علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۴ (ص ۴۰۷-۳۹۹)

اثر مقادیر مختلف آهن و نیتروژن بر عملکرد و برخی از خصوصیات کیفی محصول سیب رقم فوجی (*Malus domestica* cv.Fuji)

مصباح بابالار[1*]، مینا محبی[2]، محمدعلی عسگری سرچشمه[3] و علی‌رضا طلایی[4]
۱، ۲، ۳ و ۴. استاد، دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و استاد، گروه علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۱۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۸/۱۰)

چکیده

اثر محلول‌پاشی آهن و کاربرد خاکی نیتروژن هر یک در سه سطح متفاوت (آهن: صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر و نیتروژن: صفر، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی محصول سیب رقم فوجی (*Malus domestica* cv. Fuji) پیوندشده روی پایهٔ مالینگ (M9) واقع در قطعهٔ آزمایشی سیب دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۲ مطالعه شده است. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. براساس نتایج این پژوهش، افزایش سطوح آهن، منجر به افزایش معناداری در محتوای فنولی و درصد مادهٔ خشک میوه شد. افزایش سطوح نیتروژن نیز سبب افزایش سفتی میوه، افزایش محتوای فنولی، کاهش اسید آسکوربیک، افزایش مادهٔ خشک، کشیدگی میوه و کاهش رنگ‌گیری پوست میوه شد. اثر متقابل نیتروژن و آهن نیز بر سفتی میوه، محتوای فنولی، میزان اسید آسکوربیک، مادهٔ خشک، عملکرد، کشیدگی میوه و شاخص‌های رنگی پوست میوه (a*, b*) معنادار بود. درمجموع می‌توان غلظت ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن به‌ازای هر درخت را برای بهبود خصوصیات کیفی این رقم مناسب دانست، ولی به‌نظر می‌رسد به غلظت‌های بیشتری از آهن برای تأثیرگذاری نیاز است.

واژه‌های کلیدی: **تغذیهٔ برگی، رقم فوجی، سیب، نیتروژن،** Fe-EDDHA.

مقدمه

سیب با نام علمی *Malus Domastica* از خانوادهٔ رزاسه یکی از میوه‌های مهم مناطق معتدله است که میوهٔ تازه و فرآورده‌های آن، بزرگ‌ترین تجارت جهانی را در بین محصولات باغبانی به خود اختصاص داده است. از چندین سال قبل تا کنون این محصول ارزآوری فراوانی از طریق صادرات برای کشورمان به ارمغان داشته است. چین، آمریکا، فرانسه و ایتالیا از عمده کشورهای تولیدکننده و صادرکنندهٔ این محصول به‌شمار می‌روند (Fao, 2011). تنوع ژنتیکی این درخت، امکان رشد و سازگاری آن را با شرایط اقلیمی مختلف ایجاد کرده است. رقم فوجی (*Malus domestica* cv.Fuji) یکی از ارقام مهم سیب محسوب می‌شود که به‌علت داشتن طعمی متفاوت و بازارپسندی مناسب، محبوبیت زیادی بین باغداران جهان و ایران دارد. ارتقای سطح کیفی این محصول از چند طریق امکان‌پذیر است که یکی از این روش‌ها تغذیهٔ صحیح درختان طی فصل رشد است. برای تولید محصولاتی با کیفیت بالا بایستی به مدیریت مصرف عناصر غذایی اصلی و ریزمغذی‌ها توجه ویژه‌ای شود

