فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۱، شماره ۴۸، خرداد و تیرماه ۱۴۰۱ صفحه: ۱۱۱- ۱۲۷

مقاله پژوهشی

تأثیر محلول‌پاشی برگی توأمان برخی عناصر غذایی بر صفات مرتبط با ترکیدگی میوه نارنگی 'پیج'

بابک عدولی، محمدعلی شیری* و سمیه شاه‌نظری

پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۱۰/۲۱)

چکیده

ناهنجاری ترکیدگی قبل از برداشت میوه خسارت قابل‌توجهی را به تولیدکنندگان ارقام حساس مرکبات وارد می‌کند، بنابراین مدیریت مناسب تغذیه درختان با عناصر کلیدی کاهش‌دهنده احتمال وقوع این ناهنجاری می‌تواند در کاهش میزان ترکیدگی میوه مؤثر باشد. بر همین اساس، به‌منظور بررسی اثرات محلول‌پاشی برگی نیترات پتاسیم یک درصد، نیترات کلسیم یک درصد و اسید بوریک نیم درصد به‌صورت ترکیب با یکدیگر در زمان پایان ریزش جودرو بر کاهش شدت ترکیدگی و برخی صفات میوه نارنگی 'پیج' آزمایشی در دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ انجام شد. این پژوهش به‌صورت تجزیه مرکب در زمان شامل دو فاکتور سال‌های انجام آزمایش و تیمارهای محلول‌پاشی ترکیبی عناصر غذایی بود که در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که تغذیه برگی باعث تغییر در میزان عناصر کلسیم، پتاسیم و بور برگ و میوه نارنگی 'پیج' گردید. همچنین مشخص شد که این تیمارها بویژه تیمار ترکیبی هر سه عنصر شدت ترکیدگی قبل از برداشت میوه را کاهش داده و موجب افزایش عملکرد و بهبود صفات کمی و کیفی میوه شدند، اما در عین حال بر فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز، تراکم سلولی گلگاه و قطر ناف بی‌اثر بودند. درنهایت، می‌توان تیمار محلول‌پاشی برگی ترکیبی شامل هر سه محلول نیترات پتاسیم، نیترات کلسیم و اسید بوریک را به‌عنوان روشی مؤثر برای کنترل ترک‌خوردگی قبل از برداشت و افزایش کمیت و کیفیت میوه نارنگی 'پیج' معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: ریزش جودرو، شاخص بلوغ، عناصر غذایی، مرکبات، وزن میوه

مقدمه

با توجه به نقش و اهمیت کشاورزی در توسعه اقتصادی و درآمد کشاورزان، همواره افزایش تولید در کنار کاهش ضایعات محصولات کشاورزی در ایران مورد توجه سیاست گزاران بوده است. کشورمان از نظر میزان تولید دارای رتبه چهارم و از نظر عملکرد در رده پنجم جهانی صنعت کشت و کار مرکبات قرار دارد (FAO, 2020). براساس جدیدترین آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، در سال ۱۳۹۸ بیشترین میزان تولید از بین مرکبات مربوط به میوه پرتقال با تولید حدود ۳/۴ میلیون تن و سپس نارنگی با تولید حدود ۷۳۲ هزار تن است (بی‌نام، ۱۳۹۸). در کنار چنین تولید امیدوارکننده‌ای متأسفانه در برخی از سال‌ها تلفات ترکیدگی میوه در مرکبات به حدود ۶۰ درصد کل محصول بالغ می‌گردد (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۷).

ترکیدگی قبل از برداشت میوه که عبارت از ایجاد ترک‌های عمودی پوست میوه در نزدیکی گلگاه یکی از عوارض فیزیولوژیکی است و از مشکلات جدی صنعت مرکبات جهان

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: ma.shiri64@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

است. از آنجایی که این عارضه مربوط به مراحل قبل از برداشت میوه است و سبب خارج‌شدن میوه‌های خسارت دیده از چرخه اقتصادی و همچنین بروز پوسیدگی‌های قارچی قابل توجه در انبار می‌شود، از اهمیت اقتصادی بسیار بالایی برخوردار است. ترکیدگی قبل از برداشت پوست مرکبات که در ارقام پوست نازک شیوع بیشتری دارد بطور عمده ناشی از فشار بخش داخلی میوه در مرحله رشد سریع گوشت است که بر پوست نازک و بیش از حد کشیده شده آن وارد می‌آید. شدت بروز ترکیدگی میوه در سال‌ها و مکان‌های مختلف یکسان نبوده و تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد که حاکی از تأثیر عوامل اقلیمی در بروز این پدیده است (رازقی‌جدید و همکاران، ۱۳۹۱; Juan and Jiezhong, 2017; Alikhani *et al*., 2020).

میوه‌هایی که دچار چنین مشکلی می‌شوند، اغلب پیش از کامل‌شدن ترکیدگی ریزش خواهند کرد که احتمالاً ناشی از افزایش میزان اتیلن تولیدی توسط بافت‌های زخمی شده است. اگر چه این عارضه اغلب از نوک میوه آغاز می‌شود اما در مواردی نیز ممکن است از قسمت میانی میوه شروع شده و به طرف دو انتهای آن امتداد بیابد. براساس اعتقاد برخی از محققان، ترکیدگی قبل از برداشت میوه در مرکبات احتمالاً حاصل ترکیبی از نوسانات عوامل محیطی مانند رطوبت خاک، درجه حرارت، رطوبت نسبی و عوامل گیاهی مانند نازکی پوست میوه در نزدیکی گلگاه و میزان تفاوت موجود بین رشد پوست و گوشت میوه است. براساس نظر گروه دیگری از محققان ترکیدگی پوست میوه مرکبات در مرحله قبل از برداشت پدیده‌ای فیزیولوژیک است که در عین حال هیچ‌گونه عامل منفردی را نمی‌توان برای آن معرفی کرد. در هر حال وجود میوه سته هیسپریدیوم (Hespridium) در مرکبات و وجود این واقعیت که در زمان وقوع ترکیدگی میوه، نسبت سطح پوست میوه به سطح گوشت آن اغلب به حداقل خود خواهد رسید، می‌تواند ما را به این جمع‌بندی برساند که پوست میوه نقش مهم و کلیدی را در بروز این پدیده به عهده دارد (رازقی‌جدید و همکاران، ۱۳۹۱; Singh *et al*., 2020; Wang *et al*., 2021).

یکی از موارد مهم در زمینه مورفولوژی میوه در ارتباط با ترکیدگی قبل از برداشت، درجه نازکی پوست میوه است. به عبارت دیگر هر چه پوست میوه نازک‌تر باشد تحمل کمتری به فشار وارده از طرف گوشت که ناشی از آب‌گیری پره‌ها و افزایش حجم میوه است خواهد داشت و زودتر دچار ترکیدگی می‌شود. علاوه بر این، رقم‌های ناف‌دار بیش از سایرین دچار ترک‌خوردگی می‌شوند زیرا ناف دارای ناهمسانی بافتی بوده و مقاومت بخش‌های مختلف آن به فشار داخلی میوه یکسان نیست و به این دلیل مستعد بروز ترک است (رازقی‌جدید و همکاران، ۱۳۹۱; Cronje *et al*., 2014; Khadivi-Khub, 2015).

بررسی‌های قبلی نشان داده است که وجود مشکلات تغذیه‌ای نیز می‌تواند بر بروز و شدت ترکیدگی میوه مرکبات تأثیر بسزائی داشته باشد (Juan and Jiezhong, 2017; Alikhani *et al*., 2020). بررسی‌ها نشان داده است که بخش قابل‌توجهی از عوارض فیزیولوژیکی مربوط به میوه‌ها از جمله ترکیدگی قبل از برداشت مرکبات مربوط به پایین‌بودن محتوای کلسیم در بافت میوه است (Hardiyanto and Friyanti, 2019). کمبود کلسیم در درجه اول می‌تواند باعث نمو نامطلوب تیغه میانی و دیواره سلولی در پوست میوه‌ها شده و استحکام فیزیکی پوست را کاهش دهد و از طرف دیگر موجب ضخیم‌شدن دیواره سلولی سلول‌های پوست و کاهش قابلیت انعطاف آن خواهد شد که درنهایت باعث ترکیدگی میوه می‌شود (Hardiyanto and Friyanti, 2019; Winkler and Knoche, 2019). همچنین، کلسیم به‌دلیل به تأخیر انداختن پیری دیواره سلولی و نگهداری و ثبات غشاء، تنظیم بسیاری از فرآیندهای متابولیسمی و حالت نیمه‌تراوایی غشاء سلولی، تقسیم سلولی، نشت یونی و افزایش سختی در غشاء میانی دیواره سلولی باعث کاهش درصد ترکیدگی میوه‌ها می‌شود (Lopez-Zaplana *et al*., 2020). از آنجایی که کودهای کلسیمی اضافه‌شده به خاک به راحتی قابل استفاده برای مراکز مصرف (میوه‌ها) نبوده و انتقال این عنصر در درون گیاه به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

کندی صورت می‌گیرد، کوددهی به خاک نمی‌تواند مانع از بروز عوارض فیزیولوژیکی مربوط به کمبود این عنصر از جمله ترکیدگی قبل از برداشت شود. همین موضوع باعث شده است تا محلول‌پاشی کلسیم راهکار اصلی برای کاهش شدت ترکیدگی باشد (Ramezanian *et al.*, 2010). بر این اساس روحی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش نمودند که محلول‌پاشی کلرید کلسیم بطور معنی‌داری باعث کاهش میزان ترکیدگی میوه انار رقم ملس ساوه گردید.

