نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۵۸۱-۵۷۲
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 29, No. 4, Winter 2016, P. 572-581
ISSN: 2008 - 4730

پاسخ فیزیولوژیکی چند رقم انگور ایرانی به کاربرد کلات آهن در خاک آهکی

حامد دولتی بانه[1*]- عفت الزمان منتظری[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۰۵

چکیده

کلروز ناشی از کمبود آهن یکی از نارسایی‌های مهم تغذیه‌ای انگور به‌ویژه در خاک‌های آهکی است که به شدت عملکرد و کیفیت محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم یکی از راهکارهای مهم در جلوگیری از این مشکل تغذیه‌ای است. در این پژوهش عکس العمل سه رقم انگور ایرانی متعلق به گونه وینیفرا نسبت به مصرف کلات آهن در خاک آهکی (با ۲۶ درصد آهک) مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و در سه تکرار به مورد اجرا گذاشته شد. فاکتور اول شامل سه رقم انگور (کشمشی قرمز، قزل اوزوم و رشه) و فاکتور دوم سه سطح مصرف کلات آهن (صفر، ۷/۵ و ۱۵ میلی‌گرم آهن در یک کیلو گرم خاک) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از لحاظ شاخص کلروفیل و مساحت برگ اختلاف معنی‌دار در بین ارقام مورد آزمایش وجود داشت و بیشترین شاخص کلروفیل و مساحت برگ به طور معنی‌داری مربوط به رشه بود. مصرف کلات آهن به میزان ۷/۵ میلی‌گرم آهن در مقایسه با شاهد موجب افزایش معنی‌دار در وزن تر اندام‌های هوایی و ریشه شد. همچنین مصرف کلات آهن تا میزان ۷/۵ میلی‌گرم آهن در یک کیلو گرم خاک در مقایسه با شاهد موجب افزایش غلظت کلسیم، منیزیم و مس در انگور رقم رشه و نیتروژن در قزل اوزوم شد. در رقم کشمشی قرمز، نیز مصرف کلات آهن تا میزان ۷/۵ میلی‌گرم آهن در یک کیلو گرم خاک موجب افزایش در مقدار نیتروژن، روی و مس شد. افزایش در مصرف کلات آهن تا میزان ۱۵ میلی‌گرم فقط موجب افزایش معنی‌دار مقدار مس در برگ شد. در بین ارقام مورد آزمایش انگور رشه توانست به طور معنی‌داری بیشترین مقدار عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاه و محدود کننده رشد در خاک‌های آهکی (آهن، منگنز، روی) و پتاسیم را از خاک جذب کند و هیچ‌گونه علایم کلروز را از خود نشان نداد و به عنوان ژنوتیپی متحمل می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تاک، سطح برگ، شاخص کلروفیل، کلروز آهن

مقدمه

در تغذیه گیاهان، آهن جزء مهم‌ترین عناصری است که بیشترین مطالعه روی اثرات فیزیولوژیکی و دلایل کمبود آن در گیاهان انجام شده است. موضوع کمبود آهن در درختان میوه بسیار پیچیده‌تر از گیاهان یک ساله است، درختان دارای سیکل زایشی هستند که تشکیل جوانه در یک سال و گلدهی، تشکیل میوه و بلوغ آن در سال بعد اتفاق می‌افتد. ظهور علایم کلروز آهن به صورت زردی بین رگبرگی و گاهی به صورت کلروز یکنواخت در انگور اغلب زمان باز شدن جوانه ها مشاهده می شود و یا علایم در طی فصل رشد رویشی به دلیل نیاز بالای گیاه به آهن قابل جذب، توسعه می یابد (۳۲). اصولاً کلروز اغلب در بهار در طی زمان نیاز شدید گیاه به آهن بروز می‌کند (۱۱). امروزه بسیاری از تاکستان‌های دنیا در مناطق با درجاتی از وجود آهک کشت شده‌اند که در این شرایط کلروز ناشی از کمبود آهن به کرات مشاهده می‌شود. اختلال در تغذیه آهن ناشی از کربنات کلسیم خاک و آب آبیاری در چندین تحقیق گزارش شده است (۸ و ۲۲). بررسی عامل آهک کل برای پیش بینی احتمال بروز کلروز آهن یک شاخص مناسب نمی‌باشد، در حالیکه بررسی مقدار کربنات کلسیم فعال یا آهک فعال، که جزئی از کربنات کلسیم کل است در بیشتر مواقع می‌تواند به عنوان شاخص مناسب باشد. در یک گیاه چند ساله بروز کلروز آهن همواره نتیجه یک عامل مشخص نیست و می‌تواند ناشی از عوامل متعدد دیگری از جمله pH خاک نیز باشد (۳۲). گزارش شده است که بین گونه‌های انگور و حتی ژنوتیپ‌های داخل

۱- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات باغبانی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
(*- نویسنده مسئول: Email: ah_dolati@yahoo.com)
۲-کارشناس ارشد، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

یک گونه اختلافاتی در رابطه با میزان حساسیت به کلروز آهن وجود دارد. گونه‌های ویتیس وینیفرا و ویتیس روپستریس[1] خیلی مقاوم و ویتیس ریپاریا[2] و اغلب گونه‌های دیگر جنس ویتیس حساس هستند (۱۹).

