجموع بر روی ۱۲۰ (۵ سطح مختلف از آهک خاک *۲ پایه غیر پیوندی *۳ تکرار *۴ اصله) آزمایش انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار کامپیوتری SPSS و SAS شامل مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن و تعیین روابط رگرسیونی بود.

۳ کیلویی اضافه شدند. درحقیقت خاک هر گلدان شامل ۱/۳ از شن و ماسه، ۱/۳ کود دامی و بقیه از نمونه های خاک مورد نظر تشکیل میشود. برای اطمینان قبل از شروع آزمایش خصوصیات کلیه نمونه‌های خاکی مورد آزمایش (شامل مقدار درصد مواد خنثی شونده (TNV)، واکنش گل اشباع، هدایت الکتریکی، بافت خاک، مواد آلی) مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. در این تحقیق از "شاخص قدرت کلروز" با فرمول (فرمول ۱) بشرح ذیل استفاده گردید:

$$1. \quad \text{CPI} = 10000 * (\text{active lime}) / (\text{Fe, ppm})^2$$

شاخص قدرت کلروز = CPI

مقدار آهک خاک (درصد) = Active lime

غلظت آهن دو ظرفیتی خاک = Soil-Fe

به منظور تخمین میزان شدت کلروز ناشی از آهکی بودن خاک برای پایه‌های مورد نظر استفاده گردید. در این فرمول استخراج آهن فعال خاک $(\text{Fe, ppm})^2$ از طریق اگزالات آمونیوم انجام و در واحد میلی گرم در لیتر و CPI در واحد میلی گرم در کیلوگرم گزارش شدند Tagliavini (et al., 1993).

صفات مورد اندازه گیری

صفات برگ

در اواخر تیرماه، پارامترهای برگ شامل کلروفیل برگ (ارزش SPAD)، پارامترهای فلورسانس کلروفیل فلورسانس کلروفیل کمینه (FO)، فلورسانس کلروفیل پیشینه (FM)، فلورسانس متغیر (FV) و مولفه عملکرد کوانتومی شیمیایی (FV/FM) ، سطح برگ و جذب برگ عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، بور، آهن و روی) اندازه گیری شدند. پارامترهای فلورسانس کلروفیل در باغ با دستگاه پرتابل فلورسانس سنج (OS-30p-2004, USA) انجام گرفت. اندازه گیری فلورسانس کلروفیل یک نوبت و در یک روز و در فاصله بین ساعات ۸ تا ۱۰ انجام شد. سطح نور PFD غلظت جریان فوتون) دستگاه ۴۰۰ میکرون فوتون در متر مربع در ثانیه و زمان تاباندن نور ۵ ثانیه بود. همه اندازه گیری برگ‌ها

نتایج و بحث

شاخص قدرت کلروزه

شاخص قدرت کلروزه و اثر آن بر مقدار غلظت آهن خاک توسط محققانی نظیر Tagliavini *et al.*, 1993 مورد بررسی قرار گرفته است. آنها گزارش کردند که با افزایش مقدار کربنات کلسیم معادل خاک شاخص قدرت کلروزه افزایش و در عین حال به صورت معنی-داری مقدار غلظت آهن خاک کاهش میابد. نتایج بدست آمده از جدول تجزیه خاک (جدول ۱) و در انطباق با نظریه محققین نامبرده، نتایج این تحقیق نشان داد که "شاخص قدرت کلروزه شدن" با مقدار کربنات کلسیم معادل خاک در یک رگرسیون مثبت و معنی دار و با مقدار آهن خاک در یک رگرسیون منفی و معنی دار می باشد (نمودار ۱ و ۲).

صفات رشد و کلروفیل برگ

یادداشت برداری‌های نوبت بهاره: نتایج مربوط به یادداشت برداری‌ها در نوبت بهاره از صفات رویشی و سبزیگی برگ نشان داد که اختلافات به تفکیک پایه در صفت پارامتر فلورسانس کلروفیل مینیموم و ماکسیموم معنی دار بوده است. فاکتور آهن خاک به تنهایی باعث اختلافات معنی دار در صفت قطر تنه گردید. پایه پیروودارف در خاکی با ۴۵ درصد آهنک با بافتی sandy loam کمترین مقدار از فلورسانس کلروفیل مینیموم، قطر تنه، عرض برگ و ارتفاع نهال را در این فصل از سال نشان داد. این درحالی است که پایه بتولیفولیا همچنان در خاکی با ۴۵ درصد آهنک با بافتی sandy loam دارای بیشترین مقادیر از طول و عرض برگ، ارتفاع نهال، کلروفیل ارزش SPAD (جدول ۲).

