Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 53, No 2, Summer 2022 (479-491)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.322730.1927

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۱ (ص ۴۹۱-۴۷۹)

نشریه پژوهشی:

اثر موقعیت میوه در تاج درخت و محلول‌پاشی پتاسیم و کلسیم بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی پرتقال تامسون‌ناول

طاهره رئیسی[1*] و جواد فتاحی مقدم[2]
۱ و ۲. استادیار و دانشیار، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲۷)

چکیده

به منظور مطالعه اثر محلول‌پاشی پتاسیم و کلسیم و نیز موقعیت میوه در تاج درخت بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی پرتقال تامسون ناول (*Citrus sinensis* L. Osbeck) آزمایشی دو ساله به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور شامل نوع کود محلول‌پاشی شده در چهار سطح (۱- نیترات پتاسیم، ۲- نیترات کلسیم، ۳- ترکیبی با نیترات پتاسیم و نیترات کلسیم و ٤- شاهد) و موقعیت میوه بر تاج درخت در دو سطح (۱- درون، ۲- بیرون)، با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد ضخامت پوست میوه، شاخص رنگ و نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته کل در میوه‌های برداشت شده از بیرون تاج در مقایسه با درون تاج بیش‌تر بود (P<۰/۰۵). علاوه براین، ضخامت پوست میوه با انجام محلول‌پاشی افزایش یافت و بیش‌ترین افزایش نیز در تیمارهای پتاسیم و ترکیب پتاسیم و کلسیم یافت شد. با انجام محلول‌پاشی کلسیم (تیمارهای کلسیم و ترکیب پتاسیم و کلسیم) مواد جامد محلول و اسیدیته کل در مقایسه با تیمار شاهد و تیمار محلول‌پاشی پتاسیم به طور معنی‌داری کاهش یافت، اما نسبت بین این دو شاخص افزایش یافت. نتایج نشان داد اثر محلول‌پاشی بر فنل‌کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان به موقعیت میوه در تاج درخت بستگی دارد. به طور کلی محلول‌پاشی پتاسیم و کلسیم باعث بهبود کیفیت میوه پرتقال می شود. علاوه‌براین، میوه‌ها در موقعیت‌های مختلف تاج از نظر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی متفاوت هستند و بهتر است به طور جداگانه برداشت شوند تا کیفیت یکنواختی داشته و حداکثر بازگشت اقتصادی حاصل گردد.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته، ضخامت پوست، ظرفیت آنتی‌اکسیدان، فنل، موادجامد محلول.

The effect of fruit position in the canopy and potassium and calcium foliar application on physico-chemical characteristics of ‘Thomson Navel’ sweet orange

Tahereh Raiesi[1*] and Javad Fatahii Moghadam[2]
1, 2. Assistant Professor and Associate Professor, Citrus and Subtropical Fruit Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research and Education Organization (AREO), Ramsar, Iran
(Received: May 15, 2021- Accepted: Dec. 18, 2021)

ABSTRACT

In order to study effect of foliar application of calcium (Ca) and potassium (K) and fruit position in the canopy on physicochemical characteristics of ‘Thomson Navel’ orange trees (*Citrus sinensis* L. Osbeck, a two-year factorial experiment based on randomized complete blocks design carried out with two factors including the type of foliar spray in four levels ($Ca(NO_3)_2$, KNO_3, $Ca(NO_3)_2$+KNO_3, and Control) and fruit position in the tree canopy in two levels (inside or outside) with three replications. The results showed that peel thickness, citrus color index (CCI), and a ratio of total soluble solid to titratable acid (TSS/TA) were higher in the fruits harvested from the outer canopy compared to the canopy inside (P<0.05). Also, the results showed that the peel thickness of the fruit increased with foliar application and the highest increase was found in the foliar spray of K and K+Ca. With Ca foliar application (Ca and K+Ca), TSS and TA significantly decreased compared to the control and potassium foliar application alone, but the ratio between the two indices increased. The results showed that the effect of foliar application on total phenol and antioxidant capacity depends on the position of the fruit on the tree canopy. In conclusion, foliar application of K and Ca cause improve the fruit quality of the ‘Thomson Navel’ sweet orange. Besides, fruit at different canopy positions vary in their physicochemical characteristics and should be harvested separately to have uniform quality and get the maximum economic return.

