

حساسیت به کلروز و ارتباط آن با محتوای آهن برگ در برخی ژنوتیپ‌های  
درخت به (*Cydonia oblonga* Mill.)

Susceptibility to Chlorosis and Its Relationship to Leaf Iron Contents in some  
Genotypes of Quince (*Cydonia oblonga* Mill.)

سمانه احمدی<sup>۱</sup> و حمید عبداللهی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی سابق دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه علوم باغبانی، تهران

۲- دانشیار، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۲۲

چکیده

احمدی، س. و عبداللهی، ح. ۱۳۹۶. حساسیت به کلروز و ارتباط آن با محتوای آهن برگ در برخی ژنوتیپ‌های درخت به (*Cydonia oblonga* Mill.).  
مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۳: ۱۵۱-۱۳۳. 10.22092/spij.2017.115543

یکی از مشکلات عمده کشت و پرورش درخت به در ایران، کلروز برگ ناشی از کمبود آهن در این گیاه است. این عارضه که با کاهش بیوستتزی کلروفیل همراه است، به صورت زرد شدن برگ‌ها تظاهر پیدا کرده و سبب افت کارآئی فتوسنتزی و باردهی درخت به می‌شود. بر این اساس، تحقیق اخیر با هدف بررسی تغییرات کلروفیل برگ و ارتباط آن با میزان آهن موجود، به منظور گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به کلروز انجام شد. در بهار و تابستان، تغییرات میزان کلروفیل برگ‌های بالائی و پائینی شاخه‌های درختان سی ژنوتیپ درخت به استان‌های اصفهان، گیلان و خراسان رضوی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر تغییرات میانگین محتوای کلروفیل برگ‌ها در دامنه ۳/۸ تا ۸/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ در ماه‌های مختلف بود. بیش‌ترین میزان کلروفیل در مرداد ماه اندازه‌گیری شد و سپس کاهش تدریجی آن در اکثر ژنوتیپ‌ها اتفاق افتاد، لیکن سرعت افزایش کلروفیل  $b$  از کلروفیل  $a$  بیش‌تر بود که این روند سبب کاهش نسبت کلروفیل  $a$  به  $b$  از بالای ۲ به حدود ۱/۱ در مرداد ماه شد. بالاترین حد تحمل به کلروز بر اساس شاخص میزان کلروفیل در دو ژنوتیپ M3 و M4 از خراسان رضوی به ترتیب با میانگین ۷/۳ و ۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ کلروفیل در مجموع ماه‌ها مشاهده شد. کم‌ترین میزان تحمل به کلروز در ژنوتیپ KMI از اصفهان بود. در نهایت ارزیابی محتوای آهن برگ، ارتباطی را بین این شاخص و میزان کلروفیل کل فصل رشد و کلروفیل ماه‌های مختلف به تفکیک نشان نداد.

واژه‌های کلیدی: درخت به، محتوای کلروفیل، تحمل، نسبت کلروفیل  $a$  به  $b$ .

## مقدمه

به، گیاهی متعلق به خانواده گل‌سرخیان (Rosaceae) و زیرخانواده دانسه‌داران (Pomoideae) است (Bell and Leitao, 2011). درخت به در میان گونه‌های درختان میوه دانه‌دار از نظر اهمیت تولید رتبه سوم و از نظر فراوانی بعد از سیب، گلابی و گلابی آسیائی رتبه چهارم را در جهان دارد (Anonymous, 2015). بررسی باغ‌های درخت به در مناطق مختلف کشور نشان‌دهنده این است که کلروز برگ‌ی (Dolcet-Sanjuan et al., 1992؛ Manee, 1994) و بیماری آتشک (Abdollahi et al., 2008) دو مشکل عمده محدود کننده کشت، پرورش و مدیریت این محصول در کشور ما و بسیاری از مناطق جهان هستند. کلروز برگ‌ی در بسیاری از خاک‌ها در گیاهان از جمله در درخت به، در شرایطی بروز می‌کند که مقدار این عنصر در خاک بین ۷ تا ۵۰۰ گرم در کیلوگرم و در بافت‌های درخت بین ۴۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد (Salardini, 1987). غلظت بحرانی این عنصر در درخت به، ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شده است و مقادیر کم‌تر از آن سبب بروز سطوح متفاوتی از کمبود آهن در این درخت می‌شود (Hagin and Tucker, 1982). نتایج تحقیقات دیگری نشان‌دهنده این بوده که همبستگی چندانی بین غلظت آهن کل و درجه زردی ناشی از کمبود آهن وجود ندارد و در

بیش‌تر موارد برگ‌های واجد کلروز، آهن کل بیش‌تری از برگ‌ها فاقد کلروز و کاملاً سبز دارند (Therios et al., 2005). لذا چنین گزارش شد که تنها بخشی از آهن کل برگ به صورت آهن فعال و قابل استفاده در دسترس گیاه است. این ارتباط در درختانی نظیر هلو (Çelik and Katkat, 2007) و پایه‌های مرکبات (Asadi Kangarshahi et al., 2015) در بسیاری از گیاهان دیگر (Samar et al., 2010) مشاهده شده است.

در بین عناصر کم‌مصرف مورد نیاز بافت‌های گیاهی، آهن اولین و مهم‌ترین عنصر است. یکی از دلایل عمده اهمیت این عنصر در سلول‌ها، به توان تبادل الکترون آن و تغییر وضعیت به  $Fe^{2+}$  و  $Fe^{3+}$  باز می‌گردد که این ویژگی نقش مهمی را در بسیاری از ماکرومولکول‌ها نظیر آنزیم‌ها، پروتئین‌ها به ویژه در زیرگروه‌های هم (Heme) و اجزاء زنجیره‌های انتقال الکترون ایفا می‌کند (Bienfait and van der Mark, 1983). در فیزیولوژی گیاهی نشان داده شده است که پروتوپورفیرین (Protoporphyrin) به عنوان پیشاز گروه هم، به عنوان پیشاز کلروفیل هم محسوب شده و اگرچه عنصر آهن به عنوان بخشی از مولکول کلروفیل محسوب نمی‌شود، لیکن کمبود آن به صورت محدودیت تولید پروتوکلروفیل بروز کرده و بیوستت کلروفیل را دچار مشکل می‌کند (Marschner, 1995). کلروز برگ‌ی علاوه بر این که در اثر کاهش بیوستت کلروفیل بروز می‌کند، در اثر ناپایداری

درخت به نسبت به شرایط تنش‌زای خاک از جمله خشکی، شوری و کمبود آهن قابل جذب در اثر قلیائی بودن محیط ریشه سبب می‌شود. همچنین نشان داده شده است که پایه به در مقایسه با پایه گلابی سبب ایجاد کلروز برگ‌گی بیش‌تری در درخت گلابی می‌شود (Iravani *et al.*, 2015). در بین پایه‌های تجاری به نیز پایه‌های QA و PQBA29 نسبت به وجود بی‌کربنات در آب آبیاری، تحمل بالاتری نسبت به دیگر پایه‌ها نشان داده‌اند (Ghasemi *et al.*, 2010). علاوه بر تاثیر پایه‌های تجاری و یا بومی مختلف روی خصوصیات باردهی و حساسیت به کلروز در رقم پیوندی، کشور ما از جمله مراکز مهم تنوع ژنتیکی گونه به بوده (Bell and Leitao, 2011) و تنوع قابل توجهی از ارقام و ژنوتیپ‌های این درخت در مناطق مختلف کشور قابل مشاهده است (Abdollahi *et al.*, 2011). ژرم‌پلاسم موجود در ایران تنوع قابل توجهی را از نظر مقاومت به بیماری‌های نظیر بیماری آتشک (Abdollahi *et al.*, 2008) و خصوصیات مورفولوژیک (Alipour *et al.*, 2014) و مولکولی (Khoramdel Azad *et al.*, 2011) نشان داده است. با توجه به متمایز بودن خصوصیات این ژرم‌پلاسم و متمایز بودن جمعیت‌های مختلف موجود منشاء گرفته از مناطق مختلف و افزایش حساسیت به کلروز در سن باردهی درختان به

