

بررسی تأثیر نیترات آمونیوم و آهن بر خواص کیفی و پاداکسندگی میوه سیب رقم گالا

مصباح بابالار^{۱*}، خدیجه جلیلی^۲، محمدعلی عسگری سرچشمه^۳ و علیرضا طلایی^۴

۱، ۲، ۳ و ۴. استاد، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی

دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۲۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۱۶)

چکیده

تولید میوه‌های با کیفیت و قابلیت انبارداری بالا در سیب، اهمیت زیادی دارد. در این پژوهش اثرات نیترات آمونیوم و آهن بر خواص کیفی و پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) میوه سیب رقم گالا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بررسی شد. بدین منظور محلول‌پاشی کلات آهن در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و تغذیه خاکی نیترات آمونیوم در سه سطح (۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم برای هر درخت) که به صورت نواری بودند، انجام شد. نتایج نشان داد که استفاده از تیمارهای آهن و نیترات آمونیوم اثر معنی‌داری ($P \leq 0/01$) بر خواص کیفی میوه داشت. بنابراین نتایج، کاربرد نیترات آمونیوم باعث افزایش فعالیت پاداکسندگی کل و فنل کل شد. با افزایش غلظت آهن نیز میزان فعالیت پاداکسندگی کل افزایش، ولی میزان فنل کل کاهش یافت. همچنین کاربرد آهن باعث کاهش اسیدیته کل و افزایش شاخص طعم میوه شد. بنابر نتایج به‌دست‌آمده، تیمارهای استفاده‌شده تأثیر معنی‌داری بر میزان مواد جامد محلول کل و شاخص‌های رنگ نشان ندادند. نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف بهینه کود نیتروژن و آهن سبب افزایش کیفیت و محتوای پاداکسندگی سیب، رقم گالا می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته قابل عیارسنجی، شاخص طعم، کروما، مواد جامد محلول.

مقدمه

سیب (*Malus domestica* Bork.) از لحاظ طعم و ارزش غذایی اهمیت فراوانی در بین میوه‌ها دارد (Jan et al., 2012). این محصول امروزه در ۳۱ کشور کشت می‌شود که کشور چین به تنهایی ۴۰ درصد تولید جهانی این محصول را به خود اختصاص داده است. ایران نیز رتبه هشتم جهان را با میزان تولید ۱۷۰۰۰۰۰ تن دارد (FAO, 2012). میوه سیب و عصاره آن فعالیت‌های پاد (آنتی) ویروسی آنفلوانزا دارد و در اکسایش (اکسیداسیون) LDL (لیپو پروتئین با چگالی کم) نقش دارند. همچنین احتمال بروز سرطان پروستات و خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن مانند

بیماری‌های قلبی عروقی و سرطان را کاهش می‌دهد (Denis et al., 1999; Boyer & Liu, 2004). ترکیبات فنلی از جمله فلاونوئیدها به‌طور عمده یکی از منابع اصلی پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدان)ها در برنامه رژیم غذایی به شمار می‌آیند (Boyer & Liu, 2004). در سیب و نیز دیگر میوه‌ها محتوای فنلی در رقم‌های مختلف، بافت‌های مختلف میوه، شرایط رشد، شیوه‌های کشت، رسیدگی در برداشت، شرایط نگهداری پس از برداشت محصول و فرآوری متفاوت است (Imeh & Khokhar, 2002; Boyer & Liu, 2004). زیست‌ساخت (بیوسنتز) این ترکیبات در پوست میوه و دیگر بافت‌های گیاهی، با دو مسیر اسید

کل باعث بهبود کیفیت میوه شده است (Quaggio *et al.*, 2006). کاربرد کود نیتروژن در میوه سیب باعث کاهش مواد جامد محلول کل و افزایش وزن میوه شده است (Kaack & Pedersena, 2014). با توجه به اهمیت خواص کیفی و قابلیت انبارمانی میوه سیب، در این پژوهش به بررسی تأثیر کود نیتروژن و آهن بر خواص کیفی و پاداکنندگی میوه با هدف تعیین تیمار تغذیه‌ای مناسب برای افزایش خواص کیفی میوه سیب پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۲ در بخش میوه‌کاری مرکز تحقیقات گروه مهندسی علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج (۴۵ کیلومتری غرب تهران) با ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی انجام شد. در این پژوهش تأثیر نیترات آمونیوم (به صورت خاکی) و آهن (به صورت محلول پاشی) بر خواص کیفی و پاداکنندگی میوه سیب رقم گالا که از رقم‌های مهم تجاری و میان‌رس سیب است، ارزیابی شد. درختان استفاده شده در این آزمایش هشت‌ساله بوده و بر نظام کشت V شکل تربیت شده بودند. زمان اعمال تیمارهای آزمایش نیز در سه مرحله (پانزدهم هر یک از ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیر) بود. در آغاز تحقیق نیز، نمونه خاکی باغ تجزیه شد. همزمان با رسیدگی محصول، میوه‌ها در هفتم مرداد ماه برداشت شده و برای انجام اندازه‌گیری‌های زیر به آزمایشگاه منتقل شدند.

