

اثر محلول‌پاشی کلات آهن روی برخی خصوصیات کیفی و (*Prunus persica* CV. Alberta) میوه هلو

سید محمد حسینی ملّا^۱، آیت الله رضایی^{۱*}، محمدعلی عسکری سرچشمہ^۲ و اورنگ خادمی^۱

^۱گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ^۲گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

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

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 کلات‌های 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 آزمایش شاخص‌های مقدار مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، شاخص طعم، سفتی بافت میوه هلو رقم آلبرتا بررسی شد. در این نشت الکتروولیت غشای سلولی و تولید اتیلن و همچنین رنگیزه‌های برگی مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که با افزایش غلظت آهن میزان کلروفیل برگ و فعالیت آنتی 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 کاروتونوئید برگ، ویتامین C و سفتی بافت میوه نداشت. همچنین با افزایش غلظت آهن کاهش تولید اتیلن و نشت الکتروولیت 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 الکتروولیت، 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، آنتی 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 مسئول، 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 تهווیه خاک و آسیب به ریشه‌ها به وسیله نماتدها و دیگر ارگانیسم‌ها می‌توان نام برد.

گزارش‌های زیاد راجب اینکه در درختان میوه از جمله Pestana *et al.*, 2001; Pestana *et al.*, 2005; (Sanz *et al.*, 1997) کمبود آهن به کاهش قابل توجه در پرتوال و هلو (Serrano و همکاران ۱۹۹۸) بیان عملکرد و تأخیر در رسیدن میوه و کیفیت نامطلوب میوه‌ها منجر می‌شود، شده است. است که دانهال‌های آwooکادو در خاک‌های آهکی رشد نمودند موقعی که دانهال‌های آwooکادو در برگ‌های جوان ۵ تا ۳۰٪ کمتر می‌کند، کلروفیل و کاتالاز در برگ‌های جوان کاهش داشتند 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 غلاظت آهن و عملکرد وجود داشته است. Malo (1966) با آزمایشاتی روی آwooکادو گزارش کرده است که در خاک‌های آهکی، سکوسترین آهن ۱۳۸ مولترین ماده جهت رفع کمبود آهن در آwooکادو است.

محلول‌پاشی برگی روشی مکمل تغذیه خاکی جهت تأمین نیازهای غذایی در طول یک فاز بحرانی از محدودیت ذخیره غذایی می‌تواند بکار بrede شود.علاوه 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 می‌باشد (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 کم مصرف، 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 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 (سمرا و سماوات، ۱۳۷۶). زردی ناشی از کمبود آهن یکی از گستره‌ترین و شدیدترین مشکلات تعذیبهای درختان میوه و بعضی از گیاهان زیستی و زراعی در سطح جهان می‌باشد. اصلی‌ترین نتیجه زردی حاصل از کمبود آهن، کاهش فتوسنتز برگ است (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 مددکار حق‌جو، 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 Cummings and Xie., 1995; Alam and Sabooni., می‌شود ().

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

* ۰/۰ میلی لیتر سود مصرفی) =٪ اسیدیته قابل تیتراسیون (میلی لیتر / میلی اکی والان اسید غالب * نرمالیته 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 اندازه‌گیری 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 میلی‌متر با چوب پنبه سوراخ کن برداشته شد. تکه‌های پوست در داخل ۲۵ میلی‌لیتر مانیتور ۴/۰ 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) اندازه‌گیری شد، سپس محلول حاوی نمونه‌ها در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شد و پس از قرار گرفتن در دمای محیط به مدت ۲۴ ساعت، مجدداً هدایت الکتریکی کل محلول اندازه‌گیری گردید (EC2). سپس درصد نشت یونی با استفاده از فرمول McCollum and (EC1/EC2*100) محاسبه شد (McDonald, 1991).

