Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 53, No 2, Summer 2022 (333-340)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.314431.1878

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۱ (ص ۳۴۰-۳۳۳)

نشریه پژوهشی:

اثر تغذیه برگی نارنگی 'پیج' بر ترکیدگی قبل از برداشت میوه، فعالیت پلی‌گالاکتوروناز و صفات عملکردی

بابک عدولی[1*]، بیژن مرادی[2] و مرتضی گل محمدی[3]
۱، ۲ و ۳. استادیار پژوهشی، مربی پژوهشی و دانشیار پژوهشی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۳ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۲۳)

چکیده

ترکیدگی قبل از برداشت میوه مرکبات، عارضه‌ای فیزیولوژیک است که هر ساله در رقم های حساس مانند نارنگی 'پیج' باعث کاهش محصول قابل عرضه به بازار و افزایش آلودگی‌های قارچی میوه در باغ و انبار می‌شود. با توجه به نقشی که سه عنصر پتاسیم، کلسیم و بُر می‌توانند در استحکام پوست میوه مرکبات داشته باشند، تحقیقی به منظور تعیین اثرات یک بار محلول‌پاشی برگی درختان نارنگی رقم پیج با نسبت‌های مختلفی از سه ترکیب معدنی نیترات پتاسیم (۱ درصد)، نیترات کلسیم (۱ درصد) و اسید بوریک (۰/۵ درصد) در پایان ریزش جودرو روی شدت ترکیدگی، فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز میوه و صفات عملکردی انجام شد. نتایج نشان داد تیمارها اثری بر فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز نداشت، اما درصد ترکیدگی را از حدود ۱۲/۳ درصد به ۸/۳ درصد کاهش و موجب افزایش عملکرد، وزن میوه و درصد آب میوه شدند. بر اساس یافته‌های حاصله، کمترین شدت ترکیدگی در تیمارهای ترکیبی کلسیم‌دار دیده شد. تیمارهای پتاسیم‌دار دارای بالاترین عملکرد، وزن تک میوه و محتوای آب میوه بودند. بنابراین می‌توان محلول‌پاشی برگی درختان نارنگی 'پیج' با ترکیبی از هر سه عنصر پتاسیم، کلسیم و بُر را برای کاهش درصد ترکیدگی و بهبود کمیت و کیفیت محصول به تولیدکنندگان نارنگی رقم پیج پیشنهاد کرد.

واژه‌های کلیدی: ترک‌خوردگی، تغذیه برگی، ضخامت پوست، مرکبات

Effect of foliar nutrition of 'Page' mandarin on preharvest fruit splitting, polygalacturonase activity and yield traits

Babak Adouli[1*], Bijan Moradi[2] and Morteza Golmohammadi[3]
1, 2, 3. Assistant Professor, Instructor and Associate Professor, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research, Eduacation and Extension Organization, Ramsar, Iran
(Received: Jan. 12, 2021- Accepted: Nov. 14, 2021)

ABSTRACT

Preharvest fruit splitting of citrus is a physiological disorder that every year in susceptible cultivars such as 'Page' mandarin, reduces the marketable crop and increases the fungal infection of fruits in orchard and storage. Due to the role that three elements potassium, calcium and boron can play in the strength of citrus peel, a research was performed based on randomized complete blocks design to determine the effects of single foliar application of 'Page' mandarin trees with different ratios of three minerals: potassium nitrate (1 %), calcium nitrate (1 %) and boric acid (0.5 %) at the end of June drop on severity of splitting, polygalacturonase activity and yield traits. The results showed that the treatments did not affect the activity of polygalacturonase, but reduced the splitting percent from about 12.3 % to 8.3 % and increased tree yield, fruit weight and juice percent of fruits. Based on the findings, the lowest splitting was observed in calcium-containing combined treatments. Potassium-containing treatments had the highest yield, fruit weight and juice content. Therefore, 'Page' mandarin producers can be recommended to foliar application of trees by a combination of all three elements of potassium, calcium and boron at the end of June drop to reduce the splitting percent and improve the quantity and quality of production.