آهن در خاک بیشتر به فرم غیر آلی و عمدتاً به صورت آهن بی شکل ، گئوتیت[3]، هماتیت[4] و فری هیدرات[5] و خیلی کم به شکل قابل جذب برای گیاهان در شرایط هوازی می‌باشد. با توجه به اینکه حلالیت اکسیدهای آهن به pH خاک بستگی دارد لذا در خاک‌های قلیایی و آهکی قابلیت استفاده آهن غیر آلی بسیار پایین‌تر از رفع نیاز گیاهان است (۲۱). گیاهان برای جذب آهن از روش‌های خاصی استفاده می‌کنند (۳ و ۵). قبل از اینکه این عنصر بتواند از غشاء پلاسمایی سلول‌های بیرونی ریشه عبور نماید باید از سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی احیاء شود (۱۴). آنزیم رداکتاز کلات آهن سه ظرفیتی (FCR) و فعالیت‌های پمپ پروتونی همراه با رها سازی ترکیبات احیا کننده به محیط ریزوسفر از مهم‌ترین مشخصه گیاهان استراتژی I تلقی می‌شود (۲۹). بسیاری از مطالعات انجام یافته مشخص نموده‌اند که همانند گیاهان علفی دولپه برخی ژنوتیپ‌های گیاهان چوبی نیز از طریق مکانیسم‌های سازشی مثل اسیدی کردن آپوپلاست ریشه و افزایش قدرت احیاء کنندگی ریشه قادر به بهبود دستیابی آهن می‌باشند (۱۲). اصولاً مقاومت پایه به کلروز آهن با قابلیت آن در احیاء آهن بیرونی همراه است، به طور مثال در زمان بروز کمبود آهن افزایش قابل توجهی در ظرفیت احیاءکنندگی آهن در پایه‌های مقاوم مرکبات و هلو مشاهده شده‌است (۲۸). در مقابل فعالیت آنزیم رداکتاز کلات آهن سه ظرفیتی در پایه‌های حساس به کلروز آهن در مرکبات و هلو کمتر از گیاهان معمولی است (۳۳). در ارقام انگور اختلاف در میزان حساسیت و یا مقاومت به کمبود آهن در رابطه با قابلیت آن‌ها در کاهش pH ریزوسفر و یا محلول غذایی است (۳۲). قابلیت پایه‌ها در رهاسازی پروتون تحت تأثیر پیوندک نیز می‌باشد. این موضوع توسط منگل و مالیسوواس (۲۵) نیز مورد بررسی قرار گرفت. این محققان ترشح H^+ توسط ریشه‌ها را در ارقام انگور هوکسل[6] و فابر[7] که بر روی پایه Kober 5BB پیوند شده بودند مورد مطالعه قرار دادند . طبق مشاهدات آنان در خاک آهکی انگور هوکسل به شدت علایم کلروز را از خود نشان داد در صورتی که رقم فابر، مقاوم به کلروز ارزیابی شد. در رقم فابر به ازای هر نهال در هر ۱۲ ساعت، ریشه ۴۰۶ میکرو مول H^+ ترشح نمود در صورتیکه در رقم هوکسل این میزان فقط ۱۷۳ میکرو مول ثبت شد.

منگل (۲۴) اظهار نمود که در خاک‌های آهکی تراوش H^+ توسط ریشه‌ها در محیط ریزوسفر احتمالاً تأثیر چندانی در انحلال دوباره آهن ندارد، زیرا حتی اگر ریشه‌ها قادر به کاهش pH ریزوسفر به ۶ باشند انحلال آهن از منبع غیر آلی به حدی نیست که بتواند نیاز گیاه به آهن را رفع نماید. اهمیت رهاسازی H^+ توسط ریشه به لحاظ تأثیر در کاهش pH آپوپلاست ریشه از طریق خنثی سازی HCO_3^- و در نتیجهٔ ایجاد شرایط بهتر برای احیاء آهن می‌باشد که در خاک‌های آهکی در آپوپلاست ریشه درگیر است. البته استراتژی مناسب برای به دست آوردن آهن، به تراوش پروتون و فعالیت رداکتاز کلات آهن سه ظرفیتی محدود نمی‌گردد (۲۰). مطالعات اخیر نقش آنزیم فسفوانول پیروات کربوکسیلاز[8] (PEPC) را در مکانیسم سازگاری به کلروز آهن در خاک های آهکی را پیشنهاد کرده است. فسفوانول پیروات کربوکسیلاز با بی کربنات عامل اصلی کلروز ترکیب و ایجاد اگزالااستات[9] را نموده که می‌تواند به آسانی به مالات تبدیل گردد. اگزالااستات همچنین پیش ماده سیترات است که نقش اساسی در انتقال آهن در آوندهای چوبی دارد. تجمع اسیدهای آلی در گیاهان دچار کمبود آهن هم در گیاهان علفی دولپه‌ای و هم در گیاهان چوبی چند ساله مثل سیب، انگو، کیوی فروت و به گزارش شده است (۲). وجود منبعی از آهن غیر فعال در یک برگ کلروزه توسط منگل (۲۴) مطرح و توسط چند محقق دیگر (۵ و ۱۷) به اثبات رسیده‌است، بر این اساس وی عنوان نموده‌است بخشی از آهنی که در ریشه‌ها جذب می‌شود، نمی‌تواند از غشاء پلاسمایی[10] برگ عبور کرده و ممکن است در آپوپلاست باقی بماند. علل غیر فعال شدن آهن در آپوپلاست برگ هنوز هم مورد بحث است. البته غلظت بالای بیکربنات در خاک و آب ممکن است منجر به کاهش جذب و قابلیت دسترسی آهن برای رشد تاج درخت گردد، بنابراین غلظت بالای آهن در برگ‌های کلروزه ممکن است ناشی از اثر نهایی بیکربنات در متوقف کردن رشد برگ باشد. طبق نظریه منگل (۲۴) تحت شرایط قلیایی کارایی ضعیف آهن در بافت‌های برگ در مرحله اول به pH بالای آپوپلاست برگ بستگی دارد که احتمالاً در احیاء آهن سه ظرفیتی توسط سلول‌های مزوفیل مسئله ساز شده و متعاقباً باعث ایجاد مشکل در عبور آهن از غشاء پلاسمایی می‌شود. ارتباط بین کلروز و pH آپوپلاست همچنین توسط داده‌های لوپزمیلان و همکاران (۲۳) مورد تأیید قرار گرفت.

استفاده از ژنوتیپ‌های مقاوم به کلروز آهن به عنوان پایه در میوه‌کاری راه حل مورد اطمینانی برای پیشگیری از کلروز آهن است (۳۴). اگر چه اختلافات ژنتیکی در مقاومت به کلروز آهن در گونه‌های درختان میوه منجر به گزینش پایه‌های مناسب برای خاک‌های آهکی

1 -*Vitis rupestris*
2 - *Vitis riparia*
3- Goethite
4- Hematite
5 - Ferrihydrite
6 - Huxel
7- Faber

