مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۶، شماره ۱، سال ۱۳۸۹

اثر متقابل پایه و ژنوتیپ بر تحمل به کلروز ناشی از کمبود آهن در برخی ژنوتیپ‌های به (*Cydonia oblonga* Mill.) منطقه مرکزی ایران

Interaction Effects of Rootstock and Genotype on Tolerance to Iron Deficiency Chlorosis in some Quince (*Cydonia oblonga* Mill.) Genotypes from Central Regions of Iran

حمید عبداللهی[۱]، ایوبعلی قاسمی[۲] و سارا مهرابی‌پور[۳]

۱ - استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج
۲- مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان
۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۹/۱۲

چکیده

عبداللهی، ح.، قاسمی، ا.، و مهرابی‌پور، س. ۱۳۸۹. اثر متقابل پایه و ژنوتیپ بر تحمل به کلروز ناشی از کمبود آهن در برخی ژنوتیپ‌های به (*Cydonia oblonga* Mill.) منطقه مرکزی ایران. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۶:** ۱۴ - ۱.

درخت به (*Cydonia oblonga* Mill.) از درختان میوه حساس به کلروز برگی ناشی از کمبود آهن است. در بین راهکارهای کاهش این مشکل، انتخاب منابع ژنتیکی متحمل به این عارضه به طور اقتصادی‌تری می‌تواند موثر واقع شود. در این بررسی سیزده ژنوتیپ به شناسایی شده منطقه مرکزی ایران همراه با به رقم اصفهان به عنوان شاهد، از نظر حساسیت به کلروز آهن از طریق ارزیابی میزان کلروفیل برگی با تاکید بر برگ‌های بالائی، طی دو سال متوالی در شرایط نهالستان و گلخانه روی سه نوع پایه گلابی، زالزالک و ارزیابی شدند. کلیه ژنوتیپ‌های به با پایه گلابی در سال اول پس از انتقال از نهالستان ناسازگاری کامل نشان دادند. چنین ناسازگاری در سایر ترکیبات پیوندی مشاهده نشد. ارزیابی مقایسه‌ای میزان کلروفیل برگ‌ها بیانگر تاثیر مثبت شرایط نهالستان بر میانگین میزان کلروفیل برگ‌های پائینی و بالائی در کلیه ژنوتیپ‌ها بود. ارزیابی مقایسه‌ای حساسیت ژنوتیپ‌های مختلف به نشان داد که ژنوتیپ‌های NB3، NB4 و SHA1 روی اغلب پایه‌ها کلروز کم‌تری در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها روی برگ‌های بالائی نشان دادند. دو ژنوتیپ PH2 و KVD2 روی اغلب پایه‌ها حساسیت نسبتاً زیاد تا زیاد به کلروز بروز دادند. در ژنوتیپ KVD1، پایه به سبب افزایش حساسیت آن به کلروز آهن، و دو پایه زالزالک و گلابی سبب کاهش قابل توجه حساسیت آن شدند. در ژنوتیپ KM1 پایه زالزالک و در ژنوتیپ ET1 دو پایه گلابی و زالزالک سبب افزایش حساسیت این ژنوتیپ شدند. سایر ژنوتیپ‌ها بسته به پایه و شرایط محیطی آزمایش رفتار متغیری از خود بروز دادند.

واژه‌های کلیدی: درخت به (*Cydonia oblonga* Mill.)، کلروز آهن، حساسیت ژنوتیپ‌ها، نوع پایه.

نویسنده مسئول: habdollahi@yahoo.com

مقدمه

درخت به (*Cydonia oblonga* Mill.) سومین عضو مهم و اقتصادی درختان میوه دانه‌دار است که نسبت به دیگر درختان معتدله، درختی کم توقع است و به طور طبیعی در جنگل‌های شمال ایران از آستارا تاکتول رویش دارد (Sabeti, 1994). حساسیت به کلروز ناشی از کمبود آهن از جمله مشکلات اساسی این درخت به حساب می‌آید به صورتی که رشد سرشاخه‌های درخت به اغلب با زردی برگ ناشی از کمبود آهن همراه است. به طور کلی درخت به توانائی زیادی برای جذب عنصر آهن از خاک ندارد (Cinelli *et al.*, 2004). از طرفی بالا بودن pH خاک سبب کاهش جذب آهن مورد نیاز برای رشد گیاه شده و بروز کلروز ناشی از کمبود آهن را تشدید می‌کند. به طور کلی کم‌ترین آهن قابل حل خاک در اسیدیته بین ۶/۵ تا ۸ وجود دارد (Salardini and Mojtahedi, 1988). واضح است که بروز کلروز برگی به افت میزان کلروفیل و توان تولیدی گیاه و در نهایت کاهش باردهی درخت می‌انجامد. رابطه مستقیم بین کمبود آهن برگ و میزان کلروفیل به عنوان شاخص این کمبود اثبات شده است (de la Guardia and Alcantara, 2002). علاوه بر اثر کمبود آهن روی کلروفیل برگ، این کمبود سبب سایر تغییرات در آپوپلاست سلول‌های برگی درختانی نظیر گلابی می‌شود. از جمله این تغییرات افزایش pH و ترکیب اسیدهای آلی غالب در آپوپلاست قابل ذکر است (Lopez-Millan *et al.*, 2001).