Keywords: Cracking, citrus, foliar nutrition, peel thickness

* Corresponding author E-mail: adoulibabak@yahoo.com

مقدمه

ترکیدگی قبل از برداشت میوه مرکبات عارضه‌ای فیزیولوژیک و حاصل فشاری است که گوشت میوه در دوره آب‌گیری بر پوست آن وارد می‌کند. این پدیده ضمن حذف میوه از چرخه تولید، باعث گسترش پوسیدگی میوه در باغ و انبار شده و خسارت زیادی را به تولیدکننده تحمیل می‌کند. ترکیدگی میوه مرکبات اغلب از گلگاه آغاز شده و در رقم‌هایی که نسبت طول به قطر میوه پایین باشد و همچنین در میوه‌های بی‌بذر و پوست نازک بویژه اگر نافدار بوده یا گلگاه بازی داشته باشند شیوع بیشتری دارد (Mupambi, 2010; Cronje *et al*., 2013; Khadivi-Khub, 2015). بررسی این پدیده در نارنگی رقم نوآ نشان داده است که ضخامت پوست گلگاه میوه‌های ترک‌خورده کمتر از میوه‌های سالم بوده و پایین بودن انعطاف‌پذیری برون‌بر، از عوامل تعیین‌کننده شدت ترکیدگی محسوب می‌شود (Cronje *et al*., 2013).

علاوه بر ویژگی‌های ظاهری میوه، تنش آبی طولانی مدت (به‌ویژه در مراحل اولیه تشکیل میوه) نیز که طی سال‌های اخیر در کشورمان با کاهش بارش‌های بهاره و تابستانه تشدید شده است می‌تواند با تأثیر منفی بر تقسیم سلولی و رشد سلول‌های پوست، احتمال ترکیدگی را افزایش دهد (Wol *et al*., 2005; Khadivi-Khub, 2015). در کنار این عوامل، کمبود عناصری که در ساخت و استحکام دیواره‌های سلولی پوست میوه نقش دارند به‌ویژه کلسیم، پتاسیم و بُر می‌تواند درصد میوه‌های ترک‌خورده را بیشتر کند (Lu & Lin, 2011; Stander, 2013; Adouli & Tajvar, 2020). در شرایط کمبود پتاسیم، ضخامت پوست کاهش و مقاومت ساختاری آن به فشار حاصل از رشد بخش گوشتی پایین می‌آید. این کمبود همچنین موجب تشکیل رسوب فسفات کلسیم در پوست میوه شده و سهم کلسیم را در ساخت دیواره سلولی و تیغه میانی کاهش می‌دهد که باعث پایین آمدن استحکام فیزیکی پوست می‌شود (Sdoodee & Chiarawipa, 2005; Khehra & Ball, 2012; Stander, 2013; Sing, 2016). کمبود بُر نیز می‌تواند به دلیل نقشی که در تقسیم سلولی، نمو دیواره سلولی، توسعه آوندهای آبکشی، انتقال قندها، سوخت و ساز نیتروژن و فسفر و همچنین جذب نمک‌ها دارد، تأثیر معنی‌داری بر افزایش درصد میوه‌های ترک‌خورده داشته باشد (Sing, 2016). از آنجایی که ترکیدگی قبل از برداشت حاصل فرآیندهای بیوشیمیایی متعددی بوده و گروهی از واکنش‌های آنزیمی مربوط به انحلال تیغه میانی و دیواره سلولی پوست را شامل می‌شود، درنظر گرفتن عوامل مؤثر بر فعالیت این آنزیم‌ها نیز می‌تواند جنبه مهم دیگری از بررسی این عارضه فیزیولوژیک باشد. پلی‌گالاکتوروناز یکی از شاخص‌ترین آنزیم‌های دخیل در ترکیدگی میوه مرکبات است که با تخریب دیواره سلولی سلول‌های پوست موجب کاهش تحمل آن به فشارهای حاصل از افزایش حجم گوشت شده و احتمال ترکیدگی را افزایش می‌دهد (Moctezuma *et al.*, 2003). این موضوع پیش از این نیز توسط Lu & Lin (2011) اشاره شده و فعالیت این آنزیم را در میوه‌های ترک‌خورده مرکبات حدود ۱۳۱ درصد بیشتر از میوه‌های سالم گزارش کرده‌اند.

با توجه به نقش کلیدی سه عنصر پتاسیم، کلسیم و بُر در باردهی و استحکام فیزیکی پوست میوه که می‌تواند درصد میوه‌های ترک خورده را تحت تأثیر قرار دهد، در تحقیق حاضر، تأثیر تغذیه برگی نارنگی زودرس رقم پیج در مراحل ابتدایی نمو میوه‌ها با ترکیبات مختلفی از سه محلول نیترات پتاسیم ۱ درصد، نیترات کلسیم ۱ درصد و اسید بوریک ۰/۵ درصد بر شدت ترکیدگی قبل از برداشت و صفات عملکردی تعیین شده و رابطه فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز بافت میوه با تیمارهای مذکور مورد تحقیق قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار دو درختی در سال ۱۳۹۸ روی درختان ۱۵ ساله نارنگی 'پیج' (*Citrus reticulata* cv. Page) پیوندی روی پایه سیترومِلو (*Poncirus trifoliata* × *Citrus paradisi* cv. Duncan) در محل پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری واقع در شهرستان رامسر (۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی) با ارتفاع ۲۱- متر از سطح دریا انجام شد. درختان آزمایشی در ردیف‌های شمالی جنوبی با فاصله ردیف ۸ متر و فاصله روی ردیف برابر با ۴ متر

