



فصلنامه علوم محیطی، دوره پانزدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶

۱۹۸-۱۸۱

## ارزیابی تحمل به کلروز در برخی پایه‌های سیب به دو روش گرسنگی آهن و تنش بی‌کربنات

شهنام اشتری، محمدرضا دادپور\*، شاهین اوستان و فریبرز زارع نهندی

گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۶/۳/۱۸

اشتری، ش.، م. دادپور، ش.، اوستان و ف. زارع نهندی. ۱۳۹۶. ارزیابی تحمل به کلروز در برخی پایه‌های سیب به دو روش گرسنگی آهن و تنش بی‌کربنات. فصلنامه علوم محیطی. فصلنامه علوم محیطی. ۱۵(۲): ۱۸۳-۲۰۰.

**سابقه و هدف:** امروزه استفاده از کودهای شیمیایی حاوی آهن برای رفع علائم کمبود آهن در باغ‌های سیب به امری اجتناب‌ناپذیر تبدیل شده است، در حالیکه این امر جایگاهی در کشاورزی ارگانیک ندارد. اکثر باغ‌های میوه سردسیری ایران در مناطق آهکی استقرار یافته و علائم کمبود آهن در این اراضی به‌وفور قابل مشاهده است و مصرف مقادیر قابل‌توجهی کود شیمیایی حاوی آهن علاوه بر هزینه‌بر بودن، می‌تواند تعادل سایر عناصر غذایی خاک را نیز بر هم زند.

**مواد و روش‌ها:** به منظور شناسایی پایه‌های مقاوم به کمبود آهن از دو روش گرسنگی آهن و تنش بی‌کربنات برای بررسی تحمل به کلروز ناشی از کمبود آهن در ۹ پایه سیب هیبرید گمی آلماسی و مالینگ مرتون ۱۰۶ و والدین آنها در شرایط آبکشت استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد.

**نتایج و بحث:** به طور کلی نتایج نشان داد که پایه گمی آلماسی در مقایسه با پایه‌های مالینگ مرتون ۱۰۶ و کلون‌های حاصل از هیبرید آنها نسبت به کمبود آهن ناشی از بی‌کربنات و گرسنگی آهن محتمل‌تر بود. از نظر آماری شاخص کلروفیل، غلظت کلروفیل، آهن کل و آهن فعال برگ‌های ششم از انتهای جوانه در پایه گمی آلماسی اختلاف معناداری با پایه مالینگ مرتون و گاه با نتاج هیبرید این دو پایه داشت. pH و EC آبشویه گلدان‌ها تحت‌تاثیر نوع پایه قرار گرفته بود.

**نتیجه‌گیری:** در هر دو روش بررسی پایه والد گمی آلماسی در مقایسه با سایر پایه‌ها از نظر شاخص کلروفیل، درجه‌بندی ظاهری ناشی از کمبود آهن، غلظت کلروفیل برگ ششم از انتهای جوانه، غلظت آهن کل و فعال برگ‌ها عملکرد بهتری را نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** بی‌کربنات، پایه هیبرید، سیب، کلروز آهن.

\* Corresponding Author. E-mail Address: dadpour.mr@gmail.com

## مقدمه

اما هیچ‌یک به‌طور مطلق برتر نبودند. Ershadiand Talaie (2001) اثرات شش پایه سیب (M9، M26، M27، MM111، MM106 و M7) را بر جذب برخی عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، منگنز، روی و آهن) زمانی که به‌عنوان پایه برای ارقام رد دلشیز، گلدن اسموتی، گلاب کهنز و شفیع‌آبادی مورد استفاده قرار گرفته بودند، بررسی کردند. در این آزمایش رقم گلاب صرف نظر از نوع پایه بیشترین غلظت آهن را داشت، ولی غلظت آهن برگ در پایه‌های مختلف تفاوت معناداری را نشان نداد.

با توجه به اینکه کشورهای صاحب‌نام در زمینه اصلاح ارقام سیب در مقایسه با ایران از نظر مشکلات تغذیه‌ای مربوط به خاک‌های آهکی کمتر دچار چالش هستند، اصلاح و گزینش پایه‌های پاکوتاه سیب که متحمل به کلروز آهن ناشی از آهک باشند، برای ایران و مناطق مشابه از اولویت خاصی برخوردار است. متأسفانه بررسی‌های انجام‌شده در این زمینه خیلی محدود است. گمی‌آلماسی یکی از ارقام بومی آذربایجان بوده و با توجه به اینکه تا به حال تحقیق جامعی درباره پایه‌های منشأ توده‌های بومی کشور از نظر تحمل به قلیائیت انجام نشده است، در این تحقیق پایه‌های هیبرید گمی‌آلماسی و مالینگ مرتون ۱۰۶ و والدین آنها از نظر تحمل کمبود آهن به دو روش گرسنگی آهن و تنش بی‌کربنات در محلول غذایی مورد بررسی قرار گرفتند.

اغلب خاک‌های ایران آهکی بوده و به‌علاوه ۸۶ درصد آب‌های آبیاری نیز دارای قلیائیت بالا هستند (Malakouti et al., 1999). سیب (*Malus domestica*) یکی از میوه‌های مهم مناطق معتدل در ایران است که صادرات آن در سال‌های اخیر ارزیابی قابل‌ملاحظه‌ای را در پی داشته است.

تنوع ژنتیکی این درخت امکان سازگاری آن را با شرایط اقلیمی مختلف فراهم کرده است (Babalar et al.,

کلروز ناشی از کمبود آهن<sup>۱</sup> که اغلب در خاک‌های آهکی مشاهده شده و محدودیت شدیدی را در عملکرد گیاهان ایجاد می‌کند. pH قلیایی و غلظت بالای بی‌کربنات در ریزوسفر از مهم‌ترین عوامل بروز کمبود آهن در گیاهان هستند. غلظت بالای یون بی‌کربنات در خاک، فرایندهای متابولیک در ریشه و برگ‌ها را مختل کرده و فراهمی آهن برای گیاه را کاهش می‌دهد که از آن به‌عنوان کلروز آهن ناشی از آهک<sup>۲</sup> نام برده می‌شود.

مهم‌ترین اثر کلروز آهن کاهش غلظت کلروفیل و افزایش نسبی غلظت کاروتنوئیدها است که منجر به بروز زردی برگ‌ها می‌شود. بی‌کربنات به‌عنوان یک بافر عمل کرده و پروتون‌های رهاشده از ریشه را خنثی و این امر منجر به کاهش فعالیت آنزیم فریک ردوکتاز<sup>۳</sup> در ریشه می‌شود. همچنین، بی‌کربنات از طریق افزایش قلیائیت در آپوپلاست برگ‌ها منجر به غیرفعال شدن آهن می‌شود (Mengel et al., 1994). گیاهان از طریق افزایش ترشح پروتون (استراتژی I) یا ترشح فیتوسیدروفورها<sup>۴</sup> (استراتژی II) با این مشکل مقابله کرده (Tabatabaei, 2015) و کلروز آهن ناشی از آهک در درختان میوه (به‌ویژه مرکبات، هلو، گلابی و سیب) منجر به کاهش محصول، دیررس شدن میوه و کاهش کیفیت آن می‌شود (Pestana et al., 2005).

یکی از بهترین راه‌ها برای اجتناب از کلروز آهن استفاده از گونه‌ها و ارقام متحمل است. تفاوت‌های ژنوتیپی برای مقابله با کلروز آهن در پرتقال (Jarrahi et al., 2013)، انگور (Sabir et al., 2010)، گلابی و به (Donini et al., 2009) شناسایی شده‌اند. (Shahabi et al., 2005) تأثیر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات آب آبیاری را بر برخی ناهنجاری‌های تغذیه‌ای ارقام سیب رد دلشیز، گلدن دلشیز و گلاب کهنز بررسی کردند.

در این پژوهش هر یک از پایه‌ها از نظر جذب عناصر پر مصرف یا کم مصرف از خاک مزایایی بر یکدیگر داشتند،

تیمار دو (شاهد)، پارامترهای ذیل به صورت روزانه در برگ نهال‌ها اندازه‌گیری شدند.

الف- شاخص کلروفیل برگ با استفاده از کلروفیل سنج مینولتا مدل SPAD-502

ب- درجه‌بندی ظاهری<sup>۵</sup> زردی ناشی از کمبود آهن به شرح ذیل (Sudahono *et al.*, 1994).

۱- برگ‌ها سبز

۲- بین رگبرگ‌ها سبز متمایل به زرد و رگبرگ‌ها

سبز

۳- بین رگبرگ‌ها زرد متمایل به سبز و رگبرگ‌ها

سبز

۴- بین رگبرگ‌ها زرد و رگبرگ‌ها سبز

۵- بین رگبرگ‌ها سفید متمایل به زرد، رگبرگ‌ها

سبز رنگ‌پریده

سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده عبارت بودند از:

۱- فلورسانس کلروفیل با استفاده از دستگاه chlorophyll fluorimeter که در ابتدا و انتهای دوره رشد اندازه‌گیری شد.

۲- غلظت کلروفیل برگ‌ها که در پایان دوره رشد مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (Arnon, 1949).

