

## اثر محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد، خواص کیفی و غلظت عناصر غذایی برگ و میوه سیب رقم گالا (*Malus domestica* cv. Gala)

اسماعیل صادقی<sup>۱</sup>، مصباح بابالار<sup>۲\*</sup> و علیرضا طلایی<sup>۳</sup>

۱ و ۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۱۹)

### چکیده

کمبود آهن و روی در خاک‌های آهکی در بیشتر خاک‌های ایران شایع است. به منظور مطالعه اثر محلول پاشی آهن و روی بر غلظت عناصر غذایی برگ و میوه سیب رقم گالا، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام گرفت. عامل اول محلول پاشی روی به صورت سولفات روی در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و عامل دوم محلول پاشی آهن به صورت کلات آهن در سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بودند. نتایج نشان داد محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی برگ و میوه معنی‌دار بود و باعث افزایش محتوای عناصر غذایی برگ‌ها و میوه‌ها شد. با توجه به نتایج این آزمایش کاربرد آهن باعث افزایش عملکرد، وزن، محتوای آهن، روی و پتاسیم برگ‌ها شد و میزان آهن، روی، پتاسیم، کلسیم و فسفر میوه‌ها را نیز افزایش داد. همچنین روی موجب افزایش عملکرد، مواد جامد محلول و محتوای روی برگ‌ها و محتوای آهن و روی میوه‌ها شد. طبق نتایج به دست آمده اثر تیمارهای استفاده شده بر محتوای نیتروژن برگ‌ها و میوه‌ها معنی‌دار نبود. نتایج این پژوهش نشان داد محلول پاشی آهن و روی باعث افزایش عملکرد، کیفیت و غلظت عناصر غذایی برگ و میوه سیب رقم گالا شد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، سولفات روی، کلات آهن، کلسیم.

## Effect of foliar application of iron and zinc on yield, quality and leaf and fruit nutrients concentrations of apple (*Malus domestica* cv. Gala)

Esmail Sadeghi<sup>1</sup>, Mesbah Babalar<sup>2\*</sup> and Alireza Talaei<sup>2</sup>

1, 2. Former M. Sc. Student and Professor, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Mar. 07, 2017 - Accepted: Aug. 10, 2018)

### ABSTRACT

Iron and zinc deficiencies are common in most limy soils of Iran. In order to study the effect of foliar application of iron and zinc on leaf and fruit nutrients concentrations of apple cultivar Gala an experiment was carried out as factorial based on randomized complete block design with three replications in Horticulture Research Station, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran. The first factor was foliar application of zinc as zinc sulfate at three levels (0, 10 and 100 mg per liter) and the second factor was foliar application of iron as iron chelate at three levels (0, 100 and 1000 mg per liter). Results showed that the foliar application of iron and zinc had a significant effect on yield and leaf and fruit nutrients concentrations and increased the nutrient content of leaves and fruits. According to these results using iron increased yield, weight, iron, zinc and potassium content of leaves and the amount of iron, zinc, potassium, calcium and phosphorus of fruits also increased. Also zinc increased yield, TSS, zinc content of the leaves and the iron and zinc content of fruits. According to the results, the effect of treatments used on the leaves and fruits nitrogen content was not significant. This study showed foliar application of iron and zinc increased yield, quality and leaf and fruit nutrients concentrations of apple cv. Gala.

**Keywords:** Calcium, iron chelate, potassium, zinc sulfate.

\* Corresponding author E-mail: mbabalar@ut.ac.ir

### مقدمه

سیب با نام علمی *Malus domestica* از تیره گل‌سرخیان Rosaceae و زیر تیره Pomoideae و جزو میوه‌های دانه دار محسوب می‌شود. تنوع ژنتیک بالا و سازگاری قابل ملاحظه گونه به انواع شرایط آب و هوایی باعث گردیده است این درخت، وسیع‌ترین میوه کشت شده در مناطق معتدله باشد (Rasolzadegan, 1992). میوه سیب منبع غنی از ترکیبات قندی، چربی، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی است. صد گرم میوه تازه سیب دارای ۰/۳ میلی‌گرم سدیم، ۱۴۵ میلی‌گرم پتاسیم، ۷ میلی‌گرم کلسیم، ۶ میلی‌گرم منیزیم، ۴۸۰ میکروگرم آهن، ۱۲ میلی‌گرم فسفر و ۲ میکروگرم ید می‌باشد (Mirzaei et al., 2011). حدود ۸۰ میلیون تن سیب در جهان در سال ۲۰۱۳ تولید شده است که چین با تولید تقریباً نیمی از این مقدار در رتبه اول قرار دارد. آمریکا بیش از ۶ درصد سیب دنیا را تولید کرده و رتبه دوم را دارد و بعد از آن به ترتیب ترکیه، ایتالیا، هند و لهستان در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند. ایران با تولید ۱۷۰۰۰۰۰ تن سیب رتبه هفتم را در جهان دارا می‌باشد (FAO, 2013). نیاز غذایی یک درخت میوه معمولاً از الگوی رشد کلی آن تبعیت می‌نماید. در ابتدای فصل رویشی نیاز غذایی درخت به وسیله عناصر غذایی حاصل از جذب و هضم (Assimilation) پاییز سال قبل ذخیره شده در ریشه‌ها و بافت‌های پوست تنه و شاخه‌ها، تأمین می‌شود (Babalar & Pirmoradian, 2009). کامل بودن تغذیه درختان میوه یکی از اصول کشت و پرورش درختان میوه است که به میزان زیادی موجب افزایش کیفیت و بهبود رشد میوه می‌شود و بررسی‌های تجزیه خاک همراه با تغذیه برگ‌گی کمک بزرگی به این کار می‌کند. اصلاح درختان سیب با توجه به احتیاجات آن، از طریق مواد غذایی مختلف باعث افزایش کیفیت و عملکرد شده است (Van Soest, 2012). عناصر کم مصرف شامل آهن، روی، منگنز، بور، مس، مولیبدن و کلر می‌باشند (Jeyakumar & Balamohan, 2003). آهن از جمله عناصر ضروری برای رشد و تولید مثل گیاهان بوده و بنابراین برای بقای آنها لازم است. این عنصر در فرایندهای حیاتی فتوسنتز، تنفس، جذب و ساخت نیترژن و همچنین در ساخت و تکوین کلروپلاست‌ها در