8-Phospho enol pyrovate carboxylase
9- Oxalacetate
10- Plasma membrane

و قلیایی شده است ولی در مواردی نیز پایه‌های مقاوم به کلروز آهن از لحاظ کشاورزی خیلی مورد توجه نیستند، زیرا اغلب موجب رشد زیاد پیوندک (به طور مثال پایه فرکال[1] برای انگور) و کاهش محصول می‌گردد. امروزه با روش‌های اصلاحی مرسوم و بیوتکنولوژی می‌توان خصوصیات مقاومت به کلروز آهن ناشی از آهک را از گونه-های وحشی که به طور طبیعی در خاک‌های آهکی رشد می‌نمایند، در پایه‌های مطلوب که به راحتی تکثیر می‌یابند انتقال داد. باوارسکو و همکاران (۶ و ۸) در آزمایشات گلدانی تأثیر پایه در ایجاد کلروز ناشی از آهک در انگور پی نت بلانچ[2] رقم حساس به کلروز ناشی از آهک، را گزارش نمودند. گزارش شده‌است که پایه "140 Ruggeri" زمانی که در خاک آهکی استقرار یافت علایم کلروز ناشی از آهک را نشان نداد در صورتی که پایه "101-14" علایم کلروز را نشان داد. گروبر و کوسیگارتن (۱۸) بروز علایم کلروز را در چند رقم انگور در یک خاک آهکی مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج حاصله در اواخر فصل رشد علایم کلروز در ارقام سیلوارنا[3] و ریپاریا مشاهده شد. ضمناً قبل از ظهور علایم کلروز کاهش در میزان رشد شاخساره تا میران ۵۰ درصد و یا حتی بیشتر در تمامی ارقام مشاهده شد. چن و همکاران (۱۳) در بررسی اثرات Fe- EDDHA در انگور یک ساله رقم کنکورد مشاهده نمودند که افزایش در مصرف آهن موجب افزایش در میزان آهن فعال برگ شد ولیکن تاثیر معنی‌داری در میزان آهن کل برگ نداشت. این محققان چنین اظهار نمودند که آهن جذب می‌شود ولیکن به لحاظ بالا بودن pH در آپوپلاست سلول رسوب می‌نماید. انگور یکی از محصولات مهم و درآمدزای استان آذربایجان غربی می‌باشد که با افزایش عملکرد در واحد سطح و بالا بردن کیفیت آن می‌توان کمک موثری به تولید کنندگان این محصول نمود. قسمت وسیعی از باغات انگور استان دارای خاک آهکی است که این امر منجر به کاهش قابلیت استفاده آهن در خاک و نهایتاً ایجاد کلروز در انگور می‌گردد. با توجه به اثرات سوء کلروز آهن در خصوصیات کمی و کیفی انگور نیاز به ارائه راهکارهایی در خصوص رفع این مشکل در باغات انگور استان می‌باشد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی عکس العمل سه رقم انگور محلی استان نسبت به مصرف کلات آهن در خاک آهکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات مصرف مقادیر کلات آهن بر سه رقم انگور در یک خاک آهکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی به مورد اجرا گذاشته شد. فاکتور اول رقم انگور در سه سطح (کشمشی قرمز، قزل اوزوم و رشه) و فاکتور دوم مصرف کلات آهن در سه سطح (صفر، ۷/۵ و ۱۵ میلی گرم آهن در هر کیلو گرم خاک) بود. آزمایش در سه تکرار انجام شد و در هر تکرار سه گلدان از نهال‌های یکساله انگور مورد استفاده قرار گرفت که جمعاً شامل ۸۱ گلدان بود. قبل از شروع آزمایش از تعدادی از باغات حومه ارومیه نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری جهت اندازه گیری آهک تهیه شد. بر اساس نتایج آزمایشگاه یک نمونه خاک با درصد مواد خنثی شونده ۲۶ درصد، دارای بافت رس سیلتی با مواد آلی زیاد، فسفر قابل جذب (۱۴ میلی گرم برکیلوگرم خاک) در حد متوسط، پتاسیم قابل جذب (۲۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) ، آهن (۸/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و منگنز (۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در محدوده زیاد و روی (۹/ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و مس (۸/ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در محدوده کم انتخاب گردید. ابعاد گلدان‌های آزمایشی ۳۰× ۲۹، قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و گنجایش آن‌ها ۱۳/۵ کیلوگرم خاک بود. ابتدا مقدار خاک مورد نیاز برای هر تیمار در هر تکرار آزمایشی داخل یک کیسه نایلونی ضخیم ریخته شد سپس مقدار کود کلات آهن مورد نیاز برای تیمار با ۷/۵ میلی‌گرم آهن در هر کیلوگرم خاک (F1) و یا با ۱۵ میلی‌گرم آهن در هر کیلوگرم خاک (F2) به ازای خاک مورد نیاز گلدان محاسبه و توزین شد. کود کلات آهن مصرفی Fe-EDDHA بود. کلات آهن توزین شده را سپس در مقدار آبی که برای تامین رطوبت ۱۳/۵ کیلوگرم خاک در حد ظرفیت مزرعه محاسبه شده بود حل کرده و بعد محلول را در کیسهٔ نایلونی حاوی خاک اضافه نموده درب آن را بسته و به مدت ۴۸ ساعت خاک را در وضعیت فوق به طوری که هر چند ساعت یک بار کیسه را سر و ته کرده نگه‌داری و سپس خاک حاوی کلات از کیسه تخلیه و به گلدان‌ها انتقال داده شدند. به منظور آبیاری گلدان ها ابتدا مقدار آب مورد نیاز برای رساندن رطوبت خاک گلدان‌ها به حد ظرفیت مزرعه محاسبه شد بدین منظور در آزمایشگاه درصد رطوبت ظرفیت مزرعهٔ نمونه‌ای از خاک مورد نظر برای پرکردن گلدان‌ها با استفاده از دستگاه پرشر پلیت[4] محاسبه شد، سپس در هر نوبت آبیاری جهت محاسبه آب مورد نیاز برای آبیاری گلدان‌ها ابتدا مقدار رطوبت خاک گلدان‌ها از طریق خشک کردن یک نمونه خاک در آون اندازه‌گیری و سپس میزان رطوبت گلدان‌ها از ۸۵ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه کسر و مابقی به صورت آب آبیاری به گلدان‌ها داده شد.