مستقر بوده و از نظر مشخصات رشدی و مراقبت‌های باغداری وضعیت مشابهی داشتند. در پایان ریزش جودرو هفت تیمار محلول‌پاشی برگی شامل نیترات پتاسیم ۱ درصد؛ نیترات کلسیم ۱درصد ؛ اسید بوریک ۰/۵ درصد؛ نیترات پتاسیم ۱ درصد+ نیترات کلسیم ۱ درصد؛ نیترات پتاسیم ۱ درصد+ اسید بوریک ۰/۵ درصد؛ نیترات کلسیم ۱ درصد+ اسید بوریک ۰/۵ درصد و نیترات پتاسیم ۱ درصد + نیترات کلسیم ۱ درصد + اسید بوریک ۰/۵ درصد در هر یک از بلوک‌ها اجرا شد و از درختان محلول‌پاشی نشده و آب‌پاشی شده در پایان ریزش جودرو به عنوان دو شاهد استفاده شد. ویژگی‌های بررسی شده در واحدهای آزمایشی شامل درصد میوه‌های ترک خورده، فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز در بافت پوست گلگاه میوه، عملکرد، ضخامت پوست، وزن تک میوه و درصد عصاره بود. برای محاسبه درصد ترکیدگی میوه‌های هر درخت، تعداد کل میوه‌های ترک‌خورده که از اواسط تابستان تا زمان برداشت شمارش شده بود به صورت درصدی از کل میوه‌های درخت گزارش شد. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز در پوست ناحیه گلگاه میوه در زمان یک ماه بعد از شروع ترکیدگی مطابق روش Faize *et al.* (2003) انجام شد. در این روش از محلول‌های بورات و استات به عنوان بافر و از دی‌گالاکتورونیک اسید و پلی‌گالاکتورونیک اسید به ترتیب به عنوان محلول‌های استاندارد و سوبسترا استفاده شد. قرائت جذب نوری در طول موج ۲۷۴ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر Shimadzu مدل UV-1800 ساخت کشور ژاپن انجام گرفت و غلظت آنزیم با واحد میکروگرم در هر دقیقه برای هر گرم وزن تر نمونه گزارش شد. برای تعیین صفات عملکردی، نمونه‌ای تصادفی به حجم ۲۵ میوه از چهار جهت تاج برداشت گردید. ضخامت پوست ناحیه گلگاه با استفاده از کولیس دیجیتال (مدل Guanglu ساخت کشور تایوان) اندازه‌گیری شد. وزن میوه و درصد عصاره با توزین میوه قبل و بعد از آب‌گیری توسط ترازوی دیجیتال (مدل Sartorius, GM-6101 ساخت کشور آلمان) با دقت ۰/۰۱ گرم تعیین شد. تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS (نسخه 9.1) و مقایسه میانگین تیمارها برای هر صفت با آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارها بر شدت ترکیدگی قبل از برداشت و همچنین مقدار محصول و صفات عملکردی معنی‌دار بوده ولی فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز بافت میوه تحت تأثیر تیمار قرار نگرفته است (جدول ۱).

ترکیدگی میوه

دو گروه شاهد با ۱۲/۲۹ و ۱۱/۸۶ درصد ترک‌خوردگی بالاترین شدت ترکیدگی قبل از برداشت را داشته و کمترین درصد میوه‌های ترک خورده در تیمارهای K+Ca و K+Ca+B به ترتیب با ۹/۳۱ درصد و ۸/۳۶ درصد دیده شد (شکل ۱). اطلاعات به دست آمده نشان داد که ترکیب شدن اسید بوریک با هر یک از دو محلول نیترات کلسیم یا نیترات پتاسیم، اگرچه شدت ترکیدگی را به سطح دو تیمار برتر (K+Ca و K+Ca+B) رسانده است، اما تفاوت معنی‌داری نیز با تیمارهای تک‌عنصری نداشته است. در مجموع، موفقیت تیمارهای ترکیبی از نظر کاهش شدت ترکیدگی بهتر از تیمارهای تک عنصری بوده و در این میان، ترکیب دو عنصر پتاسیم و کلسیم بهترین وضعیت را داشته و اضافه‌شدن اسیدبوریک به این ترکیب تأثیری بر کاهش ترکیدگی نداشته است.

