مقاله پژوهشی

برهمکنش پتاسیم و آهن در کیفیت تغذیه‌ای میوه سیب طی انبارمانی

کیوان جهانشاهی انبوهی[۱]، حنیفه سید حاجی‌زاده*[۱]، آرش همتی[۲] و سارا رضایی[۱]

[۱] گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه

[۲] گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۱/۲۸)

چکیده

تغذیه مناسب درختان میوه پس از برداشت، موجب افزایش باردهی و کیفیت میوه‌ها در سال آتی می‌گردد. برای بررسی تأثیر چالکود سولفات پتاسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم) و کلات آهن (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌لیتر) بر کیفیت محصول، پس از برداشت، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار بر روی سیب رقم رد دلیشز انجام گرفت و صفاتی از قبیل سفتی، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، آنتوسیانین و فنول پوست و گوشت، کربوهیدرات کل، درصد ماده خشک، شاخص پرلیم و غلظت برخی عناصر غذایی ماکرو و میکرو میوه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد درختانی که با ۵۰ گرم سولفات پتاسیم و ۳۰ سی‌سی کلات آهن تغذیه شدند، میوه سفت‌تر و مواد جامد محلول بیشتری داشتند. همچنین تأثیر عنصر پتاسیم در افزایش آنتوسیانین پوست میوه بیشتر از آهن بود. علی‌رغم روند کاهشی مقدار فنول طی انبارمانی، کود سولفات پتاسیم، بیشترین تأثیر را در افزایش مقدار فنول پوست و گوشت و حتی حفظ آن طی دوره انبارمانی نسبت به شاهد داشت. از طرفی با افزایش مقدار کلات آهن از میزان فنول میوه‌ها کاسته شد. مقدار اسیدیته میوه‌ها در تیمارهایی که با غلظت‌های مختلف آهن تیمار شده بودند بیشتر از میوه‌های شاهد بود. افزایش زمان انبارمانی باعث افزایش معنی‌دار کربوهیدرات کل شد. سایر صفات کیفی در طول زمان انبارمانی به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. به‌طورکلی تیمار ۵۰ و ۱۰۰ گرم سولفات پتاسیم به تنهایی یا در ترکیب با ۱۰ سی‌سی کلات آهن اثر مناسبی روی صفات مورد مطالعه داشت.

کلمات کلیدی: کوددهی، فنول، شاخص پرلیم، قدرت انبارمانی و کیفیت خوراکی

مقدمه

با توجه به این‌که همه ساله مقادیر قابل توجهی از تولیدات کشاورزی و باغی از جمله میوه سیب به‌دلیل کیفیت کم در هنگام برداشت و نگهداری در سردخانه از بین می‌رود، لذا برای جبران عملکرد و افزایش خواص کمی و کیفی، استفاده از عناصر غذایی در رابطه با رشد و کیفیت سیب در دوره رشد رویشی، ضروری به‌نظر می‌رسد (Malakouti and Souri, 2001). از طرف دیگر افزودن برخی از کودهای شیمیایی به‌ویژه در مراحل رشد، زمینه مسمومیت گیاه را فراهم می‌کند (Ke *et al*., 2007). همچنین کارایی کم عناصر غذایی، کوددهی نامتعادل و پاسخ کم گیاهان به کودهای مصرفی، مناطق توسعه‌یافته کشاورزی را با کمبود مواد آلی مواجه کرده است (Sharma, 2008). سیب با نام علمی *Malus domestica* Borkh. از خانواده گل سرخیان بوده و رتبه سوم میزان تولید

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: hajizade@maragheh.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

مربوط به سیب با تولید حدود ۹/۲ میلیون تن و سهم ۳/۱٤ درصد از کل میزان تولید محصولات باغبانی بوده که استان‌های آذربایجان غربی با سهم ۳/۲٦ درصدی، آذربایجان شرقی با سهم ۱۲ درصدی، فارس با سهم ۳/۱۱ درصدی و خراسان رضوی با سهم ۵/۷ درصدی در رتبه‌های اول تا چهارم تولیدکنندگان سیب کشور قرار داشته‌اند. این چهار استان جمعاً در حدود ۱/۵۷ درصد از کل تولید سیب کشور را تأمین نموده‌اند. میزان تولید محصولات باغبانی ۲۱ میلیون تن بوده که سهم میوه‌های دانه‌دار ۱۵/٦ درصد بوده(آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۷) و ایران در جهان رتبه سوم تولید سیب را به خود اختصاص داده است. از ویژگی‌های میوه سیب می‌توان به کیفیت غذایی زیاد، تازه‌خوری، تنوع مصرف مانند تولید سس، سرکه، کمپوت، آب میوه و مربا اشاره نمود (Stavropoulos, 2006). به همین دلیل توجه به تولید و کیفیت میوه سیب جایگاه خاصی در در رژیم غذایی مردم به‌ویژه در عصر کم تحرکی انسان، داشته و نقش مؤثری در رشد و توسعه اقتصاد کشورهای تولیدکننده این میوه ایفا می‌کند (Jensen *et al.*, 2010). آهن مهم‌ترین جایگاه را در ساخت کلروفیل و میزان فتوسنتز داشته و در سیستم آنزیمی و تنفس گیاه نقش‌آفرین است. بنابراین استفاده بهینه از آهن، باعث افزایش ماده خشک خواهد شد. در مقابل از اثرات کمبود آهن می‌توان به کاهش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و درنتیجه افزایش نسبی کاروتنوئیدها که درنهایت میزان سبزینگی گیاه کاهش پیدا نموده و توان فتوسنتزی آن کاهش می‌یابد، اشاره کرد (Briat *et al.*, 2007). تثبیت عنصر آهن در خاک، به‌ویژه در خاک‌های آهکی (خاک زراعی غالب در ایران)، یکی از چالش‌های تغذیه‌ای در مورد این عنصر است (منصوری و همکاران، ۱۳۹٦). باید توجه داشت که افزودن آهن در فرم غیرکلات به خاک‌ها به‌ویژه در خاک‌های آهکی ایران، تأثیری در فراهم آوردن آهن برای گیاه و میکروارگانیسم‌ها ندارد، چون آهن موجود به‌صورت آزاد به سرعت هیدراته شده و به‌صورت هیدروکسیدهای آهن رسوب کرده و قابل استفاده نمی‌باشد (Saleh, 2008). 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 ویژگی‌های انبارمانی بهتری خواهند داشت (Lata and Przeradzka, 2002). پتاسیم، از عناصر غذایی مهم و پرمصرف در درختان سیب است و نقش فعالی را در افزایش مقاوت آن‌ها به سرما، بیماری‌ها، تنش‌های شوری و خشکی دارد. همچنین در انتقال املاح به داخل شیره سلولی، فعال‌نمودن بسیاری آنزیم‌ها و کنترل فعالیت روزنه‌ها نقش اساسی دارد (منوچهری و ملکوتی، ۱۳۸۰). همچنین پتاسیم عامل مهم در انبساط سلولی بوده و رشد سریع درخت در شرایط کمبود پتاسیم دچار مشکل می‌شود (Stavropoulos, 2006). در خاک‌های سنگین با تهویه نامناسب، جذب پتاسیم به کندی صورت می‌گیرد که در این شرایط با وجود پتاسیم کافی در خاک، علائم کمبود به چشم می‌خورد. علاوه بر این در خاک‌های دارای یون‌های زیاد منیزیم و کلسیم، پتاسیم تثبیت و از دسترس ریشه خارج می‌گردد (Kaya *et al.*, 2002). لذا این پژوهش با هدف ارزیابی بیوشیمیایی و خواص تغذیه‌ای میوه سیب رقم رد دلیشز پس از برداشت و در واکنش به کاربرد توأم کودهای سولفات پتاسیم و کلات آهن (کلات لیگنو سولفانات آهن) انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در یک باغ سیب در روستای چلان مراغه با طول جغرافیایی ۳۷/۵۱٦۷ درجه شمالی و ٤٥/۹۱٦۷ درجه شرقی و ارتفاع ۱٤۹۰ متر بالاتر از سطح دریا انجام گرفت. باغ مورد آزمایش از رقم پیوندی رد دلیشز بود. فواصل درختان از هر جهت هفت متر بود و سیستم آبیاری سنتی غرقابی داشت. درختان مورد آزمایش دارای سیستم هرس هرمی بودند و سال کم‌بار (OFF) درختان بود. در فروردین سال ۱۳۹٦ قبل از کوددهی، نمونه‌برداری آب و خاک باغ جهت انجام تجزیه‌های فیزیکوشیمیایی در قسمت سایه‌انداز درخت به عمق‌های ۳۰، ٦۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ سانتی‌متر انجام گرفت. آزمایش به‌صورت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار بر روی ٤٨ درخت ۳۰ ساله و یکسان از نظر رشد اجرا شد. هر درخت با دو منبع غذایی کود سولفات پتاسیم در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم برای هر درخت) و کلات آهن با چهار سطح (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌لیتر) به‌صورت چالکود (تعداد ۳ چاله به عمق ۳۰ سانتی‌متر برای هر درخت) سه بار (اوایل اردیبهشت، اوایل تیر و اوایل شهریورماه) مورد تغذیه قرار گرفت. سولفات پتاسیم (۵۲ درصد پتاسیم به فرم K_2O و ۳۸ درصد سولفات به‌صورت ۱۰۰ درصد محلول) و کلات آهن (٦ درصد آهن، لیگنوسولفانات) از شرکت جهان سبز ایساتیس تهیه گردید. میوه‌ها در زمان بلوغ تجاری از باغ برداشت شده و جهت اندازه‌گیری صفات کمی، کیفی و بیوشیمیایی به سردخانه با دمای صفر± ۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد منتقل و به‌مدت شش ماه در انبار نگهداری شدند. نمونه‌برداری از میوه‌ها در زمان برداشت و نیز هر ٦۰ روز یک‌بار انجام گرفت.

