



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۹۲۵-۹۳۸

تأثیر محلول پاشی چند ترکیب کلسیمی طی مراحل مختلف رشد بر برخی خصوصیات کیفی میوه سیب رقم 'فوجی'

انسیه قربانی^۱، داود بخشی^{۲*}، اسماعیل فلاحی^۳، بابک ربیعی^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۲. دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۳. استاد میوه‌کاری، دانشگاه آیداهو، آمریکا.
۴. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۵/۲۵

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۹/۲۴

چکیده

تولید سیب فوجی در ایران با مشکلاتی از قبیل رنگ‌گیری خیلی ضعیف و بروز عارضه قهوه‌ای شدن درونی طی انبارداری همراه است. بنابراین، در این پژوهش تأثیر محلول‌پاشی سه ترکیب کلسیمی فولی‌کل (Folical)، کلسی‌کت (Calcicat) و کلرید کلسیم (CaCl₂) طی فصل رشد شامل محلول‌پاشی طی کل فصل و محلول‌پاشی در اوایل، اواسط و اواخر فصل بر برخی خصوصیات کیفی شامل رنگ پوست، مقدار آنتوسیانین، غلظت اتیلن درونی، مقدار فنول کل و درصد بروز عارضه قهوه‌ای شدن درونی سیب 'فوجی' در زمان برداشت و طی انبارداری بررسی شد. شاخص‌های رنگ L^* ، C^* و h° (زاویه هیو) به‌طور معناداری تحت تأثیر محلول‌پاشی با کلسیم قرار گرفتند. محلول فولی‌کل سبب بهبود شاخص L^* نسبت به شاهد شد. میوه‌های تیمار شده با محلول‌های کلسیمی نسبت به شاهد دارای شاخص h° بیشتر و شاخص C^* کمتری بودند. محلول پاشی در اواخر فصل نسبت به سه زمان دیگر کمترین تأثیر را بر شدت آنتوسیانین داشت. مقدار فنول کل پوست و گوشت میوه‌ها واکنش متفاوتی نسبت به ترکیبات کلسیمی و زمان‌های محلول‌پاشی نشان دادند. روند مشخصی در تغییرات مقدار ترکیبات فنولی طی انبارداری وجود نداشت، اما به‌طور کلی، در تمام تیمارها مقدار ترکیبات فنلی پوست و گوشت میوه‌ها کاهش یافت. کاربرد کلسیم سبب کاهش غلظت اتیلن درونی شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، همه تیمارهای کلسیمی سبب کاهش معنادار عارضه قهوه‌ای شدن داخلی شدند. این عارضه در میوه‌های تیمار شده با فولی‌کل در اوایل فصل و کلسی‌کت مصرف‌شده در اواسط فصل مشاهده نشد.

کلیدواژه‌ها: آنتوسیانین، رنگ پوست، غلظت اتیلن درونی، فنول کل، قهوه‌ای شدن درونی.

۱. مقدمه

دارند [۲۱، ۱]. پژوهشگران تأثیر کلسیم در متابولیسم ترکیبات فنولی را بررسی کردند و نتایج متناقضی گزارش شد [۳۸]. کاربرد کلرید کلسیم سبب افزایش تجمع فنول‌ها در مرکبات و میوه‌های کنار^۲ می‌شود [۱۸، ۷]. رنگ پوست میوه سبب یکی از صفات مهم تعیین‌کننده کیفیت و بازاریابی میوه است. رنگ پوست میوه سبب توسط نوع و مقدار آنتوسیانین‌ها و همچنین پروآنتوسیانیدین‌ها و فلاونول‌ها^۳ تعیین می‌شود. سنتز آنتوسیانین‌ها تحت تأثیر عوامل محیطی و تغذیه‌ای است. مصرف کلسیم سبب افزایش سنتز آنتوسیانین در پوست میوه سبب و سلول‌های انگور شده است [۴۲، ۴۱].

با توجه به اهمیت غلظت کافی کلسیم در میوه سبب، توجه محققان به روش‌های افزایش غلظت کلسیم و در نتیجه بهبود کیفیت میوه افزایش یافته است [۳۰]. حضور کلسیم قابل دسترس در محلول حاکی، جریان دائم یون‌های کلسیم به اندام‌های گیاه را تضمین نمی‌کند، زیرا کلسیم عنصری کم‌تحرک است. انتقال محدود کلسیم به میوه، همچنین عدم مهاجرت کلسیم از برگ‌ها، دسترسی میوه به کلسیم را مشکل می‌سازد. بنابراین، حتی افزایش به نسبت کم در مقدار کلسیم میوه می‌تواند در جلوگیری یا کاهش شدید ضررهای اقتصادی که توسط اختلالات انباری ایجاد می‌شود، مؤثر باشد [۱۱]. در نتیجه کاربرد مستقیم کلسیم در میوه روش مؤثرتری برای افزایش مقدار کلسیم میوه است [۹]. بررسی‌های بسیاری نشان داده‌اند که محلول پاشی برگی کلسیم روش مؤثری برای افزایش مقدار کلسیم میوه است [۳۰، ۲۹]. بدین منظور، کودهای کلسیمی بسیاری به کشاورزان پیشنهاد می‌شود. ترکیبات مختلف کلسیمی تأثیرات متفاوتی بر خصوصیات کیفی میوه سبب دارند [۲۶، ۱۶]. علاوه بر نوع ترکیب کلسیمی، زمان کاربرد

سیب^۱ از مهم‌ترین محصولات باغی است که هر ساله سهم زیادی از تجارت محصولات کشاورزی را به خود اختصاص داده است. میوه‌های سیب تولیدی در ایران بنا به دلایلی از جمله عدم تغذیه صحیح درخت، برداشت محصول در مرحله نامناسب، انبارداری و بسته‌بندی غیرصحیح در بازارهای جهانی از جایگاه و پذیرش مناسبی برخوردار نیستند [۳]. از این رو، توجه به این نکات و عوامل مؤثر در افزایش کیفیت میوه‌های سیب ضروری است.

تأثیر تعادل عناصر غذایی کلسیم، پتاسیم و منیزیم بر انبارداری و کیفیت میوه سبب به خوبی اثبات شده است [۲۰، ۱۲]. عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف تأثیرات مختلفی بر کیفیت میوه‌ها دارند. در این میان، کلسیم مهم‌ترین عنصر معدنی در تعیین کیفیت میوه، به‌ویژه در سیب و گلابی، محسوب می‌شود [۱۴]. کلسیم سبب افزایش پایداری غشا و دیواره سلولی می‌شود و همراه با پتاسیم در نفوذپذیری، آبگیری، حفظ و نظام سلولی تأثیر دارد و به صورت غیرمستقیم در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی مؤثر است [۱۴، ۱]. کلسیم تأثیر تنظیمی در فرایندهای متعددی که عملکرد سلول و انتقال سیگنال را تحت تأثیر قرار می‌دهند، دارد [۳۲] و خصوصیات رسیدن شامل تنفس، تولید اتیلن و سفتی گوشت را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۳].