۳- غلظت آهن فعال و کل در برگ‌ها که در پایان دوره رشد اندازه‌گیری شدند (Sudahono *et al.*, 1994).

۴- EC و pH آبشویه گلدان‌ها که به صورت هفتگی اندازه‌گیری شدند.

### روش تنش بی‌کربنات

این آزمایش با همان شرایط عمومی آزمایش قبل انجام شد، با این تفاوت که بعد از شش برگی شدن پایه‌ها دو تیمار ذیل اعمال شد (Gogorcena *et al.*, 2004).

۱- تغذیه با محلول هوگلند حاوی Fe(III)-EDDHA ۴۰ μM که pH آن با استفاده از NaOH و HCl در ۷/۵ تنظیم شده بود.

۲- تغذیه با محلول هوگلند حاوی Fe(III)-

2015). با این حال، عدم تحمل به کلروز آهن ناشی از آهک یکی از مشکلات اساسی مربوط به پایه‌های پاکوتاه سیب معرفی شده توسط کشورهای خارجی است. اغلب این پایه‌ها از نظر تحمل به سرما، میزان رشد، پاجوش‌دهی، شکل رشد و جذب عناصر پرمصرف گزینش شده‌اند.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به مدت ۶ ماه در ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در شرایط گلخانه‌ای اجرا شد. ابتدا ۷ کلون هیبرید گمی آلماسی و مالینگ مرتون ۱۰۶ (با شماره‌گذاری ۲، ۶، ۱۱، ۱۷، ۱۹، ۲۰ و ۲۴) و پایه‌های والد آنها از تنه‌جوش‌های آنها جداسازی شدند و در شرایط گلخانه به گلدان‌های ۱۰ لیتری که با نسبت ۱،۱ شن اسیدشویی شده و پرلایت پر شده بودند، انتقال یافتند. در ادامه پایه‌های متحمل به کمبود آهن به دو روش غربال‌گری شدند.

### روش گرسنگی آهن

پایه‌ها توسط محلول هوگلند حاوی Fe(III)-EDDHA ۴۰ μM که pH آن با استفاده از NaOH و HCl در ۷/۵ تنظیم شده بود، آبیاری شدند (Han *et al.*, 1994). محلول هوگلند هر سه روز یک‌بار تعویض شد. همچنین، برای جلوگیری از تجمع نمک، گلدان‌ها به طور هفتگی با آب شست‌وشو شدند. بعد از اینکه پایه‌ها تقریباً شش‌برگی شدند دو تیمار ذیل اعمال شد.

۱- قطع تغذیه آهن تا بروز علائم کمبود آهن، سپس تغذیه مجدد آهن با Fe(III)-EDDHA ۴۰ μM تا ناپدید شدن علائم کمبود.

۲- گلدان‌های شاهد در این مدت به‌طور مداوم با Fe(III)-EDDHA ۴۰ μM تغذیه شدند.

بعد از قطع تغذیه آهن در تیمار یک و هم‌زمان در

شماره ۲۰ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار شاخص کلروفیل را دارا بودند (شکل ۳). در تیمار گرسنگی آهن بعد از ۱۵ روز از قطع تغذیه آهن، به تدریج شاخص کلروفیل کاهش یافت و بعد از ۲۵ الی ۳۰ روز علائم کمبود درجه چهار (بین رگبرگ‌ها زرد و رگبرگ‌ها سبز) در والد مالینگ مرتون و هیبریدهای شماره ۲۴، ۲۰، ۱۰۶ و ۱۱ پدیدار شد. تقریباً هیچ‌یک از پایه‌ها تا پایان دوره رشد علائم کمبود درجه پنج را نشان ندادند و قبل از رسیدن به این مرحله نکروزه شدن برگ‌ها ظاهر شد. شدیدترین علائم کمبود آهن با توجه به کاهش شاخص کلروفیل برگ در هیبریدهای شماره ۱۱، ۲۰، ۲۴ و پایه والد مالینگ مرتون ۱۰۶ ظاهر شد. با تغذیه مجدد آهن روند افزایش شاخص کلروفیل در پایه‌ها حدوداً از ۷ روز بعد مشاهده شد.

پایه‌هایی که کاهش شاخص کلروفیل برگ آنها حداقل بود در مقایسه با بقیه پایه‌ها سریع‌تر به حالت اولیه برگشتند. در تیمار تنش بی‌کربنات، پایه شماره ۱۹ حدود ۲۰ روز بعد از اعمال تیمار از بین رفت. تغییرات شاخص کلروفیل در پایه والد گمی آلماسی و پایه هیبرید شماره ۲ نسبت به سایر پایه‌ها کمتر بود. در مراحل پایانی آزمایش برگ‌های والد مالینگ مرتون دچار ریزش شد. به نظر می‌رسد شاخص کلروفیل کمتر تحت تأثیر قلیائیت محیط قرار می‌گیرد و در این شرایط مکانیزم دیگری علاوه بر کمبود آهن تأثیر دارد.

۴۰  $\mu\text{M}$  EDDHA به اضافه غلظتی از بی‌کربنات پتاسیم که pH ۷/۵ را ایجاد می‌کند. همچنین، ۰/۵ گرم در لیتر کربنات کلسیم برای ثبات وضعیت قلیائیت به محلول هوگلند افزوده شد (Deal and Alcantara, 2002). پارامترهای ذکر شده در روش گرسنگی آهن در این آزمایش نیز اندازه‌گیری شدند.

آزمایش‌های مربوط به هر دو روش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور پایه‌های سیب در ۹ سطح و تغذیه آهن در دو سطح و در دو تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد.

## نتایج و بحث

### تغییرات زمانی شاخص کلروفیل برگ

شاخص کلروفیل برگ پایه‌ها در تیمار شاهد فاقد نوسانات قابل ملاحظه بوده و با گذشت زمان تقریباً ثابت بود (شکل ۱)، اما در تیمارهای گرسنگی آهن و تنش بی‌کربنات تغییرات شاخص کلروفیل برگ‌ها در برخی پایه‌ها نسبتاً شدید بود، به طوری که در تیمار گرسنگی آهن ۵۳ روز بعد از قطع تغذیه آهن، بیشترین و کمترین مقدار شاخص کلروفیل مربوط به پایه والد گمی آلماسی و پایه هیبرید شماره ۲۴ بود (شکل ۲). در تنش بی‌کربنات نیز ۵۳ روز بعد از اعمال تیمار، کلون والد گمی آلماسی و پایه هیبرید

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر نوع پایه و نوع تغذیه آهن بر شاخص کلروفیل در ارقام مختلف سیب

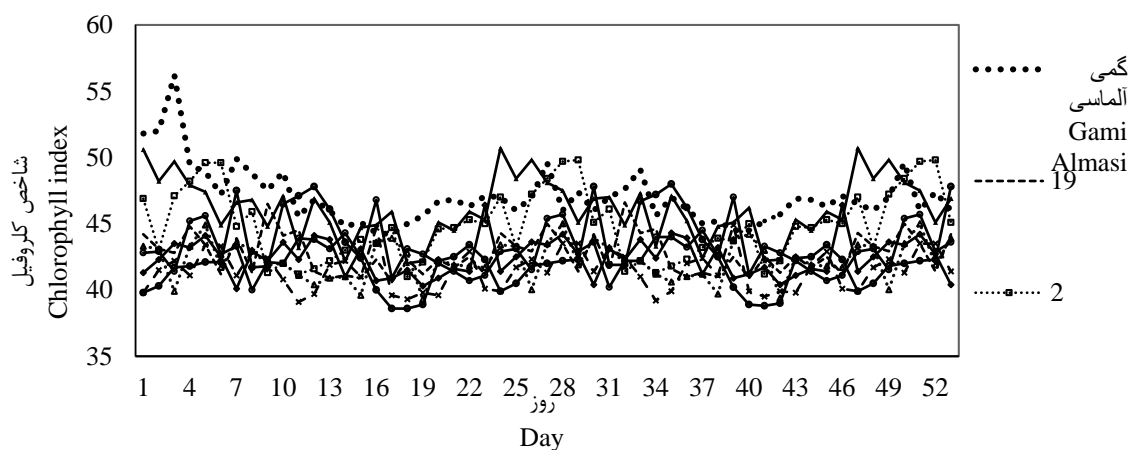
Table 1. Variance analysis of the impact of the type of basic and kinds of Fe nutrition in chlorophyll index in different apple root stocks

ضریب تغییرات (%) Coefficient of variations	خطای آزمایشی Error	تغذیه آهن × رقم Iron nutrient × Cultivar	رقم Cultivar	تغذیه آهن Iron nutrient	بلوک Block	منبع تغییر S.O.V
	26	16	8	2	1	درجات آزادی df
7/55	1723/3	145/52*	727/04*	11369/158**	421/02**	شاخص کلروفیل chlorophyll index

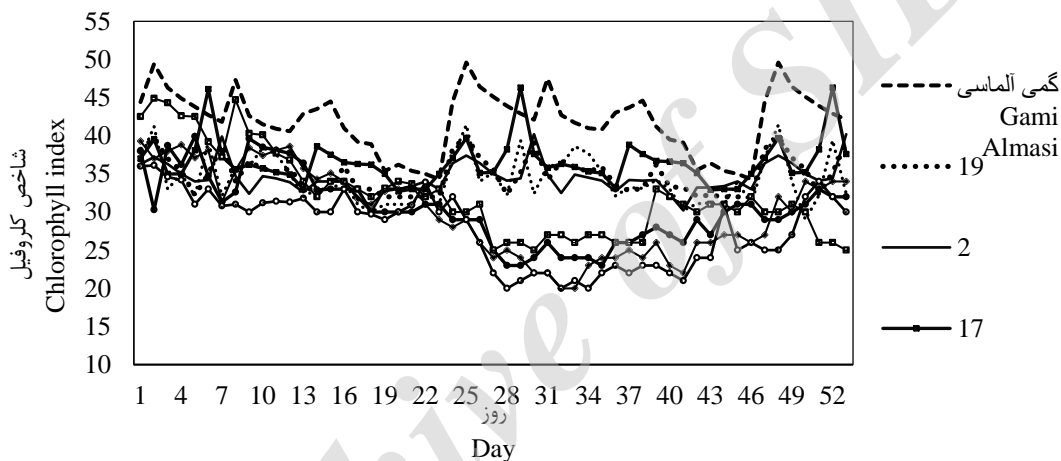
Was measured chlorophyll on a daily basis.