جلوگیری از بروز کلروز با استفاده از روش‌های اصلاح خاک، تغذیه درخت با کودهای حاوی آهن قابل جذب، کاربرد روش‌های به زراعی و استفاده از ارقام و یا پایه‌های مقاوم و متحمل امکان‌پذیر است (Chen and Hadar, 1991؛ Bergamn, 1988). مسلماً در صورتی که رقم و یا پایه مورد استفاده به طور طبیعی به شرایط خاک متحمل باشد روش جلوگیری کم هزینه‌تر و اقتصادی‌تری برای کاهش اثر کمبود آهن خواهد بود. در بین پایه‌های گلابی و به، پایه‌های متعلق به گونه گلابی معمولی (*Pyrus communis* L.) پررشدتر، سخت ریشه‌زاتر و متحمل‌تر به کمبود آهن قابل جذب در خاک نسبت به پایه‌های متعلق به گونه به است (Manee, 1994). بونانی و همکاران (Bonany *et al.*, 2005) کاربرد روش دورگ گیری بین گونه‌ای را برای تولید پایه‌های گلابی متحمل به کلروز آهن گزارش کردند. چینلی و همکاران (Cinelli *et al.*, 2004) از روش باززائی سوماتیکی در شرایط استرس کمبود آهن قابل جذب که توسط یون بی‌کربنات در محیط رشد درون شیشه ایجاد شده بود برای غربال گیاهان باززائی شده استفاده کردند. تزیپوریدیس و همکاران (Tsipouridis *et al.*, 2005) تفاوت قابل توجهی را در جذب آهن خاک توسط پایه‌های

مختلف درختان هسته‌دارها مشاهده کردند. آن‌ها تاثیر مثبت هر دو عامل پایه و رقم را روی کاهش شدت بروز کلروز آهن ارقام هلوی پیوند شده روی این پایه‌ها گزارش کردند. گوگورسنا و همکاران (Gogorcena *et al.*, 2004) امکان کاربرد میزان فعالیت آنزیم فریک کلات ردوکتاز (Ferric chelate reductase) را به عنوان مارکر بیوشیمیایی در غربال نتاج هلوی مقاوم به کلروز آهن مورد بررسی قرار دادند.

دستیابی و گزینش ارقام و پایه‌های متحمل به بروز کلروز برگی ناشی از کمبود آهن نه تنها در کشت و کار باغ‌های جدید می‌تواند مفید باشد بلکه می‌تواند در زمینه اصلاح ارقام و همچنین در زمینه شناخت بهتر فیزیولوژی و بیولوژی تحمل به کلروز مفید واقع شود. به این دلیل در پی جمع‌آوری و احداث کلکسیون ژنوتیپ‌های به منطقه مرکزی کشور، در این تحقیق دو ساله (۸۶-۱۳۸۵) میزان تحمل این ژنوتیپ‌ها به کلروز برگی کمبود آهن در محیط گلخانه و نهالستان همراه با بررسی اثر پایه روی شدت بروز کلروز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در برنامه شناسایی و جمع‌آوری ژنوتیپ‌های درخت به منطقه مرکزی کشور، در قالب پروژه تحقیقاتی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی در سال‌های ۸۰-۱۳۷۷ شناسایی شده بود. سیزده ژنوتیپ به شامل KM1،ET1، KVD1، KVD2، KVD4، NB1، NB3، NB4، PH2، PK2، SHA1، SVS1 و SVS2 و رقم اصفهان به عنوان شاهد با کد KVD3 روی پایه‌های به، زالزالک و گلابی در سه تکرار در گلخانه در قالب طرح کاملاً تصادفی و در نهالستان در قالب بلوک‌های کامل تصادفی از نظر حساسیت به کلروز ناشی از کمبود آهن ارزیابی شدند. در نهالستان به تعداد حداقل ۲۵ پایه در هر کرت آزمایشی به ازاء هر ژنوتیپ پیوند شدند. با توجه به عدم گیرایی درصدی از پیوندها، حداقل بیست نهال در هر کرت مورد ارزیابی قرار گرفتند.

برای پیوند ژنوتیپ‌ها از پایه‌های بذری به رقم اصفهان و زالزالک اصفهان (پایه‌های متداول برای تکثیر نهال تجارتی به) و گلابی رقم درگزی (پایه متداول برای تکثیر نهال گلابی) استفاده شد. پیوند ژنوتیپ‌ها در نیمه دوم شهریور ماه انجام شد و پایه‌ها در اسفند ماه همان سال به منظور تحریک رشد جوانه پیوندی سربرداری شده و نهال‌ها به مدت یک سال قبل از انتقال به گلخانه در همان محل نگهداری شدند. شرایط اقلیمی محل نهالستان به شرح زیر بود:

میانگین بارندگی سالیانه ۲۵۱ میلی‌متر با ضریب تغییرات ۲۴/۱ درصد، حداقل و حداکثر مطلق دما به ترتیب ۲۰- و ۴۲ درجه سانتی‌گراد و میانگین سالیانه ۱۴/۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین سالیانه رطوبت نسبی ۵۲ درصد و

میانگین حداکثر وحداقل آن به ترتیب ۷۲ و ۳۸ درصد، جمع تبخیر سالیانه از تشت تبخیر کلاس A بالغ بر ۲۱۸۴ میلی‌متر. ماه دی با متوسط ۲۶ میلی‌متر و تیر ماه با ۳۷۵ میلی‌متر به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار تبخیر را داشتند.