ترکیبات فنولی گروهی از متابولیت‌های ثانویه با وزن مولکولی کم هستند که در گیاهان از اهمیت فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بسیاری برخوردارند. فنول‌های گیاهی به‌عنوان متابولیت‌های مرتبط با تنش شناخته شده‌اند و خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی دارند. به علاوه، ترکیبات فنولی تأثیر مهمی در خصوصیات تغذیه‌ای، ارگانولپتیک و تجاری محصولات کشاورزی و تولیدات حاصل از فرآوری آنها

2. *Zizyphus mauritiana* Lamk

3. Flavonols

1. *Malus domestica*

تأثیر محلول پاشی چند ترکیب کلسیمی طی مراحل مختلف رشد بر برخی خصوصیات کیفی میوه سیب رقم 'فوجی'

۲.۲. منابع کلسیمی مورد استفاده

منابع کلسیمی مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از: ۱. ترکیب آلی کلسی کت (Calcicat، اسپانیا) حاوی ۱۷ درصد کلسیم به صورت CaO، عناصر دیگر مانند نیتروژن، منیزیم، آهن، منگنز و روی به مقدار خیلی کم و اسیدهای آلی، ۲. ترکیب آلی فولی کل (Folical، استرالیا) دارای ۲۶/۶ درصد کلسیم، اسیدهای آلی و تقویت کننده های سیستم گیاهی، ۳. ترکیب معدنی کلرید کلسیم، و ۴. آب به عنوان شاهد استفاده شد. ترکیب معدنی کلرید کلسیم با غلظت پنج در هزار [۳۲]. ترکیبات آلی هم از نظر مقدار کلسیم با محلول کلرید کلسیم برابر شدند. محاسبه غلظت کلسیم در کودهای فولی کل و کلسی کت براساس غلظت محلول پنج در هزار کلرید کلسیم و بر مبنای عنصر کلسیم انجام گرفت.

۳.۲. برنامه های محلول پاشی

در این مطالعه چهار برنامه مختلف محلول پاشی طی کل فصل رشد، اوایل فصل، اواسط فصل و اواخر فصل بررسی شدند که اجرای آنها به این صورت بود: «تمام فصل» شروع محلول پاشی از ۱۵-۱۰ روز بعد از تمام گل، شامل ۱۱ محلول پاشی به فاصله هر دو هفته یکبار از اواخر اردیبهشت تا اواسط مهر؛ یک هفته قبل از برداشت؛ «اوایل فصل» شروع محلول پاشی از ۱۵-۱۰ روز بعد از تمام گل (دوره تقسیم سلولی)، شامل شش محلول پاشی به فاصله هر دو هفته یکبار از اواخر اردیبهشت تا اوایل مرداد؛ «اواسط فصل» شروع محلول پاشی از ۳۵ روز بعد از تمام گل (مرحله بزرگ شدن سلول ها)، شامل شش محلول پاشی به فاصله هر دو هفته یکبار از اواسط خرداد تا اواخر مرداد؛ و «اواخر فصل» شروع محلول پاشی از ۶۰ روز بعد از تمام گل (مرحله بلوغ میوه ها)، شامل شش محلول پاشی به فاصله هر دو هفته یکبار از اواسط تیر تا

ترکیبات کلسیمی نیز نتایج محلول پاشی را تحت تأثیر قرار می دهد. برخی محققان برنامه محلول پاشی اواسط فصل را اقتصادی تر و مؤثرتر دانستند [۳۲] و برخی دیگر کاربرد اواخر فصل را در کاهش نابسامانی های فیزیولوژیکی سیب طی انبارمانی مؤثر بیان کرده اند [۱۱].

میوه های سیب 'فوجی' درشت، قرمز رنگ و دیررس اند و عمر انباری طولانی دارند. طی سال های اخیر این رقم در کشور مورد توجه باغداران و تولیدکنندگان واقع شده و سطح زیرکشت آن رو به افزایش است، اما تولید این رقم در کشور با مشکلاتی از قبیل عدم رنگ گیری مطلوب پوست میوه و همچنین بروز عارضه قهوه ای شدن درونی طی انبارمانی همراه است. با توجه به موارد یاد شده و همچنین گرایش به استفاده از مواد آلی به عنوان جایگزین مواد مغذی شیمیایی و مصنوعی در تولید محصولات کشاورزی، هدف پژوهش حاضر، مقایسه تأثیر دو ترکیب کلسیمی آلی کلسی کت و فولی کل با ترکیب معدنی کلرید کلسیم بر خصوصیات کیفی میوه های سیب و در صورت امکان توصیه آنها به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی در کشاورزی ارگانیک است. از طرف دیگر، به منظور تعیین بهترین زمان کاربرد ترکیبات کلسیمی چهار زمان کاربرد (اوایل، اواسط، اواخر و تمام فصل) با یکدیگر مقایسه می شوند.

۲. مواد و روش ها

۲.۱. مواد گیاهی

این آزمایش طی سال ۱۳۹۱، به منظور بررسی اثر منابع مختلف کلسیمی و زمان های مختلف محلول پاشی بر کیفیت میوه های سیب رقم 'فوجی' پرورش یافته در مجتمع کشت و صنعت حیدری واقع در شهرستان ابهر استان زنجان انجام گرفت. درختان مورد مطالعه شش ساله بوده و بر روی پایه 'مالینگ مرتون ۱۰۶' پیوند شده بودند.

کلریدریک اسید اضافه شد و ۲۴ ساعت در تاریکی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس عصاره به دست آمده به مدت ۱۵ دقیقه با ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس مقدار آنتوسیانین کل عصاره‌ها با استفاده از روش اختلاف جذب در pH های مختلف و دستگاه اسپکتروفتومتر (T80+UV/VIS PG Instrument Ltd) اندازه‌گیری و براساس آنتوسیانین غالب سیانیدین ۳- گلوکوزاید محاسبه شد [۲۲] و در نهایت غلظت آنتوسیانین برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر بیان شد.

۲.۵.۳. فنول کل

پنج میوه از هر تکرار برای اندازه‌گیری مقدار فنول کل استفاده شد. پس از شست‌وشوی میوه‌ها، پوست و گوشت آنها جدا شد. استخراج ترکیبات با استفاده از حلال استخراج متانول اسیدی شده شامل ۸۵ درصد متانول و ۱۵ درصد استیک اسید انجام گرفت [۶] و سپس مقدار فنول کل عصاره‌ها با استفاده از روش فولین-سیکالچو و دستگاه اسپکتروفتومتر (T80+UV/VIS PG Instrument Ltd) اندازه‌گیری شد [۱۰]. مقدار فنول کل نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد گالیک اسید و برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد.