سفتی میوه: با انتخاب میوه‌های سالم و یکنواخت، از هر تکرار مربوط به تیمارهای مختلف، سه عدد میوه انتخاب و با دستگاه سفتی‌سنج دستی (STEP SYSTEM, آلمان) میزان سفتی برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع تعیین شد. قطر پروب مورد استفاده ۱۱ میلی‌متر بود (Al-Qurashi and Awad, 2015).

اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون: میزان اسیدیته کل میوه‌ها با استفاده از روش تیتراسیون توسط یک محلول قلیایی با نرمالیته مشخص اندازه‌گیری گردید. برای تیتراسیون ابتدا ۵ میلی‌لیتر از آب میوه صاف‌شده را برداشته و به ارلن مایر منتقل و با آب‌مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول فوق هم زده و چند قطره معرف فتالئین به آن اضافه و با سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال تیتر شد. زمان پایان عمل تیتراسیون با ظهور رنگ صورتی و رسیدن pH محلول به ۸/۱ تا ۸/۲ مشخص گردید (مستوفی و نجفی، ۱۳۸٤).

استخراج و سنجش میزان کربوهیدرات کل (قند محلول): برای اندازه‌گیری کربوهیدرات کل ۰/۵ گرم از میوه‌های فریزشده توسط ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹٦ درصد هضم گردیده و از صافی پارچه‌ایی ریز عبور داده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد جهت هضم نهایی استفاده و از صافی عبور داده شد. عصاره بدست آمده در دور rpm ۵۵۰۰، به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. در مرحله بعد ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره سانتریفیوژ شده با ۳ میلی‌لیتر از محلول آنترون در لوله آزمایش توسط ورتکس مخلوط گردید. سپس لوله‌های آزمایش در بن‌ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت و دوباره از ورتکس جهت مخلوط‌کردن استفاده شد. در مرحله آخر میزان جذب در طول‌موج ٦۵۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (Shimadzu.UV-1800, Japan) خوانده شد (Irigoyen *et al.*, 1992).

محتوای فنل کل: میزان فنل کل در عصاره‌های پوست و گوشت با شناساگر فولین سیکالتو (Folin-Ciocalteu) با دستگاه طیف‌سنج نوری اندازه‌گیری شد. یک گرم نمونه همراه ۲ میلی‌لیتر اتانول اسیدی مخلوط شده و پس از سانتریفیوژ روشناور آن برداشت گردید. ۵۰ میکرولیتر از این عصاره با ٤۵۰ میکرولیتر آب‌مقطر و ۲/۵ میلی‌لیتر واکنش‌گر فولین سیکالتو ۱۰ درصد به آن اضافه گردید و پس از ده دقیقه به این مخلوط ۲ میلی‌لیتر سدیم کربنات ۷/۵ درصد اضافه گردید. مخلوط واکنش یک و نیم ساعت در تاریکی در دمای اتاق نگهداری شد و نهایتاً میزان جذب نمونه در ۷٦۰ نانومتر خوانده شد (Singleton and Rossi, 1965).

اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل (TSS): برای اندازه‌گیری مواد جامد کل از میوه‌ها آب‌گیری شده و سپس آب میوه‌ها صاف شد و میزان مواد جامد محلول کل با دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی (ATAGO, Japan) در دمای اتاق برحسب درجه بریکس اندازه‌گیری شد (مستوفی و نجفی، ۱۳۸٤).

تعیین میزان آنتوسیانین: سنجش میزان آنتوسیانین با استفاده از متانول اسیدی استخراج گردید. بدین صورت که یک گرم نمونه فریزشده در نیتروژن مایع پودر گردیده و در ۲ میلی‌لیتر متانول اسیدی هضم گردید. عصاره حاصل در دمای چهار درجه سانتی‌گراد و دور rpm ۱۲۰۰۰ به‌مدت ۱۰ دقیقه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

سانتریفیوژ گردید. فاز مایع جدا گردیده و ۱۰۰ میکرولیتر از این عصاره در کمپلکس واکنشی حاوی ۱۹۰۰ میکرولیتر متانول اسیدی مخلوط گشته و در طول‌موج ۵۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکترومتر میزان جذب آن‌ها خوانده گردید (Wanger, 1979).

فاکتور) × جذب محلول در ۵۳۰ نانومتر = آنتوسیانین کل
۹۸/۲ / (۱۰۰ × رقیق‌سازی

اندازه‌گیری درصد کاهش وزن: به‌منظور اندازه‌گیری کاهش وزن، میوه‌های هر واحد آزمایش به‌طور جداگانه به وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم در ابتدای آزمایش وزن و پس از انبار هر ۱۴ روز یکبار تغییرات وزن در واحدهای آزمایشی اندازه‌گیری شد و تغییرات حاصله به صورت درصد کاهش وزن با استفاده از رابطه زیر بیان گشت (جلیلی مرندی، ۱۳۹۱).

وزن میوه – وزن میوه قبل از انبارکردن) = درصد کاهش وزن
۱۰۰ × وزن میوه قبل از انبارکردن / (بعد از انبارکردن

شاخص پرلیم (Perlim Index): شاخص پرلیم با رابطه یک محاسبه گردید که نمادی از کیفیت کلی است (Hagg *et al.*, 1999).

مواد جامد محلول × سفتی میوه (kg/cm^2) = شاخص پرلیم
۱۰– (اسیدیته قابل تیتراسیون (٪) × (Brix)

به‌منظور بررسی عناصر موجود در میوه، نمونه‌ها در داخل آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. سپس یک گرم ماده خشک گیاهی آسیاب‌شده در کوره قرار داده شد و دما به آرامی تا ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت تا خاکستر سفید رنگی حاصل شود (Cottenie, 1980). غلظت پتاسیم میوه در عصاره‌های تهیه‌شده به روش خاکسترکردن خشک، توسط دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید (Ryan *et al.*, 2001). برای اندازه‌گیری منیزیم، ابتدا محلول استاندارد تهیه شد و با توجه به طول‌موج اختصاصی آن عنصر، منحنی کالیبراسیون رسم گردیده و سپس اقدام به خواندن نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر (Japan, Shimadzu, UV-1800) شد (Ryan *et al.*, 2001). اندازه‌گیری کلسیم به شیوه تیتراسیون با پرمنگنات پتاسیم انجام گرفت. برای این کار ۲۰ میلی‌لیتر از محلول خاکستر را به بشر منتقل کرده حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر و دو قطره معرف متیل‌رد اضافه گردید. سپس با استفاده از pH متر و محلول هیدروکسید آمونیوم (۱+۱ pH) محلول را به حدود ۷–۶/۵ می‌رسانیم. در این مرحله رنگ محلول زرد می‌شود، سپس توسط اسید کلریدریک (۳+۱ pH) را به حدود ۳ –۲/۵ می‌رسانیم تا رنگ محلول صورتی شود. سپس توسط محلول تیترازول پرمنگنات پتاسیم ۰/۱ نرمال تا ایجاد رنگ صورتی تیتر می‌کنیم (Ryan *et al.*, 2001). برای اندازه‌گیری آهن ۱۰ میلی‌لیتر از محلول خاکستر به بالن حجمی ۵۰ میلی لیتری انتقال و تا حجم ۲۰ میلی‌لیتر رقیق شد. سپس ۵ میلی‌لیتر محلول هیدروکسیل آمونیوم کلرید و ۲ میلی‌لیتر محلول ۱و۱۰ - فنانترولین به آن افزوده و به حجم رسانده شد. سپس میزان جذب با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Japan, Shimadzu AA-670) اندازه‌گیری و گزارش شد (Ryan *et al.*, 2001).

پس از جمع‌آوری داده‌ها، وجود داده پرت از مجموعه داده‌های یادداشت‌برداری شده بررسی گردید. سپس آزمون نرمال‌بودن داده‌ها بررسی و تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ورژن ۹/۱ انجام شد. برای انجام مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج ویژگی‌های شیمیایی آب و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. آب آبیاری در منطقه مذکور، از نظر شوری در حد کم تا متوسط و دارای pH قلیایی است. نتایج حاصل از تجزیه خاک باغ نشان داد که خاک عموماً با بافت شنی– لومی، بسیار آهکی (کربنات کلسیم بالاتر از ۱۰ درصد است)، pH قلیایی و از نظر مقدار کربن آلی در لایه‌های بالاتر در شرایط متوسطی قرار داشت. مقدار فسفر و نیتروژن قابل جذب خاک در محدوده بحرانی و کم بوده و با افزایش عمق خاک کاهش یافته و مقدار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده

کل مواد جامد محلول	$CaCO_3$	SO_4	Cl	Na	pH	هدایت الکتریکی
mg/l	meq/L				(۱:۱۰)	(µ.s) (۱:۱۰)
۳٤	۲۳	۱/۵	۲	۳	۷/۸۷	۳٤۵

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در محل اجرای آزمایش

عمق نمونه‌برداری	۳۰-۰	۶۰-۳۰	۹۰-۶۰	۱۲۰-۹۰	۱۵۰-۱۲۰
بافت خاک	لومی- شنی	لومی- شنی	شنی- لومی	شنی- لومی	شنی- لومی
هدایت الکتریکی (۱:۱۰) (µ.s)	٤۱	۳۷	۲۲	۱۶	۱۱
pH (۱:۱۰)	۸/٤۸	۸/۷۲	۷/۳۳	۸/٤۳	۷/۸۹
N (%)	۰/۰۶	–	–	–	–
K (ppm)	۲۲۱	–	–	–	–
P (ppm)	۶	–	–	–	–
Fe (ppm)	۳/۱	–	–	–	–
Zn (ppm)	۰/۶	–	–	–	–
Mn (ppm)	٤/٤	–	–	–	–
ماده آلی خاک (٪)	۱/۲	۱/۱	۰/۰۲	۰	۰
درصد مواد خنثی‌شونده T.N.V (%)	۰/۵	۰/۲	۰/۱	۰	۰
درصد شن و ماسه Sand%	۶۰	۶۵	۸٤	۸۳	۸۵
درصد رس Clay%	۱۰	۶	۶	۵	٤
درصد سیلت Silt%	۳۵	۲٤	۱۰	۱۲	۱۱

آن به صفر رسیده است. سایر عناصر غذایی شامل پتاسیم، آهن، روی و منگنز قابل جذب خاک نیز در شرایط ضعیف و بحرانی قرار داشتند.