1- Fercal
2- Pinot Blanc
3- Silvarna
4- Pressure plate

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده برای گلدان ها

Table 1- Chemical analysis of water used for irrigation

Na	Mg	Ca	Mg+ Ca	CL	HCO3-	CO3--	pH	EC
میلی‌اکی والان در لیتر meq/l								میکرو موس بر سانتی‌متر µmhos/cm2
0.5	2.12	3	5.12	0.88	4.24	۰	7.14	505

پس از گذشت ۱۵۰ روز از زمان جوانه‌زنی (اواخر شهریور ماه) نسبت به اندازه‌گیری شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج دستی (مدل502 -SPAD) در برگ‌های موقعیت گره ۸ و ۹ از نوک شاخساره، طول شاخساره (طول اولین گره از پایین شاخه تا نوک شاخساره) و ارتفاع نهال با خطکش، مساحت برگ (با استفاده از دستگاه leaf area meter) و میزان عناصر غذایی برگ شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس اقدام شد. نیتروژن به روش تقطیر و تیتراسیون با دستگاه میکروکجلدال[1] فسفر به روش رنگ سنجی[2] (ایجاد رنگ زرد مولیبدات وانادات[3]) و قرائت به وسیله اسپکتروفتومتری[4] (مدل Biotech)، پتاسیم به روش اندازه‌گیری نشر شعله‌ای به وسیله فلم فتومتر و عناصر کم مصرف شامل آهن، روی، منگنز و مس و عناصر ثانویه شامل کلسیم و منیزیم به روش جذب اتمی (با استفاده از دستگاه مدل perkin Elmer) اندازه‌گیری شدند (۱). در نمونه آب آبیاری کیفیت آب از طریق اندازه‌گیری EC، pH ، آنیون‌ها (کربنات، بی‌کربنات وکلر) و کاتیون‌ها (مجموع کلسیم و منیزیم، کلسیم، منیزیم و سدیم) مورد بررسی قرار گرفت. آب مورد استفاده از لحاظ شوری مناسب و از لحاظ املاح نیز مشکلی برای کشت نهال‌های انگور نداشت (جدول ۱).

برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده از نرم افزار MSTATC استفاده شد. مقایسهٔ میانگین‌ها نیز با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت همچنین برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل

شاخص کلروفیل در بین ارقام مورد آزمایش در سطح یک درصد معنی‌دار بود و بیشترین شاخص کلروفیل مربوط به رقم رشه و کمترین در رقم کشمشی قرمز بود. در بررسی اثر متقابل رقم و کلات آهن نیز مشاهده گردید که کلات آهن مصرفی تا میزان ۷/۵ میلی گرم آهن در یک کیلوگرم خاک (تیمار F1) در مقایسه با شاهد موجب افزایش در شاخص کلروفیل برگ ارقام رشه و بیدانه قرمز شد ولی افزایش در مصرف کلات آهن از ۷/۵ به ۱۵ میلی‌گرم آهن در یک کیلوگرم خاک فقط موجب افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل برگ در ارقام رشه و قزل نسبت به شاهد شد (شکل ۱).

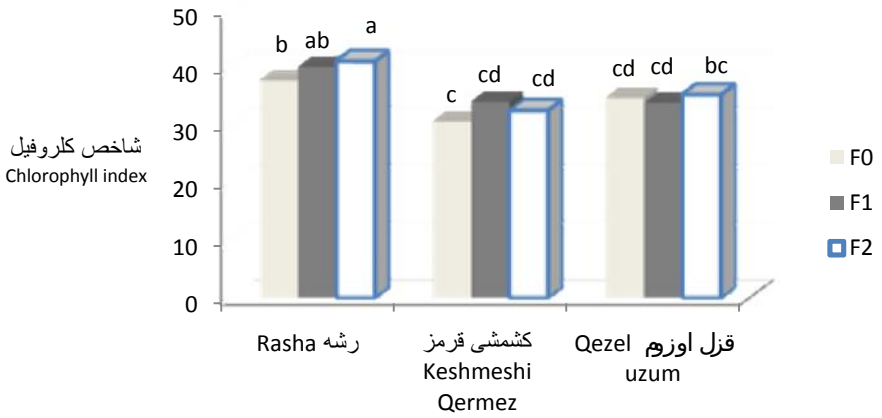
پستانا و همکاران (۲۷) در ارزیابی مقاومت به کلروز آهن با مصرف صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میکرومول آهن در بین سه پایه مورد آزمایش در مرکبات اظهار داشتند در رقم ترویر با مصرف ۱۰ میکرومول آهن بیشترین میزان کلروفیل در برگ تجمع یافت. عبادیا و همکاران (۱) طی تحقیقات خود گزارش نمودند که تخمین میزان کلروفیل برگ از طریق قرائت SPAD ، ابزار مناسبی برای تشخیص کلروز آهن است. بارون و همکاران (۴) در بررسی اثرات مصرف کلات آهن (Fe- EDDHA) و ویویانیت در انگور اعلام نمودند شاخص کلروفیل در شاهد کمتر از بوته‌های انگوری بود که در آن‌ها آهن مصرف شده بود.

سطح برگ

اثر متقابل کلات آهن و رقم بر مساحت برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین مساحت سطح برگ در تیمار F1 در رقم انگور رشه و کمترین مربوط به رقم کشمشی قرمز در شاهد به دست آمد (شکل ۲). نیجار (۲۶) گزارش داد که کمبود آهن در درختان میوه موجب کاهش سنتز کلروفیل و سطح برگ می‌گردد. اسمیت و چنگ (۳۲) تأثیر مصرف صفر، ۰/۵، ۱، ۲ و ۴ میلی گرم در لیتر آهن از منبع کلات آهن (Fe-EDDHA) را در انگور رقم کنکورد مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند مصرف کلات آهن تا مقدار یک میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش در سطح برگ شد و مصرف بیش از آن تأثیر معنی‌داری در افزایش سطح برگ نداشت که با نتایج این تحقیق در مورد سه رقم انگور رشه، کشمشی قرمز و قزل اوزوم مطابقت دارد. در این آزمایش نیز با افزایش میزان کلات آهن از ۷/۵ به ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک سطح برگ کاهش نشان داد. عکس العمل انگور رقم پی نت نویر[5] به کمبود آهن مورد بررسی قرار گرفت و عنوان شد که محدودیت در عرضه آهن موجب کاهش در رشد رویشی و سطح برگ شد (۱۰).