۲.۵.۴. کلسیم

برای اندازه‌گیری مقدار کلسیم پس از انتقال میوه‌ها از سردخانه به آزمایشگاه ۱۰ میوه از هر تکرار با محلول کلریدریک اسید ۰/۱ نرمال و آب دیونیزه شسته شدند. سپس میوه‌ها به صورت عمودی برش داده شده و لایه‌های کوچکی از گوشت (۱ سانتی‌متر زیر پوست) نمونه‌برداری شدند. نمونه‌برداری از هر دو قسمت میوه انجام گرفت. پس از آن نمونه‌ها به مدت یک هفته در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس آسیاب شدند. اندازه‌گیری

اواسط شهریور. تیمارها با سه تکرار و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در باغ اجرا شدند و کرت‌های داخل هر بلوک شامل شش درخت بودند.

۲.۴. برداشت میوه‌ها و شرایط انبارداری

میوه‌ها در مرحله بلوغ تجاری و براساس شاخص تعداد روز پس از تمام‌گل (۱۶۰ روز) در ۲۲ مهر برداشت شدند. از هر کرت آزمایشی، ۳۰ میوه به منظور بررسی صفات هنگام برداشت به آزمایشگاه و ۵۰ میوه به منظور بررسی خصوصیات انبارمانی به سردخانه تجاری واقع در شهرستان کرج منتقل شدند و در دمای صفر درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد به مدت شش ماه نگهداری شدند.

۲.۵. صفات مورد بررسی

۲.۵.۱. سنجش شاخص‌های رنگ

توصیف رنگ میوه‌ها با استفاده از شاخص‌های رنگ CIE (*L*, *C*, *h°) که توسط کمیته بین‌المللی روشنایی^۱ تعریف شدند، صورت گرفت که در آن *L* بیان‌کننده روشنایی (بین صفر تا ۱۰۰)، شاخص‌های *C* (کروما) بیان‌کننده روشنی و تاریکی رنگ و *h°* بیان‌کننده زاویه رنگ است. بدین منظور، پنج میوه از هر تکرار انتخاب و پس از تمیز کردن سطح میوه‌ها، رنگ پوست میوه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (CR400-Minolta) اندازه‌گیری شد [۲].

۲.۵.۲. اندازه‌گیری آنتوسیانین کل

پنج میوه از هر تکرار برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین کل پوست سیب 'فوجی' استفاده شد. بدین منظور، ۰/۵ گرم از بافت پودر شده با استفاده از ازت مایع، ۱ میلی‌لیتر حلال استخراج شامل ۹۹ درصد متانول و ۱ درصد

1. International Commission on Illumination

تأثیر محلول پاشی چند ترکیب کلسیمی طی مراحل مختلف رشد بر برخی خصوصیات کیفی میوه سیب رقم 'فوجی'

سطح در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد و به دلیل اهمیت نداشتن اثر متقابل زمان نمونه برداری (شامل زمان برداشت و پس از سه و شش ماه انبارمانی) با محلول‌های کلسیمی و زمان محلول پاشی، تجزیه داده‌های حاصل از هر مرحله نمونه برداری به‌طور جداگانه انجام گرفت. برای مقایسه میانگین داده‌ها نیز از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. همه تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفتند.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. رنگ پوست میوه‌ها

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ساده محلول کلسیمی از نظر هر سه شاخص L^* ، C^* و h° در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد. اثر ساده زمان محلول پاشی نیز از نظر شاخص C^* در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد. تفاوت معناداری از نظر تأثیرات متقابل مشاهده نشد. میوه‌هایی که با محلول‌های کلسیمی کلرید کلسیم و کلسی کت محلول پاشی شده بودند، از نظر شاخص روشنایی تفاوت معناداری با میوه‌های شاهد نداشتند و نسبت به میوه‌هایی که با ترکیب فولی کل محلول پاشی شده بودند، دارای شاخص روشنایی کمتری بودند (جدول ۱) که با نتایج سایر محققان مغایرت داشت [۳۶]. میوه‌های محلول پاشی شده با محلول‌های کلسیمی نسبت به شاهد دارای شاخص h° بالاتر و شاخص C^* کم‌تری بودند (جدول ۱). علی‌رغم نتایج مطالعه محققان مبنی بر عدم تأثیر کلسیم بر رنگ میوه [۱۳]، در این مطالعه ترکیبات کلسیمی سبب کاهش رنگ میوه‌ها (کروما) نسبت به میوه‌های شاهد شدند. شاخص کروما نیز تأثیر زمان محلول پاشی قرار گرفت. میوه‌هایی که در طول فصل محلول پاشی شده بودند، دارای شاخص کرومای بیشتری نسبت به سه زمان دیگر بودند. تفاوت در تغییر رنگ میوه

عناصر در آزمایشگاه تغذیه واقع در شهرستان بابل انجام گرفت. کلسیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد [۴۳]. در نهایت مقدار کلسیم براساس گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک بیان شد. مقدار کلسیم گوشت میوه‌ها در پایان انبارمانی اندازه‌گیری شد.

۲.۵.۵. غلظت اتیلن درونی

مقدار اتیلن درونی میوه‌های سیب 'فوجی' بعد از شش ماه انبارداری اندازه‌گیری شد [۴۴]. به این صورت که سوزن سرنگ از قسمت بالای میوه (نزدیک دم میوه) به داخل میوه فرو برده شد و گاز به آرامی از مرکز میوه کشیده شد. اندازه‌گیری مقدار اتیلن تولیدشده با کمک دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC-2010 Shimadzu)، مجهز به دتکتور FID و ستون شیشه‌ای به طول ۲۵ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر انجام گرفت. دما برای آون، تزریق‌کننده و آشکارساز به ترتیب ۱۱۰، ۱۰۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ستون ۱ اتمسفر بود. هلیوم به‌عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۳۰ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. مقدار اتیلن تولیدشده برحسب میکرولیتر بر لیتر محاسبه شد.

۲.۵.۶. درصد بروز عارضه قهوه‌ای شدن درونی

بعد از انتقال میوه‌ها از سردخانه به آزمایشگاه و نگهداری به مدت یک هفته در دمای اتاق، نمونه‌ها از نظر بروز عارضه انباری قهوه‌ای شدن درونی بررسی شدند. بدین منظور ۲۰ میوه از هر تکرار بررسی شدند و تعداد میوه‌های مبتلا شده شمارش و سپس به صورت درصد بیان شد.

۲.۵.۷. تجزیه داده‌ها

این آزمایش در قالب یک آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور محلول‌های کلسیمی و زمان محلول پاشی هر یک در چهار

می‌اندازد. نتایج ما با نتایج مطالعات سایر محققان مبنی بر اینکه کلسیم سبب تأخیر در نمو رنگ می‌شود، همخوانی دارد [۲۴، ۳۷].