گیاهان نقش دارد. نقش آهن در فرایند فتوسنتز و تنفس به‌واسطه شرکت آن در واکنش‌های اکسیداسیون و احیا در کلروپلاست‌ها و میتوکندری‌ها است که آهن در آن‌ها به عنوان گروه نقل و انتقال الکترون شرکت می‌کند. از طرف دیگر، آهن در ساخت کلروفیل‌ها نقش اساسی دارد. کاهش میزان کلروفیل‌ها در برگ‌های جوان به دلیل نقش آهن در ساخت آن‌ها آشکارترین نشانه کمبود آهن است که به‌صورت زردی بین رگبرگی در برگ‌های جوان نمایان می‌گردد (Marschner, 1995). در باغ، کمبود روی به‌طور طبیعی اتفاق می‌افتد و نشانه‌های کمبود بسته به درجه‌ی تنش گسترش می‌یابد (Brennan et al., 1993). علائم قابل مشاهده کمبود روی تنها در موارد نسبتاً شدید کمبود رخ می‌دهد (Alloway, 2008) و به‌صورت باز ماندن از رشد، کوچکی برگ، ریزش برگ و لخت شدن شاخه، کلروز، روزت و حتی خشکیدگی سرشاخه توصیف می‌شود. روزت و برگ‌های کوچک در نوک شاخه‌ها مشخص‌ترین نشانه کمبود روی در درختان میوه است (Swietlik, 2002). روی به عنوان یکی از اجزای سازنده آنزیم‌ها برای سنتز پروتئین‌ها، تولید انرژی و حفظ ساختار غشای زیستی یک عنصر مهم محسوب می‌شود. روی در تغذیه گیاهان با توجه به نقشی که در سنتز هورمون‌های گیاهی و ایجاد تعادل بین فسفر و پتاسیم در داخل سلول‌های گیاهی دارد، اثرگذار است (Ganesh & Kannan, 2013). محتوای عناصر موجود در میوه یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در کیفیت میوه است (Bramlage et al., 1980). گزارش شده است که محلول پاشی روی پس از مرحله پایان گل‌دهی (Bloom end stage) می‌تواند غلظت روی میوه را افزایش دهد (Hips & Davies, 2001; Neilsen, 2002; Jahanshah, 2008). از تغذیه آهن به دو صورت محلول پاشی و در خاک، تأثیر روش‌های مختلف کاربرد آهن بر ترکیبات شیمیایی برگ و میوه‌های لیموی رقم لیسبون را در یک پژوهش دو ساله مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد بیشترین غلظت پتاسیم، آهن و روی در برگ‌ها با مصرف ۵۰۰ گرم سولفات آهن به ازای هر درخت به علاوه محلول پاشی سولفات آهن به‌دست آمد. با توجه به اهمیت عناصر غذایی در کیفیت میوه و آهکی بودن اکثر خاک‌های ایران، در این پژوهش تأثیر محلول پاشی آهن و

اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری وزن تک میوه ۱۰ میوه به‌طور تصادفی از هر تیمار انتخاب شد و وزن آن‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. طول و قطر میوه‌ها نیز با استفاده از کولیس دیجیتالی با دقت یک صدم میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

#### اندازه‌گیری سفتی، pH، اسید قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول و شاخص طعم میوه

برای تعیین سفتی بافت میوه از دستگاه سفتی سنج با سطح مقطع ۸ میلی‌متر مربع استفاده شد. تعیین pH عصاره میوه با استفاده از دستگاه pH متر انجام شد. جهت اندازه‌گیری اسید قابل تیتراسیون، مقدار ۵ میلی‌لیتر عصاره صاف شده میوه با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و سپس تیتراسیون با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به  $pH=8/1-8/3$  انجام شد. سپس با استفاده از فرمول زیر محاسبه و برحسب درصد بیان شد.

$$= \text{تیتراسیون قابل میزان اسید (درصد)} \\ 100 \times \text{سود مصرفی} \times \text{نرمالیه سود} \times \text{وزن اکی‌والان اسید غالب} \\ 100 \times \text{حجم عصاره تیترشده}$$

میزان مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفرکتومتر دستی مدل ATAGO-ATC-20E تعیین شد. شاخص طعم میوه نسبت بین مواد جامد قابل حل به اسید قابل تیتراسیون می‌باشد. جهت محاسبه آن پس از اندازه‌گیری مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون، حاصل کسر مواد جامد محلول به اسید قابل تیتراسیون به عنوان شاخص طعم میوه مورد ارزیابی قرار گرفت.

#### اندازه‌گیری عناصر برگ و میوه

برای اندازه‌گیری غلظت عناصر برگ و میوه، شامل نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم، آهن و روی، نمونه‌های برگ و میوه پس از برداشت شسته، خشک و خرد شدند. سپس برای اندازه‌گیری غلظت عناصر، نمونه‌های میوه در آن در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند. در مرحله بعد نمونه‌ها آسیاب و پودر شده و برای تهیه عصاره حاوی عناصر آماده شدند. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر حاوی پتاسیم، فسفر، آهن، روی و کلسیم موجود در

روی بر میزان غلظت این عناصر و سایر عناصر در برگ و میوه سیب رقم گالا مورد مطالعه قرار گرفت.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، واقع در کرج به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. کرج در ۴۵ کیلومتری غرب تهران با ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا و در ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۶۰ دقیقه شمالی واقع شده است. خاک ایستگاه دارای بافت لومی‌رسی و پروفیل عمیق بوده و pH آن  $8 \pm 0/1$  و درصد آهک آن نسبتاً بالا می‌باشد. برای انجام این پژوهش ۲۷ درخت به‌صورت تصادفی انتخاب شد. این آزمایش شامل سه سطح محلول‌پاشی روی به‌صورت سولفات روی و سه سطح محلول‌پاشی آهن به‌صورت کلات آهن بود که روی سیب رقم (گالا) در ۳ تکرار انجام شد. عامل اول محلول‌پاشی روی به‌صورت سولفات روی در سه سطح (صفر، ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و عامل دوم محلول‌پاشی آهن به‌صورت کلات آهن در سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بودند. محلول‌پاشی‌ها به‌صورت همسان برای همه تیمارها در سه مرحله صورت گرفت که مرحله اول یک ماه بعد از تمام گل (Full bloom) و مراحل بعدی هر یک به فاصله یک ماه از مرحله قبلی انجام گرفت. این آزمایش روی درختان ده ساله سیب رقم متوسط‌رس گالا بر پایه M9 و تربیت سیستم V با فاصله کاشت  $4 \times 1/5$  متر استفاده شد. برداشت میوه‌ها در تاریخ ۹۴/۵/۱۰ با توجه به شاخص سفتی بافت میوه صورت گرفت. نمونه برداری از برگ‌ها هم اواخر خرداد از وسط شاخه‌های فصل جاری انجام شد و پس از آن میوه‌ها برای اندازه‌گیری میزان عناصر به آزمایشگاه منتقل شدند.

#### اندازه‌گیری عملکرد، وزن میوه و نسبت طول به قطر میوه

برای اندازه‌گیری عملکرد، میوه‌های درختان تیمار شده در هر تکرار که در تاریخ ۹۴/۵/۱۰ برداشت گردید، با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن کل میوه هر درخت

اندازه‌گیری محتوای کلسیم، آهن و روی برگ و میوه میزان کلسیم، آهن و روی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی مدل AA-670 ساخت کشور ژاپن اندازه‌گیری شد (Miles et al., 2001).

#### تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. به منظور مقایسه میانگین‌ها، مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار اکسل استفاده شد.

#### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آهن، روی و اثر متقابل آهن و روی در سطح آماری ۵ درصد بر محتوای آهن، روی و پتاسیم برگ‌ها و میزان آهن، روی، کلسیم، پتاسیم و فسفر میوه‌ها معنی‌دار بود (جدول‌های ۱ و ۲). همچنین میزان عملکرد و متوسط وزن میوه‌ها نیز تحت تأثیر سطوح مختلف آهن و روی قرار گرفت (جدول ۳).

استفاده از عناصر کم مصرف از طریق شاخ و برگ می‌تواند ۱۰ تا ۲۰ بار کارآمدتر از کاربرد خاکی باشد (Zaman & Schumann, 2014). محلول پاشی برگی عناصر کم مصرف بهتر از استفاده آن‌ها به صورت خاکی است، زیرا باعث واکنش سریع، اثربخشی و حذف علائم کمبود عناصر کم مصرف می‌شود (Ali et al., 2014). محلول پاشی برگی عناصر یکی از روش‌های معمول تأمین نیاز غذایی گیاهان عالی است که کارایی آن وقتی شرایط خاک برای دسترسی عناصر نامناسب است بیشتر از مصرف عناصر در خاک است (Erdal et al., 2008). ایران از جمله کشورهای است که بیشتر قسمت‌های آن به دلیل داشتن آب و هوای خشک و نیمه‌خشک و عدم شست‌وشوی کربنات‌ها دارای خاک‌های آهکی است. خاک‌های آهکی دارای مواد آلی و فسفر کمی بوده و pH بالای این خاک‌ها منجر به دسترسی کم گیاه به فسفر و بعضی عناصر کم‌مصرف مثل روی و آهن می‌شود (FAO, 1972).