از عناصر دیگر در فرآیند ترکیدگی میوه، پتاسیم است که در مقاومت مکانیکی و نمو پوست دخالت داشته و لذا درختان مبتلا به کمبود این عنصر عموماً دارای میوه‌هایی با پوست نازک‌تر و صاف‌تر از میوه‌های درختان فاقد این کمبود هستند. این نقش پتاسیم باعث می‌شود در شرایط کمبود آن، سلول‌های پوست در مرحله دوم رشد میوه، مقاومت مکانیکی پایینی داشته و تحمل لازم برای فشار داخلی ناشی از آب‌گیری و افزایش حجم میوه را نکند و دچار ترکیدگی شود. از آنجایی‌که بین محتوای پتاسیمی برگ مرکبات و درصد میوه‌های ترک خورده ارتباط معکوسی وجود دارد، بهبود وضعیت پتاسیمی می‌تواند شیوع ترکیدگی را کاهش دهد (Mokhtarzadeh and Shahsavar, 2020; Alikhani *et al.*, 2020).

مشخص شده است که عنصر بور نیز در ترکیدگی میوه، نقش مهمی دارد. بور از جمله عناصر ریزمغذی و مهم در نمو دیواره سلولی و هم‌چنین فرایندهای تقسیم سلولی، توسعه آوندهای آبکشی، انتقال قندها، سوخت‌وساز نیتروژن و فسفر و هم‌چنین جذب نمک‌هاست. بسیاری از خصوصیات میوه مانند ضخامت پوست و صفات فیزیکی کوتیکول و هم‌چنین تعداد لایه‌های هیپودرمی و نیز شکل و اندازه میوه که همگی در تعیین شدت ترکیدگی میوه‌ها مؤثرند، تحت‌تأثیر محتوای این عنصر قرار دارند و لذا کمبود بور می‌تواند نقش مهمی در افزایش شدت ترکیدگی قبل از برداشت میوه داشته باشد (Khalil and Aly, 2013; Ghanbarpour *et al.*, 2019).

آنزیم پلی‌گالاکتوروناز از جمله آنزیم‌های مهمی است که نقش بسزایی در استحکام دیواره سلولی داشته و از این جهت می‌تواند بر شدت ترکیدگی قبل از برداشت برخی از گونه‌های گیاهی تأثیرگذار باشد. بر این اساس، Cronje و همکاران (۲۰۱۴) بیان داشتند که در میوه‌های ترک‌خورده مرکبات، فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز حدود ۱۳۱ درصد بالاتر از میوه‌های سالم بود. بنابراین، اندازه‌گیری سطح فعالیت آنزیم‌های مؤثر در حفظ استحکام دیواره‌های سلولی در شرایط معمول و نیز تحت‌تأثیر تیمارهای آزمایشی می‌تواند جنبه‌ای کاربردی برای بررسی موضوع ترکیدگی قبل از برداشت میوه مرکبات باشد.

ضرورت معرفی شیوه‌ای مؤثر و کاربردی به تولیدکنندگان مرکبات کشور برای کاهش شدت ترکیدگی قبل از برداشت میوه در ارقام حساسی مانند نارنگی 'پیج' که در شرایط اقلیمی سال‌های اخیر و کاهش بارش‌های بهاری افزایش بیشتری داشته است، موضوعی اجتناب‌ناپذیر است. از طرف دیگر، به دلیل آنکه شرایط نامساعد محیط رشدی مانند مناسب نبودن نسبت موجود بین عناصر تغذیه‌ای و کمبود یک یا چند عنصر کلیدی در ایجاد استحکام فیزیکی سلول‌های پوست می‌تواند موجب افزایش شدت ترکیدگی قبل از برداشت باشد، استفاده از یک برنامه تغذیه‌ای مناسب مبتنی بر تغذیه متعادل و رفع سریع کمبودهای ایجادشده در دوره‌های بحرانی رشدونمو میوه‌ها با استفاده از محلول‌پاشی برگی می‌تواند خسارت این عارضه را تا حد زیادی کاهش دهد. بر این اساس، هدف از آزمایش حاضر که در دو سال اجرا گردید، این بود که در وهله اول اثرات محلول‌پاشی درختان نارنگی رقم 'پیج' با نیترات پتاسیم یک درصد، نیترات کلسیم یک درصد و اسید بوریک نیم درصد به‌صورت ترکیب مورد ارزیابی قرار گرفته شود و در وهله دوم شدت ترکیدگی میوه کاهش یافته و بر کمیت و کیفیت محصول اثر مطلوبی ایجاد شود.

مواد و روش‌ها

مکان آزمایش و مواد گیاهی: این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در قالب طرح آماری بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار (هر تکرار شامل سه درخت) روی درختان ۲۵ ساله

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]



شکل ۱- قطعه پژوهشی نارنگی رقم 'پیج' پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، رامسر

نارنگی رقم 'پیج' [*Citrus clementina* × (*C. reticulata* cv. Dancy × *C. paradisi* cv. Duncan)] پیوندی روی پایه سیترومله (*Poncirus trifoliata* × *C. paradisi* cv. Duncan) با هدف کاهش ترکیدگی قبل از برداشت و بهبود صفات عملکردی این رقم نارنگی با تیمارهای تغذیه‌ای انجام شد. محل اجرای تحقیق پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری شهرستان رامسر (۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی) با شرایط اقلیمی نیمه‌گرمسیری بوده است (شکل ۱). تغییرات سالانه رطوبت نسبی و درجه حرارت در این مکان به‌ترتیب در محدوده ۵۵ تا ۱۰۰ درصد و یک تا ۳۶ درجه سانتی‌گراد در نوسان بوده و بارش سالیانه حدود ۱۲۰۰ میلی‌متر است که بخش عمده آن مربوط به شهریور تا اردیبهشت است و در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد، تبخیر بیشتر از بارندگی بوده است.

درختان آزمایشی در ردیف‌های شمالی جنوبی با فاصله ۴×۸ متر کاشته شده و همگی از نظر وضعیت رشدونموی و اجرای عملیات باغبانی (هرس، آبیاری، تغذیه و مبارزه با آفات و علف‌های هرز) شرایط یکسانی داشتند. کنترل علف‌های هرز باغ به‌صورت مکانیکی طی چندین مرحله به‌صورت فیزیکی توسط دستگاه علف‌زن موتوری انجام شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای تحت فشار، از اواسط اردیبهشت تا اواسط مهرماه براساس نیاز آبی گیاهان انجام گرفت. قبل از شروع آزمایش و پیش از اعمال تیمارهای کودی، نمونه خاک از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱).

تهیه گزارش هواشناسی منطقه و یادداشت‌برداری داده‌های هواشناسی منطقه در سال‌های اول و دوم یکی دیگر از مراحل اجرایی این پروژه بوده است که خلاصه نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

اعمال تیمارهای محلول‌پاشی: محلول‌پاشی برگی تیمارهای تغذیه‌ای در پایان ریزش جودرو توسط نیترات پتاسیم (KNO_3) ۱/۰ درصد، نیترات کلسیم [$Ca(NO_3)_2$] ۱/۰ درصد و اسید بوریک (H_3BO_3) ۰/۵ درصد خریداری‌شده از شرکت آریا کشاورز به‌صورت ترکیب با یکدیگر [نیترات پتاسیم + نیترات کلسیم (K+Ca)، نیترات پتاسیم + اسید بوریک (K+B)، نیترات کلسیم + اسید بوریک (Ca+B) و نیترات پتاسیم + نیترات کلسیم + اسید بوریک (K+Ca+B)] انجام شد که با دو گروه از درختان شاهد [شامل درختان بدون هرگونه محلول‌پاشی (شاهد ۱) و آب‌پاشی‌شده در پایان ریزش جودرو (شاهد ۲)] مقایسه شده‌اند. اندازه قطر میوه‌ها در زمان اعمال تیمارها حدود دو سانتی‌متر بود. محلول‌پاشی با استفاده از سم‌پاش موتوری انجام گرفته و برای هر درخت مقدار ۱۰ لیتر محلول استفاده شده است. محلول‌پاشی به‌صورتی انجام گرفت که تمام سطح تاج کاملاً خیس شده و محلول به هر دو طرف برگ‌ها و تمامی سطح میوه‌ها رسید. در این آزمایش، هر تیمار شامل سه تکرار و هر تکرار شامل سه درخت (واحد آزمایشی) بود که در مجموع ۵۴ درخت مورد ارزیابی قرار گرفت.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی خاک در آغاز اجرای تحقیق

پتاسیم	فسفر	هدایت الکتریکی	نیتروژن	کربن آلی	سیلت	رس	شن	واکنش	بافت	عمق خاک
(ppm)		(دسی‌زیمنس بر متر)	(درصد)					خاک	خاک	(سانتی‌متر)
۱۲۳/۸	۹/۷	۰/۱۴۷	۰/۲۲	۱/۷۵	۴۱/۳	۲۴/۷	۳۴	۶/۵۳	لومی	۳۰-۰
۱۱۳/۵	۹/۸۲	۰/۲۰۴	۰/۱۶	۱/۱۷	۴۷/۴	۲۸/۹	۲۳/۷	۷/۱۷	لومی‌رسی	۶۰-۳۰