* تلفن: ۰۲۶-۳۲۲۴۸۷۲۱
E-mail: mbabalar@ut.ac.ir

(Babalar & Pirmoradian, 2008). نیتروژن از عناصر مهم و حیاتی در ساختار و رشد و نمو گیاه است که تأثیر زیادی بر شدت رنگ سبز برگ و رشد شاخساره در گیاهان مختلف دارد. به همین دلیل باغداران معمولاً عنصر نیتروژن را به مقدار بالایی در باغ استفاده می‌کنند (Weinbaum *et al*., 1992). نیتروژن اثر زیادی بر درصد باردهی درخت، کیفیت میوه، عملکرد و رشد درخت دارد (Drake *et al*., 2002). کمبود نیتروژن، رشد درخت و عملکرد میوه را محدود می‌کند و سبب ریزش اولیهٔ برگ‌ها می‌شود و درخت را مستعد به تناوب باردهی می‌کند. مقدار زیاد نیتروژن به‌دلیل ایجاد افزایش در اندازهٔ سلول‌های میوه منجر به افزایش بیماری‌های بافت میوه می‌شود (Ernani, 2008). مصرف بیش از حد نیتروژن، تأثیر منفی بر گسترش رنگ قرمز پوست میوه دارد (Fallahi *et al*., 2006). مقادیر بالای این عنصر به‌علت متراکم‌شدن درخت و سایه‌اندازی بالا تأثیر منفی بر نمو جوانه‌ها دارد و همچنین سبب کاهش انبارمانی محصول و کاهش بازارپسندی آن می‌شود و جذب کلسیم را نیز تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. کاهش محتوای کلسیم میوه، تأثیر منفی بر سفتی بافت میوه و انبارمانی محصول می‌گذارد و همچنین منجر به افزایش تنفس و تولید اتیلن بیشتر توسط بافت می‌شود (Beavers *et al*., 1994). براساس مطالعاتی که تا کنون صورت گرفته است بدون شک، نیتروژن اثر مهمی بر شاخص‌های کیفی میوه دارد. محتوای نیتروژن موجود در برگ و میوه بر رنگ‌گیری میوه، کاهش کربوهیدرات‌های در دسترس، تأخیر در رسیدن میوه‌ها و کاهش انبارمانی میوه تأثیر دارد (Degman, 1929). اثر منفی نیتروژن بالا بر کیفیت میوه و اثر مخرب زیست‌محیطی این عنصر منجر به اجتناب از مصرف بیش از حد این عنصر و توصیه به تنظیم برنامه‌های دقیق مصرفی شده است (Raese & Drake, 1997). آهن ازجمله عناصر ضروری و حساس در بحث تغذیهٔ معدنی درختان است. تثبیت عنصر آهن در خاک، به‌ویژه در خاک‌های آهکی (خاک زراعی غالب در ایران)، یکی از مشکلات تغذیه‌ای در مورد این عنصر است (Schulte, 1992). این مشکل نشان‌دهندهٔ اهمیت استفاده از فرم و شکل مناسب کاربرد این عنصر، برای رفع نیاز گیاه است که توسط متخصصان تغذیه نیز در این زمینه پژوهش‌های زیادی صورت گرفته است. محلول‌پاشی عناصر مورد نیاز درختان میوه به‌خصوص در شرایط نامساعد خاکی، کارایی بالاتری نسبت به استفادهٔ خاکی عناصر دارد (Borowski & Michalek, 2011; Fernandez *et al*., 2006; Erdal *et al*., 2009). کلروز ناشی از کمبود آهن ازجمله عارضه‌های شایع به‌خصوص در زمین‌های آهکی است و یکی از عوامل محدودکننده در رشد و پرورش درختان میوه در بسیاری از نقاط دنیاست (Abadia *et al*., 2011; Borowski & Michalek, 2011; Fernandez *et al*., 2006). محلول‌پاشی گیاهان با کلات آهن (Fe-EDDHA) به افزایش محتوای کلروفیلی منجر می‌شود (Browski & Michalek, 2011). این شکل از آهن با پایداری بالاتر در شرایط نامساعد اسیدیتهٔ خاک، کارایی بالاتری را برای تأمین کمبود آهن درخت فراهم می‌کند (Salazar-Garcia, 1999). محتوای عناصر موجود در میوه یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در کیفیت میوه است (Bramlage *et al*., 1980). تأثیر محتوای آهن درخت بر درصد رنگیزه‌های موجود در برگ و در پی آن تأثیر بر فتوسنتز و افزایش محتوای کربوهیدرات‌های درخت نیز به اثبات رسیده است (Terry, 1980). میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و سفتی بافت میوه وابسته به میزان و نوع تغذیه است و محصولات با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر، مقاومت بیشتری به تنش‌های مختلف پس از برداشت دارند و درنتیجه ارزش غذایی و خصوصیات انبارمانی بهتری خواهند داشت (Latta *et al*., 2002). این نتایج بیانگر اهمیت تنظیم یک برنامهٔ دقیق تغذیه‌ای برای درختان میوه است. براساس مطالعات بسیاری که صورت گرفته است، اثر آهن و نیتروژن بر کمّیت و کیفیت محصولات باغبانی مشهود است. به‌رغم پژوهش‌های پیشین، گزارش مستندی دربارهٔ اثر این دو عنصر بر محصول سیب رقم فوجی در سیستم کشت متراکم (Y) موجود نیست، بنابراین، هدف این پژوهش، مطالعهٔ اثر مقادیر مختلف آهن و نیتروژن بر عملکرد و کیفیت تازه‌خوری میوهٔ سیب رقم فوجی است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعهٔ اثر سه غلظت مختلف کلات آهن (EDDHA) و نیتروژن (NH_4NO_3) بر برخی خصوصیات کمّی و کیفی محصول درخت سیب رقم فوجی (*Malus domestica* cv. Fuji)، درختان سیب هشت‌سالهٔ رقم فوجی پیوندشده برپایهٔ کوتاه مالینگ (M9) واقع در قطعهٔ آزمایشی سیب مرکز تحقیقات گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهر کرج انتخاب شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سیستم کشت درختان سیب، شکل Y متراکم بود. در شروع پژوهش، نمونهٔ خاک قطعهٔ آزمایشی، برای تجزیه و تحلیل به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج تجزیهٔ خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. نتایج تجزیهٔ خاک قطعهٔ سیب

درصد نیتروژن کل (%N)	درصد مادهٔ آلی (%OM)	درصد کربنات کلسیم معادل (%TNV)	pH	EC (ds/m)	درصد رطوبت اشباع (SP)
۰/۱	۱/۰۳	۱۱/۴۶	۷/۷۵	۱/۰۱	۳۸/۰۴

بافت	تجزیهٔ اندازهٔ ذرات			فسفر قابل استفاده (ppm)	پتاسیم قابل استفاده (ppm)
	رس٪	سیلت٪	شن ٪		
L	۲۰	۴۱	۳۹	۵/۱۸	۱۷۵/۶۶

	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)
موجود در خاک	۰/۹۶	۱/۲۶	۴/۴	۳
دامنهٔ مطلوب	۲-۲/۵	۰/۸-۱/۲	۳-۳/۵	۶ -۶/۵