یادداشت برداری‌های نوبت پاییزه: در نوبت پاییز، جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اختلافات به تفکیک پایه، تیمار خاکی و اثر متقابل هردوتنها برای صفت طول میانگره در سطح آماری معنی دار بوده است. هر چند که صفات عرض برگ و ارتفاع تنه تنها برای فاکتور پایه معنی دار گردید. میانگین‌های صفات در سطح

احتمال ۵ درصد برای هیچ کدام از پایه های مورد مطالعه معنی دار نگردید. در خاکی با ۴۵ درصد آهنک با بافتی sandy loam کمترین مقدار از طول برگ در پایه پیروودارف و کمترین مقدار از عرض برگ در پایه بتولیفولیا مشاهده گردید (جدول ۲).

جذب برگی عناصر غذایی

جذب برگی عناصر غذایی در جدول ۳ قابل ملاحظه است. جذب برگی آهن کل و آهن دو ظرفیتی در هر دو پایه مورد بررسی در خاکی با ۴۵ درصد آهنک (با بافتی sandy loam) کمترین مقدار را نشان دادند. هر چند که در خاکی با ۴۵ درصد آهنک و در پایه بتولیفولیا، جذب برگی آهن کل و جذب برگی آهن دو ظرفیتی حدوداً ۷ درصد بیشتر از پایه پیروودارف بود. اختلافات در جذب برگی کلسیم و نیتروژن در اثر افزایش کربنات کلسیم معادل خاک برای هر دو پایه معنی دار نگردید. در پایه بتولیفولیا، جذب برگی کلسیم، پتاسیم و روی حدوداً تا ۱۲ درصد و منیزیم تا ۴۰ درصد بیشتر از پایه پیروودارف بود. درحالی که جذب برگی نیتروژن و بور بر ترتیب ۷۸ و ۵۶ درصد در پایه پیروودارف بیشتر از پایه بتولیفولیا بود.

مطالعات متعددی نشان داده است که ارتباطات قوی بین خصوصیات خاک و شاخص برگ، به ویژه در خاکهای آهنکی، وجود دارد. در این خصوص مطالعاتی بر روی رشد و جذب برگی عناصر غذایی در درختان انگور، دانه دار وهسته دار در خاکهای آهنکی انجام شده است. محققان بر تعاملات بین عناصر معدنی خاک و استراتژی‌های گیاه برای به دست آوردن عناصر معدنی از محیط ریشه، از جمله تغییرات در جذب معدنی تاکید کردند Tagliavini and Rombola, 1993 & 2001; Fallahi *et al.*, 2010; Yu, *et al.*, 2013; Bai *et al.*, 2019; Li *et al.*, 1985 & Archana 2019 نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بعضی از صفات مورفوفیزیولوژیکی، صفات رشد و جذب برگی عناصر غذایی پایه های مورد مطالعه در اثر افزایش "شاخص

Table 1. Different soil textures used for growing quince seedling

Soil texture	Caco ₃ %	Sand	Clay	Silt	pH	EC dsm/m	Total soil-N %	Available soil-P ppm	Available soil K	OC %	Fe [*] ppm	CPI
Clay loam	13.6±0.50	39.08±4.43	24.01±1.63	36.92±4.70	7.79±0.79	1.73±0.34	0.04±0.02	1.54±0.04	50.74±9.64	0.41±0.10	3.92±0.79	88.51
Clay	18.85±1.61	38.35±4.39	21.58±3.57	40.08±2.58	7.89±0.48	1.53±0.32	0.03±0.009	1.68±0.22	27.57±20.20	0.58±0.17	4.16±0.05	108.93
Loam	20.75±0.49	36.07±14.77	21.36±6.70	42.57±8.08	8.0±0.35	4.0±2.26	0.023±0.004	1.55±0.03	29.88±0.08	0.34±0.06	5.13±0.80	78.85
Sandy loam	45±0.71	53.37±0.26	15.92±0.27	30.71±0.53	7.8±0	2.06±0.07	0.14±0.01	1.01±0.08	15.98±0.014	0.29±0.015	2.85±0.07	554.02

* Extraction by DTPA. ** Mean of three determinations ± S.D.