جدول ۲- شرایط اقلیمی منطقه اجرای آزمایش در سال‌های اول و دوم

عامل اقلیمی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
سال اول (۱۳۹۷)												
میانگین بارش (میلی‌متر)	۳۶/۲	۲۷/۳	۶۲/۰	۳۲/۱	۶۱/۸	۱۲۶/۴	۵۱۶/۳	۱۳۱/۵	۲۱۸/۸	۷۵/۷	۱۶۶/۹	۷۲/۴
میانگین دمای روزانه (سانتی‌گراد)	۱۳/۰	۱۸/۰	۲۲/۷	۲۸/۳	۲۷/۷	۲۵/۸	۲۱/۰	۱۶/۴	۱۳/۱	۱۰/۲	۹/۰	۹/۹
میانگین رطوبت نسبی (درصد)	۸۳	۸۲	۷۹	۷۶	۷۹	۷۸	۸۲	۸۲	۸۶	۸۰	۸۶	۸۲
سال دوم (۱۳۹۸)												
میانگین بارش (میلی‌متر)	۲۰۹/۷	۳۴/۵	۵۰/۶	۱۹۳/۴	۳۶/۷	۱۸۰/۶	۲۳۵/۷	۱۹۶/۲	۲۴۱/۸	۶۳/۳	۷۵/۶	۹۸/۷
میانگین دمای روزانه (سانتی‌گراد)	۱۲/۴	۱۷/۸	۲۴/۶	۲۶/۸	۲۶/۶	۲۳/۹	۲۱/۲	۱۵/۶	۱۱/۴	۱۰/۶	۸/۹	۱۰/۰
میانگین رطوبت نسبی (درصد)	۹۱	۸۲	۷۴	۷۷	۷۵	۸۱	۸۴	۸۲	۸۳	۸۳	۷۶	۸۶

اندازه‌گیری صفات، عناصر معدنی: نمونه‌های برگ و میوه (۱۰ عدد نمونه از هر درخت در مجموع ۳۰ عدد میوه برای هر تکرار) جهت تعیین محتوای سه عنصر محلول‌پاشی‌شده، پس از گذشت دو روز از زمان اجرای تیمار از درختان آزمایشی تهیه شد. لازم به ذکر است به‌منظور اندازه‌گیری دقیق میزانعناصر غذایی، ۳۰ عدد میوه مربوط به هر تکرار با هم ادغام گردید و از این نمونه ادغام‌شده برای اندازه‌گیری استفاده شد. به‌منظور از بین‌بردن آلودگی سطحی احتمالی از نمونه‌های برداشت‌شده، برگ‌ها و میوه‌ها ابتدا با استفاده از آب‌مقطر شستشو شد و سپس اجازه داده شدند تا در دمای اتاق، آب سطحی آن‌ها خشک شود. به‌منظور خشک‌نمودن، نمونه‌های برگ در داخل پاکت‌های مخصوص قرار داده شده و به داخل آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. نمونه‌های میوه نیز پس از برش‌دادن بخش‌های یک سوم دمگاه و گلگاه میوه، از بخش یک سوم میانی برش‌های صفحه‌ای نازک عرضی میوه (شامل پوست، گوشت و مغز میوه) تهیه و در داخل پتری‌دیش‌های شیشه‌ای قرار داده شدند و جهت خشک‌شدن به آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شدند. پس از مدت ۴۸ ساعت قرارگرفتن نمونه‌های میوه و برگ در آون، با استفاده از مولینکس کاملاً آسیاب شده و پس از آن از میان الک ۴۰ مش عبور داده شدند و پودرهای برگ و میوه بدست آمده جهت انجام فرآیندهای بعدی استخراج عناصر غذایی، جداگانه در داخل ظروف مخصوص دربسته ریخته شدند. برای تهیه خاکستر دو گرم بافت برگ و میوه آسیاب شده از هر تکرار در کروزه چینی ریخته و در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد تا خاکسترشدن کامل قرار داده شد. پس از تهیه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

عصاره از خاکستر خشک، عصاره‌ها در بالن ریخته شد و مورد ارزیابی عناصر قرار گرفت. اندازه‌گیری میزان پتاسیم، کلسیم و بور به‌ترتیب با روش‌های نشر شعله‌ای (دستگاه فلیم‌فتومتر مدل PFP7 ساخت شرکت JENWAY، انگلستان)، کمپلکسومتری و کورکامین (دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV-1800، ساخت کمپانی Shimadzu، ژاپن) صورت گرفت (Waling *et al*., 1989).

در زمان برداشت، یعنی زمانی‌که شاخص بلوغ میوه (غلظت املاح جامد محلول به اسیدهای قابل تیتراسیون) به حدود ۷ رسید، میوه‌های نارنگی پیچ برداشت شده و مورد ارزیابی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که از هر درخت ۱۰ عدد میوه (برای هر تکرار ۳۰ عدد میوه) از جهات مختلف تاج درخت برداشت شد. هر ۱۰ عدد میوه هر درخت باهم ادغام شد و از این نمونه ادغام‌شده برای اندازه‌گیری استفاده گردید. در آخر نیز میانگین این سه درخت برآورد گردیده و به‌عنوان داده مربوط به یک تکرار از یک تیمار در نظر گرفته شد. صفات اندازه‌گیری‌شده شامل درصد میوه‌های ترک‌خورده، عملکرد درخت، وزن میوه، ضخامت پوست گلگاه، درصد عصاره، محتوای قند، اسید و نسبت قند به اسید (شاخص بلوغ) بود. در این تحقیق همچنین اثر تیمارها بر فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز حاضر در بافت میوه در زمان اوج ترکیدگی بررسی شد.

تراکم سلولی: به‌منظور تعیین تراکم سلولی در ناحیه گلگاه پوست میوه‌های درختان آزمایشی، در زمان یک ماه قبل از آغاز ترکیدگی، از هر درخت تعداد ۲۰ میوه به‌صورت تصادفی چیده شد و با استفاده از میکروسکوپ نوری (Nikon, Japan) و لام‌های مدرج نسبت به شمارش تعداد سلول‌های موجود در سطح یک میلی‌متر مربع از پوست اقدام شد.

قطر ناف میوه: تعیین قطر ناف میوه‌ها در پایان مرحله دوم رشد (آغاز رنگ‌گرفتن میوه) با استفاده از کولیس دیجیتال و نمونه‌گیری غیرمخرب از میوه‌های درختان آزمایشی انجام گرفت.

شدت ترکیدگی: برای اندازه‌گیری شدت ترکیدگی قبل از برداشت، از نیمه تیرماه یعنی حدود بیش از یک ماه قبل از آغاز ترکیدگی، پایش میوه‌ها آغاز شد تا زمان دقیق شروع این عارضه معلوم شود. از زمان شروع ترکیدگی تا زمان برداشت محصول، عملیات روزانه شمارش و حذف میوه‌های ترک‌خورده برای هر درخت انجام شد. به این ترتیب، معلوم شد که در هر درخت، چه تعداد از میوه‌ها دچار ترک‌خوردگی شده‌اند. برای معلوم‌شدن این مطلب که چند درصد از کل میوه‌های تشکیل‌شده در هر درخت ترک خورده‌اند، مجموع میوه‌های ترک‌خورده هر درخت در طول فصل رشد با تعداد میوه‌های چیده‌شده از همان درخت در زمان برداشت جمع شد تا تعداد کل میوه‌های تشکیل‌شده درخت در ابتدای بهار معلوم شود. در مرحله بعد، تعداد میوه‌های ترک‌خورده هر درخت بر تعداد کل میوه‌های تولیدی آن در ابتدای بهار تقسیم و حاصل در عدد ۱۰۰ ضرب شد و به این ترتیب، درصد ترکیدگی برای هر واحد آزمایشی تعیین شد.

ضخامت پوست: ضخامت پوست ناحیه گلگاه میوه‌های برداشت‌شده از چهار طرف تاج هر درخت توسط کولیس دیجیتال (مدل Guanglu، تایوان) با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. عملکرد هر درخت نیز توسط توزین میوه‌های برداشت شده بوسیله باسکول اندازه‌گیری گردید. متوسط وزن کل و متوسط وزن عصاره هر یک از میوه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال (مدل Sartorius, GM-6101) با دقت ۰/۰۱ گرم مورد ارزیابی قرار گرفت.

املاح جامد محلول: غلظت املاح جامد محلول عصاره توسط دستگاه رفراکتومتر چشمی (Atago-ATC-20 E, Japan) اندازه‌گیری شد.

اسیدهای قابل تیتراسیون: غلظت اسیدهای قابل تیتراسیون عصاره با روش تیتراسیون انجام شد. در این روش ابتدا عصاره‌گیری میوه‌ها با دستگاه آب‌میوه‌گیری انجام شد و مقدار ۵ میلی‌لیتر عصاره با ۲۵ میلی‌لیتر آب‌مقطر و ۲ قطره معرف فنل‌فتالئین مخلوط شد. در مرحله بعد، عمل تیتراسیون توسط بورت دیجیتال (BRAND, Germany) و محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال با پی‌اچ ۸/۲ تا ظهور رنگ صورتی روشن تیتر شد. برای محاسبه اسیدیته قابل تیتراسیون، حجم سود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

مصرفی برحسب اسید غالب (اسید سیتریک) استفاده شد (Shiri *et al*., 2011).

شاخص بلوغ: پس از اندازه‌گیری دو مودر بالا، با تقسیم غلظت املاح جامد محلول به اسیدهای قابل تیتراسیون، شاخص بلوغ میوه بدست آمد.

فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز: برای تعیین فعالیت پلی‌گالاکتوروناز، نمونه‌گیری در زمان اوج ترکیدگی میوه‌ها (مصادف با هفته سوم شهریور بوده که شدت ترکیدگی به حداکثر خود رسیده است) صورت گرفت. اندازه‌گیری فعالیت این آنزیم با شیوه طیف‌سنجی نوری و به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-1800, Shimadzu, Japan) با استفاده از دو بافر بورات و استات و هم‌چنین محلوهای استاندارد دی‌گالاکتورونیک اسید در طول‌موج ۲۷۵ نانومتر انجام گرفت. درنهایت، مقدار آنزیم با توجه به رابطه Activity = q/ (t×c×F) و نتایج منحنی استاندارد تعیین شد. در این رابطه q کمیت گالاکتورونیک اسید (میکروگرم بر میلی‌لیتر)؛ t زمان (دقیقه)؛ c غلظت محلول آنزیمی (گرم بر لیتر) و F عامل تصحیح حجم است که برابر با عدد ثابت دو در نظر گرفته شده است (Zhang *et al*., 1999). درنهایت میزان فعالیت آنزیم به‌صورت واحد بر میلی‌لیتر بیان شد که یک واحد فعالیت آنزیم به‌صورت یک میکرومول از گروه‌های کاهنده آزاد شده توسط آنزیم در یک دقیقه در دمای ۴۰ درجه سلسیوس تعریف شد.

آزمایش حاضر به‌صورت تجزیه مرکب در زمان شامل دو فاکتور سال‌های انجام آزمایش و تیمارهای مختلف محلول‌پاشی عناصر غذایی بود که در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. آنالیز آماری آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Version 9.1 2002–2003, SAS Institute, Cary, NC) صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. لازم به ذکر است که قبل از آنالیز آماری، داده‌ها از لحاظ نرمال‌بودن مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به معنی‌دارشدن اثر سال بر صفات اندازه‌گیری‌شده، در مقایسات میانگین برش‌دهی (Slicing) براساس سال انجام شد.

نتایج و بحث

عناصر غذایی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و همچنین اثرات متقابل سال و محلول‌پاشی برگی بر میزان عناصر غذایی کلسیم، بور و پتاسیم معنی‌دار بود (جدول ۳). مشخص شد که در هر دو سال، محتوای دو عنصر پتاسیم و بور در نمونه‌های برگ و میوه درختان تیمارشده با تیمارهای ترکیبی حاوی این عناصر در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۳). تغییر در میزان عناصر غذایی برگ و میوه در پاسخ به محلول‌پاشی برگی عناصر غذایی قبلاً نیز توسط Mokhtarzadeh و Shahsavar (۲۰۲۰) در انار، Shiri و همکاران (۲۰۱۶) در کیوی‌فروت و همچنین Sheikh و Manjula (۲۰۱۲) در انار گزارش شده است که می‌تواند به‌دلیل فراهم‌نمودن عناصر غذایی از طریق محلول‌پاشی و درنتیجه جذب آن توسط سلول‌ها باشد.

در این بین مشخص شد که در سال دوم آزمایش، بین تیمارهای محلول‌پاشی شده و همچنین تیمارهای شاهد از لحاظ میزان کلسیم بافت میوه، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). این موضوع می‌تواند ناشی از آن باشد که حرکت کلسیم در گیاه تابع تعرق و از مسیر آوند آبکشی است و از آنجایی‌که در زمان محلول‌پاشی، شکل‌گیری یک لایه مومی (واکس) در سطح پوست میوه‌ها آغاز شده است، جذب سطحی کلسیم از میوه‌ها ناچیز بوده است (اسدی‌کنگرشاهی و اخلاقی‌امیری، ۱۳۹۷).

ترکیدگی میوه: براساس جدول ۴ مشخص شد که اثرات ساده سال و محلول‌پاشی برگی و همچنین اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر عارضه ترک‌خوردگی میوه اثر معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین نشان داد که تمامی تیمارهای محلول‌پاشی در مقایسه با تیمارهای شاهد از درصد ترکیدگی کمتری برخوردار بودند که در این میان تیمار ترکیبی نیترات پتاسیم+نیترات کلسیم+اسید بوریک در کنترل ترکیدگی میوه مؤثرتر از سایر تیمارها بود (جدول ۴).

در تحقیق صورت گرفته توسط El-Tanany و همکاران (۲۰۱۱) مشخص شد که محلول‌پاشی تاج در یک نوبت (اواخر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

جدول ۳- اثرات تیمارهای محلول‌پاشی برگی با نیترات پتاسیم یک درصد، نیترات کلسیم یک درصد و اسید بوریک نیم درصد بر میزان عناصر کلسیم، پتاسیم و بور برگ و میوه نارنگی 'پیج' در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

		کلسیم (درصد)		پتاسیم (درصد)		بور (ppm)	
سال	تیمار	برگ	میوه	برگ	میوه	برگ	میوه
۱۳۹۷	شاهد ۱	۲/۳۹^{b}	۰/۴۰^{b}	۱/۵۹^{b}	۰/۵۷^{b}	۳۴/۶۶^{b}	۱۲/۸۷^{b}
	شاهد ۲	۲/۳۹^{b}	۰/۳۹^{b}	۱/۵۷^{b}	۰/۸۳^{b}	۳۴/۵۹^{b}	۱۲/۷۵^{b}
	K+Ca	۲/۶۴^{b}	۰/۴۵^{a}	۱/۸۱^{a}	۰/۷۱^{a}	۲۹/۲۸^{c}	۱۳/۵۳^{b}
	K+B	۲/۳۴^{b}	۰/۴۴^{a}	۱/۸۲^{a}	۰/۷۶^{a}	۴۰/۴۸^{a}	۱۷/۹۵^{a}
	Ca+B	۳/۳۶^{a}	۰/۴۴^{a}	۱/۵۰^{b}	۰/۵۸^{b}	۴۳/۳۷^{a}	۱۶/۹۶^{a}
	K+Ca+B	۳/۵۸^{a}	۰/۴۷^{a}	۱/۸۴^{a}	۰/۷۳^{a}	۴۷/۳۷^{a}	۱۶/۹۱^{a}
۱۳۹۸	شاهد ۱	۲/۹۸^{b}	۰/۴۷^{a}	۱/۴۰^{d}	۰/۶۳^{b}	۳۲/۴۰^{c}	۱۴/۳۱^{b}
	شاهد ۲	۳/۰۳^{b}	۰/۴۹^{a}	۱/۴۲^{d}	۰/۶۶^{b}	۳۱/۷۸^{c}	۱۴/۰۶^{b}
	K+Ca	۳/۷۶^{a}	۰/۴۵^{a}	۱/۷۷^{b}	۰/۹۵^{a}	۳۲/۱۱^{c}	۱۵/۲۵^{ab}
	K+B	۲/۷۸^{b}	۰/۵۱^{a}	۱/۶۰^{c}	۰/۹۲^{a}	۳۸/۸۷^{b}	۱۶/۱۸^{a}
	Ca+B	۳/۹۱^{a}	۰/۴۶^{a}	۱/۵۶^{c}	۰/۴۷^{c}	۴۶/۰۷^{a}	۱۶/۸۷^{a}
	K+Ca+B	۳/۸۰^{a}	۰/۵۲^{a}	۱/۹۱^{a}	۰/۹۰^{a}	۴۱/۹۱^{ab}	۱۶/۰۹^{a}

	کلسیم (درصد)		پتاسیم (درصد)		بور (ppm)	
	برگ	میوه	برگ	میوه	برگ	میوه
تکرار (داخل سال)	ns	*	**	ns	ns	ns
سال	**	**	**	**	*	*
تیمار	**	**	**	**	**	**
سال × تیمار	*	**	*	*	**	*
ضریب تغییرات	۴/۸۶	۳/۴۲	۵/۰۳	۴/۱۷	۵/۶۵	۳/۰۸

*، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌داری است.

اردیبهشت) و یا دو نوبت (اواخر اردیبهشت و اواخر خرداد) با ترکیبی از پتاسیم (۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، کلسیم (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و منیزیم (۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر) موجب کاهش شدت ترکیدگی در مقایسه با شاهد (آب‌پاشی تاج) شد، که این نتایج با یافته‌های بررسی حاضر همخوانی دارد. نتایج تحقیقات Abd El-Rahman و همکاران (۲۰۱۲) نیز ثابت کرده است که تأثیر تیمار نیترات پتاسیم در کاهش ترکیدگی میوه‌های پرتقال واشنگتن‌ناول در زمانی‌که میوه‌ها به قطر تقریبی دو سانتی‌متر رسیده باشند بهتر از حالتی است که این تیمار در مرحله تمام‌گل اعمال شده باشد. این زمان در تحقیق حاضر نیز رعایت شده و زمان درست اجرای تیمارهای تغذیه‌ای می‌تواند تا حدودی در نتایج مثبت بدست آمده در کنترل ترک‌خوردگی میوه‌ها مؤثر باشد.