بافت برگ و میوه، ابتدا یک گرم از نمونه پودر شده درون کروزه قرار گرفت و در کوره به مدت ۶ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. پس از سرد شدن، به خاکستر درون کروزه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال اضافه شد و پس از انتقال به بالن ژوژه با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد (Chapaman & Pratt, 1961).

#### اندازه‌گیری محتوای نیتروژن برگ و میوه

ابتدا یک گرم از نمونه خشک شده برگ و میوه که با استفاده از آسیاب به صورت پودر شده بود برداشته و با ۰/۵ گرم سولفات مس و ۴/۵ گرم سولفات پتاسیم مخلوط شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن از دستگاه کج‌دال مدل VS-SA-I استفاده شد (Sparks, 1996).

#### اندازه‌گیری محتوای پتاسیم برگ و میوه

میزان پتاسیم برگ و میوه با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و با روش شعله‌سنجی مدل corning-410 اندازه‌گیری شد. در نهایت قرائت به دست آمده به صورت غلظت در ماده خشک گیاهی محاسبه شد (Ryan et al., 2013).

#### اندازه‌گیری محتوای فسفر برگ و میوه

برای اندازه‌گیری میزان فسفر برگ و میوه از روش نیترومولیبدوانادات استفاده شد. ابتدا ۲۲/۵ گرم از آمونیوم هپتامولیبدات در ۳۵۰ میلی‌لیتر آب گرم حل شد همزمان ۱/۲۵ گرم آمونیوم وانادات نیز در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب گرم حل شد. سپس این دو محلول به یکدیگر اضافه شده و پس از خنک شدن ۲۵۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به آن اضافه شده و در نهایت با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد. برای اندازه‌گیری فسفر ۲ میلی‌لیتر عصاره، ۲ میلی‌لیتر معرف نیترووانادومولیبدات و ۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شده و پس از گذشت نیم ساعت و تشکیل کمپلکس زرد رنگ، مقدر جذب محلول‌ها در طول موج ۴۳۰ نانومتر، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت قرائت به دست آمده به صورت غلظت در ماده خشک گیاهی محاسبه شد (Ryan et al., 2013).

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر آهن و روی بر محتوای آهن، روی و کلسیم برگ‌ها و میوه‌های سیب رقم گالا

Table 1. Results of variance analysis effect of iron and zinc on iron, zinc and calcium content of leaves and fruits of apple cv. Gala

Source of variation	df	Mean of squares					
		Fruit iron content	Leaf iron content	Fruit zinc content	Leaf zinc content	Fruit calcium content	Leaf calcium content
Block	2	338.06 <sup>ns</sup>	6985.09 <sup>ns</sup>	27.81 <sup>ns</sup>	0.625 <sup>ns</sup>	0.0008 <sup>ns</sup>	0.0003 <sup>ns</sup>
Iron	2	15236.67 <sup>**</sup>	210489.90 <sup>**</sup>	357.32 <sup>**</sup>	125.56 <sup>*</sup>	0.004 <sup>*</sup>	0.0003 <sup>ns</sup>
Zinc	2	5317.55 <sup>**</sup>	22348.95 <sup>ns</sup>	108.78 <sup>*</sup>	161.49 <sup>**</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.0003 <sup>ns</sup>
Iron×zinc	4	5925.01 <sup>**</sup>	32468.12 <sup>ns</sup>	95.94 <sup>**</sup>	91.62 <sup>*</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>
Error	16	294.58	17520.07	18.62	24.58	0.001	0.002
CV	-	31.95	15.66	39.79	28.23	29.63	20.65

ns, \*\*, \*: Non significant and significantly difference at 1 and 5% of probability levels, respectively.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر آهن و روی بر محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ‌ها و میوه‌های سیب رقم گالا

Table 2. Results of variance analysis effect of iron and zinc on nitrogen, phosphorus and potassium content of leaves and fruits of apple cv. Gala

Source of variation	df	Mean of squares					
		Fruit nitrogen content	Leaf nitrogen content	Fruit phosphorus content	Leaf phosphorus content	Fruit potassium content	Leaf potassium content
Block	2	0.003 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	3.50 <sup>ns</sup>	100.14 <sup>ns</sup>
Iron	2	0.004 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.53 <sup>**</sup>	0.02 <sup>*</sup>	123.39 <sup>*</sup>	388.30 <sup>*</sup>
Zinc	2	0.001 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	66.24 <sup>ns</sup>	248.05 <sup>ns</sup>
Iron×zinc	4	0.002 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	17.61 <sup>ns</sup>	133.79 <sup>ns</sup>
Error	16	0.001	0.02	0.06	0.02	28.51	77.26
CV	-	10.81	7.45	9.92	13.84	11.19	13.66

ns, \*\*, \*: Non significant and significantly difference at 1 and 5% of probability levels, respectively.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر آهن و روی بر عملکرد، متوسط وزن میوه و نسبت طول به قطر سیب رقم گالا

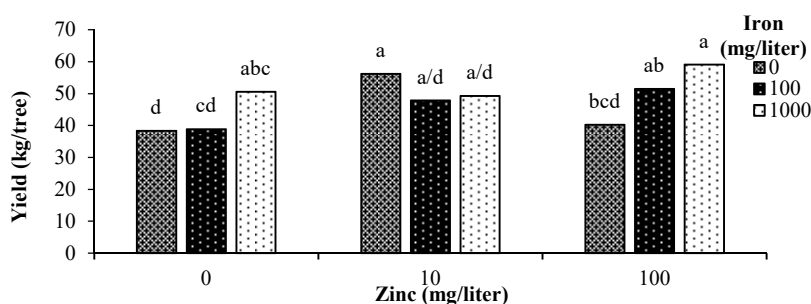
Table 3. Results of variance analysis effect of iron and zinc on yield, average of fruit weight and length to width ratio of apple cv. Gala

Source of variation	df	Mean of squares		
		Yield	Mean fruit weight	Length to width ratio
Block	2	54.58 <sup>ns</sup>	46.02 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>
Iron	2	171.20 <sup>*</sup>	407.94 <sup>*</sup>	0.00001 <sup>ns</sup>
Zinc	2	198.13 <sup>*</sup>	329.66 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>
Iron×zinc	4	150.38 <sup>*</sup>	271.04 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>
Error	16	37.73	96.62	0.001
CV	-	12.80	10.27	4.11

ns, \*\*, \*: Non significant and significantly difference at 1 and 5% of probability levels, respectively.

مربوط به تیمار  $Fe_3Zn_3$  (۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر آهن و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر روی) بود و کمترین میزان عملکرد نیز در نمونه‌های شاهد دیده شد (شکل ۱). محققان بسیاری گزارش کردند که تغذیه روی به کیفیت میوه بسیار مرتبط است. در برزیل، کاربرد محلول‌پاشی سولفات روی و استفاده از قرص‌های روی اندازه دانه‌های قهوه را افزایش داده است (Poltronieri *et al.*, 2011). همچنین محلول‌پاشی روی تعداد و عملکرد میوه در گوجه‌فرنگی را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (Roosta & Hamidpour, 2011).