براساس این اطلاعات، سطوح تغذیه‌ای برای آهن و نیتروژن انتخاب شد. در اواسط تا اواخر فروردین‌ماه با توجه به میزان تشکیل جوانه، انتخاب درختان در قطعهٔ مذبور انجام شد. درمجموع ۲۷ اصله درخت سالم و یکنواخت برای اجرای آزمایش انتخاب شد و طرح مذبور در سال زراعی ۱۳۹۱ـ ۱۳۹۲ اجرا شد. سطوح تغذیهٔ آهن شامل غلظت‌های، صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بود که به شکل کلات آهن در سه تاریخ و با فاصلهٔ ۳۰ روزه از پانزدهم اردیبهشت تا پانزدهم تیرماه روی درختان در ساعت‌های خنک روز، به‌طور پاشش یکنواخت انجام شد. در تیمار شاهد برای محلول‌پاشی از آب مقطر استفاده شد. سطوح تغذیهٔ نیتروژن نیز صفر، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در خاک برای هر درخت تنظیم شد (خاک قطعهٔ آزمایش‌شده ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کمبود نیتروژن داشت) که به شکل نیترات آمونیوم استفاده شد. عملیات باغی در این قطعهٔ آزمایشی، مطابق با استاندارد صورت گرفت. آبیاری، هفته‌ای یک بار انجام شد. برداشت میوه‌ها در تاریخ ۱۸ شهریور ۱۳۹۲ مطابق با شاخص‌های رسیدگی انجام گرفت. یکی از شاخص‌های مهم برداشت سیب، اندازه‌گیری محتوای نشاسته است، با توجه به اینکه مناسب‌ترین شاخص استاندارد نشاسته برای این رقم در زمان برداشت ۴/۸ است (Echeverria *et al.*, 2004)، اندازه‌گیری نشاستهٔ میوه در زمان‌های مختلف انجام شد تا زمان دقیق برداشت تعیین شد. هر درخت به‌منزلهٔ یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. کل میوه‌های هر درخت به‌منظور تعیین میزان عملکرد، جداگانه برداشت شد و توسط ترازو در همان روز برداشت، توزین شد. از هر درخت، تعداد کافی میوه برای آزمایش‌های کیفی به آزمایشگاه گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز دانشگاه تهران انتقال یافت. طول و قطر میوه‌ها با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سفتی بافت میوه از پنترومتر دستی (با قطر ۰/۸ میلی‌متر) استفاده شد و سفتی بافت برحسب kg/cm^2 به‌دست آمد. مواد جامد قابل حل، توسط

رفراکتومتر دستی (Atago) اندازه‌گیری شد. درصد مادهٔ خشک که نشان‌دهندهٔ مجموع ترکیبات آلی و معدنی محتوای میوه است توسط آون ۷۵ درجه اندازه‌گیری شد. اسیدیتهٔ میوه با pH متر دیجیتالی محاسبه شد. اسید آسکوربیک (ویتامین ث) با روش یدورپتاسیم (Redox) اندازه‌گیری شد. محتوای آنتی‌اکسیدان‌ها با استفاده از روش Faniadis *et al.* (2010) به‌دست آمد. در این روش نیم گرم از بافت تر میوه در اتانول ۸۰ درصد همگن شد، ۰/۵ سی‌سی محلول فولین، ۸ سی‌سی آب مقطر و یک سی‌سی سدیم کربنات، در ۹۵۰۰ دور بر دقیقه به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شد سپس میزان بیشترین جذب نوری در ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (SHIMADZU, model UV-1700, Japan) قرائت شد. محتوای آنتی‌اکسیدانی کل (٪) براساس فرمول زیر محاسبه شد:

٪ محتوای آنتی‌اکسیدان کل =

۱۰۰ × (قرائت نمونه شاهد / قرائت نمونه مورد نظر)

(برای تهیهٔ نمونهٔ شاهد، از همهٔ ترکیبات به‌کار برده‌شده به‌جز نمونه میوه استفاده شد).

اندازه‌گیری محتوای فنول کل میوه‌ها با روش آمرین (Ough Amerine, 1988) انجام شد. در این روش پس از تهیهٔ محلول همگن عصارهٔ میوه، میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (SHIMADZU, model UV-1700, Japan) در طول موج ۶۲۵ نانومتر برای هر نمونه قرائت شد و سپس با استفاده از نمودار اسید گالیک، میلی‌گرم مقدار کل ترکیبات فنولی در ۱۰۰ گرم بافت تازهٔ میوه به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری رنگ، از دستگاه رنگ‌سنج (Konica Minolta CR-403, Japan) استفاده شد. در این دستگاه ۳ مشخصه: *L (درخشندگی)؛ *a (رنگ قرمز- سبز) و *b (رنگ آبی- زرد) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری کلروفیل از روش آرنون (Arnon, 1949) استفاده شد که در آن ۰/۰۱۸ گرم از برگ تر در استون ۸۰ درصد همگن شد و شدت جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۴۵ و ۶۶۰ نانومتر قرائت شد.

محاسبات آماری

داده‌ها پس از جمع‌آوری با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS (Version 19.0) و MSTATC (Michigan State University, USA) پس از انجام آزمون نرمالیته، تجزیه و تحلیل شدند. مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معناداری ۵ درصد انجام شد و نمودارهای مربوط با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