نتایج مربوط به اندازه‌گیری صفات کیفی سیب، میزان سفتی: با توجه به نتایج مقایسه میانگین، تیمارهای ۱۰ و ۲۰ میلی‌لیتر کلات آهن و تیمار ۵۰ گرم سولفات پتاسیم موجب افزایش مثبت و معنی‌دار سفتی میوه نسبت به تیمار شاهد شدند ولی با افزایش غظت کلات آهن به ۳۰ میلی‌لیتر میزان سفتی میوه به‌طور معنی‌دار کاهش یافت و مقدار آن با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). نرم‌شدن پس از برداشت میوه سیب به‌دلیل فروپاشی دیواره یاخته‌ای ناشی از فعالیت آنزیمی، حلالیت پکتین و کاهش مقاومت مکانیکی دیواره‌های یاخته‌ای است که باعث کاهش سفتی میوه می‌شوند. رسیدن میوه با تحریک تولید اتیلن منجر به تغییرپذیری فیزیولوژیکی در اندام‌های گیاهی مانند نرم‌شدن بافت میوه، تجزیه رنگیزه‌های گیاهی، تغییرپذیری‌هایی در محتوای اسیدهای آلی (ارگانیک) و قندها و همچنین آزادسازی ترکیب‌های معطر و آروماتیک می‌شود (Ahmadi *et al.*, 2017). نابودی غشای نازک یاخته‌ای به‌عنوان عاملی مؤثر بر سفتی بافت میوه شناخته می‌شود که با پراکسیداسیون لیپید غشا مرتبط است. محصولات حد واسط و نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غشا، رادیکال‌های آزاد H_2O_2 و O_2^- هستند که نقش مهمی در فرآیند رسیدن میوه مانند سازوکار نرم‌شدن آن ایفا می‌کنند. فعالیت لیپوکسیژناز و تولید رادیکال آزاد پراکسید به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان عامل‌های القاکننده اختلال در عملکرد غشاء و زوال در رسیدن میوه شناخته شده‌اند (Kader,

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود بر صفات کیفی سیب طی انبارداری

تیمار کودی کلات‌آهن (میلی‌لیتر)	سفتی میوه (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)	مواد جامد محلول (درجه بریکس)	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد)	وزن خشک میوه (گرم)
شاهد	٤/٠١^{b}	١٢/٩٧^{b}	٠/٢٧^{b}	١٨/٧٨^{b}
١٠	٤/١٩^{a}	١٣/٦٨^{a}	٠/٢٩^{a}	٢٠/٠٨^{a}
٢٠	٤/١٩^{a}	١٣/٦٣^{a}	٠/٢٧^{b}	١٨/٧٣^{b}
٣٠	٤/٠٩^{b}	١٣/٦٥^{a}	٠/٢٨^{a}	١٨/٨٧^{b}

در هر ستون تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

ادامه جدول ۳-

تیمار کودی سولفات پتاسیم (گرم)	سفتی میوه (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع)	مواد جامد محلول (درجه بریکس)	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد)	فنول گوشت (میلی‌گرم بر صد گرم وزن تر)	شاخص پرلیم
شاهد	٤/١٥^{ab}	١٣/٠٢^{c}	٠/٢٧^{c}	٦٢/٧٩^{b}	١٠/٩٨^{c}
٥٠	٤/١٩^{a}	١٤^{a}	٠/٣٠^{a}	٦٣/٢٧^{b}	١١/٦٨^{a}
١٠٠	٤/٠٤^{c}	١٣/٣٢^{bc}	٠/٢٧^{c}	٦٣/٦٣^{b}	١١/١٢^{c}
١٥٠	٤/١٠^{bc}	١٣/٥٩^{b}	٠/٢٨^{b}	٦٦/٧٢^{a}	١١/٣٥^{b}

در هر ستون تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

2002). انبارمانی میوه‌ها در دمای کم با حفظ ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی منجر به افزایش عمر پس از برداشت محصول می‌شود. اما در هر صورت میوه‌ها پس از طی این مدت درنتیجه برخی واکنش‌های فیزیولوژیکی سفتی خود را از دست داده و نرم می‌شوند که منجر به کاهش کیفیت می‌شود (Borowski and Michalek, 2011). گزارش شده که سفتی ناشی از استفاده از عنصر پتاسیم، عمر انبارمانی میوه را افزایش می‌دهد. در مطالعه شاعری و همکاران (۱۳۹۳) بر روی ویژگی‌های کیفی سیب تحت تیمار عنصر غذایی پتاسیم نشان داد که سفتی بافت رقم فوجی سیب و وزن رقم گلدن دلیشز، تفات معنی‌داری نسبت به سایر ارقام داشت.

مواد جامد محلول (TSS): به همین ترتیب مقدار مواد جامد محلول نیز در تیمار ۵۰ گرم سولفات پتاسیم بیشتر از سایر نسبت‌های کودی استفاده شده بود (جدول ۳) به‌طوری‌که تأثیر تیمار متقابل سولفات پتاسیم (۵۰ گرم) × کلات آهن (غلظت ۳۰ سی‌سی) × زمان نمونه‌برداری با اختلاف معنی‌دار نسبت به تمامی تیمارها دارای بیشترین درصد مواد جامد محلول (۱۶/۹۷) در روز برداشت بود. مواد جامد محلول از شاخص‌های کیفی میوه است که رابطه بالایی با ساختار میوه دارد (Aboutalebi and Hassanzadeh, 2013). میوه حاوی نشاسته، مواد پکتینی و قندهایی مانند گلوکز، فروکتوز و ساکارز است. مقادیر این قندها در مرحله رسیدن میوه به‌علت هیدرولیز کامل نشاسته افزایش و در مرحله پس از برداشت به‌عنوان سوبسترای اصلی در سوخت‌وساز تنفسی هستند. عکس همین حالت در مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون مشهود بود زیرا با افزایش غلظت هر دو کود مقدار اسیدیته میوه نسبت به شاهد دارای نوسان بود. مقدار وزن خشک میوه بیشتر تحت تأثیر کودهی با کلات آهن قرار گرفت به‌طوری‌که ۱۰ میلی‌لیتر کود اثر بیشتری در افزایش وزن خشک میوه داشت (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسات میانگین تیمارهای ۱۰ و ۳۰ میلی‌لیتر کلات آهن موجب افزایش مثبت و معنی‌دار اسیدیته قابل تیتراسیون نسبت به تیمار شاهد و ۲۰ میلی‌لیتر کلات آهن شدند (جدول ۳). یکی از اثرگذاری‌های کمبود آهن تأخیر در بلوغ میوه است. درنتیجه دلیل بیشتر بودن اسیدیته کل می‌تواند

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

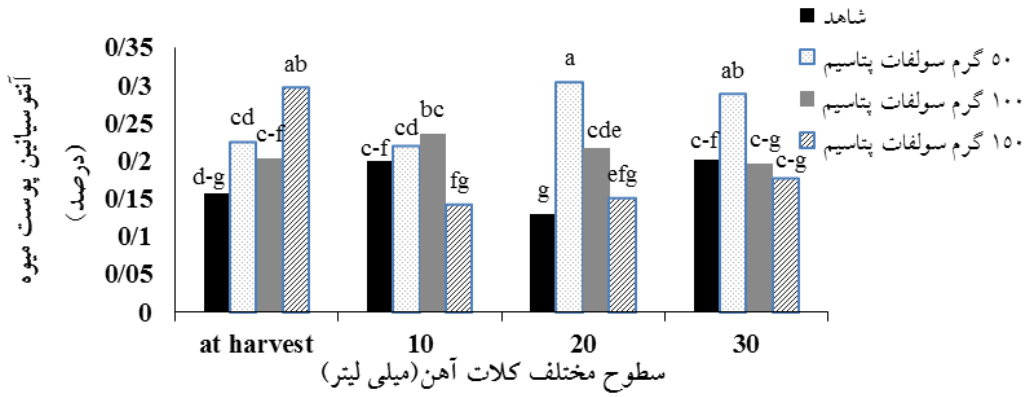
ناشی از تأخیر در بلوغ میوه باشد. کاربرد آهن در درختان دارای کمبود آهن، میزان آب میوه را نسبت به درختان دارای کمبود آهن بیشتر کرده و درنتیجه باعث کاهش اسیدیته می‌شود (Alvarez-Fernandez *et al*., 2003). از طرفی مقدار اسیدیته آب میوه طی انبارمانی کاهش یافت که به‌دلیل مصرف اسیدهای آلی میوه طی تنفس در دوره انبارمانی محصول است اما روند کاهشی و مقدار اسیدهای آلی میوه در درختانی که با ۵۰ و ۱۰۰ گرم سولفات پتاسیم بدون تیمار کلات آهن بودند، با شیب آهسته‌تری اتفاق افتاد. گزارش شده که کاربرد پتاسیم اسیدیته قابل تیتراسیون میوه را در فلفل شیرین افزایش داد (مردانلو و سوری، ۱۳۹۵). همچنین کاربرد پتاسیم، باعث افزایش فاکتور کیفی اسیدیته قابل تیتراسیون در فلفل (El-Bassiony *et al*., 2010)، توت‌فرنگی (Khayyat *et al*., 2007) و گوجه‌فرنگی (Almeslemani *et al*., 2009) نیز گزارش شد. در هندوانه غلظت‌های زیاد پتاسیم، اسیدیته را کاهش می‌دهد که احتمالاً یکی از نقش‌های تولید مقدار زیاد اسید در اثر کاربرد پتاسیم در برخی میوه‌ها، پایداری اسید آسکوربیک است (Okur and Yagmur, 2004).