Keywords: Acidity, antioxidant capacity, peel thickness, phenol, TSS.

* Corresponding author E-mail: taraiesi@gmail.com

مقدمه

مرکبات، یکی از محصول‌های باغی استراتژیک ایران است که مقام اول در بین تولیدات باغی کشور (Iran's Ministry of Agriculture, 2019) و مقام دهم تولید سالیانه مرکبات را در جهان به خود اختصاص داده است (FAO, 2019). یکی از مسایل مهم در مورد مرکبات، تغذیه اصولی و متعادل است. در یک برنامه موفق تغذیه‌ای، باید همه عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه وجود داشته باشد. برای رسیدن به هدف فوق، باغداران از کودهای آلی و شیمیایی در باغ‌های خود استفاده می‌کنند. عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان به دو طریق کاربرد در خاک و یا محلول‌پاشی برگی تأمین می‌شوند. محلول‌پاشی روشی متداول برای تأمین عناصر غذایی در مرکبات است (Raiesi & Moradi, 2019). کاربرد برگی عناصر غذایی چندین مزیت بر کاربرد در خاک این عناصر دارد. با کاربرد برگی عناصر می‌توان نیاز گیاه را در زمان‌های که شرایط خاک از قبیل دما، رطوبت، زهکشی، پ-اچ و شوری نامناسب می‌باشد، و یا در زمان‌های بحرانی برای رشد و عملکرد درختان، تأمین نمود (Raiesi & Moradi, 2017). اطلاع از مراحل رشد و فنولوژی درختان مرکبات، یکی از مهم‌ترین جنبه‌های برنامه تغذیه برگی می‌باشد. در واقع، برای مدیریت صحیح تغذیه برگی، باید از نقش عناصر غذایی در فرایندهای فیزیولوژی گیاه مطلع بود. سپس عنصر غذایی به صورت محلول‌پاشی در مرحله خاصی از رشد درخت با هدف تحریک فرایند فیزیولوژی خاصی به کاربرده شود (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2021; Raiesi & Moradi, 2017).

پتاسیم یکی از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز درختان مرکبات است و مقدار برداشت پتاسیم توسط میوه مرکبات بیش تر از سایر عناصر غذایی است (Mattos *et al*., 2003). در میان تمام عناصر غذایی، پتاسیم دارای بیش‌ترین تأثیر بر کیفیت مرکبات است. در میوه مرکبات، پتاسیم از عمده ترکیب‌های معدنی به شمار می‌رود. در حقیقت پتاسیم نقش بسیار مهمی در تنظیم آب میوه داشته و نقش مهمی را در کنترل آبگیری بافت بازی می‌کند. پتاسیم در تجمع نشاسته/قند و بهبود رابطه منبع-مخزن مورد نیاز است. پتاسیم در انتقال محصول فتوسنتز به سمت میوه به طور مستقیم نقش دارد (Raiesi & Moradi, 2017). به هرحال قابلیت استفاده پتاسیم در خاک تحت تأثیر بافت و کانی‌های خاک، مقدار آب خاک و مقدار پتاسیم اضافه شده به خاک از طریق کودهای شیمیایی یا آلی است (Askegaard *et al.,* 2005). علیرغم وجود مقادیر فراوانی از پتاسیم در بسیاری از خاک‌ها، شکل قابل استفاده این عنصر در مقایسه با دیگر شکل‌های آن بسیار اندک است (Hosseinpur *et al.,* 2014). بنابراین یک راه‌حل برای تأمین سریع پتاسیم برای گیاهان به ویژه در مراحلی بحرانی از رشد گیاه، که پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر کمیت و کیفیت میوه خواهد داشت، انجام محلول‌پاشی پتاسیم است.. بررسی منابع نشان می‌دهد کاربرد کود پتاسیم به ویژه محلول‌پاشی پتاسیم بر کیفیت میوه مرکبات مؤثر می‌باشد. برای مثال محلول‌پاشی پتاسیم در فاز اول رشد میوه منجر به افزایش مواد جامد محلول، ویتامین ث و اسید عصاره میوه پرتقال شد (Dalal *et al.,* 2017). هم‌چنین، تغذیه برگی پتاسیم در زمان شکوفه‌دهی کامل و تکرار آن در مرحله‌ای که قطر میوه پرتقال تامسون‌ناول حدود ۱۲ تا ۲۵ میلی‌متر بود، منجر به به افزایش اسید عصاره میوه پرتقال شد (Omar & El-Enin, 2017).