در مقایسه با میوه‌های شاهد نشان می‌دهد که کلسیم فرایند رسیدن راه، با جلوگیری از سیستم متابولیکی که فرایند رسیدن را آغاز می‌کند، به تأخیر می‌اندازد [۲۴]. کاربرد ترکیبات کلسیمی نمو و رسیدن میوه‌ها را به تأخیر

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر اصلی محلول کلسیمی بر سه شاخص L^* ، C^* و h°

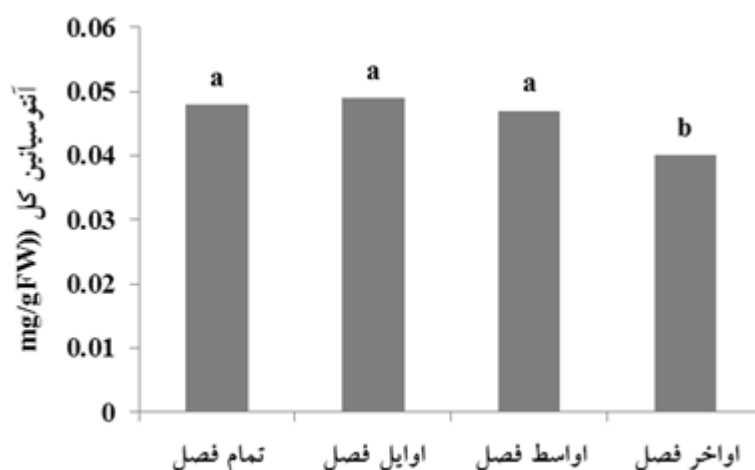
محلول کلسیمی	L^*	C^*	h°
شاهد	۴۶/۱۵ ^b	۴۱/۰۸ ^a	۴۶/۴۰ ^c
کلرید کلسیم	۴۵/۹۵ ^b	۳۸/۷۱ ^b	۴۹/۹۲ ^{ab}
کلسی کت	۴۵/۴۴ ^b	۳۷/۴۶ ^c	۴۹/۱۱ ^b
فولی کل	۴۷/۹۷ ^a	۳۶/۸۱ ^c	۵۲/۳۷ ^a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

۲.۳. آنتوسیانین

قرار گرفت. با توجه به نتایج، محلول پاشی طی اواخر فصل نسبت به سه زمان محلول پاشی دیگر آنتوسیانین کمتری را سبب شد (شکل ۱).

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، مقدار آنتوسیانین پوست نمونه‌های سیب 'فوجی' در زمان برداشت تنها تحت تأثیر زمان محلول پاشی (در سطح احتمال ۵ درصد)



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر اصلی زمان محلول پاشی بر مقدار آنتوسیانین کل میوه‌های سیب 'فوجی'، در زمان برداشت میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

تأثیر محلول پاشی چند ترکیب کلسیمی طی مراحل مختلف رشد بر برخی خصوصیات کیفی میوه سیب رقم 'فوجی'

شاهد- اواخر فصل نشان دادند، درحالی که محلول پاشی دو محلول کلسیمی دیگر تفاوت معناداری نسبت به شاهد نداشتند. در میان ترکیبات مورد مطالعه، میوه های تیمار شده با محلول کلسی کت نسبت به دو ترکیب دیگر دارای آنتوسیانین بیشتری بودند، البته تفاوت معناداری (در سطح احتمال ۵ درصد) با میوه های شاهد نداشتند (جدول ۲).

بعد از سه ماه انبارمانی، اثر ساده زمان محلول پاشی و اثر متقابل محلول کلسیمی- زمان محلول پاشی در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شدند. پوست میوه های سیب مربوط به تیمار کلسی کت- تمام فصل بیشترین و کلرید کلسیم - اواخر فصل کمترین مقدار آنتوسیانین را دارا بودند (جدول ۲). تنها میوه های تیمار شده با محلول کلرید کلسیم طی اواخر فصل مقدار آنتوسیانین کمتری نسبت به

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول کلسیمی - زمان محلول پاشی بر مقدار آنتوسیانین کل پوست میوه های سیب 'فوجی'، در زمان برداشت، طی سه و شش ماه انبارمانی

آنتوسیانین کل ($\mu\text{g/g FW}$)		زمان برداشت	زمان محلول پاشی	محلول کلسیمی
بعد از سه ماه انبارداری	بعد از شش ماه انبارداری			
۴۳/۵۵a	۵۰/۴۳abc	۴۵/۵۸a	تمام فصل	شاهد
۴۱/۸۹a	۴۲/۱۳b-e	۵۰/۶۵a	اوایل فصل	
۴۲/۵۹a	۴۸/۳۰ a-d	۴۱/۹۱a	اواسط فصل	
۴۳/۸۳a	۴۶/۴۲a-d	۳۸/۵۷a	اواخر فصل	
۴۲/۰۱a	۵۳/۶۰ ab	۴۸/۰۳a	تمام فصل	کلرید کلسیم
۴۶/۶۸a	۴۳/۵۴b-e	۵۲/۶۰a	اوایل فصل	
۴۴/۶۶a	۵۳/۰۴ab	۵۱/۴۳a	اواسط فصل	
۳۱/۶۶a	۳۰/۴۰e	۳۸/۴۹a	اواخر فصل	
۴۶/۸۶a	۵۹/۸۹a	۵۹/۱۷a	تمام فصل	کلسی کت
۳۵/۰۸a	۳۶/۰۱cde	۴۸/۱۷a	اوایل فصل	
۴۲/۹۹a	۴۷/۷۵a-d	۵۱/۴۳a	اواسط فصل	
۳۸/۵۸a	۳۵/۶۰de	۴۲/۱۹a	اواخر فصل	
۴۳/۵۵a	۴۷/۵۶a-d	۴۱/۱۳a	تمام فصل	فولی کل
۳۴/۹۱a	۳۵/۵۶de	۴۴/۸۳a	اوایل فصل	
۴۵/۵۴a	۵۵/۴۴ab	۴۵/۱۴a	اواسط فصل	
۴۲/۶۶a	۴۱/۱۹b-e	۴۰/۸۰a	اواخر فصل	

در هر ستون، میانگین های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

به زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴

معنادار شدند. مقدار فنول کل پوست بعد از شش ماه انبارمانی و فنول کل گوشت بعد از سه ماه انبارمانی تنها تحت تأثیر اثر ساده محلول کلسیمی قرار گرفتند. نتایج متناقضی بیان شده است که در مورد اثر کلسیم بر سنتز ترکیبات فنولی وجود دارد. محلول پاشی کلرید کلسیم سبب افزایش مقدار ترکیبات فنولی سیب رقم 'رویال دلشیز' می شود [۳۶]. از طرف دیگر، بررسی اثر کودهای مختلف کلسیمی بر کیفیت میوه های زغال اخته نشان داده است که کودهای کلسیمی سبب کاهش مقدار ترکیبات فنولی در میوه ها می شوند [۳۱]، اما در پژوهش حاضر، مقدار فنول کل پوست رقم 'فوجی' به طور متفاوتی تحت تأثیر محلول های مختلف کلسیمی و همچنین زمان های مختلف محلول پاشی قرار گرفت. الگوی مشخصی بین تیمارها مشاهده نشد. بیشترین مقدار فنول کل در پوست میوه های مربوط به تیمار فولی کل در تمام فصل و کمترین مقدار آن در پوست میوه های مربوط به تیمار کلرید کلسیم در اواسط فصل مشاهده شد (جدول ۳).