**عملکرد محصول، متوسط وزن میوه و نسبت طول به قطر میوه**  
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آهن و روی و همچنین اثر متقابل آهن و روی در سطح احتمال پنج درصد بر میزان عملکرد معنی‌دار بود. با افزایش غلظت آهن میزان عملکرد افزایش یافت. با افزایش غلظت روی نیز میزان عملکرد افزایش یافت، ولی بین سطح ۱۰ میلی‌گرم و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر روی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اثر متقابل آهن و روی نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، به طوری که بیشترین میزان عملکرد



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل آهن و روی بر عملکرد سیب رقم گالا  
Figure 1. Mean comparison interaction effect of iron and zinc on yield of apple cv. Gala

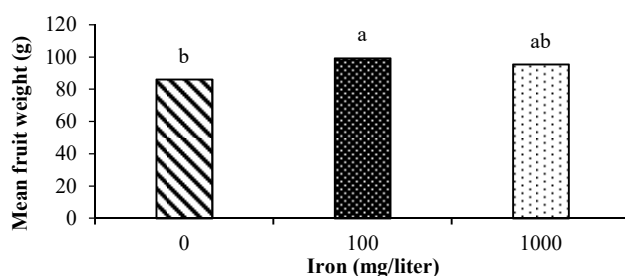
تیمارهای آهن و روی و همچنین اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری نداشتند. در ارتباط با مواد جامد محلول و شاخص طعم میوه اثر متقابل آهن و روی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و باعث افزایش میزان مواد جامد محلول و شاخص طعم میوه شد. در مورد مواد جامد محلول تیمار شاهد کمترین میزان را نشان داد و تفاوتی بین سایر تیمارها از نظر میزان مواد جامد محلول نبود. محلول پاشی روی قبل از شکوفایی جوانه‌ها و سه هفته بعد از گل‌دهی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های ساکارز سنتاز (SS) و اسید اینورتاز (AI) شده و در نتیجه باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های مرتبط با متابولیسم کربوهیدرات‌ها و تجمع قندهای بیشتری در میوه‌ها شد (Yong *et al.*, 2013). روی به دلیل اثراتی که بر آنزیم‌های مختلف شرکت‌کننده در تشکیل پروتئین‌ها، قندها و اسیدها دارد، TSS را افزایش می‌دهد (Razzaq *et al.*, 2013). در ارتباط با شاخص طعم میوه کمترین میزان در تیمار شاهد و بیشترین میزان در تیمار  $Fe_2Zn_1$  (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر آهن و عدم مصرف روی) مشاهده شد. کمبود آهن باعث کاهش نسبت قند به اسید در میوه هلو شده است که این می‌تواند باعث کاهش کیفیت خوراکی میوه شود (Álvarez-Fernández *et al.*, 2003). با گذشت زمان نسبت مواد جامد محلول به اسید قابل تیتراسیون افزایش پیدا می‌کند که این به دلیل پیشرفت مراحل رسیدن میوه است که منجر به افزایش قندها و دیگر مواد جامد محلول در میوه است از طرفی کاهش میزان اسیدهای قابل تیتراسیون میوه نیز همزمان با رسیدن میوه به افزایش شاخص طعم کمک می‌کند (Mirzaalian Dastjerdi *et al.*, 2013).

محلول پاشی آهن و روی در لیمو باعث افزایش میزان عملکرد از ۱۰۴ کیلوگرم در درختان شاهد به ۱۵۷ کیلوگرم در درختان محلول پاشی شده با آهن و روی شده است (Abutalebi *et al.*, 2013). اثر روی در افزایش میزان عملکرد می‌تواند به دلیل افزایش سطح اکسین درون‌زا باشد که باعث افزایش تشکیل میوه می‌شود (Hannafy Ahmed *et al.*, 2012). کاربرد آهن باعث افزایش فتوسنتز و بنابراین افزایش عملکرد می‌شود (Ashoori *et al.*, 2013).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آهن در سطح احتمال پنج درصد بر وزن میوه معنی‌دار بود. با افزایش غلظت آهن وزن میوه نیز افزایش پیدا کرد. بیشترین وزن میوه مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم آهن در لیتر و کمترین وزن میوه مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۲). تغذیه آهن به دو صورت تغذیه در خاک و محلول پاشی در لیمو رقم لیسبون باعث افزایش وزن متوسط میوه شده است (Jahanshah *et al.*, 2008). کمبود آهن در دو رقم Carson (رنگ پوست میوه زرد) و Babygold (رنگ پوست میوه قرمز) هلو منجر به کاهش وزن میوه و تعداد میوه درخت گردید و میوه‌های حاصل اندازه کوچک‌تری داشتند (Alvarez *et al.*, 2003). در مورد نسبت طول به قطر میوه نیز هیچ یک از تیمارهای آهن و روی و همچنین اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری نداشتند و بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

اسیدیته قابل تیتراسیون، pH، مواد جامد محلول و شاخص طعم میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد در مورد صفات اسیدیته قابل تیتراسیون و pH میوه‌ها، هیچ کدام از



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر آهن بر وزن متوسط میوه سیب رقم گالا  
Figure 2. Mean comparison effect of iron on mean fruit weight of apple cv. Gala

همچنین آهن و اثر متقابل آهن و روی در سطح احتمال پنج درصد به طور معنی داری افزایش محتوای روی برگها را موجب شد. بیشترین میزان روی مربوط به تیمار  $Fe_2Zn_2$  (۱۰۰ میلی گرم در لیتر آهن و ۱۰ میلی گرم در لیتر روی) بود و کمترین میزان روی نیز در نمونه‌های شاهد دیده شد (شکل ۴). استنباط می‌شود که محلول پاشی گیاه با آهن و روی منجر به افزایش شدت فتوسنتز گیاه می‌شود. بنابراین کربوهیدرات‌های بیشتری به ریشه‌ها منتقل شده، لذا رشد و جذب عناصر غذایی توسط ریشه زیاد می‌شود و در نتیجه غلظت عناصر در گیاه افزایش می‌یابد (Marschner, 1995).

#### مقدار پتاسیم برگها

نتایج نشان داد اثر آهن در سطح احتمال پنج درصد بر محتوای پتاسیم برگها معنی دار بود. کاربرد آهن باعث افزایش میزان پتاسیم برگها شد. ولی با افزایش غلظت آهن میزان پتاسیم برگها کاهش یافت. به طوری که بیشترین میزان پتاسیم برگها برای تیمار ۱۰۰ میلی گرم آهن در لیتر و کمترین میزان پتاسیم برگها برای تیمار ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر بود (شکل ۵). پتاسیم حدود ۶۰ نوع آنزیم را در گیاه فعال می‌کند و در ایجاد فشار تورژسانس، تجمع و انتقال هیدرات‌های کربن تولید شده و باز و بسته شدن روزنه‌ها نقش مهمی داشته و تعادل آبی گیاه را کنترل می‌نماید. همچنین پتاسیم در فتوسنتز به عنوان تعدیل کننده pH محیط در فتوسیستم دو نقش مهمی در تجزیه آب دارد (Tabatabaei, 2013). کاربرد آهن در خاک و محلول پاشی برگی باعث افزایش میزان پتاسیم برگهای لیمو رقم لیسبون شد (Jahanshah et al., 2008).