\*اندازه‌گیری شاخص کلروفیل به صورت روزانه بود.

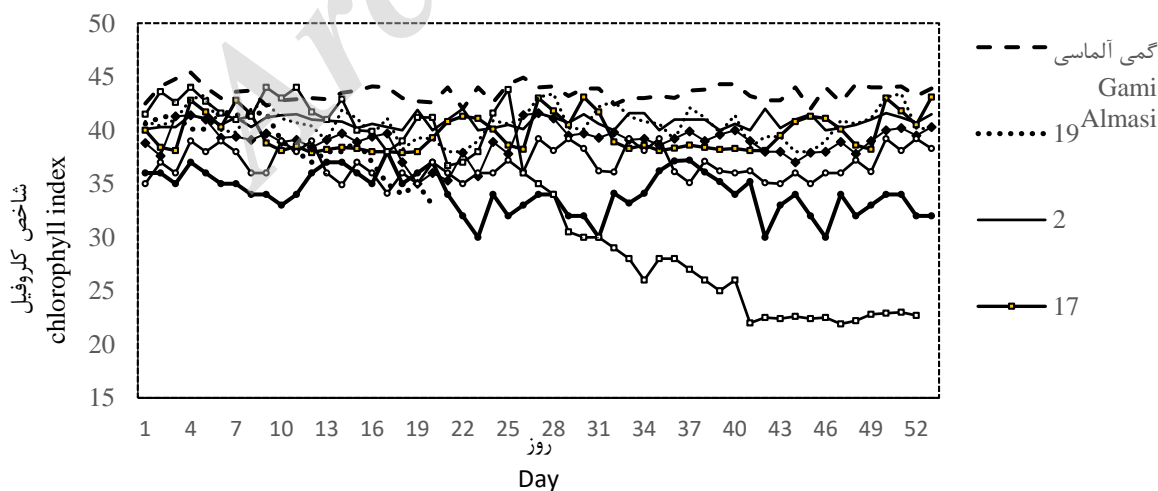
n.s و \*\* به ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۱٪  
ns=Not significant \*\*, Significant at  $\alpha = 1\%$ , \*, Significant at  $\alpha = 5\%$ .



شکل ۱- تغییرات زمانی شاخص کلروفیل برگ در پایه‌ها در تیمار شاهد  
**Fig. 1- Leaf chlorophyll index time changes in control treatment**



شکل ۲- تغییرات زمانی شاخص کلروفیل برگ در پایه‌ها در تیمار گرسنگی آهن  
**Fig. 2 - Leaf chlorophyll index time changes in Fe hunger treatment**



شکل ۳- تغییرات زمانی شاخص کلروفیل برگ در پایه‌ها در تیمار تنش بی‌کربنات  
**Fig. 3- Leaf chlorophyll index time changes in bicarbonate stress treatment**

## غلظت کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کلروفیل کل در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر فاکتور تغذیه آهن و نوع رقم قرار گرفت (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) در تیمار شاهد بیشترین مقدار کلروفیل در رقم گمی آلماسی و مالینگ مرتون ۱۰۶ با مقدار ۱۸۹۳/۳ و ۱۸۸۴/۹ میکروگرم بر گرم مشاهده شد. در تیمار گرسنگی آهن و تغذیه بی‌کربناته رقم گمی آلماسی نسبت به دیگر پایه‌ها به‌طور معناداری بیشترین مقدار کلروفیل کل را داشت (جدول ۲). آهن گرچه در ساختار کلروفیل وجود ندارد ولی در سنتز آن در سه مرحله به‌عنوان کوانزیم سبب تولید مواد میانی می‌شود، اگر گیاهی قادر به جذب آهن به مقدار کافی نباشد، ساخت کلروفیل در برگ کاهش یافته و برگ‌ها رنگ پریده خواهند شد. ابتدا فاصله بین رگبرگ‌ها و سپس با شدت یافتن کمبود، تمام سطح برگ زرد می‌شود. چون آهن در گیاه پویا نیست، این علائم ابتدا در برگ‌های جوان ظاهر می‌شود ولی با شدت یافتن کمبود، تمامی گیاه را در برمی‌گیرد. در درختان میوه، زردی برگ در حالی که رگبرگ‌ها کم‌وبیش سبز مانده‌اند، پدیده‌ای رایج است. حاشیه برگ‌ها با شدت یافتن کمبود به سفیدی گراییده، سپس علائم نکروز مشاهده می‌شود. گاهی در اواخر بهار که سرعت رشد درختان زیاد است، به علت عدم تکافوی جذب آهن، برگ‌ها زرد رنگ می‌شوند. Rajabi et al. (2012) در بررسی اثر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات سدیم بر برخی از پایه‌های پسته اعلام داشتند که غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار بی‌کربنات سدیم باعث کاهش کلروفیل کل نسبت به تیمار شاهد شد. غلظت ۵۰ میلی‌مولار اثر معناداری بر غلظت کلروفیل برگ نداشت. قلیائیت و غلظت بالای بی‌کربنات در ریزوسفر از مهم‌ترین عوامل بروز کمبود آهن در گیاهان هستند. به ازای هر یک واحد افزایش pH، حلالیت ترکیبات

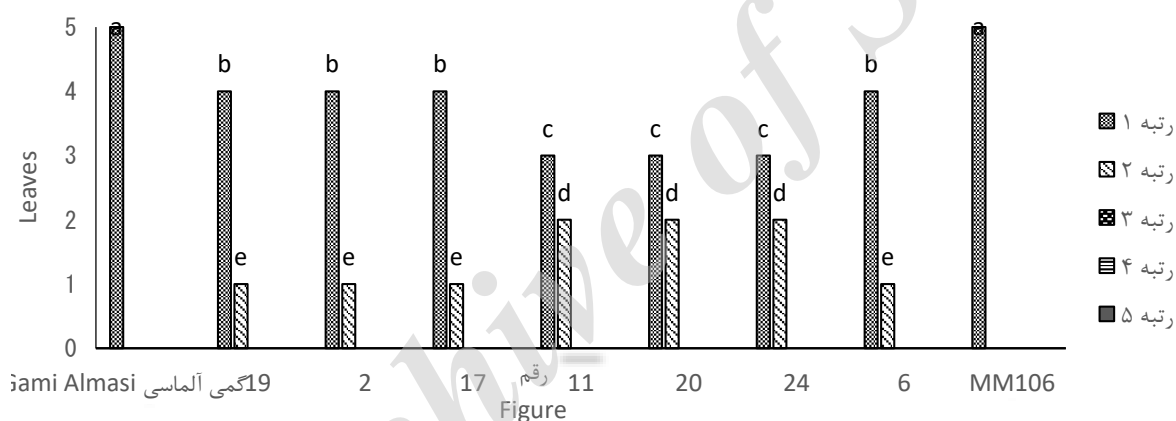
آهن هزار مرتبه کاهش پیدا می‌کند. (Lindezi et al., 1979) در بیشتر نقاط ایران مهم‌ترین عامل کمبود آهن، زیاده‌روی غلظت بی‌کربنات در محلول خاک است. Zuo et al. (2007) در بررسی تأثیر سطوح مختلف ظرفیت نگهداری آب خاک به همراه بیکربنات، بر گیاه بادام‌زمینی اعلام کردند که با افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک با حضور بی‌کربنات از مقدار شاخص کلروفیل برگ‌ها به‌طور معناداری کاسته شد. در شرایط کمبود آهن، سنتز کلروفیل به مقدار زیادی کاهش می‌یابد که به‌طور عمده مربوط به از بین رفتن پروتئین است که موجب تخریب ساختار کلروپلاست می‌شود. مهم‌ترین نتیجه زردی حاصل از کمبود آهن، کاهش فتوسنتز برگ‌ها است (Salehi, 2006). گاهی برگ‌های مبتلا به زردی ناشی از کمبود آهن، معمولاً میزان آهنی همانند یا حتی بیشتر از برگ‌های سبز دارند که دلالت بر غیرفعال شدن فیزیولوژیک آهن است (Samar and Samavat, 1995). (Shahabi et al., 2005) در بررسی تأثیر سطوح مختلف بی‌کربنات بر میزان کلروفیل سه پایه سیب گلدن، گلاب و رد دریافتند که با افزایش سطوح بی‌کربنات تا سطح ۱۵ میلی‌مول در لیتر اختلاف معناداری در مقدار کلروفیل برگ‌ها دیده نمی‌شود ولی سطح ۳۰ میلی‌مول بر لیتر بی‌کربنات موجب کاهش معنادار مقدار کلروفیل می‌شود. در بلندمدت (پس از ۱۲۰ روز) وجود بی‌کربنات موجب کاهش معناداری در مقدار کلروفیل همه پایه‌ها شد. پایه گلدن بیشترین مقدار کلروفیل را در بین پایه‌های مورد آزمایش داشت. نتایج نشان می‌دهد که در هر دو روش غربال‌گری پایه‌های گمی‌آلماسی عملکرد مطلوب‌تری در مقایسه با سایر پایه‌ها داشته است، اگرچه هیبرید شماره ۱۹ در غربال‌گری به روش گرسنگی آهن تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای را نشان نداد، اما در مجموع عملکرد پایه‌های گمی‌آلماسی در مقایسه با سایر پایه‌ها بهتر بوده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر نوع پایه و نوع تغذیه آهن بر برخی صفات مورد بررسی در ارقام مختلف سیب