نهال‌های یک ساله در اسفند ماه سال بعد در گلدان‌های ۲۵ لیتری حاوی نسبت‌های مساوی ماسه، کود دامی پوسیده و خاک مزرعه (اسیدیته کمی قلیایی برابر ۷/۸) که به طور یک دست تهیه شده بود کاشته شدند. خاک مورد استفاده در گلدان دارای بافت لومی-شنی از همان محل خاک نهالستان تولید نهال‌ها تهیه شده بود. تجزیه خاک مورد استفاده در دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر انجام شد. نگهداری و مراقبت از نهال‌ها شامل کاربرد کود نیتروژن به فرم اوره با غلظت ۱ در هزار به تعداد دو مرتبه در طول فصل رشد، مبارزه با شته و سله‌شکنی خاک سطحی گلدان‌ها بود. در طول دوره ارزیابی از کاربرد کودهای حاوی آهن و یا شرایط تداخل‌کننده در استرس آهن نظیر غرقاب شدن خاک گلدان‌ها اجتناب شد. آبیاری نهال‌ها با شروع فصل رشد با تناوب هفتگی و در ماه‌های گرم تابستان دو بار در هفته و به صورت نشتی انجام شد.

برای ارزیابی مقایسه‌ای تحمل ژنوتیپ‌ها به کلروز آهن از دستگاه کلروفیل سنج (Opti-Sciences, Inc.، مدل CCM-200) در دو مرحله در اواخر خرداد و اواسط مرداد ماه در برگ‌های بالائی و پائینی شاخه‌های فصل رشد استفاده شد. در هر شاخه ده برگ برای ارزیابی کلروز در برگ‌های بالائی و به همین تعداد از برگ‌های پائینی و در هر گیاه دو شاخه مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی تحمل به صورت رده بندی ۱ تا ۱۴ انجام شد، به صورتی که رده ۱ به ژنوتیپ دارای بیش‌ترین کلروز آهن (کم‌ترین میزان کلروفیل) و رده ۱۴ به ژنوتیپ دارای کم‌ترین کلروز آهن (بیش‌ترین میزان کلروفیل) بود. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار سیگما استت (SigmaSTAT-USA) انجام شد.

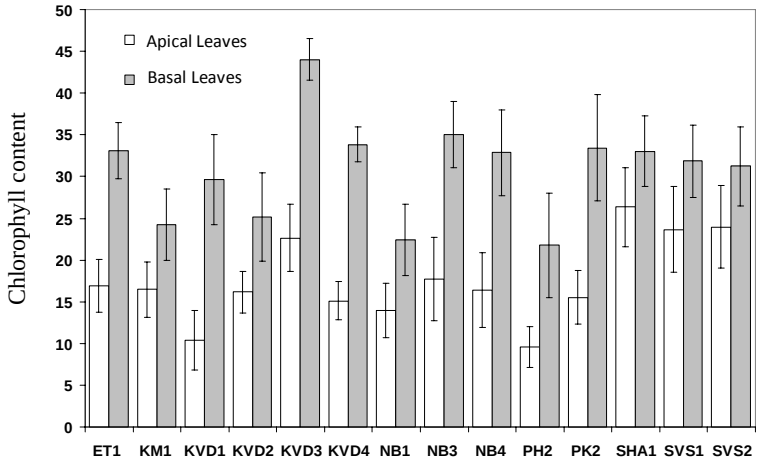
نتایج و بحث

بررسی میزان آهن خاک نهالستان محل آزمایش (جدول ۱) نشان‌دهنده سطح قابل توجه این عنصر در خاک بود، لیکن با توجه اسیدیته نسبتاً بالا قابلیت جذب آهن خاک برای گونه حساسی نظیر درخت به محدود بوده و تقریباً در کلیه درختان مورد آزمایش سطوح مختلفی از کلروز آهن مشاهده شد. بروز این کلروز بر اساس داده‌های اقلیمی محل نهالستان جندان دور از انتظار نبود. مقایسه میزان کلروز برگ‌های بالائی و پائینی بیانگر بالاتر بودن میزان کلروفیل برگ‌های پائینی در اغلب ژنوتیپ‌ها و روی بیشتر پایه‌ها بود (شکل‌های ۱ تا ۴). بررسی همبستگی بین میزان کلروفیل برگ‌های پائینی و بالائی نشان داده که این شاخص دارای ضریب همبستگی برابر ۰/۹۹۹ است یعنی در سطح

جدول ۱- تجزیه خاک نهالستان مورد استفاده برای ازدیاد و پرکردن گلدان‌های گیاهان آزمایشی

Table 1. Analysis of nursery soil used for propagation and potting of tested plants

عمق نمونه‌برداری Sampling depth	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS/m)	درصد اشباع Saturation percentage (%)	اسیدیته pH	نیتروژن کل Total N (%)	ترکیبات آلی Organic compounds (%)	فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus ($mgkg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium ($mgkg^{-1}$)	آهن قابل جذب Absorbable ferroud ($mgkg^{-1}$)	منگنز قابل جذب Absorbable manganese ($mgkg^{-1}$)	روی قابل جذب Absorbable zinc ($mgkg^{-1}$)	مس قابل جذب Absorbable cupper ($mgkg^{-1}$)	بر قابل جذب Absorbable boron ($mgkg^{-1}$)
0 -30 cm	1.64	33.0	7.8	0.07	0.64	34.6	275	2.54	8.3	1.56	1.04	0.32
30-60 cm	0.58	37.7	7.9	0.04	0.22	0.88	81	1.92	6.2	0.00	0.74	0.04