اسیدیتته قابل عیار، مواد جامد محلول کل و شاخص طعم میوه

برای اندازه‌گیری اسیدیتته قابل عیار (تیترا) (TA)، مقدار ۱۰ سی‌سی عصاره صاف‌شده میوه را با آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده و سپس با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به $pH=8/1-8/3$ عیار کرده و میزان سود مصرفی ثبت شد. اسیدیتته قابل عیار اندازه‌گیری بر حسب درصد اسید مالیک بیان شد. برای اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول کل (TSS) عصاره

شیکمیک و استات موالات، تحت تأثیر مرحله رشد گیاه و عامل‌های بیرونی انجام می‌گیرد (Santiago *et al.*, 2000). این ترکیبات بخش جدا نشدنی در برنامه غذایی بشر بوده و به دلیل ویژگی‌های پاداکنندگی قوی و ضد سرطانی، بسیار توجه شده‌اند (Lambert *et al.*, 2005). شرایط تغذیه یک عامل مهم در کیفیت و طول عمر پس از برداشت محصولات است. کمبود، افراط و یا نبود تعادل مواد غذایی مختلف ممکن است باعث اختلال‌هایی شود که می‌تواند عمر انبارمانی محصول را محدود سازد (Crisosto & Costa, 2008). عامل‌های مختلفی مانند منطقه، آب و هوا، کود و در کل شرایط اقلیمی می‌تواند بر میزان و کیفیت ترکیبات مغذی سیب تأثیرگذار باشد (Drake & Eisele, 1997). بررسی‌ها نشان‌دهنده این واقعیت است که در دسترس بودن مواد مغذی گیاه، می‌تواند از عامل‌های مهم در تعیین مواد ثانوی و مقدار پاداکننده‌ها در گیاهان باشد (Stewart *et al.*, 2001; Kopsell *et al.*, 2003; Jeppsson, 2000). نیتروژن یکی از عامل‌های مهم رشد در کنترل عملکرد و کیفیت گیاهان است. افزون بر این، باعث تعدیل زیست‌ساخت سوخت‌وسازگر (متابولیت)‌های ثانوی مانند ترکیبات فلاونوئید، گلوکوزینولات‌ها، کاروتنوئیدها و... می‌شود (Aires *et al.*, 2006). کاربرد نیتروژن در درختان سیب بر رشد درخت، تشکیل جوانه گل، عملکرد و کیفیت میوه به‌ویژه اندازه و رنگ میوه تأثیر می‌گذارد (Fallahi *et al.*, 1997; 2001; Raese *et al.*, 2007). آهن نیز برای همه مراحل زندگی گیاه ضروری بوده و به‌عنوان یک کاتالیزور در واکنش‌های پرشمار اکسایش و احیا عمل می‌کند که از لحاظ بیولوژیک اهمیت اساسی دارد (Pestana *et al.*, 2012). بنا بر بررسی‌های انجام‌گرفته سبزدی (کلروز) آهن باعث کاهش تولید میوه، شمار میوه در هر درخت، اندازه میوه و عملکرد شده است همچنین بر کیفیت میوه مانند استحکام و اسیدیتته آن نیز مؤثر بوده است. به‌طوری‌که استفاده از کود آهن کیفیت میوه و عملکرد بسیاری از محصولات را افزایش می‌دهد (Álvarez-Fernández *et al.*, 2006). در میوه پرتقال کود نیتروژن با افزایش میزان قند جامد محلول

استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفوتومتر) اندازه‌گیری شد. بدین منظور ۰/۵ گرم از بافت تازه میوه در ۸ میلی‌لیتر اتانول همگن شد. عصاره اتانولی تهیه‌شده در سانتریفیوژ با دور ۹۰۰۰ در دقیقه به مدت پانزده دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس به عصاره‌های سانتریفیوژ شده ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین و پس از چهل ثانیه ۱ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷ درصد اضافه شد. به هر یک از نمونه‌ها ۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. محلول به‌دست‌آمده به مدت دو ساعت در تاریکی در دمای اتاق نگهداری شد. سپس میزان جذب در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت میزان فنل کل با میزان جذب نمونه و مقایسه آن با استاندارد، بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید موجود در ۱ گرم بافت تازه بیان شد (Escarpa & Gonzalez, 2001; Abrosca et al., 2007).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی که شامل محلول‌پاشی کلات آهن در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر)، نیترات آمونیوم در سه سطح (۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم برای هر درخت) و یک رقم سیب "گالا" در سه تکرار به اجرا در آمد. تجزیه آماری داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد و به‌منظور مقایسه میانگین‌ها، مقایسه میانگین‌ها در سطوح مختلف احتمال (۰/۰۱ و ۰/۰۵) به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اسیدیتته قابل عیار، مواد جامد محلول کل و شاخص

طعم میوه

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس نشان داد که تیمار آهن تأثیر شایان توجهی ($P \leq 0/05$) بر میزان اسیدیتته کل داشت. به طوری که با افزایش سطوح آهن میزان اسیدیتته قابل عیار کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین میزان آن در نمونه‌های شاهد (درصد ۰/۲۶۲) و کمترین آن در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر آهن

میوه با استفاده از قطره‌چکان روی منشور دستگاه شکست‌سنج (ر‌فراکتومتر) (ATAGO-ATC-(20E)) ساخت کشور ژاپن ریخته و عدد مربوط قرائت شد. عدد به‌دست‌آمده بیانگر مواد جامد محلول است که به‌صورت بریکس بیان می‌شود. شاخص طعم میوه نیز به‌صورت نسبت مواد جامد محلول کل به اسیدیتته قابل عیار بیان شد (Cheour et al., 1991).

