

Effect of combined foliar application of calcium and potassium on the shelf life and quality of Thomson Navel orange

Behzad Kaviani^{*1}, Rasoul Ansari², Sara Khayati Babaei³,
Hassan Abedini Aboksari⁴, Mohammad Hossein Ansari⁵, Hassan Akhgar⁶

1. Corresponding Author, Dept. of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. E-mail: b.kaviani@yahoo.com
2. M.Sc. Graduate, Dept. of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. E-mail: ansarirasool@gmail.com
3. M.Sc. Graduate, Dept. of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. E-mail: sara.babaie564564@gmail.com
4. Ph.D. Student, Dept. of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: hassan.abedini@yahoo.com
5. Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. E-mail: ansary330@gmail.com
6. Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. E-mail: akhgar_h@yahoo.com

Article Info

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 05.24.2021

Revised: 06.13.2021

Accepted: 07.11.2021

Keywords:

Citrus,
Foliar application,
Mineral fertilizer,
Plant nutrition,
Vitamin C

ABSTRACT

Background and Objectives: The shelf life of orange ‘Thomson Navel’ (*Citrus sinensis* var. Thomson Navel) is low. One of the important factors in maximum increase of fruit quality and its nutritional value is the presence of calcium and potassium in fruit tissue. Absorption of essential elements from the soil by the roots and their transfer to the aerial part of the plant, including entry into the fruit tissue are important challenges. Calcium deficiency in citrus fruits is possible due to reduced absorption from soils. The application of these elements in the form of foliar application solves this challenge. The aim of this study was to determine the appropriate frequency of combined treatment of calcium and potassium (one to four times), before and after harvest, on shelf life and fruit quality of Thomson Novell cultivar, including calcium, vitamin C and soluble solids (°Brix).

Materials and Methods: Treatments were without foliar application of calcium, once foliar application of calcium (in June), twice foliar application of calcium (in June and July), three times foliar application of calcium (in June, July and September), four times foliar application of calcium (in June, July, September and October), without foliar application of potassium, once foliar application of potassium (in June) and twice foliar application of potassium (in June and July), alone or in combination with a week distance and before harvesting fruits. After harvesting, all fruits were treated with 3 per 1000 calcium for 5 minutes as plunging. Fruits without foliar application of calcium and potassium were considered as controls. Calcium foliar application was performed at a constant rate of 3 per 1000 and potassium foliar application at a rate of 2 per 1000. The last stage of treatment of fruits with calcium was done after harvest and by immersion in a solution of 3 per 1000. The experiment was conducted in a completely randomized block design with three replications in Kharik village of Sari city. The fruits were stored at the temperature of 5 °C and 85% relative humidity for 3 months. Traits of length, diameter, skin diameter, weight, juice volume, decay, vitamin C, calcium, total solid soluble (TSS), titration acidity (TA) and acidity (pH) of fruits were measured after 3 months’ storage.

Results: The results showed that the most vitamin C (97.69 mg/100 ml fruit juice), fruit weight (242.20 g) and fruit juice volume (115.70 ml) were obtained in fruits treated with twice foliar application of calcium (in June and July at a rate of 3 per1000) together with twice foliar application of potassium (in June and July at a rate of 2 per1000). The highest diameter (78.92 mm) and the lowest decomposition were obtained in fruits treated with twice calcium (June and July at a rate of 3 per1000) together with once potassium (June at a rate of 2 per1000). The highest amount of fruit calcium (165.30 g/kg DW) was calculated in the treatment of 3 times foliar application of calcium (in June, July and September at a rate of 3 per1000) together with once foliar application of potassium (in June at a rate of 2 per1000).

Conclusion: In general, based on the findings of this study, foliar application of Thomson Novell cultivar through twice calcium (in June and July, at a rate of 3 per 1000) and once with potassium (in June at a rate of 2 per1000) and twice with potassium (in June and July, at a rate of 2 per1000) before harvest along with plunging into 3 per 1000 of calcium after harvest (for all oranges) is suitable for maintaining the quantity and quality of fruits during storage and this treatment is recommended.

Cite this article: Kaviani, Behzad, Ansari, Rasoul, Khayati Babaei, Sara, Abedini Aboksari, Hassan, Ansari, Mohammad Hossein, Akhgari, Hassan. 2023. Effect of combined foliar application of calcium and potassium on the shelf life and quality of Thomson Navel orange. *Journal of Plant Production Research*, 29 (4), 63-82.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JOPP.2021.19143.2827

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

اثر محلول‌پاشی توأم کلسیم و پتاسیم بر عمر انبارمانی و کیفیت میوه پرتقال رقم تامسون ناول

بهزاد کاویانی^{۱*}، رسول انصاری^۲، سارا خیاطی بابایی^۳، حسن عابدینی آبکسری^۴،
محمدحسین انصاری^۵، حسن اخگری^۶

۱. نویسنده مسئول، گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. رایانامه: b.kaviani@yahoo.com
۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. رایانامه: ansarirasool@gmail.com
۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. رایانامه: sara.babaie564564@gmail.com
۴. دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی و زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: hassan.abedini@yahoo.com
۵. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. رایانامه: ansary330@gmail.com
۶. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. رایانامه: akhgar_h@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: عمر انبارمانی پرتقال رقم تامسون ناول (<i>Citrus sinensis</i> var. Thomson Navel) نسبتاً پایین است. یکی از عوامل مهم افزایش حداکثری کیفیت میوه و ارزش غذایی آن حضور مقادیر مناسب از کلسیم و پتاسیم در بافت میوه است. جذب عناصر ضروری از خاک توسط ریشه و انتقال آن‌ها به بخش هوایی گیاه از جمله ورود به بافت میوه از چالش‌های مهم تغذیه‌ای به شمار می‌روند. کمبود کلسیم در میوه مرکبات به دلیل کاهش جذب آن از خاک‌ها محتمل است. کاربرد این عنصر به صورت محلول‌پاشی به ویژه بعد از تشکیل میوه تا حدود زیادی این چالش را مرتفع می‌کند. هدف از پژوهش حاضر، تعیین دفعات مناسب تیمار توأم کلسیم و پتاسیم (یک تا چهار بار)، قبل و بعد از برداشت میوه پرتقال رقم تامسون ناول، بر عمر انبارمانی و کیفیت آن بود.
واژه‌های کلیدی: تغذیه گیاهی، کود معدنی، محلول‌پاشی، مرکبات، ویتامین ث	مواد و روش‌ها: تیمارها شامل؛ بدون محلول‌پاشی کلسیم، یک‌بار محلول‌پاشی کلسیم (در خردادماه)، دو بار محلول‌پاشی کلسیم (در خرداد و تیرماه)، سه بار محلول‌پاشی کلسیم (در خرداد، تیر و مردادماه)، چهار بار محلول‌پاشی کلسیم (در خرداد، تیر، مرداد و شهریورماه)، بدون محلول‌پاشی پتاسیم، یک بار محلول‌پاشی پتاسیم (در خردادماه) و دو بار محلول‌پاشی پتاسیم (در خرداد و تیرماه)، به تنهایی یا با یکدیگر با فاصله یک هفته‌ای و قبل از برداشت میوه‌ها، بودند. پس از برداشت، همه میوه‌ها به صورت غوطه‌ور با کلسیم ۳ در هزار به مدت ۵ دقیقه تیمار شدند. میوه‌های بدون محلول‌پاشی با کلسیم و پتاسیم به عنوان شاهد در نظر گرفته

شدند. در همه تیمارها، محلول‌پاشی کلسیم به میزان ثابت ۳ در هزار و محلول‌پاشی پتاسیم به میزان ثابت ۲ در هزار انجام شد. آخرین مرحله تیمار میوه‌ها با کلسیم، بعد از برداشت آن‌ها و به صورت غوطه‌وری در محلول ۳ در هزار انجام گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در روستای خاریک شهرستان ساری انجام شد. میوه‌ها پس از برداشت، در دمای تقریبی ۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ درصد به مدت ۳ ماه نگهداری شدند. صفات طول، قطر، قطر پوست، وزن، حجم، پوسیدگی، ویتامین ث، کلسیم، مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) و اسیدیته میوه‌ها (pH)، پس از ۳ ماه انبارداری اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان ویتامین ث (۹۷/۶۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه)، وزن میوه (۲۴۲/۲۰ گرم) و بالاترین حجم آب میوه (۱۱۵/۷۰ میلی‌لیتر) در میوه‌های تیمار شده با دو بار محلول‌پاشی کلسیم (در خرداد و تیرماه به میزان ۳ در هزار) همراه با دو بار محلول‌پاشی پتاسیم (در خرداد و تیرماه به میزان ۲ در هزار) به دست آمد. بیش‌ترین قطر (۷۸/۹۲ میلی‌متر) و کم‌ترین پوسیدگی، در میوه‌های تیمار شده با دو بار محلول‌پاشی کلسیم (در خرداد و تیرماه به میزان ۳ در هزار) همراه با یک بار محلول‌پاشی پتاسیم (در خردادماه به میزان ۲ در هزار) به دست آمد. بیش‌ترین میزان کلسیم میوه (۱۶۵/۳۰ گرم در هر کیلوگرم وزن خشک) در تیمار سه بار محلول‌پاشی کلسیم (در خرداد، تیر و مردادماه به میزان ۳ در هزار) همراه با یک بار محلول‌پاشی پتاسیم (در خردادماه به میزان ۲ در هزار) محاسبه شد.

