

## اثر محلول پاشی کلات آهن روی برخی خصوصیات کیفی و فیزیولوژیکی میوه هلو (*Prunus persica* CV. Alberta)

سید محمد حسینی ملّا<sup>۱</sup>، آیت الله رضایی<sup>۱\*</sup>، محمدعلی عسکری سرچشمه<sup>۲</sup> و اورنگ خادمی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، <sup>۲</sup> گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع

طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۸/۲۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۱۲/۲۴)

### چکیده:

کمبود آهن در خاک‌های آهکی و قلیایی در بیشتر خاک‌های ایران شایع است. مهم‌ترین عامل ایجاد زردی برگ کمبود آهن در pH بالای خاک است. در بین درختان میوه، هلو حساسیت زیادی به کمبود آهن نشان می‌دهد. کودهای کلاته آهن با قابلیت زیادی که در ایجاد آهن محلول و قابل جذب برای گیاه دارند، جهت رفع کمبود آهن بکار می‌روند. به این منظور آزمایشی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طراحی و اثر محلول پاشی برگی با کلات آهن در سه غلظت ۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر روی کیفیت میوه هلو رقم آلبرتا بررسی شد. در این آزمایش شاخص‌های مقدار مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، شاخص طعم، سفتی بافت میوه، فعالیت آنٹی اکسیدانی، مقدار ویتامین C، نشت الکترولیت غشای سلولی و تولید اتیلن و همچنین رنگیزه‌های برگ مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که با افزایش غلظت آهن میزان کلروفیل برگ و فعالیت آنٹی اکسیدانی میوه افزایش یافت. بطوری‌که بیشترین اثر بر این افزایش مربوط به تیمار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. غلظت‌های مختلف آهن اثر معنی داری بر میزان کاروتنوئید برگ، ویتامین C و سفتی بافت میوه نداشت. همچنین با افزایش غلظت آهن کاهش تولید اتیلن و نشت الکترولیت غشای سلولی مشاهده گردید. بطوری‌که بترتیب بیشترین اثر مربوط به تیمار ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. با توجه به نتایج بدست آمده کاربرد محلول پاشی کلات آهن طی مراحل رشد، روی بهبود کیفیت میوه هلو موثر بود.

واژگان کلیدی: اتیلن، خواص کیفی، کلات آهن، نشت الکترولیت، هلو.

### مقدمه:

در سال ۲۰۱۲ مقام هفتم را در جهان داشته است (FAO Stat, 2012). میوه آن حاوی کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آلی، مواد فنولی، ویتامین A، ویتامین C، مواد فرار، آنٹی اکسیدان‌ها و مقادیر جزئی پروتئین و لیپید همچنین، منبعی غنی برای پتاسیم، آهن، فیبر می‌باشد (Crisosto and Valero., 2008; Hancock and Scorza., 2008). خصوصیات ظاهری شامل رنگ پوست میوه و عاری بودن از هر نوع آسیب، نسبت قند به اسید، سفتی گوشت میوه از جمله فاکتورهای کلیدی در تعیین کیفیت میوه هلو می‌باشند (فخیم‌رضایی و همکاران، ۱۳۹۰).

هلو با نام علمی *Prunus persica* از خانواده گل‌سرخیان (Rosaceae)، زیر خانواده Prunoideae می‌باشد. هلو بومی چین بوده و یکی از درختانی است که بطور گسترده قابلیت تطابق با آب و هوای مختلف را دارد (Janick and Paull., 2008; Layne and Bassi, 2008). طبق آمار فائو در سال ۲۰۱۲ میلادی تولید جهانی هلو بیش از ۲۰ میلیون تن بوده که بیش از نیمی از آن در آسیا و اساساً در کشور چین تولید شده است. ایران از نظر تولید هلو و شلیل با تولید حدود پانصد هزار تن

\* نویسنده مسؤول، نشانی پست الکترونیکی: arezaei@shahed.ac.ir

2001). از جمله عوامل دیگر شامل بیکربنالت موجود در خاک یا آب آبیاری، آبیاری زیاد از حد یا کمبود آب، عدم تعادل در نسبت کاتیون‌ها، مقدار فسفر زیاد در خاک، کمبود تهویه خاک و آسیب به ریشه‌ها به وسیله نماتدها و دیگر ارگانسیم‌ها می‌توان نام برد.

گزارش‌های زیاد راجب اینکه در درختان میوه از جمله پرتقال و هلو (Pestana *et al.*, 2001; Pestana *et al.*, 2005; Sanz *et al.*, 1997) کمبود آهن به کاهش قابل توجه در عملکرد و تأخیر در رسیدن میوه و کیفیت نامطلوب میوه‌ها منجر می‌شود، شده است. Serrano و همکاران (۱۹۹۸) بیان نمودند موقعی که دانه‌های آووکادو در خاک‌های آهکی رشد می‌کند، کلروفیل و کاتالاز در برگ‌های جوان ۵ تا ۳۰٪ کمتر است که کمبود آن‌ها می‌تواند کمبود یا غیر فعال شدن آهن در درختان باشد. مطالعات انجام شده توسط Almaliotis و همکاران (2000) نشان داد در توت فرنگی یک نسبت خطی بین غلظت آهن و عملکرد وجود داشته است. Malo (۱۹۶۶) با آزمایشاتی روی آووکادو گزارش کرده است که در خاک‌های آهکی، سکوسترین آهن ۱۳۸ موثرترین ماده جهت رفع کمبود آهن در آووکادو است.

محلول‌پاشی برگ‌ی روشی مکمل تغذیه خاکی جهت تأمین نیازهای غذایی در طول یک فاز بحرانی از محدودیت ذخیره غذایی می‌تواند بکار برده شود. بعلاوه محلول‌پاشی برگ‌ی مشکلات دستیابی به عناصر غذایی را در بعضی شرایط خاص خاک (عدم یا کاهش جذب آهن در خاک‌های آهکی) را کاهش می‌دهد (Mengel, 2001) و روش مناسب‌تری برای تهیه عناصر غذایی در گیاهانی که کمبود دارند، مورد قبول می‌باشد (Erdal *et al.*, 2004). معمولاً اثر محلول‌پاشی سریع بوده و رنگ سبز برگ‌ها پس از چند روز در گیاه ظاهر می‌شود (Fernández and Ebert, 2005).