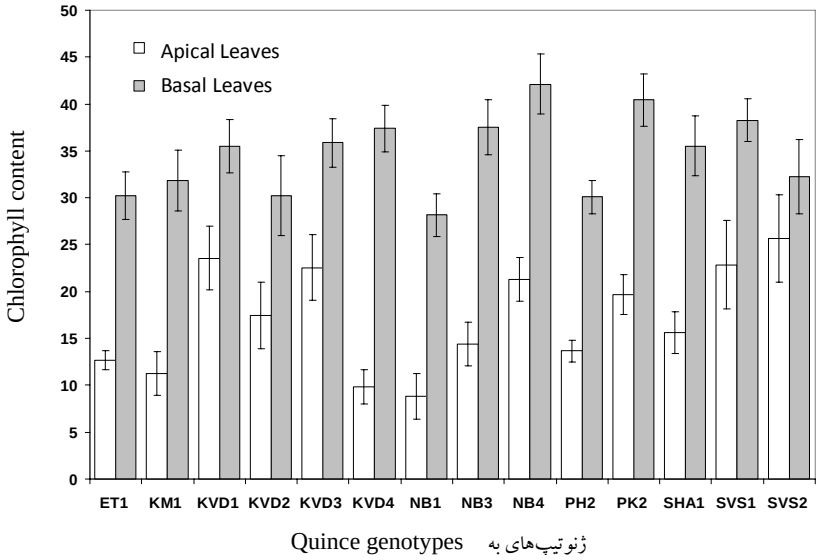


شکل ۱- مقایسه شدت کلروز برگی بر اساس میزان کلروفیل برگ‌های بالائی و پائینی سرشاخه‌های ژنوتیپ‌های مختلف به پیوند شده روی پایه به در شرایط گلخانه‌ای

خطوط روی نمودارها نشان‌دهنده خطاهای استاندارد میانگین است

Fig. 1. Comparison of leaf chlorosis, indexed by chlorophyll content of basal and apical leaves on the shoots of different quince genotypes budded on quince rootstocks in greenhouse condition

The lines on the bars demonstrate the standard errors of means

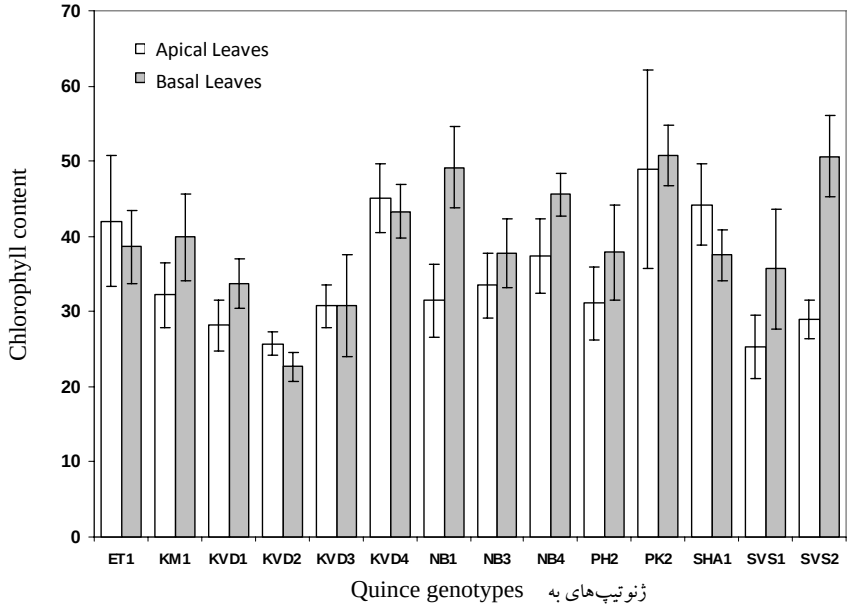


شکل ۲- مقایسه شدت کلروز برگی بر اساس میزان کلروفیل برگ‌های بالائی و پائینی سرشاخه‌های ژنوتیپ‌های مختلف به پیوند شده روی پایه زالزالک در شرایط گلخانه‌ای

خطوط روی نمودارها نشان‌دهنده خطاهای استاندارد میانگین است

Fig. 2. Comparison of leaf chlorosis, indexed by chlorophyll content of basal and apical leaves on the shoots of different quince genotypes budded on crataegus rootstocks in greenhouse condition

The lines on the bars demonstrate the standard errors of means

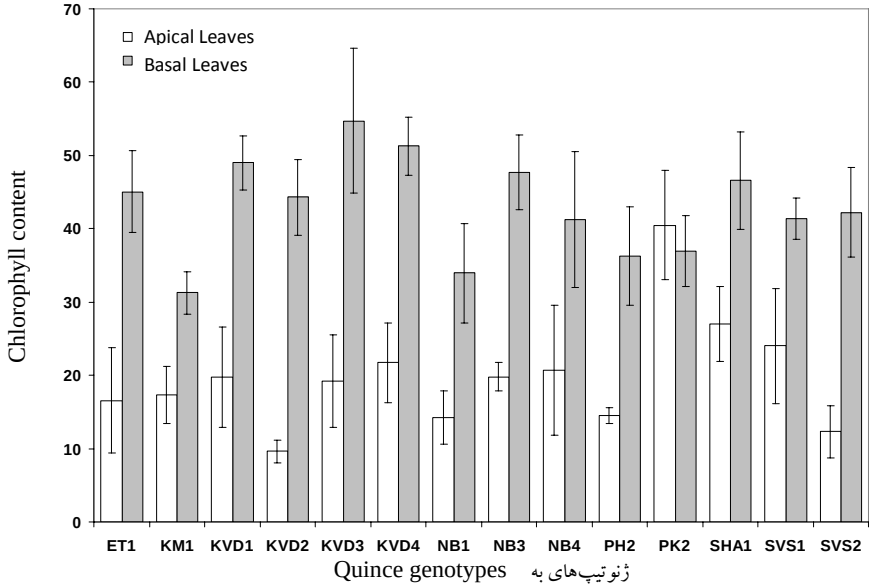


شکل ۳- مقایسه شدت کلروز برگی بر اساس میزان کلروفیل برگ‌های بالائی و پائینی سرشاخه‌های ژنوتیپ‌های مختلف به پیوند شده روی پایه به در شرایط نهالستان