نتیجه‌گیری: در مجموع، بر اساس یافته‌های این پژوهش، محلول‌پاشی میوه‌های پرتقال رقم تامسون ناول طی دو مرحله با کلسیم (در خرداد و تیرماه به میزان ۳ در هزار) و یک مرحله با پتاسیم (در خردادماه به میزان ۲ در هزار) و دو مرحله با پتاسیم (در خرداد و تیرماه، هر بار به میزان ۲ در هزار) قبل از برداشت به همراه غوطه‌وری در محلول ۳ در هزار کلسیم بعد از برداشت (برای همه پرتقال‌ها) برای حفظ کمیت و کیفیت میوه‌ها طی انبارداری مناسب است و این تیمارها توصیه می‌گردند.

استناد: کاویانی، بهزاد، انصاری، رسول، خیاطی بابایی، سارا، عابدینی آبکسری، حسن، انصاری، محمدحسین، اخگری، حسن (۱۴۰۱). اثر محلول‌پاشی توأم کلسیم و پتاسیم بر عمر انبارداری و کیفیت میوه پرتقال رقم تامسون ناول. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، ۲۹ (۴)، ۸۲-۶۳.

DOI: 10.22069/JOPP.2021.19143.2827



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

پرتقال رقم تامسون ناول (*Citrus sinensis* var. Thomson Navel) یک میوه نیمه گرمسیری و از ارقام تجاری و صادراتی مهم کشور از جمله در غرب مازندران است. سطح زیر کشت مرکبات در استان مازندران بیش از ۱۲۰ هزار هکتار و تولید سالانه آن حدود ۳ میلیون تن است که حدود ۶۵ درصد آن تامسون ناول است (۱). مرکبات خاصیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی دارند و به عنوان ذخایر مهم ترکیبات فلاونوئیدی که از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی هستند؛ شناخته شده‌اند. برخی مواد مؤثره در مرکبات به ویژه ترکیبات فنلی خاصیت دارویی نیز دارند (۲).

ماندگاری میوه پرتقال رقم تامسون ناول روی درخت نسبتاً کم است و پس از رسیدن دچار کاهش کیفیت می‌شود. بخشی از تولید پرتقال برای تنظیم بازار مصرف، انبار و ذخیره می‌شود. این میوه در حین انبارمانی نیز دچار افت کیفیت می‌گردد که علت اصلی آن نابسامانی‌های فیزیولوژیک پوست در پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی است (۳). عناصر معدنی به ویژه کلسیم و پتاسیم روی رشد و نمو و کیفیت میوه مرکبات اثر قابل توجهی دارند (۴، ۵) اثر عناصر معدنی روی کیفیت میوه به نوع گونه و رقم مرکبات بستگی دارد.

کلسیم نقش قابل توجهی در ارتقای عملکرد و کیفیت میوه مرکبات دارد (۶). کلسیم فراوان‌ترین عنصر در برگ و یکی از فراوان‌ترین عناصر در میوه مرکبات است و مقدار زیادی از آن در دیواره سلولی قرار دارد. این عنصر به عنوان یک پیام‌آور ثانویه در برخی فعالیت‌های سلولی نقش دارد. از مهم‌ترین نقش‌های کلسیم می‌توان به حفظ کیفیت قبل و پس از برداشت میوه با تقویت و پایداری غشای پلاسمایی و دیواره سلولی (با اتصال به پکتات)، کاهش نرمی بافت میوه، تأخیر در رسیدن و نرم شدن میوه، کاهش آسیب‌های فیزیولوژیک، فعال‌سازی سامانه آنتی‌اکسیدانی

در زمان تنش و افزایش تحمل به انواع تنش‌ها اشاره کرد (۱، ۶، ۷، ۸، ۹). نقش کلسیم در رشد، عملکرد و کیفیت میوه مرکبات در بسیاری از مطالعات نشان داده شد (۱، ۴، ۵، ۱۰). تیمار قبل از برداشت میوه با کلسیم، میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی را تغییر داد (۱۱). کلسیم، مرحله بلوغ میوه کلمانتین را کاهش و عمر انبارمانی آن را افزایش داد (۱۲). کاربرد کلسیم باعث کاهش آسیب‌های مکانیکی در لیموترش مکزیکی و نارنگی مونترال و افزایش مدت انبارمانی شد (۹). کاربرد قبل و پس از برداشت کلسیم، پیری را در برخی گیاهان دیگر از جمله آووکادو، گوجه‌فرنگی، سیب و توت‌فرنگی به تأخیر انداخت (۱۳، ۱۴). تیمار سیب با کلسیم موجب کاهش دفع آب، کنترل فعالیت پراکسیداز و حفظ سفتی میوه شد (۱۳). کاربرد کلسیم سه بار در فصل رشد باعث ممانعت از کاهش اسید آسکوربیک، ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی گردید (۱۵). کلسیم هم‌چنین موجب افزایش مقدار اسید آسکوربیک در طول انبارداری میوه هلو شد (۱۶).

انتقال کلسیم در آوندهای چوبی به کندی انجام می‌شود و توزیع آن در بافت‌های گیاهی نامتوازن است. بنابراین، محلول‌پاشی کلسیم مقدار آن را در میوه افزایش می‌دهد. افزودن کلسیم به خاک در تنظیم ناهنجاری‌های فیزیولوژیک اثر کم‌تری نسبت به کاربرد برگی این عنصر دارد (۱۷). قابلیت دسترسی گیاهان به کلسیم به ویژه در خاک‌های اسیدی کاهش می‌یابد (۱۸). یکی از روش‌های تأمین نیازهای غذایی گیاهان به عناصر معدنی، تغذیه برگی است. در این روش، عناصر با سرعت و کارایی بالاتر جذب و انتقال می‌یابند؛ تخریب ساختمان خاک کاهش می‌یابد و آلودگی زیست‌محیطی نیز کم‌تر می‌شود (۱۹). محلول‌پاشی برگی عناصر از جمله کلسیم، کیفیت میوه را افزایش می‌دهد و فرآیندهای ملکولی، زیست-شیمیایی و فیزیولوژیک را فعال می‌کند. منبع اصلی کلسیم مورد

مواد و روش‌ها

مشخصات محل و زمان اجرای آزمایش: مرحله اول آزمایش، در بهار و تابستان در قطعه‌ای از یک باغ تجاری دو هکتاری در روستای خاریک واقع در دامنه شمالی رشته کوه البرز (طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴ دقیقه)، در فاصله ۵ کیلومتر از شهرستان ساری و متوسط بارندگی سالیانه آن ۱۲۰۰ میلی‌متر انجام شد. مرحله دوم آزمایش، پس از برداشت میوه‌ها انجام شد و بعد از اعمال تیمارهای پس از برداشت، آن‌ها به انبار منتقل شدند.

انتخاب درختان و طرح آزمایشی مورد استفاده: درختان پرتقال تامسون ناول (*Citrus sinensis* var. Thomson Navel) ۱۵ ساله و یکنواخت، بارده و عاری از آفات و بیماری‌ها با فاصله ۶ × ۶ انتخاب شدند. آزمایش روی ۹۰ اصله درخت با ۱۵ تیمار (با احتساب یک تیمار به عنوان شاهد) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار (هر تکرار شامل ۲ درخت) انجام شد.

تیمارهای قبل از برداشت: قبل از محلول‌پاشی، به‌طور تصادفی از شاخ و برگ بدون میوه همه درختان پرتقال نمونه‌برداری انجام شد و نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافتند. مقدار ازت کل نمونه‌ها با دستگاه کج‌دلال اتوماتیک، فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر، پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر و کلسیم و منیزیم با دستگاه جذب اتمی تعیین شدند. براساس محدوده مناسب عناصر غذایی و نتایج حاصل از تجزیه برگ، تیمارهای عناصر غذایی مشخص شدند. تیمارها شامل؛ بدون محلول‌پاشی کلسیم، یک بار محلول‌پاشی کلسیم در خردادماه، دو بار محلول‌پاشی کلسیم در خرداد و تیرماه، سه بار محلول‌پاشی کلسیم در خرداد، تیر و مردادماه، چهار بار محلول‌پاشی کلسیم در خرداد، تیر، مرداد و شهریورماه، بدون محلول‌پاشی پتاسیم، یک بار محلول‌پاشی پتاسیم در خردادماه و دو

استفاده، کلرید کلسیم و نترات کلسیم است (۴). انتقال کلسیم از برگ به میوه توسط آوند آبکش انجام می‌شود اما سرعت انتقال کند است (۲۰). محلول‌پاشی کلسیم در مرحله تشکیل گل و یک ماه بعد از آن، اندازه میوه، قطر میوه، مقدار اسید آسکوربیک و مواد جامد محلول در انار ملس یزدی را افزایش داد (۲۱).

پتاسیم بعد از ازت، پرمصرف‌ترین عنصر در مرکبات است. این عنصر کیفیت میوه را در برخی مرکبات افزایش داد (۲۲). از مهم‌ترین نقش‌های پتاسیم می‌توان به تنظیم تعادل یونی در سلول، تولید کربوهیدرات‌ها و انتقال آن‌ها از برگ به میوه، افزایش وزن و اندازه میوه، تنظیم ضخامت پوست میوه، بهبود کیفیت میوه، افزایش قابلیت مقاومت میوه به انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی، افزایش ماندگاری در انبار، کاهش ریزش میوه، سنتز، تجزیه و انتقال اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها، تقویت رشد، افزایش مواد جامد محلول میوه، افزایش اندازه و عملکرد میوه، افزایش مقدار اسید آسکوربیک، بهبود رنگ‌گیری میوه مرکبات، افزایش بیوماس، بارگیری و تخلیه در آوند آبکش، ذخیره قندها به صورت نشاسته طی نمو میوه با فعال‌کردن آنزیم نشاسته سینتاز، تبدیل نشاسته به قندهای ساده‌تر با فعال‌کردن آنزیم سوکروز سینتاز و بهبود اسیدیته اشاره کرد (۵، ۲۲، ۲۳، ۲۴). کاهش پتاسیم برگ موجب کاهش اندازه و عملکرد میوه در نارنگی انشو شد (۲۵). کود پتاسیم عملکرد و کیفیت میوه پرتقال و گریپ‌فروت را افزایش داد (۲۲).