میزان رنگ

رنگ میوه با استفاده از رنگ‌سنج مدل (Konica Minolta CR-400, Japan) اندازه‌گیری شد. در هر مرحله اندازه‌گیری از هر تیمار پنج میوه به تصادف انتخاب شد و قرائت‌ها از سه نقطه مقابل هم روی میوه انجام شد و شاخص‌های رنگ L^* (سیاه-سفید)، a^* (قرمز-سبز) و b^* (زرد-آبی) اندازه‌گیری شدند و شاخص رنگ کروما با فرمول‌های زیر محاسبه شد (Mortazavi et al., 2008; Del-Valle et al., 2005).

$$\text{Chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

فعالیت پاداکسندگی کل

برای اندازه‌گیری فعالیت پاداکسندگی کل، ۱ گرم از بافت میوه با ۸ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد همگن شده و مخلوط به‌دست‌آمده در دور ۱۲۰۰۰ به مدت پانزده دقیقه سانتریفیوژ و محلول رویی گردآوری شد. سپس ۳۴۰۰ میکرولیتر از محلول ۱۰،۱- دی فنیل - ۲- پیکریل هیدرازیل (۱۰۰ میکرومولار) درون کووت شیشه‌ای ریخته و مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره اتانولی تهیه‌شده نیز به آن اضافه شد. محلول به‌دست‌آمده به مدت دو ساعت در شرایط تاریکی نگهداری و سپس میزان جذب نوری آن در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد (Javanmardi & Kubota et al., 2006). درصد فعالیت پاداکسندگی برابر با فرمول زیر بیان شد.

$$\%DPPHsc = (A_{cont} - A_{samp}) \times 100 / A_{cont}$$

A_{cont} : مقدار جذب شاهد

A_{samp} : مقدار جذب نمونه

محتوای فنل کل

میزان فنل کل در عصاره‌های پوست و گوشت با شناساگر فولین سیوکالچو (Folin-Ciocalteu) با

که از لحاظ محتوای پاداکسندگی کل، بین تیمارهای آهن، نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۰/۰۱ اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱). به‌طوری‌که تیمارها باعث افزایش میزان پاداکسندگی کل شده است. بیشترین میزان پاداکسندگی کل مربوط به نمونه‌های تیمار شده با ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیترات آمونیوم (۷۰/۲۹ درصد) و کمترین آن مربوط به نمونه‌های شاهد (۶۱/۰۲۸ درصد) بوده که حدود ۱/۱۵ برابر بیشتر از نمونه‌های شاهد است. بین نمونه‌های تیمار شده با ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیترات آمونیوم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است، ولی با افزایش غلظت نیتروژن به ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم میزان پاداکسندگی کل کاهش یافت که این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. با افزایش سطوح آهن میزان پاداکسندگی کل نیز افزایش یافت. بیشترین میزان پاداکسندگی کل مربوط به نمونه‌های تیمار شده با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کلات آهن (۷۲/۹۲۷ درصد) و کمترین آن مربوط به نمونه‌های شاهد (۶۰/۵۷۳ درصد) بوده که درصد ۲۰/۳۹ افزایش یافته است. اثر متقابل تیمارها نیز اثر معنی‌داری (P ≤ ۰/۰۱) پاداکسندگی میوه داشت. بیشترین میزان پاداکسندگی کل (۷۴/۴۴۲ درصد) در نمونه‌های تیمار شده با ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیترات آمونیوم با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کلات آهن مشاهده شد که ۱/۴۶ برابر بیشتر از نمونه‌های شاهد بود (شکل ۱). تغذیه بهینه درختان میوه می‌تواند باعث افزایش کیفیت محصول تولیدی و همچنین افزایش قابلیت انبارمانی آن‌ها شود (Crisosto & Costa, 2008). مصرف بیش‌ازحد نیتروژن موجب کاهش ترکیبات پاداکسندگی میوه می‌شود. در این بررسی با توجه به کمبود نیتروژن و آهن در خاک مورد آزمایش، استفاده بهینه این عناصر موجب بهبود فعالیت پاداکسندگی میوه شده است. کود نیتروژن در توت‌فرنگی کمبود آهن میزان پاداکسندگی کل را کاهش داده است (Pestana *et al.*, 2010). میزان پاداکسندگی کل در فلفل تحت تأثیر غلظت نیتروژن قرار نگرفته است (Nunez-Ramirez *et al.*, 2011). گزارش شده است کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر میزان پاداکسندگی