کلسیم نیز از مهم‌ترین عناصر تأثیرگذار بر کیفیت میوه می‌باشد که در ارتقای کیفیت میوه‌ها در زمان برداشت و حفظ آن طی دوره انبارمانی نیز نقش مهمی ایفا می‌کند. میوه‌هایی که کلسیم بالایی دارند را بهتر می‌توان جابه‌جا کرد و در شرایط مساعد، مدت بیش‌تری باقی می‌مانند (Koutinas *et al.,* 2010). در اغلب خاک‌ها به ویژه خاک‌های آهکی علیرغم بالا بودن کلسیم کل، مقدار کلسیم موجود در فاز محلول پایین می‌باشد (Lindsay, 1979). کلسیم جزو عناصر غیرمتحرک در اغلب گیاه است (Marschner, 2012) و انتقال کلسیم از طریق جریان شیره‌ی آوند چوبی تابعی از تبخیر و تعرق و نیز رشد میوه می‌باشد (Song *et al*., 2018). بررسی روند تغییرات کلسیم در پوست میوه مرکبات نشان داد که غلظت کلسیم در پوست

میوه از ابتدای تشکیل میوه روندی افزایشی داشته و در اوایل مرحله دوم رشد میوه به حداکثر خود می‌رسد و سپس غلظت کلسیم در پوست روندی ثابت تا مرحله شکست رنگ خواهد داشت و بعد از این مرحله به دلیل کامل شدن لایه روغنی پوست روندی کاهشی تا زمان برداشت میوه مرکبات خواهد داشت (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2018). بنابراین، تغذیهٔ کلسیم، از این نظر که هم از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز میوه می‌باشد و هم‌چنین از این جنبه که در آوند آبکش غیر متحرک است، موضوعی پیچیده جلوه می‌کند. در واقع به دلیل عدم تحرک کلسیم در آوند آبکش و به دنبال آن عدم انتقال مجدد کلسیم جذب شده از خاک توسط برگ‌ها به سمت مخازن فعال در فاز رشد زایشی (میوه‌ها)، کاربرد آن در خاک نمی‌تواند به تنهایی نیاز میوه به این عنصر را برطرف سازد. بنابراین یک راه‌حل برای تأمین کلسیم مورد نیاز میوه و به دنبال بهبود کیفیت آن، محلول‌پاشی کلسیم روی میوه است. یکی از عوامل تعیین کننده‌ی کارایی انواع محلول‌پاشی‌ها شامل محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد، عناصر غذایی و دیگر محلول‌های شیمیایی، ضخامت کوتیکول می‌باشد (Baker *et al.,* 1975). لایه‌ی کوتیکول و یا لایه‌ی واکس در سطح میوه‌های به عنوان یک مانعی در برابر از دست دان آب، آسیب‌های مکانیکی، آلودگی‌های میکروبی و غیره عمل می‌کند (Lara *et al.,* 2019). روند توسعه میوه و نیز تشکیل لایه‌ی واکس بر سطح میوی مرکبات نشان داد که در سرتاسر فصل رشد، مساحت سطحی میوه‌ها به طور پیوسته و به ویژه با سرعت رشد بیشتری در اواسط فصل رشد، افزایش می‌یابد (Baker *et al.,* 1975). این درحالی است که مقدار ته‌نشست لایه‌ی واکس بر میوه به طور قابل ملاحظه‌ای طی فصل رشد تغییر یافته، بطوریکه در ابتدای فصل رشد تا زمان ریزش میوه‌چه‌ها روند افزایشی داشته و سپس در اواسط فصل رشد متقارن با زمان توسعه میوه به طور قابل توجهی کاهش یافته و تقریباً به حداقل خود می‌رسد و در ادامه در ماه‌های پایانی رشد میوه‌مرکبات مجددا روند افزایشی داشته و در زمان رسیدن میوه مجددا کاهش می‌یابد (Baker *et al.,* 1975). با توجه به مباحث انجام شده، به نظر می رسد فاز اول رشد میوه و نیز زمان‌های در فاز دوم رشد میوه‌مرکبات، به دلیل حداکثر بودن تبخیر و تعرق از سطح میوه (حداقل سطح کوتیکول، حداکثر سطح میوه و حداکثر جذب کلسیم) و نیز رشد و توسعه سریع میوه، بهترین زمان محلول‌پاشی کلسیم با هدف تأمین نیاز این میوه می‌باشند. بررسی منابع نشان داد که با محلول‌پاشی کلسیم پس از تشکیل میوه، مقدار ویتامین ث در میوه پرتقال (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2018) افزایش یافته است، به عکس کاربرد کلسیم، میزان مواد جامد محلول میوه سیب (Rabiei *et al*., 2011) و کیوی‌فروت (Gerasopoulos *et al.,* 2005) را کاهش داد. در تحقیقی که در مورد انار انجام شده، مشاهده شد که محلول‌پاشی برگی کلسیم و بور موجب افزایش تولید گل، افزایش اندازه میوه، افزایش شاخه‌های ثانویه و افزایش عملکرد میوه انار می‌گردد (Magi *et al.,* 2017).