گوشت میوه های مورد مطالعه هم واکنش متفاوتی به محلول های مختلف کلسیمی و زمان های مختلف محلول پاشی نشان دادند. میوه های مربوط به تیمار کلرید کلسیم در تمام فصل بیشترین و میوه های مربوط به تیمار کلسی کت در اواسط فصل کمترین مقدار فنول کل گوشت را نشان دادند. به طور کلی، نتایج تحقیقات بیانگر این است که کلسیم با تأثیر بر فعالیت آنزیم های فنیل آلانین آمونیا لیاز که یک آنزیم کلیدی در سنتز ترکیبات فنولی است و پراکسیداز و پلی فنول اکسیداز که سبب اکسیداسیون ترکیبات فنولی می شوند، بر مقدار تجمع ترکیبات فنولی تأثیر می گذارند که این تأثیر به غلظت کلسیم وابسته است [۳۷].

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده ها، هیچ یک از تأثیرات ساده محلول کلسیمی و زمان محلول پاشی و همچنین اثر متقابل محلول کلسیمی - زمان محلول پاشی از نظر مقدار آنتوسیانین پوست میوه ها بعد از شش ماه انبارمانی معنادار نشدند. با وجود نتایج برخی مطالعات که بیان کردند کلسیم از عوامل القاکننده بیان برخی ژن های درگیر در مسیر سنتز آنتوسیانین است و سبب افزایش سنتز آنتوسیانین می شود [۲۳، ۱۵]، در این مطالعه، مقدار آنتوسیانین پوست میوه ها در زمان برداشت تحت تأثیر ترکیبات کلسیمی قرار نگرفت. شاید این تناقض را بتوان به متفاوت بودن شرایط مطالعه و تأثیر شرایط باغ نسبت داد. محلول پاشی ترکیبات مختلف کلسیمی طی تمام طول فصل، اوایل و اواسط فصل تأثیر معناداری بر مقدار آنتوسیانین پوست میوه ها (در مقایسه با شاهد های مربوط) نداشتند که با نتایج سایر محققان مبنی بر افزایش سنتز آنتوسیانین طی محلول پاشی کلسیم مغایرت دارد [۱۷، ۱۵]. غلظت آنتوسیانین در بین سه زمان برداشت اوایل فصل، اواسط فصل و تمام فصل تفاوت معنی داری نداشت، اما در زمان محلول پاشی آخر فصل، غلظت آنتوسیانین به طور معنی داری نسبت به سه زمان دیگر کاهش یافته است (شکل ۱). علت این مسئله، احتمالاً نبود زمان کافی برای تأثیر محلول پاشی باشد، زیرا محلول پاشی در آخر فصل به زمان برداشت میوه ها نزدیک بوده و زمان کافی برای تأثیر روی میوه ها و تغییر شرایط درونی آنها و در نهایت تغییر معنادار غلظت آنتوسیانین فراهم نبوده است.

۳.۳. فنول کل پوست و گوشت میوه ها

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده ها، اثر متقابل محلول کلسیمی و زمان محلول پاشی از نظر مقدار فنول کل پوست در زمان برداشت و پس از سه ماه انبارمانی و مقدار فنول کل گوشت در زمان برداشت و پس از شش ماه انبارمانی

تأثیر محلول پاشی چند ترکیب کلسیمی طی مراحل مختلف رشد بر برخی خصوصیات کیفی میوه سیب رقم 'فوجی'

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول کلسیمی با زمان محلول پاشی بر مقدار فنول کل پوست و گوشت میوه‌های سیب 'فوجی'، در زمان برداشت و بعد از سه و شش ماه انبارمانی

فنول کل (mg/g FW)						زمان محلول پاشی	محلول کلسیمی
گوشت			پوست				
بعد از شش ماه	بعد از سه ماه	در زمان برداشت	بعد از شش ماه	بعد از سه ماه	در زمان برداشت		
انبارمانی	انبارمانی	انبارمانی	انبارمانی	انبارمانی	انبارمانی		
۰/۶۱ ^{ab}	۰/۳۷ ^a	۰/۷۹ ^{abc}	۶/۱۱ ^a	۴/۶۶ ^{cde}	۷/۶۹ ^{bcd}	تمام فصل	شاهد
۰/۵۲ ^b	۰/۵۴ ^a	۰/۸۴ ^{abc}	۵/۷۷ ^a	۵/۳۵ ^{bcd}	۹/۳۳ ^{ab}	اوایل فصل	
۰/۳۳ ^{cd}	۰/۶۱ ^a	۰/۷۱ ^{abc}	۷/۳۹ ^a	۶/۶۶ ^{ab}	۶/۰۶ ^{def}	اواسط فصل	
۰/۳۳ ^{cd}	۰/۵۹ ^a	۰/۸۰ ^{abc}	۵/۱۶ ^a	۴/۲۴ ^{cde}	۵/۷۹ ^{def}	اواخر فصل	
۰/۴۲ ^{bcd}	۰/۶۵ ^a	۰/۹۵ ^a	۴/۷۹ ^a	۶/۲۹ ^{ab}	۶/۴۲ ^{def}	تمام فصل	کلرید کلسیم
۰/۶۲ ^{ab}	۰/۷۵ ^a	۰/۸۳ ^{abc}	۴/۵۸ ^a	۶/۲۰ ^{ab}	۶/۵۷ ^{def}	اوایل فصل	
۰/۷۲ ^a	۰/۶۸ ^a	۰/۷۹ ^{abc}	۴/۳۲ ^a	۴/۵۱ ^{cde}	۵/۰۶ ^f	اواسط فصل	
۰/۵۰ ^{bc}	۰/۵۳ ^a	۰/۶۵ ^{bc}	۴/۴۹ ^a	۵/۵۴ ^{bc}	۶/۰۷ ^{def}	اواخر فصل	
۰/۲۸ ^d	۰/۴۵ ^a	۰/۸۸ ^{abc}	۵/۶۲ ^a	۴/۴۷ ^{cde}	۸/۸۰ ^{abc}	تمام فصل	کلسی کت
۰/۴۷ ^{bc}	۰/۴۵ ^a	۰/۶۶ ^{bc}	۵/۱۵ ^a	۷/۱۹ ^a	۵/۵۵ ^{ef}	اوایل فصل	
۰/۵۱ ^{bc}	۰/۶۴ ^a	۰/۶۴ ^c	۶/۲۵ ^a	۶/۳۷ ^{ab}	۷/۲۱ ^{cde}	اواسط فصل	
۰/۵۸ ^{ab}	۰/۵۴ ^a	۰/۶۹ ^{bc}	۶/۳۰ ^a	۴/۰۲ ^{de}	۶/۱۴ ^{def}	اواخر فصل	
۰/۴۳ ^{bcd}	۰/۶۱ ^a	۰/۶۹ ^{bc}	۶/۳۹ ^a	۶/۱۵ ^{ab}	۹/۸۲ ^a	تمام فصل	فولی کل
۰/۵۶ ^{ab}	۰/۷۱ ^a	۰/۸۷ ^{abc}	۴/۹۲ ^a	۳/۶۷ ^e	۷/۶۷ ^{bcd}	اوایل فصل	
۰/۵۵ ^{ab}	۰/۷۵ ^a	۰/۹۰ ^{ab}	۵/۶۴ ^a	۵/۳۲ ^{bcd}	۶/۹۵ ^{def}	اواسط فصل	
۰/۲۸ ^d	۰/۷۳ ^a	۰/۸۵ ^{abc}	۴/۶۴ ^a	۴/۱۱ ^{cde}	۵/۸۰ ^{def}	اواخر فصل	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