خطوط روی نمودارها نشان‌دهنده خطاهای استاندارد میانگین است

Fig. 3. Comparison of leaf chlorosis, indexed by chlorophyll content of basal and apical leaves on the shoots of different quince genotypes budded on quince rootstocks in nursery condition

The lines on the bars demonstrate the standard errors of means



شکل ۴- مقایسه شدت کلروز برگی بر اساس میزان کلروفیل برگ‌های بالائی و پائینی سرشاخه‌های ژنوتیپ‌های مختلف به پیوند شده روی پایه گلابی در شرایط نهالستان

خطوط روی نمودارها نشان‌دهنده خطاهای استاندارد میانگین است

Fig. 4. Comparison of leaf chlorosis, indexed by chlorophyll content of basal and apical leaves on the shoots of different quince genotypes budded on pear rootstocks in nursery condition

The lines on the bars demonstrate the standard errors of means

احتمال ۹۹/۹٪ از نظر آماری معنی‌دار است. بالا بودن همبستگی این دو صفت بیانگر این است که گرچه به لحاظ ماهیت غیر متحرک بودن عنصر آهن در برگ‌های گیاهان، کلروز آهن عمدتاً در برگ‌های فوقانی ظاهر می‌شود (Chen and Hadar, 1991؛ Bergamn, 1988)، لیکن برگ‌های پائینی نیز از عوارض این پدیده بی‌تاثیر نمانده و کاهش کلروفیل نامحسوس در برگ‌های پائینی آن‌ها بروز می‌کند. این عارضه منجر به افت میزان فتوسنتز و کارآیی فتوسنتزی برگ در کلیه بخش‌های گیاه از جمله بخش‌های مسن‌تر که کلروز ظاهری نشان نمی‌دهند می‌شود. واضح است این افت سراسری میزان کلروفیل سرتاسری سبب کاهش کارآیی گیاه، کاهش تجمع کربوهیدرات‌ها، کاهش گل‌انگیزی و در نهایت باروری گیاه می‌شود (Faust, 1989). بنابراین با انتخاب ژنوتیپ‌ها و یا اصلاح ارقام مقاوم به کلروز آهن انتظار می‌رود نه تنها از خسارت ظاهری بخش‌های انتهایی شاخه درخت کاسته شود، بلکه در اصلاح گلدهی، میوه‌بندی و در نهایت عملکرد و رشد رویشی مناسب کل تاج موثر واقع شود.

نکته قابل توجه نزدیک شدن میانگین کلروفیل برگ‌های پائینی و بالائی در ژنوتیپ‌های به پیوند شده روی پایه متعلق به همان گونه در شرایط نهالستان بود. ارزیابی مشاهده‌ای نشان داد که هر چه میزان ناسازگاری بین پایه و پیوندک بیش‌تر باشد تنوع صفت میزان کلروفیل برگ نیز بیش‌تر است، بدین معنی که بین برگ‌های بالائی و پائینی تفاوت بیش‌تری در میزان کلروفیل برگ مشاهده می‌شود. در این بررسی نیز بیش‌ترین دامنه این تفاوت در ترکیب پیوندی به روی گلابی که دارای بیش‌ترین ناسازگاری هستند مشاهده شد. علاوه بر این مقایسه میزان انحراف استاندارد هیستوگرام‌های مختلف (شکل‌های ۱ تا ۴) بیانگر دامنه گسترده‌تر تنوع صفت میزان کلروفیل برگ در ترکیب پیوندی اخیر است.

در بین پایه‌های مختلف استفاده شده جهت تکثیر ژنوتیپ‌ها، کلیه مواد گیاهی در مرحله نهالستان با پایه‌ها سازگاری نشان داده و منجر به رشد مطلوب و سریع ژنوتیپ‌ها شدند. بیشترین میزان رشد ریشه به طور مشاهده‌ای در ترکیب پیوندی به روی همان‌گونه و کمترین آن در ترکیب به روی پایه گلابی مشاهده شد. بررسی‌ها نیز نشان داده است تنها تعداد معدودی از ارقام گلابی روی پایه‌های به سازگاری دارند ولی با این حال درصدهای مختلف از ناسازگاری جزئی که منجر به افت کیفیت میوه تا شکستن کامل محل پیوند می‌شود در آن‌ها مشاهده می‌شود (Tukey, 1964). هماهنگی دارد.

تمام ژنوتیپ‌های پیوند شده روی پایه گلابی، پس از انتقال از نهالستان به گلخانه با وجود زنده ماندن پایه، به شدت ناسازگاری نشان دادند به طوری که بیش از ۹۸ درصد نهال‌ها علی‌رغم زنده بودن پایه، هیچ‌گونه رشد

پیوندک و باز شدن جوانه‌های رویشی تا پایان فصل رشد نشان ندادند (جدول ۲) به همین دلیل این امر منجر به عدم امکان کسب نتایج ارزیابی مقاومت به کلروز آهن در سال دوم تحقیق روی پایه گلابی در شرایط گلخانه‌ای شد. به طور کلی ناسازگاری نسبی پایه‌های هم‌گروه به با ارقام گلابی شناخته و ثابت شده است (Radnia, 1996؛ Rasoulzadegan, 1991). میزان این ناسازگاری در ترکیب‌های پیوندی ارقام مختلف گلابی متفاوت است و از سازگاری کامل (نظیر رقم الدهوم) تا ناسازگاری کامل (نظیر رقم بوره بوسک) گزارش شده است (Tukey, 1964). ناسازگاری درخت به روی پایه گلابی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. ولی بررسی‌های انجام شده نشان داده که گرچه پایه گلابی از نظر بسیاری از صفات نظیر تحمل به خشکی، شرایط خاک غرقاب، خاک‌های قلیایی، سرماهای زیر ۱۰- درجه سانتی‌گراد و بیماری آتشک نسبت به پایه به دارای برتری‌های زیادی است، لیکن به دلیل شدت ناسازگاری استفاده از پایه‌های بذری یا هم‌گروه گلابی برای ارقام به امکان‌پذیر نیست.

مقایسه برخی خصوصیات رشد رویشی ژنوتیپ‌های پیوندی به روی دو پایه زالزالک و به نشان داد که استفاده از پایه به در مقایسه با پایه زالزالک باعث افزایش تعداد گره، افزایش سرعت چوبی شدن، میزان رشد و فاصله میانگره شاخساره‌ها شد. نوع پایه در این ژنوتیپ‌ها تأثیر چندانی روی زمان باز شدن جوانه‌های رویشی نداشت.

بررسی نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) نشان‌دهنده آهکی بودن نسبی خاک و به طبع پایین بودن آهن قابل جذب خاک بود. بنابراین که از این نظر خاک مورد استفاده در گروه بسیار ضعیف طبقه‌بندی می‌شود. با توجه به دو عامل قلیایی بودن و کمبود آهن قابل جذب، شرایط آزمایش می‌تواند به نحو مطلوبی منعکس‌کننده تاثیر پایه روی حساسیت به کلروز آهن در رقم پیوندی در یک شرایط تنش‌زا باشد.

مقایسه کلروفیل برگ‌های بالائی و پائینی بیانگر افزایش میانگین کلی میزان کلروفیل از ۱۷/۴۷ و ۳۰/۸ به ترتیب در برگ‌های بالائی و پائینی روی پایه به در شرایط گلخانه، به ۲۷/۷ و ۴۱/۹ روی همان پایه در شرایط نهالستان بود (شکل‌های ۱ و ۳). افزایش میزان کلروفیل در این شرایط بیانگر تاثیر مثبت شدت نور روی میزان سنتز کلروفیل است. چنین تاثیری هم در گیاهان علفی (Grunenfelder *et al.*, 2006) و هم در گیاهان چوبی (Yang *et al.*, 1995) از طریق انتقال پیام از گیرنده‌های نوری کلروپلاست و انتقال پیام به هسته جهت سنتز کلروفیل (Surpin *et al.*, 2002) و نقش موثر گروهی از پروتئین‌های درگیر در مکانیسم تنظیم سنتز کلروفیل به نام FLP (Falciatore *et al.*, 2005) به اثبات رسیده است.

جدول ۲- رده‌بندی میزان تحمل ژنوتیپ‌های مختلف به نسبت به کلروز ناشی از کمبود آهن روی پایه‌های مختلف

Table 1. Ranking of tolerance to the iron deficiency chlorosis of quince genotypes on different rootstocks

ژنوتیپ Genotype	نوع پایه و محیط ارزیابی Rootstock type and evaluation condition									
	به (نهالستان) Quince (Nursery)		به (گلخانه) Quince (Greenhouse)		گلابی (نهالستان) Crataegus (Nursery)		گلابی (گلخانه) Pear (Greenhouse)		زالزالک (گلخانه) Crataegus (Greenhouse)	
	برگ‌های پائینی Basal leaves	برگ‌های بالائی Apical leaves	برگ‌های پائینی Basal leaves	برگ‌های بالائی Apical leaves	برگ‌های پائینی Basal leaves	برگ‌های بالائی Apical leaves	برگ‌های پائینی Basal leaves	برگ‌های بالائی Apical leaves	برگ‌های پائینی Basal leaves	برگ‌های بالائی Apical leaves
ET1	11	8	9	10	5	9	Incompatible	Incompatible	4	3
KM1	8	9	8	3	6	1	Incompatible	Incompatible	3	5
KVD1	3	3	2	5	8	12	Incompatible	Incompatible	13	7
KVD2	2	1	6	4	1	8	Incompatible	Incompatible	8	4
KVD3	5	2	11	14	7	14	Incompatible	Incompatible	11	9
KVD4	13	10	4	12	11	13	Incompatible	Incompatible	2	10
NB1	7	12	3	2	3	2	Incompatible	Incompatible	1	1
NB3	9	6	10	13	9	11	Incompatible	Incompatible	6	11
NB4	10	11	7	8	10	5	Incompatible	Incompatible	10	14
PH2	6	7	1	1	4	3	Incompatible	Incompatible	5	2
PK2	14	14	5	11	14	4	Incompatible	Incompatible	9	13
SHA1	12	5	14	9	13	10	Incompatible	Incompatible	7	8
SVS1	1	4	12	7	12	6	Incompatible	Incompatible	12	12
SVS2	4	13	13	6	2	7	Incompatible	Incompatible	14	6

کلاس ۱ : حساس‌ترین ژنوتیپ؛ کلاس ۱۴: متحمل‌ترین ژنوتیپ.