گزارش‌های کمی در ارتباط با اثر توأم کلسیم و پتاسیم، قبل و بعد از برداشت روی میوه مرکبات وجود دارد. غلظت کلسیم در پوست میوه مرکبات تأثیر زیادی در زمان انبارمانی و کیفیت آن دارد. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر توأم محلول‌پاشی کلسیم و پتاسیم، قبل و بعد از برداشت، روی برخی شاخص‌های ریخت‌شناسی و گیاه-شیمیایی میوه پرتقال رقم تامسون ناول بود.

گرفته شد. میوه‌های پرتقال پس از ۳ ماه انبارمانی در دمای حدود ۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ درصد، مورد ارزیابی کمی و کیفی قرار گرفتند.

صفات اندازه‌گیری شده: میوه‌های پرتقال در دهه اول دی‌ماه از انبار خارج شدند و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات خاک و آب مازندران منتقل گردیدند. صفات؛ طول و قطر میوه، قطر پوست، وزن میوه، حجم میوه، پوسیدگی، ویتامین ث، کلسیم، مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) و اسیدیته میوه‌ها (pH)، در زمان برداشت و پس از ۳ ماه انبارداری اندازه‌گیری شدند.

اسیدیته (pH) عصاره صاف‌شده میوه با استفاده از دستگاه pH سنج مدل Sartorius در دمای اتاق اندازه‌گیری شد (۲۶).

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول آب میوه از دستگاه انکسارسنج (رفرکتومتر) دیجیتالی مدل ATAGO در دمای اتاق استفاده شد و بر حسب درصد بیان گردید (۲۶).

برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی میوه، از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال در مجاورت معرف فنیل فتالین به عنوان شاخص پایان واکنش استفاده شد و اسید قابل تیتر بر حسب درصد اسید سیتریک محاسبه شد. مقدار ۵ میلی‌لیتر آب میوه با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به حجم رسانده شد و سپس ۳ قطره محلول فنیل فتالین به آن اضافه گردید (۲۶). محلول حاصل با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیتر گردید. از رابطه ۱ برای محاسبه اسیدهای آلی میوه استفاده شد.

$$TA (\%) = \frac{V \times n \times mq}{y} \times 100 \quad (1)$$

که در آن، V حجم مصرف‌شده هیدروکسید سدیم (میلی‌لیتر)، n نرمالیه سود، mq وزن میلی‌اکی‌والان اسید غالب میوه (اسید سیتریک) و y مقدار عصاره مصرفی میوه (میلی‌گرم) است.

بار محلول پاشی پتاسیم در خرداد و تیرماه، به صورت مجزا و قبل از برداشت میوه‌ها، بودند. محلول پاشی کلسیم و پتاسیم در هر ماه با فاصله زمانی یک هفته بود، به طوری که در ۱۵م هر ماه محلول پاشی کلسیم و در ۲۲م هر ماه محلول پاشی پتاسیم انجام شد. بنابراین، زمان شروع محلول پاشی با کلسیم، اواسط خردادماه و زمان پایان آن، اواسط شهریورماه بود. همچنین، زمان شروع محلول پاشی با پتاسیم، اوایل دهه آخر خردادماه و زمان پایان آن، اوایل دهه آخر تیرماه بود. محلول پاشی‌ها به منظور جذب برگ‌ی بهتر در غروب انجام شدند. مقدار کلسیم مصرفی در هر بار محلول پاشی، به میزان ثابت ۳ در هزار در نظر گرفته شد. از طرف دیگر، زمان شروع محلول پاشی با پتاسیم، خردادماه و زمان پایان آن، تیرماه بود. مقدار پتاسیم مصرفی در هر بار محلول پاشی، به میزان ثابت ۲ در هزار در نظر گرفته شد. فاصله زمانی بین تیمارها، یک ماه بود. غلظت کلسیم و پتاسیم محلول پاشی‌شده در تیمارها برای همه درختان یکسان بود. قبل از آغاز اعمال تیمارها و بر اساس نوع صحیح تغذیه گیاهی درختان پرتقال در منطقه، آن‌ها با کود کامل (ترکیبی از ازت، فسفر و پتاس همراه با ریزمغذی‌ها) و به صورت مصرف خاکی تغذیه شدند. در طول اعمال تیمارها، تغذیه‌ی دیگری انجام نشد.

غوطه‌وری در کلسیم پس از برداشت: میوه‌ها در اواسط آذرماه برداشت شدند. تمام میوه‌ها پس از برداشت و قبل از انبارمانی، در محلول کلسیم ۳ در هزار به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور شدند و در معرض هوا خشک گردیدند. کلسیم مورد استفاده از شرکت رویال اسپانیا خریداری شد. میوه‌های هر تکرار (درخت) به‌طور جداگانه پس از کدگذاری با برچسب و گذاشتن در سبدهای پلاستیکی به انبار فنی منتقل شدند. از هر تکرار، ۶۰ عدد میوه برداشت شد و در سبدهای جداگانه در سردخانه قرار داده شد. بنابراین، برای هر تیمار، ۱۸۰ عدد میوه و سه سبد در نظر

از عصاره حاصل از سوزاندن خشک و ترکیب با اسید برای اندازه‌گیری کلسیم گیاه استفاده شد. یک میلی‌لیتر از عصاره نمونه‌های تیمار شده و شاهد گرفته شد و با ۹ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق گردید، سپس با مایکروپیپت، ۲۵۰ مایکرولیتر از عصاره رقیق شده به لوله آزمایش منتقل شد و میزان ۴/۷۵ میلی‌لیتر از محلول نترات لانتانوم حاوی یک گرم در لیتر لانتانوم، به آن اضافه شد. از عصاره برای اندازه‌گیری میزان جذب کلسیم در طول موج ۴۲۲/۷ نانومتر با دستگاه جذب اتمی استفاده شد (۴). میزان کلسیم در ماده خشک بر حسب گرم درصد از رابطه ۴ محاسبه گردید.

$$(a - b) \times \frac{1}{500} \times \frac{V}{W} \times \frac{100}{D.M} \quad (4)$$

که در آن، a غلظت کلسیم در عصاره بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، b غلظت کلسیم در شاهد بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، v حجم عصاره اولیه حاصل از هضم بر حسب میلی‌لیتر، w وزن نمونه جهت هضم بر حسب گرم و D.M درصد ماده خشک گیاه است.

درصد پوسیدگی در میوه‌ها پس از ۳ ماه نگهداری در انبار اندازه‌گیری شد. پوسیدگی میوه به صورت قدرمطلق (اعداد صفر تا ۱۰) ارائه گردید. برای بررسی میزان پوسیدگی، هر میوه به ۱۰ قسمت تقسیم شد و مشاهده علائم پوسیدگی در هر قسمت برابر با ۱۰ درصد برآورد گردید. میزان پوسیدگی میوه‌ها بین ۰ تا ۱۰ ارزیابی شد. عدد صفر نشان‌دهنده میوه‌های سالم و اعداد ۱ تا ۱۰ به ترتیب نشان‌دهنده پوسیدگی کم‌تر از ۱۰ درصد، بین ۱۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۳۰، ۳۰ تا ۴۰، ۴۰ تا ۵۰، ۵۰ تا ۶۰، ۶۰ تا ۷۰، ۷۰ تا ۸۰، ۸۰ تا ۹۰ و ۹۰ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: پس از برداشت محصول، تمام اطلاعات به دست آمده با استفاده از برنامه آماری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

از روش تیتراسیون دی کلرو فنل ایندو فنل برای اندازه‌گیری ویتامین ث (اسید آسکوربیک) آب میوه استفاده شد. برای تهیه محلول تیتراسیون دی کلرو فنل ایندو فنل، ۵۰ میلی‌گرم از آن در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد و به آن ۴۲ میلی‌گرم بی‌کربنات سدیم اضافه گردید و محلول حاصل یا آب مقطر به حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. پس از تهیه محلول دی کلرو ایندو فنل و محلول تثبیت‌کننده (متافسفریک ۳ درصد)، ۵ میلی‌لیتر آب میوه با ۱۵ میلی‌لیتر محلول تثبیت‌کننده مخلوط گردید و به خوبی هم زده شد و پس از ۱۰ دقیقه، ۱۰ میلی‌لیتر از آن با محلول دی کلرو فنل ایندو فنل تا ظهور رنگ صورتی تیترا شد (۲۶). حجم دی کلرو فنل ایندو فنل مصرفی قرائت گردید و میزان ویتامین ث آب میوه با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد.

$$\text{Vit C (mg 100 ml - 1)} = \frac{e \times d \times b}{c \times a} \times 100 \quad (2)$$

که در آن، e دی کلرو فنل ایندو فنل مصرفی برای تیتراسیون، d فاکتور رنگ، b حجم متافسفریک برای استخراج، c حجم نمونه برداشتی برای تیتراسیون و a حجم نمونه است. برای به دست آوردن فاکتور رنگ (d) یا مقدار دی کلرو فنل ایندو فنل مصرف‌شده برای اسید آسکوربیک استاندارد، ۵ میلی‌لیتر از اسید آسکوربیک ۰/۰۱ درصد با ۵ میلی‌لیتر اسید متافسفریک ۳ درصد مخلوط شد و با دی کلرو فنل ایندو فنل دارای بی‌کربنات سدیم تیترا گردید (رابطه ۳).

$$d = \frac{0.5}{\text{مقدار دی کلرو فنل ایندو فنل مصرفی برای تیتراسیون اسید آسکوربیک}} \quad (3)$$

وزن میوه با ترازوی دیجیتال، طول و قطر میوه با کولیس دیجیتال و حجم آب میوه با استوانه مدرج اندازه‌گیری شدند.