کلات‌های تجاری ترکیبات سنتز شده آلی هستند که آهن موجود در آن‌ها بصورت کمپلکس بوده و در این حالت از تبدیل شدن به رسوبات نامحلول در خاک حفاظت می‌شود. کودهای کلاته آهن با قابلیت زیادی که در ایجاد آهن محلول و

در بین تمام عناصر کم‌مصرف، آهن به میزان بیشتری مورد نیاز گیاهان است. با توجه به نیاز بیشتر گیاه به آن در مقایسه با سایر عناصر کم مصرف، برخی آهن را جزء عناصر پرمصرف طبقه بندی می‌کنند. اهمیت آهن به خاطر دو وظیفه حیاتی آن است. آهن بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیاء است و نقش مهمی در سنتز کلروفیل و سنتز پروتئین‌های گروه "هم" دارد (Fernández and Ebert., 2005; Al-Bamarny *et al.*, 2010).

آهن کم تحرک‌ترین عنصر کم مصرف در گیاه است (ابو سعیدی و حیدری نژاد، ۱۳۸۳). هنگامی که کمبود آن به وقوع می‌پیوندد، نشانه‌های آن ممکن است با شدت بیشتری در اندام‌های جوان‌تر ظاهر گردد. آهن در درختان تا حدودی به صورت فسفات، اکسید آهن و به ویژه بی‌کربنات آهن (در درختان کشت شده در خاک‌های آهکی) غیر فعال می‌شود. در شرایط وقوع کمبود آهن در گیاه، سنتز کلروفیل به طور چشمگیری کاهش می‌یابد (سمر و سماوات، ۱۳۷۶). زردی ناشی از کمبود آهن یکی از گسترده‌ترین و شدیدترین مشکلات تغذیه‌ای درختان میوه و بعضی از گیاهان زینتی و زراعی در سطح جهان می‌باشد. اصلی‌ترین نتیجه زردی حاصل از کمبود آهن، کاهش فتوسنتز برگ است (Horesh, and Levy, 1981). بروز نشانه‌های زردی کمبود آهن در خاک‌های قلیایی نشانه کمبود مطلق این عنصر نیست، بلکه با توجه به شرایط شیمیایی این خاک‌ها، آهن موجود به حالت ترکیب غیر محلول در آمده، در نتیجه نیاز گیاه را از نظر آهن مرتفع نمی‌کند. کمبود این عنصر همواره موجب از بین رفتن همزمان کلروفیل و تخریب ساختار کلروپلاست می‌شود. (شریعتی و مددکارحق‌جو، ۱۳۸۳).

مهم‌ترین عامل ایجاد زردی برگ کمبود آهن قلیایی بودن خاک‌های کشاورزی است که خود در اثر تراکم کربنات کلسیم موجود در خاک ایجاد می‌شود. اکثر خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک از لحاظ مقدار کربنات کلسیم غنی هستند و به همین دلیل کمبود آهن نیز غالباً در همین نواحی مشاهده می‌شود (Cummings and Xie., 1995; Alam and Sabooni., 1995).

مقدار مواد جامد محلول (TSS) به روش رفرکترومتری و درصد اسید قابل تیتراسیون (TA) با استفاده از سود ۰/۱ نرمال و بر اساس غالبیت اسید مالیک در میوه هلو اندازه گیری شد.

$[\text{میلی لیتر سود مصرفی}] = \frac{\%}{\%} \times \text{اسیدیته قابل تیتراسیون}$   
 (میلی لیتر / میلی اکی والان اسید غالب \* نرمالیت سود مصرفی) \* ۱۰۰ [حجم عصاره نمونه]

شاخص طعم میوه (TSS/TA) به صورت کسری از مقدار مواد جامد محلول به اسید قابل تیتراسیون بیان شده است.

جهت اندازه گیری نشت الکترولیت (Electrolyte leakage) از قسمت استوایی (بخشی که دارای بیشترین ضخامت قطر) ۳ میوه هر تکرار، ۶ تکه از بافت مدور به قطر ۱۰ میلی متر با چوب پنبه سوراخ کن برداشته شد. تکه های پوست در داخل ۲۵ میلی لیتر مانتول ۰/۴ نرمال قرار گرفتند. پس از ۴ ساعت به هم زدن با شیکر با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه، هدایت الکتریکی اولیه (EC1) محلول توسط دستگاه هدایت سنج (مدل Metroham 644) اندازه گیری شد، سپس محلول حاوی نمونه ها در دمای ۱۲۱ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شد و پس از قرار گرفتن در دمای محیط به مدت ۲۴ ساعت، مجدداً هدایت الکتریکی کل محلول اندازه گیری گردید (EC2). سپس درصد نشت یونی با استفاده از فرمول  $(EC1/EC2*100)$  محاسبه شد (McCollum and McDonald, 1991).

برای اندازه گیری کلروفیل و کاروتنوئید برگ هلو از روش Arnon (۱۹۴۹) تغییر یافته، استفاده شد. ابتدا ۰/۵ گرم بافت از هر نمونه کنترل و تیمار یافته در ۵ میلی لیتر استن هموزن گردید، پس از ۱۵ دقیقه سانتریفوژ با سرعت ۹۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی گراد، مایع روئی جدا گردید و حجم آن با استن ۸۰٪ به ۱۰ میلی لیتر رسانده شد. و در نهایت به وسیله اسپکتروفوتومتر و در طول موج های ۶۶۳، ۶۴۵، ۵۱۰ و ۴۸۰ نانومتر بررسی شد. غلظت کلروفیل های a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها از فرمول های زیر به دست آمد (D: میزان جذب نوری، V: حجم عصاره، W: وزن تر بافت).

قابل جذب برای گیاه دارند، جهت رفع کمبود آهن به طور وسیعی در کشاورزی مدرن کاربرد پیدا نمودند (برمکی و همکاران، ۱۳۸۹). در کشور ایران بررسی های بسیاری در ارتباط با مصرف کلات ها در محصولات کشاورزی انجام شده است و در بیشتر محصولات زردی ناشی از کمبود آهن را بر طرف نموده است (سمر و سماوات، ۱۳۷۶). در این پژوهش با توجه به قلیایی بودن خاک های باغات منطقه کرج و شایع بودن کمبود آهن در آن ها اثر محلول پاشی کود آهن کلاته بر خصوصیات کیفی میوه هلو مورد ارزیابی قرار گرفت.