#### سفتی بافت میوه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر روی و اثر متقابل آهن و روی در سطح احتمال پنج درصد بر میزان سفتی سیب معنی دار بود. محلول پاشی روی سه هفته بعد از گل دهی و چهار هفته قبل از برداشت موجب افزایش سفتی سیب رقم گالا شد. همچنین محلول پاشی روی دو هفته قبل از شکفتن جوانه‌ها و سه هفته بعد از گل دهی باعث افزایش سفتی میوه فوجی شد (Zhang et al., 2013). سفتی بافت میوه یکی از مهم‌ترین صفاتی است که در مورد ارزیابی میوه سیب در مسائل پس از برداشت بکار برده می‌شود. به طور کلی میوه‌های سفت‌تر دارای کیفیت و مرغوبیت بیشتری نسبت به میوه‌های با بافت نرم می‌باشند (Karler et al., 1997).

#### محتوای عناصر برگها

##### مقدار آهن برگها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آهن در سطح احتمال یک درصد بر میزان آهن برگها معنی دار بود. با افزایش غلظت آهن میزان آهن برگ نیز افزایش پیدا کرد (شکل ۳). درخت سیب جزو گیاهان حساس به کمبود آهن می‌باشد (Tabatabaei, 2013). محلول پاشی برگی ترکیبات مختلف آهن به طور معنی داری غلظت آهن برگهای هلو را افزایش داده است (Fernández et al., 2008). نتایج حاصله از این تحقیق با این یافته‌ها مطابقت دارد.

##### مقدار روی برگها

در ارتباط با مقدار روی برگها، روی در سطح احتمال یک درصد باعث افزایش میزان روی برگها شد.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر آهن و روی بر شاخص‌های کیفی اندازه‌گیری شده میوه سیب رقم گالا

Table 4. Mean comparison effect of iron and zinc on measured qualitative indicators of apple cv. Gala

Treatment	Iron(mg/l)			Zinc(mg/l)		
	0	100	1000	0	10	100
Characteristics						
TA (%)	0.260 a	0.265 a	0.263 a	0.254 a	0.262 a	0.274 a
TSS (Brix)	9.150 a	9.872 a	10.111 a	9.150 b	10.261 a	9.722 ab
TSS/TA	35.299 a	37.572 a	38.713 a	35.579 a	39.372 a	36.634 a
pH	4.085 a	4.108 a	4.051 a	4.111 a	4.067 a	4.066 a
Firmness (kg/cm <sup>2</sup> )	11.087 a	11.558 a	11.583 a	10.827 b	12.058 ab	11.343 a

ردیف‌هایی که حروف مشترک دارند، تفاوت معنی‌دار با یکدیگر ندارند (P ≤ 0.05).

The rows with the same letters do not have significant difference (P ≤ 0.05).

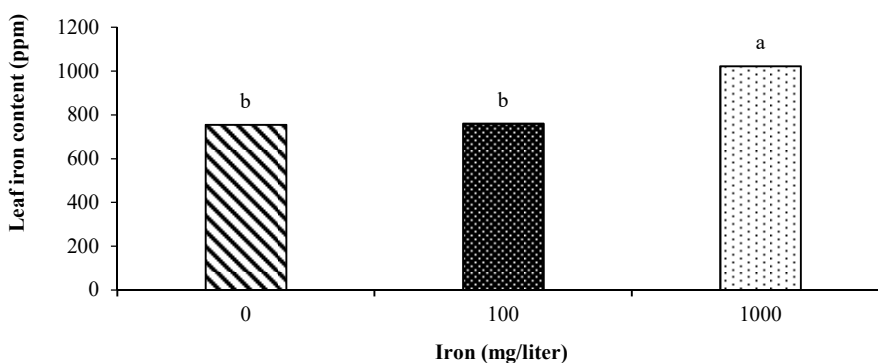
جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل آهن و روی بر شاخص‌های کیفی اندازه‌گیری شده میوه سیب رقم گالا

Table 5. Mean comparisons interaction effect of iron and zinc on measured qualitative indicators of apple cv. Gala

Characteristics	TA (%)	TSS (Brix)	TSS/TA	pH	Firmness (kg/cm <sup>2</sup> )	
Fe*Zn						
Fe <sub>1</sub>	Zn <sub>1</sub>	0.259	7.416 b	28.777 c	4.110	9.433 b
Fe <sub>2</sub>		0.234	10.533 a	45.500 a	4.193	12.200 a
Fe <sub>3</sub>		0.268	9.500 a	35.624 abc	4.030	11.583 a
Fe <sub>1</sub>	Zn <sub>2</sub>	0.257	10.583 a	41.587 ab	4.046	11.966 a
Fe <sub>2</sub>		0.266	9.633 a	36.519 abc	4.110	12.260 a
Fe <sub>3</sub>		0.263	10.566 a	40.011 ab	4.043	11.950 a
Fe <sub>1</sub>	Zn <sub>3</sub>	0.266	9.450 a	35.533 abc	4.100	11.863 a
Fe <sub>2</sub>		0.297	10.166 a	34.121 bc	4.023	10.950 a
Fe <sub>3</sub>		0.259	9.550 a	37.082 abc	4.080	11.216 a

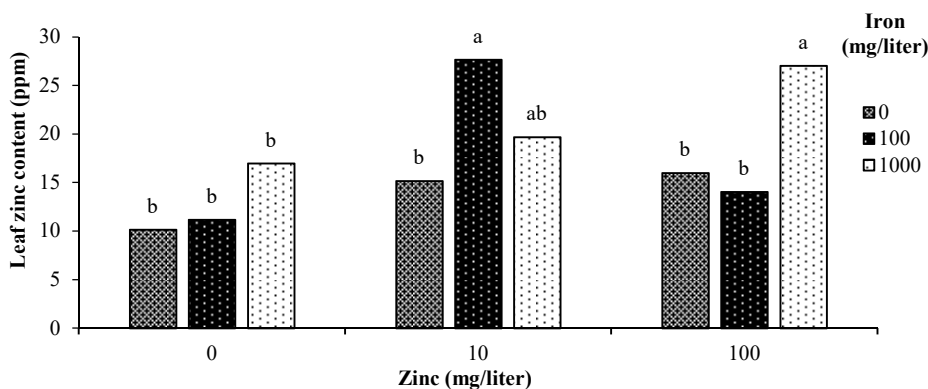
ستون‌هایی که حروف مشترک دارند، تفاوت معنی‌دار با یکدیگر ندارند (P ≤ 0.05).

The columns with the same letters do not have significant difference (P ≤ 0.05).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر آهن بر محتوای آهن برگ سیب رقم گالا

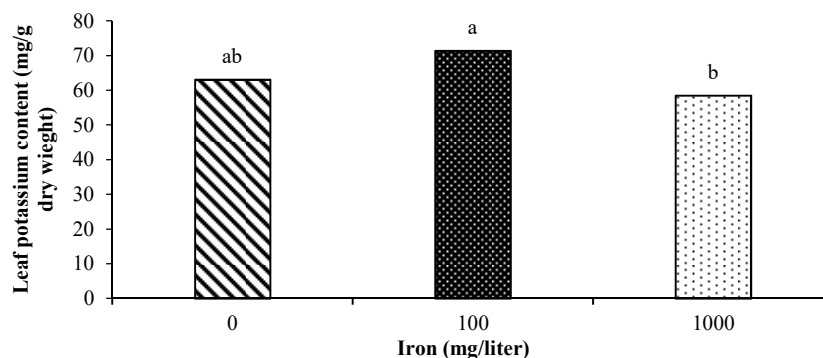
Figure 3. Mean comparison effect of iron on leaf iron content of apple cv. Gala



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل آهن و روی بر محتوای روی برگ سیب رقم گالا