کلروپلاست‌ها و کاهش حجم و محتوای پروتئینی آن‌ها نیز تشدید می‌شود (Terry and Abadia, 1986). اگرچه در موارد متعددی تثبیت آهن در فضای آپوپلاستی سلول و عدم انتقال آن به سیتوپلاسم و اندامک‌های سلولی که مکان‌های اصلی استفاده از این عنصر هستند در گیاهان پرورش یافته در خاک‌های آهنی گزارش شده است، لیکن کمبود این عنصر به صورت معمول در غلظت‌های بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بافت گیاهی بروز می‌کند (Römheld and Nikolic, 2007). در بین راهکارهای کاهش اثر کمبود آهن در درختان میوه، استفاده از تغذیه برگ‌گی آهن به شکل کلات‌های آهن و یا استفاده از انواع کلات آهن با مصرف در آب آبیاری و یا کاربرد خاکی (Römheld and Nikolic, 2007) و استفاده از انواع پایه‌ها و ارقام متحمل به کلروز آهن (Takahashi *et al.*, 2001) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه بر راهکارهای موقتی به منظور پیشگیری و یا رفع کلروز برگ‌گی در درخت به، استفاده از ارقام و پایه‌های متحمل راهکار مفیدتر و اقتصادی‌تری محسوب می‌شود. به طور معمول در کشور ما دو پایه ولیک (*Crataegus spp.*) و به (*Cydonia oblonga* Mill.) برای ارقام تجاری درخت به مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mehrabipour *et al.*, 2010) و در این بین استفاده از پایه ولیک، مقاومت بالاتری را در

سانتی گراد و بیش‌ترین دمای سالیانه ۴۰ درجه سانتی گراد (میانگین سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۹۰) واقع شده است. درختان مورد مطالعه در ابتدای این تحقیق هفت ساله بوده و با فاصله  $5 \times 6$  متر در زمین استقرار یافته‌اند. شرایط خاکی قطعه مورد نظر شامل بافت لومی-رسی در دو عمق صفر تا ۳۵ و عمق ۳۵ تا ۸۰ سانتی متر و واکنش گل اشباع  $7/8$  و  $8/1$  به ترتیب در دو عمق ذکر شده بود. مقدار آهن خاک ( $Fe^{++}$ ) در قطعه مورد نظر در دو عمق ذکر شده به ترتیب ۷ تا ۱۱ و  $4/3$  تا  $7/6$  میلی گرم در کیلوگرم گزارش شده است (Mirabdolbaghi and Zarghami, 2008).

اندازه‌گیری کلروفیل در برگ در دو گروه برگ‌های فوقانی و پائینی شاخه‌های در حال رشد فصل جاری با استفاده از نمونه‌گیری به تعداد ده برگ از هر موقعیت برگی در هر درخت و پنج درخت از هر ژنوتیپ که هر درخت به صورت یک تکرار در نظر گرفته شده، انجام شد. از هر ژنوتیپ در طول فصل رشد چهار مرحله نمونه‌گیری شامل برگ‌های خرداد تا شهریور ماه انجام شد. میزان کلروفیل به صورت مجموع کلروفیل  $a$  و کلروفیل  $b$  و با استفاده از روش اینسکیپ و بلوم (Inskip and Bloom, 1985) انجام شد. به این منظور مقدار ۲ گرم از نمونه‌های برگی به صورت جداگانه با استفاده از نیتروژن مایع در هاون چینی پودر شده و به آن ۱۰ میلی‌لیتر استون ۹۰ درصد اضافه شد. عصاره به دست

(Alcantara et al., 2012)، در ادامه بررسی‌های اولیه انجام شده در رابطه با تحمل به کلروز آهن در ژرم پلاسما به اصفهان در دوره نهالستانی و ارزیابی گلخانه‌ای توسط عبداللهی و همکاران (Abdollahi et al., 2010)، این تحقیق به منظور گزینش عمومی ژرم پلاسما جمع‌آوری شده در شرایط باغ و در شرایط باردهی کامل انجام شد.

### مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۹۲-۱۳۹۱ روی ۳۰ ژنوتیپ به بومی ایران انجام شد. کلیه ژنوتیپ‌ها توسط عبداللهی و همکاران (۲۰۱۱) از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری و در باغ کلکسیون به موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در سال ۱۳۸۵ کاشته شده‌اند (این مجموعه در حال حاضر به مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی واگذار شده است). ژنوتیپ‌ها از استان اصفهان شامل ژنوتیپ‌های ET1، KM1، KVD1، KVD2، KVD3، KVD4، NB2، NB3، NB4، PH2، PK2، SHA1، SVS1 و SVS2، استان خراسان رضوی شامل ژنوتیپ‌های M1 تا M8 و استان گیلان شامل ژنوتیپ‌های AS1، AS2، ASM1، ASM2، ASM3، ASP1، ASP2 و UT1 بودند. باغ کلکسیون در کمال‌شهر کرج با مشخصات جغرافیایی  $35/8$  درجه شمالی و  $50/8$  درجه شرقی با میانگین بارش سالیانه  $244/1$  میلی‌متر و میانگین کم‌ترین دمای سالیانه  $10/5$ - درجه

استفاده از دستگاه جذب اتمی (Varian-SpectraAA 200, USA) اندازه گیری شد.

بررسی های آماری در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی انجام و داده ها در نرم افزار اکسل (Microsoft Excel) ثبت و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. ارزیابی همبستگی با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد و برای صفات پیوسته از روش پیرسون (Pearson) استفاده و ارزیابی همبستگی و خطوط رگرسیونی با استفاده از نرم افزار سیگما پلات (Sigma Plot, Sigma-Aldrich, USA) انجام شد.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده های به دست آمده اندازه گیری مقدار کلروفیل در ماه های مختلف بیانگر عدم معنی دار بودن اثر سال و همچنین تکرار در کلیه ماه های مورد نظر و معنی دار بودن اثر ژنوتیپ بر مقدار کلروفیل برگ ژنوتیپ های به بود (جدول ۱). نکته قابل توجه، معنی دار شدن اثر موقعیت برگ تنها در تیرماه بود که نشان دهنده تفاوت مقدار کلروفیل برگ در برگ های بخش های بالائی و پائینی شاخه های فصل رشد جاری تنها در این ماه بود. بررسی ظاهری درختان به در باغ های تجاری نیز نشان می دهد که بیش ترین شدت کلروز برگ با شروع گرم شدن هوا در خرداد ماه بروز کرده و

آمده به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده و به دلیل غلظت بالای محصول، یک میلی لیتر از عصاره رویی با استفاده از چهار میلی لیتر استون ۹۰ درصد رقیق شد. نهایتاً میزان جذب عصاره در طول موج های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (Cary 50, Australia) ارزیابی شد. میزان کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل در عصاره استخراجی با استفاده از معادلات زیر محاسبه شده و سپس به میلی گرم در گرم وزن تازه برگ تبدیل شد:

$$\text{Chl } a (\mu\text{gml}^{-1}) = 11.64 (A_{663}) - 2.16 (A_{645})$$

$$\text{Chl } b (\mu\text{gml}^{-1}) = 20.97 (A_{645}) - 3.94 (A_{663})$$

$$\text{Chl } t (\mu\text{gml}^{-1}) = \text{Chl } a + \text{Chl } b$$

به منظور اندازه گیری مقدار آهن در برگ، از نمونه های مرداد ماه که جوانه انتهای آن ها بسته شده و میزان آهن برگ به ثبات رسیده بود استفاده شد. به این منظور از روش رویترو رابینسون (Reuter and Robinson, 1997) استفاده شده که ابتدا ۲ گرم از نمونه های برگ موجود برای مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد خشک شدند. سپس یک گرم برگ خشک در کروم چینی به مدت شش ساعت خاکستر شدند. خاکستر حاصل با ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ مولار و به مدت ۴۵ دقیقه در حمام آب جوش هضم شدند. پس از صاف کردن نمونه ها با کاغذ صافی، حجم عصاره با استفاده از آب مقطر به ۵۰ میلی لیتر افزایش یافت. مقدار آهن موجود در نمونه ها با