فنولی نتایج متفاوتی مبنی بر کاهش، افزایش یا عدم تغییر آنها طی انبارداری به دست آمده است [۲۷، ۲۸، ۴۰]. کاهش ترکیبات فنولی سبب کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها طی انبارمانی می‌شود. برخی فلاونوئیدها و اسیدهای فنولی پیش‌ماده‌های معمول آنزیم پلی‌فنول اکسیداز هستند.

تغییرات مقدار ترکیبات فنولی گوشت و پوست میوه‌ها در تیمارهای انجام گرفته روند مشخصی نداشتند، اما به‌طور کلی مقدار ترکیبات فنولی پوست و گوشت میوه‌ها طی انبارداری کاهش یافت که با یافته‌های دیگر محققان مطابقت دارد (جدول ۳) [۸]. در مورد تغییرات ترکیبات

به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴

۹۳۳

(جدول ۴). هماهنگ با نتایج مطالعات قبلی ترکیبات مختلف نیز کارایی متفاوتی در افزایش مقدار کلسیم میوه‌ها داشته‌اند [۲۵، ۱۶]. علاوه بر نوع ترکیب کلسیمی، زمان محلول‌پاشی نیز نتایج محلول‌پاشی را تحت تأثیر قرار داده است. محلول‌پاشی ترکیبات کلسیمی طی اواخر فصل و اوایل فصل تأثیر معناداری بر افزایش مقدار کلسیم میوه‌ها نسبت به شاهد بعد از شش ماه انبارمانی نداشتند. تنها محلول‌پاشی فولی کل طی تمام فصل و کلرید کلسیم طی اواسط فصل سبب افزایش معنادار مقدار کلسیم نسبت به میوه‌های شاهد شدند.

۵.۳. غلظت اتیلن درونی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، مقدار اتیلن درونی میوه‌ها بعد از شش ماه انبارمانی تحت تأثیر عوامل مورد بررسی و اثر متقابل آنها (در سطح احتمال ۱ درصد) قرار گرفت. کاربرد ترکیبات کلسیمی طی تمام فصل سبب کاهش معنادار تولید اتیلن میوه‌ها در سردخانه شد (جدول ۵). محلول‌پاشی فولی کل طی اواخر و اوایل فصل و همچنین کلسی کت طی اواخر فصل و هر سه ترکیب کلسیمی طی اواسط فصل به‌طور معناداری مقدار تولید اتیلن را کاهش دادند.

بنابراین کاهش ترکیبات فنولی طی انبارداری احتمالاً به دلیل اکسیداسیون این ترکیبات توسط آنزیم پلی‌فنول اکسیداز است [۸]. کلسیم با تأثیر بر پلیمرهای دیواره سلولی و فعالیت آنزیم‌ها و همچنین غشاهای سلولی و حفظ نفوذپذیری آنها و جلوگیری از تغییراتی که به‌طور طبیعی طی انبارداری در دیواره سلولی و عملکرد غشا طی انبارمانی رخ می‌دهد، سبب حفظ مقدار ترکیبات فنولی طی انبارمانی می‌شود [۲۵]، درحالی‌که در این مطالعه مقدار ترکیبات فنولی پوست میوه‌ها بعد از شش ماه انبارمانی تفاوت معناداری با میوه‌های شاهد نداشتند. اما مقدار ترکیبات فنولی گوشت میوه‌ها بعد از شش ماه انبارمانی تفاوت معناداری نشان دادند و میوه‌های مربوط به تیمار کلریدکلسیم اواسط فصل بیشترین مقدار ترکیبات فنولی را دارا بودند.

۴.۳. مقدار کلسیم گوشت میوه‌ها

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل محلول کلسیمی - زمان محلول‌پاشی و اثر ساده محلول کلسیمی از نظر مقدار کلسیم در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شدند. بعد از شش ماه انبارمانی، میوه‌های مربوط به تیمار فولی کل - تمام فصل و کلرید کلسیم - تمام فصل رقم 'فوجی' به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار کلسیم را نشان دادند

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول کلسیمی - زمان محلول‌پاشی بر مقدار کلسیم (g/100g DW)

سیب‌های 'فوجی' بعد از شش ماه انبارمانی

زمان محلول‌پاشی				محلول کلسیمی
اواخر فصل	اواسط فصل	اوایل فصل	تمام فصل	
bcd _{0.19}	de _{0.1}	cde _{0.15}	bcd _{0.19}	شاهد (آب)
cde _{0.15}	ab _{0.25}	abc _{0.22}	e _{0.07}	کلرید کلسیم
cde _{0.13}	cde _{0.15}	de _{0.11}	de _{0.1}	کلسی کت
bcd _{0.17}	bcd _{0.17}	b-e _{0.16}	a _{0.29}	فولی کل

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

تأثیر محلول پاشی چند ترکیب کلسیمی طی مراحل مختلف رشد بر برخی خصوصیات کیفی میوه سیب رقم 'فوجی'

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول کلسیمی - زمان محلول پاشی بر مقدار اتیلن درونی (µl/l) سیب‌های 'فوجی' بعد از شش ماه انبارمانی