### مواد و روش ها:

**نمونه برداری و تیمار کلات آهن:** این پژوهش در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۲ روی گیاه هلو رقم آلبرتا در باغی تجاری واقع در اطراف شهرستان کرج انجام شد. تعداد ۹ اصله درخت هلوی آلبرتا شش ساله که از نظر سایز تقریباً یکنواخت بودند، به صورت تصادفی انتخاب شدند. شرایط عمومی درختان انتخاب شده، مشابه با سایر درختان باغ بوده و عملیات آبیاری (به صورت قطره ای)، مبارزه با آفات و بیماری ها برای همه درختان تیمار شده بطور یکسان و یکنواخت انجام پذیرفت. تیمار کلات آهن (از نوع سکوسترین ۱۳۸) به صورت محلول پاشی برگی در سه غلظت صفر (به عنوان شاهد)، ۵ و ۱۰ میلی گرم در لیتر، در دو مرحله، ۴۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۴۰ روز بعد از محلول پاشی اول، اعمال شد. محلول پاشی در صبح و در شرایطی که دما و رطوبت زیاد نبود، اعمال گردید و سپس در مرحله رسیدگی بلوغ تجاری کیفیت میوه ها مورد ارزیابی قرار گرفت. برای بررسی وضعیت خاک، نمونه گیری از نقاط مختلف باغ انجام شد و در آزمایشگاه آنالیز شد، که نتایج آن در جدول ۱ قابل مشاهده است.

**اندازه گیری صفات:** برای اندازه گیری وزن تک میوه ۱۰ میوه به طور تصادفی از هر درخت انتخاب و وزن آنها با استفاده از ترازوی دیجیتالی اندازه گیری شد.

۱۰ میوه از هر تکرار آبیاری شده و برای اندازه گیری مقدار مواد جامد محلول و درصد اسیدیته قابل تیتراسیون استفاده شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای پژوهش

بافت	P (mg.kg <sup>-1</sup> )	K (mg.kg <sup>-1</sup> )	N (%)	DTPA-Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	OM (%)	CCE (%)	pH	EC (ds.m <sup>-1</sup> )	رطوبت اشباع (%)
لومی	۱۷/۵۴	۳۵۱/۸۱	۰/۱۹	۵	۱/۸۶	۱۱/۵	۸/۴	۰/۷۳	۴۴/۱۶

میلی لیتر آب میوه صاف شده با ۲۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط شد و ۲ میلی لیتر نشاسته یک درصد به آن اضافه گردید. محلول حاصله با یدیدور پتاسیم (۱۶ گرم یدید پتاسیم به علاوه ۱/۲۷ گرم کریستال ید در یک لیتر آب مقطر) تیترا شد و ویتامین C بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر و با استفاده از رابطه زیر بدست آمد (Majedi, 1994):

$$C = \frac{0.88V}{5} \times 100$$

تولید اتیلن میوه با روش Dwivedi و Srivastava (۲۰۰۰) با کمی تغییر اندازه گیری شد. سه عدد میوه هر تیمار پس از تعیین حجم و وزن درون ظرف شیشه‌ای با حجم مشخص در شرایط آزمایشگاهی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. پس از ۴۸ ساعت، یک نمونه گاز بالای ظرف پلاستیکی (توسط سوزن دوسر به لوله‌های شیشه‌ای خلادار (ونوژکت)) برداشته شد. جهت دتکت نمودن، ۱ میلی لیتر از نمونه گاز توسط سرنگ همپلتون، از ونوژکت برداشته شد و با استفاده از دستگاه کروماتوگراف گازی Shimadzo مدل ۱۰۲ ساخت کشور ژاپن، غلظت اتیلن اندازه گیری شد. داده‌های حاصل از آزمایش به وسیله نرم افزار SAS (نسخه ۹)، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته، مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۰.۵٪ و رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام شد.

### نتایج و بحث:

نتایج تجزیه واریانس اثر محلول پاشی آهن بر صفات مورد اندازه گیری در جدول ۲ آورده شده است. همانطوریکه مشاهده می شود اثر آهن بر شاخص‌های مقدار کلروفیل a و کلروفیل کل برگ، مواد جامد محلول، شاخص طعم، فعالیت آنتی اکسیدانی، نشت الکترولیت غشای سلولی و تولید اتیلن معنی دار بود و بر بقیه صفات اثر معنی داری نداشت.

$$a \text{ کلروفیل} = [12/7 (D_{133}) - 2/69 (D_{145})] \times (\text{وزن تر بافت برگ} * 1000 / \text{حجم عصاره})$$

$$b \text{ کلروفیل} = [22/9 (D_{145}) - 4/69 (D_{133})] \times (\text{وزن تر بافت برگ} * 1000 / \text{حجم عصاره})$$

$$\text{کلروفیل کل} = [20/2 (D_{145}) - 802 (D_{133})] \times (\text{وزن تر بافت برگ} * 1000 / \text{حجم عصاره})$$

$$(b) = [802 (a) - 1/82 (D_{145})] \times [198 / (\text{کلروفیل (وزن تر بافت} * 1000 \times \text{حجم عصاره})}] \times (\text{وزن تر بافت برگ} * 1000 / \text{حجم عصاره})$$

برای اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی کل بافت میوه بر اساس روش Miliauskas و Van Beek (۲۰۰۴) و از روی غیر فعال کردن رادیکال‌های آزاد شده توسط ماده ۲،۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) استفاده گردید. به ۰/۵ گرم از بافت میوه پودر شده با نیتروژن مایع، ۵ میلی لیتر متانول ۸۵ درصد اضافه شد. نمونه گیاهی پس از هم زدن با استفاده از دستگاه ورتکس، به مدت یک ساعت در دمای اتاق در تاریکی نگهداری گردید. سپس عصاره با دور ۱۰۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. برای قرائت نمونه (A517(Sample)) قبل از قرار دادن در اسپکتروفوتومتر (مدل Perkin Elmer, Lambda Ez 201) ۱۰۰ میکرولیتر عصاره به ۲۹۰۰ میکرولیتر محلول DPPH ۰/۱ میلی مولار اضافه شد. مخلوط حاصل پس از افزودن DPPH ورتکس شده و در دمای اتاق در تاریکی به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شد. رادیکال DPPH چربی دوست است که حداکثر جذب آن در طول موج ۵۱۷ نانومتر (A517(Control)) می باشد. درصد فعالیت آنتی اکسیدانی (Anti-oxidant Activity) بر اساس رابطه (A517(Sample)/A517(Control))\*100 مورد استفاده قرار گرفت.