جدول ۱- تجزیه واریانس محتوای کلروفیل برگ در ژنوتیپ‌های مختلف درخت به در ماه‌های مختلف و موقعیت برگ

Table 1. Analysis of variance for chlorophyll contents of the leaves of quince genotypes in different months and leaf position

S.O.V.	منابع تغییرات	df.	Mean squares					میانگین مربعات	
			درجه آزادی	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	کل-۱	کل-۲
			June	July	August	September	Total I	Total II	
Year	سال	1	12.2 <sup>ns</sup>	6.8 <sup>ns</sup>	23.4 <sup>ns</sup>	7.80 <sup>ns</sup>	22.10 <sup>ns</sup>	5.80 <sup>ns</sup>	
Replications	تکرار	3	3.2 <sup>ns</sup>	10.5 <sup>ns</sup>	13.4 <sup>ns</sup>	3.55 <sup>ns</sup>	0.95 <sup>ns</sup>	0.48 <sup>ns</sup>	
Genotypes	ژنوتیپ	29	102.0 <sup>**</sup>	79.0 <sup>**</sup>	73.4 <sup>**</sup>	216.00 <sup>**</sup>	57.10 <sup>**</sup>	28.50 <sup>**</sup>	
Leaf position	موقعیت برگ	1	13.9 <sup>ns</sup>	30.5 <sup>*</sup>	16.4 <sup>ns</sup>	5.46 <sup>ns</sup>	1.31 <sup>ns</sup>	-	
Residual	باقی مانده	87	4.5	6.8	18.8	1.51	2.24	1.12	
Total	کل	239	19.1	18.1	27.9	33.20	9.77	7.79	

کل-۱ به معنای تجزیه واریانس متوسط میزان کلروفیل برگ در ماه‌های مختلف با در نظر گرفتن موقعیت مکانی برگ و کل-۲ به معنای این تجزیه بدون در نظر گرفتن موقعیت مکانی برگ است.

Total I means ANOVA of mean chlorophyll contents in various months considering leaf position, and Total II means the same ANOVA, without considering the leaf position.

ns, \*, \*\* : به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, \* and \*\*: Not significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

سپس کاهش آن در شهریور ماه بود. این تغییرات در ژنوتیپ‌های دیگر به نیز روند مشابهی داشت (جدول ۲). رجب پور و همکاران (Rajabpoor *et al.*, 2014) نیز با ارزیابی میزان کلروفیل برگ در گونه‌های وحشی بادام (*Prunus spp.*)، وجود ۱/۵ تا ۳/۷ میلی‌گرم کلروفیل در هر گرم وزن تازه برگ گونه‌های مورد بررسی گزارش کردند. در بررسی تامبورینی و همکاران (Tamburini *et al.*, 2015) در درخت سیب، مجموع دو کلروفیل *a* و *b* در حدود ۳ میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ در رقم امپراطور (Imperator) تعیین شد. در بررسی عبدالرازک و صالح (Abd El-Razek and Saleh, 2012)،

در صورت عدم کنترل، در ارقام حساس موجب به نكروز برگ‌ها می‌شود.

### تغییرات کلروفیل کل

بررسی روند تغییرات مقدار کلروفیل در ژنوتیپ‌های مختلف بیانگر وجود دامنه تغییرات بین ۳/۸ تا ۸/۹ میلی‌گرم کلروفیل در هر گرم وزن تر برگ و کلروفیل کل در میانگین میزان کلروفیل کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود (جدول ۱). بر اساس این روند تغییرات، بالاترین میانگین در مجموع ژنوتیپ‌ها در برگ‌های مرداد ماه و پائین‌ترین آن در برگ‌های خرداد ماه محاسبه شد و بیانگر افزایش تدریجی میزان کلروفیل کل در برگ‌ها تا اواسط تابستان و

جدول ۲- مقایسه میانگین میزان کلروفیل در برگ‌های بخش‌های بالایی و پائینی شاخه در ژنوتیپ‌های مختلف درخت به در ماه‌های مختلف سال

Table 2. Mean comparison of chlorophyll contents in leaves of upper and lower parts of shoots of quince genotypes in different months of year

ژنوتیپ Genotype	محتوای کلروفیل ماه‌های مختلف Chlorophyll contents of different months (mgg <sup>-1</sup> FW)			
	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September
AS1	3.3±0.11 (17)efgh	5.3±0.16 (4)b	9.6±0.28 (5)bcde	8.0±0.05 (1)a
AS2	3.6±0.07 (12)efgh	5.1±0.15 (5)bc	9.7±0.34 (4)bcd	7.6±0.09 (3)b
ASM1	3.3±0.16 (20)fg	3.6±0.28 (20)hijkl	8.1±0.86 (25)efgh	4.9±0.25 (20)kl
ASM2	3.5±0.09 (15)efgh	5.1±0.25 (6)bcd	8.6±0.41 (15)defgh	6.4±0.08 (15)gh
ASM3	2.7±0.09 (23)ijk	4.8±0.28 (8)bcdef	9.5±0.21 (5)bcde	7.1±0.10 (7)cde
ASP1	3.7±0.22 (10)efg	4.4±0.29 (12)defgh	8.8±0.38 (13)defgh	6.7±0.08 (12)fg
ASP2	3.3±0.06 (18)efghi	4.1±0.16 (15)fghijkl	8.7±0.33 (18)defgh	5.2±0.12 (19)k
ET1	6.9±0.29 (1)a	4.4±0.27 (10)cdefg	8.5±0.39 (20)defgh	4.9±0.06 (21)l
KM1	3.3±0.14 (19)efghi	3.3±0.27 (25)l	8.4±0.40 (21)defgh	4.4±0.09 (24)mno
KVD1	3.9±0.44 (8)de	5.5±0.19 (3)b	9.1±0.32 (10)cdefg	7.4±0.08 (4)bc
KVD2	3.6±0.12 (14)efgh	4.2±0.33 (14)efghij	8.6±0.52 (16)defgh	4.4±0.08 (23)mn
KVD3	3.3±0.14 (18)efghi	4.9±0.42 (7)bcde	8.3±0.33 (24)efgh	7.0±0.15 (9)def
KVD4	3.4±0.18 (16)efgh	3.9±0.13 (16)ghijkl	8.6±0.31 (16)defgh	6.5±0.09 (13)gh
M1	4.4±0.33 (7)cd	3.5±0.13 (22)jkl	7.9±0.44 (26)gh	4.2±0.09 (25)mno
M2	3.4±0.16 (16)efgh	4.3±0.16 (13)defghi	9.2±0.41 (9)bcdefg	3.6±0.07 (28)p
M3	4.8±0.47 (3)c	6.3±0.25 (2)a	11.1±0.43 (1)a	7.3±0.07 (5)bcd
M4	4.4±0.38 (6)cd	6.3±0.42 (1)a	10.4±0.45 (2)ab	7.0±0.09 (10)def
M5	3.1±0.07 (21)ghij	4.1±0.22 (15)efghijk	8.3±0.38 (23)efgh	4.1±0.14 (27)o
M6	3.8±0.33 (9)def	4.3±0.14 (13)defghi	8.4±0.44 (22)efgh	6.9±0.07 (11)ef
M7	4.8±0.24 (4)c	4.3±0.28 (13)defghi	8.7±0.30 (14)defgh	5.7±0.11 (18)j
M8	2.5±0.44 (25)k	3.7±0.22 (18)ghijkl	9.5±0.21 (6)bcdef	4.1±0.18 (26)no
NB2	3.0±0.25 (22)hijk	4.8±0.30 (8)bcdef	9.4±0.51 (7)bcdef	4.8±0.05 (21)l
NB3	3.6±0.07 (13)efgh	3.6±0.16 (21)ijkl	8.3±0.54 (24)efgh	4.5±0.07 (22)m
NB4	3.7±0.12 (11)efg	4.5±0.31 (9)cdefg	8.9±0.26 (12)defgh	7.3±0.17 (6)bcd
PH2	5.5±0.14 (2)b	3.5±0.16 (23)jkl	10.2±0.67 (3)abc	6.3±0.15 (16)hi
PK2	2.6±0.04 (24)jk	3.4±0.14 (24)kl	8.6±0.45 (17)defgh	6.0±0.03 (17)i
SHA1	3.6±0.24 (12)efgh	3.8±0.3 (17)ghijkl	8.5±0.28 (19)defgh	6.3±0.22 (16)hi
SVS1	3.5±0.07 (15)efgh	3.7±0.21 (19)ghijkl	7.7±0.29 (27)h	6.4±0.19 (14)gh
SVS2	4.3±0.15 (7)cd	4.5±0.16 (11)defgh	9.0±0.54 (11)cdefgh	7.6±0.36 (2)b
UT1	4.6±0.41 (5)c	4.4±0.32 (11)defgh	9.3±0.41 (8)bcdef	7.0±0.22 (8)de
Mean	3.8 ±0.32	4.4±0.18	8.9±0.45	5.9±0.26