زمان محلول پاشی				محلول کلسیمی
اواخر فصل	اواسط فصل	اوایل فصل	تمام فصل	
۰/۹۳ ^{cde}	۱/۵۷ ^{ab}	۰/۸۷ ^{c-f}	۱/۷۸ ^a	شاهد (آب)
۱/۲۱ ^{bc}	۰/۸۳ ^{c-g}	۱/۱۸ ^{bed}	۰/۴۰ ^{fgh}	کلرید کلسیم
۰/۳۳ ^{gh}	۰/۴۳ ^{e-h}	۱/۲۸ ^{bc}	۰/۵۹ ^{e-h}	کلسی کت
۰/۲۵ ^h	۰/۷۰ ^{d-h}	۰/۵۴ ^{e-h}	۰/۶۱ ^{e-h}	فولی کل

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

۵.۳. درصد بروز عارضه قهوه‌ای شدن درونی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ساده محلول کلسیمی و زمان محلول پاشی و همچنین اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شدند. عارضه قهوه‌ای شدن درونی بعد از شش ماه انبارمانی مشاهده شد. با توجه به نتایج، تمام تیمارهای کلسیمی به کاهش معنادار (در سطح احتمال ۵ درصد) بروز عارضه قهوه‌ای شدن درونی نسبت به شاهد منجر شدند. این عارضه در میوه‌های تیمار شده با فولی کل - اوایل فصل و کلسی کت - اواسط فصل مشاهده نشد. بیشترین درصد عارضه در میوه‌های شاهد مشاهده شد (جدول ۶).

کاهش مقدار اتیلن میوه‌ها در نتیجه کاربرد محلول‌های مختلف کلسیمی با یافته‌های محققان قبل مطابقت داشت [۳۴، ۳۵]. کلسیم ساختار و وظایف غشای سلولی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با متصل کردن پروتئین‌های دارای تأثیر آنزیمی و غیر آنزیمی به فسفولیپیدهای غشای سلولی ایفای نقش کرده، از فعالیت آنزیم‌های تولیدکننده اتیلن که ساختاری پروتئینی دارند و به غشای سلولی متصل‌اند، می‌کاهد.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل محلول کلسیمی - زمان محلول پاشی بر درصد بروز عارضه قهوه‌ای شدن درونی میوه‌های سیب 'فوجی'، بعد از شش ماه انبارمانی

زمان محلول پاشی				محلول کلسیمی
اواخر فصل	اواسط فصل	اوایل فصل	تمام فصل	
۴۰/۷۶ ^{ab}	۳۸/۷۶ ^{bc}	۴۶/۶۶ ^a	۴۳/۷۵ ^{ab}	شاهد (آب)
۲۰/۲۱ ^{fg}	۱۱/۰۳ ^h	۱۸/۷۵ ^g	۲۶/۳۱ ^{ef}	کلرید کلسیم
۳۳/۴۴ ^{cd}	۰/۰۰ ⁱ	۲۹/۰۵ ^{de}	۲۳/۵۱ ^{efg}	کلسی کت
۱۸/۶۹ ^g	۲۳/۳۳ ^{efg}	۰/۰۰ ⁱ	۲۱/۶۹ ^{fg}	فولی کل

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

۳. حسینی فرهی م، ابوطالبی ع و پناهی کردلاغری خ (۱۳۸۷) بررسی تغییرات سفتی بافت میوه سیب رد و گلدن دلشیز پس از برداشت با توجه به نوع پایه، رقم و تیمار کلرید کلسیم. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۸: ۷۹-۷۴.

4. Alonso-Salces RM, Barranco A, Abad B, Berrueta LA, Gallo B and Vicente F (2004) Polyphenolic profiles of Basque cider apple cultivars and their technological properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 2938-2952.

5. Argenta L, Fan X and Mattheis J (2001) Development of internal browning in Fuji apples during storage. *Washington Tree Fruit Postharvest Conference*.

6. Bakhshi D and Arakawa O (2006) Effects of UV-B irradiation on phenolic compound accumulation and antioxidant activity in 'Jonathan' apple influenced by bagging, temperature and maturation. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 4(1): 75-79.

7. Castaneda P and Perez LM (1996) Calcium ions promote the response of citrus lemon against fungal elicitors or wounding. *Phytochemistry*. 42: 595-598.

8. Chaparzadeh N and Yavari B (2013) Antioxidant responses of Golden delicious apple under cold storage conditions. *Iranian Journal of Plant Physiology*. 4(1): 907-915.

9. Conway WS, Sams CE and Hickey KD (2002) Pre- and postharvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. *Acta Horticulturae*. 594: 413-419.

10. D' Angelo S, Amelia C, Raimo M, Salvatore A, Zappia V and Galletti P (2007) Effect of Reddening-Ripening on the Antioxidant Activity of Polyphenol Extracts from Cv. 'Annurca' Apple Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55(24): 9977-9985.

در واقع تیمارهای کلسیمی قادر به کاهش درصد ابتلا به این عارضه بودند. فاکتور اصلی در بروز این عارضه برداشت دیرهنگام و طولانی شدن مدت انبارداری ذکر شده است. عواملی مانند کمبود کلسیم، تولید در مناطقی با دمای پایین و تأخیر در انبارداری سرد نیز ظهور این عارضه را تشدید می‌کنند [۵]. یکی از راه‌های کاهش این عارضه کوتاه کردن دوره انباری میوه‌های دیربرداشت شده است که عدم مشاهده این عارضه پس از سه ماه انبارداری این نکته را تأیید می‌کند. کاربرد قبل از برداشت کلسیم سبب کاهش شدت این عارضه می‌شود.

نتیجه‌گیری

واکنش رقم 'فوجی' نسبت به ترکیبات مختلف متفاوت بود. ترکیبات کلسیمی نیز در زمان‌های مختلف واکنش متفاوتی نشان دادند. کاربرد ترکیبات کلسیمی سبب بهبود رنگ‌گیری میوه‌های فوجی و حل این مشکل نشد، اما تیمارهای کلسیمی موجب کاهش معنادار بروز عارضه قهوه‌ای شدن درونی و حتی کنترل کامل این عارضه شدند. علاوه بر کاربرد کلسیم زمان محلول‌پاشی هر ترکیب نیز در کنترل این عارضه مؤثر است، به طوری که با کاربرد فولی کل طی اوایل فصل و کلسی کت طی اواسط فصل این عارضه مشاهده نشد که البته این نتایج به تکرار و بررسی بیشتر نیاز دارد.

منابع

۱. اردلان م م و ثواقبی فیروزآبادی غ (۱۳۸۸) تغذیه درختان میوه (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران. ۲۶۰ ص.

۲. بخشی د، فتح‌الهی س و آراکاوای (۱۳۸۹) بررسی ارتباط بین میزان ترکیبات فنلی و رنگ پوست در رقم سیب قرمز در ژاپن. علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴(۱): ۲۵۸-۲۵۱.