جهت اندازه گیری ویتامین C میوه هلو از روش تیتراسیون با کمک یدیدور پتاسیم و معرف نشاسته استفاده گردید. ۵

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر محلول پاشی برگ کلات آهن بر صفات مورد اندازه گیری.

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a (mg/gFW)	کلروفیل b (mg/gFW)	کلروفیل کل (mg/gFW)	کاروتنوئید (mg/gFW)	TSS (Brix°)	TA (%)
بلوک	۲	۰/۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۸ <sup>ns</sup>
تیمار	۲	۰/۰۳۳۸ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۲ <sup>**</sup>	۰/۰۰۲۵ <sup>ns</sup>	۴/۴۹ <sup>*</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>
خطا	۴	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱۸	۱/۷۰	۰/۰۳
ضریب تغییرات		۷/۶۰	۱۶/۱۶	۹/۴۰	۱۸/۱۸	۵/۱۲	۱۲/۰۸

ns = غیر معنی دار، \* = معنی دار در سطح ۰.۰۵٪، \*\* = معنی دار در سطح ۰.۰۱٪.

ادامه جدول ۲.

منابع تغییرات	درجه آزادی	TSS/TA	نشست الکتروولت (%)	فعالیت آنتی اکسیدانی (%)	تولید اتیلن (nL/g.h)	ویتامین C (mg/100g)	سفتی (kg/cm)
بلوک	۲	۰/۳۱ <sup>ns</sup>	۱۵/۸۷ <sup>ns</sup>	۱۱۹/۸۳ <sup>ns</sup>	۳/۸۳ <sup>ns</sup>	۶/۹۷ <sup>ns</sup>	۲/۴۸ <sup>ns</sup>
تیمار	۲	۳۶/۳۸ <sup>*</sup>	۸۶/۹۶ <sup>*</sup>	۱۷۲۰/۵۶ <sup>**</sup>	۱۷/۳۷ <sup>*</sup>	۱۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۴/۱۴ <sup>ns</sup>
خطا	۴	۱۸/۰۲	۲۱/۳۷	۱۸۷/۶۱	۶/۴۹	۹/۲۹	۱۷/۲۳
ضریب تغییرات		۱۱/۸۱	۶/۸۲	۱۴/۱۷	۱۲/۹۹	۱۱/۰۶	۲۵/۰۱

ns = غیر معنی دار، \* = معنی دار در سطح ۰.۰۵٪، \*\* = معنی دار در سطح ۰.۰۱٪.

### میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ: آنالیز آماری داده‌ها نشان

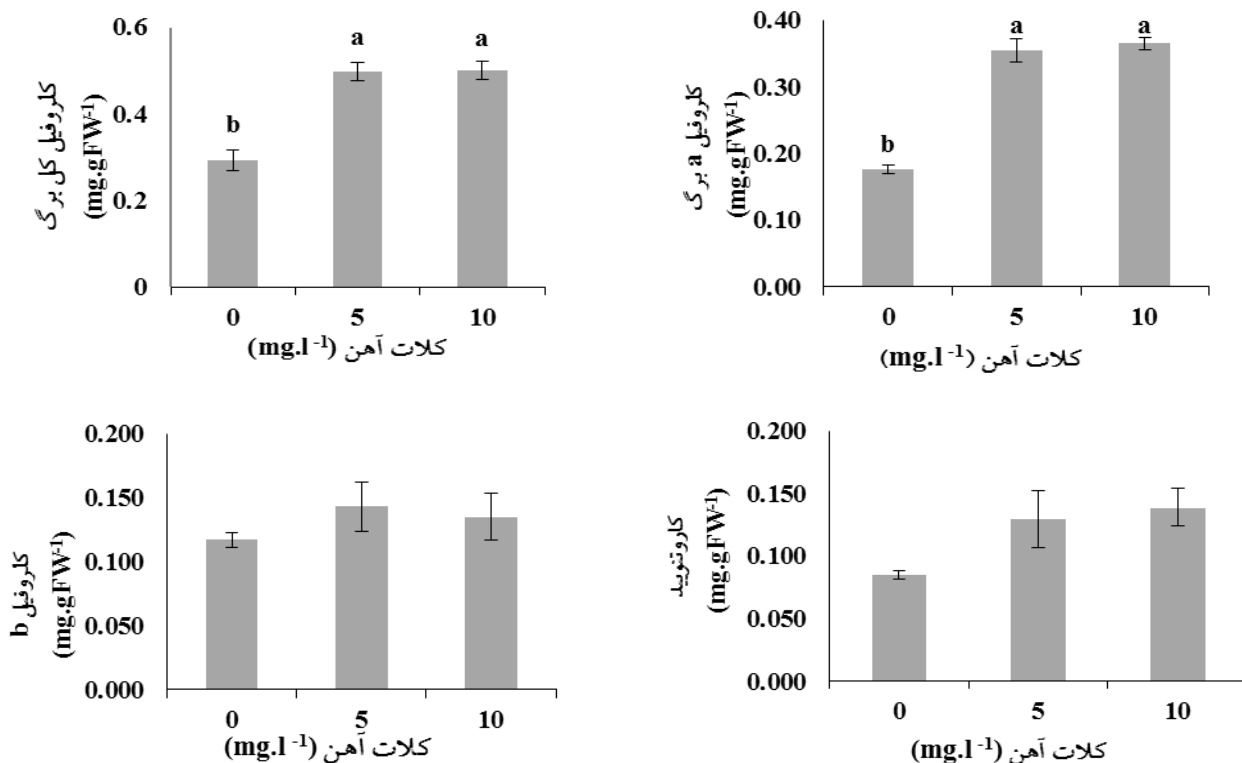
داد که با افزایش میزان کلات آهن، کلروفیل a و کل برگ گیاهان تحت تیمار نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین میزان کلروفیل a و کلروفیل کل در تیمار ۱۰ میلی گرم بر لیتر کلات آهن مشاهده شد که با غلظت ۵ میلی گرم بر لیتر اختلاف معنی داری از لحاظ آماری مشاهده نشد (شکل ۱). همچنین نتایج نشان داد که اثر محلول پاشی کلات آهن بر میزان کلروفیل b و کاروتنوئید برگ معنی دار نبود (جدول ۲). آهن کلروفیل a و کل را افزایش داد سمر و سماوات (۱۳۷۶) گزارش دادند که کاربرد کلات آهن به صورت Fe-EDDHA بر گیاه توت فرنگی موجب افزایش کلروفیل برگ در سطح معنی دار گردید. آهن اگرچه خود جزیی از مولکول کلروفیل نیست ولیکن بررسی‌ها نشان می‌دهد که نیاز به آهن به احتمال مربوط به نیاز عمومی برای این عنصر برای سنتز اجزاء کلروپلاست و به ویژه پروتئین‌های انتقال الکترون است. این عنصر به عنوان بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیاء، که در فتوسنتز و تنفس و

همچنین در تثبیت نیتروژن نقش اساسی دارند، نقش مهمی دارد (Fernández and Ebert, 2005).