Figure 4. Mean comparison interaction effect of iron and zinc on leaf zinc content of apple cv. Gala





شکل ۵. مقایسه میانگین اثر آهن بر محتوای پتاسیم برگ سیب رقم گالا  
Figure 5. Mean comparison effect of iron on leaf potassium content of apple cv. Gala

در لیتر آهن و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر روی) بود و کمترین میزان روی نیز در  $Fe_2Zn_2$  (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر آهن و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر روی) دیده شد (شکل ۷). ترکیب قرار دادن سولفات روی در سوراخ‌های پایه درختان با محلول‌پاشی، غلظت روی بافت میوه سیب را از ۰/۷ تا ۱/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش داد (Malakouti, 2001). محلول‌پاشی روی پس از گل‌دهی می‌تواند غلظت روی میوه‌ها را افزایش دهد (Hippis & Davies, 2001; Neilsen, 2002). کاربرد در خاک و محلول‌پاشی برگی روی باعث افزایش میزان روی میوه‌ها در سیب رقم Jersey mac شد، ولی بر میزان سایر عناصر تأثیر معنی‌داری نداشت (Erdal *et al.*, 2012). محلول‌پاشی سولفات روی و قند الکل روی (نوعی ترکیب کود مایع کلاته روی متشکل از ۳ درصد نیتروژن، ۱۰ درصد قند الکل و ۷ درصد روی) به‌طور جداگانه، در مراحل رشد متفاوت باعث افزایش کیفیت میوه سیب و غلظت روی میوه‌ها شد (Zhang *et al.*, 2013). محلول‌پاشی روی در درختان نارنگی رقم Kinnow محتوای روی میوه‌ها را افزایش داد (Razzaq *et al.*, 2013). در این پژوهش نیز محلول‌پاشی روی باعث افزایش غلظت روی میوه‌ها شد.

#### محتوای کلسیم میوه‌ها

نتایج نشان داد اثر آهن در سطح احتمال پنج درصد بر میزان کلسیم میوه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان کلسیم میوه‌ها مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر آهن و کمترین میزان کلسیم میوه‌ها مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود (شکل ۸).

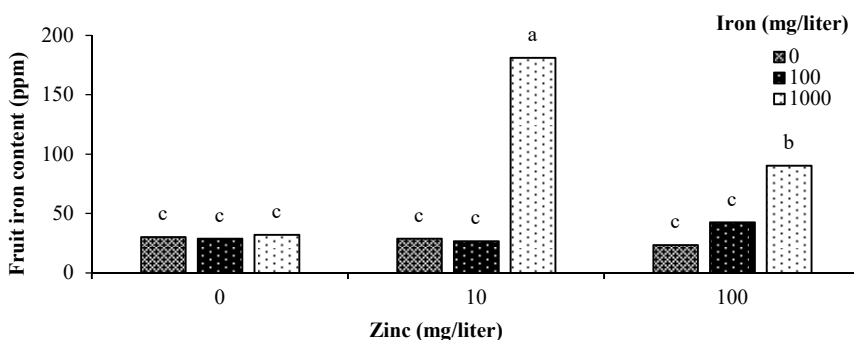
#### محتوای عناصر میوه‌ها

##### محتوای آهن میوه‌ها

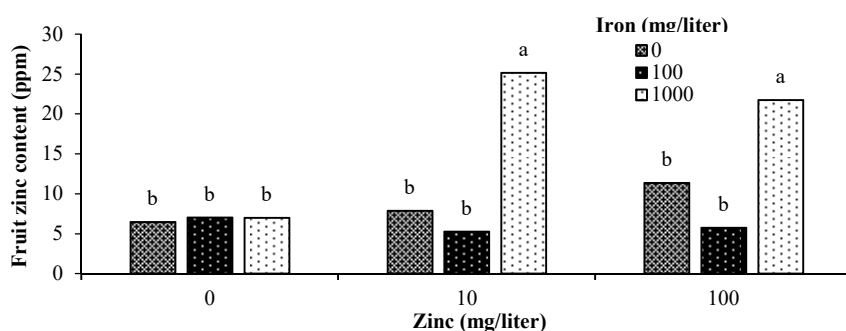
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آهن و روی و اثر متقابل آهن و روی در سطح احتمال یک درصد بر محتوای آهن میوه‌ها معنی‌دار گردید و باعث افزایش میزان آهن میوه‌ها شد. بیشترین میزان آهن مربوط به تیمار  $Fe_3Zn_2$  (۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر آهن و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر روی) بود و کمترین میزان آهن نیز در تیمار  $Fe_1Zn_3$  (عدم مصرف آهن و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر روی) مشاهده شد (شکل ۶). گزارش شده است که میزان آهن میوه‌ها پس از محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Ali *et al.*, 2014). آهن و روی برهم‌کنش منفی دارند و افزایش غلظت روی منجر به کاهش میزان آهن بافت گیاه می‌گردد که در شکل ۶ نیز مشاهده می‌شود که با افزایش میزان روی محتوای آهن میوه کاهش پیدا کرده است. در غلات محلول‌پاشی با سولفات روی و کلات آهن در مرحله آخر رشد، مقدار روی و آهن دانه‌ها افزایش می‌یابد (Tabatabaei, 2013). همچنین در ارتباط با رابطه آنتاگونیستی روی و آهن، محلول‌پاشی برگی روی باعث کاهش محتوای آهن برگ‌های گوجه‌فرنگی شد (Kaya & Higgs, 2002).

##### محتوای روی میوه‌ها

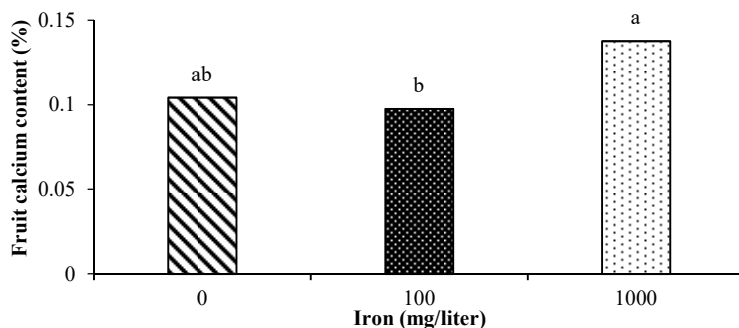
نتایج نشان داد اثر آهن در سطح احتمال یک درصد، اثر روی و اثر متقابل آهن و روی در سطح احتمال پنج درصد بر محتوای روی میوه‌ها معنی‌دار بود. بیشترین میزان روی مربوط به تیمار  $Fe_3Zn_2$  (۱۰۰۰ میلی‌گرم



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل آهن و روی بر محتوای آهن میوه سیب رقم گالا  
Figure 6. Mean comparison interaction effect of iron and zinc on fruit iron content of apple cv. Gala



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل آهن و روی بر محتوای روی میوه سیب رقم گالا  
Figure 7. Mean comparison interaction effect of iron and zinc on fruit zinc content of apple cv. Gala



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر آهن بر محتوای کلسیم میوه سیب رقم گالا  
Figure 8. Mean comparison effect of iron on fruit calcium content of apple cv. Gala

نگهداری سریع تر نرم گردد و همچنین اسکالدها و عوارض مربوط به دماهای پایین و پوسیدگی میوه نیز با سرعت بیشتری پیشرفت کند (Tabatabaei, 2013).