(درصد ۰/۲۱۵) مشاهده شد. بنابراین نتایج، تیمار نیترات آمونیوم و اثر متقابل تیمارها اثر معنی‌داری بر میزان اسیدیته کل نداشت. همچنین مواد جامد قابل‌حل تحت تأثیر تیمارهای استفاده نشد. کاهش اسیدیته قابل‌عیار توسط تیمار آهن به‌احتمال به دلیل افزایش رقت ناشی از افزایش عصاره میوه است (El-Kassas, 1984). یکی از اثرگذارهای کمبود آهن تأخیر در بلوغ میوه است (Alvarez-Fernandez *et al.*, 2003). در نتیجه دلیل بیشتر بودن اسیدیته کل می‌تواند ناشی از تأخیر در بلوغ میوه باشد. کاربرد آهن در درختان دارای کمبود آهن، میزان آب‌میوه را نسبت به درختان دارای کمبود آهن بیشتر کرده و در نتیجه باعث کاهش اسیدیته می‌شود. همچنین شاخص طعم به‌طور شایان توجهی (P ≤ ۰/۰۱) تحت تأثیر تیمار آهن قرار گرفت. به‌طوری‌که کاربرد آهن باعث افزایش شاخص طعم میوه شد که به‌احتمال به دلیل کاهش اسیدیته کل است. بیشترین میزان شاخص طعم (۴۸/۴۶۲) در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر آهن به دست آمد. تیمار نیترات آمونیوم و اثر متقابل تیمارها اثر معنی‌داری بر میزان شاخص طعم نداشت. با افزایش غلظت نیتروژن در سبب باعث کاهش میزان اسیدیته قابل‌عیار و مواد جامد محلول کل شده است (Vang-Petersen *et al.*, 1977). گزارش شده است که نیتروژن باعث کاهش مواد جامد قابل‌حل و مقدار اسیدیته در سبب گرانی اسمیت شده است (Raese *et al.*, 2007). ولی در رقم فوجی اثر معنی‌داری بر میزان اسیدیته نداشته است (Raese & Drake, 2008). محلول‌پاشی آهن باعث کاهش غلظت اسیدسیتریک و افزایش مواد جامد محلول در نارنگی تانجرین شد (Pestana *et al.*, 2001). همچنین کمبود آهن باعث کاهش نسبت قند به اسید در هلو شده است که این می‌تواند منجر به کاهش کیفیت خوراکی میوه شود (Álvarez-Fernández *et al.*, 2003). در انار رقم ملس ساوه کاربرد کلات آهن باعث افزایش نسبت قند به اسید شد (Davaranpanah *et al.*, 2013).

فعالیت پاداکسندگی کل

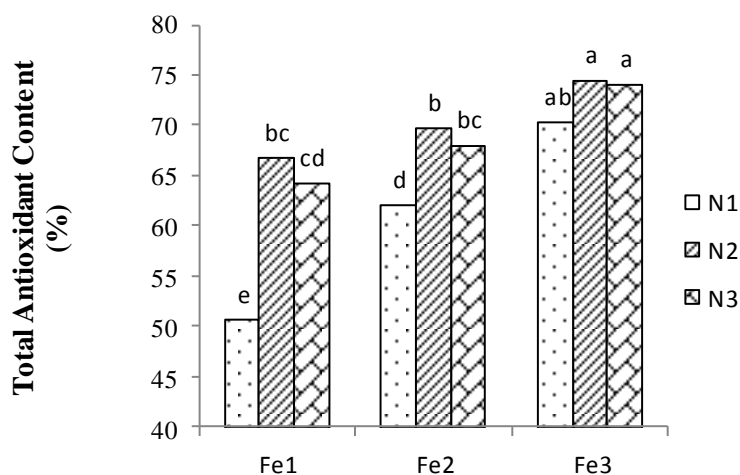
نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد

بیشترین میزان قرمزی میوه در نمونه‌های تیمار شده با ۵ میلی‌گرم در لیتر آهن (۵/۷۲۴) به دست آمد. تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر آهن با نمونه‌های شاهد از نظر مختصات رنگ a^* تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در یک بررسی همسان در گلابی، میوه درختان دچار کمبود آهن مقادیر منفی بیشتری برای مختصات رنگ a^* نسبت به میوه درختانی با آهن کافی نشان دادند که به احتمال با تأخیر در رسیدن میوه در زمان برداشت تجاری مرتبط است (Alvarez-Fernandez *et al.*, 2005). در میوه‌های سبز، کمبود آهن همچنین می‌تواند منجر به زردی و سبزدی میوه شود، این موضوع در گلابی نیز گزارش شده است (Raese *et al.*, 1986).

کل داشت به طوری که با افزایش غلظت کود نیتروژن محتوای پاداکسنده کل در رقم‌های مختلف ریحان کاهش یافت. به طوری که کمترین میزان محتوای پاداکسنده کل با کاربرد بالاترین میزان نیتروژن (۵/۰ میلی‌مولار) در محلول غذایی به دست آمد (Nguyen & Niemeier, 2008).

میزان رنگ میوه‌ها

نتایج به دست آمده نشان داد که تیمار آهن و نیترات آمونیوم اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رنگ L^* ، b^* و کروما نداشتند. ولی شاخص رنگ a^* به طور شایان توجهی ($P < 0.01$) تحت تأثیر تیمار آهن قرار گرفت.



شکل ۱. اثر متقابل مقادیر مختلف آهن در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و نیترات آمونیوم با سه سطح (۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم برای هر درخت) بر محتوای پاداکسنده‌های کل میوه سیب رقم گالا.

Figure 1. The interaction of different amounts of iron in three levels (0, 5 and 10 mg/L) and ammonium nitrate with three levels (0, 40 and 60 mg / kg / tree) on the total antioxidant content of Gala apple.