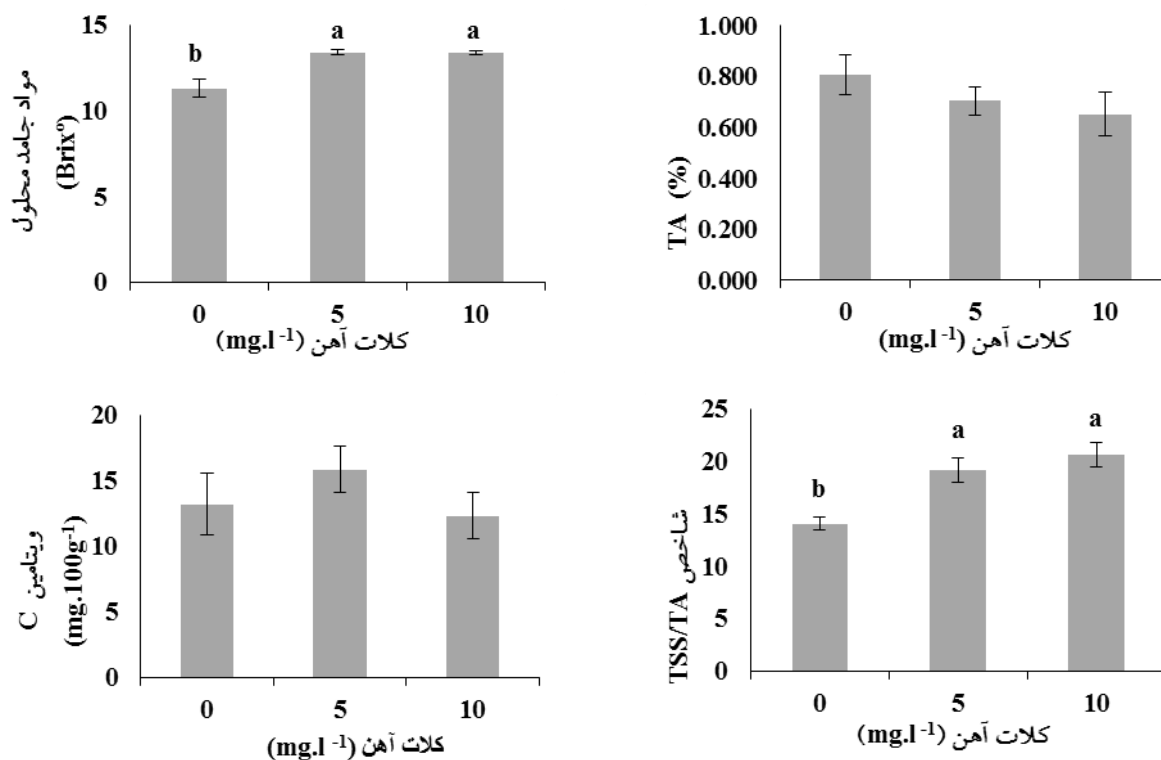
در برگ اسفناج کمبود آهن از طریق کاهش انتقال از نظام نوری II (PSII) به نظام نوری I (PSI) موجب کاهش فتوسنتز می‌شود. همچنین کمبود آهن باعث می‌شود کلروفیل در مقادیر کافی تولید نشود. کاهش کلروفیل منجر به کاهش فتوسنتز و کاهش تولید فتوسنتت‌های مورد نیاز برای رشد و نمو می‌گردد (Mohamadipoor et al., 2013).

### TSS، TA، شاخص طعم میوه (TSS/TA) و ویتامین C:

نتایج تجزیه آماری نشان داد که اثر تیمار کلات آهن بر مقدار مواد جامد محلول و شاخص طعم میوه معنی دار بوده ولی روی درصد اسید قابل تیتراسیون اثر معنی داری نداشته است (جدول ۲). بر اساس نتایج آزمایش تیمار با کلات آهن شاهد، دارای مواد جامد محلول و شاخص طعم کمتری در مقایسه با کلات آهن ۵ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر بوده ولی اختلاف معنی داری غلظت های آهن ۵ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر از نظر مواد جامد محلول و شاخص طعم مشاهده نشد (شکل ۲).



شکل ۱- تاثیر غلظت‌های مختلف کلات آهن بر میزان کلروفیل a, b، کل و کاروتنوئید برگ در هلو رقم آلبرتا (حروف مشابه نشان عدم معنی دار بودن در سطح  $p < 0.05$  می‌باشد).



شکل ۲- تاثیر غلظت‌های مختلف کلات آهن بر میزان مواد جامد محلول، TA، شاخص طعم (TSS/TA) و ویتامین C در میوه هلو رقم آلبرتا (حروف مشابه نشان عدم معنی دار بودن در سطح  $p < 0.05$  می‌باشد).

الکترولیت مشاهده نشد (شکل ۳). همچنین نتایج نشان داد که تیمار محلول پاشی کلات آهن ۵ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر باعث افزایش معنی دار میزان فعالیت آنتی اکسیدانی نسبت به شاهد شد و اثر کلات آهن ۱۰ میلی گرم بر لیتر در این مورد بیشتر بود (شکل ۳). به طوریکه این تیمار باعث افزایش میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در حدود سه برابر نسبت به تیمار شاهد گردید.