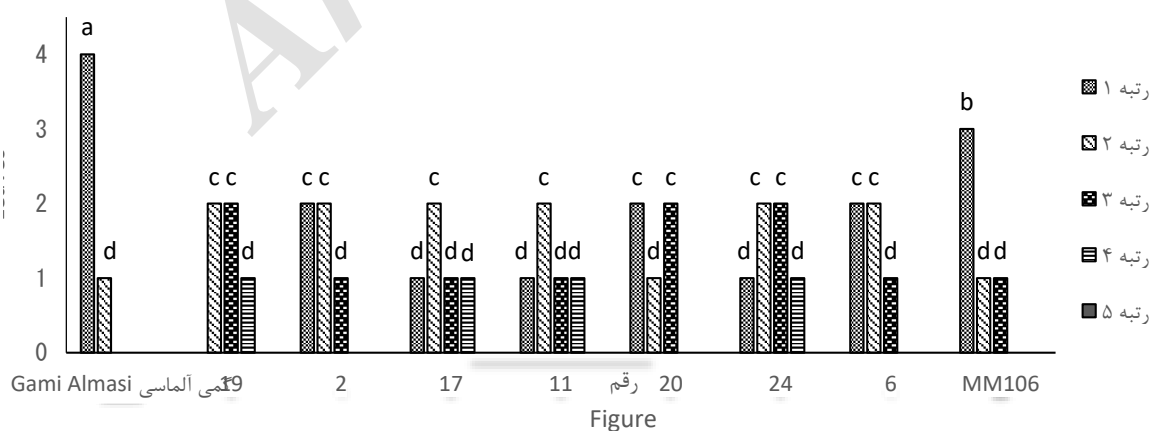
Table 2. Variance analysis of the impact of the type of basic and kinds of Fe nutrition in some qualities of different cultivars apple

ضریب تغییرات (%) Coefficient of variations	خطای آزمایشی Error	تغذیه آهن × رقم Iron nutrient × Cultivar	رقم Cultivar	تغذیه آهن Iron nutrient	بلوک Block	منبع تغییر S.O.V
	26	16	8	2	1	درجات آزادی df
9/86	1723/3	5761/16*	8295/11*	12421/36**	9531/5**	غلظت کلروفیل Chlorophyll concentration
6/32	71/71	1668/9*	8603/52**	11528/92*	4695/31*	F0
9/71	130031/67	6192993/66**	2527462/78**	9298825/82*	1346855/17**	Fm
7/47	0/5	5/1*	52/29**	11/17*	43/52*	Fv/Fm
8/25	4704/85	37742/990	388556/56*	36318/52*	54632/6*	آهن کل Total Fe
8/17	1796/2	30212/**	130527/74*	6417/17**	2461/43**	آهن فعال Fe <sup>2+</sup> concentration

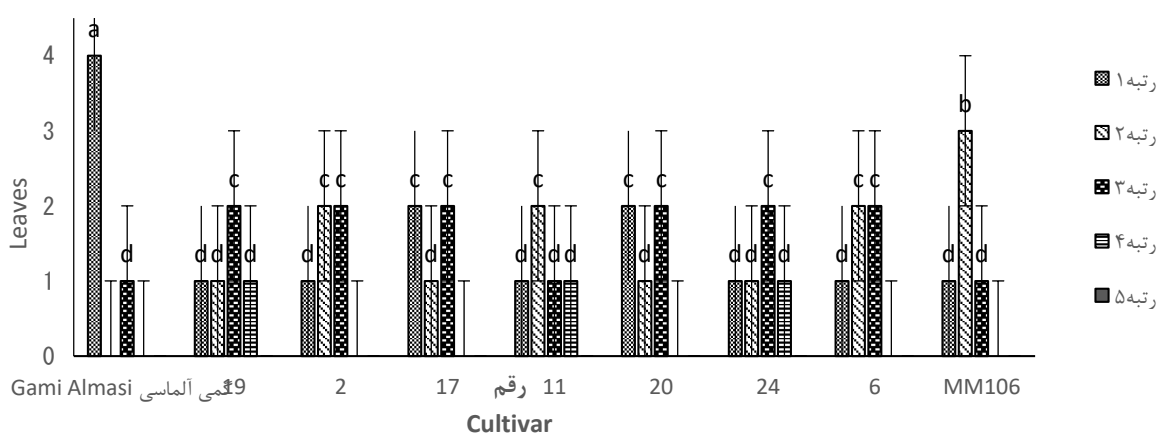
n.s و \*\* به ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۱٪. ns=Not significant \*\*, Significant at α = 1%, \*, Significant at α = 5%,



شکل ۴- رتبه بندی وضعیت کلروز برگ پایه‌ها در محلول غذایی شاهد ۳۰ روز بعد از رشد کلون‌ها  
Fig. 4- Ranking situation bases leaves chlorosis in the control treatment 30 days after acts of treatment



شکل ۵- رتبه بندی وضعیت کلروز برگ پایه‌ها در تیمار گرسنگی آهن ۳۰ روز بعد از اعمال تیمار  
Fig. 5- Ranking situation bases leaves chlorosis in the Fe hunger treatment 30 days after acts of treatment



شکل ۶- رتبه‌بندی وضعیت کلروز برگ پایه‌ها در تیمار تنش بی‌کربنات ۵۳ روز بعد از اعمال تیمار  
 Fig. 6- Ranking situation bases leaves chlorosis in the bicarbonate stress 53 days after acts of treatment

### فلورسانس کلروفیل

براساس تجزیه واریانس داده‌ها شاخص Fv/Fm به‌طور معناداری تحت تأثیر اثرات متقابل محلول غذایی در رقم قرار گرفت (جدول ۲).

در بین ارقام مورد بررسی بیشترین مقدار میانگین این شاخص در ارقام ۶، ۲۰ و MM106 و کمترین مقدار مربوط به رقم ۲ بود (شکل ۷). هر چه مقدار Fv/Fm کمتر باشد آسیب از تنش بیشتر خواهد بود (Surpin *et al.*, 2002). در نتیجه در بین ارقام مورد بررسی، رقم ۲ بیشترین حساسیت نسبت به تنش را داشت. (Ragabi *et al.*, 2012). نیز از این شاخص برای غربال دانه‌های پسته از نظر تحمل به غلظت‌های مختلف بی‌کربنات استفاده کردند. در بررسی آنان متحمل‌ترین پایه نسبت به وجود بیکربنات سدیم دارای شاخص Fv/Fm بیشتری بود.