جدول ۱. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف آهن و نیترات آمونیوم به طور جداگانه بر شاخص‌های کیفی اندازه‌گیری شده میوه سیب رقم گالا

Table 1. Mean comparisons of different levels of iron and ammonium nitrate on measured qualitative indicators of Gala apples

Treatment	Iron (mg/l)			Ammonium nitrate (mg/kg)		
	0	5	10	0	40	60
Characteristics						
TA (%)	0.262 a	0.254 a	0.215 b	0.233 a	0.256 a	0.243 a
TSS (Brix)	10.822 a	9.706 a	10.350 a	9.995 a	10.977 a	9.850 a
TSS/TA	38.224 b	42.016 ba	48.462a	43.383 a	43.562 a	41.757 a
Total phenol content (mg/100g)	52.089 ba	58.681 a	46.089 b	36.770 b	59.496 a	60.593 a
Total antioxidant content (%)	60.573 c	66.591 b	72.926 a	61.028 b	70.290 a	68.774 a
L	50.959 a	49.797 a	50.470 a	49.234 a	51.101 a	50.893 a
a^*	-8.869 b	-5.724 a	-9.147 b	-8.138 a	-7.294 a	-8.309 a
b^*	31.856 a	29.981 a	32.639 a	31.270 a	31.833 a	31.373 a
Chroma	33.129 a	30.579 a	34.005a	32.413 a	32.796 a	32.504 a

اعداد حروف مشترک در هر ستون دارند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار با یکدیگر ندارند ($P \leq 0.05$).

The numbers with the same letters in each column are not statistically different ($P \leq 0.05$).

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف آهن و نیترات آمونیوم بر شاخص‌های کیفی اندازه‌گیری‌شده میوه سیب رقم گالا
Table 2. Mean comparisons of interaction effects of different levels of iron and ammonium nitrate on measured qualitative indicators of Gala apples

Characteristics	Chroma	b*	a*	L*	Total antioxidant content (%)	Total phenol content (mg/100g FW)	TSS/TA	TSS (Brix)	TA (%)	
N*Fe										
Fe1		32.818	31.223	-9.983	48.750	50.704 e	40.755 def	47.598	11.066	0.232
Fe2	N1	31.361	30.901	-5.083	51.060	62.119 d	31.911 f	36.294	9.053	0.252
Fe3		33.060	31.685	-9.348	47.891	70.299 ab	37.644 ef	46.257	9.866	0.214
Fe1		35.515	34.545	-7.901	53.448	66.757 bc	55.066 c	31.335	11.133	0.274
Fe2	N2	28.413	27.788	-5.698	48.676	69.668 b	74.844 a	37.729	10.133	0.269
Fe3		34.459	33.166	-8.283	51.176	74.442 a	48.577 cde	51.621	11.666	0.225
Fe1		31.052	29.798	-8.721	50.680	64.256 cd	60.444 bc	37.112	10.266	0.279
Fe2	N3	31.961	31.253	-6.393	49.655	67.985 bc	69.288 ab	40.648	9.933	0.243
Fe3		34.496	33.066	-9.810	52.343	74.079 a	52.044 cd	47.509	9.690	0.207

اعدادی که حرف مشابه دراند یا بدون حرف مشخص شده‌اند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($P < 0.05$).

The numbers with the same letters in each column are not statistically different ($P \leq 0.05$).

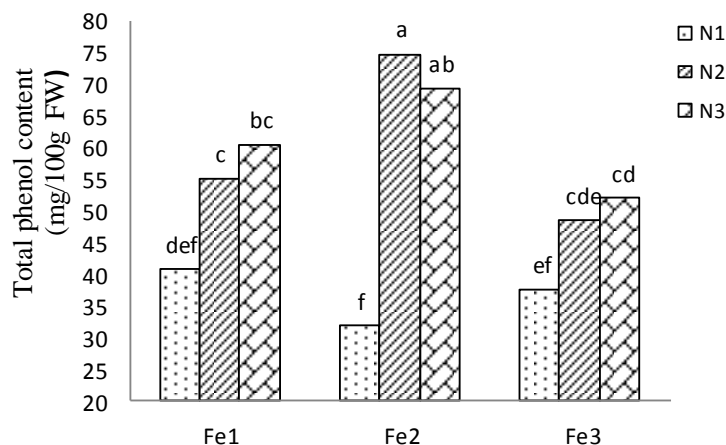
محتوای فنل کل

با توجه به جدول ۲، محتوای فنل کل به‌طور شایان توجهی ($P \leq 0.01$) تحت تأثیر تیمار آهن و نیتروژن قرار گرفت. تیمار نیتروژن، محتوای فنل کل را $1/64$ برابر نسبت به نمونه‌های شاهد افزایش داد. به‌طوری‌که بیشترین میزان ترکیبات فنلی کل در تیمار ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیترات آمونیوم ($60/593$ میلی‌گرم) نسبت به نمونه‌های شاهد مشاهده شد. تیمار آهن در سطح ۵ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش محتوای فنل کل از $52/089$ به $58/681$ میلی‌گرم شد. ولی با افزایش غلظت آهن به ۱۰ میلی‌گرم در لیتر محتوای فنل کل میوه به $46/089$ میلی‌گرم کاهش یافت. بین اثر متقابل تیمارهای آهن و نیترات آمونیوم اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.01$) وجود داشت. به‌طوری‌که بیشترین محتوای فنل کل ($74/844$ میلی‌گرم) در نمونه‌های تیمار شده با ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیترات آمونیوم با ۵ میلی‌گرم در لیتر آهن به دست آمد و کمترین آن در نمونه‌های تیمار شده با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر آهن بدون نیترات آمونیوم مشاهده شد (شکل ۲). ترکیبات فنلی در عطر و طعم و رنگ میوه تأثیر دارند. بررسی‌های زیادی در رابطه با تأثیر وضعیت تغذیه‌ای گیاهان بر میزان تولید سوخت‌وسازگرهای ثانویه انجام شده است. میزان ترکیبات فنلی در طول نمو میوه افزایش یافته ولی قبل از رسیدن میوه کاهش می‌یابد. بیشترین میزان گالیک اسید در مرحله میانی نمو میوه سیب گالا و