نتایج و بحث

اثر تیمار توأم کلسیم و پتاسیم روی صفات ریخت‌شناسی میوه: کاربرد کلسیم به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0/01$) صفات ریخت‌شناسی میوه پرتقال رقم تامسون ناول مانند طول، قطر، قطر پوست، وزن، حجم و پوسیدگی میوه را تحت‌تأثیر قرار داد. پتاسیم روی تغییر طول، قطر، وزن و حجم اثر معنی‌داری ($P \leq 0/01$) داشت (شکل‌های ۱ و ۲). کاربرد توأم کلسیم و پتاسیم فقط روی پوسیدگی میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر معنی‌داری روی بقیه صفات ریخت‌شناسی نداشت (جدول ۱). نتایج نشان داد که کم‌ترین پوسیدگی ($1/00$) در میوه‌های تیمار شده با دو بار محلول پاشی کلسیم در خرداد و تیرماه همراه با یک بار محلول پاشی پتاسیم در خرداد ماه مشاهده شد. میزان پوسیدگی ($1/30$) در میوه‌های تیمار شده با سه بار کلسیم همراه با یک بار پتاسیم و سه بار کلسیم همراه با دو بار پتاسیم نیز کم بود (جدول ۲). بیش‌ترین پوسیدگی ($8/60$) در میوه‌های تیمار شده با چهار بار کلسیم همراه با یک بار پتاسیم مشاهده شد. میزان پوسیدگی ($7/00$ و $6/00$) به‌ترتیب در میوه‌های تیمار شده با یک بار پتاسیم بدون حضور کلسیم و چهار بار کلسیم همراه با دو بار پتاسیم نیز زیاد بود. بیش‌ترین طول ($77/26$ میلی‌متر)، قطر ($78/92$ میلی‌متر) و قطر پوست ($4/34$ میلی‌متر) میوه در تیمار دو بار کلسیم همراه با یک بار پتاسیم به‌دست آمد. این تیمار اثر مناسبی روی افزایش وزن میوه ($231/70$ گرم) و حجم آب میوه (105 میلی‌لیتر) داشت. کم‌ترین حجم آب میوه (86 میلی‌لیتر) از میوه‌های شاهد به‌دست آمد. بیش‌ترین وزن میوه ($242/20$ گرم) و حجم آب میوه ($115/70$ میلی‌لیتر) در میوه‌های تیمار شده با دو بار کلسیم همراه با دو بار پتاسیم به‌دست آمد (جدول ۲).

کاهش وزن میوه در طی انبارمانی در همه میوه‌های تیمار شده با کلسیم و پتاسیم از میوه‌های شاهد کم‌تر بود. نتایج مشابه در مرکبات (۷، ۹) و برخی میوه‌های دیگر از جمله گلابی (۲۷)، سیب و انبه (۱۳) و پاپایا (۸) گزارش شد. کاهش دفع آب در میوه‌های تیمار شده، به دلیل نقش کلسیم در حفظ انسجام غشای پلاسمایی، جلوگیری از تجزیه دیواره سلولی، سفتی دیواره سلولی و جلوگیری از پیری میوه است (۲۸). از طرف دیگر، میوه‌هایی که در طی انبارمانی آب کم‌تری از دست دادند و کاهش وزن کم‌تری داشتند؛ دارای میزان آب میوه یا عصاره بیش‌تری بودند. بنابراین، همه میوه‌های تیمار شده با کلسیم و پتاسیم آب میوه بیش‌تری از میوه‌های شاهد داشتند. برخی نتایج به‌دست آمده از مطالعه روی مرکبات، مشابه نتیجه پژوهش حاضر بود (۷). وزن و قطر میوه پرتقال تامسون ناول با کاربرد کلسیم به‌صورت محلول پاشی در زمان مناسب (پس از تشکیل میوه و قبل از ریزش آن) افزایش یافتند (۱). حداکثر جذب کلسیم در میوه مرکبات پس از تشکیل میوه (در فاز اول رشد میوه) است (۲۹). وزن میوه، قطر پوست میوه و زمان انبارمانی در پرتقال سانگین و نارنگی با کاربرد کلسیم افزایش یافت (۳۰، ۳۱)، که مطابق با نتایج پژوهش ما بود. محلول پاشی برگ‌ها با کلسیم، هومئوستازی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف (ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن و مس) در ریشه و شاخ و برگ را اصلاح می‌نماید (۳۲).

سفتی بیش‌تر میوه، عمر انبارمانی آن را افزایش می‌دهد. مؤثر بودن کلسیم در افزایش سفتی و عمر انبارمانی میوه‌ها به دلیل نقش آن در به تأخیر انداختن پیری، حفظ سازمان سلولی، کاهش تنفس، کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی و حفظ

کلسیم به همراه پتاسیم، عمر انبارمانی را نسبت به شاهد به ترتیب به مدت ۶/۲ و ۶ روز افزایش داد (۲۴). هم‌چنین با کاربرد هم‌زمان کلسیم و پتاسیم، وزن میوه کم‌تر کاهش یافت. مطالعه روی میوه لیموشیرین رقم ساتگودی نشان داد که کلسیم باعث عمر انبارمانی بیش‌تری نسبت به پتاسیم شد (۵). محلول‌پاشی کلسیم در پرتقال سانگین و نارنگی موجب افزایش عملکرد و انبارمانی میوه شد (۳۰، ۳۱). قطر پوست میوه و زمان انبارمانی در پرتقال سانگین با کاربرد کلسیم افزایش یافت (۳۰)؛ که مطابق با نتایج پژوهش ما بود. کلسیم، انبارمانی پرتقال و اشنگتن ناول را افزایش و پوسیدگی آن را کاهش داد (۲۵). نتایج پژوهش ما این یافته را تأیید می‌کند.

کمبود کلسیم تنفس را در میوه افزایش می‌دهد؛ بنابراین، ماندگاری کاهش می‌یابد. این نتیجه در میوه‌های سیب (۱۷) و هلو (۳۶) نیز به دست آمد. مشارکت کلسیم با پکتات در تیغه میانی دیواره سلولی و نقش کلسیم در کاهش فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز (آنزیم مؤثر در رسیدن میوه) عوامل این ماندگاری هستند. در مجموع، استفاده از دو بار محلول‌پاشی کلسیم در خرداد و تیرماه همراه با یک بار محلول‌پاشی پتاسیم در خردادماه یا دو بار محلول‌پاشی پتاسیم در خرداد و تیرماه برای تغییر مثبت صفات ریخت‌شناسی میوه در پژوهش حاضر مؤثر واقع شد.

پتانسیل تورژسانس سلول است (۲۴، ۳۳، ۳۴). یکی از دلایل اصلی کاهش سفتی بافت میوه و افزایش پوسیدگی آن، دی‌پلمریزه‌شدن پکتین وابسته به فعالیت آنزیم‌های پکتین استراز، پکتین لیاز و پلی‌گالاکتوروناز می‌باشد. فعال‌شدن آنزیم پلی‌گالاکتوروناز باعث تبدیل ترکیبات پکتینی نامحلول به ترکیبات محلول می‌شود (۲۶). میوه‌های حاوی کلسیم کم، تنفس سلولی بالایی دارند. کلسیم در پایداری دیواره سلولی و غشای پلاسمایی نقش اساسی دارد (۲۵). در تیغه میانی دیواره سلولی، کلسیم به گروه‌های کربوکسیل اسید گالاکتورونیک متصل می‌شود و باعث پایداری آن‌ها می‌گردد (۲۵). حضور کلسیم در غلظت بیش از حد نیاز سلول، اثر نامطلوبی روی دیواره سلولی، غشای پلاسمایی و برخی فعالیت‌های متابولیسمی دارد. در پژوهش حاضر، نقش کلسیم (به‌ویژه طی دفعات کاربرد مناسب) در کاهش میزان پوسیدگی میوه پرتقال رقم تامسون ناول کاملاً مشهود بود. افزایش انبارمانی میوه با استفاده از محلول‌پاشی کلسیم به دلیل اثر مستقیم و غیر مستقیم کلسیم روی عوامل مؤثر در بلوغ میوه از جمله تنفس و تولید اتیلن است (۲۴). مهم‌ترین اثر کلسیم در سیتوپلاسم سلول‌های گیاهی، تنظیم فعالیت تنفسی است (۲۵). نتایج پژوهش‌ها نشان داد که محلول‌پاشی کلسیم باعث افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه پرتقال رقم واشنگتن ناول می‌گردد (۳۵). در پایا نیز کلسیم و

جدول ۱ - تجزیه واریانس اثر کاربرد کلسیم و پتاسیم بر صفات کمی و کیفی میوه پرتقال رقم تامسون.

Table 1. Analysis of variance of the effect of calcium and potassium application on quantitative and qualitative traits of Thomson Novell orange variety.