نسبت کلروفیل فلورسانس متغیر به بیشینه (Fv/Fm) نشان‌دهنده تمامیت غشاء تیلاکوئید و کارایی نسبی انتقال الکترون از فتوسیستم ۲ به فتوسیستم ۱ است (Johnson *et al.*, 2002; Krause & Weis, 1984). زمانی که گیاهان در برابر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند، کاهش در نسبت Fv/Fm شاخص خوبی از خسارت ممانعت‌کننده نوری است. کاهش در Fv/Fm ممکن است به دلیل افزایش در F<sub>0</sub> دلیل تخریب مرکز واکنش فتوسیستم ۲ یا کاهش در Fv باشد

### درجه‌بندی ظاهری کلروز ناشی از کمبود آهن

نمودارهای ذیل درجه‌بندی زردی آهن را در تیمار گرسنگی آهن و تیمار کلروز ناشی از بی‌کربنات نشان می‌دهد و همان‌طور که ملاحظه می‌شود کلون‌های هیبرید در مقایسه با پایه مالینگ مرتون در شرایط بی‌کربنات بودن محیط رشد داشته است اگرچه هیبرید شماره ۱۹ در تیمار گرسنگی آهن عملکرد بهتری داشت، اما این هیبرید در شرایط بی‌کربنات تحمل لازم را نداشت و بعد از مدتی از بین رفت. یک موضوع قابل توجه ریزش برگ‌ها در پایه مالینگ مرتون قبل از تغییر رنگ برگ‌ها تا مرحله ۴ و یا ۵ درجه‌بندی ظاهری برگ‌ها به روش (Sudahono *et al.*, 1994) بود (شکل‌های ۴-۶). با توجه به اینکه مرحله چهارم کمبود که طی آن بین رگبرگ‌ها زرد و رگبرگ‌ها سبز بود یک ماه بعد از شروع اعمال تیمار ظاهر می‌شد و پایه‌های مالینگ مرتون بدون نشان دادن مرحله چهارم کمبود دچار نکروز می‌شدند، بنابراین در تیمارهای شاهد و گرسنگی آهن، ۳۰ روز بعد از اعمال گرسنگی آهن برای نشان دادن وضعیت کلروز برگ‌ها انتخاب شد. اما در تیمار بی‌کربنات، پنجاه روز بعد از اعمال تیمار برگ‌ها در پایه مالینگ مرتون ۱۰۶ دچار ریزش شد و کلون‌های دیگر تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای را نشان نمی‌دادند.

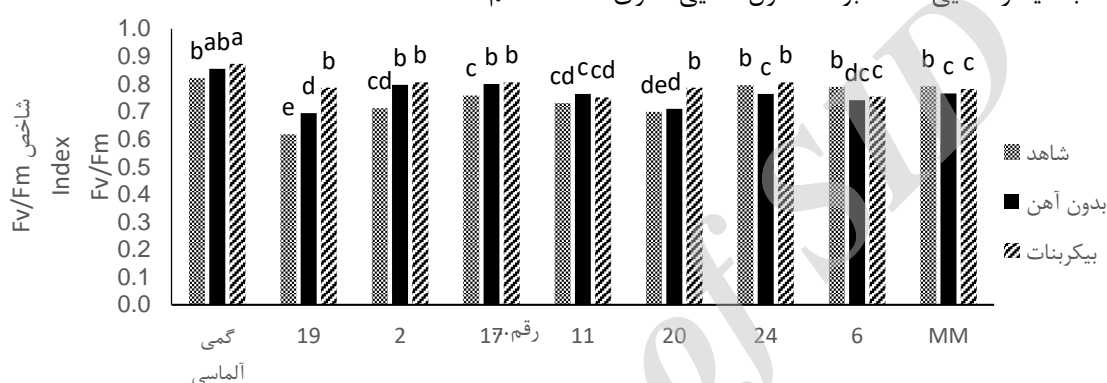


(Baker and Horton, 1978).

بی‌کربنات، غلظت آهن کل برگ‌های سیب را نسبت به محلول غذایی شاهد کاهش داد. در بین ارقام گمی آلماسی از لحاظ مقدار آهن کل و آهن فعال بالاترین مقادیر را (به ترتیب ۷۹۰/۴ و ۳۲۵/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) داشت (شکل ۸ و ۹). زردی ناشی از کمبود آهن در حضور بیکربنات می‌تواند ناشی از انتقال کم آهن از ریشه به برگ‌ها باشد (Wiren *et al.*, 2002). درحالی‌که سایر پایه‌ها از این نظر اختلاف معناداری با هم نداشتند.

### آهن کل و فعال برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی در جدول یک بیانگر آن است که اثر متقابل محلول غذایی و رقم بر پارامترهای آهن کل و آهن فعال به ترتیب در سطح ۵ و یک درصد معنادار هستند (جدول ۲). بالاترین غلظت آهن کل و فعال برگ در کلیه پایه‌ها مربوط به تیمار غذایی شاهد بود. محلول غذایی حاوی



شکل ۷- اثر محلول غذایی شاهد و تیمارهای متفاوت گرسنگی آهن و بی‌کربنات بر شاخص Fv/Fm در ارقام مختلف سیب  
Fig. 7- effect of different treatment on the Fv/Fm index in different apple cultivars

جدول ۳- اثر متقابل تیمارهای غذایی و رقم بر صفات مورد ارزیابی

Table 3. Interaction of nutrient treatments and cultivar in evaluated traits.

آهن فعال Active iron (mg kg <sup>-1</sup> )	آهن کل Total iron (mg kg <sup>-1</sup> )	فلورسانس کلروفیل Chlorophyll fluorescence			غلظت کلروفیل Chlorophyll density (µg <sup>-1</sup> )	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	
		Fv/Fm	Fm	F0			
355/8a	797/4a	0/74d	1763ab	534/5a	1893/32a	51/8a	شاهد × گمی Control × Gami
237/5e	662/7f	0/66f	1654f	478/5b	1793/85 b	49/2c	شاهد × 2 Control × 2
269/4d	744/1b	0/77e	1339g	329/5 e	1738/11c	49/1c	شاهد × 19 Control × 19
283/1c	739/6b	0/78cd	1783b	434/5c	1793/49b	49/5c	شاهد × 11 Control × 11
247/3bc	705/9c	0/75d	1782/5b	465/5bc	1721/76 c	49/4c	شاهد × 17 Control × 17
268/4d	719/3cd	0/84ab	1656cd	322/5e	1730/62 c	50/3b	شاهد × 20 Control × 20
236/5e	737/4b	0/83b	1805/5a	366/5d	1702/88 d	49/8c	شاهد × 24 Control × 24
255/6de	688/7e	0/84a	1697/5d	348/0de	1707/26 d	49/9c	شاهد × 6 Control × 6
300/6b	761/8ab	0/83ab	1704/5c	340/0de	1884/94 a	51/5a	شاهد × MM Control × MM106

\*در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, by similar are not letters are not significantly different at 5% probability level, using \*Duncan's Multiple Range Test.

ادامه جدول ۳ - اثر متقابل تیمارهای غذایی و رقم بر صفات مورد ارزیابی

Table continue 3. Interaction of nutrient treatments and cultivar in evaluated traits

آهن فعال Fe <sup>2+</sup> concentration (mg kg <sup>-1</sup> )	آهن کل Total iron (mg kg <sup>-1</sup> )	فلورسانس کلروفیل Chlorophyll fluorescence			غلظت کلروفیل Chlorophyll density (μg g <sup>-1</sup> )	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	اثر متقابل محلول غذایی در رقم Interaction of nutrient treatments and cultivar
		Fv/Fm	Fm	F0			
333/8 <sup>a</sup>	811/9 <sup>a</sup>	0/75 <sup>d</sup>	1756 <sup>ab</sup>	518/8 <sup>a</sup>	1698/64 <sup>a</sup>	46/8 <sup>a</sup>	بیکربنات و آهن × گمی Bicarbonate and Fe×Gami
257/5 <sup>d</sup>	677/5 <sup>e</sup>	0.66 <sup>f</sup>	1687 <sup>f</sup>	497/3 <sup>b</sup>	1483/39 <sup>e</sup>	46/0 <sup>b</sup>	بیکربنات و آهن 2× Bicarbonate and 2×Fe
284/4 <sup>b</sup>	756/3 <sup>ab</sup>	0.75 <sup>e</sup>	1347 <sup>g</sup>	328/2 <sup>f</sup>	1522/35 <sup>c</sup>	44/8 <sup>c</sup>	بیکربنات و آهن 19× Bicarbonate and 19Fe×
288/1 <sup>b</sup>	722/2 <sup>bc</sup>	0.77 <sup>cd</sup>	1793 <sup>b</sup>	436/7 <sup>c</sup>	1500/76 <sup>d</sup>	43/8 <sup>cd</sup>	بیکربنات و آهن 11× Bicarbonate and Fe× 11
253/3 <sup>bc</sup>	710/1 <sup>d</sup>	0.76 <sup>d</sup>	1788/3 <sup>b</sup>	488/3 <sup>bc</sup>	1600/38 <sup>b</sup>	43/1 <sup>ef</sup>	بیکربنات و آهن 17× Bicarbonate and Fe× 17
249/4 <sup>bc</sup>	709/7 <sup>cd</sup>	0.83 <sup>ab</sup>	1683 <sup>cd</sup>	325/8 <sup>e</sup>	1537/16 <sup>c</sup>	43/3 <sup>d</sup>	بیکربنات و آهن 20× Bicarbonate and Fe× 20
241/5 <sup>c</sup>	732/5 <sup>b</sup>	0.81 <sup>b</sup>	1795/2 <sup>a</sup>	369/3 <sup>d</sup>	1482/39 <sup>e</sup>	40/9 <sup>ef</sup>	بیکربنات و آهن 24× Bicarbonate and Fe× 24
258/6 <sup>bc</sup>	700/5 <sup>d</sup>	0.82 <sup>a</sup>	1656/7 <sup>d</sup>	349/0 <sup>de</sup>	1435/88 <sup>e</sup>	41/8 <sup>e</sup>	بیکربنات و آهن 6× Bicarbonate and Fe× 6
208/6 <sup>e</sup>	720/2 <sup>c</sup>	0.82 <sup>ab</sup>	1711/3 <sup>c</sup>	352/1 <sup>de</sup>	1605/13 <sup>b</sup>	40/5 <sup>f</sup>	بیکربنات و آهن MM× Bicarbonate and Fe× MM106
325/8 <sup>a</sup>	790/4 <sup>a</sup>	0/73 <sup>d</sup>	1743 <sup>ab</sup>	504/5 <sup>a</sup>	1594/55 <sup>a</sup>	45/4 <sup>a</sup>	گرستگی آهن × گمی Iron deficiency× Gami
223/5 <sup>d</sup>	658/7 <sup>c</sup>	0.63 <sup>e</sup>	1609 <sup>e</sup>	488/5 <sup>b</sup>	1434/71 <sup>d</sup>	44/8 <sup>b</sup>	گرستگی آهن 2× Iron deficiency×2
258/4 <sup>b</sup>	736/1 <sup>ab</sup>	0.72 <sup>d</sup>	1306 <sup>f</sup>	312/5 <sup>e</sup>	1489/43 <sup>f</sup>	44/2 <sup>b</sup>	گرستگی آهن 19× Iron deficiency×19
269/1 <sup>b</sup>	714/6 <sup>bc</sup>	0.77 <sup>cd</sup>	1786 <sup>b</sup>	418/5 <sup>c</sup>	1473/79 <sup>bc</sup>	43/9 <sup>c</sup>	گرستگی آهن 11× Iron deficiency×11
234/3 <sup>bc</sup>	694/9 <sup>d</sup>	0.74 <sup>d</sup>	1768/5 <sup>ab</sup>	472/5 <sup>b</sup>	1403/63 <sup>e</sup>	41/8 <sup>d</sup>	گرستگی آهن 17× Iron deficiency×17
235/4 <sup>bc</sup>	701/3 <sup>cd</sup>	0.81 <sup>ab</sup>	1664 <sup>cd</sup>	319/5 <sup>e</sup>	1332/54 <sup>f</sup>	42/9 <sup>cd</sup>	گرستگی آهن 20× Iron deficiency×20
229/5 <sup>c</sup>	726/4 <sup>b</sup>	0.80 <sup>b</sup>	1795/5 <sup>a</sup>	350/5 <sup>d</sup>	1409/85 <sup>e</sup>	40/5 <sup>ef</sup>	گرستگی آهن 24× Iron deficiency×24
241/6 <sup>bc</sup>	697/7 <sup>d</sup>	0.82 <sup>a</sup>	1647/5 <sup>d</sup>	335/0 <sup>de</sup>	1464/30 <sup>e</sup>	41/5 <sup>e</sup>	گرستگی آهن 6× Iron deficiency×6
188/6 <sup>e</sup>	703/8 <sup>c</sup>	0.81 <sup>ab</sup>	1691/5 <sup>c</sup>	339/5 <sup>de</sup>	500/92 <sup>b</sup>	45/3 <sup>a</sup>	گرستگی آهن MM× Iron deficiency×MM106