اثر تیمارهای مختلف بر برخی شاخص‌های کمّی و کیفی میوهٔ سیب

عملکرد، درصد مادهٔ خشک، طول و قطر میوه

اثر آهن و نیتروژن به‌صورت جداگانه بر عملکرد به‌ازای هر درخت تأثیر معناداری نداشت (بررسی معناداری در سطح $P<۰/۰۵$) اما بالاترین عملکرد با کاربرد سطح دوم نیتروژن (۴۰mg/kg) و سطح سوم آهن (۱۰mg/L) ایجاد شد (جدول ۳). نتایج حاصل، مطابق با تحقیقات دیگر پژوهشگران (Wrona, 2004; Raese & Drake, 2008) بر روی سیب (آزمایش انجام‌شده بر روی سطوح نیتروژن) و گریپ فروت (Alvarez Fernandez, 2006) (آزمایش بر روی سطوح آهن) بوده است. افزایش عملکرد درخت را متناسب با افزایش سطوح آهن محلول‌پاشی شده (در سطح سوم آهن محلول‌پاشی شده) می‌توان به‌دلیل افزایش محتوای کلروفیلی در برگ‌ها که منجر به افزایش فتوسنتز و تغذیهٔ بهتر میوه‌ها که از مهم‌ترین مخازن جذب کربوهیدرات‌ها هستند دانست. سطوح سوم آهن و نیتروژن (جداگانه) به‌طور معناداری به افزایش درصد مادهٔ خشک میوه منجر شد (جدول ۳) که مطابق با یافته‌های تحقیقات سایر پژوهشگران بود (Xia *et al.*, 2009). افزایش مادهٔ خشک میوه را با افزایش سطوح آهن به‌کار برده‌شده، می‌توان ناشی از افزایش فتوسنتز و کربوهیدرات‌های برگ‌های فعال درخت دانست (Alvarez *et al.*, 2006). کشیده‌ترین میوه‌ها به‌طور معناداری با کاربرد سطح سوم نیتروژن (۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و سطح شاهد آهن به‌دست آمد (جدول ۳). در پژوهش‌های مشابه (Alvarez *et al*, 2006) اثر آهن بر شکل میوهٔ سیب معنادار نبود و در پژوهشی دیگر (Pacsko, 2005) افزایش محتوای نیتروژن، به افزایش طول و قطر میوه منجر شد.

جدول ۲. اثر سادهٔ سطوح مختلف نیتروژن و کلات آهن بر برخی شاخص‌های کمّی و کیفی میوهٔ سیب رقم فوجی

شاخص	pH	مواد جامد محلول کل (٪)	سفتی (Kg/cm)	محتوای فنولی کل بافت تر (mg GAE/100g)	آنتی اکسیدان کل بافت تر (٪)	ویتامین ث (mg/kg)	کلروفیل کل برگ (mg/100g)
N (mg/kg)							
۰N	۴/۱۹a	۹/۹۲a	۸/۹۷ab	۸۰/۷۱ab	۴۳/۳۵a	۷/۸ab	۲a
۴۰N	۴/۲۵a	۹/۲۶a	۸/۴۷b	۷۴/۷۲b	۴۶/۴۲a	۱۰/۴۵a	۲/۸۰a
۶۰N	۴/۱۹a	۹/۱۶a	۹/۱۳a	۸۵/۳۱a	۴۱/۵۶a	۷/۹۷b	۲/۲۶a
Fe (mg/l)							
۰Fe	۴/۲a	۹/۳۲a	۸/۶۲b	۷۱/۲۸b	۴۲/۴۲a	۹/۷۷b	۲/۰۹a
۵Fe	۴/۱۹a	۹/۵۵a	۸/۹۵b	۸۳/۹۲a	۴۴/۹۵a	۸/۹۶b	۱/۹۵a
۱۰Fe	۴/۲۴a	۹/۴۷a	۹a	۸۵/۵۴a	۴۴/۳۴a	۸/۲۵b	۲/۲۶a

* بررسی سطح معناداری با استفاده از آزمون دانکن (P<٪۵).

جدول ۳. اثر سادهٔ سطوح مختلف نیتروژن و کلات آهن بر برخی شاخص‌های کمّی و کیفی میوهٔ سیب رقم فوجی

شاخص	عملکرد (kg/tree)	طول میوه (mm)	قطر میوه (mm)	مادهٔ خشک میوه%	شاخص رنگ *L	شاخص رنگ *a	شاخص رنگ *b
N (mg/kg)							
۰N	۵۷/۴a	۴۶/۹۶b	۶۰/۲۷a	۱۲/۳b	۶۱/۰۹a	۱۲/۸۶a	۳۰/۳a
۴۰N	۶۸/۴۷a	۴۹/۷۴a	۶۲/۸۶a	۱۳/۱۷ab	۵۹/۴۳a	۱۲/۸۶a	۳۰/۴۶a
۶۰N	۵۵/۲۲a	۵۰/۸۵a	۶۳/۷۴a	۱۴/۲۸a	۵۹/۲۱a	۱۰/۰۶a	۳۲/۴۸a
Fe (mg/l)							
۰Fe	۶۰/۳۱a	۵۲/۸۵a	۶۳/۴۵a	۱۳/۵۳a	۵۹/۰۵a	۱۱/۱۷a	۳۱/۱۹a
۵Fe	۵۴/۳۵a	۴۸/۰۷b	۶۰/۰۲a	۱۱/۸۲b	۶۰/۱۲a	۱۲/۲۲a	۳۰/۴۲a
۱۰Fe	۶۴/۲۹a	۴۸/۰۳b	۶۳/۴۳a	۱۳/۶۲a	۶۰/۵۶a	۱۲/۵۵a	۳۱/۳۸a

* بررسی سطح معناداری با استفاده از آزمون دانکن (P<٪۵).