آنتوسیانین پوست میوه: کاربرد ۵۰ گرم سولفات پتاسیم موجب افزایش معنی‌دار میزان آنتوسیانین در مراحل مختلف نمونه‌برداری نسبت به تیمار شاهد شد ولی با افزایش سطوح سولفات پتاسیم میزان این صفت در تمامی مراحل کاهش یافت (شکل ۱). به‌طورکلی، بیشترین میزان آنتوسیانین مربوط به تیمار ۵۰ گرم سولفات پتاسیم در مرحله سوم نمونه‌برداری و کمترین میزان این صفت در مرحله چهارم نمونه‌برداری در غلظت‌های مختلف سولفات پتاسیم مشاهده شد (شکل ۲). تمامی غلظت‌های تیمار سولفات پتاسیم باعث افزایش معنی‌دار غلظت آنتوسیانین پوست میوه نسبت به شاهد شد. کوددهی با پتاسیم باعث بهبود تولید آنتوسیانین‌ها و درنتیجه بهبود رنگ قرمز بهتری می‌گردد. پتاسیم همچنین اثرات نیتروژن زیادی را که از تشکیل آنتوسیانین‌ها جلوگیری می‌کند را مهار می‌کند. بنابراین در اواخر فصل رشد، تغذیه درختان با کودهای حاوی پتاسیم زیاد مؤثر می‌باشد که البته در پژوهش حاضر تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف پتاسیم وجود نداشت اما با شاهد بسیار معنی‌دار بود. پتاسیم در مسیر سنتز آنتوسیانین‌ها مهم بوده و به احتمال زیاد به‌عنوان یک کوفاکتور عمل می‌کند و باعث فعال‌شدن آنزیم‌هایی مانند UDP گالاکتوز و فلاونوئید ۳- او-گلیکوزیل ترانسفراز می‌شود (Nava *et al*., 2008). کاربرد پتاسیم ارتباط زیادی با فعالیت پلی‌فنول اکسیداز، پراکسیداز و فنیل‌آلانین آمونیالیاز دارد، که احتمالاً کاربرد پتاسیم باعث افزایش ترکیبات فنولی و آنتوسیانین و درنتیجه افزایش شدت رنگ عصاره میوه شده است (Soarcs *et al*., 2005). مقدار فنول گوشت میوه در تیمار ۱۵۰ گرم کود سولفات پتاسیم ۱/۰۶ برابر بیشتر از تیمار شاهد بود.

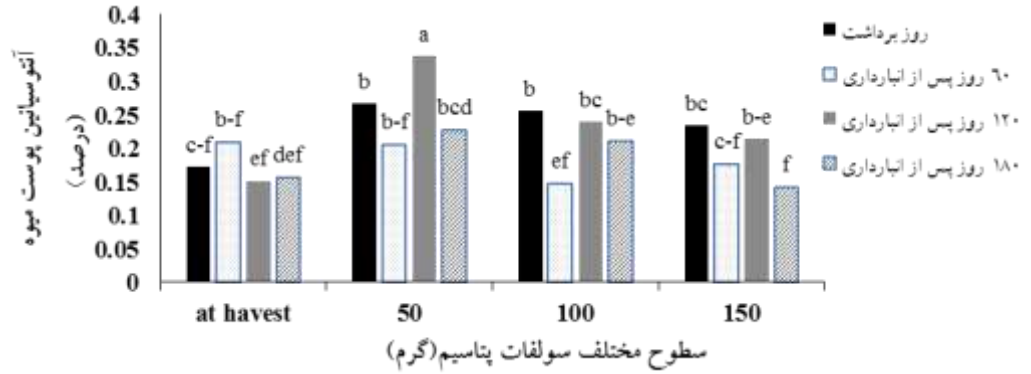
شاخص طعم میوه (TSS/TA): نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد که در اثر متقابل سولفات پتاسیم (شاهد، ۵۰ گرم، ۱۰۰ گرم و ۱۵۰ گرم) × کلات آهن (شاهد، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌لیتر) × زمان نمونه‌برداری، تیمار اثر متقابل سولفات پتاسیم (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم) × کلات آهن (غلظت ۱۰ میلی‌لیتر) × زمان نمونه‌برداری (۱۸۰ روز پس از انبارداری) مناسب‌ترین تیمارها در حفظ و کاهش تغییرات در این صفت و نیز حفظ آن طی دوره انبارمانی بودند (جدول ۳). تیمار ۲۰ میلی‌لیتر کلات آهن موجب افزایش مثبت و معنی‌دار رسیدگی میوه نسبت به تیمار شاهد و تیمارهای ۱۰ و ۳۰ میلی‌لیتر کلات آهن شد. با افزایش غلظت تیمار کلات آهن به ۳۰ میلی‌لیتر میزان این صفت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و با تیمار شاهد و تیمار ۱۰ میلی‌لیتر کلات آهن اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ٤). افزایش زمان انبارمانی باعث افزایش میزان این صفت در تمامی تیمارها شد (جدول ٦). علت افزایش شاخص طعم در میوه‌های تیمارشده با کلات آهن نسبت به میوه‌های شاهد را می‌توان بدین گونه شرح داد، که آهن نقش بسیار مهمی در سنتز کلروفیل و افزایش میزان فتوسنتز برگ دارد همچنین با در دسترس قراردادن میزان آهن به اندازه کافی، بالارفتن ذخیره‌سازی غذا و تولید مواد پرورده با کاربرد کلات آهن را می‌توان علت افزایش این صفت دانست (Davarpanah *et al*., 2017).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]



شکل ۱- اثر متقابل کود کلات‌آهن و سولفات پتاسیم بر مقدار آنتوسیانین پوست میوه سیب رقم دلیشز



شکل ۲- اثر متقابل زمان نمونه‌برداری و سولفات پتاسیم بر مقدار آنتوسیانین پوست میوه سیب رقم رد دلیشز

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تیمار کود کلات آهن روی شاخص طعم میوه و شاخص پرلیم در سیب رقم رد دلیشز (در طول انبارداری)

تیمار کودی کلات‌آهن (میلی لیتر)	شاخص طعم میوه (TSS/TA)	شاخص پرلیم
شاهد	٤٩/١٩^{b}	١٠/٨٨^{b}
١٠	٥١/٤٥^{b}	١١/٤٦^{a}
٢٠	٥٣/٩٤^{a}	١١/٤١^{a}
٣٠	٥٠/٨٠^{b}	١١/٣٨^{a}

در هر ستون تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

کربوهیدرات کل: در اثر متقابل سولفات پتاسیم (شاهد، ۵۰ گرم، ۱۰۰ گرم و ۱۵۰ گرم) × کلات آهن (شاهد، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌لیتر) × زمان نمونه‌برداری روی صفت کربوهیدرات کل نتایج نشان داد، تیمار اثر متقابل سولفات پتاسیم (شاهد) × کلات آهن (غلظت ۳۰ میلی‌لیتر) × زمان نمونه‌برداری (۱۸۰ روز پس از انبارداری) و پس از آن تیمار سولفات پتاسیم (۱۰۰) × کلات آهن (غلظت ۱۰ میلی‌لیتر) × طی دوره انبارمانی بودند (جدول ۳). در فرآیند رسیدن میوه، کاهش در میزان قند غیراحیا که به‌طور عمده ساکارز است، با تبدیل به قندهای احیا (مانند فروکتوز و گلوکز) باعث افزایش آن‌ها می‌شود. این فرآیند به میزان زیادی با افزایش فعالیت آنزیم اینورتاز مرتبط است. هر دو آنزیم ساکارز فسفات سنتاز و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

اینورتاز با فعال‌کردن عمل پشت سرهم اتیلن در طی فرآیند رسیدن میوه فعال می‌شوند (Borowski and Michalek, 2011). با افزایش مقدار کوددهی، میزان قند میوه در هنگام برداشت افزایش می‌یابد که این موضوع در مورد کربوهیدرات کل بیشتر صدق می‌کند.

درصد ماده خشک میوه: با توجه به نتایج مقایسه میانگین، تیمار ۱۰ میلی‌لیتر کلات آهن موجب افزایش مثبت و معنی‌دار درصد ماده خشک نسبت به تیمار شاهد شد ولی با افزایش غلظت تیمار کلات آهن به ۲۰ و ۳۰ میلی‌لیتر میزان این صفت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). افزایش زمان انبارداری باعث کاهش معنی‌دار درصد ماده خشک میوه شد و کمترین میزان این صفت در روزهای اخر انبارداری (۱۲۰ و ۱۸۰ روز پس از انبارداری) مشاهده شد (جدول ٦). نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد در اثر متقابل سولفات پتاسیم (شاهد، ۵۰ گرم، ۱۰۰ گرم و ۱۵۰ گرم) × کلات آهن (شاهد، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌لیتر) × زمان نمونه‌برداری، تیمار اثر متقابل سولفات پتاسیم (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم) × کلات آهن (غلظت ۱۰ میلی‌لیتر) × زمان نمونه‌برداری (۱۸۰ روز پس از انبارداری) مناسب‌ترین تیمارها در حفظ و کاهش تغییرات در این صفت و نیز حفظ آن طی دوره انبارمانی بودند (جدول ٦).

فنول پوست: با توجه به نتایج افزایش زمان انبارداری، باعث کاهش معنی‌دار فنول پوست شد و کمترین میزان این صفت در ۱۲۰ و ۱۸۰ روز پس از انبارداری مشاهده شد (جدول ۵). نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد، در اثر متقابل سولفات پتاسیم (شاهد، ۵۰ گرم، ۱۰۰ گرم و ۱۵۰ گرم) × کلات آهن (شاهد، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌لیتر) × زمان نمونه‌برداری، تیمار اثر متقابل سولفات پتاسیم (۵۰ گرم) × کلات آهن (شاهد) × زمان نمونه‌برداری (۱۸۰ روز پس از انبارمانی) نسبت به سایر تیمارها کمترین تغییرات میزان فنول پوست نسبت به روز برداشت بود که مناسب‌ترین تیمار بود (جدول ۵).