کمترین آن در مرحله برداشت میوه مشاهده شده است. بالا بودن ترکیبات فنلی در میوه درختان دارای کمبود آهن به احتمال به دلیل تغییر در بلوغ و رسیدن است که باعث افزایش گسی میوه و کاهش کیفیت چشایی آن می‌شود. بنابراین کمبود آهن با تغییر در ترکیب شیمیایی میوه باعث کاهش کیفیت خوراکی میوه می‌شود (Álvarez-Fernández *et al.*, 2003). گزارش شده است که غلظت ترکیبات فنولی کل در هلو به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.05$) تحت تأثیر کمبود آهن قرار نگرفته است. ولی میوه‌های دچار کمبود آهن تمایل به غلظت بالای ترکیبات فنلی کل داشتند (Álvarez-Fernández *et al.*, 2003). نیتروژن باعث تعدیل زیست‌ساخت سوخت‌وسازگرهای ثانوی می‌شود (Aires *et al.*, 2006). کاربرد بیش‌ازحد نیتروژن به علت تغییر تعادل نسبت کربن به نیتروژن موجب کاهش ساخت ترکیبات فنلی می‌شود (Leser & Treutter, 2005). در فلفل میزان فنل کل تحت تأثیر غلظت نیتروژن قرار نگرفته است ولی بیشترین میزان فنل کل در غلظت نیتروژن ۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است (Nunez-Ramirez *et al.*, 2011). در گزارشی کود نیتروژن‌دار تأثیر معنی‌داری بر میزان ترکیبات فنلی کل داشت به‌طوری‌که با افزایش غلظت کود نیتروژن محتوای فنل کل در رقم‌های مختلف ریحان کاهش یافت و بیشترین میزان محتوای فنل کل با کاربرد $0/1$ میلی‌مولار نیتروژن در محلول غذایی به دست آمد (Nguyen & Niemeier, 2008).

آنتوسیانین‌ها در گیاهان است (Faragher & Brohier, 1984). در این تحقیق میوه‌هایی که رنگ قرمز پوست بالاتری داشتند، ترکیبات فنلی بیشتری دارند. بیشترین میزان a^* و ترکیبات فنلی میوه در درختان محلول‌پاشی شده با ۵ میلی‌گرم در لیتر آهن مشاهده شد.

با توجه به اینکه بخش عمده ترکیبات فنلی میوه سیب در بخش پوست آن موجود است. میوه‌های قرمز رنگ محتوای ترکیبات فنلی بیشتری نسبت به میوه‌های زرد رنگ دارند. آنزیم فنیل آلانین آمونو لیاز (PAL) آغازگر ساخت ترکیبات فنلی از جمله



شکل ۲. اثر متقابل مقادیر مختلف آهن در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و تغذیه نیترات آمونیوم با سه سطح (۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم برای هر درخت) بر محتوای فنل‌های کل میوه سیب رقم گالا.

Figure 2. The Interaction among different amounts of iron (0, 5 and 10 mg/l) and ammonium nitrate (0, 40 and 60 mg / kg / tree) on total phenol contents of Gala apples

می‌شود. در نتیجه مصرف کود آهن در درختان دارای کمبود آهن با تغییر در ترکیب شیمیایی میوه باعث افزایش کیفیت خوراکی و کاهش کیفیت تغذیه‌ای میوه می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده، در دسترس بودن مواد مغذی گیاه می‌تواند از عامل‌های مهم در تعیین سوخت‌وساز ثانوی و مقدار پاداکسنده‌ها در گیاهان باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت مصرف بهینه کود نیتروژن و آهن در درختان دارای کمبود باعث افزایش کیفیت خوراکی و ارزش تغذیه‌ای میوه با بهبود شاخص طعم و فعالیت پاداکسندگی میوه می‌شود.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی ۷۱۰۳۰۰۲/۶/۳۲ با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است، در ضمن از معاونت محترم پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور به خاطر تأمین مالی این پروژه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