درختان مرکبات حجم تاج متراکمی از برگ‌ها ایجاد می‌کنند که این موضوع منجر به ایجاد میکرواقلیم‌هایی در تاج درخت می‌گردد. در این میکرواقلیم‌ها شاخص‌هایی مانند دما، فشار بخار و فتوسنتز متفاوت است. شاخص‌های ذکر شده بر حرکت آب و مقدار آب بافت میوه مؤثر هستند که در برگشت این عوامل می‌توانند کیفیت میوه را تحت تأثیر قرار دهند (Cronje *et al.,* 2011).

به طور کلی، در مناطق شمال کشور (چه خاک‌های اسیدی و چه خاک‌های آهکی) به علت کمی ساعت‌های آفتابی، بالا بودن رطوبت نسبی و بارندگی زیاد در شروع فصل رشد، تعرق از سطح برگ در اندام هوایی کم بوده و احتمال کمبود کلسیم و کاهش کیفیت میوه وجود دارد، از سوی دیگر در خاک‌های آهکی تحت کشت مرکبات نیز علیرغم بالا بودن مقدار کل کلسیم در خاک، مقدار کلسیم قابل استفاده در خاک پایین می‌باشد. لذا به نظر می‌رسد محلول‌پاشی کلسیم در بهبود کیفیت میوه مرکبات در این مناطق تأثیرگذار باشد. علاوه براین، پتاسیم یکی از مهم‌ترین عنصر غذایی تأثیرگذار بر کیفیت میوه مرکبات است که برای تأمین این عنصر برای میوه در زمان‌های بحرانی به نظر می‌رسد محلول‌پاشی پتاسیم یک راهکار

مناسب باشد. بر همین اساس این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی عناصر غذایی شامل پتاسیم و کلسیم و نیز اثر موقعیت میوه در تاج درخت بر ویژگی‌های کیفی میوه پرتقال تامسون ناول در زمان برداشت در قطعه باغی در پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری به مدت دو سال اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری- رامسر واقع در دامنه‌های شمالی رشته کوه البرز در شهر رامسر در عرض جغرافیایی ۵۴/۵۶ درجه شرقی و طول جغرافیایی ۴۰/۵۰ درجه شمالی انجام شد. شهرستان رامسر دارای آب و هوای نیمه‌گرمسیری بوده، رطوبت نسبی آن بین ۵۵ تا ۱۰۰ درصد در نوسان می‌باشد. درجه حرارت بین یک تا ۳۶ درجه سلیسیوس است. متوسط درازمدت بارندگی این منطقه ۱۲۰۰ میلی¬متر در سال بود که عمدتاً از شهریور تا اردیبهشت ماه می‌باشد و در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد نیاز آبی مرکبات بیشتر از مقدار بارندگی است (Raiesi *et al.*, 2018).