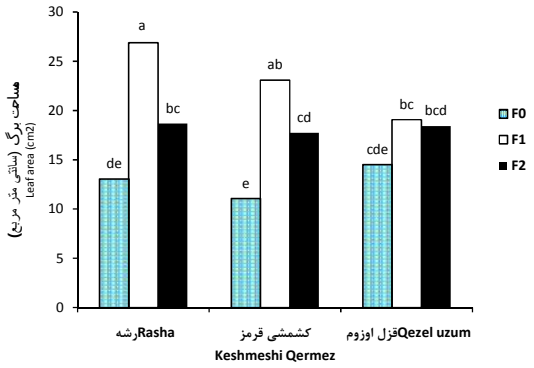
1- Micro- kjeldahl
2- Calorometry
3- Vanadat molybdate
4- Spectrophotometry

5 - Pinot noir



شکل ۱- اثر متقابل کلات آهن و رقم بر میزان شاخص کلروفیل، حروف مشابه در هر ستون نشان دهندهٔ عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است

Figure 1- Interaction effects of Fe and cultivars on chlorophyll index. Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)



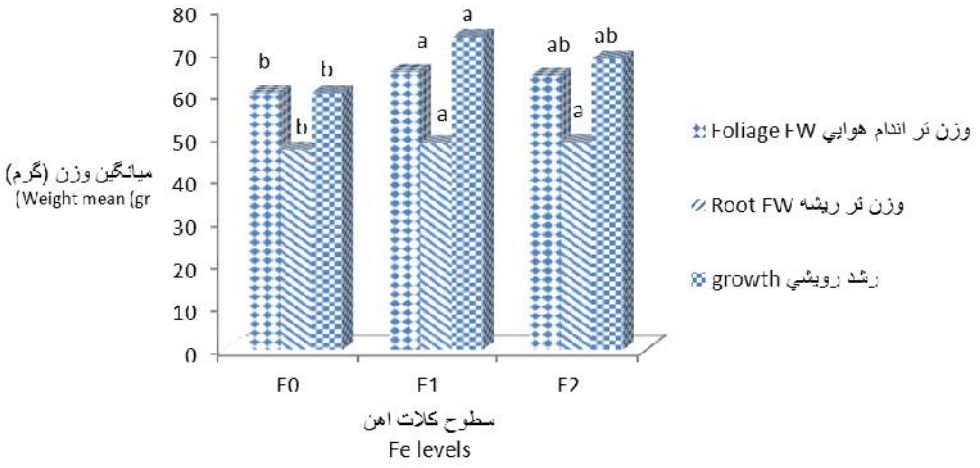
شکل ۲- اثر متقابل کلات آهن و رقم بر مساحت برگ

Figure 2- Interaction effects of Fe and cultivars on leaf area

وزن تر اندام‌های هوایی و ریشه

اثر مصرف سطوح کلات آهن بر وزن تر اندام‌های هوایی و ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسات میانگین نشان داد، مصرف کلات آهن تا سطح تیمار F1 (۷/۵ میلی‌گرم کلات آهن در یک کیلوگرم خاک) موجب افزایش در وزن تر اندام هوایی و ریشه شد (شکل ۳).

اعمال تیمار مذکور در مقایسه با شاهد (بدون مصرف آهن) موجب ۱۴/۵درصد افزایش در وزن تر ریشه شد. ارتباط بین تغذیه آهن، رشد رویشی و میزان محصول در درختان میوه بسیار پیچیده‌تر از سایر عناصر غذایی است (۳۱). گیل ارتیز و کاراسکوسا (۱۷) با مصرف ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم Fe-EDDHA به ازای هر درخت در یک باغ هلو با علایم کلروز، افزایشی به میزان ۸ درصد در وزن تر اندام‌های هوایی را گزارش نمودند.



شکل ۳- تأثیر سطوح کلات آهن بر رشد رویشی، وزن تر اندام های هوایی و ریشه
Figure 3- Effects of Fe levels on growth vegetative, fresh weight of foliage and root

رشد رویشی شاخه

اثر مصرف کلات آهن بر طول شاخساره (فاصله بین اولین گره تا نوک شاخساره) در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. افزایش در مصرف کلات آهن تا مصرف ۱۵ میلی‌گرم کلات آهن در یک کیلوگرم خاک موجب افزایش طول شاخساره انتهایی شد که در بین سطوح کلات آهن نیز بیشترین افزایش مربوط به مصرف ۷/۵ میلی گرم آهن در یک کیلوگرم خاک بود (شکل ۳). باوارسکو و همکاران (۹)، طی آزمایشات خود اعلام نمودند خاک‌های آهکی در ارقام حساس موجب کاهش در رشد شاخساره انگور می‌گردد. در مقایسه تأثیر خاک آهکی بر میزان رشد شاخساره در سه رقم انگور با خاک اسیدی گزارش شد، خاک آهکی به طور کاملاً معنی‌داری موجب کاهش در رشد شاخساره شد. نتایج این تحقیق نیز در خصوص تاثیر خاک آهکی بر میزان رشد شاخساره در سه رقم رشه، قزل اوزوم و کشمشی قرمز با تحقیقات انجام شده مطابقت دارد و مصرف کلات آهن موجب افزایش در رشد شاخساره شد.

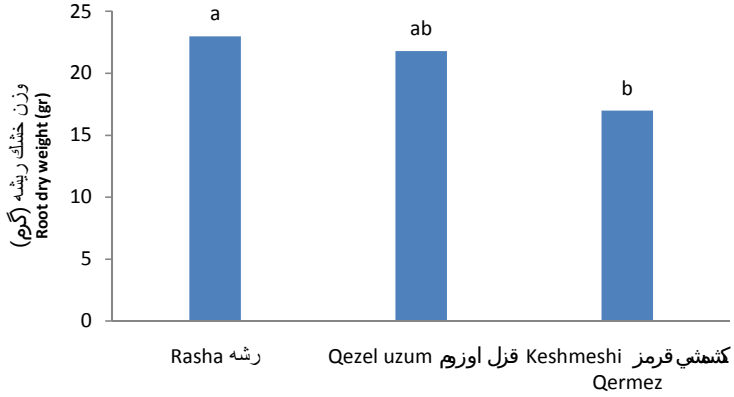
وزن خشک ریشه

اثر ارقام مورد آزمایش بر وزن خشک ریشه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در بین ارقام بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به رقم رشه و قزل اوزوم و کمترین مربوط به رقم کشمشی قرمز بود. باوارسکو و همکاران (۵) گزارش نمودند که رابطه مثبتی بین میزان کلروفیل برگ و وزن خشک ریشه وجود دارد. طبق نتایج این تحقیق بیشترین میزان کلروفیل برگ مربوط به رقم رشه بود که بیشترین وزن خشک ریشه نیز مربوط به رقم مذکور می‌باشد. باوارسکو و پونی (۸)، اظهار نمودند مقادیر بالای آهک در خاک موجب کاهش در تولید ماده خشک در اندام‌های انگور می‌گردد که این امر به لحاظ کاهش در مقدار کلروفیل در شرایط کمبود آهن می‌باشد. عبادیا و همکاران (۱) نیز گزارش نمودند، درختانی که علایم کلروز در آن‌ها مشاهده می‌شود در مقایسه با درختان معمولی دارای زیست توده خیلی کمتری هستند.