دلیل مثبت‌بودن تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای در کاهش ترکیدگی را که در تحقیق حاضر نشان داده شد می‌توان ناشی از آن دانست که این عارضه فیزیولوژی حاصل فشاری است که در مرحله آب‌گیری (مرحله دوم رشد میوه‌ها) از طرف گوشت بر پوست آن وارد شده و لذا خصوصیات فیزیکی و همچنین درجه استحکام مکانیکی پوست میوه‌ها که متأثر از غلظت عناصر کلیدی شامل کلسیم، پتاسیم و بور است، در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

جدول ۴- اثرات تیمارهای محلول‌پاشی برگی با نیترات پتاسیم ۱/۰ درصد، نیترات کلسیم ۱/۰ درصد و اسید بوریک ۰/۵ درصد بر شدت ترکیدگی و برخی صفات میوه نارنگی 'پیج' در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

سال	تیمار	شدت ترکیدگی (٪)	پلی‌گالاکتروناز (واحد بر میلی‌لیتر)	عملکرد (کیلوگرم بر درخت)	وزن میوه (گرم)	ضخامت پوست (میلی‌متر)
۱۳۹۷	شاهد ۱	۱۶/۲۴^{a}	۱۲۱/۶۶^{a}	۱۳۰/۷۳^{c}	۱۲۶/۴۵^{d}	۲/۳۳^{c}
	شاهد ۲	۱۶/۱۲^{a}	۱۲۲/۱۸^{a}	۱۳۶/۶۵^{c}	۱۲۶/۰۹^{d}	۲/۳۵^{c}
	K+Ca	۱۱/۸۷^{bc}	۱۲۱/۰۴^{a}	۱۶۴/۲۳^{a}	۱۲۹/۶۹^{b}	۳/۶۲^{a}
	K+B	۱۲/۶۹^{b}	۱۲۱/۱۵^{a}	۱۶۶/۸۵^{a}	۱۲۹/۵۳^{b}	۳/۱۲^{b}
	Ca+B	۱۱/۴۷^{bc}	۱۲۱/۷۲^{a}	۱۴۷/۴۰^{b}	۱۳۰/۶۷^{a}	۳/۰۹^{b}
	K+Ca+B	۱۰/۳۰^{c}	۱۲۱/۰۱^{a}	۱۷۱/۰۹^{a}	۱۲۷/۴۶^{c}	۳/۵۹^{a}
۱۳۹۸	شاهد ۱	۱۲/۳۹^{a}	۱۱۸/۹۳^{a}	۹۸/۷۳^{d}	۱۱۰/۳۸^{c}	۲/۴۶^{c}
	شاهد ۲	۱۲/۳۵^{a}	۱۱۹/۳۶^{a}	۹۷/۴۲^{d}	۱۲۲/۷۰^{c}	۲/۴۰^{c}
	K+Ca	۹/۱۲^{c}	۱۱۸/۴۲^{a}	۱۱۸/۷۸^{a}	۱۳۴/۰۵^{a}	۲/۷۸^{b}
	K+B	۱۰/۰۴^{b}	۱۱۹/۰۳^{a}	۱۲۳/۳۲^{a}	۱۳۰/۱۱^{b}	۳/۲۷^{a}
	Ca+B	۹/۹۳^{b}	۱۱۹/۱۰^{a}	۱۱۵/۸۴^{a}	۱۲۹/۹۷^{b}	۲/۶۱^{b}
	K+Ca+B	۸/۲۴^{d}	۱۱۸/۱۲^{a}	۱۱۹/۸۴^{a}	۱۳۵/۷۵^{a}	۲/۸۶^{b}

	شدت ترکیدگی (٪)	پلی‌گالاکتروناز (واحد بر میلی‌لیتر)	عملکرد (کیلوگرم بر درخت)	وزن میوه (گرم)	ضخامت پوست (میلبی‌متر)
تکرار (داخل سال)	**	ns	**	ns	**
سال	**	ns	**	**	**
تیمار	**	ns	**	**	**
سال × تیمار	**	ns	**	**	**
ضریب تغییرات	۹/۶۳	۸/۹۵	۱۲/۱۸	۱۳/۰۶	۱۲/۴۳

***، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌داری است.**

برای هر صفت و برای هر سال، میانگین‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد آزمون توکی، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

بروز آن نقش مهمی دارد (El-Tanany *et al*., 2011; Li and Jiezhong, 2017). به این ترتیب، اثر مثبت تیمار پتاسیم می‌تواند مطابق با آنچه که در نتایج پژوهش‌های انجام‌شده با ارقام واشنگتن‌ناول (Abd El-Rahman *et al*., 2012) و والنسیا (Cronje *et al*., 2014) آمده است، ناشی از نقش پتاسیم در تحریک رشد و توسعه سلول‌های پوست میوه و افزایش ضخامت پوست میوه‌ها باشد.

درنهایت، می‌توان عنوان کرد که تغذیه تکمیلی درختان مرکبات با نمک‌های پتاسیمی در هر دو حالت اضافه‌کردن به خاک یا محلول‌پاشی تاج ضمن افزایش محتوای پتاسیمی برگ‌ها موجب تشکیل میوه‌هایی با پوست ضخیم‌تر شده و شدت ترکیدگی را کاهش داده است.

در توضیح اثر مثبت تیمار کلسیمی در کاهش ترکیدگی می‌توان به نقش این عنصر در تشکیل و استحکام‌بخشی دیواره سلولی بافت پوست میوه، اثر تنظیم‌کنندگی آن بر فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره‌های سلولی و همچنین به پیوند آن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

ادامه جدول ۴-

سال	تیمار	محتوای عصاره (درصد)	املاح جامد محلول (درجه بریکس)	اسیدهای قابل تیتراسیون (درصد)	شاخص بلوغ	تراکم سلولی گلگاه	قطر ناف
	شاهد ۱	۳۴/۶۶^{c}	۱۲/۵۷^{a}	۰/۶۳^{a}	۱۹/۹۵^{a}	۱۴۸۳۱^{a}	۴/۰۲^{a}
۱۳۹۷	شاهد ۲	۳۵/۸۳^{c}	۱۲/۵۴^{a}	۰/۶۳^{a}	۱۹/۹۰^{a}	۱۵۱۹۲^{a}	۳/۸۵^{a}
	K+Ca	۴۲/۶۳^{a}	۱۲/۵۰^{a}	۰/۶۳^{a}	۱۹/۸۴^{a}	۱۵۱۰۱^{a}	۳/۸۳^{a}
	K+B	۳۸/۲۳^{b}	۱۲/۵۲^{a}	۰/۶۳^{a}	۱۹/۸۷^{a}	۱۴۹۱۳^{a}	۴/۱۱^{a}
	Ca+B	۳۹/۸۴^{b}	۱۲/۵۷^{a}	۰/۶۳^{a}	۱۹/۹۵^{a}	۱۴۷۴۳^{a}	۳/۷۴^{a}
	K+Ca+B	۴۴/۹۶^{a}	۱۲/۵۵^{a}	۰/۶۴^{a}	۱۹/۶۰^{a}	۱۵۰۸۳^{a}	۳/۷۰^{a}
	شاهد ۱	۳۶/۴۸^{c}	۱۳/۱۹^{c}	۰/۶۵^{d}	۲۰/۲۹^{a}	۱۳۹۸۸^{a}	۳/۸۸^{a}
	شاهد ۲	۳۴/۶۴^{c}	۱۳/۲۲^{c}	۰/۶۵^{d}	۲۰/۳۴^{a}	۱۳۹۱۴^{a}	۳/۶۷^{a}
	K+Ca	۴۴/۷۳^{a}	۱۳/۴۷^{a}	۰/۶۸^{c}	۱۹/۸۰^{b}	۱۴۰۱۱^{a}	۴/۱۳^{a}
	K+B	۴۳/۰۷^{a}	۱۳/۴۰^{ab}	۰/۶۸^{c}	۱۹/۷۱^{b}	۱۴۰۶۲^{a}	۴/۰۲^{a}
	Ca+B	۴۰/۵۷^{b}	۱۳/۳۶^{b}	۰/۷۰^{b}	۱۹/۰۸^{c}	۱۳۹۴۳^{a}	۴/۱۶^{a}
	K+Ca+B	۴۷/۸۰^{a}	۱۳/۴۹^{a}	۰/۷۲^{a}	۱۸/۷۳^{d}	۱۴۰۰۱^{a}	۳/۹۵^{a}

	محتوای عصاره (درصد)	املاح جامد محلول (درجه بریکس)	اسیدهای قابل تیتراسیون (درصد)	شاخص بلوغ	تراکم سلولی گلگاه	قطر ناف
تکرار (داخل سال)	**	ns	**	*	*	ns
سال	**	**	**	**	ns	ns
تیمار	**	**	**	**	ns	ns
سال × تیمار	**	**	**	**	ns	ns
ضریب تغییرات	۱۰/۰۲	۶/۳۷	۹/۸۳	۸/۷۰	۱۱/۴۸	۸/۵۶

***، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌داری است.**

برای هر صفت و برای هر سال، میانگین‌های دارای حروف مشابه، از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد آزمون توکی، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

با پکتین دیواره سولی که منجر به تولید پلی‌مرهای مقاوم در برابر آنزیم‌های تجزیه‌کننده پکتین و درنهایت، افزایش تحمل پوست در برابر فشارهای داخلی حاصل از رشد گوشت می‌شود اشاره کرد (El-Tanany *et al*., 2011; Cronje *et al*.,). گزارش‌های موجود نشان می‌دهند که در شرایط کمبود کلسیم، ترک‌ها و حفراتی در دیواره سلولی ایجاد شده و نشت یون‌های نمکی به بیرون از سلول اتفاق می‌افتد. کلسیم همچنین به جذب عناصری مانند فسفر، منگنز، آهن، روی و بور کمک کرده و همین موضوع می‌تواند سبب کاهش عوارض فیزیولوژی از جمله ترکیدگی شود (El-Tanany *et al*., 2011). از آنجایی‌که انتقال کلسیم به نقاط رشدی و از جمله میوه‌ها بسیار بطئی و متأثر از تبخیر و تعرق گیاه است، به محلول‌پاشی این عنصر به‌عنوان راهکاری مناسب برای دستیابی به اثرات مثبت کلسیم در کاهش شدت ترکیدگی اشاره شده است

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

(Cronje *et al*., 2014). بررسی‌های انجام‌شده با محصول انار نشان داده است که تیمار محلول‌پاشی برگی کلرید کلسیم موجب افزایش سفتی بافت میوه در میوه‌های انباری در مقایسه با شاهد شده است (Ramezanian *et al*., 2010). براساس نتایج تحقیقات به عمل آمده، بخش اعظم کلسیم نفوذیافته به درون بافت میوه در تیغه میانی متمرکز شده و برقرای پیوند بین کلسیم با اجزای دیواره سلولی و تیغه میانی می‌تواند سازوکار مؤثری برای افزایش سفتی بافت میوه و عمر انباری بالاتر در میوه‌های تیمارشده با محلول‌های کلسیمی باشد. از سوی دیگر، ارتباط متقابل معنی‌داری بین پکتین‌های دیواره سلولی و یون‌های کلسیمی کشف شده است. یون‌های کلسیم می‌توانند با پیوندی که با پکتین‌های دیواره سلولی ایجاد می‌کنند باعث افزایش استحکام ساختاری دیواره سلولی شوند. به این ترتیب تیمار کلسیم، سفتی بافت میوه را بیشتر می‌کند (Ramezanian *et al*., 2010).