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند. اعداد داخل پرانتز بیانگر رتبه بندی میزان کلروفیل در مقطع زمانی مورد نظر است.

Means with similar letters in each columns are not significantly different at 1% level of probability based on the Duncan's multiple range tests. The numbers in the parenthesis show ranking of chlorophyll contents in the mentioned period of time.

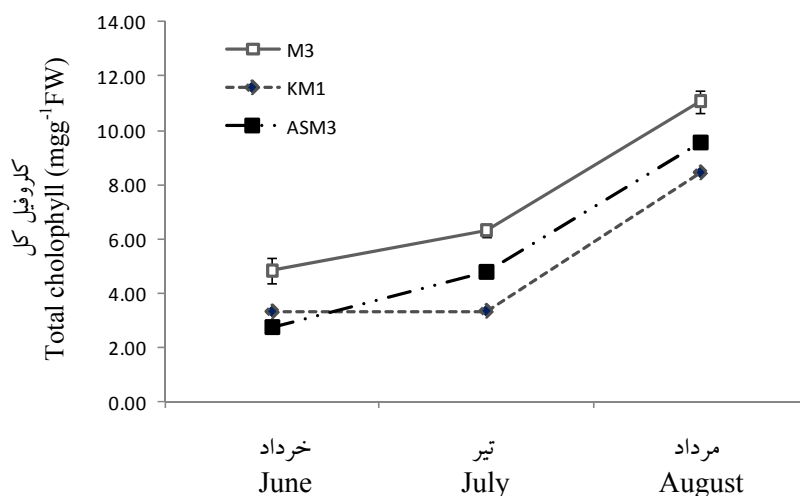
رتبه‌های بعدی را داشتند. در شهریور ماه اگرچه میانگین کلروفیل برگ‌ها در مجموع ژنوتیپ‌ها کاهش ۳۳/۷ درصدی نسبت به مرداد داشت، لیکن در این ماه نیز ژنوتیپ‌های AS1، SVS2 و AS2 بیش‌ترین میزان کلروفیل را داشتند. جمع‌بندی نتایج فوق نشان‌دهنده این است که در مجموع ماه‌های مختلف، ژنوتیپ M3 که از خراسان رضوی منشأ گرفته است، با ثبات‌ترین روند تغییرات میزان کلروفیل در بین سه ژنوتیپ برتر را داشت. این ژنوتیپ به‌طور میانگین در طول فصل رشد در مجموع برگ‌های بالائی و پائینی سرشاخه‌ها بیش از ۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ کلروفیل کل داشت و بررسی ظاهری رنگ سبزتر برگ‌های این ژنوتیپ مؤید این ویژگی در این ژنوتیپ بود. ژنوتیپ‌های KM1، M5، M8، NB3، ASM1، M1 و PK2 با کم‌ترین میزان کلروفیل در گروه حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به کلروز برگی قرار گرفتند (شکل ۲). حساسیت ژنوتیپ KM1 به اندازه‌ای بود که در بررسی ظاهری در اوایل مرداد ماه، شمای عمومی درخت به صورت کاملاً زرد و با حداقل میزان کلروفیل نمایان بود. بر اساس نتایج ارزیابی میزان کلروفیل و پایداری این صفت در ماه‌های مختلف و ارزیابی ظاهری رنگ ظاهری برگ‌ها در هنگام نمونه‌گیری، به ویژه در برگ‌های مرداد ماه، دو ژنوتیپ M3 و M4 ضمن دار بودن میزان بالائی از کلروفیل از نظر میانگین کلروفیل کل در مجموع ماه‌ها (شکل ۲) نیز با بالاترین سطح

نیز میزان کلروفیل برگ‌های هلو در بهترین شرایط به میزان ۰/۷۱ میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ در رقم فلوریدا پرنس (Florida Prince) گزارش شد. مقایسه این گزارش‌ها با میزان کلروفیل برگ در ژنوتیپ‌های درخت به در این بررسی نشان دهنده این است که تفاوت قابل توجهی در میزان مطلق کلروفیل در واحد وزن برگ در گونه‌های مختلف و حتی گونه‌های نزدیک به هم وجود دارد.

نکته حائز اهمیت در این تحقیق، سرعت متفاوت تجمع و افزایش محتوای کلروفیل در ژنوتیپ‌های مختلف در تیر ماه و مرداد ماه در برگ‌ها بود (جدول ۲ و شکل ۱). بر اساس نتایج، ژنوتیپ‌های دارای حساسیت بالا به کلروز برگی نظیر ژنوتیپ KM1 سرعت افزایش نسبتاً پائین‌تر کلروفیل و ژنوتیپ‌های دارای حساسیت کم‌تر نظیر ژنوتیپ M3 سرعت افزایش نسبتاً بالاتری را در کلروفیل برگی نشان دادند.

بر اساس رتبه‌بندی میزان کلروفیل کل در ماه‌های مختلف فصل رشد در برگ‌های ژنوتیپ‌های مختلف به، سه ژنوتیپ ET1، PH2 و M3 در خرداد ماه و سه ژنوتیپ M3، M4 و KVD1 در تیر ماه دارای بیش‌ترین میزان کلروفیل بودند (جدول ۲). ژنوتیپ M3 که در ماه‌های خرداد و تیر به ترتیب دارای رتبه سوم و دوم میزان کلروفیل بود، در مرداد ماه بیش‌ترین میزان کلروفیل کل و ژنوتیپ‌های M4 و PH2





شکل ۱- مقایسه روند افزایش میزان کلروفیل کل در برگ سه ژنوتیپ به با حساسیت متفاوت به کلروز برگی شامل M3 (متحمل)؛ ASM3 (نیمه حساس) و KM1 (حساس)

خطوط عمودی بالای نمودار بیانگر میانگین ها  $\pm$  خطای استاندارد است.