میزان عناصر غذایی در برگ

غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی و مس در سطح احتمال یک درصد و منگنز در سطح احتمال پنج درصد در ارقام انگور اختلاف معنی‌دار داشتند. اثر متقابل کلات آهن و رقم بر نیتروژن، کلسیم، منگنز و مس در سطح احتمال یک درصد و بر عناصر منیزیم و روی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. در بین ارقام مورد مطالعه بیشترین مقدار پتاسیم، آهن، منگنز و روی (جدول ۲) در برگ رقم رشه و کمترین میزان در رقم کشمشی قرمز بود. همچنین بیشترین میزان نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم و مس مربوط به رقم قزل اوزوم بود (جدول ۲).

در تمامی سطوح کلات آهن به کار رفته، میزان نیتروژن برگ رقم کشمشی قرمز بیشتر از سایر ارقام دیگر بود. رقم رشه کمترین غلظت نیتروژن را نشان داد. با افزایش غلظت کلات آهن به کار رفته واکنش ارقام به تغییرات نیتروژن هم متفاوت بود به طوریکه در رقم رشه تغییرات تقریبا ثابت، در کشمشی قرمز و قزل اوزوم مقدار نیتروژن در تیمار ۱۵ میلی‌گرم کلات آهن کاهش یافت (جدول ۳).



شکل ٤- وزن خشک ریشه در بین ارقام آزمایشی
Figure 4- Root dry weight of cultivars

جدول ۲- مقایسه میانگین های مربوط به میزان عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در ارقام انگور
Table 2- Mean comparison of macro and micro elements of grape cultivars

	N	P	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Zn	Cu
رشه Rasha	2.17b	0.09b	0.63a	0.68b	2.2c	195a	36.05a	31.02a	3.84c
کشمشی قرمز Keshmeshi Qermez	3.07a	0.095b	0.39b	0.83ab	2.44b	140b	33.99b	23.85b	6.09b
قزل اوزوم Qezel uzum	3.32a	0.16a	0.49b	0.96a	2.73a	144b	28.82b	29.43b	8.21a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

از شاهد تا کاربرد ۱۵ میلی‌گرم کلات آهن در هر کیلوگرم خاک میزان عنصر منیزیوم و کلسیم، به غیر از رقم رشه، در دو رقم دیگر کاهش نشان داد. عکس العمل ارقام در سطوح کاربرد کلات آهن در میزان عناصر کم مصرف نیز متفاوت بود. در رقم رشه با افزایش مصرف کلات آهن غلظت عنصر روی در برگ افزایش نشان داد در حالیکه در رقم قزل اوزوم کاهش یافت. در تمامی سطوح تیمار کلات آهن و شاهد میزان عنصر روی در رقم رشه بیشتر از سایر ارقام انگور بود (جدول ۳) که بیانگر کارایی بالای این رقم در جذب و تجمع این عنصر است. تغییرات غلظت عناصر منگنز و مس در ارقام مورد بررسی در سطوح تیمار کلات آهن در جدول ۳ آورده شده است. اختلاف نوع ژنوتیپ در جذب، انتقال و تجمع عناصر کم و پر مصرف در برگ انگور در چندین تحقیقی مشخص شده است. روسو و همکاران (۳۰) در بررسی تأثیر کمبود آهن بر روی دو پایه حساس به کمبود آهن در انگور اظهار نمودند بعضی از پایه‌ها قادر به احیاء آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی و موجب متحرک شدن یون آهن در خاک و نهایتاً تسریع در جذب آن می‌گردد. در آزمایشی اثرات مصرف FeEDDHA روی مقدار عنصر آهن در برگ سه رقم انگور Silvaner، SO4 و Riparia بررسی شد و گزارش گردید که میزان آهن برگ در رقم Riparia به طور کاملاً معنی‌داری نسبت به دو رقم دیگر بیشتر بود (۱۸). در تحقیق حاضر کاربرد کلات آهن در خاک موجب افزایش معنی‌دار در غلظت آهن کل اندازه‌گیری شده در واحد وزن برگ نشدند. این موضوع به معنی عدم جذب بیشتر آهن در تیمارهای مصرف کلات آهن نمی‌باشد زیرا طبق نتایج این آزمایش تیمارهای مصرف آهن موجب افزایش سطح برگ و رشد شاخه شدند. چن و همکاران (۱۳) در بررسی اثرات Fe- EDDHA در انگور یکساله رقم کنکورد[1] مشاهده نمودند که افزایش در مصرف آهن موجب افزایش میزان آهن فعال برگ شد اما تاثیر معنی‌داری در میزان آهن کل برگ نداشت. این محققان چنین اظهار نمودند که آهن جذب می شود ولیکن به لحاظ بالا بودن pH در آپوپلاست سلول رسوب می‌نماید. بارون و همکاران (۴) در مقایسه اثرات مصرف FeEDDHA و ویویانیت[2] در جلوگیری از بروز کلروز آهن در پایه انگور " 110 Richter " طی آزمایش گلدانی که به مدت سه سال (۲۰۰۲ الی