* استخراج از طریق DTPA. ** انحراف معیار از میانگین سه مشاهده

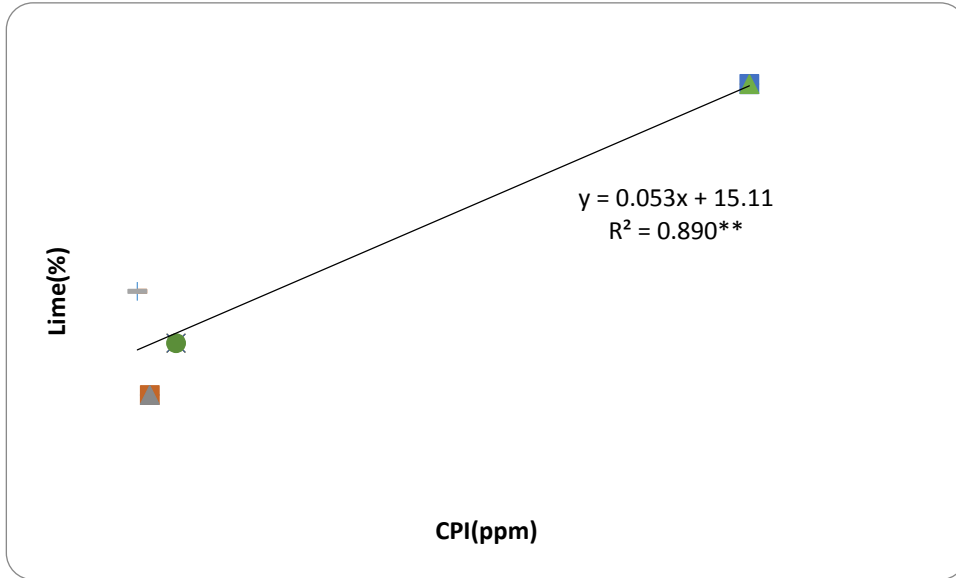


Figure 1. Significant positive regression relation between soil lime level and soilCPI

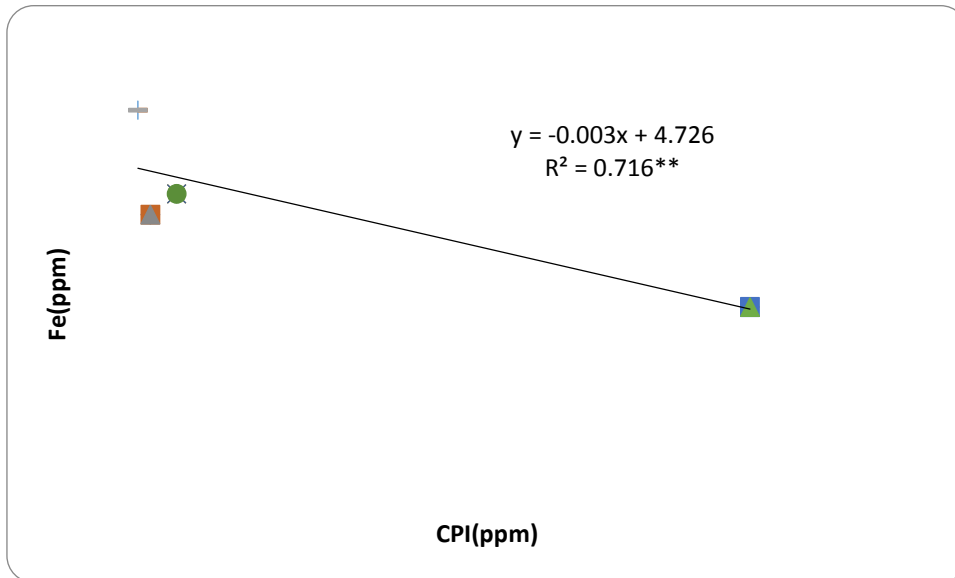


Figure 2. Significant negative regression relation between soil Fe content and soilCPI