Fig. 1. Comparison of chlorophyll accumulation trend in leaves of three quince genotypes with different susceptibilities to chlorosis including, M3 (tolerant); ASM3 (moderately-susceptible) and KM1 (susceptible)

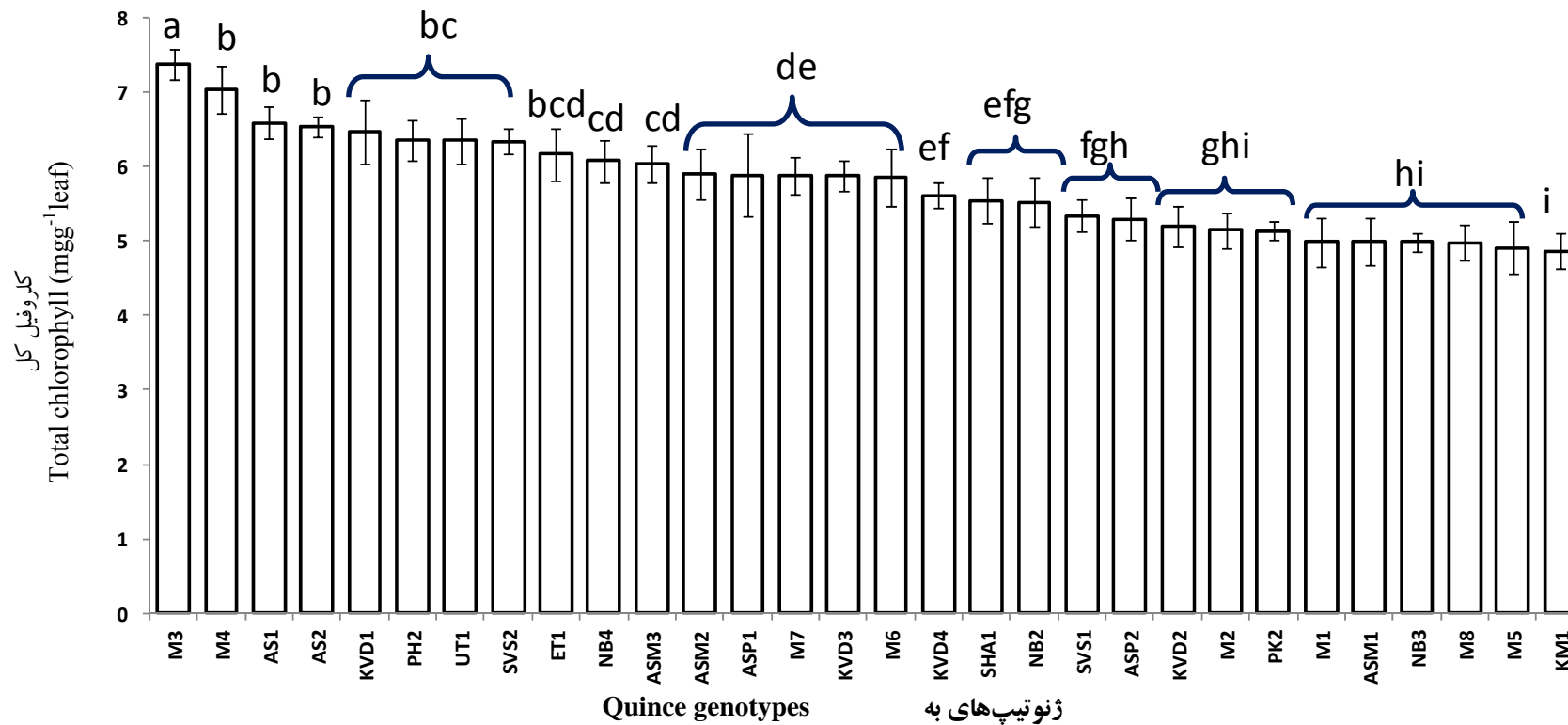
The vertical lines on the graphs show means  $\pm$  standard errors.

در خاک‌های آهکی در پایه‌های مرکبات مد نظر قرار گیرد، بر این اساس توصیه می‌شود در برنامه‌های آتی، ارزیابی میزان آهن فعال در درخت به نیز برای ارزیابی کلروز مد نظر قرار گیرد. وجود گزارش‌های مشابهی در گونه‌های نزدیک تر نظیر هلو توسط چلیک و کاتکات (Çelik and Katkat, 2007) نیز تایید کننده لزوم نگرش دقیق تر به میزان آهن فعال و ارتباط آن با کلروز آهن و شدت زردی برگ در درخت به است.

#### تغییرات کلروفیل *a* و *b*

نسبت کلروفیل *a* و *b* از جمله شاخص‌هایی

تحمل به کلروز برگی در بین ژنوتیپ‌های به، قابل بررسی بیش تری هستند. با توجه به این که کلروز برگی در خاک‌های قلیائی دارای آهک فعال بیش تر ظاهر می‌شود، لذا لازم است در بررسی‌های بعدی رفتار این دو ژنوتیپ در شرایط گلخانه‌ای نیز مورد بررسی تکمیلی قرار گیرد. در تحقیقات انجام شده در سال‌های اخیر، نظیر نتایج گزارش شده توسط اسدی کنگرشاهی و همکاران (Asadi Kangarshahi *et al.*, 2015) مشخص شده است که استفاده از آهن فعال برگ، می‌تواند به عنوان شاخص مناسبی در کنار شاخص حساسیت به زردی برای ارزیابی کلروز



شکل ۲- مقایسه میانگین کلروفیل کل ماهها در برگ ژنوتیپهای مختلف به

حروف مشابه روی ستونها بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است. خطوط عمودی بالای نمودار بیانگر میانگینها ± خطای استاندارد است.

Fig. 2. Mean comparison of total chlorophyll contents of different months in leaves of quince genotypes

Similar letters on columns show not-significant differences at 1% level of probability based on the Duncan's multiple range tests. The vertical lines on the columns show means ± standard errors.

است که در شرایط محیطی مختلف، به ویژه تنش های محیطی به سرعت دچار تغییر می شود (Beneragama and Goto, 2010). در این تحقیق روند تغییرات انواع کلروفیل و نسبت کلروفیل *a* به *b*، نشان دهنده انطباق روند تغییرات دو نوع کلروفیل *a* و *b* با کلروفیل کل بود، لیکن روند افزایش کلروفیل *b* در مقایسه با کلروفیل *a* در مرداد ماه سریع تر بود (جدول ۳). میانگین نسبت کلروفیل *a* به *b* در مجموع ژنوتیپ ها نشان دهنده نسبت ثابت نزدیک به عدد دو در ماه های خرداد، تیر و شهریور و کاهش این نسبت به حدود یک در مرداد ماه بود.

جدول ۳- میانگین تغییرات انواع کلروفیل و نسبت کلروفیل *a* به *b* در برگ های درخت به در ماه های مختلف سال

Table 3. Mean variation of chlorophyll contents and chlorophyll *a/b* ratio in leaves of quince genotypes in different months of year

کلروفیل Chlorophyll	ماه های مختلف Different months			
	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September
Chl <i>a</i>	10.6±0.15c	12.4±0.16c	19.2±0.20a	16.3±0.28b
Chl <i>b</i>	4.4±0.11c	5.09±0.16c	16.5±0.21a	7.6±0.13b
Chl <i>a/b</i> Ratio	2.38±0.05a	2.44±0.08a	1.16±0.03b	2.16±0.05a

میانگین ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون چند دامنه دانکن هستند.

Means with similar letters in each columns are not significantly different at 1% level of probability based on the Duncan's multiple range tests.