اسیدیته میوه Fruit acidity	اسیدیته قابل تیتراسیون Titration Acidity	مواد جامد محلول Total Soluble Solid	کلسیم Calcium	ویتامین C Vit. C	پوسیدگی میوه Fruit decay	حجم آب میوه Fruit juice volume	وزن میوه Fruit weight	قطر پوست Skin thickness	قطر میوه Fruit diameter	طول میوه Fruit length	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source of variations
0.15**	0.12**	0.37*	11812.14**	1634.10**	22.42**	211.97**	1045.92**	0.44**	31.80**	47.64**	4	کلسیم Calcium
0.01**	0.08**	0.71**	1073.75**	649.32 ^{ns}	2.29 ^{ns}	802.22**	1929.49**	0.21 ^{ns}	131.58*	114.13**	2	پتاسیم Potassium
0.02**	0.19**	0.38**	1005.97**	1592.64**	14.29**	57.75 ^{ns}	134.24 ^{ns}	0.31 ^{ns}	3.21 ^{ns}	4.64 ^{ns}	8	کلسیم × پتاسیم Calcium × potassium
0.02	0.01	0.053	2.76	566.25	2.16	383.75	595.36	0.70	9.82	56.43	2	تکرار Repetition
0.01	0.01	0.12	15.66	302.67	2.35	54.97	215.83	0.12	9.30	9.30	28	خطا Error
0.36	5.39	3.45	3.81	21.57	40.07	7.24	7.02	8.84	4.55	4.34	-	ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

** and * There is a significant difference in the probability level of 1 and 5%, respectively; ^{ns} No significant difference

^{ns} عدم تفاوت معنی دار

معنی دار در سطح احتمال یک درصد، معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، ^{ns} تفاوت معنی دار

جدول ۲ - مقایسه میانگین اثر کاربرد کلسیم و پتاسیم بر صفات کمی و کیفی میوه پرتقال رقم تامسون.

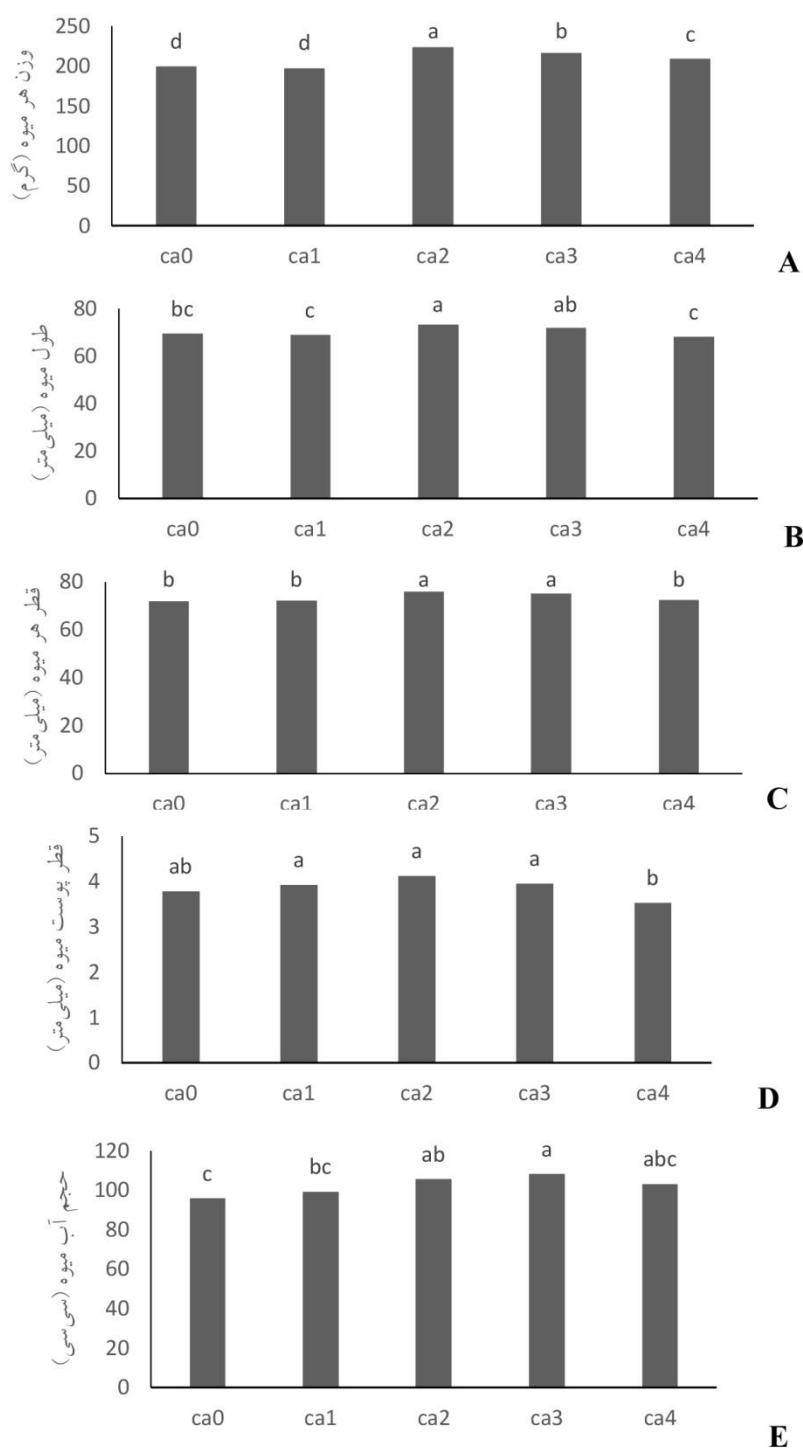
میانگین مریعات

تیمارها (دفعات کاربرد)

اسیدیته میوه Fruit acidity	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد) Titration Acidity (%)	مواد جامد محلول میوه (درجه بریکس) Total Soluble Solid (°Brix)	کلسیم میوه (گرم بر هر کیلوگرم خشک) Fruit calcium (g/kg DW)	ویتامین C (میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) Fruit Vit. C (mg/100 ml)	پوسیدگی میوه Fruit decay	حجم آب‌میوه (میلی‌لیتر) Fruit juice volume (ml)	وزن میوه (گرم) Fruit weight (g)	قطر پوست میوه (میلی‌متر) Fruit skin thickness (mm)	قطر میوه (میلی‌متر) Fruit diameter (mm)	طول میوه (میلی‌متر) Fruit length (mm)	پتاسیم کلسیم	
3.55 ^j	0.84 ^e	10.70 ^{abc}	80.30 ^b	79.96 ^a	3.30 ^{c-f}	86.00 ^a	190.70 ^a	3.61 ^a	68.45 ^a	67.43 ^a	0	0
3.58 ^g	0.80 ^{ef}	10.80 ^{abc}	63.00 ⁱ	46.71 ^b	7.00 ^{ab}	105.30 ^a	204.30 ^a	3.90 ^a	74.49 ^a	71.03 ^a	1	0
3.63 ^f	0.72 ^{gh}	10.70 ^{abc}	81.60 ^h	72.19 ^a	4.60 ^{bcd}	96.30 ^a	204.00 ^a	3.83 ^a	72.73 ^a	69.29 ^a	2	0
3.57 ^h	1.05 ^c	10.60 ^{ab}	110.00 ^f	82.88 ^a	4.60 ^{bcd}	92.00 ^a	195.00 ^a	3.90 ^a	70.66 ^a	65.23 ^a	0	1
3.66 ^d	0.84 ^e	11.10 ^{ab}	129.00 ^d	96.71 ^a	3.30 ^{c-f}	100.30 ^a	199.70 ^a	3.96 ^a	73.35 ^a	71.89 ^a	1	1
3.66 ^d	0.69 ^{gh}	11.20 ^{ab}	121.30 ^e	84.67 ^a	2.30 ^{def}	106.00 ^a	199.00 ^a	3.94 ^a	72.67 ^a	69.27 ^a	2	1
3.70 ^c	0.78 ^{ef}	11.20 ^{ab}	125.30 ^{de}	90.57 ^a	1.60 ^{c-f}	96.00 ^a	206.70 ^a	3.82 ^a	72.64 ^a	69.15 ^a	0	2
3.49 ^k	0.38 ⁱ	10.90 ^{abc}	150.70 ^c	94.26 ^a	1.00 ^f	105.00 ^a	231.70 ^a	4.34 ^a	78.92 ^a	77.26 ^a	1	2
3.65 ^e	1.31 ^a	11.10 ^{ab}	124.70 ^d	97.69 ^a	4.00 ^{cde}	115.70 ^a	242.20 ^a	4.20 ^a	76.83 ^a	73.72 ^a	2	2
3.73 ^a	0.66 ^h	10.40 ^{cd}	99.30 ^g	93.36 ^a	5.00 ^{bcd}	104.30 ^a	199.30 ^a	3.89 ^a	71.42 ^a	68.56 ^a	0	3
3.71 ^b	0.75 ^{fg}	10.80 ^{abc}	165.30 ^a	82.53 ^a	1.30 ^{ef}	108.30 ^a	221.30 ^a	4.05 ^a	78.70 ^a	74.33 ^a	1	3
3.51 ^j	0.92 ^d	11.10 ^{ab}	155.30 ^b	92.62 ^a	1.30 ^{ef}	111.70 ^a	227.30 ^a	3.90 ^a	75.48 ^a	73.54 ^a	2	3
3.34 ^m	1.04 ^c	9.90 ^d	56.60 ^j	88.58 ^a	3.00 ^{def}	92.67 ^a	192.70 ^a	3.43 ^a	68.03 ^a	66.22 ^a	0	4
3.33 ⁿ	1.14 ^b	11.30 ^a	51.60 ^j	96.29 ^a	8.60 ^a	105.30 ^a	211.70 ^a	3.50 ^a	75.11 ^a	68.64 ^a	1	4
3.35 ^l	1.00 ^c	10.40 ^{cd}	60.30 ^j	50.64 ^b	6.00 ^{abc}	111.30 ^a	225.70 ^a	3.65 ^a	74.09 ^a	69.37 ^a	2	4