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن تفاوت معناداری ندارند.

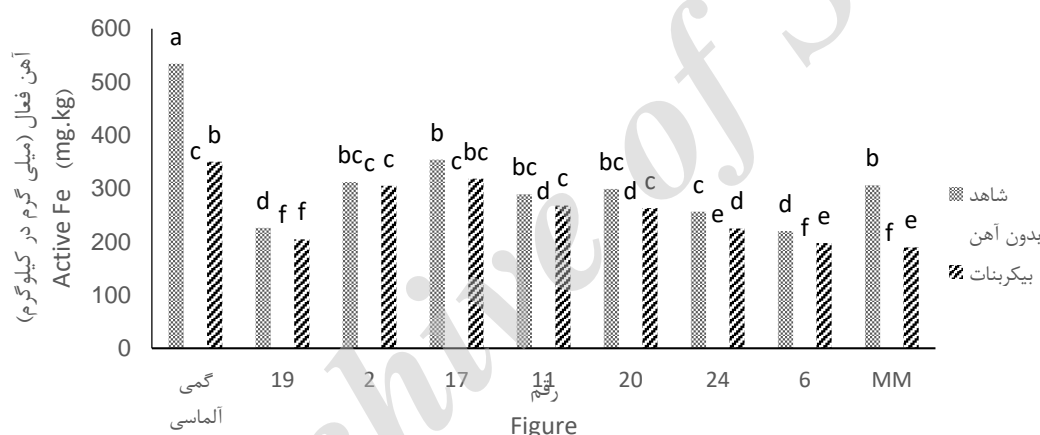
In each column, by similar are not letters are not significantly different at 5% probability level, using \* Duncan's Multiple Range Test.

اسموت فلت سویل تقریباً ثابت ماند و بر اساس این شاخص، این دو پایه به‌عنوان متحمل به خاک‌های آهنی گزارش شدند (Elhendavi (2011).

Jarrahi *et al.* (2013) نیز در تحقیقات خود کاهش مقدار آهن برگ‌ها ناشی از تیمار بیکربنات را گزارش کرده است. بررسی تأثیر غلظت بیکربنات بر میزان آهن برگ در پایه‌های سیب گلدن، گلاب و رد نشان داد که با افزایش بیکربنات از غلظت آهن برگ به‌طور معناداری کاسته شده و با افزایش مقدار بی‌کربنات از صفر به ۳۰ میلی‌مول بر لیتر بیکربنات مقدار آهن برگ از ۱۲۶ به ۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش یافت (Shahabi *et al.*, 2005).

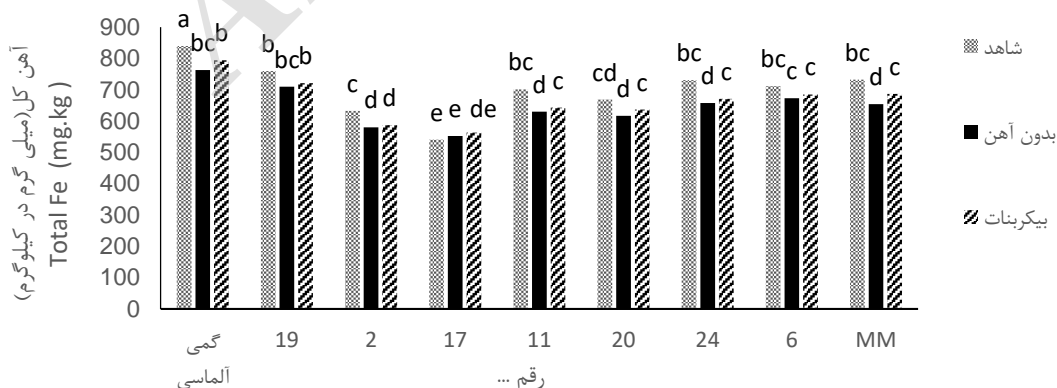
در تحقیق Zuo *et al.* (2007) در بادام زمینی، برگ‌های جوان نسبت به برگ‌های مسن دارای مقدار کمی آهن فعال بوده و همچنین مقدار آهن با افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک به همراه بی‌کربنات بیشتر شد. تیمار حاوی بی‌کربنات باعث افزایش غلظت آهن کل و کاهش آهن فعال ریشه در مقایسه با تیمار فاقد آهن شد. زردی ناشی از کمبود آهن می‌تواند ناشی از انتقال کم آهن از ریشه به برگ‌ها و همچنین راندمان پایین آهن در برگ‌ها باشد (Wiren *et al.*, 2002).

غلظت آهن فعال برگ در پایه‌های اسموت فلت سویل و نارنج تحت تأثیر آهنک فعال خاک قرار نگرفت و با افزایش آهنک فعال، غلظت آهن فعال برگ نارنج و



شکل ۸- اثر تیمارهای متفاوت گرسنگی آهن، بی‌کربنات و شاهد بر آهن فعال در ارقام مختلف سیب

Fig. 8- Effect of different treatments on Fe<sup>2+</sup> concentration in different cultivars apple



شکل ۹- اثر تیمارهای متفاوت گرسنگی آهن، بی‌کربنات و شاهد بر آهن کل در ارقام مختلف سیب

Fig. 9- Effect of different treatments on total Fe in different cultivars apple

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر نوع پایه و نوع تغذیه آهن بر pH و EC در آبشویه گلدان در ارقام مختلف سیب

Table 4. Variance analysis of the impact of the type of basic and kinds of Fe nutrition in pH and EC pot drainage in different cultivars apple

ضریب تغییرات (%) Coefficient of variations	خطای آزمایشی Error	تغذیه آهن × رقم ×Iron nutrient Cultivar	رقم Cultivar	تغذیه آهن Iron nutrient	بلوک block	منبع تغییر S.O.V
	26	16	8	2	1	درجات آزادی df
34/59	20/34	28/64**	695/68	5/91*	64/84*	اسیدیته pH
14/45	6/45	64/25**	133/48**	53*	42/7**	هدایت الکتریکی EC

Was measured pH and EC on a weekly basis.

اندازه‌گیری pH و EC به صورت هفتگی بود.