فنول گوشت: نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد به‌طورکلی در اثر متقابل سولفات پتاسیم (شاهد، ۵۰ گرم، ۱۰۰ گرم و ۱۵۰ گرم) × کلات آهن (شاهد، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌لیتر) × زمان نمونه‌برداری، تیمار اثر متقابل سولفات پتاسیم (۵۰ گرم) × کلات آهن (شاهد) × زمان نمونه‌برداری (۱۸۰ روز پس از انبارمانی) نسبت به تمامی تیمارها دارای تأثیر بیشتری در افزایش مقدار اولیه فنول پوست و گوشت میوه و نیز حفظ آن طی دوره انبارمانی بود (جدول ۵). پتاسیم رشد گیاه را افزایش داده و درنتیجه باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی می‌شود و به‌علت تخصیص کربن اضافی به مسیر شیکمیک اسید موجب افزایش ترکیبات فنلی می‌شود (Nguyen *et al.*, 2010). از طرف دیگر ثابت شده که پتاسیم با افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز که آنزیم کلیدی در مسیر فنیل پروپانوئید است میزان ترکیبات فنلی را افزایش می‌دهد (Soares *et al.*, 2005). ترکیبات فنلی در عطر و طعم و رنگ میوه تأثیر دارند. بررسی‌های زیادی در رابطه با تأثیر وضعیت تغذیه‌ای گیاهان بر میزان تولید سوخت و سازگرهای ثانویه انجام شده است. میزان ترکیبات فنلی در طول نمو میوه افزایش یافته ولی قبل از رسیدن میوه کاهش می‌یابد (Ghafir, 2009). بالابودن ترکیبات فنلی در میوه درختان دارای کمبود آهن، احتمالاً به‌دلیل تأخیر در بلوغ و رسیدن است که باعث افزایش گسی میوه و کاهش کیفیت چشایی آن می‌شود که این موضوع به‌وضوح در درختان شاهد دیده شد که دارای بیشترین مقدار مواد فنولی بودند و به‌تدریج با افزایش مقدار کوددهی کلات آهن از میزان فنول اولیه میوه‌های سیب در هنگام برداشت کاسته شد. بنابراین کمبود آهن با تغییر در ترکیب شیمیایی میوه باعث کاهش کیفیت خوراکی میوه می‌شود (Alvarez-Fernandez *et al.*, 2003). 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 (Nguyen and Niemeyer, 2008). همچنین مقایسه مقدار فنول پوست و گوشت نیز نشان داد که بیشترین مقدار تجمع فنل در پوست میوه سیب است.

شاخص پرلیم (Perlim Index): برای محاسبه شاخص

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود و زمان بر صفات کیفی سیب رقم رد دلیشز

ترکیب تیماری			صفات				
سولفات پتاسیم (گرم)	کلات آهن (میلی‌لیتر)	زمان نمونه‌برداری	فنول پوست (mg/100gFw)	فنول گوشت (mg/100gFw)	کربوهیدرات کل (mg/L)	ماده خشک (٪)	شاخص پرلیم
شاهد	شاهد	روز برداشت	۶۰/۷^{a}	۵۸$^{s-u}$	۸/۸$^{u-w}$	۳۰/۳^{b}	۱۰/۷$^{u-y}$
		۶۰	۲۵/۷$^{p-r}$	۶۱/۶$^{o-q}$	۱۰$^{q-u}$	۲۳^{g}	۱۲^{hi}
		۱۲۰	۱۷/۶$^{w-y}$	۷۲/۲^{ij}	۷/۲^{yz}	۱۴/۱^{z}	۱۰/۸$^{s-w}$
		۱۸۰	۱۷/۱$^{w-z}$	۶۳/۳^{no}	۱۹/۱^{g}	۱۲/۸^{z}	۱۰/۸^{z}
	۱۰	روز برداشت	۱۲/۶^{z}	۷۷/۳$^{d-f}$	۱۲/۱$^{k-m}$	۱۸/۷$^{o-q}$	۱۱/۳$^{p-n}$
		۶۰	۲۳/۶$^{q-s}$	۴۹/۲^{xy}	۱۱/۳$^{l-q}$	۳۱/۵^{a}	۱۱/۶$^{j-m}$
		۱۲۰	۳۰/۲$^{l-n}$	۷۳$^{h-j}$	۷/۴$^{x-z}$	۱۳/۶^{z}	۱۰/۸$^{t-x}$
		۱۸۰	۲۲/۷$^{r-u}$	۵۹/۹$^{p-s}$	۲۵/۸^{e}	۱۸/۱$^{p-r}$	۱۱/۴$^{m-o}$
	۲۰	روز برداشت	۵۶/۴^{b}	۷۶/۷$^{e-g}$	۱۱/۸$^{k-n}$	۲۱/۶^{ij}	۹/۶^{z}
		۶۰	۱۵/۲$^{x-z}$	۵۳/۵^{w}	۱۱/۵$^{k-o}$	۲۳/۴^{fg}	۱۱/۶$^{j-l}$
		۱۲۰	۱۹/۶^{vw}	۷۱^{jk}	۱۱/۴$^{l-p}$	۱۶/۸$^{t-v}$	۱۲/۶^{de}
		۱۸۰	۱۲/۳^{z}	۴۳/۹^{z}	۳۱/۴^{a}	۱۴/۸^{yz}	۱۰/۸$^{s-x}$
	۳۰	روز برداشت	۴۳/۶^{ef}	۷۶/۷$^{e-g}$	۱۶^{i}	۱۹/۷$^{l-n}$	۱۰^{z}
		۶۰	۲۳$^{r-t}$	۵۹/۱$^{q-t}$	۱۱/۴$^{k-o}$	۲۵^{d}	۱۱$^{q-t}$
		۱۲۰	۲۳/۴$^{q-s}$	۷۲/۶$^{h-j}$	۱۱/۱$^{m-r}$	۱۲/۶^{z}	۱۰/۱^{z}
		۱۸۰	۲۷/۳$^{n-p}$	۳۵/۸^{z}	۲۸^{c}	۱۴/۹^{yz}	۱۰/۷$^{u-x}$
۵۰	شاهد	روز برداشت	۴۲/۶$^{e-g}$	۷۹/۹$^{b-d}$	۱۵/۶^{i}	۲۳/۴^{fg}	۹/۲^{z}
		۶۰	۲۲/۳$^{s-v}$	۴۹/۲^{xy}	۱۴/۱^{j}	۲۴/۱^{ef}	۱۲/۱^{gh}
		۱۲۰	۱۴/۹$^{x-z}$	۱۱/۳^{z}	۶/۵^{z}	۱۷/۸$^{q-s}$	۱۱/۵$^{l-n}$
		۱۸۰	۳۹/۲$^{h-j}$	۶۶/۵^{lm}	۲۴^{f}	۱۴/۸^{yz}	۱۱$^{r-t}$
	۱۰	روز برداشت	۴۰/۴$^{g-i}$	۶۷/۳$^{e-g}$	۱۰/۱$^{p-u}$	۱۲/۱^{z}	۹/۹^{z}
		۶۰	۱۳/۹^{z}	۶۱/۶$^{o-q}$	۱۲$^{k-m}$	۲۶/۳^{c}	۱۱/۸^{ij}
		۱۲۰	۴/۸^{z}	۷۲/۵$^{h-j}$	۷/۳$^{x-z}$	۱۶/۹$^{s-v}$	۱۲/۴^{f}
		۱۸۰	۱۳/۶^{z}	۵۸$^{s-u}$	۲۶/۷^{de}	۱۴/۶^{yz}	۱۱/۵$^{l-o}$
	۲۰	روز برداشت	۴۶/۹^{c}	۸۶/۳^{a}	۱۵/۹^{i}	۱۸/۵$^{o-q}$	۱۰/۵^{y}
		۶۰	۲۶/۴$^{o-q}$	۶۱/۲$^{o-r}$	۱۰$^{r-u}$	۱۷/۴$^{r-t}$	۱۲^{h}
		۱۲۰	۱۲/۲^{z}	۷۶/۶$^{e-g}$	۸/۹$^{u-w}$	۱۷$^{s-v}$	۱۲/۶^{e}
		۱۸۰	۱۷/۴$^{w-y}$	۵۷/۵$^{s-v}$	۲۶/۷^{de}	۱۵/۳^{xy}	۱۱/۲^{pq}
	۳۰	روز برداشت	۴۰/۱$^{g-i}$	۸۴/۵^{a}	۱۵/۲^{i}	۲۲/۷^{gh}	۱۳/۷^{a}
		۶۰	۱۲/۳^{z}	۴۶/۹^{yz}	۱۰/۲$^{o-t}$	۱۹/۹^{lm}	۱۳/۱^{b}
		۱۲۰	۱۱/۴^{z}	۶۶/۸^{lm}	۶/۹^{yz}	۱۷/۲$^{r-u}$	۱۱/۳^{op}
		۱۸۰	۱۴/۹$^{x-z}$	۵۶/۵$^{t-v}$	۲۸/۲^{c}	۱۶/۹$^{s-v}$	۱۲/۳^{fg}