نتیجه‌گیری کلی

محصولات باغی از اجزای اصلی یک برنامه غذایی سالم هستند. با توجه به نتایج به دست آمده تیمار آهن باعث کاهش مقدار اسیدیتة کل میوه و افزایش نسبت اسید به قند میوه سیب رقم گالا شد. که این می‌تواند منجر به افزایش کیفیت خوراکی میوه شود. همچنین نمونه‌های تیمار شده با نیترات آمونیوم میزان شاخص‌های رنگی L^* و a^* بیشتری نسبت به نمونه‌های شاهد نشان دادند. تیمار آهن نیز اثر معنی‌داری بر میزان شاخص رنگ a^* داشت به طوری که کمترین مقادیر منفی آن در تیمار ۵ میلی‌گرم در لیتر آهن مشاهده شد. بنا بر نتایج به دست آمده میزان پاداکسنده‌های کل و مقدار ویتامین تحت تأثیر تیمار آهن و نیترات آمونیوم افزایش یافت. ترکیبات فنلی کل تحت تأثیر تیمار نیترات آمونیوم افزایش یافت، در حالی که مقدار فنل کل بر اثر تیمار آهن کاهش یافت. بیشتر بودن ترکیبات فنلی در میوه درختان دارای کمبود آهن به احتمال به دلیل تأخیر در بلوغ میوه است که باعث افزایش گسی میوه و کاهش کیفیت چشایی آن

REFERENCES

1. Abrosca, D.B., Pacifico, S., Cefarelli, G., Mastellone, C. & Fiorentino, A. (2007). Limoncella apple, an Italian apple cultivar: phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity. *Journal of Food Chemistry*, 104, 1333-1337.
2. Aires, A., Rosa, E. & Carvalho, R. (2006). Effect of nitrogen and sulfur fertilization on glucosinolates in the leaves and roots of broccoli sprouts (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 1512-1516.
3. Álvarez-Fernández, A., Abadía, J. & Abadía, A. (2006). Iron Deficiency, Fruit Yield and Fruit Quality. Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms, *Springer Netherlands*, 85-101.
4. Álvarez-Fernández, A., Paniagua, P., Abadía, J. & Abadía, A. (2003a). Effects of Fe deficiency chlorosis on yield and fruit quality in peach (*Prunus persica* L. Batsch), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5738-5744.
5. Boyer, J. & Liu, R.H. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Journal of Nutrition*, 3(1), 3-5.
6. Chinici, F., Bendini, A., Gaiani, A. & Riponi, C. (2004). Radical scavenging activities of peels and pulps from cv. Golden Delicious apples as related to their phenolic composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 4684-4689.
7. Cheour, F., Willemot, C., Arul, J., Makhoulouf, J. & Desjardins, Y. (1991). Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of CaCl₂. *Horticulture Science*, 26, 1186-1188.
8. Crisosto, C.H. & Costa, G. (2008). 20 Preharvest Factors Affecting Peach Quality. *CAB International*, 236-249.
9. Del-Valle, V., Hernandez-Munoz, P., Guard, A. & Galotto, M.J. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, 91, 751-756.
10. Denis, L., Morton, M. S. & Griffiths, K. (1999). Diet and its preventive role in prostatic disease. *European Urology*, 35(5-6), 377-387.
11. Drake, S.R. & Eisele, T.A. (1997). Quality of 'Galal' apples as influenced by harvest maturity, storage atmosphere and concomitant storage with 'Bartlett' pears. *Journal of Food Quality*, 20, 41-51.
12. El-Kassas, S.E. (1984). Effect of iron nutrition on the growth, yield, fruit quality, and leaf composition of seeded balady lime trees grown on sandy calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition*, 7, 301-311.
13. Escarpa, A. & Gonzalez, M.C. (2001). Approach to the content of total extractable phenolic compounds from different food samples by comparison of chromatographic and spectrophotometric methods. *Analytica Chimica Acta*, 427, 119-127.
14. Fallahi, E., Conway, S.W., Hickey, K.D. & Sams, E.C. (1997). The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *Horticulture Science*, 32, 831-835.
15. Fallahi, E., Colt, W.M., Baird, R.C., Fallahi, B. & Chun, I.J. (2001). Influence of nitrogen and bagging on fruit quality and mineral concentrations of BC-2 Fuji apple. *Horticulture Technology*, 11, 462-466.
16. Food and Agriculture Organization. (2012). *Food Production in FAO*. Retrieved September 23, 2012, from <http://www.fao.org/> Food Production.
17. Imeh, U. & Khokhar, S. (2002). Distribution of conjugated and free phenols in fruits: Antioxidant activity and cultivar variations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6301-6306.
18. Jan, I., Rab, A. & Sajid, M. (2012). Storage performance of apple cultivars harvested at different stages of maturity. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 22, 438-447.
19. Javanmardi, J. & Kubota, C. (2006). Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 151-155.
20. Jeppsson, N. (2000). The effects of fertilizer rate on vegetative growth, yield and fruit quality, with special respect to pigments, in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) cv. 'Viking'. *Science of Horticulture*, 83, 127-137.
21. Kaacka, K. & Pedersen, H.L. (2014). Effects of potassium, phosphorus and nitrogen fertilization on endogenous ethylene and quality characteristics of apples (*Malus domestica* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 37(7), 1148-1155.
22. Kopsell, D.E., Kopsell, D.A., Randle, W.M., Coolong, T.M., Sams, C.E. & Celentano, J.C. (2003). Kale carotenoids remain stable while flavor compounds respond to changes in sulfur fertility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5319-5325.
23. Lambert, J.D., Hong, J., Yang, G.Y., Liao, J. & Yang, C.S. (2005). Inhibition of carcinogenesis by polyphenols: evidence from laboratory investigations. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81, 284S-291S.
24. Marandi, R. (2004). *Post-harvest physiology of horticultural crops*. University Jahad of West Azerbaijan, 170.