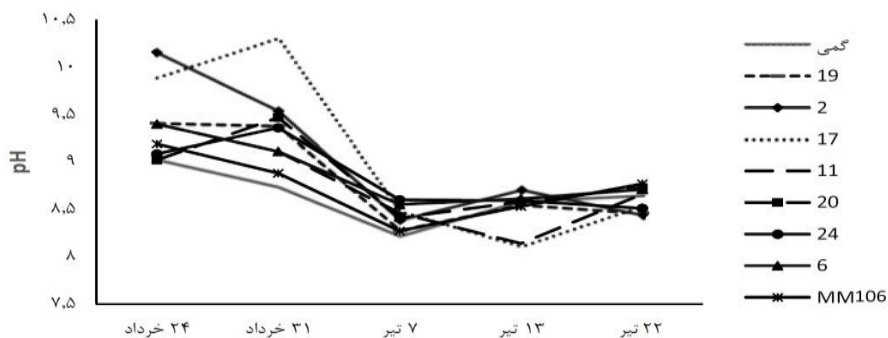
ns=Not significant \*\*, Significant at  $\alpha = 1\%$ 

n.s و \*\* به ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۱٪

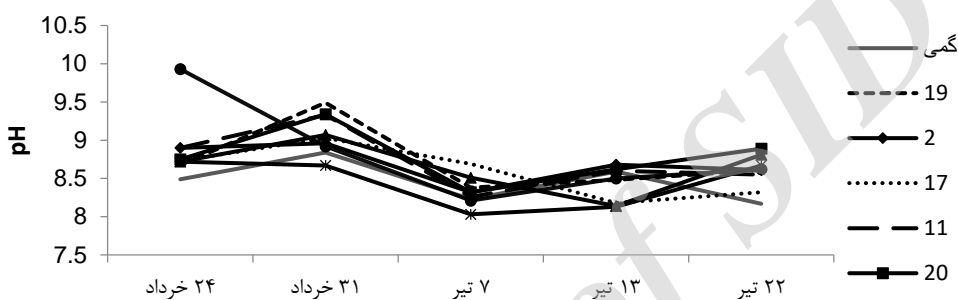
### pH و EC آبشویه تیمارها

نسبت به تیمار گرسنگی آهن از روند مشخصی برخوردار بودند و مقدار این صفت با گذشت زمان در برخی پایه‌ها افزایش جزئی پیدا کرد. محدوده تغییرات در تیمار شاهد بین ۸۰۰ تا ۱۸۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بود و تغییرات EC در پایه‌های گمی، ۲۴ و ۶ روند صعودی داشت (شکل ۱۳). در تیمار گرسنگی آهن محدوده تغییرات EC بین ۵۰۰ تا ۱۸۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بود و مقدار EC چهار پایه گمی، MM106، ۶ و ۲۰ دارای روند صعودی بود (شکل ۱۴). در تیمار بیکربنات تغییرات EC در طول زمان نسبت به تیمارهای دیگر بیشتر و همچنین دارای نظم خاصی بود و در همه پایه‌ها مقدار EC افزایش نشان داد (شکل ۱۵). در تحقیق گلخانه‌ای (Shahabi et al., 2005) بر تأثیر غلظت‌های مختلف بی‌کربنات آب آبیاری بر برخی ناهنجاری‌های تغذیه‌ای ارقام سیب ردلیشیز، گلدن دلشیز و گلاب کهنز، مقدار EC آب آبیاری در غلظت‌های بی‌کربنات ۰، ۵ و ۱۰ میلی‌اکی‌والان بر لیتر تقریباً ثابت بود، اما در غلظت‌های بی‌کربنات ۱۵ و ۳۰ میلی‌اکی‌والان بر لیتر دو برابر شد. همچنین، با افزایش دور آبیاری غلظت بی‌کربنات در آب زهکشی علیرغم ناچیز بودن افزایش یافت. سطوح مختلف بی‌کربنات موجب کاهش شاخص کلروفیل برگ شد.

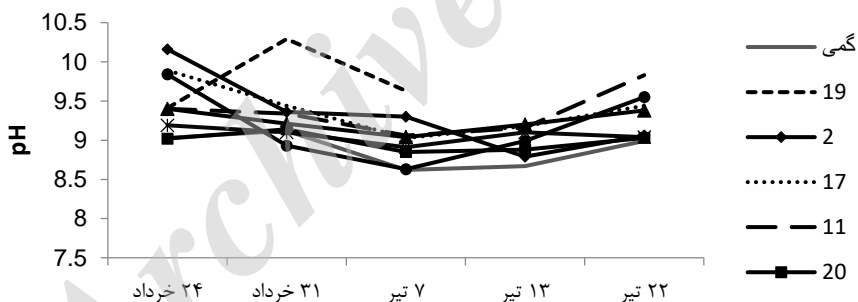
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که pH و EC آبشویه تیمارها به‌طور معناداری تحت تأثیر اثرات متقابل محلول غذایی و رقم قرار گرفتند (جدول ۴). در هر سه تیمار مقدار pH در شروع آزمایش بیشتر و با گذشت زمان از مقدار آن کاسته شد. تغییرات pH در تیمار شاهد (شکل ۱۰) بالای ۹ بود که بعد از دو هفته روند کاهشی نشان داد و در هفته چهارم و پنجم روند ثابتی در حدود ۸/۷ نشان داد. این صفت برای تیمار گرسنگی آهن روندی متفاوت داشت، به طوری که ابتدا مقدار pH در حدود ۹-۸/۵ بود که در هفته دوم آزمایش روند صعودی داشته و از هفته سوم کاهش نشان داد و pH آبشویه اکثر پایه‌ها به حدود ۸-۸/۵ رسید (شکل ۱۱). کاهش pH محلول آبشویه به دلیل ترشح پروتون‌ها توسط ریشه‌های مبتلا به کمبود آهن است که موجب پایین آمدن pH محیط می‌شود (Marschner, 2001) در تیمار بیکربنات pH آبشویه نسبت به دو تیمار دیگر بالاتر و روند یکنواختی داشت (شکل ۱۲) به طوری که مقدار pH در شروع اندازه‌گیری در حدود ۱۰/۳-۹ و در هفته سوم و چهارم این مقدار به ۹/۲-۸/۷ رسید. تغییرات EC آبشویه تیمارهای شاهد و بیکربنات



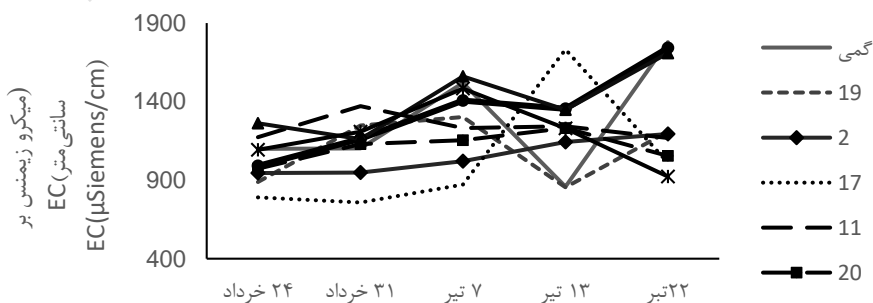
شکل ۱۰- اثر تیمار شاهد بر pH آبشویه پایه‌های مختلف سیب  
 Fig. 10- Effect of control treatment in different cultivars apple' pH



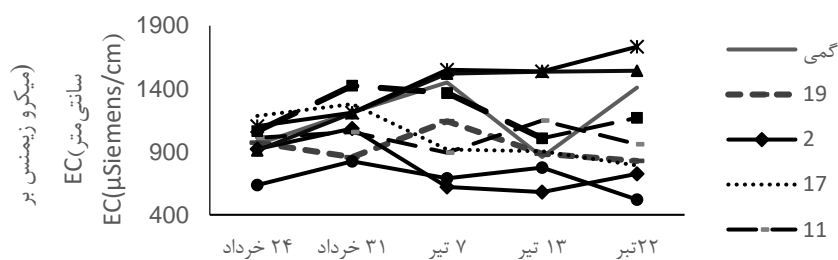
شکل ۱۱- اثر تیمار گرسنگی آهن بر pH آبشویه پایه‌های مختلف سیب  
 Fig. 11- Effect of Fe hunger treatment in different cultivars apple' pH



شکل ۱۲- اثر تیمار بیکربنات بر pH آبشویه پایه‌های مختلف سیب.  
 Fig. 12- Effect of bicarbonate treatment in different cultivars apple' pH.