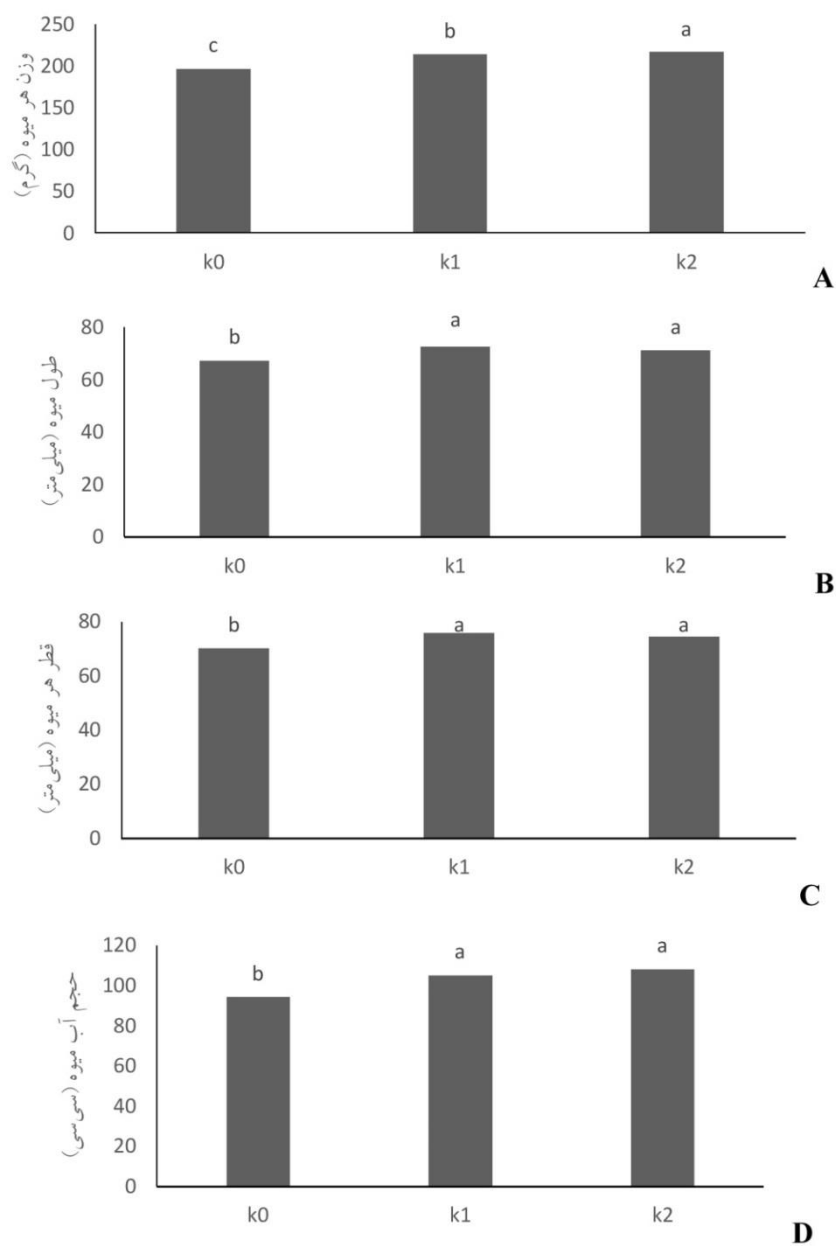
Means followed by the same letter within each column shows no significant differences at 0.05 level by Duncan's test

حروف مشترک در هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون دانکن را نشان می‌دهد.



شکل ۱- اثر تعداد محلول پاشی کلسیم قبل از برداشت میوه بر وزن هر میوه (A)، طول میوه (B) و قطر میوه (C) و قطر پوست میوه (D) و حجم آب میوه (E) در پرتقال رقم تامسون. Ca0، Ca1، Ca2، Ca3 و Ca4: به ترتیب: تیمار بدون محلول پاشی، یک بار، دو بار، سه بار و چهار بار محلول پاشی کلسیم.

Fig. 1. Effect of calcium foliar application number before fruit harvest on each fruit weight (A), fruit length (B) and fruit diameter (C) and fruit skin diameter (D) and fruit juice volume (E) in orange cv. Thomson Novell. Ca0, Ca1, Ca2, Ca3 and Ca4: without foliar application, once, twice, three and four times calcium foliar application, respectively.



شکل ۲- اثر تعداد محلول پاشی پتاسیم قبل از برداشت میوه بر وزن هر میوه (A)، طول میوه (B) و قطر میوه (C) و حجم آب میوه (D) در پرتقال رقم تامسون. k0، k1 و k2: به ترتیب: تیمار بدون محلول پاشی، یک بار و دو بار محلول پاشی پتاسیم.

Fig. 2. Effect of potassium foliar application before fruit harvest on each fruit weight (A), fruit length (B) and fruit diameter (C) and fruit juice volume (D) of orange cv. Thomson Novell. k0, k1 and k2: without foliar application, once and twice potassium foliar application, respectively.

بدون پتاسیم اندازه‌گیری شد؛ اگرچه تفاوت آن با سایر تیمارها علی‌رغم معنی‌دار بودن، قابل توجه نبود (جدول ۲).

در پژوهش حاضر، نقش کلسیم در ارتقای صفات فیتوشیمیایی میوه پرتقال رقم تامسون برجسته بود. میزان ویتامین ث در میوه‌های بدون کاربرد کلسیم و با چهار بار کاربرد کلسیم همراه با همه تیمارهای پتاسیم کم‌تر از شاهد بود؛ در حالی‌که با کاربرد دفعات مناسب به ویژه دو بار محلول‌پاشی در خرداد و تیرماه با دو عنصر کلسیم و پتاسیم، این میزان افزایش یافت. این نتیجه در تضاد با نتایج به‌دست آمده از اثر کلسیم روی پرتقال تامسون ناول و خونی مورو بود (۷). این پژوهش‌گران اعلام کردند که طی انبارداری، میزان ویتامین ث در میوه‌های تیمار شده بیش‌تر از شاهد بود. کاهش ویتامین ث طی انبارداری نشان از پیری میوه دارد (۳۷). ویتامین ث به تجزیه در اثر اکسیداسیون نسبت به سایر ترکیبات غذایی بسیار حساس‌تر است (۷). بنابراین، حفظ مقدار مناسب ویتامین ث در مدت زمان نگهداری میوه دارای اهمیت است. مقدار ویتامین ث در پرتقال ارقام تامسون و مورو و نارنگی پیچ در طی انبارداری میوه‌های محلول‌پاشی شده با کلسیم افزایش یافت (۱۰). برخلاف این نتایج، محلول‌پاشی با کلسیم در طی نمو میوه‌های نارنگی انشو و پرتقال تامسون باعث کاهش مقدار ویتامین ث در میوه‌های برداشت‌شده گردید (۳۸). محلول‌پاشی کلسیم روی میوه انار (۲۱)، کیوی (۱۵)، پاپایا (۲۴) و هلو (۳۹) باعث افزایش ویتامین ث و اسیدیته قابل تیتر شد. کلسیم، اکسیداسیون ویتامین ث را به تأخیر می‌اندازد (۲۱). بیش‌ترین مقدار ویتامین ث و کلسیم میوه پرتقال تامسون ناول با کاربرد کلسیم به صورت محلول‌پاشی در زمان مناسب (پس از تشکیل میوه و قبل از ریزش آن) به‌دست آمد (۱). این محلول‌پاشی، تغییر معنی‌داری روی اسیدیته و مواد جامد محلول

اثر تیمار توأم کلسیم و پتاسیم روی صفات زیست-شیمیایی و میزان کلسیم میوه: اثر کلسیم روی مقدار ویتامین ث، میزان کلسیم، اسیدیته قابل تیتراسیون و اسیدیته میوه در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0/01$) و روی مواد جامد محلول در سطح احتمال ۵ درصد ($P \leq 0/05$) معنی‌دار بود. اثر پتاسیم روی همه صفات فیتوشیمیایی به‌جز ویتامین ث در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0/01$) معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج ارائه‌شده در جدول ۱ نشان داد که برهم‌کنش کلسیم و پتاسیم روی همه صفات گیاه-شیمیایی در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0/01$) معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل کلسیم و پتاسیم روی صفات گیاه-شیمیایی (جدول ۲) نشان داد که بالاترین مقدار ویتامین ث (۹۷/۶۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) و اسیدیته قابل تیتر (۱/۳۱ درصد) در میوه‌های تیمار شده با دو بار کلسیم همراه با دو بار پتاسیم محاسبه شد. مقدار ویتامین ث (۹۶/۷۱ و ۹۴/۲۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) به‌ترتیب در میوه‌های تیمار شده با یک بار کلسیم همراه با یک بار پتاسیم و دو بار کلسیم همراه با یک بار پتاسیم نیز بالا بود. بالاترین میزان کلسیم میوه (۱۶۵/۳۰ گرم بر هر کیلوگرم وزن خشک) در میوه‌های تیمار شده با سه بار کلسیم همراه با یک بار پتاسیم به‌دست آمد. مقدار کلسیم میوه (۱۵۵/۳۰ و ۱۵۰/۷۰ گرم بر هر کیلوگرم وزن خشک) به ترتیب در میوه‌های تیمار شده با سه بار کلسیم همراه با دو بار پتاسیم و دو بار کلسیم همراه با یک بار پتاسیم نیز بالا بود. پایین‌ترین میزان کلسیم میوه (بین ۵۰ تا ۶۰ گرم بر هر کیلوگرم وزن خشک) در میوه‌های تیمار شده با چهار بار کلسیم بدون پتاسیم و همراه با یک و دو بار پتاسیم به‌دست آمد. بیش‌ترین مواد جامد محلول (۱۱/۳۰ درجه بریکس) از میوه‌های تیمار شده با چهار بار کلسیم همراه با یک بار پتاسیم استخراج شد. بالاترین اسیدیته میوه (۳/۷۳) در میوه‌های تیمار شده با سه بار کلسیم