برای اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتینوئید برگ هلو از روش Arnon (۱۹۴۹) تغییر یافته، استفاده شد. ابتدا ۰/۵ گرم بافت از هر نمونه کترول و تیمار یافته در ۵ میلی لیتر استن هموژن گردید، پس از ۱۵ دقیقه سانتریفوژ با سرعت ۹۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، مایع روئی جدا گردید و حجم آن با استن ۸۰٪ به ۱۰ میلی لیتر رسانده شد. و در نهایت به وسیله اسپیکتروفوتومتر و در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵، ۶۱۰ و ۴۸۰ نانومتر بررسی شد. غلظت کلروفیل‌های a و b، کلروفیل کل و کاروتینوئیدها از فرمول‌های 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 بررسی‌های بسیاری در ارتباط با مصرف کلات‌ها در محصول‌های کشاورزی انجام شده است و در بیشتر محصول‌ها زردی ناشی از کمبود آهن را بر طرف نموده است (سمرا و سماوات، ۱۳۷۶). در این پژوهش با توجه به قیلایی بودن خاک‌های باغات منطقه کرج و شایع بودن کمبود آهن در آن‌ها اثر محلول‌پاشی کود آهن کلات‌ه بر خصوصیات کیفی میوه هلو مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها:

نمونه‌برداری و تیمار کلات آهن: این پژوهش در قالب طرح پایه بلوک‌های 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 قطره‌ای)، مبارزه با آفات و بیماری‌ها برای همه درختان تیمار شده بطور یکسان و یکنواخت انجام پذیرفت. تیمار کلات آهن (از نوع سکوسترین ۱۳۸) به صورت محلول‌پاشی برگی در سه غلظت صفر (به عنوان شاهد)، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، در دو مرحله، ۴۰ روز بعد از مرحله تمام گل و ۴۰ روز بعد از محلول‌پاشی اول، اعمال شد. محلول‌پاشی در صبح و در شرایطی که دما و رطوبت زیاد نبود، اعمال گردید و سپس در مرحله رسیدگی بلوغ تجاری کیفیت میوه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. برای بررسی وضعیت خاک، نمونه‌گیری از نقاط مختلف باغ انجام شد و در آزمایشگاه آنالیز شد، که نتایج آن در جدول ۱ قابل مشاهده است.

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

۱۰ میوه از هر تکرار آبگیری شده و برای اندازه‌گیری مقدار مواد جامد محلول و درصد اسیدیته قابل تیتراسیون استفاده شد.

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

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

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

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

تولید اتیلن میوه با روش Srivastava و Dwivedi (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 سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از ۴۸ ساعت، یک نمونه گاز بالای ظرف پلاستیکی (توسط سوزن دوسر به لوله‌های شیشه‌ای خladar (ونوژکت)) برداشته شد. جهت دتکت نمودن، ۱ میلی‌لیتر از نمونه گاز توسط سرنگ همیلتون، 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 ۵٪ و رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث:

نتایج تجزیه واریانس اثر محلول پاشی آهن بر صفات مورد اندازه‌گیری در جدول ۲ آورده شده است. همانطوریکه مشاهده می‌شود 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 = کلروفیل [۱۲/۷ - ۲/۶۹ (D_{۶۴۵}) × (وزن تر بافت برگ * ۱۰۰۰ / حجم عصاره)]
b = کلروفیل [۲۲/۹ - ۴/۶۹ (D_{۶۴۵}) × (وزن تر بافت برگ * ۱۰۰۰ / حجم عصاره)]
c = کلروفیل کل [۲۰/۲ - ۸/۰۲ (D_{۶۴۵}) × (وزن تر بافت برگ * ۱۰۰۰ / حجم عصاره)]
d = کاروتینویید [۸۵/۰۲ - (کلروفیل a * ۱/۸۲) / (۱۰۰۰ / حجم عصاره)] × (کلروفیل (وزن تر بافت برگ * ۱۰۰۰ / حجم عصاره))
برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی اکسیدانی کل بافت میوه بر اساس روش Van Beek و Miliauskas (۲۰۰۴) و از روی غیر فعال کردن رادیکال‌های آزاد شده توسط ماده ۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl) استفاده گردید. به ۰/۵ گرم از بافت میوه پودر شده با نیتروژن مایع، ۵ میلی‌لیتر 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 حداقل جذب آن در طول موج ۵۱۷ نانومتر (A517(Control)) می‌باشد. درصد فعالیت آنتی اکسیدانی (Anti-oxidant Activity) بر اساس رابطه (A517(Sample)/A517(Control)*100) مورد استفاده قرار گرفت.

جهت اندازه‌گیری ویتامین C میوه هلو از روش تیتراسیون با کمک یدیدور پتابسیم و معرف نشاسته استفاده گردید. ۵

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

منابع تغییرات	آزادی	درجه	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتینوئید کل	TSS (Brix ^o)	TA (%)
بلوک	۲		۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۱۰ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۰۰۰۸ ns
تیمار	۲		۰/۰۳۳۸**	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۰۴۲**	۰/۰۰۲۵ ns	۴/۴۹*	۰/۰۲ ns
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 ۰/۵٪، ** = معنی دار در سطح ۰/۱٪

ادامه جدول ۲.

منابع تغییرات	آزادی	درجه	TSS/TA	نشت الکتروولیت (%)	فعالیت آنتی اکسیدانی (%)	تولید اتیلن (nL/g.h)	ویتامین C (mg/100g)	سفتی (kg/cm)
بلوک	۲		۰/۳۱ ns	۱۵/۸۷ ns	۱۱۹/۸۳ ns	۳/۸۳ ns	۷/۹۷ ns	۲/۴۸ ns
تیمار	۲		۳۶/۳۸*	۸۶/۹۶*	۱۷۲۰/۵۶**	۱۷/۳۷*	۱۰/۰۷ ns	۴/۱۴ ns
خطا	۴		۱۸/۰۲	۲۱/۳۷	۱۸۷/۶۱	۷/۴۹	۹/۲۹	۱۷/۲۳
ضریب تغییرات			۱۱/۸۱	۶/۸۲	۱۴/۱۷	۱۲/۹۹	۱۱/۰۶	۲۵/۰۱

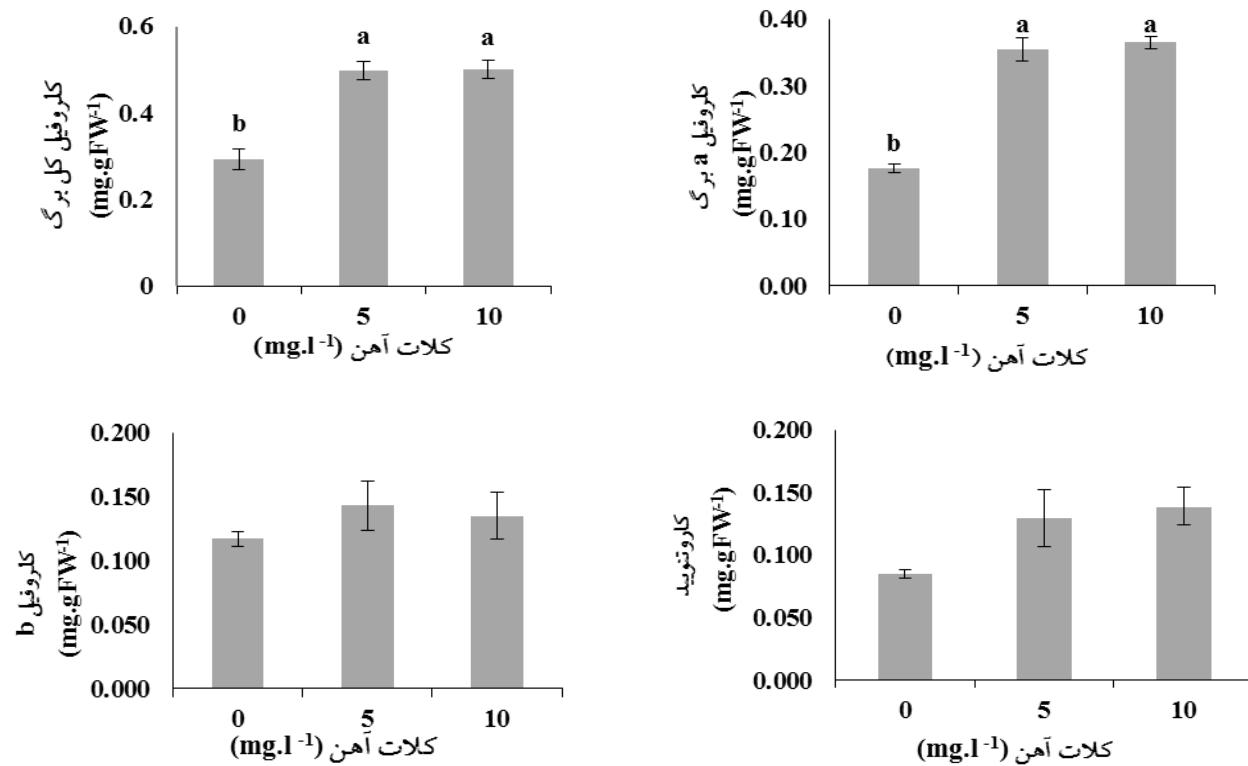
ns = غیر معنی دار، * = معنی دار در سطح ۰/۵٪، ** = معنی دار در سطح ۰/۱٪

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

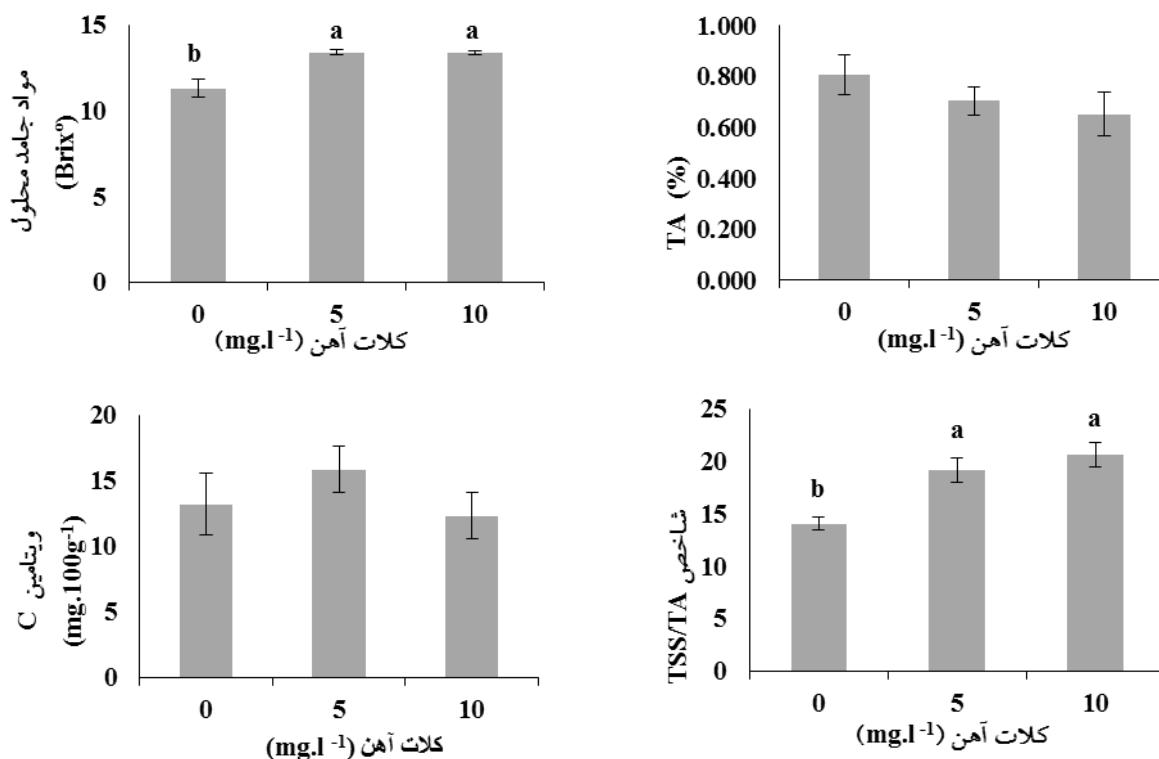
در برگ اسفناج کمبود آهن از طریق کاهش انتقال از نظام نوری II (PSII) به نظام نوری I (PSI) موجب کاهش فتوستتر می شود. همچنین کمبود آهن باعث می شود کلروفیل در مقادیر کافی تولید نشود. کاهش کلروفیل منجر به کاهش فتوستتر و کاهش تولید فتوسترات های مورد نیاز برای رشد و نمو می گردد (Mohamadipoor *et al.*, 2013).

TA، TSS، 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 شاهده، 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).

میزان کلروفیل و کاروتینوئید برگ: آنالیز آماری داده ها 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 کاروتینوئید برگ معنی دار نبود (جدول ۲). آهن کلروفیل a و کل را افزایش داد سمر و سماوات (۱۳۷۶) Fe-EDDHA دادند که کاربرد کلات آهن به صورت گزارش دارند که کاربرد کلات آهن به فرنگی موجب افزایش کلروفیل برگ در سطح معنی دار گردید. آهن اگرچه خود جزیی از مولکول کلروفیل نیست ولیکن بررسی ها نشان می دهد که نیاز به آهن به احتمال مربوط به نیاز عمومی برای این عنصر برای سنتز اجزاء کلروپلاست و به ویژه پروتئین های انتقال الکترون است. این عنصر به عنوان بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم های اکسیداسیون و احیاء، که در فتوستتر و تنفس و



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



شکل ۲- تأثیر غلظت‌های مختلف کلات آهن بر میزان مداد 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.

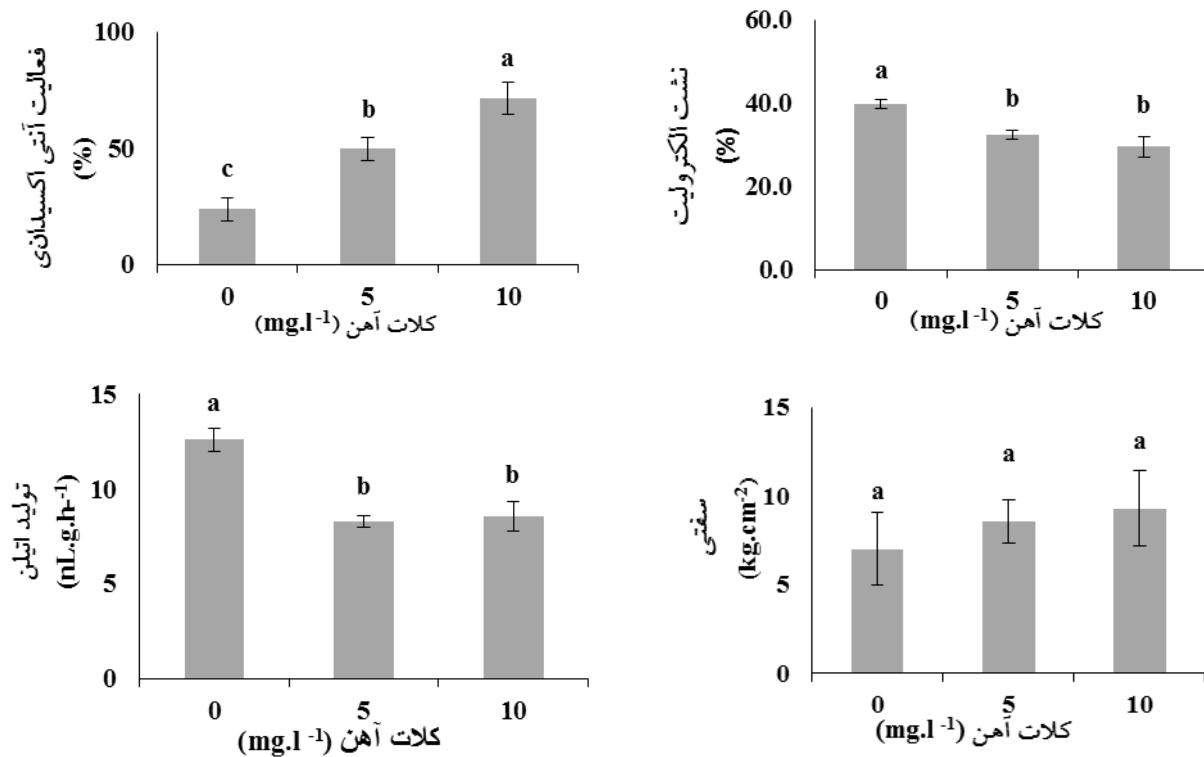
نشست الکترولیت سلول از جمله پارامترهای مناسب برای برآورد ساختار غشاء و نشان دهنده صدمات غشایی می باشد، که از اکسیداسیون لیپیدهای غشاء در حضور رادیکالهای آزاد حاصل می شود (Jiang and Huang, 2001). بر این اساس تعادل بین رادیکالهای آزاد تولیدی و دفاع در برابر آنها تعیین کننده بقای سیستم گیاهی می باشد. تخمین زده می شود که حدود ۹۵ درصد محتوای آهن درون سلولها 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 تعديل رادیکالهای آزاد و اثرات تخربی 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 (مقاآم 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 غلاظت کلات آهن سبب افزایش در میزان فعالیت آنتی اکسیدانی میوه هلو گردید. گزارش شد که کمبود آهن موجب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز برای تعديل 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 فتوستزی 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 عمدها ساکارز است، با تبدیل به قند های کاهنده (مانند فروکتوز و گلوكز) باعث افزایش آنها می شود. این فرآیند به میزان زیادی با افزایش فعالیت آنزیم اینورتاز مرتبط است. هر دو آنزیم ساکارز-فسفات ستاباز و اینورتاز با فعال کردن عمل پشت سر هم اتین 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 ن نقش بسیار مهمی در ستز کلروفیل و افزایش فتوستز برگ دارد و به این سبب بر افزایش این میزان مؤثر بوده است. در زنجیره انتقال الکترون و کمپلکس آهن- گوگرد مثل فردوسکسین در ساختار آنزیم های درگیر در جذب نیترات، نیتریت و نیترات ردوكتاز نقش دارد. این وظایف آهن در گیاه و در دسترس قرار دادن آهن به مقدار کافی، می تواند از علل 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 غلاظت 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 غلاظت آهن از نظر نشت



شکل ۳- تاثیر غلظت‌های مختلف کلات آهن بر میزان نشت الکتروولیت، فعالیت آنتی اکسیدانی، بر تولید اتیلن و ساقی بافت میوه در میوه هلو رقم آلبرتا. (حروف مشابه نشان عدم معنی دار بودن در سطح $p < 0.05$ می‌باشد).

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

ساقی میوه پارامتری بسیار مهم برای سنجش کیفیت برخی از محصولات نظری میوه‌های هسته‌دار است که می‌تواند متأثر از کمبود آهن باشد. کمبود آهن سبب کاهش ساقی میوه‌های شاهد هلو رقم "Carson" از ۵۳ درصد به ۳۵ درصد شده است، در حالی که کمبود آهن در میوه‌های هلو رقم "Baby Gold" باعث تغییری در ظاهر و ساقی میوه‌ها نمی‌شود (Alvarez-Fernandez *et al.*, 2003). در میوه گلابی، کمبود آهن، هیچ‌گونه تأثیری بر میزان ساقی بافت میوه نداشت (Alvarez-Fernandez *et al.*, 2004). در این پژوهش کلات آهن روی ساقی و ویتامین C هلو رقم آلبرتا اثر معنی‌دار نداشت،

های محتوی هم هستند که بطور مشابهی تحت تأثیر کمبود آهن قرار می‌گیرند. بنابراین، افزایش محتوای آهن فعال موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی می‌شود (Kong *et al.*, 2014). میزان تولید اتیلن و ساقی بافت میوه: آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که استفاده از کلات آهن در هر دو غلظت ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر منجر به کاهش معنی‌دار میزان تولید اتیلن در مقایسه با شاهد شد. بیشترین میزان کاهش در تولید اتیلن در تیمار ۵ میلی‌گرم بر لیتر کلات آهن بود و اختلاف معنی‌داری بین دو غلظت آهن از نظر مقدار تولید اتیلن مشاهده نشد (شکل ۳). اثر سطوح کلات آهن بر ساقی بافت میوه معنی‌دار نبود (جدول ۲).

میزان تولید اتیلن تا حد زیادی با رسیدن میوه افزایش یافته و در نهایت به اوج بحرانی خود می‌رسد. در این پژوهش تمام میوه‌های تیمار شده با کلات آهن نرخ تولید نسبتاً پایین‌تری از اتیلن نسبت به تیمار شاهد نشان دادند و غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را بر کاهش تولید اتیلن میوه هلو داشت. از آنجایی که کمبود آهن یک تشکیل غیر زیستی محسوب

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

تشکر و قدردانی

نگارندگان از جناب آقایان حامد شکری حیدری، مرتضی اکبری پور و صادق حسنی همچنین، گروه مهندسی علوم باطنی 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.

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 الکتروولیت 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:

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

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, KNO₃ 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., Nedunchezhian, 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)

ابوسعیدی، 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 سرچشم، 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 مددکار حق جو، م. (۱۳۸۳) فیزیولوژی گیاهی جذب و انتقال مواد از خلال غشاء. انتشارات دانشگاه اصفهان.

شکری حیدری، 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 باطنی و فضای سبز پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران . ۱۲۵ ص.

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., Sedaghathoor, S. Khomami, M. A. (2013) Effect of application of iron fertilizers in two methods 'foliar and soil application' on growth characteristics of *Spathiphyllum 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. *Juornal of Plant Nutrient* 20: 1567-1572.
- Serrano, R., Culiañz-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 Medicin* 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.Faostat.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.