در هر ستون تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

ادامه جدول ۵-

ترکیب تیماری			صفات				
سولفات پتاسیم (گرم)	کلات آهن (میلی‌لیتر)	زمان نمونه‌برداری	فنول پوست (mg/100gFw)	فنول گوشت (mg/100gFw)	کربوهیدرات کل (mg/L)	ماده خشک (٪)	شاخص پرلیم
۱۰۰	شاهد	روز برداشت	۵۲/۲^{c}	۷۸/۲$^{c-e}$	۱۱/۶$^{k-n}$	۲۰/۵^{kl}	۹/۵^{z}
		۶۰	۱۷/۹^{wx}	۵۸/۷$^{r-t}$	۱۰/۸$^{m-r}$	۱۷/۹$^{p-s}$	۱۰/۸$^{t-x}$
		۱۲۰	۸/۲^{z}	۶۸/۶^{kl}	۵/۸^{z}	۱۳/۵^{z}	۱۰/۶^{xy}
		۱۸۰	۹/۵^{z}	۵۵/۴$^{u-w}$	۲۶/۴^{de}	۱۶/۲$^{v-x}$	۱۰/۶$^{w-y}$
	۱۰	روز برداشت	۴۱/۷$^{f-h}$	۷۹/۶$^{b-d}$	۱۸/۹^{g}	۲۳/۴^{fg}	۱۰/۳^{z}
		۶۰	۱۷/۱$^{w-z}$	۵۳/۷^{w}	۱۱/۸$^{k-n}$	۲۴/۹^{de}	۱۱/۳$^{n-p}$
		۱۲۰	۲۳/۵$^{q-s}$	۷۱/۶^{j}	۶/۲^{z}	۱۵/۵$^{w-y}$	۱۱$^{q-s}$
		۱۸۰	۲۵$^{p-s}$	۴۹/۸^{x}	۲۸/۷^{bc}	۱۶/۲$^{v-x}$	۱۰/۵^{y}
	۲۰	روز برداشت	۴۶/۵^{d}	۸۰/۶^{bc}	۱۰/۵$^{n-s}$	۱۸/۶$^{o-q}$	۱۰/۷$^{u-y}$
		۶۰	۸/۷^{z}	۵۳/۱^{w}	۱۱$^{m-r}$	۲۱/۱^{jk}	۱۲/۳^{fg}
		۱۲۰	۱۱/۸^{z}	۶۵/۱^{mn}	۶/۴^{z}	۱۷/۸$^{p-s}$	۱۲/۸^{cd}
		۱۸۰	۱۴/۲^{z}	۴۵/۴^{z}	۲۷/۵^{yz}	۱۸/۱$^{p-r}$	۱۱$^{r-t}$
	۳۰	روز برداشت	۳۶/۶^{jk}	۷۷$^{e-g}$	۸/۵^{z}	۲۰/۴^{kl}	۱۰/۸$^{s-v}$
		۶۰	۳۵/۹^{k}	۶۲/۲^{op}	۶/۷^{z}	۲۵/۲^{d}	۱۰/۶$^{w-y}$
		۱۲۰	۱۵/۶$^{x-z}$	۷۲^{ij}	۷/۱^{yz}	۱۸/۸$^{n-p}$	۱۲/۳^{fg}
		۱۸۰	۱۰/۷^{z}	۴۶/۴^{z}	۲۹/۴^{b}	۱۷/۳$^{r-u}$	۱۲/۳^{fg}
۱۵۰	شاهد	روز برداشت	۴۵/۵^{de}	۷۶^{efg}	۱۶/۴^{i}	۲۱/۴^{ij}	۱۱/۸$^{i-k}$
		۶۰	۱۴/۶^{yz}	۴۶/۹^{yz}	۶/۸^{z}	۱۹/۸^{lm}	۱۱/۲$^{p-r}$
		۱۲۰	۱۹/۸$^{u-w}$	۶۹^{kl}	۸/۱$^{w-y}$	۱۳/۷^{z}	۱۰/۶^{xy}
		۱۸۰	۵/۵^{z}	۶۵/۲^{mn}	۲۶/۱^{e}	۱۶/۱$^{v-x}$	۱۱/۲$^{p-r}$
	۱۰	روز برداشت	۳۸/۲$^{i-k}$	۸۱/۱^{b}	۱۷/۶^{h}	۲۵/۱^{d}	۱۱/۴$^{m-o}$
		۶۰	۲۸/۷$^{m-o}$	۶۵/۹^{mn}	۱۱/۳$^{l-q}$	۱۸/۴$^{o-q}$	۱۱/۶$^{k-m}$
		۱۲۰	۸/۴^{z}	۷۰/۸^{jk}	۸/۱$^{w-y}$	۱۷/۷$^{q-t}$	۱۳^{bc}
		۱۸۰	۱۲/۲^{z}	۵۶/۵$^{t-v}$	۲۶^{e}	۱۸/۶$^{o-q}$	۱۲/۹^{c}
	۲۰	روز برداشت	۳۲/۳^{l}	۸۰/۱^{bc}	۱۲/۷^{k}	۲۲/۱^{hi}	۹/۷^{z}
		۶۰	۲۹/۴$^{l-n}$	۵۵/۷$^{u-w}$	۵/۳^{z}	۲۳/۹^{f}	۱۱/۹^{hi}
		۱۲۰	۱۷/۵$^{w-y}$	۷۵$^{f-h}$	۹/۱$^{t-w}$	۱۵/۳^{xy}	۱۰/۹$^{s-v}$
		۱۸۰	۳۱/۵^{lm}	۵۵^{uw}	۲۶/۲^{e}	۱۷/۳$^{r-t}$	۱۱/۶$^{j-l}$
	۳۰	روز برداشت	۵۵/۷^{b}	۷۸/۶$^{b-e}$	۹/۵$^{s-v}$	۲۱/۵^{ij}	۱۰/۹$^{s-u}$
		۶۰	۲۰/۲$^{t-w}$	۶۰$^{p-s}$	۱۲/۵^{kl}	۱۹/۲$^{m-o}$	۱۰/۸$^{t-x}$
		۱۲۰	۹/۶^{z}	۷۴/۳$^{g-i}$	۵/۴^{z}	۱۳/۶^{z}	۱۰/۵^{y}
		۱۸۰	۱۱/۴^{z}	۵۶/۹$^{t-v}$	۲۶/۱^{e}	۱۶/۳$^{u-w}$	۱۱$^{q-t}$

در هر ستون تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر زمان‌های مختلف نمونه‌برداری روی کربوهیدرات کل، ماده خشک میوه، رسیدگی میوه و شاخص پرلیم در سیب رقم رد دلیشز (در طول انبارداری)

زمان نمونه‌برداری	کربوهیدرات کل	ماده خشک میوه	شاخص طعم TSS/TA	شاخص پرلیم
روز برداشت	١٣/٢٤^{b}	٢١/٨٥^{a}	٣٧/٨٩^{d}	١٠/٦٧^{c}
٦٠ روز پس از انبارداری	١٠/٤٦^{c}	٢٢/٥٨^{a}	٤٨/٠٤^{c}	١١/٦٥^{a}
١٢٠ روز پس از انبارداری	٧/٧٢^{d}	١٥/٧٩^{b}	٥٠/٧٤^{b}	١١/٥٣^{a}
١٨٠ روز پس از انبارداری	٢٦/٦٨^{a}	١٦/١٩^{b}	٦٨/٧٠^{a}	١١/٢٧^{b}

در هر ستون تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ٥ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

پرلیم سه شاخص کل مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) و سفتی میوه به‌منظور تعیین بهینه تاریخ برداشت و همچنین پیش‌بینی کیفیت و طعم میوه مورد استفاده قرار گرفتند (Icka and Damo, 2014). با توجه به نتایج جداول ٣ و ٥، تیمارهای مختلف کلات آهن موجب افزایش مثبت و معنی‌دار شاخص پرلیم نسبت به تیمار شاهد شدند ولی با افزایش غلظت کلات آهن به ٢٠ و ٣٠ میلی‌لیتر میزان این صفت کاهش یافت. تیمار ٥٠ گرم سولفات پتاسیم نیز باعث افزایش مثبت و معنی‌دار این صفت نسبت به سایر تیمارهای شاهد و سولفات پتاسیم شد و با افزایش غلظت سولفات پتاسیم شاخص پرلیم کاهش یافت. نتایج جدول ٣ نشان داد تیمار ترکیبی ٥٠ گرم سولفات پتاسیم × ٣٠ میلی‌لیتر کلات آهن و نیز تیمار ١٠٠ گرم سولفات پتاسیم همراه با تمامی غلظت‌های کلات آهن پس از ١٨٠ روز انبارداری کمترین تغییرات را در شاخص پرلیم نسبت به سایر تیمارها و شاهد داشتند.

نتایج مربوط به اثر زمان‌های مختلف اندازه‌گیری صفات کیفی سیب نشان داد میزان کربوهیدرات کل، شاخص طعم و نیز شاخص پرلیم در طول زمان افزایش یافتند درحالی‌که درصد ماده خشک میوه نسبت به روز برداشت کاهش نشان دادند (جدول ٦). با افزایش زمان انبارمانی و کاهش میزان آب محصول، افزایش میزان قند میوه و خوش‌طعم شدن آن به‌نظر منطقی می‌رسد.

نتایج تجزیه عناصر پرمصرف و کم مصرف در میوه طی انبارداری: با توجه به نتایج مقایسه میانگین، افزایش غلظت سولفات پتاسیم باعث افزایش معنی‌دار پتاسیم در میوه شد. بیشترین مقدار عنصر پتاسیم با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها در تیمار ١٥٠ گرم سولفات پتاسیم مشاهده شد. کمترین مقدار این صفت نیز با اختلاف معنی‌دار نسبت به تیمارهای دیگر مربوط به تیمار شاهد سولفات پتاسیم بود (جدول ٧). افزایش غلظت کلات آهن باعث افزایش معنی‌دار عنصر پتاسیم در میوه شد. بیشترین مقدار عنصر پتاسیم با اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد در غلظت ٣٠ میلی‌لیتر کلات آهن مشاهده شد. کمترین مقدار این صفت نیز مربوط به تیمار شاهد کلات آهن بود (جدول ٨). با توجه به نتایج مقایسه میانگین، افزایش غلظت سولفات پتاسیم باعث کاهش معنی‌دار عنصر کلسیم در میوه شد. بیشترین مقدار عنصر کلسیم با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها در تیمار شاهد سولفات پتاسیم مشاهده شد این تیمار با تیمار ٥٠ گرم سولفات پتاسیم اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار این صفت نیز مربوط به تیمار ١٥٠ گرم سولفات پتاسیم بود (جدول ٧). با توجه به نتایج جدول ٩، افزایش زمان موجب افزایش معنی‌دار عنصر کلسیم در میوه شد به‌طوری‌که غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم و آهن پس از انبارمانی نه تنها کاهش نداشت بلکه بیشتر از مقادیر آنها در روز برداشت بود. بیشترین عنصر منیزیم در شرایط عدم کاربرد تیمار سولفات پتاسیم در غلظت‌های ١٠، ٢٠ و ٣٠ میلی‌لیتر کلات آهن و ٥٠ گرم سولفات پتاسیم در ٣٠ میلی‌لیتر کلات آهن مشاهده شد. کمترین مقدار این صفت نیز،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم روی عناصر کلسیم و پتاسیم در میوه سیب طی انبارمانی