شاخص‌های کیفی میوهٔ سیب

اثر تیمار آهن بر شاخص سفتی میوه معنادار نبود، اما نیتروژن به‌طور معناداری بر این شاخص تأثیر گذاشت و بیشترین سفتی با کاربرد ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۲) که در پژوهش مشابه صورت گرفته است روی سیب رقم چامپیون، اثر غلظت‌های مشابه نیتروژن بر سفتی میوه معنادار نبود. بالاترین سطح تیمار آهن (۱۰mg/l) به‌طور غیرمعنادار بالاترین سفتی (۹ Kg/cm^2) را از میان دو سطح دیگر موجب شد که مطابق با یافته‌های مشابه (Alvarez *et al.*, 2006) در سیب بود (جدول ۲). بالاترین محتوای فنولی با کاربرد سطح سوم آهن (مطابق با پژوهش انجام‌شده توسط Pestana (2010) روی توت‌فرنگی) و سطح سوم نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۲) که با یافته‌های سایر پژوهشگران مغایرت دارد (Biesiada, 2010). PH عصارهٔ میوه به‌طور معناداری تحت‌تأثیر سطوح مختلف تغذیه‌ای آهن و نیتروژن قرار نگرفت، اما بالاترین pH میوه (۴/۲۴) با کاربرد سطح سوم آهن به‌دست آمد (جدول ۲) که با نتایج پژوهش Kazemi *et al.* (2013) روی گوجه‌فرنگی نیز مطابقت دارد. در مورد رنگ و درخشندگی پوست میوه که از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی میوه هستند نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که زردترین میوه‌ها (b*) متعلق به تیمار سطح سوم نیتروژن (۶۰) بود (جدول ۳) که با نتایج پژوهش‌های مشابه روی سیب (Wrona, 2004) مطابقت نداشت. قرمزی پوست میوه (a*) با افزایش محتوای نیتروژن به‌کار برده‌شده کاهش نشان داد (جدول ۳) که مطابق با یافتهٔ Raese & Drake (2008) در سیب رقم فوجی بود. درخشندگی میوه (L*) نیز به‌طور غیرمعنادار در سطح شاهد نیتروژن به‌کار برده‌شده بالاترین مقدار (۶۱/۰۹) و در سطح سوم آهن به‌کار برده‌شده نیز بالاترین مقدار (۶۰/۵۶) را نشان داد (جدول ۳) که با یافته‌های Raese & Drake (2008) روی سیب مغایرت داشت.

آنتی‌اکسیدان کل، محتوای فنولی و ویتامین ث بافت تر میوهٔ سیب

بالاترین مقدار اسید اسکوربیک با کاربرد غلظت ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد که ۱۶/۷۴ درصد نسبت به شاهد و ۲۳/۷۳ درصد نسبت به سطح سوم نیتروژن افزایش داشت (جدول ۲). تیمار سطح سوم آهن (۱۰ mg/l) نیز منجر به کاهش اسید آسکوربیک به مقدار ۱۵/۵۵ درصد نسبت به سطح شاهد و ۸/۲۹ درصد نسبت سطح دوم (۵ mg/l) شد که البته این تفاوت از نظر آماری معنادار نبود (جدول ۲)، که با یافته‌های Pestana (2010) در مورد توت‌فرنگی مطابقت دارد. محتوای فنولی میوه به‌طور معناداری تحت‌تأثیر سطوح تغذیه‌ای قرار گرفت و با کاربرد ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن بالاترین سطح ترکیبات فنولی (۸۵/۳۱mgGAE/100g) به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد و سطح دوم تیمار نیتروژن به‌کار برده‌شده به‌ترتیب، ۵/۳۹ و ۱۲/۴۱ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲) که مغایر با یافته‌های Biesiada *et al*. (2010) است. کاربرد سطوح سوم آهن (۱۰ mg/L) نیز به‌طور معناداری منجر به افزایش محتوای فنولی نسبت به سطح دوم و سطح شاهد آهن به‌کار رفته شد (به‌ترتیب ۱/۸۹ و ۱۶/۶۷ درصد) (جدول ۲). در مقابل، محتوای آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها، تحت‌تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای به‌کار برده‌شده قرار نگرفت (جدول ۲).

اثر برهمکنش سطوح مختلف نیتروژن و کلات آهن بر برخی شاخص‌های کمّی و کیفی میوهٔ سیب

عملکرد، درصد مادهٔ خشک، طول و قطر میوه

اثر برهمکنش سه سطح مختلف نیتروژن و کلات آهن بر شاخص عملکرد به‌ازای هر درخت در سطح ۵ درصد معنادار بود. بالاترین میزان عملکرد با تیمار N_2F_2 به‌دست آمد (۸۱/۴۱ Kg/ tree) و پایین‌ترین عملکرد نیز (۴۲/۵۸ Kg/ tree) متعلق به تیمار N_3F_1 بود (جدول ۵)، این کاهش عملکرد را می‌توان ناشی از کاهش محتوای کلروفیلی دانست. مادهٔ خشک میوه نیز بالاترین سطح را (۱۴/۷۶ درصد) در تیمار $T_9= N_3F_3$ نشان داد که به‌طور معناداری با سطوح دیگر و به‌خصوص با پایین‌ترین سطح مادهٔ خشک (۱۱/۵۰ درصد) (N_1F_2) ۲۲/۰۸ درصد تفاوت داشت (جدول ۵). طول میوه به‌طور معناداری تحت‌تأثیر برهم‌کنش سه سطح متفاوت آهن و نیتروژن قرار گرفت و کشیده‌ترین میوه‌ها متعلق به تیمار N_3F_1 (۵۶/۱۶mm) بود (جدول ۵). قطر میوه تحت‌تأثیر این تیمار قرار نگرفت (جدول ۵).