از بررسی منابع موجود می‌توان اثر معنی‌دار محلول‌پاشی اسید بوریک را در کاهش شدت ترکیدگی میوه‌ها حاصل از نقش عنصر بور در ساخته‌شدن دیواره سلولی سلول‌های میوه، برقراری پیوند با اجزای تشکیل‌دهنده این دیواره که باعث حفظ انسجام آن می‌شود و همچنین بالابردن انعطاف‌پذیری پوست میوه‌ها دانست (Li and Jiezhong, 2017). تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که اگر چه ترکیدگی قبل از برداشت مرکبات در زمین‌هایی که کمبود بور دارند بالاست (Li and Jiezhong, 2017) اما عرضه خاکی این عنصر تأثیر زیادی بر کاهش ترکیدگی مرکبات نداشته و تنها محلول‌پاشی ترکیبات حاوی این عنصر در زمان گل‌دهی و اوایل نمو میوه نقش مؤثری بر کاهش ترک‌خوردگی داشته است. نتایج فوق با این موضوع که لازمه استحکام فیزیکی و تأمین ضخامت مناسب پوست میوه مرکبات حضور غلظت بهینه‌ای از عناصر کلیدی شامل پتاسیم، کلسیم و بور در محیط رشد ریشه‌هاست انطباق دارد.

مقایسه میانگین‌های دو ساله نشان داد که شدت ترکیدگی درختان آزمایشی در سال اول (۱۳/۱۲ درصد) بیشتر از سال دوم (۱۰/۹۸ درصد) بود. این موضوع به خوبی با بیشتربودن عملکرد متوسط درختان در سال اول نسبت به سال دوم و همچنین شدیدتربودن تنش رطوبتی وارد شده به میوه‌ها در اواخر بهار و اوایل تابستان (جدول ۲) قابل توضیح است. به عبارت دیگر، باردهی بیشتر درختان در سال اول باعث گردیده تا سهم هر یک از میوه‌ها به‌عنوان مراکز مصرف مواد حیاتی درخت از این ترکیبات کمتر شده و رشد و توسعه پوست به خوبی سال دوم انجام نگیرد. از طرف دیگر، کاهش شدید بارش‌ها در اواخر تابستان و شدت‌گرفتن یکباره بارش‌ها بعد از تنش خشکی وارد شده به درختان در سال اول عامل دیگری برای افزایش بیشتر شدت ترک‌خوردگی میوه‌ها در سال اول در مقایسه با سال دوم بود.

فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز: نتایج حاکی از آن بود که هیچکدام از اثرات ساده و همچنین اثرات متقابل سال و محلول‌پاشی برگی بر میزان فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز در بافت میوه در زمان اوج ترکیدگی میوه‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۴). ثابت شده است که ترکیدگی قبل از برداشت میوه مرکبات فرآیندی وابسته به ویژگی‌های نموی میوه بوده و لذا رابطه نزدیکی بین الگوی طبیعی رشدونمو سلول‌های میوه و احتمال بروز ترکیدگی آن‌ها وجود دارد (Cronje *et al*., 2014). به عبارت دیگر، ترک‌خوردن میوه مرکبات اگر چه تحت‌تأثیر عوامل تعیین‌کننده ساختار سلولی و استحکام بافت پوست میوه قرار دارد، اما می‌تواند متأثر از فعالیت آنزیم‌هایی مانند پلی‌گالاکتوروناز که در تجزیه دیواره سلولی نقش دارند نیز باشد (Li and Jiezhong, 2017). یافته‌های تحقیق حاضر به خوبی نشان داد که شدت فعالیت این آنزیم که تجزیه‌کننده دیواره سلولی محسوب شده و افزایش فعالیت آن می‌تواند زمینه‌ساز ترکیدگی قبل از برداشت باشد، تحت‌تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای قرار نگرفته است. به عبارت دیگر، نقش که تیمارهای تغذیه‌ای در کاهش درصد میوه‌های ترک خورده داشته‌اند تنها می‌تواند با تأثیر آن‌ها بر افزایش استحکام بافت پوست میوه تفسیر شود.

عملکرد: عملکرد درخت نارنگی 'پیج' بطور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد تحت‌تأثیر اثرات ساده و اثرات متقابل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

سال و محلول‌پاشی برگی قرار گرفت (جدول ۴). مقایسه میانگین نشان داد که در هر دو سال، عملکرد درختان شاهد پایین‌تر از سایرین بوده و به عبارت دیگر، همه تیمارها باعث افزایش معنی‌دار مقدار میوه تولیدی شدند (جدول ۴).

نتایج بدست آمده از نظر مقدار عملکرد در هر دو سال اجرای این تحقیق به‌ویژه در مورد نیترات پتاسیم با تحقیقات قبلی مطابقت بسیار خوبی دارد و می‌تواند نقش کلیدی عناصر بکار رفته بویژه پتاسیم را در افزایش عملکرد نشان دهد. در پژوهش انجام‌گرفته با درختان پرتقال رقم واشنگتن‌ناول معلوم شد که اثر افزایشی تیمار محلول‌پاشی برگی نیترات پتاسیم در عملکرد با افزایش غلظت این ترکیب از ۲ به ۶ درصد بیشتر شده است (Abd El-Rahman *et al*., 2012). نتایج یک پژوهش دیگر نیز نشان داد که تیمارهای ترکیبی از سه عنصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در درختان پرتقال رقم واشنگتن‌ناول اثر معنی‌داری بر افزایش محصول تولیدی داشته است (El-Tanany *et al*., 2011).

وزن میوه: نتایج حاکی از آن بود که اثرات ساده و اثرات متقابل سال و محلول‌پاشی برگی در سطح احتمال یک درصد بر وزن میوه معنی‌دار بود (جدول ۴). تیمارهای محلول‌پاشی برگی بطور معنی‌داری توانست وزن میوه نارنگی 'پیج' را در مقایسه با دو تیمار شاهد افزایش دهد (جدول ۴). افزایش وزن میوه‌ها می‌تواند با نقش‌های سه عنصر محلول‌پاشی‌شده در تقسیم سلولی، توسعه دیواره‌های سلولی و همچنین در افزایش محتوای پکتات موجود در بافت میوه توضیح داده شود (خلج و همکاران، ۱۳۹۳). کلسیم با اثرات مثبتی که در فرآیندهای تقسیم و رشد سلولی دارد (El-Tanany *et al*., 2011; Cronje *et al*., 2014; Li and Jiezhong, 2017) و نقشی که پتاسیم در رشد و تقسیم سلول‌های گوشت و پوست بازی کرده و می‌تواند با کمک به حفظ آماس سلولی و تنظیم فشار اسمزی موجب افزایش سرعت رشد میوه‌ها شود و همچنین عنصر بور با اثری که در افزایش سرعت تقسیمات سلولی بازی می‌کند (Barker and Pilbeam, 2015) توانسته‌اند در مقایسه با درختان شاهد موجب افزایش رشد میوه‌ها و تولید میوه‌هایی سنگین‌تر شوند.

ضخامت پوست میوه: ضخامت پوست میوه نارنگی 'پیج' بطور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد تحت‌تأثیر اثرات ساده و اثرات متقابل سال و محلول‌پاشی برگی قرار گرفت (جدول ۴). مشخص شد که در هر دو سال تمامی تیمارهای محلول‌پاشی برگی در مقایسه با تیمارهای شاهد توانستند ضخامت پوست را افزایش دهند (جدول ۴).

در بین عناصر معدنی، کلسیم، پتاسیم و بور در گروه عناصر کلیدی مؤثر بر ضخامت و مقاومت فیزیکی پوست میوه بوده و اثر مهمی در تعیین استعداد ترکیدگی قبل از برداشت دارند. بالابودن غلظت پتاسیم موجب تولید میوه‌هایی با پوست ضخیم و صاف‌شده و کمبود آن باعث تولید میوه‌هایی با پوست نازک و نرم می‌شود که احتمال ترکیدگی بیشتری خواهند داشت (Barker and Pilbeam, 2015; Li and Jiezhong, 2017). بررسی انجام‌گرفته توسط Li و Jiezhon (۲۰۱۷) نشان داد که تغذیه پتاسیمی مرکبات در مراحل ابتدایی رشد میوه‌ها با کمک به نمو پوست میوه موجب افزایش ضخامت و استحکام فیزیکی پوست شده و درصد ترکیدگی میوه‌ها را کاهش داده است. این در حالی است که در مورد تأثیر بور در ضخامت پوست میوه مرکبات گزارش‌های ضد و نقیضی وجود دارد (Li and Jiezhong, 2017). در شرایط کمبود کلسیم، نمو تیغه میانی و دیواره سلولی در پوست میوه‌ها وضعیت مطلوبی نداشته و منجر به افزایش ضخامت و کاهش انعطاف‌پذیری پوست می‌شود که مستعد ترکیدگی خواهد بود (El-Tanany *et al*., 2011; Cronje *et al*., 2014).