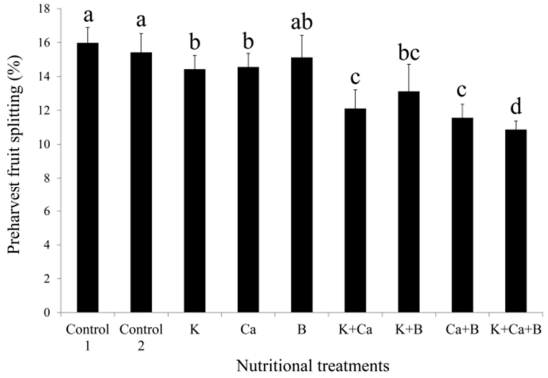
جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر تغذیه برگی بر ترکیدگی قبل از برداشت میوه، فعالیت پلی‌گالاکتوروناز و صفات عملکردی نارنگی ’پیج‘.

Table 1. Results of variance analysis effect of foliar nutrition on preharvest fruit splitting, polygalacturonase activity and yield traits of ‘Page’ mandarin.

Source of variation	d.f.	Means of squares				
		Splitting intensity	Polygalacturonase activity	Yield	Fruit weight	Fruit juiciness
Block	2	48.442^{ns}	0.168^{ns}	3509.712^{ns}	11.66^{ns}	0.453^{ns}
Foliar nutrition	8	292.682**	0.34^{ns}	3753.6**	195.864**	6.106**
Error	16	85.665	0.024	753.713	48.475	4.793
Total	26					
C.V. (%)	-	9.03	4.21	14.62	8.76	7.13

ns و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

ns, **: Non-significantly difference and significantly difference at 1 % of probability level, respectively.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر تغذیه برگی بر درصد ترک‌خوردگی قبل از برداشت میوه نارنگی رقم پیج.

Figure 1. Mean comparison effect of foliar nutrition on percent of preharvest fruit splitting of 'Page' mandarin.

کنترل عارضه ترکیدگی قبل از برداشت با استفاده از تغذیه برگی، پیش از این در برخی ارقام مرکبات مانند مورکات، والنسیا و ارقام نافدار گزارش شده است (Cronje *et al*., 2013). تأثیر مثبت تیمارهای پتاسیمی در تحقیق حاضر با گزارش Li & Jiezhong (2017) از محلول‌پاشی با غلظت‌های دو تا پنج درصد نیترات پتاسیم در زمان پایان ریزش جودرو هماهنگی دارد. در تعدادی از ارقام نارنگی نتایج مشابهی از کاهش شدت ترکیدگی با تیمارهای کلسیمی گزارش شده است که می‌تواند به دخالت این عنصر در تشکیل و استحکام‌بخشی به دیواره‌های سلولی پوست و برقراری پیوند با پکتین دیواره سلولی که سبب شکل‌گیری پلیمرهای مقاوم به آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلولی و کاهش قابلیت ترکیدگی پوست می‌شود مربوط باشد (El-Tanany *et al*., 2011; Cronje *et al*., 2013; Li & Jiezhong, 2017). از طرف دیگر، یون‌های کلسیم ممکن است با کمک به جذب فسفر، منگنز، آهن، روی و بُر نقش خود را در کاهش عوارض فیزیولوژیک از جمله ترکیدگی ایفا نمایند (El-Tanany *et al*., 2011; Cronje *et al*., 2013). بی‌تردید، حرکت بطئی کلسیم به نقاط رشدی از جمله میوه‌ها و متأثر بودن آن از تبخیر و تعرق می‌تواند دلیل خوبی برای اثرگذاری بیشتر محلول‌پاشی برگی کلسیم نسبت به تیمارهای خاکی آن در کاهش ترکیدگی باشد (Cronje *et al*., 2013).

تأثیر مثبت اسید بوریک در کاهش شدت ترکیدگی نارنگی 'پیج' ضمن انطباق خوبی که با نتایج گزارش شده از محلول‌پاشی برگی نارنگی رقم نوآ با بُراکس یک درصد یا اسید بوریک ۰/۳ تا ۰/۵ درصد دارد، می‌تواند به دخالت این عنصر در ساخت دیواره سلولی و پیوندی که با اجزای این دیواره دارد مربوط باشد (Li & Jiezhong, 2017). بیشتر بودن اثر تیمار ترکیبی نیترات کلسیم و اسید بوریک در کاهش درصد میوه‌های ترک‌خورده در مقایسه با محلول‌پاشی برگی هر یک از آن دو عنصر نیز با یافته Cronje *et al*. (2013) مبنی بر تشکیل کمپلکسی پایدار از این دو عنصر در تیغه میانی سلول‌های پوست و همچنین با نتایج حاصل از تیمارهای ترکیبی کلرید کلسیم ۱ درصد و اسید بوریک ۱ درصد در نارنگی رقم شوگام و همچنین اسید بوریک ۱/۵ درصد و نیترات کلسیم ۲ درصد در نارنگی رقم فورچون منطبق و هماهنگ است (Cronje *et al*., 2013).

فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز

تیمارهای شیمیایی اثر معنی‌داری بر شدت فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز بافت میوه در زمان اوج ترکیدگی نداشته‌اند و بهبود وضعیت تغذیه‌ای درخت از حیث سه عنصر موردنظر نتوانست موجب تغییری در فعالیت این آنزیم شود. ثابت شده است که ترکیدگی قبل از برداشت میوه مرکبات فرآیندی وابسته به ویژگی‌های نموی میوه بوده و از اینرو، رابطه‌ای نزدیک بین احتمال ترکیدگی میوه‌ها با الگوی رشد و نموی سلول‌های میوه وجود دارد (Cronje *et al*., 2013). این الگو اگرچه تحت تأثیر عوامل تعیین‌کننده ساختار سلولی و میزان استحکام بافت

پوست میوه قرار دارد، می‌تواند متأثر از شدت فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده و از جمله پلی‌گالاکتوروناز نیز قرار داشته باشد (Li & 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، تحت تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای قرار نمی‌گیرد. به عبارت دیگر، نقش کاهشی تیمارهای استفاده شده در ترکیدگی قبل از برداشت، تنها ناشی از نقش این تیمارها در استحکام‌بخشی به بافت پوست میوه بوده است.

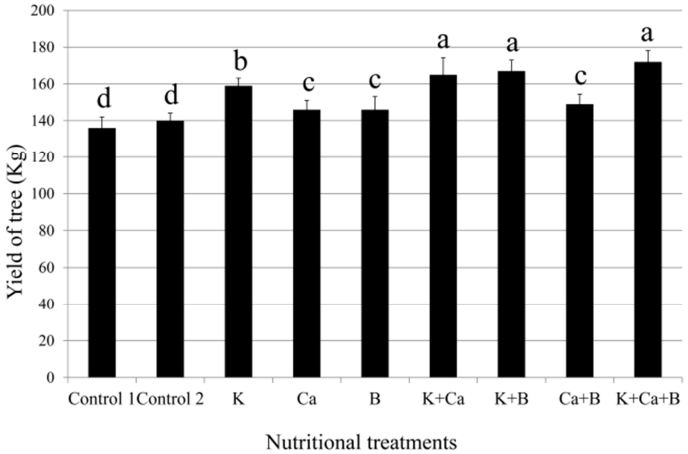
عملکرد

بر اساس نتایج به دست آمده مقدار محصول واحدهای آزمایشی برای کلیه تیمارها بیشتر از دو گروه شاهد بوده است و بالاترین عملکرد مربوط به تیمارهایی بوده است که نیترات پتاسیم را در ترکیب خود داشته‌اند (شکل ۲). این یافته با آنچه که پیش از این در پرتقال رقم واشنگتن‌ناول با تیمارهای ترکیبی از سه عنصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم گزارش شده بود هماهنگی داشته و می‌تواند تأییدکننده نقش مثبت عناصر محلول‌پاشی شده بر باردهی مرکبات باشد (Li & Jiezhong, 2017; Adouli & Tajvar, 2020). اطلاعات حاصل از رکوردگیری عملکرد همچنین می‌تواند نشان‌دهنده نقش بارز پتاسیم در باردهی مرکبات باشد که پیش از این توسط Abd El-Rahman *et al.* (2012) گزارش شده است.