11. Domagała-Świątkiewicz I and J Błaszczyk (2009) Effect of calcium nitrate spraying on mineral contents and storability of 'Elise' apples. Polish Journal of Environmental Studies. 18(5): 971-976.
12. Dris R and Niskanen R (1999) Calcium chloride sprays decrease physiological disorders following long-term cold storage of apple. Plant Foods for Human Nutrition. 54: 159-171.
13. Ernani PR, Dias J, Do Amarante CVT, Ribeiro DC and Rogeri D (2008) Preharvest calcium sprays were not always needed to improve fruit quality of 'Gala' apples in Brazil. Revista Brasileira de Fruticultura. 30(4): 892-896.
14. Fallahi E, Conway WS, Hickey KD and Sams CE (1997) The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. HortScience. 32(5): 831-835.
15. Fei H, Lin M, Guo-Liang Y, Na-Na L, Qiu-Hong P, Jun W, Malcolm JR and Chang-Qing D (2010) Biosynthesis of anthocyanins and their regulation in colored grapes. Molecules. 15: 9057-9091.
16. Guerra M, Marcelo V, Valenciano JB and Casquero PA (2011) Effect of organic treatments with calcium carbonate and bio-activator on quality of 'Reinette' apple cultivar. Scientia Horticulturae. 129: 171-175.
17. Hafez OM and Haggag KHE (2007) Quality improvements and storability of apple cv. Anna by preharvest application of boric and calcium chloride. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 3: 176-183.
18. Jawandha SK, Mahajan BVC and Gill PS (2009) Effect of pre-harvest treatments on the cellulase activity and quality of Ber fruit under cold storage conditions. Notulae Scientia Biologicae. 1(1): 88-91.
19. Kadir SA (2005) Fruit quality at harvest of "Jonathan" apple treated with foliarly-applied calcium chloride. Journal of Plant Nutrition. 27: 1991-2006.
20. Lanauskas J and Kviklienė N (2006) Effect of calcium foliar application on some fruit quality characteristics of 'Sinap Orlovskij' apple. Agronomy Research. 4(1): 31-36.
21. Lata B (2008) Apple peel antioxidant status in relation to genotype, storage type and time. Scientia Horticulturae. 117: 45-52.
22. Lee J, Durst RW and Wrolstad RE (2005) Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. Journal of AOAC international. 88(5): 1269-1278.
23. Li ZH, Sugaya S, Gemma H and Iwahori S (2004) The effect of calcium, nitrogen and phosphorus on anthocyanin synthesis in 'Fuji' apple callus. Acta Horticulturae (ISHS). 653: 209-214.
24. Mahmud TMM, Al Eryani-Raqeeb A, Syed Omar SR, Mohamed Zaki AR and AL Eryani AR (2008) Effects of different concentrations and applications of calcium on storage life and physicochemical characteristics of papaya (*Carica papaya* L.). American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 3(3): 526-533.
25. Mirdehghan SH and Ghotbi F (2014) Effect of salicylic acid, jasmonic acid and calcium chloride on reducing chilling injury of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. Journal of Agricultural Science and Technology. 16: 163-173.
26. Moor U, Toome M and Luik A (2006) Effects of different calcium compounds on postharvest quality of apples. Agronomy Research. 4(2): 543-548.
27. Nagai T and Suzuki N (2001) Partial purification of polyphenol oxidase from Chinese cabbage *Brassica rapa* L. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 49: 3922-3926.

28. Napolitano A, Cascone A, Graziani G, Ferracane R, Scalfi L, Di Vaio C, Ritieni A and Fogliano V (2004) Influence of variety and storage on the polyphenol composition of apple flesh. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 6526-6531.
29. Neilsen GH and Neilsen D (2002) Effect of foliar Zn, form and timing of Ca sprays on fruit Ca concentration in new apple cultivars. *Acta Horticulturae*. 594: 435-443.
30. Neilsen GH, Neilsen D, Dong Sh, Toivonen P and Peryea F (2005) Application of CaCl₂ sprays earlier in the season may reduce bitter pit incidence in 'Braeburn' apple. *HortScience*. 40(6): 1850-1853.
31. Ochmian I (2012) The impact of foliar application of calcium fertilizers on the quality of highbush blueberry fruits belonging to the 'Duke' cultivar. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*. 40(2): 163-169.
32. Peryea FJ, Neilsen GH and Faubion D (2007) Start-timing for calcium chloride spray programs influences fruit calcium and bitter pit in 'Braeburn' and 'Honeycrisp' apples. *Journal of Plant Nutrition*. 30: 1213-1227.
33. Poovaiah BW (1988) The molecular and cellular aspects of calcium action. *HortScience*. 23: 267-271.
34. Saftner RA, Conway WS and Sams CE (1999) Postharvest calcium infiltration alone and combined with surface coating treatment influence volatile levels, respiration, ethylene production, and internal atmospheres of 'Golden Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 124: 553-558.
35. Sams CE and Conway WS (1984) Effect of calcium infiltration on ethylene production, respiration rate, soluble polyuronide content, and quality of 'Golden delicious' apple fruit. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 118: 623-627.
36. Sharma RR, Singh D and Pal RK (2013) Synergistic influence of pre-harvest calcium sprays and postharvest hot water treatment on fruit firmness, decay, bitter pit incidence and postharvest quality of royal delicious apples (*Malus x domestica* Borkh). *American Journal of Plant Sciences*. 4: 153-159.
37. Suntharalingam S (1996) Postharvest treatment of mangoes with calcium. *Tropical Science*. 36: 14-17.
38. Teixeira AF, Andrade AB, Ferrarese-Filho O and Ferrarese LL (2006) Role of calcium on phenolic compounds and enzymes related to lignification in soybean (*Glycine max* L.) root growth. *Plant Growth Regulation*. 49: 69-76.
39. Tomas-Barberan FA, Gill MI, Castaner M, Artes F and Saltveit ME (1997) Effect of selected browning inhibitors on phenolic metabolism in stem tissue of harvested lettuce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45: 583-589.
40. Van Der Sluis AA, Dekker M, De Jager A and Jongen WMF (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
41. Vestrheim S (1970) Effect of chemical compounds on anthocyanin formation in 'McIntosh' apple skin. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*. 95: 712-715.
42. Vitrac X, Larronde F, Krisa S, Decendit A, Deffieux G and Merillon JM (2000) Sugar sensing and Ca²⁺- calmodulin requirement in *vitis vinifera* cells producing anthocyanins. *Phytochemistry*. 53: 659-665.
43. Waling I, Van Vark W, Houba V and JJ VDL (1989) Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7, plant analysis procedure. Wageningen Agriculture University.
44. Watkinz CB, Erkan M, Nock JF, Inugerman KA, Beaudry RM and Moran RE (2005) Harvest date effects on maturity, quality, and storage disorders of 'Honeycrisp' apples. *HortScience*. 40(1): 164-169.