Table 2. Effect of different amounts of soil lime on investigated traits in *p. Betuolifolia* and Pyrdwarf rootstocks

p. Betuolifolia rootstock															
	Internode length cm		leaf width cm		leaf length cm		Trunk diameter mm		trunk height cm		SPAD-Value	Chlorophyll fluorescence parameters			Leaf area (mm)
	Spring	Autumn	Spring	Autumn	Spring	Autumn	Spring	Autumn	Spring	Autumn		F0	FM	FV/FM	
۱۵	2.17a	1.5a	3.00a	3.22a	3.00a	4.65a	4.33a	3.97a	33.93a	36.06a	41.73a	0.095a	0.438ab	0.781a	774.723a
۲۰	2.33a	1.90a	3.42a	3.21a	3.42a	5.14a	4.44a	4.25a	32.05a	35.69a	43.64a	0.136a	0.416ab	0.662a	1019.730a
۲۵	2.83a	2.31a	2.83a	3.53a	2.83a	5.47a	4.55a	4.12a	31.97a	46.61a	36.13a	0.096a	0.469a	0.795a	841.667a
۴۵	2.00a	1.67a	3.53a	3.17a	3.53a	5.33a	3.97a	3.73a	35.67a	27.33a	42.23a	0.082a	0.336b	0.748a	912.667a
Pyrdwarf rootstock															
۱۵	1.50a	1.53b	3.0a	3.79a	4.50a	5.58a	4.32a	4.54a	41.30a	49.11a	25.07a	0.097a	0.306a	0.572a	764.333b
۲۰	2.25a	1.76b	3.18a	3.44a	5.00a	6.17a	4.48a	3.89a	46.67a	57.72a	34.81a	0.080a	0.364a	0.790a	949.800ba
۲۵	2.00a	1.94b	3.25a	4.22a	5.33a	6.06a	4.37a	5.74a	51.22a	63.17a	30.40a	0.100a	0.355a	0.696a	680.000b
۴۵	2.23a	3.67a	2.10a	4.67a	4.37a	5.50a	3.33a	4.20a	31.00a	63.33a	29.23a	0.089a	0.300a	0.647a	1137.667a
Significance differences															
Block	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	**	NS	NS	*	NS	NS
Rootstok (A)	NS	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	*	*	NS	NS
Lime (B)	NS	**	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
A*B	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	30.56	17.27	28.49	25.18	16.8	33.58	14.05	26.3	30.08	23.23	32.31	۱۴.۲۸	28.23	23.89	29.85

*P ≤0.05, ** P ≤0.01, P ≤0.001. NS, not significant; Means having the same letter(s) within a column are not significantly different at 5% level

Table 5. Effect of different amounts of soil lime on leaf nutrient content in *p. Betuolifolia* and Pyrdowarf rootstocks

Soil lime %	<i>p. Betuolifolia</i> rootstock							
	N	K	Ca	Mg	TotalFe	Fe(II)	Zn	B
	%				ppm			
15	2.88a	0.10b	0.532a	0.72a	5.34a	1.5a	33.48a	0.29c
20	2.22a	0.12b	0.684a	0.49b	3.92c	1.1c	35.81a	2.29b
25	1.97a	0.20ba	0.456a	0.74a	4.25b	1.19b	37.11a	3.81a
45	2.08a	0.25a	0.608a	0.83a	3.77d	1.06c	35.32a	3.76ba
Pyrdowarf rootstock								
15	2.82 a	0.14b	0.494a	0.49b	4.45a	1.25a	36.95a	2.82 a
20	3.01 a	0.20a	0.608a	0.28c	4.43a	1.25a	30.25ba	3.01 a
25	2.64 a	0.13b	0.508a	0.50b	4.2b	1.18b	28.29b	2.64 a
45	3.24 a	0.14b	0.426a	0.71a	4.04c	1.14b	32.05ba	3.24 a
Significance differences								
Block	NS	*	NS	NS	**	**	NS	NS
A(rootstock)	**	NS	NS	**	**	NS	*	*
B (soil lime)	NS	*	NS	**	**	**	NS	NS
A*B	NS	**	NS	**	**	**	*	*
CV (%)	19.04	26.11	31.55	14.05	0.64	2.29	10.81	10.81

*P ≤0.05, ** P ≤0.001, P ≤0.001. NS, not significant; Means having the same letter(s) within a column are not significantly different at 5% level