محتوای عصاره: براساس جدول ۴ مشخص شد که اثرات ساده و اثرات متقابل سال و محلول‌پاشی برگی در سطح احتمال یک درصد بر محتوای عصاره معنی‌دار بود. مقایسات میانگین حاکی از آن بود که در هر دو سال آزمایشی، تمامی تیمارهای محلول‌پاشی در مقایسه با تیمارهای شاهد باعث افزایش محتوای عصاره شدند (جدول ۴). بررسی کارهای قبلی نشان می‌دهد که در پرتقال رقم واشنگتن‌ناول، محلول‌پاشی تاج با ترکیبی از محلول‌های کودی حاوی پتاسیم، کلسیم و منیزیم موجب افزایش درصد عصاره میوه‌ها در مقایسه با شاهد شده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

بود (El-Tanany *et al.*, 2011). گزارشی که توسط Yfran و همکاران (۲۰۱۷) با نارنگی رقم نوآ انجام شد نشان داد که محلول‌پاشی این درختان با سه عنصر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در سه زمان قبل از گل‌دهی، هنگام ریزش ۹۰ درصد گلبرگ‌ها و ۴۰ روز بعد از تاریخ دوم موجب افزایش معنی‌دار محتوای عصاره میوه‌ها در مقایسه با شاهد شد که با نتایج بررسی حاضر مطابقت دارد.

املاح جامد محلول: میزان املاح جامد محلول میوه نارنگی 'پیج' بطور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد تحت‌تأثیر اثرات ساده و اثرات متقابل سال و محلول‌پاشی برگی قرار گرفت (جدول ۴). مقایسات میانگین حاکی از آن بود که در سال اول میزان املاح جامد محلول میوه برای همه تیمارها یکسان بود و محلول‌پاشی با عناصر معدنی نتوانست موجب تغییر معنی‌داری از این نظر نسبت به درختان شاهد شود (جدول ۴). این در حالی بود که در سال دوم تمامی تیمارهای محلول‌پاشی توانستند میزان املاح جامد محلول میوه را در مقایسه با تیمارهای شاهد بطور معنی‌داری افزایش دهند. در میوه‌های فرازگرا، افزایش املاح جامد محلول میوه‌ها ناشی از تبدیل نشاسته به قندهای محلول است ولی در مورد مرکبات، هیدرولیز نشاسته نمی‌تواند دلیل افزایش املاح جامد محلول عصاره باشد، بلکه تجزیه دیواره‌های سلولی در دوره انبارداری را باید عامل اصلی افزایش شیرینی عصاره دانست (Kundu *et al.*, 2020). از جمله دلایل اثر افزایشی محلول‌پاشی درختان با عناصر غذایی در محتوای قند میوه‌ها می‌تواند اثر مثبت این ترکیبات معدنی بر افزایش فعالیت فتوسنتزی، انتقال قندها از منابع تولید به مراکز مصرف و تبدیل کمپلکس‌های کربوهیدراتی (پلی‌ساکاریدها) به قندهای ساده (گلوکز و فروکتوز) در بافت میوه‌ها باشد (Muradi and Godara, 2020). این در حالی است که در گزارش Yfran و همکاران (۲۰۱۷) نیز هیچیک از سه ترکیب معدنی پتاسیم، کلسیم و بور نتوانست بر غلظت املاح جامد محلول میوه‌های نارنگی رقم نوآ اثر معنی‌داری داشته باشند.

اسیدهای قابل تیتراسیون: مطابق جدول ۴، اثرات ساده و اثرات متقابل سال و محلول‌پاشی برگی بر میزان اسیدهای قابل تیتراسیون میوه‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. وضعیت کلی درختان آزمایشی از نظر اسیدهای قابل تیتراسیون میوه‌ها در دو سال اجرای این تحقیق شباهت زیادی به نتایج مربوط املاح جامد محلول میوه‌ها داشت و اثرگذاری تیمارها بر غلظت اسیدهای قابل تیتراسیون فقط در سال دوم معنی‌دار شد (جدول ۱). بر این اساس، تیمارهی محلول‌پاشی برگی در سال اول اثر معنی‌داری بر میزان اسیدهای قابل تیتراسیون میوه‌ها نداشتند، درحالی‌که در سال دوم تمامی تیمارهای محلول‌پاشی بویژه تیمار ترکیبی نیترات پتاسیم+نیترات کلسیم+اسید بوریک توانستند بطور معنی‌داری باعث افزایش میزان اسیدهای قابل تیتراسیون میوه‌ها شوند (جدول ۴).

نتایج سال اول با یافته‌های Yfran و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد که نشان داده‌اند محلول‌پاشی برگی با نمک‌های پتاسیم، کلسیم و بور در نارنگی رقم نوآ فاقد هر گونه تأثیر معنی‌دار بر سطح اسیدهای میوه بود. از طرف دیگرف معنی‌دار بودن اثرات تیمارها محلوپاشی بر میزان اسیدهای قابل تیتراسیون میوه‌ها را می‌توان به اثرات مثبت این ترکیبات معدنی بر افزایش فعالیت آنزیم‌های سنتزکننده اسیدهای آلی مرتبط دانست (Barker and Pilbeam, 2015).

شاخص بلوغ: الگوی مشابهی در تغییرات میزان شاخص بلوغ میوه نارنگی 'پیج' در مقایسه با تغییرات املاح جامد محلول و اسیدهای قابل تیتراسیون مشاهده شد (جدول ۴). بر این اساس، در سال اول آزمایش هیچ تیماری بر شاخص بلوغ میوه اثر معنی‌داری نداشت، اما در سال دوم تمامی تیمارهای محلول‌پاشی بطور معنی‌داری توانست شاخص بلوغ را کاهش داده و به این ترتیب بلوغ میوه را به تأخیر اندازد.

قطر ناف و تراکم سلولی پوست گلگاه: نتایج نشان داد تراکم سلولی پوست ناحیه گلگاه و همچنین قطر ناف تحت‌تأثیر اثرات ساده و نیز اثرات متقابل سال و محلول‌پاشی برگی قرار نگرفتند (جدول ۴). مشخص شده است که فرآیند توسعه پوست میوه مرکبات تنها محدود به اولین دوره از رشد میوه‌ها یعنی حدود یک ماه بعد از تشکیل میوه (اردیبهشت و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

اوایل خرداد) است. در این دوره، تقسیمات شدید سلولی در پوست باعث می‌شود تا پوست حدود سه چهارم قطر میوه را به خود اختصاص دهد. این در حالی است که در دومین مرحله رشد میوه‌ها، حجم گوشت روند افزایشی پیدا کرده و فشار قابل‌توجهی به‌دلیل همین افزایش حجم بر پوست وارد می‌آید که سبب کشیدگی و نازک‌تر شدن پوست می‌شود (Juan and Jiezhong, 2017).

بررسی‌های انجام‌گرفته نشان داده است که میزان تحمل پوست میوه در برابر فشارهای واردشده از طرف گوشت تا حدود زیادی تابع تعداد سلول‌های پوست در واحد سطح میوه است که هر چه بیشتر باشد نمو پوست تقویت شده و تحمل آن به فشارهای درونی بیشتر خواهد بود. بدیهی است که تقسیم سلولی در پوست میوه در همان مراحل اولیه نمو میوه‌ها متوقف می‌شود و لذا هر عاملی که باعث محدودشدن توسعه سلول‌های پوست شود موجب افزایش خسارت ترکیدگی خواهد شد. عدم وجود اختلاف معنی‌دار در تراکم سلولی پوست گل‌گاه در تیمارهای مختلف می‌تواند ناشی از این حقیقت باشد که در زمان اجرای تیمارهای شیمیایی، تقسیم سلولی در میوه‌های آزمایشی پایان یافته و میوه‌ها وارد فاز توسعه سلولی شده‌اند (Cronje *et al*., 2014; Li and Jiezhong, 2017). با توجه به نتایج Zur و همکاران (۲۰۱۷) که نشان دادند قطر خارجی ناف اثری در تعیین ترکیدگی میوه‌های مرکبات نداشت و تنها قطر داخلی ناف در آن اثرگذار بود، می‌توان نتایج بدست آمده در مورد معنی‌دارنشدن اثر تیمارها در اندازه ناف میوه‌ها را تفسیر کرد.

نتیجه‌گیری

از آنجایی که عارضه ترکیدگی قبل از برداشت میوه در رقم پیج به دلایل مختلف از جمله نازکی و پایین‌بودن درجه انعطاف‌پذیری پوست میوه‌ها از شدت بالایی برخوردار بوده و هر ساله باعث ضایعات زیادی می‌شود، یافتن راهکارهایی که بتواند موجب کاهش این ضایعات شده و مقدار محصول عرضه‌شده به بازار را افزایش دهد از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود. براساس یافته‌های بدست آمده از این تحقیق دوساله مشخص شد که محلول‌پاشی درختان نارنگی رقم پیج با ترکیبات نیترات پتاسیم، نیترات کلسیم و اسید بوریک در زمان پایان ریزش جودرو تأثیر معنی‌داری در بالارفتن استحکام فیزیکی و افزایش انعطاف‌پذیری پوست داشته و می‌تواند ضمن کاهش درصد میوه‌های ترک‌خورده و افزایش عملکرد درخت از میوه‌های سالم و قابل عرضه به بازار موجب بهبود صفات کمی و کیفی میوه‌ها شده و ارزش اقتصادی میوه‌های تولیدی را نیز بیشتر کند. به این ترتیب می‌توان براساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، به باغداران کشور که به تولید این رقم اشتغال دارند، توصیه کرد تا پس از پایان‌یافتن موج ریزش جودرو میوه‌ها، درختان خود را با محلول ترکیبی شامل هر سه ترکیب نیترات پتاسیم یک درصد و نیترات کلسیم یک درصد و اسید بوریک نیم درصد محلول‌پاشی نمایند تا ضمن کاهش درصد میوه‌های ترک‌خورده، محصولی با بازارپسندی بیشتر تولید کنند.