#### محتوای پتاسیم میوه‌ها

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر آهن در سطح احتمال پنج درصد بر میزان پتاسیم میوه معنی‌دار بود. بیشترین میزان پتاسیم میوه مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر آهن و کمترین میزان

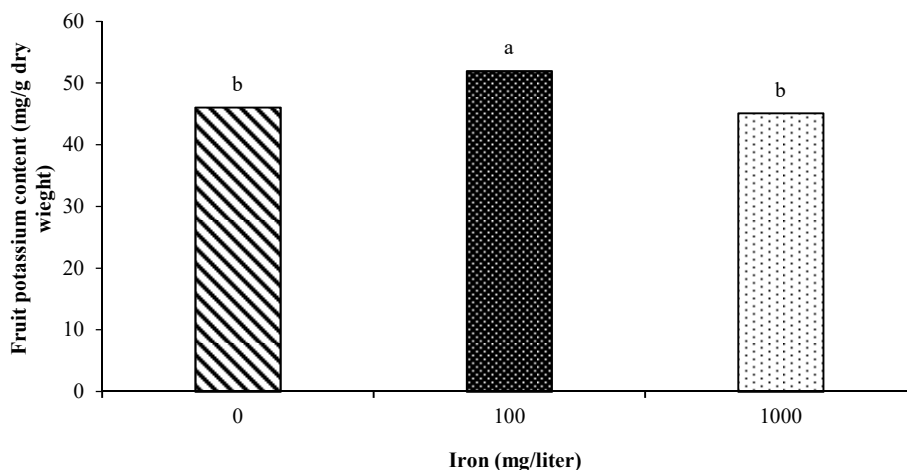
کلسیم به‌طور عمومی در حفظ پایداری و نفوذپذیری غشای سلول، فعال کردن آنزیم‌هایی چون فسفولیپاز و DNA کیناز از طریق ترکیبات پیچیده کلسیم کالمودولین، تقسیم و بزرگ شدن سلول شرکت می‌کند. همچنین کلسیم در تراوایی غشا و تورژسانس سلولی نقش دارد. میوه‌هایی که کلسیم پایینی دارند زودتر می‌رسند، اما نابسامانی‌های فیزیولوژی همچون لکه تلخ، نرمی، لهیدگی و آبگر شدن را به دنبال دارند. میزان کلسیم پایین در بافت میوه سبب می‌شود که میوه در طی مدت زمان

سطح احتمال پنج درصد بر میزان فسفر میوه‌ها معنی‌دار بود. بیشترین میزان فسفر میوه‌ها مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر آهن و کمترین میزان فسفر میوه‌ها مربوط به تیمار عدم مصرف آهن بود (شکل ۱۰). کمبود فسفر در گیاهان موجب کم شدن رشد به‌ویژه در ریشه‌ها شده و ساقه‌ها کوتاه، ضعیف و باریک می‌شوند. برگ‌ها کوچک بوده و ریزش زودرس برگ‌ها از برگ‌های مسن شروع می‌شود. میزان گل‌دهی کاهش زیادی یافته و تولید میوه کم می‌شود. در توت‌فرنگی با افزایش سطوح آهن میزان فسفر برگ‌ها کاهش یافت، ولی میزان فسفر میوه‌ها افزایش یافت (Taghavi *et al.*, 2005). در این تحقیق نیز محلول‌پاشی آهن باعث افزایش محتوای فسفر میوه‌ها شد.

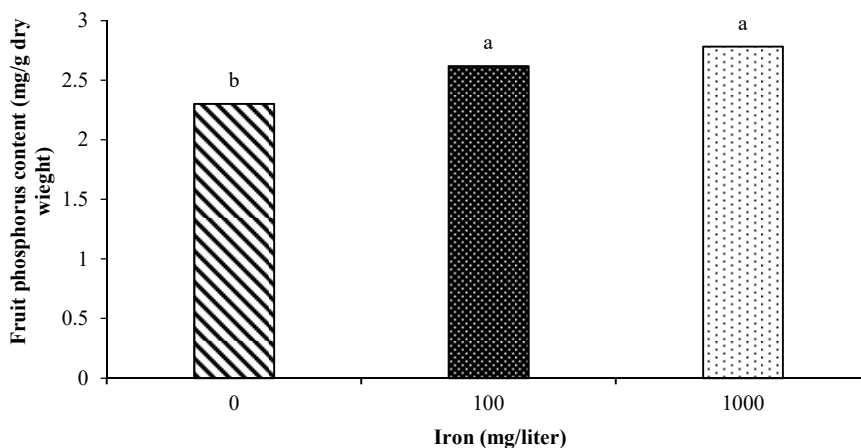
پتاسیم میوه مربوط به تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود (شکل ۹). آهن باعث افزایش میزان پتاسیم میوه‌ها شد، ولی با افزایش بیشتر غلظت آهن میزان پتاسیم میوه‌ها کاهش پیدا کرد. گیاهانی که کمبود پتاسیم دارند به آفات و بیماری‌ها حساس بوده و کیفیت میوه آن‌ها کاهش پیدا می‌کند (Tabatabaei, 2013). کاربرد آهن باعث افزایش محتوای پتاسیم میوه‌ها شد که این افزایش می‌تواند حساسیت میوه‌ها را نسبت به بیماری‌های پس از برداشت کاهش دهد و باعث افزایش کیفیت میوه‌ها شود.

محتوای فسفر میوه‌ها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آهن در



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر آهن بر محتوای پتاسیم میوه سیب رقم گالا  
Figure 9. Mean comparison effect of iron on fruit potassium content of apple cv. Gala



شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثر آهن بر محتوای فسفر میوه سیب رقم گالا  
Figure 10. Mean comparison effect of iron on fruit phosphorus content of apple cv. Gala

## نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نقشی که عناصر غذایی در افزایش کیفیت میوه‌ها دارد تامین عناصر غذایی از طریق محلول پاشی می‌تواند باعث بهبود کیفیت میوه‌ها شود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد کاربرد آهن و روی به صورت محلول پاشی برگی منجر به بهبود محتوای عناصر غذایی میوه‌ها شد که این می‌تواند باعث افزایش کیفیت خوراکی میوه‌ها شود. محلول پاشی آهن باعث افزایش عملکرد، وزن، محتوای آهن، روی، پتاسیم، کلسیم و فسفر میوه‌ها شد. همچنین مواد جامد قابل حل و محتوای آهن و روی

میوه‌ها با محلول پاشی روی افزایش پیدا کرد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان بیان کرد که تغذیه مناسب درختان سیب رقم گالا نقش مهمی در عملکرد، کیفیت و محتوای عناصر معدنی میوه‌ها دارد. در این پژوهش نیز تیمار  $Fe_2Zn_3$  (۱۰۰ میلی گرم در لیتر آهن و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر روی) بهتر از سایر تیمارها بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد آهن و روی در درختان دارای کمبود این عناصر می‌تواند باعث بهبود عملکرد و کیفیت تغذیه‌ای میوه‌ها شود و محتوای عناصر معدنی میوه‌ها نیز افزایش پیدا کند.