میوه ایجاد نکرد. بنابراین، محلول‌پاشی کلسیم، طی استفاده در زمان‌های مناسب و غلظت مناسب، باعث افزایش مواد اسیدی میوه مانند ویتامین ث می‌شود (۲۵). میوه در حال رشد به کلسیم نیاز دارد که توسط آوندهای چوبی فراهم می‌شود. کمبود کلسیم و ناهنجاری‌های حاصل از افزودن آن به خاک، رشد میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴۰). کمبود ساعات آفتابی و بارندگی زیاد به ویژه در اوایل فصل رشد با کاهش تعرق، بر این کمبود کلسیم و در نتیجه کاهش کیفیت میوه مرکبات می‌افزاید. بنابراین، محلول‌پاشی کلسیم پس از تشکیل میوه در بهبود کیفیت میوه مؤثر است (۱). مطالعه روی انبارمانی و کیفیت میوه لیمو شیرین رقم سانگودی نشان داد که حجم آب میوه، مواد جامد محلول، قند کل و ویتامین ث در میوه‌های تیمار شده با سیلیکات پتاسیم بیشتر از میوه‌های تیمار شده با نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم بود (۵).

میزان مواد جامد محلول در میوه‌های تیمار شده و شاهد تفاوت چشمگیری نداشت. نتایج مغایر در مطالعه روی برخی مرکبات گزارش شد (۷). نتیجه مشابه روی هلو مشاهده گردید (۳۶). کاربرد برگی پتاسیم، مواد جامد محلول را در پایا افزایش داد (۲۴). این افزایش به دلیل نقش پتاسیم در انتقال قندها از برگ‌ها به میوه‌ها است (۲۴). مقدار مواد جامد محلول یک شاخص ممتاز برای مقدار قند میوه مرکبات است، زیرا بیش از ۸۵ درصد مقدار مواد جامد محلول در میوه‌های مرکبات قندها هستند. افزایش مقدار مواد جامد محلول در میوه‌های مرکبات احتمالاً به علت فعالیت متابولیک میوه می‌باشد. همچنین اسیددیده پایین میوه می‌تواند موجب افزایش قدرت مخزن (میوه) و تسهیل انباشت قندها شود (۲۶). به علاوه، تخریب اجزای تشکیل‌دهنده دیواره سلولی سلول‌های تشکیل‌دهنده میوه مانند سلولز، همی‌سلولز و پکتین منجر به آزادسازی مواد محلول

می‌شود که باعث افزایش مواد جامد محلول میوه می‌گردد (۲۶). مقدار مواد جامد محلول در میوه‌های مرکبات با بلوغ افزایش می‌یابد و مجدداً طی بلوغ بیش از حد کاهش پیدا می‌کند. در پژوهش حاضر، اسید قابل تیتراسیون (اسیدهای آلی) در میوه‌های دو بار تیمار شده با هر دو عنصر کلسیم و پتاسیم خیلی بیش‌تر از میوه‌های شاهد بود. این نتیجه مغایر با نتیجه به دست آمده از مطالعه روی پرتقال تامسون ناول و موافق با پرتقال خونی مورو بود (۷). اسیدهای آلی به‌عنوان یک ذخیره انرژی میوه می‌باشند و مواد اولیه برای تنفس هستند. کاهش اسیدهای آلی در دوره رسیدن میوه به دلیل کاتابولیسم اسید سیتریک است که اسید غالب در میوه‌های مرکبات محسوب می‌شود (۲۶). میوه‌های در حال رشد مقدار قابل‌توجهی از اسیدهای آلی خود را در واکنش سلول‌های کیسه آب میوه ذخیره می‌کنند و کاتابولیزه‌شدن آن‌ها باعث کاهش اسیدهای آلی در انتهای رسیدن میوه می‌شود (۲۶). در پرتقال رقم واشنگتن ناول بالاترین اسیددیده میوه با کاربرد پتاسیم به‌دست آمد (۲۵)؛ در حالی که در پژوهش حاضر، کلسیم باعث القای بالاترین اسیددیده در میوه شد. محلول‌پاشی کلسیم قبل از برداشت در نارنگی تانجلو باعث افزایش اسیددیده و بهبود کیفیت میوه شد (۴۱). میزان اسیددیده میوه‌های تیمار شده با یک بار محلول‌پاشی کلسیم در خردادماه، دو بار محلول‌پاشی کلسیم در خرداد و تیرماه و سه بار محلول‌پاشی کلسیم در خرداد، تیر و مردادماه همراه با یک بار محلول‌پاشی پتاسیم در خردادماه و دو بار محلول‌پاشی پتاسیم در خرداد و تیرماه، از میوه‌های شاهد بیش‌تر بود. نتیجه مشابه با نتیجه پژوهش حاضر، در پرتقال تامسون ناول و خونی مورو گزارش شد (۷). افزایش اسیددیده میوه طی انبارمانی به دلیل مصرف اسیدهای آلی به‌ویژه اسید سیتریک طی تنفس است که باعث افزایش اسیددیده می‌شود (۸).

پژوهش حاضر نشان داد که اثر متقابل و محلول پاشی توأم کلسیم و پتاسیم روی تغییر صفات کیفی معنی دار بود. نقش کلسیم در تغییرات کمی و کیفی میوه پرتقال رقم تامسون ناول برجسته تر بود. بیشترین مقدار ویتامین ث و حجم آب میوه هم چنین بالاترین وزن میوه در میوه های تیمار شده با دو بار کلسیم همراه با دو بار پتاسیم و کمترین پوسیدگی (بالاترین سفتی) در میوه های تیمار شده با دو بار محلول پاشی کلسیم همراه با یک بار محلول پاشی پتاسیم، قبل از برداشت میوه ها، به دست آمد. پوسیدگی در میوه های شاهد بیش از دو برابر و در میوه های برخی تیمارها حدود هشت برابر بیش تر از میوه های تیمار شده با دو بار کلسیم همراه با یک بار پتاسیم بود. در مجموع کاربرد دو بار محلول پاشی کلسیم (در خرداد و تیرماه) همراه با یک (در خردادماه) یا دو بار (خرداد و تیرماه) محلول پاشی پتاسیم به صورت برگی با فاصله زمانی یک ماه و مجزا برای تغییر مثبت کمی و کیفی میوه مؤثرتر واقع شد. سطح قابل توجهی از مزارع شمال کشور از جمله در مازندران به کاشت مرکبات از جمله پرتقال تامسون اختصاص دارد که بخشی از این میوه ها در انبار نگهداری می شوند. افزایش ماندگاری این میوه ها همراه با حفظ کیفیت از نظر تجاری برای باغداران دارای اهمیت فراوان است.

مقدار کلسیم پوست پرتقال رقم واشنگتن ناول با محلول پاشی کلسیم افزایش یافت (۲۵). این پژوهش گران با مقایسه کلسیم، پتاسیم و اسید سالیسیلیک به این نتیجه رسیدند که کلسیم نقش مؤثرتری در بهبود کیفیت میوه دارد. در این پژوهش، مقدار کلسیم در میوه های تیمار شده با هر سه این مواد از مقدار کلسیم در میوه های تیمار شده با این ترکیبات به تنهایی بیش تر بود. نتایج پژوهش ما نیز نشان داد که مقدار کلسیم میوه در تیمارهای ترکیبی به استثنای چهار بار استفاده از کلسیم از تیمارهای ترکیبی بیش تر بود. محلول پاشی کلسیم در طول مدت رشد میوه مکمل کلسیم درونی است (۴۲). محلول پاشی کلسیم در سبب موجب افزایش این عنصر در میوه شد (۴۳). حرکت کند کلسیم در آوند آبکش و از برگ به میوه از عوامل مهم در کمبود مقدار کلسیم در میوه هستند و کاربرد برگی کلسیم این نقیصه را جبران می کند و باعث افزایش کیفیت میوه می شود.

نتیجه گیری کلی

کلسیم مهم ترین عنصر معدنی اثرگذار در کیفیت میوه است. کمبود کلسیم در میوه مرکبات به دلیل کاهش جذب آن از خاکها محتمل است. کاربرد این عناصر به صورت محلول پاشی به ویژه بعد از تشکیل میوه تا حدود زیادی این چالش را مرتفع می کند. نتایج

منابع

1. Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi Amiri, N. 2018. Trend of calcium concentration changes in fruit peel and effect of calcium nitrate spray on yield and quality of Thomson Navel orange. *Soil Res. J.* 32: 1. 57-72 (In Persian)
2. Jang, H.D., Chang, T.C. and Hsu, C.L. 2010. Antioxidant potentials of buntan pumelo (*Citrus grandis* Osbeck) and its ethanolic and acetified fermentation products. *Food Chem.* 118: 554-558.
3. Romero, P., Gandia, M. and Alferez, F. 2015. Postharvest water stress leading to peel disorders in citrus fruit involves regulation of phospholipases by ABA. *Acta Hort.* pp. 1515-1519.
4. Dadgar, R., Ramezani, A. and Habibi, F. 2017. Improving qualitative characteristics of 'Washington Navel' orange by calcium chloride, potassium chloride and salicylic acid spray. *Iran. J. Hort. Sci. Technol.* 18: 1. 1-14. (In Persian)