به منظور تعیین بهترین نوع تیمار کودی محلول‌پاشی‌شده در بهبود کیفیت میوه پرتقال در زمان برداشت، این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار کودی محلول‌پاشی و در سه تکرار در پژوهشکده مرکبات در یک قطعه باغ پرتقال تامسون ناول روی پایه فلائینگ‌دراگون با ۲۰ سال سن به مدت دو سال (۱۳۹۷-۱۳۹۶) اجرا شد. در تحقیق حاضر، هر سه درخت به عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد.

قبل از اجرای آزمایش نمونه‌های مرکب خاک از عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اولیه خاک محل آزمایش مطابق روش‌های معمول (Rairsi & Moradi, 2019) تعیین گردید. هم‌چنین، نمونه‌برداری برگ مطابق روش استاندارد در مرداد ماه قبل از شروع آزمایش انجام (Obreza *et al*., 2010) و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، بور، آهن، روی، منگنز و مس در آنها اندازه‌گیری شد (Kalra, 1998).

در این پژوهش اثر محلول‌پاشی کلسیم و پتاسیم و نیز موقعیت میوه در تاج درخت بر خصوصیات کیفی میوه پرتقال در زمان برداشت بررسی شد. تیمارهای محلول‌پاشی شامل ۱- محلول‌پاشی با نیترات پتاسیم با غلظت چهار در هزار در زمان پس از تشکیل میوه و با غلظت شش در هزار در زمان پس از ریزش فیزیولوژی میوه‌چه‌ها، ۲ – محلول‌پاشی با نیترات کلسیم با غلظت چهار در هزار در نیمه دوم مرداد و با غلظت شش در هزار در ابتدای زمان شروع مرحله شکست رنگ (نیمه دوم شهریور)، ۳- محلول‌پاشی ترکیبی با نیترات پتاسیم و نیترات کلسیم در زمان¬های ذکر شده ۴– تیمار شاهد، بودند. در هر سال برای هر تیمار مقدار ۱۲ لیتر آب برای هر درخت در نظر گرفته شد. کلیه عملیات باغداری شامل کوددهی بر اساس نتایج تجزیه خاک، برگ و همچنین پیش‌بینی عملکرد متوسط درختان (به جز محلول‌پاشی پتاسیم و کلسیم)، هرس، کنترل علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها، طی مدت اجرای آزمایش برای همه درختان به‌طور یکسان انجام گردید.

در آذر ماه پس از رسیدن متوسط نسبت میزان مواد جامد محلول کل (TSS) به اسیدیته قابل تیتراسیون میوه به ۷-۶/۵ (Fattahi Moghadam *et al.*, 2012)، میوه‌های سالم و با وزن یکسان (۲۰۰±۲۰ گرم) از یک ارتفاع از بیرون تاج و نیز درون تاج از هر چهار طرف درخت برداشت شدند. در زمان برداشت پنج میوه یکنواخت و بدون آسیب از هر تیمار هر تکرار برداشت گردید و مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، مقدار ویتامین ث، ضخامت پوست، محتوای فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان در گوشت میوه اندازه‌گیری شد. مواد جامد قابل حل به روش رفرکتومتری چشمی اندازه¬گیری شد. مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال اندازه¬گیری شد. ضخامت پوست با استفاده از کولیس اندازه¬گیری شدند. برای تعیین ویتامین ث عصاره میوه با محلول متافسفریک اسید مخلوط کرده و با روش تیتراسیون با دی کلروفنل ایندوفنل تعیین شد. فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان گوشت میوه‌ها با استفاده از محلول