## REFERENCES

1. Aboutaleb, A. (2013). Effects of nitrogen and iron on sweet lime (*Citrus limetta*) fruit quantity and quality in calcareous soils. *Journal of Novel Applied Sciences*, 2(8), 211-213.
2. Ali, A., Khattak, M.J.K., Shah, S.N.M., Shah, M., Zaheer, S. & Bibi, S. (2014). Comparative effect of foliar application on micronutrients content in peach leaf and fruit. *International Journal of Farming and Allied Science*, 3 (4), 382-388.
3. Alloway, B.J. (2008). Zinc in soils and crop nutrition. *International Zinc Association Brussel, Belgium*.
4. Álvarez-Fernández, A., Abadía, J. & Abadía, A. (2006). *Iron deficiency, fruit yield and fruit quality*. Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms. Springer Netherlands.
5. Alvarez-Fernandez, A., Paniagua, P., Abadia, J. & Abadia, A. (2003). Effects of Fe deficiency chlorosis on yield and fruit quality in peach (*Prunus persica* L. Batsch). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51(19), 5738-5744.
6. Ashoori, M., Lolaei, A., Ershadi, A., Kolhar, M. & Rasoli, A. (2013). Effects of N, Fe and Zn nutrition on vegetative and reproductive growth and fruit quality of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 3 (1), 49-58.
7. Babalar, M. & Pirmoradian, M. (2009). *Nutrition of fruit trees*. Tehran University Press. (in Farsi)
8. Bramlage, W. J., Greene, D. W., Autio, W. R. & McLaughlin, J. M. (1980). Effects of aminoethoxyvinylglycine on internal ethylene concentrations and storage of apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105(6), 847-851.
9. Brennan, R. F., Armour, J. D. & Reuter, D. J. (1993). *Diagnosis of zinc deficiency*. In: Robson, A.D. (Ed.), *Zinc in soils and plants*. Springer, Netherlands, pp. 167-181.
10. Chapaman, H. D. & Pratt, P. F. (1961). *Methods of analysis for soils, plant and water*. University of California, Berkeley, CA, USA. 309.
11. Erdal, I., Atilla Askin, M., Kucukyumuk, Z., Yildirim, F. & Yildirim, A. (2008). Rootstock has an important role on iron nutrition of apple trees. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(2), 173-177.
12. FAO Soils Bulletin 21. (1972). Calcareous soils. Report of the FAO/UNDP Regional Seminar on Reclamation and Management of Calcareous Soils.
13. Fernández, V., Del Río, V., Pumariño, L., Igartua, E., Abadía, J. & Abadía, A. (2008). Foliar fertilization of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) with different iron formulations: effects on re-greening, iron concentration and mineral composition in treated and untreated leaf surfaces. *Journal of Scientia Horticulturae*, 117, 241-248.
14. Food and Agriculture Organization. (2012). *Food Production in FAO*. Retrieved September 23, 2012, from <http://www.fao.org/Food Production>
15. Ganesh, S. & Kannan, M. (2013). Essentiality of micronutrients in flower crops: A review. *Journal of Agriculture and Allied Sciences*, 2 (3), 52-57.
16. Hannafy Ahmed, A.H., Khalil, M.K., Abd El-Rahman, A.M. & Nadia, A.M. (2012). Effect of zinc, tryptophan and indole acetic acid on growth, yield and chemical composition of valensia orange trees. *Journal of Applied Sciences Research*, 8 (2), 901-914.
17. Hipps, N.A. & Davies, M.J. (2001). Effects of foliar zinc applications at different times in the growing season on tissue zinc concentrations, fruit set, yield and grade out of culinary apple trees. *Acta Horticulturae* 564, 145-151.

18. Jahanshah, S. (2008). Effects of different methods of iron application on yield and leaf and fruit chemical compositions of 'Lisbon' lemon cultivar. *Journal of Horticultural Science and Technology*, 9 (1), 23-34. (in Farsi)
19. Jeyakumar, P. & Balamohan, T. N. (2003). Micronutrients for horticultural crops. Department of Fruit Crop. *Horticultural College and Research Institute Tamil Nadu Agricultural University, Combatore*, 1 (10), 438-447.
20. Kaya, C. & Higgs, D. (2002). Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) cultivars to foliar application of zinc when grown in sand culture at low zinc. *Scientia Horticulturae*, 93, 53-64.
21. Malakouti, M.J. (2001). The effects of balanced fertilization and zinc application on improving apple yield, quality, and reducing browning incidence. *Acta Horticulturae*, 564, 153-158.
22. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plant*. Academic, London.
23. Miles, P. H., Wilkinson, N. S. & McDowell, L. R. (2001). *Analysis of minerals for animal nutrition research*. (3<sup>rd</sup> ed.). University of Florida, Gainesville.
24. Mirzaalian Dastjerdi, A.M., Kalantari, S., Babalar, M. & Zamani, Z. (2013). Effects of maturity stage and storage temperature on the quality of 'Langra' mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 44, 43-59. (in Farsi)
25. Mirzaei-Aghsaghali, A., Maheri-Sis, N., Mansouri, H., Razeghi, M. E., Mirza-Aghazadeh, A., Cheraghi, H. & Aghajanzadeh-Golshani, A. (2011). Evaluating potential nutritive value of pomegranate processing by-products for ruminants using in vitro gas production technique. *ARPJN Journal of Agricultural and Biological Science*, 6, 45-51.
26. Neilsen, G. H. & Neilsen, D. (2002). Effect of foliar Zn, form and timing of Ca sprays on fruit Ca concentration in new apple cultivars. *Acta Horticulturae*, 594, 435- 443.
27. Poltronieri, Y., Martinez, H. E. P. & Cecon. P. R. (2011). Effect of zinc and its form of supply on production and quality of coffee beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 2431-2436.
28. Rasolzadegan, Y. (1992). *Temperate zone pomology*. Isfahan University of Technology Press. (in Farsi)
29. Razaq, K., Khan, A. S., Malik, A. U., Shahid, M. & Ullah, S. (2013). Foliar application of zinc influences the leaf mineral status, vegetative and reproductive growth, and yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin. *Journal of Plant Nutrition*, 36, 1479-1495.
30. Roosta, H. R. & Hamidpour, M. (2011). Effects of foliar application of some macro and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. *Scientia Horticulturae*, 129, 396-402.
31. Ryan, J., Sommer, R. & Estefan, G. (2013). *Methods of soil, plant and water analysis: A manual for the West Asia and North Africa region* (Third Ed.). International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).
32. Sparks, D. L. (1996). *Methods of soil analysis*. Part 3. Chemical methods. Soil Science Society, American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
33. Swietlik, D. (2002). Zinc nutrition of fruit trees by foliar sprays. *Acta Horticulturae*, 594, 123-129.
34. Tabatabaei, S. J. (2013). *Principles of mineral nutrition of plants*, Tabriz University Press. (in Farsi)
35. Taghavi, S. T., Babalar, M., Ebadi, A., Ebrahimzade, H. & Askari, M. A. (2005). The effect of different levels of iron and boron on amount of elements and yield of strawberry cv. Selva. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 36 (5). (in Farsi)
36. Van Soest, J. P. (2012). Influence of foliar application of some nutrient (Fertifol Misr) and gibberellic acid on fruit set, yield and fruit quality and leaf composition of "Anna" apple trees grown in sandy soil. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 17-23.
37. Yong, Z., Chun-xia, F., Fei, L., Xiao-dan, F., Yu-jing, Y., Yan-an, W. & You-peng, Z. (2013). Effects of aerial zinc application on carbohydrate metabolism-related enzymes activities in apple fruit. *Journal of Acta Horticulture Sinica*, 40(8), 1429-1436.
38. Zhang, Y., Fu, C., Yan, Y., Wang, Y., Li, M., Chen, M., Qian, J., Yang, X. & Cheng, S. (2013). Zinc sulfate and sugar alcohol zinc sprays at critical stages to improve apple fruit quality. *Journal of HortTechnology*, 23, 490-497.
39. Zaman, Q. & Schumann, A. W. (2006). Nutrient management zones for citrus based on variation in soil properties and tree performance. *Precision Agriculture*, 7, 45-63.