نشت الکترولیت سلول از جمله پارامترهای مناسب برای برآورد ساختار غشاء و نشان دهنده صدمات غشایی می باشد، که از اکسیداسیون لیپیدهای غشاء در حضور رادیکال های آزاد حاصل می شود (Jiang and Huang, 2001). بر این اساس تعادل بین رادیکال های آزاد تولیدی و دفاع در برابر آنها تعیین کننده بقای سیستم گیاهی می باشد. تخمین زده می شود که حدود ۹۵ درصد محتوای آهن درون سلول ها در ترکیب با پروتئین های دخیل در عملکردهای متابولیکی است (Robello et al., 2007)، که بر میزان نشت یونی غشای سلولی تأثیرگذار است. Zago و Oteiza (۲۰۰۱) اظهار داشتند آهن از طریق افزایش فعالیت سیستم های آنتی اکسیدانی گیاهان در تعدیل رادیکال های آزاد و اثرات تخریبی آنها در سیستم های غشایی نقش بسزایی ایفا می کند. لذا بر این اساس به نظر می رسد محلول پاشی آهن با افزایش تحمل گیاه به شرایط تنش، باعث کاهش درصد نشت الکترولیت شود. نتایج حاصل از این تحقیق با آزمایشات Bertamini و همکاران (۲۰۰۱) روی انگور مطابقت دارد.

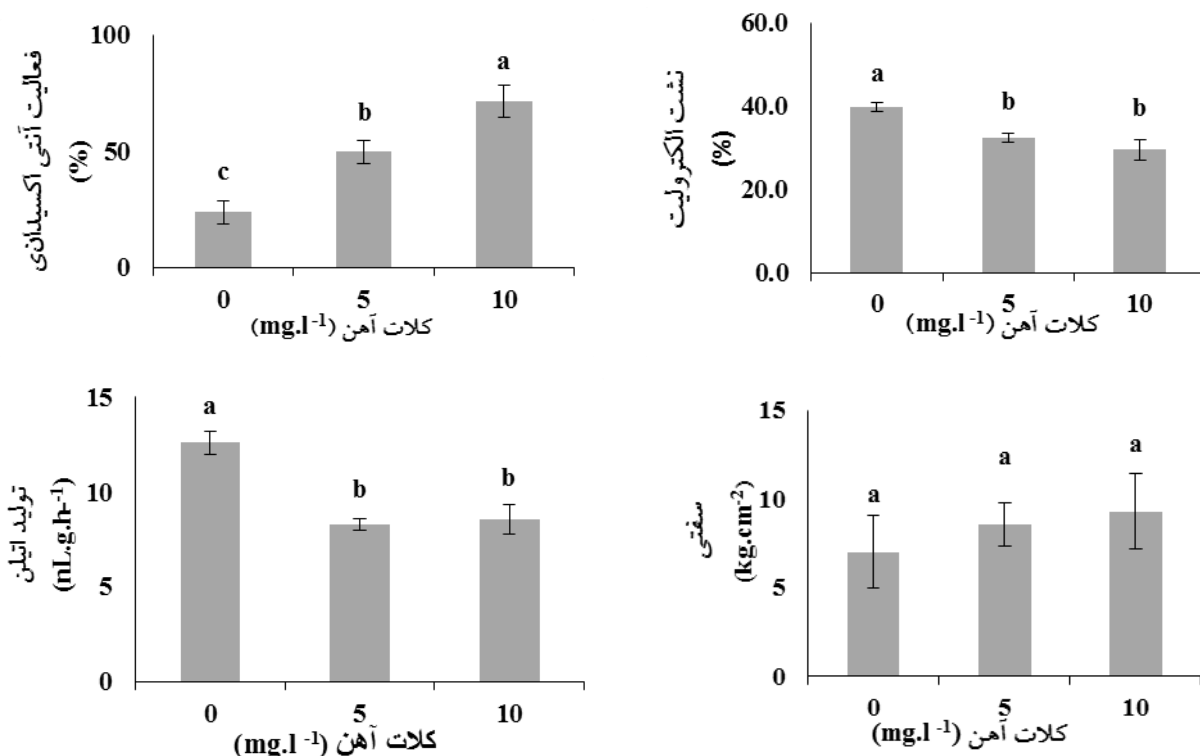
افزایش و کاهش مقدار آنتی اکسیدان ها، کاملاً مرتبط با گونه و رقم گیاهی است. به طور مثال، در رقم هلو GF-677 (مقاوم به کمبود آهن)، ظرفیت آنتی اکسیدانی و همچنین آنزیم های آنتی اکسیدانی نظیر سوپراکسیداز دیسموتاز و پراکسیداز، بیش از رقم Cadaman (حساس به کمبود آهن) می باشد (Molassiotis et al., 2006). در تحقیق حاضر هر دو غلظت کلات آهن سبب افزایش در میزان فعالیت آنتی اکسیدانی میوه هلو گردید. گزارش شد که کمبود آهن موجب افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسیداز دیسموتاز برای تبدیل رادیکال اکسیژن به پراکسید هیدروژن شد. با این حال، فعالیت آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز کاهش یافت. آنزیم های پراکسیداز و کاتالاز از آنزیم

آنالیز آماری داده ها نشان داد که بین تیمارهای کلات آهن هیچ کدام از تیمارهای استفاده شده اختلاف معنی داری در میزان ویتامین C نسبت به شاهد نشان نداد (جدول ۲).

مشابه با نتایج این آزمایش گزارش گردید که آهن در میوه هلو، مقدار مواد جامد محلول را افزایش داد (شکری حیدری، ۱۳۹۳؛ حسینی ملا و همکاران، ۱۳۹۳). ساکارز رایج ترین فرم کربوهیدرات در بین تولیدات فتوسنتزی است و از محل منبع به محل مخزن منتقل شده و منجر به افزایش میزان مواد جامد محلول و درصد قند محلول در میوه ها می شود. در طی رسیدن میوه، کاهش در میزان قند غیر کاهنده که عمدتاً ساکارز است، با تبدیل به قندهای کاهنده (مانند فروکتوز و گلوکز) باعث افزایش آنها می شود. این فرآیند به میزان زیادی با افزایش فعالیت آنزیم اینورتاز مرتبط است. هر دو آنزیم ساکارز-فسفات سنتاز و اینورتاز با فعال کردن عمل پشت سر هم اتیلن در طی فرآیند رسیدن میوه فعال می شوند (Langenkamper et al., 1998; Srivastava and Dwivedi, 2000; Asghari and Aghdam, 2010). علت افزایش میزان مواد جامد محلول و شاخص طعم در میوه های تیمار شده با کلات آهن نسبت به میوه های شاهد را می توان بدین گونه شرح داد، که آهن نقش بسیار مهمی در سنتز کلروفیل و افزایش فتوسنتز برگ دارد و به این سبب بر افزایش این میزان مؤثر بوده است. در زنجیره انتقال الکترون و کمپلکس آهن-گوگرد مثل فردوکسین در ساختار آنزیم های درگیر در جذب نیترات، نیتريت و نیترات ردوکتاز نقش دارد. این وظایف آهن در گیاه و در دسترس قرار دادن آهن به مقدار کافی، می تواند از علت های افزایش شاخص طعم و مواد جامد محلول باشد (Abdi and Hedayat., 2010). بنابراین آنچه مسلم است ذخیره سازی غذای و تولید مواد پرورده با کاربرد برگی آهن کلاته بالا رفته است.

#### میزان نشت الکترولیت بافت میوه و فعالیت آنتی اکسیدانی:

بررسی نشت الکترولیت نشان داد که استفاده از کلات آهن در هر دو غلظت ۵ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر منجر به کاهش معنی دار نشت الکترولیت در مقایسه با شاهد شد. بیشترین اثر بر کاهش نشت الکترولیت مربوط به تیمار ۱۰ میلی گرم بر لیتر کلات آهن بود. اختلاف معنی داری بین دو غلظت آهن از نظر نشت



شکل ۳- تاثیر غلظت های مختلف کلات آهن بر میزان نشت الکترولیت، فعالیت آنتی اکسیدانی، بر تولید اتیلن و سفتی بافت میوه در میوه هلورقم آلبرتا. (حروف مشابه نشان عدم معنی دار بودن در سطح  $p < 0.05$  می باشد).

می شود (Fernandez *et al.*, 2008) و هر عاملی که سبب تنش و یا آسیب در بافت سلول شود، بر میزان تولید اتیلن اثر گزار می باشد، بنابراین در این تحقیق ممکن است کمبود آهن در تیمار شاهد موجب آن می شود که کلروفیل در مقادیر کافی تولید نشود. در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری حاصل شده و با تامین نشدن شرایط مطلوب برای سلول ها، تولید اتیلن بیشتر باشد (به نقل از شکری حیدری، ۱۳۹۳؛ Lin *et al.*, 1984).

سفتی مسیوه پارامتری بسیار مهم برای سنجش کیفیت برخی از محصولات نظیر میوه های هسته دار است که می تواند متأثر از کمبود آهن باشد. کمبود آهن سبب کاهش سفتی میوه های شاهد هلو رقم "Carson" از ۵۳ درصد به ۳۵ درصد شده است، در حالی که کمبود آهن در میوه های هلو رقم "Baby Gold" باعث تغییری در ظاهر و سفتی میوه ها نمی شود (Alvarez-Fernandez *et al.*, 2003). در میوه گلابی، کمبود آهن، هیچ گونه تأثیری بر میزان سفتی بافت میوه نداشت (Alvarez-Fernandez *et al.*, 2004). در این پژوهش کلات آهن روی سفتی و ویتامین C هلو رقم آلبرتا اثر معنی دار نداشت،

های محتوی هم هستند که بطور مشابهی تحت تأثیر کمبود آهن قرار می گیرند. بنابراین، افزایش محتوای آهن فعال موجب افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی می شود (Kong *et al.*, 2014).

**میزان تولید اتیلن و سفتی بافت میوه: آنالیز آماری داده ها**  
 نشان داد که استفاده از کلات آهن در هر دو غلظت ۵ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر منجر به کاهش معنی دار میزان تولید اتیلن در مقایسه با شاهد شد. بیشترین میزان کاهش در تولید اتیلن در تیمار ۵ میلی گرم بر لیتر کلات آهن بود و اختلاف معنی داری بین دو غلظت آهن از نظر مقدار تولید اتیلن مشاهده نشد (شکل ۳). اثر سطوح کلات آهن بر سفتی بافت میوه معنی دار نبود (جدول ۲).

میزان تولید اتیلن تا حد زیادی با رسیدن میوه افزایش یافته و در نهایت به اوج بحرانی خود می رسد. در این پژوهش تمام میوه های تیمار شده با کلات آهن نرخ تولید نسبتاً پایین تری از اتیلن نسبت به تیمار شاهد نشان دادند و غلظت ۵ میلی گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را بر کاهش تولید اتیلن میوه هلو داشت. از آنجایی که کمبود آهن یک تنش غیر زیستی محسوب



موجب بهبود صفات کیفی و فیزیولوژیک میوه هلو رقم آلبرتا گردید. از این رو محلول پاشی برگگی این عنصر در طی مراحل رشد و نمو میوه در شرایط خاک قلیایی توصیه می شود.

#### تشکر و قدردانی

نگارندگان از جناب آقایان حامد شکریدری، مرتضی اکبری پور و صادق حسینی همچنین، گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران برای همکاری و استفاده از امکانات آن مرکز جهت اجرای این پژوهش کمال تشکر و قدردانی می نمایند.

(۱۳۹۰) ارزیابی برخی خصوصیات فیزیولوژیکی میوه در چند رقم هلو، هفتمین کنگره علوم باغبانی ایران، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان: ۱۵۳۱-۱۵۲۹.

Abdi, G. and Hedayat, M. (2010) Yield and fruit physiochemical characteristic of kabkab date palm as affected by methods of iron fertilization, World Applied Sciences Journal 10: 1328-1333.

Alam, S.M and Sabooni, R (2001) Micronutrient fertilizer. Pakistan journal of Biological Sciences 4: 1415-1446.

Al-Bamarny, S., Salman, M. and Ibrahim, Z. (2010) Effect of NAA, KNO<sub>3</sub> and Fe on some Characteristics of Leaf and Fruit of Peach (*Prunus persica* L.) cv. Early Coronet. Proceedings of the World Food System-A Contribution from Europe, Tropentag, 1-5.

Almaliotis, D., Velemis, D., Bladenopoulou, S., and Karapetsas, N. (2000) Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. In IV International Strawberry Symposium 567: 447-450.

Alvarez-Fernandez A, García-Laviña P, Fidalgo J, Abadía, J. and Abadía, A. (2004a) Foliar fertilization to control iron chlorosis in pear (*Pyrus communis* L.) trees. Plant and Soil 263: 5-15.

Alvarez-Fernandez, A., Grasa, R., Abadía, A., Sanz, M. and Abadía, J. (2003b) Evaluación agronómica de nuevos quelatos de hierro. Phytoma 146: 30-36.

Arnon, D. T. 1949, Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-115.

Bertamini, M. A. S., Nedunchezian, N. and Borghi, B. (2001) Effect of iron deficiency induced changes on photosynthetic pigments, ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase, and photosystem activities in field grown grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir)

که با نتایج حسینی ملا و همکاران (۱۳۹۳) روی میوه هلو مطابقت داشت.