متانول اسیدی شده استخراج شده (Boeing *et al.,* 2014) و فنل به روش فولین سیکالتئو (Singleton *et al.,* 1965) و ظرفیت آنتی‌اکسیدان نیز در محلول استخراجی ذکر شده به روش مهار رادیکال‌های آزاد (Brand *et al.,* 1995) اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین، رنگ پوست میوه‌های با استفاده از دستگاه کرومومتر اندازه¬گیری شد. در این روش مقادیر L* (درخشندگی)، a* (سبزی (-) به قرمزی (+))، b* (آبی (-) به زردی (+))، اندازه¬گیری شد. شاخص رنگ پوست مرکبات (CCI*) با استفاده از سه شاخص a*، L* و b* و قرار دادن در فرمول (CCI*=1000a*/b*.L*) محاسبه شد. منفی بودن مقدار عددی به‌دست آمده به‌معنی رنگ سبز تا سبز تیره پوست است. مقادیر عددی نزدیک به صفر به معنی رنگ سبز- زرد (متوسط) است. مقادیر نزدیک به صفر ولی مثبت به معنی رنگ زرد است و مقادیر مثبت بزرگ به معنی نارنجی-قرمز است (Jimenez-Cuesta *et al.,* 1981).

اثر سال، نوع کود محلول‌پاشی شده و موقعیت میوه بر تاج درخت بر مواد جامدمحلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، ضخامت پوست میوه، فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان توسط تجزیه واریانس مرکب مورد سنجش قرار گرفت. معنی‌دار بودن تفاوت‌ها توسط آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد بررسی شد. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج بررسی ویژگی‌های اولیه خاک مورد مطالعه (جدول ۱) نشان داد که خاک مورد بررسی خاکی اندکی اسیدی غیر شور بود. هم‌چنین، بر اساس نتایج تجزیه برگ (جدول ۲) غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی برگ در دامنه بهینه و غلظت کلسیم، منیزیم، بور و مس در دامنه کم قرار داشتند (Obreza *et al.,* 2010).

نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر سال، نوع محلول‌پاشی و موقعیت میوه در تاج درخت بر شاخص‌های مورد مطالعه در میوه پرتقال تحت تیمارهای مطالعه شده در جدول ۳ آورده شده است. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که همه‌ی شاخص‌های مورد بررسی با استثنا اسیدیته کل و ویتامین ث در دو سال مورد مطالعه متفاوت بودند ($p<۰/۰۵$). بررسی اثرات اصلی سال نشان داد که در سال دوم شاخص شدت رنگ پوست میوه، مواد جامد محلول، نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته کل و فنل‌کل بیشتر از سال اول بود (داده ها آورده نشده است). علاوه براین، اثر کود بر همه ویژگی‌های مورد بررسی با استثنا شاخص شدت رنگ معنی‌دار بود. هم‌چنین، اثر موقعیت میوه در تاج درخت بر شاخص شدت رنگ، ضخامت پوست، مواد جامد محلول و نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته معنی‌دار بود. هم‌چنین، اثرات متقابل دو گانه کود در موقعیت میوه بر تاج درخت فقط بر فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان معنی‌دار بود.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باغ مورد مطالعه.

Table 1. Physicochemical soil properties of studied orchards.

Soil depth	clay	silt	Electrical conductivity	pH	Organic carbon	Nitrogen	Potassium	Phosphorus
cm	%		dS/m	-	%	%	mg/kg	
0-30	20	41	0.68	6.6	2.5	0.45	439	57
30-60	31	43	.19	6.5	1.3	0.28	244	30

جدول ۲. نتایج تجزیه برگ قبل از اجرای آزمایش.

Table 2. Leaf analysis results before the experiment.

Nutrient	N	K	P	Ca	Mg	B	Fe	Mn	Zn	Cu
	%					mg/kg				
concentration	2.5	1.5	0.15	2.8	0.20	35	118	47	37	4.4

N, K, P, Ca, Mg, B, Fe, Mn, Zn, Cu are Nitrogen, Potassium, Phosphorus, Calcium, Magnesium, Boron, Iron, