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

سیدمحمّد حسینی ملّا[1]، آیت الله رضایی[1*]، محمّدعلی عسکری سرچشمه[2] و اورنگ خادمی[1]

[1]گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، [2]گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۸/۲۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۱۲/۲٤)

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 محلول‌پاشی 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 آنتی اکسیدانی، مقدار ویتامین C، نشت الکترولیت غشای سلولی و تولید اتیلن و همچنین رنگیزه های 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 کاروتنویید برگ، ویتامین C و سفتی بافت میوه نداشت. همچنین با افزایش غلظت آهن کاهش تولید اتیلن و نشت الکترولیت غشای سلولی مشاهده گردید. بطوری که 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:

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 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).

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.15.9]

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 مهمّی 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 اندام های 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، ١٣٧٦). 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، ١٣٨٣).

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., 2001). ازجمله 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 ارگانیسم‌ها 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 (١٩٩٨) بیان نمودند موقعی که دانهال‌های آووکادو در خاک‌های آهکی رشد می‌کند، کلروفیل و کاتالاز در برگ‌های جوان ٥ تا ٣٠٪ 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 (١٩٦٦) با آزمایشاتی روی آووکادو گزارش کرده است که در خاک‌های آهکی، سکوسترین آهن ١٣٨ 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 محلول پاشی 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.15.9]

قابل جذب برای گیاه دارند، جهت رفع کمبود آهن به‌طور 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 (سمر و سماوات، ۱۳۷٦). در این پژوهش با توجه به قلیایی 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، ٤٠ روز بعد از مرحله تمام گل و ٤٠ 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. 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 اندازه‌گیری شد.

٪ اسیدیته قابل تیتراسیون =[(میلی لیتر سود مصرفی) * ۰/۱ *میلی لیتر سود مصرفی (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، ٦ تکه از بافت مدور به قطر ۱۰ میلی‌متر با چوب پنبه سوراخ کن برداشته شد. تکه‌های پوست در داخل ۲۵ میلی‌لیتر مانیتول ۰/٤ نرمال قرار گرفتند. پس از ٤ 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 به‌مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شد و پس از قرار گرفتن در دمای محیط به‌مدت ٢٤ ساعت، مجدداً هدایت الکتریکی کل محلول اندازه‌گیری گردید (EC2). سپس درصد نشت یونی با استفاده از فرمول (EC1/EC2*100) محاسبه شد (McCollum and McDonald,1991).

برای اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید برگ هلو از روش Arnon (۱۹٤۹) تغییر یافته، استفاده شد. ابتدا ۰/۵ گرم بافت از هر نمونه کنترل و تیمار یافته در ۵ میلی لیتر استن هموژن گردید، پس از ۱۵ دقیقه سانتریفوژ با سرعت ۹۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ٤ 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 موج‌های ٦٦٣، ٦٤٥، ٥١٠ و ٤٨٠ نانومتر بررسی شد. غلظت کلروفیل‌های a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها از فرمول‌های زیر به دست آمد (D: میزان جذب نوری، V: حجم عصاره، W: وزن تر بافت).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.15.9]

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل 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 اشباع (%)
لومی	۱۷/۵٤	۳۵۱/۸۱	۰/۱۹	۵	۱/۸٦	۱۱/۵	۸/٤	۰/۷۳	٤٤/۱٦

کلروفیل a = [۱۲/۷ ($D_{٦٦٣}$) – ۲/٦۹ ($D_{٦٤٥}$)] × (وزن تر بافت برگ*۱۰۰۰ /حجم عصاره)

کلروفیل b = [۲۲/۹ ($D_{٦٤٥}$) – ٤/٦۹ ($D_{٦٦٣}$)] × (وزن تر بافت برگ*۱۰۰۰ /حجم عصاره)

کلروفیل کل = [۲۰/۲ ($D_{٦٤٥}$) – ۸/۰۲ ($D_{٦٦٣}$)] × (وزن تر بافت برگ*۱۰۰۰ /حجم عصاره)

کاروتنویید =[(۱۰۰۰($D_{٤٨٠}$) –۱/۸۲ (کلروفیلa) – ۸۵/۰۲ (کلروفیلb)) / ((کلروفیل ۱۹۸/) × [(وزن تر بافت×۱۰۰۰)/ حجم عصاره] × (وزن تر بافت برگ*۱۰۰۰ /حجم عصاره)

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی اکسیدانی کل بافت میوه بر اساس روش Miliauskas و Van Beek (۲۰۰٤) و از روی غیر فعال کردن رادیکال‌های آزاد شده توسط ماده ۲،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 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 به‌مدت 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 اندازه‌گیری ویتامین C میوه هلو از روش تیتراسیون با کمک یدیدور پتاسیم و معرف نشاسته استفاده گردید. ۵ 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 پتاسیم (۱٦ گرم یدید پتاسیم به علاوه ۱/۲۷ گرم کریستال ید در یک لیتر آب‌مقطر) تیتر شد و ویتامین C بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی لیتر 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 ٤۸ ساعت، یک نمونه گاز بالای ظرف پلاستیکی (توسط سوزن دوسر به لوله‌های شیشه‌ای خلادار (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 نرم‌افزار 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.15.9]

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a (mg/gFW)	کلروفیل b (mg/gFW)	کلروفیل کل (mg/gFW)	کاروتنویید (mg/gFW)	TSS (Brixº)	TA (%)
بلوک	۲	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۱۰ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۰٤ ns	۰/۰۸ ns	۰/۰۰۰۸ ns
تیمار	۲	۰/۰۳۳۸**	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۰٤۲**	۰/۰۰۲۵ ns	٤/٤۹*	۰/۰۲ ns
خطا	٤	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱۸	۱/۷۰	۰/۰۳
ضریب تغییرات		۷/٦۰	۱٦/۱٦	۹/٤۰	۱۸/۱۸	۵/۱۲	۱۲/۰۸

ns =غیر معنی‌دار، *= معنی‌دار در سطح ۵٪، **= معنی‌دار در سطح ۱٪.

ادامه جدول ۲.

منابع تغییرات	درجه آزادی	TSS/TA	نشت الکترولیت (%)	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	٦/۹۷ ns	۲/٤۸ ns
تیمار	۲	۳٦/۳۸*	۸٦/۹٦*	۱۷۲۰/۵٦**	۱۷/۳۷*	۱۰/۰۷ ns	٤/۱٤ ns
خطا	٤	۱۸/۰۲	۲۱/۳۷	۱۸۷/٦۱	٦/٤۹	۹/۲۹	۱۷/۲۳
ضریب تغییرات		۱۱/۸۱	٦/۸۲	۱٤/۱۷	۱۲/۹۹	۱۱/۰٦	۲۵/۰۱

ns =غیر معنی‌دار، *= معنی‌دار در سطح ۵٪، **= معنی‌دار در سطح ۱٪.

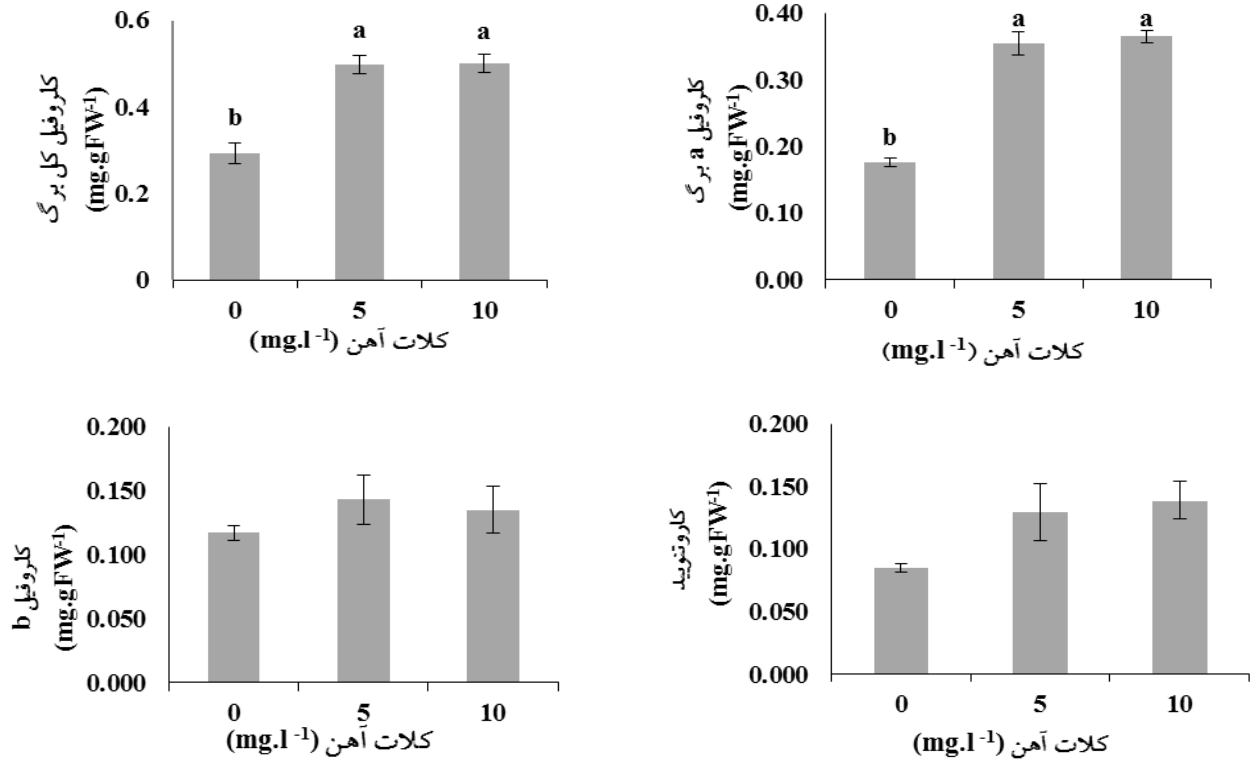
میزان کلروفیل و کاروتنویید برگ: آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که با افزایش میزان کلات آهن، کلروفیل a و کل برگ گیاهان تحت تیمار نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین میزان کلروفیل a و کلروفیل کل در تیمار ۱۰ میلی گرم بر لیتر کلات آهن مشاهده شد که با غلظت ۵ میلی گرم بر لیتر اختلاف معنی داری از لحاظ آماری مشاهده نشد (شکل ۱). همچنین نتایج نشان داد که اثر محلول پاشی کلات آهن بر میزان کلروفیل b و کاروتنویید برگ معنی دار نبود (جدول ۲). آهن کلروفیل a و کل را افزایش داد سمر و سماوات (۱۳۷٦) 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 فتوسنتتات‌های مورد نیاز برای رشد و نمو می‌گردد (Mohamadipoor *et al*., 2013).

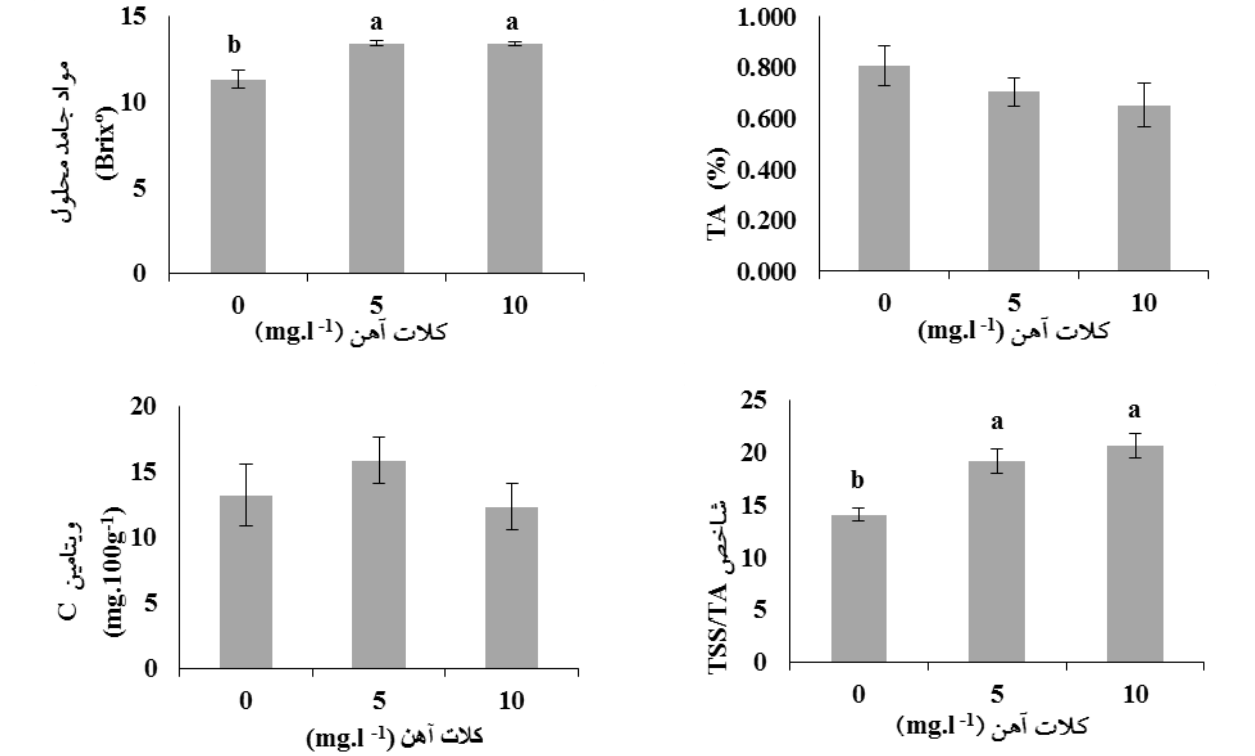
TSS، TA ، شاخص طعم میوه (TSS/TA) و ویتامین C: نتایج تجزیه آماری نشان داد که اثر تیمار کلات آهن بر مقدار مواد جامد محلول و شاخص طعم میوه معنی‌دار بوده ولی روی درصد اسید قابل تیتراسیون اثر معنی‌داری نداشته است (جدول ۲). بر اساس نتایج آزمایش تیمار با کلات آهن شاهد، دارای مواد جامد محلول و شاخص طعم کمتری در مقایسه با کلات آهن ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده ولی اختلاف معنی‌داری غلظت های آهن ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر از نظر مواد جامد محلول و شاخص طعم مشاهده نشد (شکل ۲).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.15.9]



شکل ۱- تاثیر غلظت‌های مختلف کلات آهن بر میزان کلروفیل **a, b** ، کل و کاروتنویید 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 معنی‌دار بودن در سطح $p<0.05$ می‌باشد).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.15.9]

آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای کلات آهن هیچ کدام ازتیمارهای استفاده شده اختلاف معنی‌داری 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 ؛ حسینی‌ملا 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 می‌شود. 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 می‌شود. 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 می‌شوند (Langenkamper *et al.*, 1998; Srivastava and Dwivedi, 2000; Asghari and Aghdam, 2010). علت افزایش میزان مواد جامد محلول و شاخص طعم در میوه‌های تیمار شده با کلات آهن نسبت به میوه‌های شاهد را می‌توان 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 آنزیم‌های درگیر در جذب نیترات، نیتریت و نیترات ردوکتاز نقش دارد. این وظایف آهن در گیاه و در دسترس قرار دادن آهن به مقدار کافی، می‌تواند از علت‌های افزایش شاخص طعم و مواد جامد محلول باشد (Abdi and Hedayat., 2010). بنابراین آنچه مسلم است ذخیره‌سازی غذای و تولید مواد پرورده با کاربرد برگی آهن کلاته بالا رفته است.

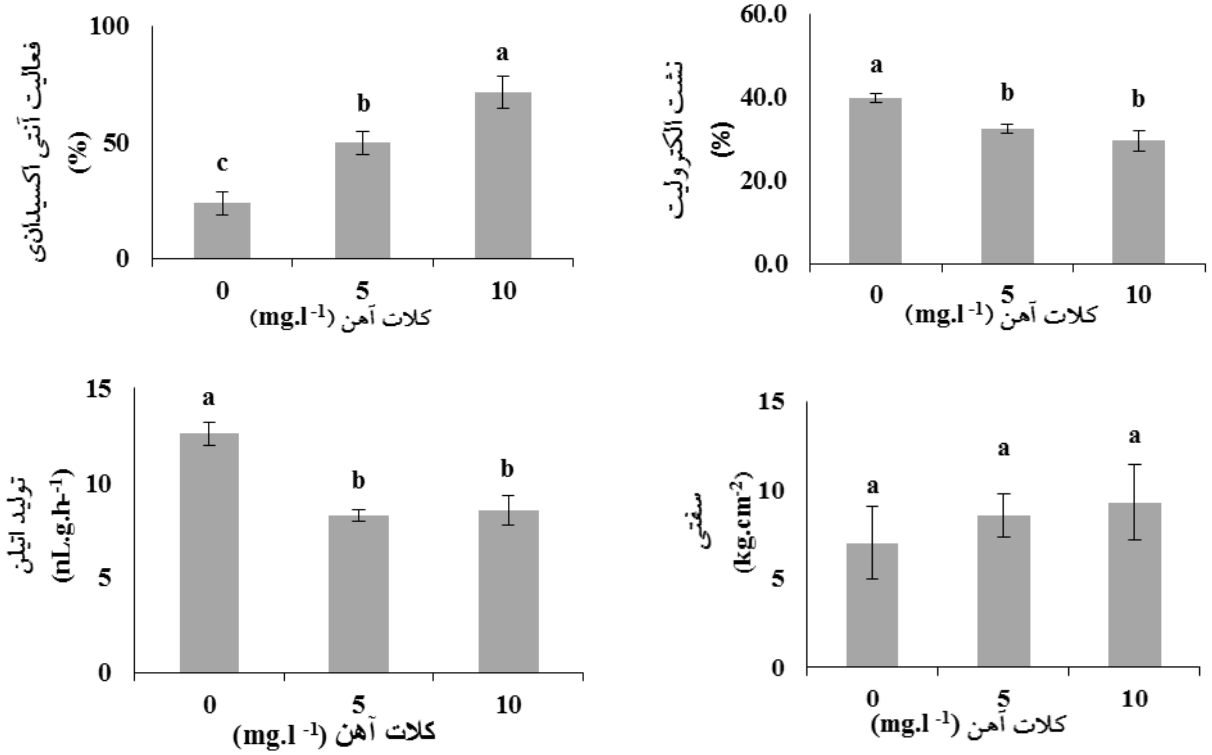
میزان نشت الکترولیت بافت میوه و فعالیت آنتی اکسیدانی:

بررسی نشت الکترولیت نشان داد که استفاده از کلات آهن در هر دو غلظت ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر منجر به کاهش معنی‌دار 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 معنی‌داری بین دو غلظت آهن از نظر نشت الکترولیت مشاهده نشد (شکل ۳). همچنین نتایج نشان داد که تیمار محلول پاشی کلات آهن ۵ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر باعث افزایش معنی‌دار 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 می‌باشد، که از اکسیداسیون لیپیدهای غشاء در حضور رادیکال‌های آزاد حاصل می‌شود (Jiang and Huang, 2001). بر این اساس تعادل بین رادیکال‌های آزاد تولیدی و دفاع در برابر آنها تعیین کننده بقای سیستم گیاهی می‌باشد. تخمین زده می شود که حدود ۹۵ درصد محتوای آهن درون سلول‌ها در ترکیب با پروتئین‌های 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 سیستم‌های آنتی اکسیدانی گیاهان درتعدیل رادیکال‌های آزاد و اثرات تخریبی آن‌ها در سیستم-های غشایی نقش بسزایی ایفا می‌کند. لذا بر این اساس به نظر می‌رسد 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 آنتی‌اکسیدان‌ها، کاملاً مرتبط با گونه و رقم گیاهی است. به طور مثال، در رقم هلو GF-677 (مقاوم به کمبود آهن)، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و همچنین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر سوپراکسیداز دیسموتاز و پراکسیداز، بیش از رقم Cadaman (حساس به کمبود آهن) می‌باشد (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 آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز کاهش یافت. آنزیم های پراکسیداز و کاتالاز از آنزیم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.15.9]



شکل ۳- تاثیر غلظت‌های 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 معنی‌دار بودن در سطح $p<0.05$ می‌باشد).

های محتوی هِم هستند که بطور مشابهی تحت تأثیر کمبود آهن قرار می‌گیرند. بنابراین، افزایش محتوای آهن فعال موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود (Kong *et al.*, 2014).

میزان تولید اتیلن و سفتی 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 میلی گرم 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 سفتی 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 میلی گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را بر کاهش تولید اتیلن میوه هلو داشت. از آنجایی که کمبود آهن یک تنش غیر زیستی محسوب 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 مقادیر کافی تولید نشود. در نتیجه مواد فتوسنتزی 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).

سفتی مسیوه پارامتری بسیار مهم برای سنجش کیفیت برخی از محصولات نظیر میوه‌های هسته‌دار است که می‌تواند 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 میوه‌ها نمی‌شود (Alvarez-Fernandez *et al.*, 2003). در میوه گلابی، کمبود آهن، هیچ‌گونه 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 معنی‌دار نداشت،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.15.9]

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

نتیجه‌گیری:

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 می‌توان نتیجه گیری کرد که با توجه به قلیایی بودن خاک‌های باغات منطقه کرج و شایع بودن کمبود آهن و مشکلات جذب آهن در این خاک‌ها، مصرف محلول پاشی کود کلات آهن (سکوسترین ۱۳۸) موجب بهبود صفات کیفی و فیزیولوژیک میوه هلو رقم آلبرتا گردید. از این رو محلول‌پاشی برگی این عنصر در طی مراحل رشد و نمو میوه در شرایط خاک قلیایی توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

نگارندگان از جناب آقایان حامد شکری‌حیدری، مرتضی اکبری‌پور و صادق‌حسنی 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 می‌نمایند.

منابع:

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

حسینی‌ملا، 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 ملّی فیزیولوژی گیاهی، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان: صفحه ۱۰۱.

سمر، س. و سماوات، س. (۱۳۷٦) شناخت علت‌ها و راه‌های درمان کمبود آهن در گیاهان زراعی و باغی. نشریه فنی شماره ۲۷، نشر آموزش وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

شریعتی، م. و مددکارحق‌جو، 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 کمّی، 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. (۱۳۹۰) ارزیابی برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی 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_3 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)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.15.9]

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 *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 to lerance 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 ://w w w . 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.14.15.9]