1- Concord
2 - Vivianite

۲۰۰۴) انجام شد مشاهده نمودند با مصرف ۰/۵ گرم کلات آهن در هر گلدان (با ۱۲ کیلوگرم خاک آهکی) در سال اول غلظت آهن در برگ در مقایسه با شاهد (بدون مصرف آهن) ۷ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش غیر معنی‌دار، در سال دوم نیز با مصرف ۰/۷ گرم کلات آهن در هر گلدان میزان آهن در مقایسه با تیمار شاهد فقط ۱۳ میلی‌گرم در یک کیلوگرم افزایش و در سال سوم با مصرف یک گرم کلات آهن در هر گلدان میزان آهن در برگ ۶ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش نشان داد که در هر دو سال افزایش در غلظت آهن معنی‌دار نبود. همچنین در آزمایش مذکور مصرف کلات آهن در مقایسه با تیمار شاهد (F0) موجب کاهش معنی‌دار در میزان کلسیم در اولین سال آزمایش و کاهش معنی‌دار در میزان منیزیم و منگنز اندازه‌گیری شده در هر سه سال آزمایش شد. ضمناً بیشترین میزان منگنز در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد، که با نتایج این آزمایش در مورد دو رقم انگور کشمشی قرمز و قزل اوزوم از لحاظ کاهش در میزان کلسیم، منیزیم و منگنز و در رقم رشه از لحاظ کاهش در میزان منگنز مطابقت دارد. طبق اظهار محققان یکی از بارزترین اثرات مصرف کلات آهن اثر منفی آن در کاهش میزان منگنز برگ است که این تاثیر احتمالاً ناشی از بهبود در تغذیه آهن گیاه است (۱۶). چن و همکاران (۱۳) با مصرف کلات آهن در انگور یکساله ریشه دار شده رقم کنکورد گزارش نمودند، با افزایش درکلات آهن مصرفی میزان آهن کل برگ در مقایسه با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری پیدا نکرد ولی محتوای کلروفیل افزایش یافت که بیشترین افزایش نیز مربوط به پایین‌ترین سطح مصرف کلات آهن بود. باوارسکو و همکاران (۹) در تحقیقات خود اعلام نمودند میزان آهن برگ با کلروز همبستگی نداشت، ضمناً برگ‌های کلروزه دارای بیشترین مقدار عناصر پرمصرف بودند. انگور کشمشی قرمز، رقم حساس به کلروز آهن که در شرایط عدم مصرف آهن (تیمار F0) در این آزمایش علایم کلروز برگی در جوان‌ترین برگ‌های آن ظاهر شد، در مقایسه با دو رقم رشه و قزل اوزوم در شرایط عدم مصرف آهن دارای بیشترین مقدار کلسیم، منیزیم و نیتروژن بود. روسو و همکاران (۳۰) نیز طی آزمایش خود در بررسی عکس‌العمل دو رقم انگور حساس به کلروز آهن اعلام نمودند همیشه در پایه‌هایی که علایم کلروز در آن‌ها مشاهده می‌گردد میزان نیتروژن برگ بیشتر از برگ هایی است که علایم کلروز در آن‌ها مشاهده نمی‌شود که با نتایج این تحقیق در رابطه با بالا بودن میزان نیتروژن در رقم کشمشی قرمز نسبت به دو رقم قزل اوزوم و رشه مطابقت می‌نماید.

جدول ۳- مقایسات میانگین اثرات متقابل رقم و کلات آهن بر غلظت عناصر کم و پر مصرف برگ

Table 3- Interaction effects of cultivars and Fe treatments on leaf macro and micro elements

		N	Ca	Mg	Zn	Mn	Cu
شاهد Control	رشه Rasha	2.82 bc	1.85 d	0.61 d	31.12 ab	36.73b	3.06 d
	کشمشی قرمز Keshmeshi Qermez	3.43 a	3.19 a	1.15 a	28.95 b	37.37 b	6.84 bc
	قزل اوزوم Qezel uzum	3.29 ab	3.1 a	0.98 ab	27.08 bc	43.23 a	6.77 bc
کلات آهن Fe	رشه Rasha	2.57 c	2.38 bc	0.72 cd	27.37 ab	34.74 b	4.74 cd
	کشمشی قرمز Keshmeshi Qermez	3.52 a	2.47 b	0.91 bc	30.93 ab	18.56 e	9.28 b
	قزل اوزوم Qezel uzum	3.41a	2.17 cd	0.76 bcd	23.44 d	23.96 d	6.77 bc
کلات آهن Fe	رشه Rasha	2.74 bc	2.36 bc	0.73 cd	34.57 a	36.7 b	3.72 cd
	کشمشی قرمز Keshmeshi Qermez	3.03 abc	2.53 b	0.82 bcd	28.42 b	30.53 c	10.53 a
	قزل اوزوم Qezel uzum	2.52c	2.06 cd	0.75 bcd	21.05 d	25.79 d	4.74 bcd

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P<0.05$)

پارادوکس آهن[1] پدیده پذیرفته شده‌ای است تحت عنوان این که برگ‌های کلروزه و برگ‌های سبز غلظت مشابهی از آهن را دارند که این موضوع بیانگر منبع آهن غیر فعال در برگ‌های کلروز شده است (۲ و ۷).

1 - Fe- Paradox

نتیجه‌گیری کلی

طبق مشاهدات انجام یافته در طی اجرای این آزمایش رقم رشه هیچ گونه علایم کلروز را از خود نشان نداد ولی رقم کشمشی قرمز در تیمار شاهد (بدون مصرف آهن) علایم کلروز را در برگ‌های انتهایی خود نشان داد. رقم رشه در شرایط عدم مصرف آهن در مقایسه با دو رقم قزل اوزوم و کشمشی قرمز به طور معنی‌داری بیشترین میزان پتاسیم، آهن، منگنز و روی را از خاک جذب نمود. در بین ارقام مورد آزمایش انگور رشه توانست به طور معنی‌داری بیشترین مقدار پتاسیم و عناصر کم مصرف مورد نیاز و محدود کننده رشد در خاک‌های آهکی (آهن، منگنز، روی) را از خاک جذب و هیچ‌گونه علایم کلروز را از خود نشان نداد و به عنوان ژنوتیپی متحمل در رابطه با کلروز آهن می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1- Abadia J., Eugenio A., Tsipouridis C., Bruggemann W., Neguerole J., and Marangoni B. 1998. Novel approaches for the control of iron cholorosis in fruit tree crops, Final Report, 144 p.

2- Abadia J., Lopez- Milan A. F., Rombola A.D., and Abadia A. 2001. Organic acids and Fe deficiency: a review, Plant and Soil, 241: 43-49.

3- Alcantara E., Romera F.J., Canete M., and de la Guardia M.D. 2000. Effects of bicarbonate and iron supply on Fe (III) reducing capacity of roots and leaf chlorosis of Fe susceptible peach rootstock "Nemaguard", Journal of Plant Nutrition,23 (11&12): 1607-1617.