Class 1: Most susceptible genotype; Class 14: Most tolerant genotype.

ارزیابی مقایسه‌ای حساسیت ژنوتیپ‌های مختلف درخت به نشان داد که ژنوتیپ‌های NB3، NB4 و SHA1 در اغلب ترکیبات پیوندی کلروز کم‌تری در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها روی برگ‌های بالائی خود نشان دادند، به صورتی که حداقل رده تحمل ۶ تا ۷ را در این برگ‌ها دارا بودند (جدول ۲ و شکل‌های ۱ تا ۴). دو ژنوتیپ PH2 و KVD2 روی اغلب پایه‌ها حساسیت نسبتاً زیاد تا زیاد به کلروز بروز دادند. در مورد این دو پایه حداکثر رده تحمل کسب شده به ترتیب ۶ و ۸ بود (جدول ۲). در ژنوتیپ KVD1، پایه به باعث افزایش حساسیت آن به کلروز آهن و دو پایه زالزالک و گلابی سبب کاهش قابل توجه حساسیت آن شدند، لیکن سطح تحمل القا شده توسط پایه زالزالک از پایه گلابی بالاتر بود. در ژنوتیپ KM1 استفاده از پایه زالزالک و در ژنوتیپ ET1 پایه گلابی و زالزالک باعث افزایش حساسیت این ژنوتیپ به کلروز شدند. سایر پایه‌ها بسته به نوع پایه و شرایط محیطی آزمایش رفتار متغیری از خود بروز دادند (جدول ۲).

به رقم اصفهان (کد KVD3) روی اغلب پایه‌ها تحمل متوسط تا بالایی نسبت به کلروز آهن در برگ‌های بالائی خود نشان داد. بیشترین میزان تحمل این رقم به کمبود آهن روی پایه به در شرایط گلخانه‌ای و روی پایه زالزالک مشاهده شد (جدول ۲). به نظر می‌رسد با توجه به مطلوب بودن پایه زالزالک برای تولید نهال به (Manee, 1994) این برتری می‌تواند در اثر برتری این ترکیب پیوندی برای جذب آهن خاک و به طبع آن افزایش کلروفیل و میزان فتوسنتز و در نتیجه بهبود باردهی درخت ایجاد شود. علاوه بر آزمون بررسی نقش پایه روی حساسیت به کلروز آهن ژنوتیپ‌های به، مقایسه دو ساله برخی خصوصیات رشد رویشی ژنوتیپ‌ها روی دو پایه زالزالک و به نشان داد که استفاده از پایه به در مقایسه با پایه زالزالک باعث افزایش تعداد گره، افزایش سرعت چوبی شدن، میزان رشد و فاصله میانگره شاخساره‌ها شد. نقش مثبت پایه روی تغییر عادت‌های رشدی و حتی الگوی تظاهر ژنی رقم به اثبات رسیده است. بدیهی است این تغییرات می‌تواند به تغییر در الگوی حساسیت به تنش‌های زنده و غیر زنده رقم پیوندی منجر شود (Jensen *et al.*, 2003). نقش مثبت پایه روی حساسیت رقم پیوندی به کلروز آهن به خوبی در گونه‌هایی که امکان انتخاب پایه آن‌ها از گونه‌های متنوع وجود دارد، نظیر پایه‌های درختان میوه هسته‌دار مشخص شده است (Tsipouridis *et al.*, 2005). چنانچه ذکر شد در درخت به نیز امکان انتخاب حداقل دو پایه به و زالزالک برای پیوند رقم وجود دارد که نقش نوع پایه در تغییر عادت‌های رشدی و حساسیت به کلروز آهن رقم مشخص شد. با توجه به کاهش رشد رویشی القاء شده در اثر پایه زالزالک حداقل بخشی از تاثیر پایه زالزالک می‌تواند در اثر کاهش رشد رویشی درخت، ایجاد پاکوتاهی و در نتیجه کاهش نیازهای

تغذیه‌ای ترکیب پیوندی اعمال شده باشد. داده‌های این تحقیق موید این است که اگرچه در سال اول تحقیق پایه گلابی به نحو مطلوبی توانست شدت بروز کلروز آهن را در نهال‌های پیوندی کاهش دهد، لیکن ناسازگاری شدید پایه با پیوندک مانع استفاده از این پایه برای کاهش کلروز آهن در ارقام به شد. مقایسه دو پایه زالزالک و به نیز نشان دهنده برابری نسبی هر دو پایه در جذب آهن است و تنها به طور نامحسوسی پایه زالزالک میزان کلروفیل برگ‌های تحتانی ژنوتیپ‌های به را افزود، لیکن تاثیر چندانی در کلروز برگ‌های بالائی نداشت. اگرچه پایه زالزالک از نظر ایجاد خصوصیات رشدی و باردهی مطلوب در ارقام به برای احداث باغ نسبت به پایه به ترجیح داده می‌شود، لیکن بر اساس داده‌های این تحقیق نقش مثبتی در کاهش کلروز آهن در ارقام پیوندی نداشته است. به نظر می‌رسد میزان نهایی کلروز به اثر متقابلی از خاک-رقم-پایه و در کنار آن شرایط آب و هوایی مربوط باشد و صرفاً تصمیم گیری بر اساس یک عامل، نتایج می‌توانند تا حد زیادی گمراه کننده باشند. برای تعیین دقیق اثر پایه‌ها توصیه می‌شود. در تحقیقات آتی در مورد پایه‌های به از پایه‌های هم‌گروه رویشی استفاده شود و با تکرار در مکان‌های مختلف و صرفاً روی شماری از ارقام تجارتی نظیر به اصفهان، به گورتون، به نیشابور و به آذربایجان به نتایج قابل توصیه‌تر برای بهره‌بردارن دست یافت.