CPI خاک در پایه‌های بتولیفولیا و پیروودوارف نتایج تحقیقات نشان داد که پایه پیروودوارف با افزایش شاخص CPI مقدار جذب برگی آهن کل و آهن دو ظرفیتی کاهش معنی داری نشان داد:

$$Y_{\text{Total-Fe}} = -0.0000X + 4.422 \quad R^2 = 0.646^{**};$$

$$Y_{\text{Active-Fe}} = -0.0005X + 1.243 \quad R^2 = 0.611^{**}$$

در حالی که در پایه بتولیفولیا این کاهش معنی دار نگردید:

$$Y_{\text{Total-Fe}} = -0.000X + 4.658 \quad R^2 = 0.279^{ns};$$

$$Y_{\text{Active-Fe}} = -0.0005X + 1.306 \quad R^2 = 0.271^{ns}$$

در روابط رگرسیونی مورد مطالعه مشخص گردید شیب رگرسیون خطی (Slope) و عرض از مبدا رگرسیون خطی تابع (Intercept) برای صفات بین منحنی‌های رگرسیونی بتولیفولیا و پیروودوارف همگن بودند. همچنین شیب رگرسیون برای صفات نامبرده در هر دو پایه

قدرت کلرزه شدن خاک به صورت معنی داری کاهش یافتند (Milošević1 and Milošević 2016; (Ikinci *et al.*, 2014 بطوریکه "شاخص قدرت کلرزه شدن" با طول برگ در پایه بتولیفولیا در همبستگی منفی و معنی داری ($Y = -0.002X + 5.185 \quad R^2 = 0.443^*$) در سطح احتمال 5 درصد بود. در حالی که این همبستگی در پایه پیروودوارف معنی دار نگردید ($Y = -0.001X + 5.062 \quad R^2 = 0.108^{ns}$). "شاخص قدرت کلرزه شدن" با قطر تنه در پایه پیروودوارف در همبستگی منفی و معنی داری در سطح احتمال 5 درصد ($Y = -0.002X + 4.596 \quad R^2 = 0.377^*$) در حالی که این همبستگی در پایه بتولیفولیا معنی دار نگردید ($Y = -0.001X + 4.535 \quad R^2 = 0.161^{ns}$) در خصوص جذب برگی عناصر غذایی و ارتباط رگرسیونی آنها به شاخص

صورت معنی داری کاهش یافته، درحالی که این همبستگی در پایه بتولیفولیا معنی دار نبود. میزان تحمل پایه بتولیفولیا به آهنک فعال خاک با بافت نیمه سنگین-سنگین و pH قلیایی در مقایسه با پایه پیروودوارف (شاهد) از لحاظ جذب برگی عناصر غذایی، مقدار کلروفیل برگ و صفات رشد در ارجحیت قرار دارد.

تحمل به کلروز آهن ناشی از آهنکی بودن خاک از ویژگیهای برتر پایه بتولیفولیا در مقایسه با پایه پیروودوارف است.

سپاس‌گزاری

نگارندگان از پژوهشکده میوه های معتدله و سردسیری/موسسه باغبانی جهت حمایت های مالی و معنوی در اجرای پروژه کمال تشکر را می نمایند.

پیروودوارف و بتولیفولیا زیر صفر بوده است که نشان میدهد انتخاب "شاخص قدرت کلرزه شدن" ، کالیبراسیون مناسبی برای تخمین میزان همبستگی بوده است (Cardenas-Lailhacar *et al.*, 2015).

نتیجه گیری

از روابط رگرسیونی بین "شاخص قدرت کلرزه شدن" خاک، با صفات رشد و جذب برگی عناصر غذایی مشاهده میگردد که پایه پیروودوارف به افزایش شاخص و یا به عبارتی به مقدار آهنک و آهن خاک حساس تر از پایه بتولیفولیا عکس العمل نشان میدهد. بطوری که در مقادیر بالای آهنک فعال خاک قطر تنه و جذب برگی آهن کل و آهن فعال خاک در پایه پیروودوارف به