4- Barron D.V., Campillo M.C., and Torrent J. 2010. Testing the ability of vivianite to prevent iron deficiency in pot-grown grapevine, Scientia Horticulture, 123: 464-468.

5- Bavaresco L., Fregoni M., and Frachini P. 1991. Investigations on iron uptake and reduction by excised roots of different grapevine rootstocks and a *V.vinifera* cultivar, Plant and Soil, 130: 109-113.

6- Bavaresco L., Fraschini P., and Perino A. 1993. Effect of rootstock on the occurrence of lime- induced chlorosis of potted *Vitis vinifera* L. cv. 'Pinot blanc '.Plant and Soil, 157 (2): 305-311.

7- Bavaresco L., Giachino E., and Colla R. 1999. Iron chlorosis paradox in grapevine, Journal of Plant Nutrition, 22:1689-1597.

8- Bavaresco L., and Poni S. 2003. Effect of calcareous soil on photosynthesis rate, mineral nutrition, and source- sink ratio of table grape, Journal of Plant Nutrition, 5: 747-753.

9- Bavaresco L., Presutto P., and Civardi S. 2005. Research note, 43: A lime susceptible rootstock, American Journal of Enology and Viticulture, 56:2.

10- Bertamini M., and Nadunchezhian N. 2005.Grapevine growth and physiological response to iron deficiency, Journal of Plant Nutrition, 28, pp. 737-749.

11- Boxma R. 1972. Bicarbonate as the most important soil factor in lime-induced chlorosis in the Netherlands, Plant Soil, 37:233-243.

12- Brancardoro L., Rabotti G., Scienza A., and Zocchi G. 1995. Mechanisms of Fe- efficiency in roots of Vitis spp. In response to iron deficiency, Plant Soil, 171: 229-234.

13- Chen L., Smith B.R., and Cheng L. 2004. CO2 assimilation, photosynthetic enzymes and carbohydrates of "Concord" Grape leaves to iron supply, Journal of the American Society of Horticulture Science, 129(5): 738-744.

14- Crowley D.E., Wang Y.C., Reid C.P.P., and Szaniszlo P.J. 1991.Siderophore-iron uptake mechanisms by microorganisms and plants, Plant Soil, 130: 179-198.

15- Emami A. 1997. Plant Analysis Methods. Agricultural Research, Education and Extension Organization Publication, Iran. 128 pp. (in Persian).

16- Ghasemi- Faaei R., Ronagi A., Maftoun M., Karimian N., and Soltanpour P. 2003. Influence of FeEDDHA on iron-manganese interaction in soybean genotypes in a calcareous soil, Journal of Plant Nutrition, 26: 1815-1823.

17- Gil- Ortiz R., and Carracosa B. 2005. Response of leaf parameter to soil applications of iron- EDDHA chelates in a peach orchard affected by iron chlorosis. Journal: Communications in soil science and plant analysis. 36. Issue 13& 14: 1839-1849.

18- Gruber B., and Kosegarten H. 2001. Depressed growth of non – chlorotic vine grown in calcareous soil is an iron deficiency symptom prior to leaf chlorosis, Journal of Plant Nutrition, 165: 111-117.

19- Korcak R. 1987. Iron deficiency chlorosis, Horticulture Review, 9: 133-186.

20- Kosegarten H., and Koyro H.W. 2001. Apoplastic accumulation of iron in the epidermis of maize (*Zea maiz*) roots grown in calcareous soil, Physiol Plant, 2001. in press.

21- Linday W.L. 1974. Role of chelation in micronutrient availability. In: Carson, E W.(Ed).The plant root and its environment, University Press of Virginia. Charlottesville, pp.507-524.

22- Loeppert R. H., Wei L.C., and Ocumpaugh W.R. 1994. Soil factors influencing the mobilization of iron in calcareous soils, Lewis Publishers. Boca Raton. pp. 343-360.

23- Lopez- Millan A.F., Morales F. and Abadia J. 2001. Iron deficency- associated changes in the composition of the

leaf apoplastic fluid from field- grown pear (*Pyrus commonis* L.) trees, Journal of Experimental Botany, 52: 1489-1498.
24- Mengel K. 1994. Iron availability in plant tissues- iron chlorosis on calcareous soils, Plant Soil, 165: 275-283.
25- Mengel K. and Malissovas N. 1982. Light depended proton excretion by roots of entire vine plant (*Vitis Vinifera* L.), 145, 261-267.
26- Nijjar G. S. 1990. Nutrition of fruit trees, Kalyani Pub. New Dehli. 259-270.
27- Pestana M., Varennes A., Abadia J., and Faria E. 2005.Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstock grown in nutrient solutions, Scientia Horticulturae, 104: 25-36.
28- Romera F.J., Alcantara E. and de la Guardia M.D. 1991.Characterization of the tolerance to iron chlorosis in different peach root stocks grown in nutrient solution. Effect of bicarbonate and phosphate, Plant Soil, 130: 115-119.
29- Romheld V. 2000.The chlorosis paradox: Fe inactivation a secondary event in chlorotic leaves of grapevines, Journal of Plant Nutrition, 23 (11&12): 1629-1643.
30- Russo M.A., Sambuco F., and Belligno A. 2010. The response to iron deficiency of two sensitive grapevine cultivars grafted on a tolerant rootstock, African Journal of Biochemistry Research, 4(1): 33-42.
31- Samar S.M., and Samavat S. 1997. Causes of lime-induced iron chlorosis and methods of control, Technical Report No: 27. Soil and Water Research Institute. Agricultural Education Publishing Co. Tehran. Iran. (In Persian)
32- Smith B R., and Cheng L.2006. Fe-EDDHA alleviates chlorosis in' concord' grapevines grown at high pH, Hort Science, 41(6): 1498-1501.
33- Sociasi Company R., Gomez J., and Felipe A.J. 1995. A genetic approach to iron chlorosis in deciduous fruit trees, In: Abadia, J. (Ed). Iron nutrition in soil and plants. Kluwer Academic publishers, Dordrecht. The Netherlands. pp: 167-174.
34- Tagliavini M., and Rombola A.D. 2001. Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems, European Journal of Agronomy, 15: 71-92.Zeither, H.Z.
35- Tagliavini M., Rombola A.D., and Marangoni B. 1995. Response to iron deficiency stress of pear and quince genotypes, Journal of Plant Nutrition, 18(11): 2465-2482.