محیطی اثرهای متفاوتی بر ساختارهای جذب نوری در کلروپلاست ها که تعیین کننده نسبت و مکان قرار گیری کلروفیل *a* به *b* هستند و همچنین میزان تولید و تخریب انواع کلروفیل ها در گیاهان دارند (Beneragama and Goto, 2010; Camejo and Torres, 2001; Cui et al., 2006). از طرفی تخریب کلروفیل در اثر دما، تنها در دماهای بالاتر از ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتی گراد در گیاهان آغاز می شود (Haisman and Clarke, 1975)، بنابراین بر

بررسی روند تغییرات این نسبت در تک تک ژنوتیپ های مورد بررسی نشان داد که روند یکنواختی در اغلب ژنوتیپ ها قابل مشاهده است. تنها استثنائات مشاهده شده در ژنوتیپ ASP1 با افت نسبت کلروفیل *a* به *b* در مرداد ماه به میزان ۰/۷، عدم افت تابستانه نسبت کلروفیل *a* به *b* در دو ژنوتیپ KM1 و PH2 و افت یکنواخت و پیوسته نسبت کلروفیل *a* به *b* تا انتهای تابستان در ژنوتیپ های M2، KVD3، M5، NB2 و SVS2 بود. بررسی ها نشان داده که عوامل محیطی مختلف، از جمله تنش های

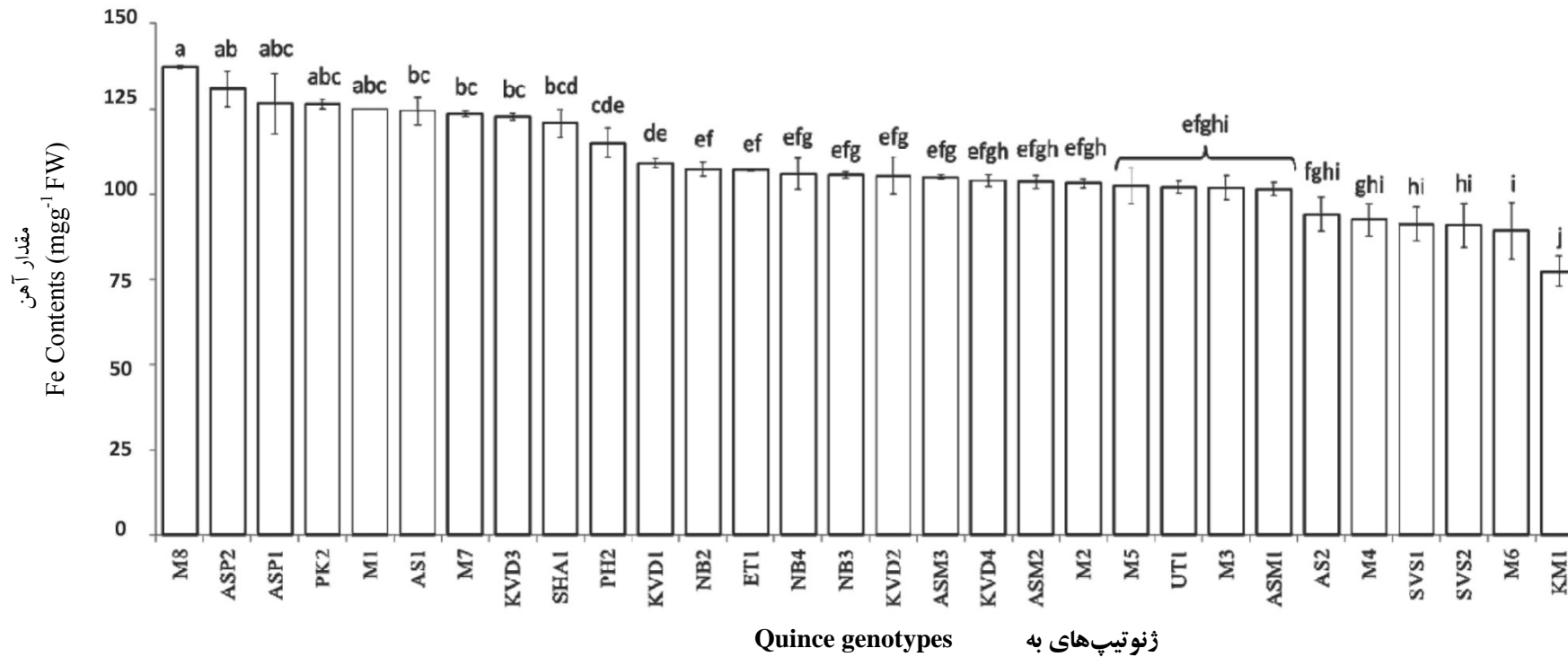
اساس افزایش میزان هر دو نوع کلروفیل  $a$  و  $b$  و همچنین دمای لازم برای آغاز تخریب کلروفیل در گیاه، تغییر نسبت کلروفیل  $a$  به  $b$  بر اثر تخریب کلروفیل  $a$  انجام نشده، بلکه به نظر می‌رسد این تغییر ناشی از پاسخ فیزیولوژیک گیاه در اثر تغییر شرایط محیطی وسط فصل تابستان بروز کرده باشد.

### آهن برگ و ارتباط آن با کلروز

در این تحقیق دامنه مقدار آهن در ژنوتیپ‌های به بین ۷۵ تا ۱۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه برگ در برگ‌های مرداد ماه بود (شکل ۳). این در حالی است که درختان مورد نظر فاقد هر گونه تغذیه آهن و یا عناصر میکرو در طی فصول رشد مورد بررسی بودند. با توجه به این که غلظت بحرانی عنصر آهن در درخت به، ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم توسط هاگین و تاکر (Hagin and Tucker, 1982) گزارش شده است، وجود این مقدار آهن نشان‌دهنده این است که در شرایط خاک قلیائی باغ، درختان ژنوتیپ‌های مورد نظر همگی حالت خفیف تا شدیدی از کمبود آهن در برگ‌ها داشتند (شکل ۳). از طرفی بررسی مقدار آهن برگ‌های ژنوتیپ‌های به نشان دهنده این بود که بالاترین مقدار آهن برگی در ژنوتیپ‌های M8، ASP2 و ASP1 وجود داشت، لیکن ژنوتیپ‌های M3 و M4 که در زمره دو ژنوتیپ دارای بیش‌ترین میزان کلروفیل برگ در طی فصل رشد بودند (جدول ۲)، آهن

کمتری در مقایسه با ژنوتیپ‌های دیگر داشتند (شکل ۳). ژنوتیپ PH2 نیز که در برگ‌های مرداد ماه خود میزان کلروفیل بالائی داشت، از میزان آهن کمی در برگ‌ها در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود. از طرفی، ژنوتیپ KM1 که با حدود ۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه برگ در برگ‌های مرداد ماه، کم‌ترین مقدار آهن را داشت، کم‌ترین میزان کلروفیل کل را در مجموع ماه‌های مورد بررسی در برگ‌ها در طی فصل رشد دارا بود. بررسی همبستگی بین میزان کلروفیل کل و مقدار آهن برگ بیانگر ضریب همبستگی  $-0/149$  و غیر معنی‌دار بین این دو صفت بود. همچنین بررسی مقدار آهن برگ با محتوای کلروفیل برگی ماه‌های مختلف به تفکیک (شکل ۴) نشان داد که وضعیت مشابهی در رابطه با همبستگی این دو صفت وجود دارد. بررسی پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس دو صفت میزان کلروفیل و مقدار آهن در ماه‌های مختلف مورد بررسی در شکل ۴، نشان دهنده این بود که اگرچه در ماه‌های مختلف، ژنوتیپ‌هایی با میزان کم کلروفیل و مقدار کم آهن برگ و همچنین ژنوتیپ‌هایی با محتوای بالای کلروفیل و مقدار آهن زیاد برگ بودند، لیکن استثنائات زیادی نیز وجود داشت. این امر موجب شده که حتی در مرداد ماه، ضریب همبستگی پائین و غیر معنی‌دار  $-0/053$  بین مقدار آهن برگ و میزان کلروفیل کل مشاهده شود.