وزن تک میوه

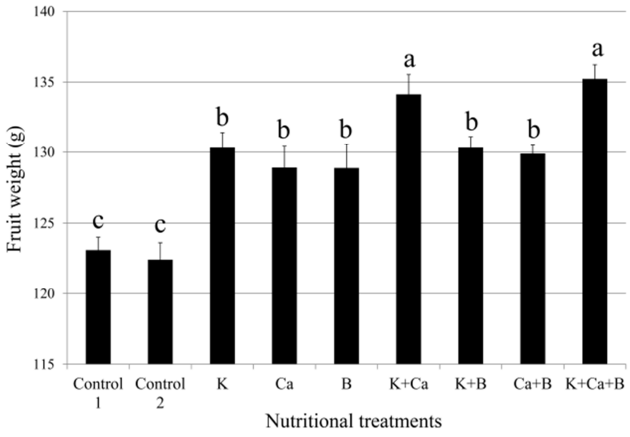
درختان شاهد سبک‌ترین میوه‌ها و دو تیمار K+Ca+B و K+Ca بیشترین وزن متوسط میوه را داشتند (شکل ۳). اثر مثبت تیمارها بر وزن میوه می‌تواند به نقش عناصر محلول‌پاشی شده در تقسیم و رشد سلولی (Cronje *et al.*, 2013) و همچنین به اثری که پتاسیم در حفظ آماس سلولی، تنظیم فشار اسمزی و افزایش سرعت رشد میوه‌ها دارد مربوط باشد (Sdoodee & Chiarawipa, 2005; Li & Jiezhong, 2017). مشابه چنین اثری در ارقام واشنگتن‌ناول (Abd El-Rahman *et al.*, 2012)، شموطی (Achilea *et al.*, 2005) و کادوکس (El-Tanany *et al.*, 2011) نیز گزارش شده و نشان داده شد که کمبود پتاسیم ضمن کاهش عملکرد می‌تواند باعث پایین آمدن وزن متوسط میوه‌های تولیدی شود.

تأثیر مثبت تیمارها در افزایش وزن میوه با گزارش‌های مربوط به محلول‌پاشی برگی ترکیبات پتاسیمی و منیزیمی در نارنگی رقم کینو (Rattanpal *et al.*, 2008) و محلول‌پاشی برگی ترکیبات پتاسیمی، کلسیمی و منیزیمی در رقم نوآ (Li & Jiezhong, 2017) انطباق داشته و نشان می‌دهد که هم‌افزایی سه عنصر پتاسیم، کلسیم و بُر در رشد و توسعه سلولی و بالا بردن انعطاف‌پذیری پوست میوه‌ها (Cronje *et al.*, 2013) عامل مهمی در بیشتر بودن وزن میوه دو تیمار K+Ca+B و K+Ca نسبت به سایر تیمارها و بیشتر بودن وزن میوه‌ها در همه تیمارهای تک عنصری و دو عنصری در مقایسه با شاهد بوده است.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر تغذیه برگی بر عملکرد درختان نارنگی رقم پیج.

Figure 2. Mean comparison effect of foliar nutrition on yield of ‘Page’ mandarin trees.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر تغذیه برگی بر وزن تر میوه نارنگی رقم پیج.

Figure 3. Mean comparison effect of foliar nutrition on fresh fruit weight of 'Page' mandarin.

ضخامت پوست میوه

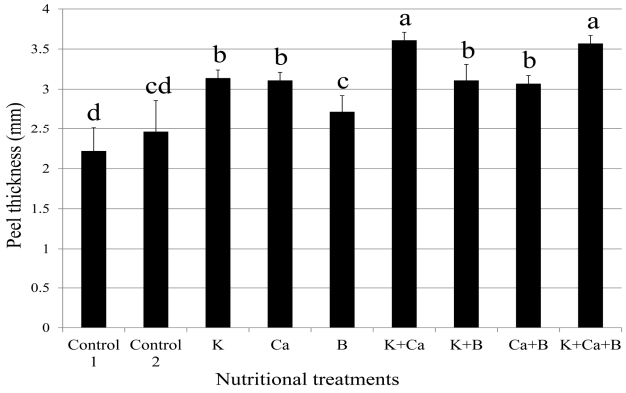
نتایج به دست آمده نشان داد که تیمارهای K+Ca+B و K+Ca بالاترین ضخامت پوست را باعث شده و در مقابل، کمترین ضخامت مربوط به درختان شاهد بوده و سایر تیمارها در بین این دو محدوده قرار داشته‌اند (شکل ۴).

بررسی گزارش‌های قبلی نشان می‌دهد که محلول‌پاشی برگی با محلول‌های پتاسیمی در مراحل ابتدایی رشد میوه اثر مثبتی بر افزایش ضخامت و استحکام فیزیکی پوست در پرتقال‌های رقم والنسیا (Cronje & Ockert, 2013) و واشنگتن‌ناول (Abd El-Rahman *et al.*, 2012) داشته و از این طریق موجب کاهش شدت ترکیدگی شده است. در مورد کلسیم نیز گزارش‌هایی از اثرات مثبت تیمارهای محلول‌پاشی برگی با ترکیبات کلسیمی بر توسعه تیغه میانی و دیواره سلولی سلول‌های پوست میوه و نقش معنی‌دار آن بر افزایش ضخامت و انعطاف‌پذیری پوست میوه وجود دارد (El-Tanany *et al.*, 2011; Cronje *et al.*, 2013). این در حالی است که در مورد تأثیر تغذیه برگی با محلول‌های حاوی عنصر بُـر در ضخامت پوست میوه مرکبات گزارش‌های ضد و نقیضی وجود دارد (Li & Jiezhong, 2017). از مجموع نتایج فوق چنین برمی‌آید که تغییرات مربوط به ضخامت پوست در تیمارهای مختلف با گزارش‌های قبلی هماهنگی داشته و می‌تواند تأیید کننده نقش مؤثر سه عنصر پتاسیم، کلسیم و بُـر در تعیین ضخامت پوست میوه می‌باشد.