تیمار کودی سولفات پتاسیم (گرم)	عنصرپتاسیم	عنصر کلسیم
شاهد	۷۰۹٦/۸^{d}	۱۲٦۷/۱^{a}
۵۰	۷۵٦۱/۱^{c}	۱۲٤٦/۷^{a}
۱۰۰	۷۹۷۸/۸^{b}	۱۱۹٤/۳^{b}
۱۵۰	۸۵۹۱^{a}	۱۱۳۳/۳^{c}

در هر ستون تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود کلات آهن روی عنصر آهن و پتاسیم در میوه سیب طی انبارمانی

تیمار کودی کلات‌آهن (میلی‌لیتر)	عنصر آهن	عنصر پتاسیم
شاهد	٤/۳^{d}	۸۷۷۵/۲^{b}
۱۰	٤/٦^{c}	۷۷۷٦/۸^{ab}
۲۰	۵/۷^{b}	۷۸۹۱/۱^{a}
۳۰	۵/٤^{a}	۹۷۷۲/۷^{a}

در هر ستون تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر زمان‌های مختلف نمونه‌برداری روی عناصر پتاسیم، کلسیم و آهن در میوه سیب طی انبارمانی

زمان نمونه‌برداری	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)	آهن (Fe)
روز برداشت	۷٦۳٦/۷۷^{b}	۱۲۰۱/۱۲^{b}	٤/۷۷^{b}
۱۸۰ روز پس از انبارداری	۷۹۷۷/۱۲^{a}	۱۲۱۹/٦۷^{a}	٤/۹۳^{a}

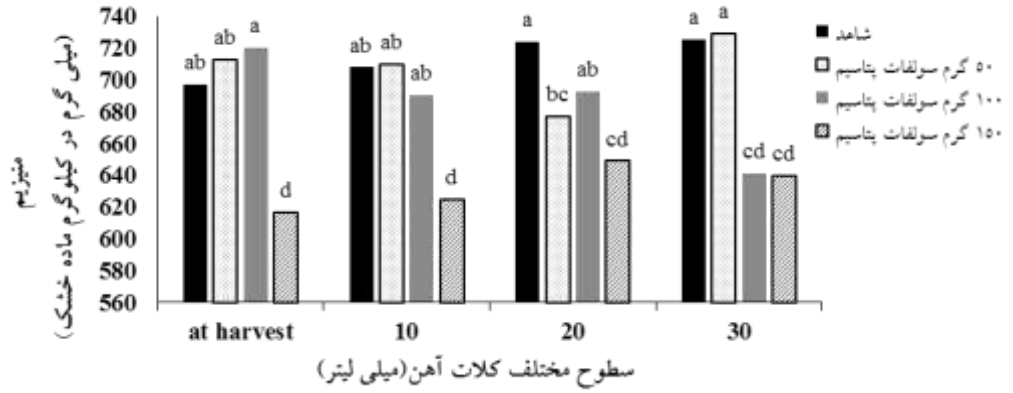
در هر ستون تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

با افزایش سطوح تیمار سولفات پتاسیم به ۱۵۰ گرم در غلظت‌های مختلف کلات آهن مشاهده شد (شکل۳).

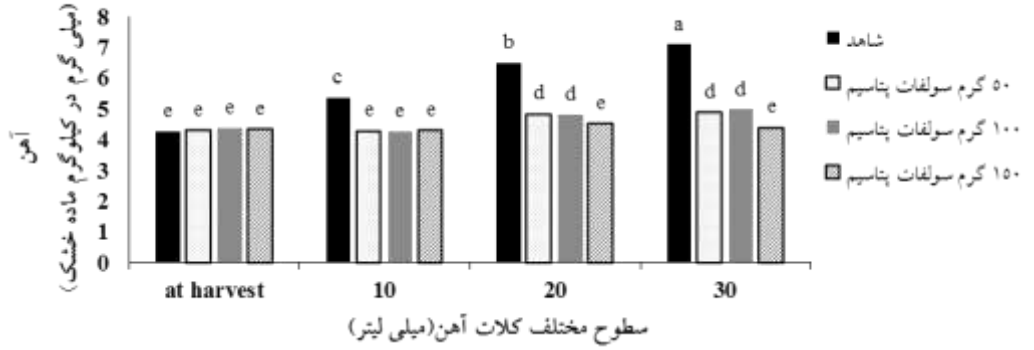
طبق شکل ٤ بیشترین عنصر آهن در شرایط عدم کاربرد تیمار سولفات پتاسیم در غلظت‌های مختلف کلات آهن مشاهده شد.

از طرفی افزایش غلظت آهن موجب افزایش مثبت و معنی‌دار میزان این عنصر در میوه شد که با نتایج دهقانی پوده و همکاران (۱۳۹۸) در سیب رقم گرانی اسمیت همسو است. کمترین مقدار این صفت نیز، با افزایش سطوح تیمار سولفات پتاسیم در غلظت‌های مختلف کلات آهن مشاهده شد. نتایج پژوهش در سیب (Fallahi *et al*., 2006) و گلابی (Alvarez-Fernandez *et al*., 2004) نشان داد که کاربرد برگی آهن باعث افزایش محتوای عناصر برگ و میوه در درختان رشدیافته در خاک‌های آهکی شده است. پتاسیم و آهن باعث افزایش فتوسنتز و تولید قند برای واردشدن به اندام‌های مقصد می‌شوند (Karimi, 2017). افزایش کیفیت محصول و نیز ذخایر کربوهیدراتی در درختان تیمارشده با این عناصر غذایی ممکن است با افزایش رشد ریشه‌ها و توسعه سطح تماس ریشه با خاک منجر به افزایش جذب عناصر غذایی در مقایسه با درختان شاهد به‌ویژه در مراحل بحرانی رشد شده باشد. از سازوکارهای جذب عناصر توسط ریشه‌ها می‌توان به گسترش و توسعه سیستم ریشه در خاک اشاره کرد که ریشه می‌تواند از بخش وسیع‌تری از خاک عناصر غذایی را جذب نماید. محلول‌پاشی گیاه با آهن و روی می‌تواند نقش مؤثری در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]



شکل ۳- اثر متقابل سطوح مختلف کلات‌آهن در سولفات پتاسیم روی میزان منیزیم میوه طی انبارمانی



شکل ٤- اثر متقابل سطوح مختلف کلات‌آهن در سولفات پتاسیم روی میزان آهن سیب طی انبارمانی

افزایش گسترش ریشه گیاه داشته باشد. آهن همچنین در ساخت کلروفیل، تیلاکوئید و نمو کلروپلاست شرکت دارد. بنابراین استنباط می‌شود که محلول‌پاشی گیاه با آهن و روی منجر به افزایش شدت فتوسنتز گیاه می‌شود. بنابراین کربوهیدرات بیشتری به ریشه‌ها منتقل شده لذا رشد و جذب عناصر غذایی توسط ریشه زیاد می‌شود و درنتیجه غلظت‌های عناصر در گیاه افزایش می‌یابد. خاک‌های غیراسیدی معمولاً مقدار کافی کلسیم را در اختیار گیاه قرار می‌دهند، ولی در این خاک‌ها کمبود کلسیم بیشتر به توزیع و انتقال کم کلسیم در گیاه مربوط می‌شود که این امر می‌تواند علل متفاوتی داشته که یکی از آن‌ها بروز کمبود آهن در گیاه است (Mousa, 2003).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی ترکیب تیمار ۵۰ و ۱۰۰ گرم سولفات پتاسیم به تنهایی و در ترکیب با غلظت ۱۰ میلی‌لیتر کلات آهن اثر مناسبی بر صفات کیفی سیب رقم رد دلیشز پس از ۱۸۰ روز انبارمانی داشت. همچنین تیمارهای مختلف سولفات پتاسیم به تنهایی و در ترکیب با غلظت‌های مختلف کلات آهن نیز در ترکیب عناصر غذایی میوه اثر مناسبی روی عناصر اندازه‌گیری شده بجز منیزیم داشت. نتایج حاکی از اثر مثبت کود پتاسیم بر روی رنگ‌آوری و کیفیت سیب بود به‌طوری‌که در درختان تغذیه‌شده به‌دلیل نقش پتاسیم در تولید آنتوسیانین و افزایش حجم سلولی، از میوه‌هایی با رنگ و کیفیت بسیار مطلوبی نسبت به درختان شاهد برخوردار بودند. براساس نتایج بدست آمده از آزمایشات مقدماتی و نیز پژوهش حاضر، تجمع پتاسیم در میوه‌های سیب رد دلیشز بسیار بیشتر از برگ‌ها بود. استفاده از ترکیب سولفات پتاسیم و کلات آهن لیگنوسولفاناته در خاک‌های شنی منطقه کاربرد مناسبی داشت و نیاز به عناصر پتاسیم و آهن را رفع کرد. با توجه به هزینه کمتر کلات لیگنوسولفاناته، این تیمار می‌تواند در تأمین نیاز آهن مناسب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

باشد. استفاده چند باره نیاز کودی درختان به جای استفاده به صورت یک‌جا، در خاک‌های شنی بسیار مناسب بود.

منابع

آمارنامه کشاورزی، (۱۳۹۷) آمار پایه‌ای محصولات باغبانی (سطح غیربارور و بارور، میزان تولید و عملکرد به تفکیک آبی و دیم). جلد ۳، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

جلیلی مرندی، ر. (۱۳۹۱) فیزیولوژی بعد از برداشت. جهاد دانشگاهی (دانشگاه ارومیه).

دهقانی پوده، ص.، عسکری سرچشمه، م.ع.، طلایی، ع. و بابالار، م. (۱۳۹۸) تأثیر تغذیه نیتروژن و آهن بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی سیب رقم گرانی اسمیت. دو فصلنامه پژوهش‌های میوه‌کاری ٤:۲۳-۱۳.