گزارش‌های متعددی نشان داده که

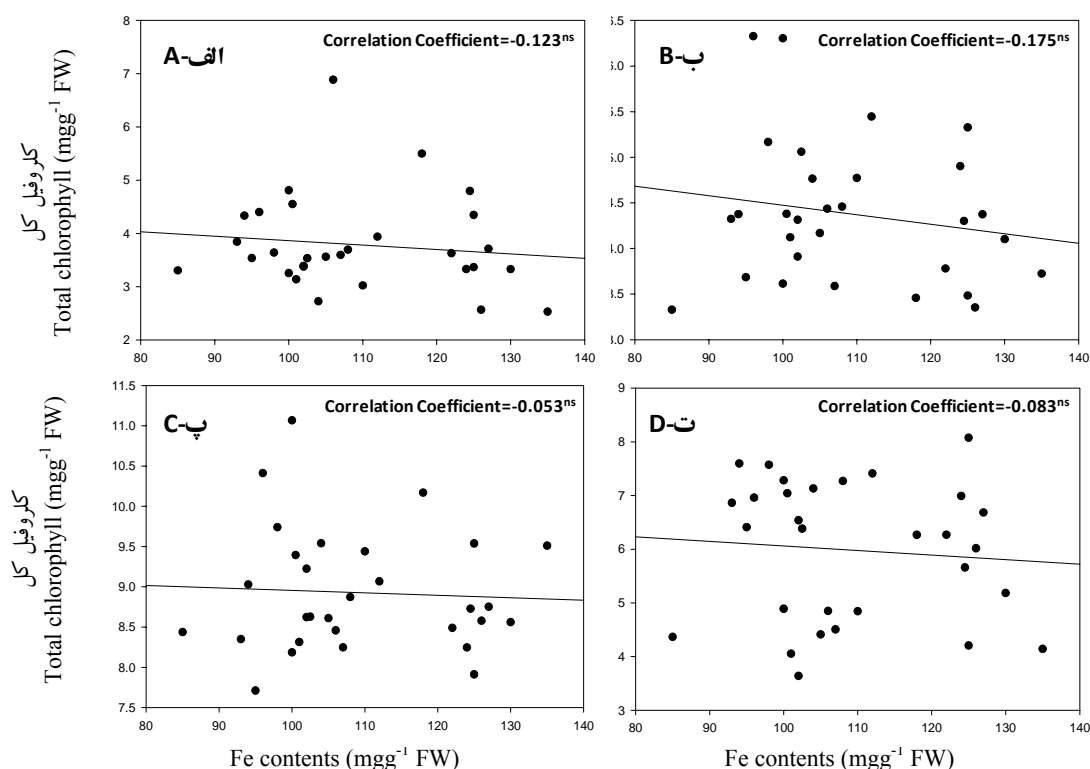


شکل ۳- مقایسه مقدار آهن برگ در ژنوتیپ‌های مختلف به

حروف مشابه روی ستون‌ها بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است. خطوط عمودی بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها  $\pm$  خطای استاندارد است.

Fig. 3. Mean comparison of iron contents of the leaves of the quince genotypes

Similar letters on the columns show not-significant differences at 1% level of probability based on Duncan's multiple range tests. The vertical lines on the columns show means  $\pm$  standard errors.



شکل ۴- تجزیه همبستگی و ارتباط بین مقدار آهن برگ و محتوای کلروفیل در برگ‌های ژنوتیپ‌های درخت به در ماه‌های مختلف فصل رشد شامل خرداد ماه (الف)؛ تیرماه (ب)؛ مرداد ماه (پ) و شهریور ماه (ت)

Fig. 4. Correlation analysis and relationship between Fe contents and chlorophyll of the leaves of quince genotypes in different months of growth season, including June (A); July (B); August (C) and September (D)

گیاهی در شرایط کمبود این عنصر هستند. بر اساس نظریه منگل (Mengel, 1994)، در خاک‌های آهن‌کی علی رغم وجود آهن کافی در خاک، تجمع زیادی از این عنصر در ریشه اتفاق افتاده و مشکل اصلی در این شرایط، انتقال آهن از آپوپلاست سلول‌های ریشه به درون سیتوسل سلول‌ها و سپس انتقال فوقانی آن به اندام هوایی است. در این پدیده، فعالیت آنزیم  $Fe^{3+}$  ردوکتاز که وابسته به pH محیط است

در موارد متعددی تثبیت آهن در فضای آپوپلاستی سلول بروز کرده که در نتیجه عدم انتقال آهن به سیتوپلاسم و ارگانل‌ها که مکان‌های اصلی استفاده از این عنصر هستند بروز می‌کند (Mengel, 1994; Römheld and Nikolic, 2007). بدیهی است در چنین شرایطی، تجزیه بافت‌های گیاهی اعم از ریشه و یا برگ، نشان‌دهنده عدم وجود کمبود آهن بوده، در صورتی که سلول‌های

است در مرحله بعدی میزان تحمل این دو ژنوتیپ در سطوح مختلف آهک در شرایط گلدانی نیز مورد تایید نهائی قرار گرفته و در صورت تایید تحمل این دو ژنوتیپ، کارآئی آن‌ها به منظور استفاده به صورت مستقیم به عنوان پایه رویشی برای گلابی و به و یا امکان استفاده از آن‌ها در برنامه به‌نژادی با هدف تولید ارقام و یا پایه‌های متحمل به کلروز آهن در درخت به در برنامه طولانی مدت تری مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. همچنین با توجه به انتخاب هر دو ژنوتیپ از خراسان رضوی، به نظر می‌رسد در جمعیت‌های درخت به این استان، احتمال وجود انواع متحمل تر به کلروز برگ بیشتر بوده و لازم است گزینش‌های بیشتر تری با این هدف، در میان توده‌های بذری این منطقه انجام شود. علاوه بر این، شاخص مقدار آهن فعال برگ لازم است در بررسی‌های بعدی به عنوان یک شاخص قابل اعتمادتر در گیاهان به منظور مقدار واقعی آهن قابل استفاده در ارقام و ژنوتیپ‌های درخت به مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. همچنین با توجه به روش‌های متعدد گزارش شده در رابطه با نحوه استخراج آهن فعال و ارزیابی آن در درختان میوه (Neaman and Aguirre, 2007)، لازم است در بررسی‌های آتی کارآئی روش استخراج آهن فعال و ارتباط آن با کلروز برگ مد نظر قرار داده شود.

کاهش یافته و مانع انتقال مقدار کافی آهن تجمع یافته در فضای آپوپلاستی می‌شود. در نهایت بر اساس این بررسی، همبستگی بالا و منفی بین میزان pH آپوپلاست برگ و میزان کلروفیل به عنوان شاخص کلروز برگ مشاهده شده است، به صورتی که برگ‌های دارای pH آپوپلاست قلیائی‌تر، دارای کلروفیل به مراتب کم‌تری هستند. این در حالی است که چنین برگ‌های ممکن است مقدار آهن به مراتب بیشتر تری نسبت به برگ‌های فاقد کلروز داشته باشند. بررسی‌های انجام شده در درختان متمر نظیر هلو (Celik and Katkat, 2007)، سیب (Sonmez and Kaplan, 2004) و پایه‌های مرکبات (Asadi Kangarshahi *et al.*, 2015) و غیرمتمر نظیر درخت چنار (Khoshgoftarmanesh *et al.*, 2013) بیانگر اهمیت بیشتر سهم آهن فعال در تعیین میزان واقعی آهن قابل استفاده در برگ و ارتباط آن با شدت کلروز درخت است (Samar *et al.*, 2010).