درصد آب میوه

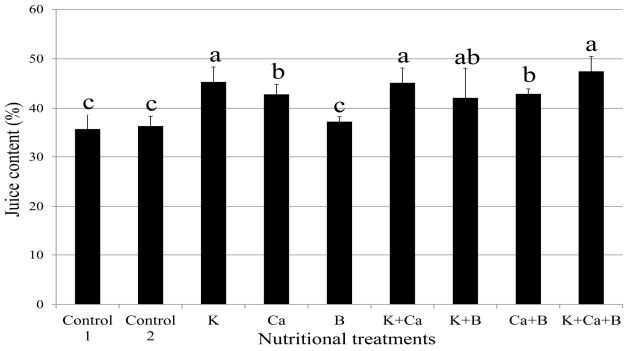
نتایج به دست آمده نشان داد که تنها تیمار اسید بوریک از نظر درصد آب میوه با درختان شاهد در یک گروه آماری قرار داشته و سایر تیمارها از این نظر بهتر از شاهد عمل کرده‌اند (شکل ۵). همچنین معلوم شد که میوه‌ها در دو تیمار Ca و Ca+B پرآب‌تر از شاهدها بوده ولی در مقایسه با سه تیمار K، K+Ca و K+Ca+B آب کمتری داشته‌اند. به این ترتیب، پرآب‌ترین میوه‌ها مربوط به درختانی بود که نیترات پتاسیم را دریافت کرده بودند.

نتایج تحقیقات قبلی در زمینه تأثیر تغذیه برگی بر درصد آب میوه مرکبات تا حدودی ضد و نقیض است. به عنوان مثال، بر اساس گزارش Gill *et al.*, (2005)، محلول‌پاشی برگی ترکیبات پتاسیمی در نارنگی رقم کینو اثری بر کمیت عصاره میوه‌ها نداشته است، ولی در نارنگی رقم بالادی، برگ‌پاشی درختان با ترکیبات پتاسیمی باعث تولید میوه‌هایی پرآب‌تر در مقایسه با شاهد گردید (Maksoud *et al.*, 2003). در نارنگی رقم نوآ نیز نشان داده شد که برگ‌پاشی ترکیبات پتاسیمی در سه مرحله قبل از گل‌دهی، پایان ریزش گلبرگ‌ها و ۴۰ روز بعد از پایان ریزش گلبرگ‌ها، میوه‌های پرآب‌تری را در مقایسه با شاهد تولید کرده است (Li & Jiezhong, 2017).



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر تغذیه برگی بر ضخامت پوست میوه نارنگی رقم پیج

Figure 4. Mean comparison effect of foliar nutrition on peel thickness of ‘Page’ mandarin.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر تغذیه برگی بر آب‌دار بودن میوه نارنگی رقم پیج.

Figure 5. Mean comparison effect of foliar nutrition on fruit juiciness of ‘Page’ mandarin.

به هر حال، اغلب گزارش‌های موجود نشان‌دهنده تأثیر مثبت تیمارهای ترکیبی عناصر معدنی بر درصد عصاره میوه‌ها بوده و با نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر هماهنگی خوبی دارد. از جمله این گزارش‌ها می‌توان به افزایش درصد عصاره میوه‌های پرتقال رقم واشنگتن‌ناول در درختان محلول‌پاشی شده با ترکیبی از سه عنصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در مقایسه با شاهد اشاره کرد (El-Tanany *et al.,* 2011).