شاخص‌های کیفی میوه

اثر برهم‌کنش سطوح مختلف نیتروژن و کلات آهن بر شاخص مقدار قندها و pH عصارهٔ میوه و محتوای آنتی‌اکسیدان‌های کل، معنادار نبود (جدول ۴). محتوای کلروفیلی نیز به‌طور معناداری، تحت‌تأثیر این اثر متقابل قرار نگرفت اما بالاترین محتوای کلروفیلی (۲/۴۱mg/100g) با تیمار $T_9=N_3F_3$ به‌دست آمد (جدول ۶) که علت را می‌توان ناشی از نقش آهن در ساختار کلروفیل برگ دانست (Terry, 1980). تیمار $T_8=N_3F_2$ به‌طور معناداری منجر به حصول بالاترین سفتی میوه ($9/45 kg/cm^2$) شد (جدول ۴). شاخص درخشندگی (L*) تحت‌تأثیر این ۹ تیمار (برهمکنش تیمارهای آهن و نیتروژن) قرار نگرفت (جدول ۶). شاخص a^* و b^* تحت‌تأثیر این تیمارها قرار گرفته و قرمزترین پوست میوه (۱۴/۰۱) به تیمار $T_1=N_1F_1$ (شاهد) و زردترین پوست میوه (۳۲/۸۴) به تیمار $T_7=N_3F_1$ اختصاص داشت (جدول۶).

آنتی‌اکسیدان کل، محتوای فنولی و ویتامین ث بافت تر میوهٔ سیب

آثار متقابل آهن و نیتروژن بر محتوای فنولی میوه در سطح ۵ درصد معنادار بود. بالاترین محتوای فنولی (۹۵/۲۰mg GAE/100g) با تیمار N_3F_2 به‌دست آمد (جدول ۴). آثار متقابل آهن و نیتروژن بر محتوای آنتی‌اکسیدان‌های کل معنادار نبود (جدول ۴). اسید آسکوربیک (ویتامین ث) به‌طور معناداری تحت‌تأثیر این برهم‌کنش قرار گرفته و بالاترین محتوای این صفت با تیمار N_2F_2 حاصل شد که با پایین‌ترین مقدار (۷/۰۴ mg/kg) که متعلق به تیمار N_1F_3 بود تفاوت معناداری داشت (جدول ۴).

جدول ۴. اثر برهم‌کنش سطوح مختلف نیتروژن و کلات آهن بر برخی شاخص‌های کمّی و کیفی میوهٔ سیب

تیمار	شاخص	pH	مواد جامد محلول کل (٪)	سفتی (Kg/cm2)	محتوای فنولی کل بافت تر (mg GAE/100g)	آنتی‌اکسیدان کل بافت تر (٪)	ویتامین ث بافت تر (mg/kg)
N (mg/kg)	Fe (mg/l)						
	Fe ۰	۴/۲۱ a	۹/۳۷a	۸/۸۹abc	۷۰/۳۵c	۴۲/۰۱ a	۱۰/۲۶ab
N۰	Fe۵	۴/۱۴ a	۱۰/۰۰a	۹/۰۷ab	۷۷/۱۵bc	۴۳/۱۸ a	۸/۸۰ abc
	Fe۱۰	۴/۲۳ a	۱۰/۰۳a	۸/۹۵abc	۹۴/۶۲a	۴۴/۹۴ a	۷/۰۴c
	Fe۰	۴/۲۲ a	۹/۲۰a	۸/۰۸c	۷۳/۶۸c	۴۵/۱۳ a	۱۰/۵۶ab
N۴۰	Fe۵	۴/۲۶ a	۹/۲۵a	۸/۴۷bc	۷۹/۴۲abc	۴۹/۸۱ a	۹/۹۷abc
	Fe۱۰	۴/۲۷ a	۹/۳۳a	۸/۸۶abc	۷۱/۰۶c	۴۴/۳۳ a	۱۱a
	Fe۰	۴/۱۸ a	۹/۰۳a	۸/۸۹abc	۶۹/۸۰c	۴۰ a	۸/۵۰ abc
N ۶۰	Fe۵	۴/۱۹ a	۹/۴۰a	۹/۴۵a	۵۹/۲۰a	۴۰/۳۴ a	۷/۷۶bc
	Fe۱۰	۴/۲۲ a	۹/۰۶a	۹/۰۴ab	۹۰/۹۳ab	۴۳/۹۴ a	۷/۶۲bc

* بررسی سطح معناداری با استفاده از آزمون دانکن (P<٪۵).

جدول ۵. اثر برهم‌کنش سطوح مختلف نیتروژن و کلات آهن بر برخی شاخص های کمّی و کیفی میوهٔ سیب

تیمار	شاخص	عملکرد (kg/tree)	طول میوه (mm)	قطر میوه (mm)	مادهٔ خشک میوه (٪)
N (mg/kg)	Fe (mg/l)				
	۰Fe	۵۶/۶۸ ab	۴۸/۰۸ bc	۵۹/۷۳ a	۱۳/۰۲ abc
۰N	۵Fe	۵۰/۵۳ b	۴۵/۵۲ c	۵۹/۶۶ a	۱۱/۵ c
	۱۰Fe	۶۴/۹۹ ab	۴۶/۷۲ bc	۶۱/۲۳ a	۱۲/۳۹ abc
	۰Fe	۸۱/۴۱ a	۵۴/۷ a	۶۶/۴۲ a	۱۳/۴۸ abc
۴۰N	۵Fe	۵۷/۶۷ ab	۴۶/۷۷ bc	۶۰/۰۶ a	۱۱/۸۸ bc
	۱۰Fe	۵۹/۸۵ ab	۴۶/۷۶ bc	۶۳/۲۸ a	۱۳/۷۲ abc
	۰Fe	۴۲/۸۵ b	۵۶/۱۶ a	۶۵/۲ a	۱۴/۳۷ ab
۶۰N	۵Fe	۵۶/۷۷ ab	۴۸/۴ bc	۶۰/۲۳ a	۱۲/۶۸ abc
	۱۰Fe	۶۶/۵۶ ab	۴۹/۷۶ b	۶۵/۸ a	۱۴/۷۶ a

* بررسی سطح معناداری با استفاده از آزمون دانکن (P<٪۵).

جدول ۶. اثر برهم کنش سطوح مختلف نیتروژن و کلات آهن بر برخی شاخص های کمّی و کیفی میوهٔ سیب

تیمار	شاخص	شاخص رنگ *L	شاخص رنگ *a	شاخص رنگ *b	کلروفیل کل برگ (mg/100g)
N (mg/kg)	Fe (mg/l)				
	۰Fe	۶۰/۸۵ a	۱۴/۰۱ a	۳۰/۲۳ ab	۱/۹۱ a
۰N	۵Fe	۶۰/۰۷ a	۱۰/۵۳ bc	۲۸/۹ b	۱/۸۷ a
	۱۰Fe	۶۲/۳۶ a	۱۳/۷۵ a	۳۱/۷۸ a	۲/۱۷ a
	۰Fe	۵۷/۶۶ a	۱۰/۷۴ bc	۳۰/۵ ab	۲/۳۰ a
۴۰N	۵Fe	۶۰/۲ a	۱۳/۴۲ a	۳۰/۲۸ ab	۱/۸۲ a
	۱۰Fe	۶۰/۴۴ a	۱۳/۹۱ a	۳۰/۵۹ ab	۲/۱۹ a
	۰Fe	۵۸/۶۵ a	۸/۷۶ c	۳۲/۸۴ a	۲/۱۹ a
۶۰N	۵Fe	۶۰/۱ a	۱۲/۷۱ ab	۳۲/۸۵ a	۲/۱۲ a
	۱۰Fe	۵۸/۸۸ a	۸/۷۵ c	۳۱/۵۶ ab	۲/۴۱ a

* بررسی سطح معناداری با استفاده از آزمون دانکن (P<٪۵).

نتیجه‌گیری کلی

با تنظیم سطوح تغذیه‌ای می‌توان شاخص‌های کمّی و کیفی محصول درخت سیب رقم فوجی را بهبود بخشید. با توجه به نقش ساختاری نیتروژن و آهن در کلروفیل برگ، افزایش غلظت نیتروژن و آهن سبب افزایش جذب نور از طریق افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. جذب کل نیتروژن به‌طور خطی با شاخص سطح برگ در ارتباط است. با افزایش شاخص سطح برگ، دریافت نور و فعالیت‌های فتوسنتزی، بهبود پیدا می‌کند و رشد گیاه نیز افزایش می‌یابد. رشد رویشی درخت، تأثیر زیادی بر کمّیت و کیفیت محصول دارد. به‌طورکلی، در این پژوهش سطح سوم تیمار نیتروژن (۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن، معادل ۲۸ گرم نیترات آمونیوم) نسبت به شاهد سبب بهبود بسیاری از شاخص‌های فیزیکوشیمیایی اعم از مقدار کلروفیل موجود در برگ، سفتی میوه، محتوای فنولی، درصد مادهٔ خشک، کشیدگی میوه و ... شد که می‌توان این غلظت را با به‌صورت ماهیانه از ۱۵ اردیبهشت تا ۱۵ تیرماه (در سه نوبت) به باغدار توصیه کرد. آهن به‌صورت آزاد یا با اتصال ضعیف، به‌منزلهٔ یک عامل پرواکسیدان، سبب تسریع تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود و برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در ساختار خود آهن دارند (Molassiotis *et al*., 2006) که نشان‌دهندهٔ این است که آهن ارتباط نزدیکی با ترکیبات آنتی‌اکسیدانی دارد و همین امر می‌تواند دلیل افزایش محتوای آنتی‌اکسیدانی با افزایش آهن باشد.

به‌نظر می‌رسد غلظت‌های به‌کار برده‌شدهٔ کلات آهن در این پژوهش رقیق بوده و تأثیر چندانی بر شاخص‌های کیفی میوه نداشته است بنابراین، توصیه می‌شود در پژوهش‌های بعد از سطوح بالاتر غلظت آهن استفاده شود.

سپاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی ۷۱۰۳۰۰۲/۶/۳۲ با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است، درضمن از معاونت محترم پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور که کمک مالی نیز داشته‌اند، بسیار سپاسگزاریم.

REFERENCES

1. Abadía, J., Vázquez, S., Rellán-Álvarez, R., El-Jendoubi, H., Abadía, A., Álvarez-Fernández, A. & López-Millán, A. (2011). Towards a knowledge-based correction of iron chlorosis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(5), 471-482.
2. Àlvarez-Fernàndez, A., Abadía, J. & Abadía, A. (2006). Iron Deficiency, Fruit Yield and Fruit Quality. *Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms* (pp. 85-101): Springer.
3. Arnon, DI. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-15.
4. Babalar, M. & Pirmoradian, M. (2008). *Trees fruit nutrition* (Third ed.). University of Tehran Press. (in Farsi)
5. Beavers, W., Sams, C., Conway, W. & Brown, G. (1994). Calcium source affects calcium content, firmness, and degree of injury of apples during storage. *HortScience*, 29(12), 1520-1523.
6. Biesiada, A. & Kus, A. (2010). The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yielding and nutritional status of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica., Hortorum Cultus*, 9(2), 3-12.
7. Borowski, E. & Michałek, S. (2011). The effect of foliar fertilization of French bean with iron salts and urea on some physiological processes in plants relative to iron uptake and translocation in leaves. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*, 10(2), 183-193.
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. Degman, ES. (1929). Firmness and keeping quality of fruits as affected by nitrogen fertilizers. Paper presented at the *American Society* for *Horticultural Science*, 26, 182-186.
10. Drake, J., Marshall, H., Dreizler, S., Freeman, P., Fruscione, A., Juda, M. & Wargelin, B. (2002). Nitrogen effects on plants? *The Astrophysical Journal*, 572(2), 996.

11. Erdal, I., Kepenek, K. & Kizilgol, I. (2009). 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(6), 421-427.
12. Ernani, P.R. (2008). Química do solo e disponibilidade de nutrientes às plantas. *Journal of Lages*, 229p. (in France)
13. Echeverrıa, G., Fuentes, T., Graell, J., Lara, I. & López, M. (2004). Aroma volatile compounds of 'Fuji'apples in relation to harvest date and cold storage technology: A comparison of two seasons. *Postharvest Biology and Technology*, 32(1), 29-44.
14. Fallahi, E., Fallahi, B. & Seyedbagheri, M.M. (2006). Influence of humic substances and nitrogen on yield, fruit quality, and leaf mineral elements of 'Early Spur Rome'apple. *Journal of Plant Nutrition*, 29(10), 1819-1833.
15. Food and Agriculture Organization. (2011). *Production: Apple production in FAO.* Retrieved January 12, 2012, from http://www.fao.org/Q/QC/E.
16. Faniadis, D., Drogoudi, PD. & Vasilakakis, M. (2010). Effects of cultivar, orchard elevation, and storage on fruit quality characters of sweet cherry (Prunus avium L.). *Scientia Horticulturae*, 125(3), 301-304.
17. Fernández, V., Del Río, V., Abadía, J. & Abadía, A. (2006). Foliar iron fertilization of peach (Prunus persica (L.) Batsch): effects of iron compounds, surfactants and other adjuvants. *Plant and Soil*, 289(1-2), 239-252.
18. Kazemi, M. (2013). Effects of Zn, Fe and their Combination Treatments on the growth and yield of tomato. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 3(1), 109-114.
19. Lata, B. & Przeradzka, M. (2002). Changes of antioxidant content in fruit peel and flesh of selected apple cultivars during storage. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 10, 5-13.
20. Molassiotis, A., Tanou, G., Diamantidis, G., Patakas, A., 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. *Plant Physiology*, 163, 176–185.
21. Ough, C. & Amerine, M. (1988). Phenolic compounds. *Methods for analysis of musts and wines*, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
22. Pestana, M., Gama, F., Saavedra, T., Correia, PJ., Dandlen, S. & Miguel, MG. (2008). Evaluation of Fe Deficiency Effects on Strawberry Fruit Quality. *Paper presented at the VI International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops* 868.
23. Raese,T. & Drake, SR. (1997). Nitrogen fertilization and elemental composition affects fruit quality of 'Fuji'apples. *Journal of Plant Nutrition*, 20(12), 1797-1809.
24. Salazar-García, S. (1999). Iron nutrition and deficiency: A review with emphasis in avocado (*Persea americana* mill.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5(2), 67-76.
25. Schulte, EE. (1992). *Soil and applied iron*: University of Wisconsin--Extension.
26. Terry, N. (1980). Limiting factors in photosynthesis I. Use of iron stress to control photochemical capacity in vivo. *Plant Physiology*, 65(1), 114-120.

Iranian Journal of Horticultural Science, Vol. 46, No. 3, Autumn 2015

Effect of iron and nitrogen application on quantitative and qualitative characteristics of apple "cv. Fuji"

Mesbah Babalar[1*], Mina Mohebi[2], Mohammad Ali Askary Sarcheshme[3] and Alireza Talaee[4]

1, 2, 3, 4. Professor and head, M.Sc. Student, Assistant Professor and Professor, Department of Horticultural Sciences, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: Jul. 9, 2014 - Accepted: Nov. 1, 2015)

ABSTRACT

Effect of three different levels of Fe-EDDHA foliar application and soil application of nitrogen on some quantitative and qualitative characteristics of apple (cv. Fuji) grafted on Maling-9 was evaluated. This experiment carried out at the experimental field of Tehran University, in 2013. The factorial experiment was carried out as randomized completely block design (RCBD) with three replications. Results showed that iron application separately increased total phenolic content and dry matter (%) but had no significant effect on other physiochemical parameters. Nitrogen application separately increased fruit firmness, total phenolic content, dry matter, fruit length, peel yellowness and decreased ascorbic acid and peel blush. Interaction effect of iron and nitrogen on the fruit firmness, total phenolic content, ascorbic acid, dry matter, yield, fruit height and peel color parameters like a, b was significant. It can be concluded that, nitrogen application at 60 mg/kg in each tree was suitable for improving the quality indexes for this cultivar but three doses of iron in this study were dilute for improving the quality indexes of the fruit.

Keywords: apple, fe-eddha, fuji, leaf nutrition, nitrogen.

* Corresponding author E-mail: mbabalar@ut.ac.ir Tel: +98 26 32248721