سپاس‌گزاری

از پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به خاطر فراهم آوردن منابع مالی این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

اسدی‌کنگرشاهی، ع. و اخلاقی‌امیری، ن. (۱۳۹۷) روند تغییرات غلظت کلسیم در پوست میوه و تأثیر محلول‌پاشی نیترات کلسیم بر عملکرد و کیفیت پرتقال تامسون‌ناول. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) ۳۲: ۷۲-۵۷.

بی‌نام، (۱۳۹۸) آمارنامه کشاورزی، جلد سوم. محصولات باغبانی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

حبیبی، ش.، عبادی، ع.، لادن مقدم، ع. ر. و رعیت‌پناه، س. (۱۳۹۷) بررسی تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی جیبرلیک اسید و ۵ و ۲ دی – کلروفنوکسی استیک اسید بر کاهش ترکیدگی میوه پرتقال تامسون ناول (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Thomson navel). فیزیولوژی محیطی گیاهی ۱۳: ۴۲-۲۹.

رازقی‌جدید، ر.، بخشی‌پور میاندره، ه. و عدولی، ب. (۱۳۹۱) مطالعه مورفولوژی اندام‌های زایشی سه رقم نارنگی در ارتباط با ترکیدگی قبل از برداشت میوه. فصلنامه پژوهش‌های علوم گیاهی ۷: ۲۵-۱۹.

روحی، و.، نیکبخت، ع. و هوشمند، س. ا. (۱۳۹۴) اثر محلول‌پاشی کلرید کلسیم و زمان مختلف محلول‌پاشی بر خصوصیات کمی و کیفی میوه انار رقم ملس ساوه. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۹: ۱۶۴-۱۵۸.

خلج، ک.، احمدی، ن. و سوری، م. ک. (۱۳۹۳) اثرات محلول‌پاشی کلسیم و بور بر کیفیت میوه گلابی آسیایی رقم 'KS10'. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۴: ۹۶-۸۹.

Abd El-Rahman, G. F., Hoda, M. M. and Ensherah, A. H. T. (2012) Effect of GA_3 and potassium nitrate in different dates on fruit set, yield and splitting of Washington Navel orange. Nature and Science10: 148-157.

Alikhani, M., Babakhani, B., Golein, B., Asadi, M. and Rahdari, P. (2020) Foliar application of potassium nitrate and 2,4- dichlorophenoxyacetic acid affect some fruit splitting related characteristics and biochemical traits of mandarin cv. 'page'. EurAsian Journal of BioSciences 14: 4251-4260.

Barker, A. V. and Pilbeam, D. J. (2015) Handbook of Plant Nutrition. 2nd Ed. CRC Press.

Cronje, P. J. R., Stander, O. P. J. and Theron, K. I. (2014) Fruit splitting in citrus. Horticultural Reviews 41: 177-200.

El-Tanany, M. M., Abdel Messih, M. N. and Shama, M. A. (2011) Effect of foliar application with potassium, calcium and magnesium on yield, fruit quality and mineral composition of Washington Navel orange trees. Alexandria Science Exchange Journal 32: 65-75.

FAO, (2020) http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

Ghanbarpour, E., Rezaei, M. and Lawson, S. (2019) Reduction of cracking in pomegranate fruit after foliar application of humic acid, calcium-boron and kaolin during water stress. Erwerbs Obstbau 61: 29-37.

Hardiyanto, H. and Friyanti, D. N. (2019) Application of K, Ca, and Mg on peel thickness and fruit cracking incidence of citrus. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences 87: 45-56.

Juan, L. and Jiezhong, C. (2017) Citrus fruit-cracking: Causes and occurrence. Horticultural Plant Journal 3: 255-260.

Khadivi-Khub, A. (2015) Physiological and genetic factors influencing fruit cracking. Acta Physiologiae Plantarum 37: 1718.

Khalil, H. A. and Aly, H. S. (2013) Cracking and fruit quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) as affected by pre-harvest sprays of some growth regulators and mineral nutrients. Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants 5: 71-76.

Kundu, D., Das, M., Mahle, R., Biswas, P., Karmakar, S. and Banerjee, R. (2020) Citrus fruits. In: Valorization of Fruit Processing By-products (ed. Galanakis, C. M.). Pp. 145-166. Academic Press, Elsevier Inc.

Li, J. and Jiezhong, C. (2017) Citrus fruit-cracking: causes and occurance. Horticultural Plant Journal 3: 255-260.

Lopez-Zaplana, A., Barzana, G., Agudelo, A. and Carvajal, M. (2020) Foliar mineral treatments for the reduction of melon (*Cucumis melo* L.) fruit cracking. Agronomy 10: 1815.

Mokhtarzadeh, Z. and Shahsavar, A. R. (2020) Effects of gibberellic acid, potassium nitrate and calcium sulfate on pomegranate fruit splitting and fruit characteristics. Agriculturae Conspectus Acientificus 85: 237-245.

Muradi, B. and Godara, A. K. (2020) Effect of foliar fertilization of boron, zinc and iron on fruit quality and leaf nutrients content of peach cv. Shan-e-Punjab. Current Journal of Applied Science and Technology 39: 43-51.

Ramezanian, A. M., Rahemi, M., Maftoun, K., Bahman, S., Eshghi, M., Safizadeh, A. and Tavallali, V. (2010) The ameliorative effects of spermidine and calcium chloride on chilling injury in pomegranate fruits after long-term storage. Fruits 65: 169-178.

Sheikh, M. K. and Manjula, N. (2012) Effect of chemicals on control of fruit cracking in pomegranate (*Punica granatum* L.) var. Ganesh. In: II International Symposium on the Pomegranate (eds. Melgarejo, P. and Valero, D.) Pp. 133-135. Ciheam/Universidad Miguel Hernandez, Zaragoza.

Shiri, M. A., Ghasemnezhad, M., Fatahi Moghadam, J. and Ebrahimi, R. (2016) Efficiency of $CaCl_2$ spray at different fruit development stages on the fruit mineral nutrient accumulation in 'Hayward' kiwifruit. Journal of Elementology 21: 195-209.

Shiri, M. A., Ghasemnezhad, M., Bakhshi, D. and Saadatian, M. (2011) Effect of ascorbic acid on phenolic compounds and antioxidant activity of packaged fresh cut table grape. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry 10: 2506-2515.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

Singh, A., Shukla, A. K. and Meghwal, P. R. (2020) Fruit cracking in pomegranate: Extent, cause, and management. A review. International Journal of Fruit Science 20: S1234-S1253.

Waling, I., Van Vark, W., Houba, V. J. G. and Van der lee, J. J. (1989) Soil and plant analysis, a series of syllabi part 7. Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University.

Wang, Y., Guo, L., Zhao, X., Zhao, Y., Hao, Z., Luo, H. and Yuan, Z. (2021) Advances in mechanisms and omics pertaining to fruit cracking in horticultural plants. Agronomy 11: 1045.

Winkler, A. and Knoche, M. (2019) Calcium and the physiology of sweet cherries: A review. Scientia Horticulturae 245: 107-115.

Yfran, M. M., Chabbal, M. D., Piccoli, A. B., Gimenez, L. H., Rodriguez, V. A. and Martinez, G. C. (2017) Foliar fertilization with potassium, calcium and boron. Incidence on nutrition and quality of fruits in 'Nova' mandarin. Cultivos Tropicales 38: 22-29.

Zhang, J., Bruton, B. D. and Biles, C. L. (1999) Purification and characterisation of a prominent polygalacturonase isozyme produced by *Phomopsis cucurbitae* in decayed muskmelon fruit. Mycological Research 103: 21-27.

Zur, N., Shlizerman, L., Ben-Ari, G. and Sadka. A. (2017) Use of magnetic resonance imaging (MRI) to study and predict fruit splitting in citrus. Horticulture Journal 86: 151-158.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]

Effect of foliar application of some nutrient elements on traits related to fruit splitting of Page mandarin

Babak Adouli, Mohammad Ali Shiri* and Somayyeh Shahnazari

Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Horticulture Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran
(Received: 30/10/2021, Accepted: 11/01/2022)

Abstract

Preharvest fruit splitting disorder causes significant damage to producers of sensitive citrus cultivars, therefore, proper management of tree nutrition with key elements reduces the probability of the occurrence of this disorder and can be effective in reducing fruit splitting. Accordingly, to investigate the effects of foliar application of 1% potassium nitrate, 1% calcium nitrate and 0.5% boric acid in combination with each other at the end of June to reduce the intensity of fruit splitting and some traits of Page mandarin fruit, a two-year experiment was done in 2018 and 2019. This study was performed according to a combined analysis in time with two factors including years of experimentation and different treatments of foliar application of nutrients, based on randomized complete block design with three replications. The results showed that foliar application caused a change in the amount of calcium, potassium and boron in the leaves and fruits of Page mandarin. Moreover, it was found that these treatments, especially the combined treatment of three elements, reduced the intensity of preharvest fruit splitting and increased the yield and improved the quantitative and qualitative traits of the fruit, whereas had no significant effect on the activity of the polygalacturonase enzyme, cell density of blossom-end and navel diameter. Overall, foliar application of nutrients including the combined treatment of potassium nitrate, calcium nitrate and boric acid, can be introduced as an effective approach to control preharvest fruit splitting and increase the quantity and quality of Page mandarin fruit.

Keywords: June drop, Maturity index, Nutrient elements, Citrus, Fruit weight

Corresponding author, Email: ma.shiri64@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.48.8.9]