نتیجه‌گیری کلی

سه عنصر پتاسیم، کلسیم و بُر عناصری کلیدی در باردهی مرکبات بوده و نقش مهمی در استحکام بخشیدن به بافت پوست میوه دارند. از آنجایی که بخش قابل توجهی از محصول نارنگی زودرس ‘پیج’ هر ساله به دلیل ترکیدگی قبل از برداشت از چرخه تولید خارج و زیان اقتصای زیادی متوجه تولیدکنندگان این رقم می‌شود، محلول‌پاشی برگی درختان این رقم در پایان ریزش جودرو با محلولی شامل سه ترکیب معدنی نیترات پتاسیم ۱ درصد، نیترات کلسیم ۱ درصد و اسید بوریک ۰/۵ درصد می‌تواند راهکاری مؤثر در کاهش درصد میوه‌های ترک‌خورده و تولید محصولی بیشتر از میوه‌هایی سنگین‌تر و پرآب‌تر باشد.

REFERENCES

1. Abd El-Rahman, G. F., Hoda, M. M. & Ensherah, A. H. T. (2012). Effect of GA3 and potassium nitrate in different dates on fruit set, yield and splitting of Washington Navel orange. *Nature and Scienc*e, 10 (1), 148-158.
2. Achilea, O., Soffer, Y., Raber, D., & Tamim, M. (2005). Bonus-NPK highly concentrated, enriched potassium nitrate, an optimal booster for yield and quality of citrus fruits. *Acta Horticulturae,* 594, 461-466.

3. Adouli, B. & Tajvar, Y. (2020). *Causes and controlling methods of citrus fruit splitting* (Technical handout). from icri.areeo.ac.ir (In Farsi)
4. Chiarawipa, R. & Sdoodii, S. (2005). Fruit splitting occurrence of Shogun mandarin (*Citrus reticulata* Blanco cv. Shogun) in southern Thailand and alleviation by calcium and boron sprays. *Journal of Science and Technology*, 27 (4), 719-730.
5. Cronje, P. R. & Ockert, P. J. (2013). Fruit splitting in citrus. *Horticultural Reviews*, 41,177-200.
6. El-Tanany, M. M., Abdel Messih, M. N. & 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 (1), 65-75.
7. Faize, M., Sugiyama, T. & Ishii, H. (2003). Polygalacturonase inhibiting protein from Japanese pear: Possible involvement in resistance against scab. *Physiological and Molecular Plant Pathology,* 63, 319-327.
8. Gill, P. S., Singh, S. N. & Dhatt, A. S. (2005). Effect of foliar application of K and N fertilizers on fruit quality of Kinnow mandarin. *Indian Journal of Horticulture,* 62 (3), 282-284.
9. Khadivi-Khub, A. (2015). Physiological and genetic factors influencing fruit cracking. *Acta Physiologiae Plantarum,* 37, 17-18.
10. Khehra, S. & Ball, J. S. (2012). Influence of foliar sprays on fruit cracking in lemon. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 4, 124-128.
11. Li, J. & Jiezhong, C. (2017). Citrus fruit cracking: causes and occurrence. *Horticultural Plant Journal,* 3 (6), 255-260.
12. Lu, P. L. & Lin, C. (2011). Physiology of fruit cracking in wax apple (*Syzygium samarangense*). *Journal of Plant Science,* 8, 70-76.
13. Maksoud, M. A., Saleh, M. M. S., Haggag, L. F. & Boutros, B. N. (2003). Effects of iron and potassium fertilization on Balady mandarin trees grown in calcareous soil. *Annuals of Agricultural Science*, 48 (2), 741-746.
14. Moctezuma, E., Smith D. L. & Gross, K. C. (2003). Antisense suppression of a β-galactosidase gene (TB G6) in tomato increases fruit cracking. *Journal of Experimental Botany*, 54, 2025-2033.
15. Mupambi, G. (2010). *Studies to reduce the size of the navel-end opening of navel oranges*. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, Stellenbosch University, South Africa.
16. Rattanpal, H. S., Rani, S. & Dhaliwal, H. S. (2008). Effect of potassium and 2,4-D on yield and fruit quality of Kinnow mandarin. *Environment and Ecology,* 26 (2), 709-715.
17. Sdoodee, S. & Chiarawipa, R. (2005). Fruit splitting occurrence of Shogun mandarin (*Citrus reticulata* Blanco cv. Shogun) in southern Thailand and alleviation by calcium and boron sprays. *Journal of Science and Technology*, 27, 719-730.
18. Singh, P. (2016). *Studies on the Effect of Nutrients and Soil Moisture Management to Reduce Fruit Cracking in Lemon.* M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, Punjab University, Pakistan.
19. Stander, O. P. J. (2013). *Fruit split and Fruit Size Studies on Citrus*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Stellenbosch University, South Africa.
20. Wol, S. M., Osman, A., Ahmad, S. H. & Saari, N. (2005). Peel and pulp splitting disorder in Mas banana. *Journal of Food, Agriculture and Environmen,* 3 (2), 213-217.