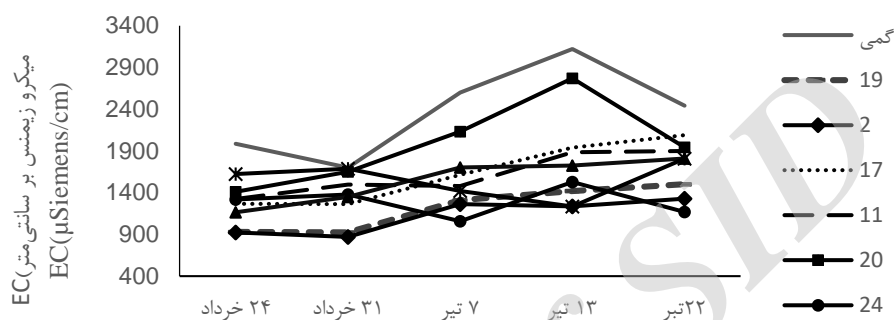


شکل ۱۳- اثر تیمار شاهد بر EC آبشویه پایه‌های مختلف سیب  
 Fig. 13- Effect of control treatment in different cultivars apple' EC



شکل ۱۴- اثر تیمار گرسنگی آهن بر EC آبشویه پایه‌های مختلف سیب

Fig. 14- Effect of Fe hunger tretment in different cultivars apple' EC



شکل ۱۵- اثر تیمار بیکربنات بر EC آبشویه پایه‌های مختلف سیب

Fig. 15- Effect of bicarbonate treatment in different cultivars apple' EC

خاک‌های آهکی می‌توان به تولید اقتصادی سیب دست یافت.

#### پی‌نوشت‌ها

- <sup>1</sup> Fe deficiency-induced chlorosis
- <sup>2</sup> Lime-induced chlorosis
- <sup>3</sup> Ferric reductase enzyme
- <sup>4</sup> Phytosiderophores
- <sup>5</sup> Visual Rating

#### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این تحقیق پایه گمی آلماسی در مقایسه با پایه‌های مالینگ مرتون ۱۰۶ و هیبرید گمی آلماسی با مالینگ مرتون ۱۰۶ مقاومت بهتری نسبت به کمبود آهن ناشی از بیکربنات داشت. با استفاده از گمی آلماسی به‌عنوان پایه برای تولید نهال‌های سیب در مناطقی که خاک کمبود آهن داشت و همچنین در

#### منابع

Alcantara, E., Romera, F.J. and Canete, M., 2000. Effects of bicarbonate and iron supply on Fe(III) reducing capacity of roots and leaf chlorosis of the susceptible peach rootstock Nemaguard. *Journal of Plant Nutrition*. 23, 1607-1617.

Babalar, M., Mohebi, M. and Askary Sarcheshme, M.A., 2015. Effect of iron and nitrogen application on quantitative and qualitative characteristics of apple "cv. Fuji". *Iranian Journal of Horticultural*

*Science*. 46(3), 399-407. (In Persian with English abstract).

Baker, N.R. and Horton, P., 1978. Chlorophyll fluorescence quenching during photoinhibition. In: *Photoinhibition* (D.J. Kyle, C.B. Osmond, C.J. Arzen, eds.). Elsevier Scientific Publisher, Amsterdam. pp. 85-94.

Deal, G.M. and Alcantara, E., 2002. Bicarbonate

and low iron level increase root to total plant weight ratio in Olive and Peach rootstock. *Journal of Plant Nutrition*. 25, 1021-1032.

Donini, S., Castagna, A, Ranieri, A. and Zocchi, G., 2009. Differential responses in pear and quince genotypes induced by Fe deficiency and bicarbonate. *Journal of plant physiology*. 166,1183-1196.

Ershadi, A. and Talaie, A., 2001. The effect of clonal rootstocks on leaf mineral composition of several apple cultivars. *Acta Horticulturae*. 564, 317-320.

Gogorcena, Y., Abadía J. and A. Abadía .2004. New technique for screening iron-efficient genotypes in peach rootstocks, Elicitation of root ferric chelated reductase by manipulation of external iron concentrations. *Journal of Plant Nutrition*. 27, 1701-1715.

Guardia, H. and Alcantra, E., 2002. Bicarbonate and low Iron level increase root to total plant weight ratio in olive and peach rootstock. *Journal of plant nutrition*. 25(5),1021-1032.

Han, Z.H., Shen, T, Korcak, R.F. and Baligar, V.C., 1994. Screening for iron-efficient species in the genus *Malus*. *Journal of Plant Nutrition*. 17,579-592.

Jarrahi, N., Moez Ardalan, M. and Akhlaghi Amiri, N., 2013. Effect of bicarbonate of irrigation water on absorption of some of micro elements and leaf chlorophyll of some citrus rootstocks in hydroponic culture. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 6(7), 389-395.

Johnson, J.D., Tognetti, R. and Paris, P., 2002. Water relations and gas exchange in poplar and willow under water stress and elevated

atmospheric CO<sub>2</sub>. *Journal of plant physiology*. 115,93-100.

Krause, G.H. and Weis, E., 1984. Chlorophyll fluorescence as a tool in plant physiology. Interaction of fluorescence signals. *Photosynthetic Respiration*. 5,139-157.

Malakouti, M.J., Ehyae, M. and 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 with English abstract.

Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. New York, Academic Press.

Mengel, K., 1994. Iron availability in plant tissues, iron chlorosis on calcareous soils. *Plant Soil*. 165. 275-283.

Pestana, M., David, M. and Varennes, A., 2001. Responses of "Newhall" orange trees to iron deficiency in hydroponics, effects on leaf chlorophyll, photosynthetic efficiency, and root ferric chelate reductase activity, *Journal of Plant Nutrition*. 24. 1609-1620.

Rajabi, M., Karimi, H.R. and Hokmabadi, H., 2012. The effects of different concentrations of sodium bicarbonate on some of the foundations of pistachios in a hydroponic system. *Journal of Horticultural Science and Technology*. 13, 114-101. (In Persian).

Sabir, A., Bilir-Ekbic, H., Erdem, H. and Tangolar, S., 2010. Response of four grapevine (*Vitis* spp.) genotypes to direct or bicarbonate-induced iron deficiency. *Spanish Journal of Reserch*. PP, 803-829.

Salehi, F., 2006. Understanding soil and nutrition

pistachio trees. Pistachio Research Institute Country. In Persian.

Samar, S.M. and Samavat, S., 2007. Understanding the Causes of and Treatments for Iron Deficiency in Crops and Horticulture. Technical Bulletin. Publication of agricultural education. (In Persian).

Shahabi A., Malakouti M.J. and Fallahi E., 2005. Effects of Bicarbonate Content of Irrigation Water on Nutritional Disorders of Some Apple Varieties , Journal of Plant Nutrition. 289, 1663-1678.

Sudahono, B., 1994. Greenhouse screening of citrus rootstocks for tolerance to bicarbonate-induced iron chlorosis. Hort. Science. 29 (2), 113-116.

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

Wiren, N.V., Grusak M.A., 2000. Summary of IX international symposium of iron nutrition and interaction in plants. Journal of Plant Nutrition. 23, 2083-2102.

Zuo, Y., Ren, L., Zhang, F.R. and Jiang, F., 2007. Bicarbonate concentration as affected by soil water content controls iron nutrition of peanut plants in a calcareous soil. Plant Physiology and Biochemistry, 45, 357-364.



Archive of SID





Environmental Sciences Vol.15 / No.2 / Summer 2017

181-198

## Endurance evaluation of apple rootstocks for fe deficiency-induced chlorosis through iron hunger and bicarbonate stress

Shahnam Ashtari, Mohammadreza Dadpour\*, Shahin Oustan and Fariborz Zaree Nahandi

Department of Horticulture, Agriculture College, Tabriz University, Iran

Received: 2017.06.08

Accepted: 2017.08.10

Ashtari, Sh., Dadpour, M., Oustan, Sh. and Zaree Nahahndi, F., 2017. Endurance evaluation of apple rootstocks for fe deficiency-induced chlorosis through iron hunger and bicarbonate stress. Environmental Sciences. 15(2): 183-200.

**Introduction:** Nowadays, the use of chemical fertilizers containing iron (Fe) in order to compensate for iron deficiency symptoms in apple orchards may be inevitable, but is not compatible with organic farming. Most of Iran's temperate zone fruit orchards are located in limestone areas and iron deficiency symptoms are observed in these areas. As a result, growers use significant quantities of fertilizer containing iron that, in addition to the cost, disrupt the balance of nutritional elements in the soil.

**Materials and method:** The study was carried out in order to find rootstock resistant to iron deficiency through the two methods of iron hunger and bicarbonate stress and to evaluate the endurance of iron deficiency-induced chlorosis in nine hybrid apples, Gami Almasi hybrid apple trees and Malling Merton 106 and their progeny were used in terms of aquiculture. Mean comparison was performed using the Duncan test at a 5% probability level using SPSS software.

**Results and discussion:** In general, the results showed that Gami Almasi root stock was more tolerant to Fe deficiency-induced chlorosis compared to Malling Merton 106 and their progeny. Chlorophyll index, chlorophyll fluorescence, total chlorophyll content, total iron and active iron of sixth leaves from the final bud were found to have a significant difference with the Maling Merton 106 and, at times, with their progeny. The pH and Ec of the pots' drainage were influenced by the type of root stocks.

**Conclusion:** In both methods investigated in the study of Gami Almasi, in comparison with other bases of the chlorophyll index, the visual rating of iron-deficiency, the concentration of chlorophyll in leaf from the sixth the end of the bud and the concentration of total and active iron in leaves showed better performance.

---

\* Corresponding Author. *E-mail Address:* dadpour.mr@gmail.com

**Keywords:** Apples, Bicarbonate, Hybrid rootstocks, Iron chlorosis.

Archive of SID