#### نتیجه گیری:

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد محلول پاشی کلات آهن سبب افزایش کلروفیل برگ و فعالیت آنتی اکسیدانی میوه و همچنین کاهش تولید اتیلن و نشت الکترولیت میوه شد. با توجه به نتایج به دست آمده بطور کلی می توان نتیجه گیری کرد که با توجه به قلیایی بودن خاک های باغات منطقه کرج و شایع بودن کمبود آهن و مشکلات جذب آهن در این خاک ها، مصرف محلول پاشی کود کلات آهن (سکوسترین ۱۳۸)

#### منابع:

ابو سعیدی، د. و حیدری نژاد، ع. (۱۳۸۳) بررسی و شناسایی عوامل موثر بر ریزبرگی درختان پسته. نشریه موسسه تحقیقات پسته کشور.

حسینی ملا، س.م، رضایی، آ، عسکری سرچشمه، م.ع. و خادمی، ا. (۱۳۹۳) اثر آهن بر برخی خصوصیات کیفی میوه هلو (*Prunus persica* CV. Alberta). سومین کنفرانس ملی فیزیولوژی گیاهی، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان: صفحه ۱۰۱.

سمر، س. و سماوات، س. (۱۳۷۶) شناخت علت ها و راه های درمان کمبود آهن در گیاهان زراعی و باغی. نشریه فنی شماره ۲۷، نشر آموزش وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

شریعتی، م. و مددکارحقوق، م. (۱۳۸۳) فیزیولوژی گیاهی جذب و انتقال مواد از خلال غشاء. انتشارات دانشگاه اصفهان.

شکریدری، ح. (۱۳۹۳) اثر محلول پاشی آهن و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات کمی، کیفی و انبارمانی هلو رقم زعفرانی، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد گروه مهندسی باغبانی و فضای سبز پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۲۵ص.

فخیم رضایی، ش، حاجی لو، ج، عدلی پور، م. و زارع، ز.

- McCollum, T. G. and McDonald, R. E. (1991) Electrolyte leakage, respiration and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. *Horticulturae Science* 26: 1191-1192.
- Mengel, K. (2001). Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. In International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants 594:33-47.
- Miliauskas G. P. R., and Van Beek T. A. (2004) Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85: 231-237
- Mohamadipoor, R., Sedaghatoor, S. Khomami, M. A. (2013) Effect of application of iron fertilizers in two methods 'foliar and soil application' on growth characteristics of *Spathyphyllum illusion*. *European Journal of Experimental Biology* 3: 232-240.
- Molassiotis, A., Tanou, G., Diamantidis, G., Patakas, A. and Therios, I. (2006) Effects of 4-month Fe deficiency exposure on Fe reduction mechanism, photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and antioxidant defense in two peach rootstocks differing in Fe deficiency tolerance, *Journal of Plant Physiology* 163:176-185.
- Pestana M., A. Varennes, J. and Abadia, E. A. (2005) Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstock grown in nutrient solution. *Scientia Horticulturae* 104: 25-36.
- Pestana, M., Correia, P. J., de Varennes, A., Abadía, J. and Faria, E. A. (2001) Effectiveness of different foliar iron applications to control iron chlorosis in orange trees grown on a calcareous soil, *Journal of Plant Nutrition* 2: 613-622.
- Robello, E., Galatro, A. and S. Puntarulo, S. (2007) Iron role in oxidative metabolism of soybean axes upon growth: effect of iron overload. *Plant Science* 172: 939-947.
- Sanz, M., Pascual, J. and J. Machin, J. (1997) Prognosis and correction of iron chlorosis in peach trees: Influence on fruit quality. *Journal of Plant Nutrition* 20: 1567-1572.
- Serrano, R., Culiñán-Maciá, F. A., and Moreno, V. (1998) Genetic engineering of salt and drought tolerance with yeast regulatory genes. *Scientia Horticulturae* 78: 261-269.
- Srivastava, M. K. and Dwivedi, U. N. (2000) Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science* 158: 87-96.
- Zago, M. P. and Oteiza, P. I. (2001) The antioxidant properties of zinc: Interactions with iron and antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine* 31: 266-274.
- leaves. *Photosynthetica* 39: 59-65.
- Crisosto, C. H. and Valero, D. (2008) Pre-harvest factors affecting peach quality, the peach, botany, production and uses. CAB International, pp. 536-550.
- Cummings, G. A. and Xie, H. S. (1995) Effect of soil source on the nutrient status in peach: II Micronutrients. *Journal of Plant Nutrition* 18: 553-562.
- Erdal, I., Kepenek, K. and Kizilgöz, İ. (2004) Effect of foliar iron applications at different growth stages on iron and some nutrient concentrations in strawberry cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 28: 421-427.
- FAO (2012) Food and crops statistics, <http://www.fao.org>.
- Fernandez, V. and Ebert, G. (2005) Foliar iron fertilization: a critical review. *Journal of Plant Nutrition* 28: 2113-2124.
- Hancock, J. and Scorza, R. (2008) Temperate Tree Fruit Breeding. New York: Springer, pp: 265-298.
- Horesh, I., and Levy, Y. (1981) Response of iron-deficient citrus trees to foliar iron sprays with a low-surface-tension surfactant. *Scientia Horticulturae* 15: 227-233.
- Janick, J. and Paull, R. E. (2008) The encyclopedia of fruit and nuts. CABI Publishing Series. USA, pp: 717-720.
- Jiang, Y. and Huang, N. (2001) Drought and heat stress injury to two cool season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science* 41: 436-442.
- Kong, J., Dong, Y., Xu, L., Liu, S. and Bai, X. (2014) Effects of exogenous salicylic acid on alleviating chlorosis induced by iron deficiency in peanut seedlings (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Plant Growth Regulation* 33: 715-729.
- Layne, D. R. and Bassi, D. (Eds.), (2008) The peach: botany, production and uses. Centre for Agriculture and Biosciences International, p: 614.
- Lin, T. S., Crane, J. C., Ryugo, K., Polito, V. S., and De Jong, T. M. (1984) Comparative study of leaf morphology, photosynthesis, and leaf conductance in selected Pistacia species. *Journal-American Society for Horticultural Science*, 109: 325-330.
- Maijedi, M. (1994) Methods of foods chemicals analysis. Jahad daneshgahi press. University of Tehran, 108 pp.
- Malo, S. E. (1966) Correction of iron chlorosis of avocados growing in calcareous soils. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 79: 386-390.