References

- Ali-Akbari, M. (2009). Identification of native pear cultivars in the central and western parts of Kurdistan. *Plant Production*, 32 (1); 39-51. [In Persian].
- Anonymus, (1993). Soil science reports from Damavand area (Tehran province). *Technical Journal*. Number 842
- Anonymus, 1353. Preferential soil reports of Isfahan province. *Technical Journal*, No. 407.
- Anonymus, (1371). General soil reports of Damavand region (Tehran province). *Technical Journal*, No. 842
- Anonymus, 1375. Detailed preferential soil studies of Khorasan province, 1375. *Technical Journal*, No. 944
- Anonymus, (1377). General soil studies and classification of West Azerbaijan province. *Technical Journal*, No. 1027.
- Archana, M., Anusree, T., Suma, R., & Manjunatha, G. (2019). Identifying association between pomegranate fruit yield and nutrient variables using correlation and linear multiple regression models. *International Journal of Forest, Soil & Erosio*. 9(3)
- Bai, M., Hao, G., Zhang, X., Yang, S., Guo, H. (2019). Nutrients of soil and leaf in pear orchards of Shanxi province. *Journal of Agriculture* 9 (12): 23–27
- Cardenas-Lailhacar, B., Dukes, & M.D. (2015). Effect of temperature and salinity on the precision and accuracy of landscape irrigation soil moisture sensor systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 141(7): 04014076.
- Fallahi, E., Neilse, D., Nielsen, G.H., Fallahi, B., & Shafii, B. (2010). Efficient irrigation for optimum fruit quality and yield in apples. *HortScience*, 45 (11): 1616–1619,

- Farhadi, H., SHARIFANI, M. M., Alizadeh, M., Hokmabadi, H., & Aliniaefard, S. (2023). Effect of Drought Stress on the Amount of Proline, Glycine Betaine, Carbohydrate, Phenol and Malondialdehyde Content Genotypes and Interspecific Hybrids Pistachio (*Pistacia vera* L.). *Plant Productions*, 46(4):507-521. [In Persian].
- Ikinci, A., Bolat, I., Ercisli, S., & Kodad, O. (2014). Influence of rootstocks on growth, yield, and fruit quality and leaf mineral element contents of pear cv. 'Santa Maria' in semi-arid conditions. *Biological Research*, 47(71):1-8.
- Imami, A. (1375). Plant analysis methods. Soil and Water Research Institute. *Technical Journal*, No. 982.
- Malakouti, M.J., Ehyae, M. & Khoshkhabar V.G. (2009). Irrigation Water Bicarbonate Obstacle to Increasing Agricultural Productivity in the Country. Technical publications. *Soil and Water Research Institute*.iran. [In Persian].
- Milošević, T., & Milošević, N. (2016). Estimation of nutrient status in pear using leaf mineral composition and deviation from the optimum percentage index. *Acta Sci Pol Hortorum Cultus* 15 (5): 45-55.
- Mirabdulbaghi, M., 2020. Evaluation of the effectiveness of concentration of iron and zinc elements in flower at full bloom to some leaf parameters, growth traits and yield of quince cultivars seedlings (*Cydonia oblonga* Mill.) from Iran grown in calcareous soils. *Plant Production*, 43 (2):159-170. [In Persian].
- Tagliavini, M., Bassi, D., & Marangoni, B. (1993). Growth and mineral nutrition of pear rootstocks in lime soils. *Scientia Horticulturae*, 54(1):13-22
- Shafiei, N., Khaleghi, E., & Moallemi, N. (2019). Effect of salicylic acid on some morphological and biochemical characteristics of Olive (*Olea europaea* cv. 'Konservalia') under water stress. *Plant Productions*, 42(1):15-30. [In Persian].
- Tagliavini, M., & Rombola, A.D. (2001). Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. *European Journal of Agronomy*; 15 (2) 71-92
- Yu, N., Li, J., Wang, J., Cai, Z., Sha, S., & Li, H. (2013). Investigation and analysis on nutrient status of soil and leaves in 'Nanguoli' pear orchards in Liaoning Province. *International Journal of Fruit Science*. 30(2):254-9.
- Zarin Negesh, M. (1368). Soil fertility and production. University of Tehran Press and Publications Institute, Page 245. [In Persian].
- Zahoori, M., Abdollahi, M., Arjey, A., & Abdousi, V. (1398). Preliminary selection of some pear rootstocks for drought tolerance based on growth and physiological indices. *Journal of Horticulture and Seed Science*, 35(2):285-302