5. Mounika, M., Suresh Kumar, T., Kiran Kumar, A., Joshi, V. and Sunil, N. 2021. Studies on the effect of foliar application of calcium, potassium and silicon on quality and shelf life of sweet orange (*Citrus sinensis* L.) cv. Sathgudi. J. Pharm. Phytochem. 10: 1. 1711-1713.
6. Shobaky, M.A. and Mohamad, M.R. 2000. Effects of calcium and potassium foliar application on leaves nutrients content, quality and storage life of citrus under drip irrigation in clay soil. J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 25: 8027-8037.
7. Fattahi Moghaddam, J. and Babri, M. 2016. Preharvest calcium chloride spray for increasing of Thomson Navel and Moro oranges quality at harvesting time and during storage. Res. Achiv. Field Hortic. Crops. 5: 1. 47-58. (In Persian)
8. Mahmud, T.M.M., Eryani-Raqeeb, A., Al Syed Omar, S.R., Mohamed Zaki, A.R. and Al Eryani, A.R. 2008. Effects of different concentrations and applications of calcium on storage life and physicochemical characteristics of Papaya (*Carica papaya* L.). Amer. J. Agric. Biol. Sci. 3: 526-533.
9. Obeed, R.S. and Harhash, M.M. 2006. Impact of postharvest treatments on storage life and quality of "Mexican" lime. J. Adv. Agric. Res. 11: 533-549.
10. Fattahi Moghaddam, J. and Hashempour, A. 2018. Effect of pre-harvest calcium chloride spraying on maintaining fruit bioactive compounds and antioxidant capacity of three citrus cultivars during storage. Iran. J. Hort. Sci. Technol. 19: 4. 485-496. (In Persian)
11. El-Hammady, A.M., Abdel-Hamid, N., Saleh, M. and Salah, A. 2000. Effects of gibberellic acid and calcium chloride treatment on delaying maturity, quality and storability of "Balady" mandarin fruits. Arab Univ. J. Agric. Sci. 8: 3. 755-766.
12. Schirra, M. and Mulas, M. 1994. Storage of "Monreal" clementine as affected by CaCl₂ and TBZ postharvest treatments. Agric. Med. 124: 4. 238-248.
13. Joyce, D.C., Shorter, A.J. and Hockings, P.D. 2001. Mango fruit calcium levels and the effect of postharvest calcium infiltration at different maturities. Sci. Hort. 91: 81-99.
14. Pila, N., Gol, N.B. and Ramana Rao, T.V. 2010. Effect of postharvest treatments on physicochemical characteristics and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits during storage. Amer-Eur. J. Agric. Environ. Sci. 9: 5. 470-479.
15. Shiri, M.A., Ghasemnezhad, M., Fatahi Moghadam, J. and Ebrahimi, R. 2015. Enhancing and maintaining nutritional quality and bioactive compounds of "Hayward" kiwifruit: comparison of the effectiveness of different CaCl₂ spraying times. J. Food Proc. Pres. 40: 850-862.
16. Rahman, M.U., Sajid, M., Rab, A., Ali, S., Shahid, M.O., Alam, A., Israr, M. and Ahmad, I. 2016. Impact of calcium chloride concentrations and storage duration on quality attributes of peach (*Prunus persica*). Rus. Agric. Sci. 42: 130-136.
17. Blanco, A., Fernández, V. and Val, J. 2010. Improving the performance of calcium containing spray formulations to limit the incidence of bitter pit in apple (*Malus× domestica* Borkh.). Sci. Hort. 127: 23-28.
18. Tagliavini, M., Toselli, M., Marangoni, B., Stampi, G. and Pelliconi, F. 1995. Nutritional status of kiwifruit affects yield and fruit storage. Acta Hort. 383: 227-237.
19. Dadrastia, A., Forghani, A., Moradi, B. and Fifaei, R. 2009. The effect of urea foliar spray on parameters of Tomson Navel orange. J. Crops Improv. 11: 2. 41-47. (In Persian)
20. Saure, C.M. 2004. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. Sci. Hort. 105: 65-89.
21. Ramezani, A., Rahemi, M. and Vazifehshenas, M.R. 2009. Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. Sci. Hort. 121: 171-175.
22. Wu, S., Zhang, C., Li, M., Tan, Q., Sun, X., Pan, Z., Deng, X. and Hu, C. 2021. Effects of potassium on fruit soluble sugar and citrate accumulations in Cara

- Cara navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Sci. Hort.* 283: 1. 11057.
23. Chaudhary, P., Kaushik, R.A., Rathore, R.S., Sharma, M. and Kaushik, M.K. 2016. Improving growth, yield and quality of Kinnow mandarin through foliar application of potassium and zinc. *Ind. J. Hort.* 73: 4. 597-600.
 24. Monika, G., Soorianathasundaram, K., Auxilia, J., Chitdeshwari, T. and Kavitha, C. 2018. Effect of foliar nutrition of calcium and sulphur on pulp quality attributes and shelf-life of papaya (*Carica papaya* L.). *Intel. J. Chem. Stud.* 6: 4. 2728-2730.
 25. Okada, N., Ooshiro, A. and Ishida, T. 1994. Effect of the level of fertilizer application on the nutrient status of Satsuma mandarin trees. *Proc. Intl. Soc. Citriculture.* 2: 575-579.
 26. Habibi, F. and Ramezani, A. 2017. Changes in physicochemical and bioactive compounds of blood orange fruit 'Sanguine' during ripening. *Iran. J. Hort. Sci. Technol.* 18: 4. 365-376.
 27. Mahajan, B.V.C. and Dhatt, A.S. 2004. Studies on postharvest calcium chloride application on storage behavior and quality of Asian pear during cold storage. *Intl. J. Food Agri. Environ.* 2: 157-159.
 28. Moraga, M.J., Moraga, G., Fito, P.J. and Martinez-Navarrete, N. 2009. Effect of vacuum impregnation with calcium lactate on the osmotic dehydration kinetics and quality of osmodehydrated grapefruit. *J. Food Eng.* 90: 372-379.
 29. Storey, R. and Treeby, M.T. 2002. Nutrient uptake into navel oranges during fruit development. *J. Hort. Sci. Biotech.* 77: 91-99.
 30. Golbabapour, M.M. and Jafarpour, M. 2014. Effect of foliar application with calcium nitrate on quality of Sanguine orange. *Adv. Environ. Biol.* 8: 162-166.
 31. Kumar, M., Jain, M., Singh, J. and Sharma, M. 2017. Effect and economic feasibility of preharvest spray of calcium nitrate, boric acid and zinc sulphate on yield attributing characters of Nagpur mandarin (*Citrus reticulata* Blance). *Hort. Intel. J.* 1: 2-9.
 32. Valivand, M. and Amooaghaie, R. 2021. Foliar spray with sodium hydroxide and calcium chloride advances dynamic of critical elements and efficiency of nitrogen metabolism in *Cucurbita pepo* L. under nickel stress. *Sci. Hort.* 283: 1. 11052.
 33. Yadav, L. and Varu, D.K. 2013. Effect of pre harvest spray and post-harvest dipping of fruit on shelf life and quality of papaya. *The Asian J. Hort.* 8: 2. 581-587.
 34. Mounika, T., Reddy, N.N., Lakshmi, N.J. and Joshi, V. 2017. Studies on the effect of post-harvest treatments on shelf life and quality of mango (*Mangifera indica*) cv. Amrapali. *J. Appl. Nat. Sci.* 9: 4. 2055-2061.
 35. Aly, M.A., Harhash, M.M., Awad, R.M. and El-Kelaway, H.R. 2015. Effect of foliar application with calcium, potassium and zinc treatments on yield and fruit quality of Washington navel orange trees. *Mid. East J. Agric. Res.* 4: 564-568.
 36. Manganaris, A., Vasilakakis, M., Mignani, I., Diamantidis, G. and Tzavella-Klonari, K. 2005. The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspects of cell wall components and susceptibility to brown rot of peach fruits (*Prunus persica* L. cv. Andross). *Sci. Hort.* 107: 1. 4-50.
 37. Jimenez, A., Cressen Kular, G., Firmin, B.J., Robinson, S., Verhoeven, M. and Mullineaux, P. 2002. Changes in oxidative process and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. *Planta.* 214: 751-758.
 38. Mahmoudi, M., Akhlaghi Amiri, N. and Foroutan, A. 2004. Effect of calcium chloride on quantitative and qualitative characteristics and reduction of casualties of Onsho mandarin and Thomson orange. *National Congress on Agricultural Waste Investigation. Tarbiat-e-Moddares Univ., Tehran*, 11p. (In Persian)
 39. Ruoyi, K., Zhifang, Y. and Zhaoxin, L.Z. 2005. Effect of coating and intermittent warming on enzymes,

- soluble pectin substances and ascorbic acid of *Prunus persica* (cv. Zhonghuashoutao) during refrigerated storage. Food Res. Intl. 38: 331-336.
40. Hopkins, W.G. and Huner, N.P.A. 2004. Plant and Inorganic Nutrient. P 241-257. Introduction to plant physiology. 3rd ed. John Wiley and Sons. Inc. Publishers.
41. Singh, D. and Sharma, R.R. 2011. Beneficial effects of pre-harvest carbendazim and calcium nitrate sprays in kinnow (*Citrus nobilis* × *C. deliciosa*) storage. Ind. J. Agric. Sci. 81: 470-472.
42. Raese, J.T., Drake, S.R. and Staiff, D.C. 1999. Calcium sprays, time of harvest and duration in cool storage affects fruit quality of “d’ Anjou” pears in a critical year. J. Plant Nutr. 22: 1921-1929.
43. Domagala, I. and Blaszczyk, J. 2007. The effect of late spraying with calcium nitrate on mineral contents in “Elise” apples. Folia Hort. 19: 47-56.