ساینی، ر. س.، شارما، ک. د.، دانکار، ا. پ. و کوشیک، ر. آ. (۱۳۸٤) روش‌های آزمایشگاهی تجزیه‌ای در علوم باغبانی. ترجمه مستوفی، ی. و نجفی، ف. انتشارات دانشگاه تهران. تهران.

شاعری، م.، ربیعی، و. و طاهری، م. (۱۳۹۳) اثر پایه و رقم بر کارایی جذب عناصر معدنی و برخی صفات کمی و کیفی سیب ارقام گلدن دلیشز، فوجی و دلباراستیول. مجله به‌زراعی نهال و بذر ٤: ۱۵-۱۲.

مردانلو، ص. و سوری، م. ک. (۱۳۹۵) سطوح مختلف پتاسیم در محلول غذایی بر کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای. فناوری تولیدات گیاهی ۸: ۳۷-۲۵.

منصوری، س.، بابالار، م.، کلانتری، س. و عسگری سرچشمه، م.ع. (۱۳۹٦) تأثیر محلول‌پاشی آهن و تغذیه خاکی نیترات آمونیوم بر کیفیت پس از برداشت میوه سیب رقم دلبار استیوال. علوم باغبانی ایران ٤۸: ۵۱۵-۵۰۳.

منوچهری، س. و ملکوتی، م. ج. (۱۳۸۰) اثر بخشی نوع و مقادیر کودهای پتاسیمی بر شاخص‌های رشد، غلظت عناصر معدنی و کیفیت میوه در درختان سیب. علوم خاک و آب ۱۵: ۱۷۹-۱٦۷.

Aboutalebi, A. and Hassanzadeh, H. (2013) Effects of iron and zinc on sweet Lime (*Citrus limmetta*) fruit quantity and quality in calcareous soil. International Journal of Farming and Allied Sciences 2: 675-677.

Ahmadi, K., Golizadeh, H., Ebadzadeh, H. and Rafiey, M. (2017) Agriculture Statistics. 1st Ed., Crop Production. Ministry of Agriculture.

Almeslemani, M., Pant, R. and Singh, B. (2009) Potassium level and physiologyical response and fruit quality in hydroponically grown tomato. International Journal of Vegetable Science 16: 85-99.

Al-Qurashi, A. D. and Awad, M. A. (2015) Postharvest chitosan treatment affects quality, antioxidant capacityand antioxidant compounds and enzymes activities of 'El-Bayadi' table grapes after storage. Scientia Horticulturae 197: 392-398.

Alvarez-Fernandez, A., Garcia-Lavina, P., Fidalgo, C., Abadia, J. and Abadia, A. (2004) Foliar fertilization to control iron chlorosis in pear (*Pyrus communis* L.) trees. Plant and Soil 263: 5-15.

Alvarez-Fernandez, A., Paniagua, P., Abadia, J. and Abadia, A. (2003) 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.

Borowski, E. and Michalek, 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: 183-193.

Briat, J. F., Curie, C. and Gaymard, F. (2007) Iron utilization and metabolism in plants. Current Opinion in Plant Biology 10: 276-282.

Cottenie, A. (1980) Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Aran, M., Abadia, J. and Khorassani, R. (2017) Effects of foliar nano-nitrogen and urea fertilizers on the physical and chemical properties of pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruits. Hortscience 52: 288-294.

El-Bassiony, A. M., Fawzy, Z. F., Abd El-Samad, E. H. and Riad, G. S. (2010) Growth, yield and fruit quality of sweet pepper plants (*Capsicum annuum* L.) as affected by potassium fertilization. Journal of American Science 6: 722-729.

Fallahi, E., Fallahi, B. and 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: 1819-1833.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

Ghafir, S. A., Gadalla, S. O., Murajei, B. N. and El-Nady, M. F. (2009) Physiological and anatomical comparison between four different apple cultivars under cold-storage conditions. African Journal of Plant Science 3: 133-138.

Hagg, M., Ahvenainen, R., Ervers, A. M. and Tiilikkala, K. (1999) Agri Food Quality II: Qaulitu Managment of Fruits and Vegetables. 1st Ed. Royal Society of Chemistry, Turku.

Icka, P. and Damo, R. (2014) Assessment of harvest time for red delicious cv. though harvest indexes in AlbAniA. Bulgarian Journal of Agricultural Science 20: 628-632.

Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Dias, M. (1992) Water stresses induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago Sativa*) plants. Plant Physiology 84: 55-60.

Jensen, P. J., Makalowski, I., Altman, N., Fazio, G., Praul, C., Maximova, S. N., Crassweller, R. M., Travis, J. W. and McNellis, T. W. (2010) Rootstock-regulated gene expression patterns in apple tree scions. Tree Genetics and Genomes 6: 57-72.

Kader, A. A. (2002) Postharvest technology of horticultural crops. 3rd Ed. University of California Agriculture and Natural Resources, Oakland.

Karimi, R. (2017) Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. Scientia Horticulturae 215: 184-194.

Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D. and Saltali, K. (2002) Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. Scientia Horticulturae 93: 65-74.

Ke, W., Xiong, Z. T., Chen, S. and Chen, J. (2007) Effects of copper and mineral nutrition on growth, copper accumulation and mineral element uptake in two *Rumex japonicas* populations from a copper mine and an uncontaminated field sites. Environmental and Experimental Botany 59: 59-67.

Khayyat, M., Vazifeshenas, M. R., Rajaee, S. and Jamalian, S. (2007) Potassium effect on ion leakage, water usage, fruit yield and biomass production by strawberry plants grown under NaCl stress. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 17: 79-88.

Lata, B. and 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: 5-14.

Malakouti, M. J. and Souri, M. K. (2001) Effects of calcium applications on the color of apple juice in two varieties grown in the calcareous soils of Iran. (Abstracts). International Symposium on Foliar Nutrition Fruit Plants. ISHS. Meran, Italy.

Mousa, G. T., El-Sallami, I. H. and Ali, E. F. (2003) Response of *Nigella sativa* L. to foliar application of gibberellic acid, benzyladenine, iron and zinc. Assiut Journal of Agricultural of Science (Egypt) 32: 141-156.

Nava, G., Dechen, A. R. and Nachtigall, G. R. (2008) Nitrogen and potassium fertilization affect apple fruit quality in southern Brazil. Communications in Soil Science Plant Analysis 39: 96-107.

Nguyen, P. M. and Niemeyer, E. D. (2008) Effects of nitrogen fertilization on the phenolic composition and antioxidant properties of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 8685-8691.

Nguyen, P. M., Kwee, E. M. and Niemeyer, E. D. (2010) Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concenteration of basil (*Ocimum basilicum* L.) Leaves. Food Chemistry 123: 1235-1241.

Okur, B. and Yagmur, B. (2004) Effects on enhanced Potassium doses on yield, quality and nutrient uptake of watermelon. In IPI Regional Workshop on Potassium and Fertigation Development in West Asia and North Africa. Rabat, Moroco.

Ryan, J., Estefan, G. and Rashid, A. (2001) Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. 2nd Ed. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas and National Agricultural Research Center, Aleppo.

Saleh, J. (2008) Effects of different methods of iron application on yield and leaf a fruit chemical compositions of Lisbon lemon cultivar. Journal of Horticultural Science and Technology of Iran 9: 23-34.

Sharma, P. D. (2008) Nutrient management – challenges and options. Journal of the Indian Society of Soil Science 56: 22-25.

Singleton, V. L. and Rossi, J. A. (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture16: 144-158.

Soarcs, A. G., Trugo, L. C., Botrl, N. and Souza, L. F. S. (2005) Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus* L.) by per-harvest soil application of potassium. Postharvest Biology and Technology 35: 201-207.

Soares, A. G., Trugo, L. C., Botrel, N. and Souza, L. F. (2005) Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus* L.) by preharvest soil application of Potassium. Postharvest Biology and Technology 35: 201-207.

Stavropoulos, T. E. (2006) Performance of the apple cultivar "Golden Delicious" grafted on five rootstocks in Northern Greece. Archives of Agronomy and Soil Science 35: 347-352.

Wanger, G. J. (1979) Content and vacuole / extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. Plant Physiology 64: 88-93.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]

The interaction of potassium and iron on nutritional quality of apple fruit during storage life

Keyvan Jahanshahi Anboohi [1], Hanifeh Seyed Hajizadeh[1*], Arash Hemmati[2] and Sara Rezaei[1]

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
[2] Department of Soil and Engineering Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran
(Received: 18/07/2020, Accepted: 16/02/2021)

Abstract

Adiquate fertilization of fruit trees after harvest will increase fruit yield and quality in coming year. To investigate the effects of potassium sulphate (0, 50, 100 and 150 g) and iron chelate (0, 10, 20 and 30 ml) on fruit quality after harvest, a factorial experiment in randomized complete block design was performed on apple ʻRed Deliciousʼ with 3 replications and traits such as firmness, total soluble solids, titrable acidity, anthocyanin and phenole in flesh and skin, total carbohydrate, dry matter percentage, prelim index and concentration of some macro and micro elements of fruit were measured. The results showed that trees fertilized with 50g of potassium sulphate and 30 ml iron chelate had firmer fruits and more soluble solids. Also, the effects of potassium on increasing anthocyanin in fruit skin were more than iron. Despite the decreasing trend in phenol content during storage, potassium Sulphate fertilizer had the greatest effect on increasing the amont of phenol in skin and flesh and even maintaining it during storage compared to the control. On the other hand, with increasing the amont of iron chelate, the amont of phenols in fruirs decreased. The acidity of fuits in treatments treated with different concentrations of iron was higher than the control fruits. Inceasing storage time caused a significant increase in total carbohydrate. Other quality traits decreased significantly during storage. In genral, treatment of with 50 and 100 g of potassium sulphate alone or in combination with 10 ml of iron chelate had a good effect on the studied tratis.

Key word: Fertilization, Phenol, Prelim Index, Storability and Edible Quality

Corresponding author, Email: hajizade@maragheh.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.42.11.3]