با توجه به تحمل بهتر سه ژنوتیپ NB3، NB4 و SHA1 به کلروز برگی و پایدارتر بودن این صفت روی اکثر ترکیبات پیوندی به نظر می‌رسد در برنامه‌های به‌نژادی این ژنوتیپ‌ها می‌توانند به نحو اطمینان بخش‌تری برای تولید نتاج متحمل به کلروز آهن مورد استفاده قرار گیرند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری خانم‌ها مهسا خرمدل‌آزاد و زهرا قهرمانی به خاطر همکاری در جمع‌آوری اطلاعات این تحقیق ما و همچنین آقای مهندس حسین عباسی به خاطر همکاری در تکثیر نهال‌های مورد نیاز سپاسگزاری می‌شود.

References

Bergamn, W. 1988. Ernahrungsstorungen bei Kulturplanzen. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, Deutschland. 762 pp.

Bonany, J., Dolcet-Sanjuan, R., Claveria, E., Iglesias, I., Asin, L., and Simard, M. H. 2005. Breeding of pear rootstocks. First evaluation of new interespecific rootstocks for tolerance to lime-induced chlorosis and induced vigor under field conditions. Acta Horticulturae 671: 239-242.

Challice, J. S., and Westwood, M. N. 1973. Numerical taxonomic studies of the genus *Pyrus* using both chemical and botanical characters. Botanical Journal of Linnaean Society 67: 121-148.

Chen, Y., and Hadar, Y. 1991. Iron Nutrition and Interaction in Plants. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht, The Netherlands. 373 pp.

Cinelli, F., Loreti, F., and Muleo, R. 2004. Regeneration and selection of quince BA29 (*Cydonia oblonga* Mill.) somaclones tolerant to lime-induced chlorosis. Acta Horticulturae 658: 573-579.

de la Guardia, M. D., and Alcantara, E. 2002. A comparison of ferric-chelate reductase and chlorophyll and growth ratios as indices of selection of quince, pear and olive genotypes under iron deficiency stress. Plant and Soil 241: 49-56.

Falciatore, A., Merendino, L., Barneche, F., Ceol, M., Meskauskiene, R., Apel, K., and Rochaix, J. D. 2005. The FLP proteins act as regulators of chlorophyll synthesis in response to light and plastid signals in Chlamydomonas. Genes and Development 19: 176-187.

Faust, M. 1989. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. John Wiley & Sons Incorporation, New York. 605 pp..

Gogorcena, Y., Abadia, J., and Abadia, A. 2004. A new technique for screening iron-efficient genotypes in peach rootstocks: elicitation of root ferric chelate reductase by manipulation of external iron concentrations. Journal of Plant Nutrition 27: 1–15.

Grunenfelder, L., Hiller, L. K., and Knowles, N. R. 2006. Color indices for the assessment of chlorophyll development and greening of fresh market potatoes. Postharvest Biology and Technology 40: 73–81.

Jensen, P. J., Rytter, J., Detwiler, E. A., Travis, J. W., and McNellis, T. W. 2003. Rootstock effects on gene expression patterns in apple tree scions. Plant Molecular Biology 493: 493-511.

Lopez-Millan, A. F., Morales, F., Abadia, A., and Abadia, J. 2001. Iron deficiency-associated changes in the composition of the leaf apoplastic fluid from field-grown pear (*Pyrus communis* L.) trees. Journal of Experimental Botany 52: 1489-1498.

Manee, A. 1994. Pear and Quince, and their Growing. Iran Technical Publication Company, Tehran, Iran. 113 pp. (in Farsi).

Radnia, H. 1996. Tree Fruits Rootstocks. Agricultural Education Publisher,Karaj, Iran. 637 pp. (in Farsi).

Rasulzadegan, Y. 1991. Temperate Fruit Trees. Isfahan University of Technology Press, Isfahan, Iran. 759 pp. (in Farsi).

Sabeti, H. 1994. Trees and Shrubs of Iran. Yazd University Publication (Second Publication). Yazd, Iran. 810 pp. (in Farsi).

Salardini, A. A., and Mojtahedi, M. 1988. Principle of Plant Nutrition (First publication). University Publishing Centre, Tehran, Iran. 315 pp. (in Farsi).

Surpin, M., Larkin, R. M., and Chory, J. 2002. Signal transduction between the chloroplast and the nucleus. The Plant Cell Supplementary: 327–338.

Tsipouridis, C., Thomidis, T., and Isaakidis, K. E. A. 2005. Effect of peach cultivars, rootstocks and Phytophtora on iron chlorosis. World Journal of Agricultural Sciences 1: 137-142.

Tukey, H. B. 1964. Dwarfed Fruit Trees. Cornell University Press, Ithaca, New York. 480 pp.

Yang, C. M., Hsu, J. C., and Chen, Y. R. 1995. Light sensitivity of chlorophyll formation in the leaves of *Ficus microcarpa* cv. Golden Leaves. Botanical Bulletin of Academy of Science (China) 36: 215-221.