داده‌های این تحقیق، در قالب یک ارزیابی مقدماتی، نشان‌دهنده تفاوت بین ژنوتیپ‌های درخت به از نظر تحمل به عارضه کلروز برگ بوده، و برتری قابل توجه دو ژنوتیپ M3 و M4 از خراسان رضوی و پایداری این صفت را در این ژنوتیپ‌ها در ماه‌های مختلف فصل رشد مشخص کرد. با توجه به ظاهر فاقد عارضه کلروز مشاهده شده در این دو ژنوتیپ، لازم

## References

- Abd El-Razek, E., and Saleh, M. M. S. 2012.** Improve productivity and fruit quality of florida prince peach trees using foliar and soil applications of amino acids. Middle-East Journal of Scientific Research 12: 1165-1172.
- Abdollahi, H., Alipour, M., Khorramdel Azad, M., Mehrabipour, S., Ghasemi, A., Adli, M., Atashkar, D., and Akbari, M. 2011.** Establishment of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) germplasm collection from various regions of Iran. Acta Horticulturae 976: 199-203.
- Abdollahi, H., Ghasemi, A., and Mehrabipour, S. 2008.** Evaluation of fire blight resistance in some quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes. II. Resistance of genotypes to the disease. Seed and Plant 24: 529-541 (in Persian).
- Abdollahi, H., Ghasemi, A., and Mehrabipour, S. 2010.** Interaction effects of rootstock and genotype on tolerance to iron deficiency chlorosis in some quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes from central regions of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 26-1: 1-14 (in Persian).
- Alcantara, E., Montilla, I., Ramirez, P., Garcia-Molina, P., and Romera, F. J. 2012.** Evaluation of quince clones for tolerance to iron chlorosis on calcareous soil under field conditions. Scientia Horticulturae 138: 50-54.
- Alipour, M., Abdollahi, H., Abdousi, V., Ghasemi, A. A., Adli, M., and Mohamadi, M. 2014.** Evaluation of vegetative and reproductive characteristics and distinctness of some quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes from different regions of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 30-1: 507-529 (in Persian).
- Anonymous 2015.** FAO Statistics for Perennial Crops and Fruits. FAO Publication, Rome, Italy.
- Asadi Kangarshahi, A., Akhlaghi Amiri, N., and Samar, M. 2015.** Possibility of using chlorosis degree and active iron ( $Fe^{2+}$ ) to assess the tolerance of some citrus rootstocks to calcareous soils. Iranian Journal of Soil Research 29: 269-284 (in Persian).
- Bell, L. R., and Leitao, M. J. 2011.** Cydonia. pp. 1-16. In: Chittaranjan, K. (ed.). Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.



- Beneragama, C. K., and Goto, K. 2010.** Chlorophyll *a:b* ratio increases under low-light in 'Shade-tolerant' *Euglena gracilis*. Tropical Agricultural Research 22: 12-25.
- Bienfait, H. F., and van der Mark, F. 1983.** Phytoferritin and its role in iron metabolism. pp. 111–123. In: Robb, D. A., and Pierpoint, W. S. (eds.). Metals and Micronutrients. Uptake and Utilization by Plants. Academic Press, London, UK.
- Camejo, D., and Torres, W. 2001.** High temperature effect on tomato (*Lycopersicon esculentum*) pigment and protein content and cellular viability. Cultivos Tropicales 22: 13-17.
- Çelik, H., and Katkat, A. V. 2007.** Some parameters in relation to iron nutrition status of peach orchards. Journal of Biology and Environmental Science 1: 111-115.
- Cui, L., Li, J., Fan, Y., Xu, Sh., and Zhang, Z. 2006.** High temperature effects on photosynthesis, PSII functionality and antioxidant activity of two *Festuca arundinacea* cultivars with different heat susceptibility. Botanical Studies 47: 61-69.
- Dolcet-Sanjuan, R., Mok, D. W. S., and Mok, M. C. 1992.** Characterization and *in vitro* selection for iron efficiency in *Pyrus* and *Cydonia*. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant* 28: 25–29.
- Ghasemi, A., Nassiri, J., and Yahyaabadi, M. 2010.** Study of the relative tolerance of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) rootstocks to different bicarbonate concentrations. Seed and Plant Production Journal 26-2: 137-151 (in Persian).
- Hagin, J., and Tucker, B. 1982.** Fertilization of Dryland and Irrigated Soils. Springer-Verlag, New York, USA. 186po.
- Haisman, D. R., and Clarke, M. W. 1975.** The interfacial factor in the heat-induced conversion of chlorophyll to pheophytin in green leaves. Journal of the Science of Food and Agriculture 26: 1111-1126.
- Inskip, W. P., and Bloom, P. R. 1985.** Extraction coefficients of chlorophyll *a* and *b* in with N,N'-dimethylformamide and 80% acetone. Plant Physiology 77: 483-485.
- Iravani, F., Baninasab, B., Ghobadi, C., Etemadi, N., Ghasemi, A. A., and Shams, M. 2015.** Effect of different rootstocks on vegetative growth and photosynthetic parameters of pear 'Shahmiveh' and 'Natanzi' cultivars. Journal of Crop Production and Processing 5: 53-63 (in Persian).

- Khorramdel Azad, M., Nassiri, J., and Abdollahi, H. 2013.** Genetic diversity of selected Iranian quinces using SSRs from apples and pears. *Biochemical Genetics* 51: 426–442.
- Khoshgoftarmanesh, A. H., Eshghizadeh, H. R., Sanaeei Stovar, A., Mirlohi, M. S., and Taban, M. 2013.** Reasons for iron chlorosis of plane trees (*Plantanus orientalis* L.) in green space of Isfahan city, I: Physiological indices of active iron in plant. *JWSS - Isfahan University of Technology* 17: 19-31 (in Persian).
- Manee, A. 1994.** Pear and Quinces Growing. Technical Publishing Corporation of Iran. 113pp. (in Persian).
- Marschner, H. 1995.** Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, UK. 651pp.
- Mehrabipour, S., Abdollahi, H., Hassanzadeh, N., and Ghasemi, A. 2010.** The role of some quince stock (*Cydonia oblonga*) genotypes in susceptibility to fire blight disease. *Applied Entomology and Phytopathology* 78: 25-42 (in Persian).
- Mengel, K. 1994.** Iron availability in plant tissues-iron chlorosis on calcareous soils. *Plant and Soil* 165: 275-283.
- Mirabdolbaghi, M., and Zarghami, R. 2008.** Prognosis of nutrient status and vegetative vigor in peach trees by floral analysis. *International Journal of Agricultural Biology* 10: 459-462.
- Neaman, A., and Aguirre, L. 2007.** Comparison of different methods for diagnosis of iron deficiency in avocado. *Journal of Plant Nutrition* 30: 1097-1108.
- Rajabpoor, S., Kiani, S., Sorkheh, K., and Tavakoli, F. 2014.** Changes induced by osmotic stress in the morphology, biochemistry, physiology, anatomy and stomatal parameters of almond species (*Prunus* L. spp.) grown *in vitro*. *Journal of Forestry Research* 25: 523–534.
- Reuter, D. J., and Robinson, J. B. 1997.** *Plant Analysis: An Interpretation Manual*. 2nd Edition. CSIRO Publics, Australia.
- Römheld, V., and Nikolic, M., 2007.** Iron. pp. 329-350. In: Barker, A.V., and Pilbeam, D.J. (eds.) *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA.
- Salardini, A. A. 1987.** *Soil Fertilization*. Tehran University Press, University of Tehran, Tehran, Iran. 411pp. (in Persian).

- Samar, S. M., Samavati, S., Tadayon, M. S., Rezai, H., Tehrani, M. M., Ardakani, M. S., Besharati, H., and Fallah, A. R. 2010.** Iron in Soil and Plant. Publication of the Iranian Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran. 191pp. (in Persian).
- Sonmez, S., and Kaplan, M. 2004.** Comparison of various analysis methods for determination of iron chlorosis in apple trees. *Journal of Plant Nutrition* 27: 2007–2018.
- Takahashi, M., Nakanishi, H., Kawasaki, S., Nishizawa, N. K., and Mori, S. 2001.** Enhanced tolerance of rice to low iron-availability in alkaline soils using barley nicotianamine aminotransferase genes. *Nature Biotechnology* 19: 466-469.
- Tamburini, E., Ferrari, G., Marchetti, M.G., Pedrini, P., and Ferro, S. 2015.** Development of FT-NIR models for the simultaneous estimation of chlorophyll and nitrogen content in fresh apple (*Malus domestica*) leaves. *Sensors* 15: 2662-2679.
- Terry, N., and Abadia, J. 1986.** Function of iron in chloroplasts. *Journal of Plant Nutrition* 9: 609-646.
- Therios, I., Chouliaras, V., Bizas, D., Boukouvalas, S., Palioura, E., Hatzidimitriou, E., Basioukas, D., Gioldasis, V., and Stavrou, N. 2005.** Changes in leaf biochemical and physiological indices due to iron deficiency in citrus. *AgroThesis* 1: 18-25.