25. Mortazavi, S.M.H., Arzani, K. & Barzgar, M. (2008). Effect of time and temperature of the juice extraction on quality properties of date (borehi cultivar) at fresh date stage. *Research and Development in Agronomy and Horticulture*, 79,186-193. (in Farsi)
26. Nguyen, P.M. & Niemeyer, E.D. (2008). Effects of nitrogen fertilization on the phenolic composition and antioxidant properties of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Department of Chemistry and Biochemistry*, Southwestern University. TX 78626.
27. Nunez-Ramirez, F., Gonzalez-Mendoza, D., Grimaldo-Juarez, O. & Cevantes Diaz, L. (2011). Nitrogen Fertilization Effect on Antioxidants Compounds in Fruits of Habanero Chili Pepper (*Capsicum chinense*). *International Journal of Agriculture & Biology*, ISSN. 827-830.
28. Pestana, M., Correia, P.J., Saavedra, T., Gama, F., Abadía, A. & Varennes, A.D. (2012). Development and recovery of iron deficiency by iron resupply to roots or leaves of strawberry plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 53, 1-5.
29. Nguyen, P.M. & Niemeyer, E.D. (2008). Effects of Nitrogen Fertilization on the Phenolic Composition and Antioxidant Properties of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Department of Chemistry and Biochemistry*, Southwestern University, Georgetown, TX 78626.
30. Pestana, M., David, M., De Varennes, A., Abadía, J. & Faria, E.A. (2001). Responses of 'Newhall' orange trees to iron deficiency in hydroponics: Effects on leaf chlorophyll, photosynthetic efficiency, and root ferric chelate reductase activity. *Journal of Plant Nutrition*, 24(10), 1609-1620.
31. Pestana, M., Varennes, A. D., Miguel, M. G. & Correia, P.J. (2010). Consequences of iron deficiency on fruit quality in citrus and stawberry. *Sapientia - Universidade do Algarve*, 25, 193-201.
32. Raese, J.T. & Drake, S.R. (2008). Nitrogen fertilization and elemental composition affects fruit quality of 'Fuji' apples. *Journal of Plant Nutrition*, 20(12), 1797-1809.
33. Raese, J.T., Drake, R.S. & Curry, A.E. (2007). Nitrogen fertilizer influences fruit quality, soil nutrients and cover crops, leaf color and nitrogen content, biennial bearing and cold hardiness of 'Golden Delicious'. *Journal of Plant Nutrition*, 30, 1585-1604.
34. Santiago, L.J.M., Louro, R.P. & De-Oliveira, D.E. (2000). Compartmentation of phenolic ompounds and Phenylalanine Ammonia-Lyase in leaves of *Phyllanthus tenellus* Roxb. and their induction by Copper Sulphate. *Annals of Botany*, 86, 1023-1032.
35. Sluis, v.d.A., Dekker, M., Jager, d.A. & Jongen, W. (2001). Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year and storage conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 3606-3613.
36. Stewart, J.W., Chapman, G.I., Jenkins, I., Graham, T. & Crozier, A. (2001). The effect of nitrogen and phosphorus deficiency on flavonol accumulation in plant tissues. *Plant, Cell & Environment*, 24, 1189-1197.
37. Vang-Petersen, O., Kaack, K. & Rasmussen, P.M. (1977). Effect of nitrogen to fruit trees III. Effect on fruit colour and content of acid, sugar and aroma compounds. *Danish Journal of Plant and Soil Science*, 81, 159-164.
38. Vicente, A.R., Manganaris, G.A., Sozzi, G.O. & Crisosto, C.H. (2009). Nutritional Quality of Fruits and Vegetables. *Postharvest Handling: A Systems Approach*, ISBN, 978-0-12-374112-7.
39. Zheng, W. & Wang, S.Y. (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5165-5170.

Effects of ammonium nitrate and iron on quality and antioxidant properties of apple cv. Gala

Mesbah Babalar^{1*}, Khadijeh Jalili², Mohammad Ali Asgari Sarcheshmeh³ and Alireza Talaei⁴

1, 2, 3, 4. Professor, Former M.Sc. Student, Assistant Professor and Professor, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Oct. 15, 2014 - Accepted: Jan. 6, 2015)

ABSTRACT

Production of high quality with high shelf life of apple fruits, is of great importance. Present study investigates the effects of ammonium nitrate and iron on quality and antioxidant properties of apple fruit cultivar Gala in a randomized complete block design. Foliar application of iron chelate in three levels (0, 5 and 10 mg/l) and soil nutrition of ammonium nitrate in three levels as strip (0, 40 and 60 mg/kg per tree), were applied. Results showed that using iron and ammonium nitrate had a significant effect ($P \leq 0.01$) on fruit quality. According to these results, using ammonium nitrate increased total antioxidant activity and total phenolic compounds. With increasing iron concentrations, total antioxidant activity increased, but it reduced the amount of total phenolic compounds. Application of iron decreased total acidity and increased fruit flavor index. According to results, treatments had no significant effect on TSS and color indices. This study showed that balanced nitrogen and iron fertilization could increase the quality and antioxidant contents of apple cv. Gala.

Keywords: Croma, flavor index, titratable acidity, total soluble solids.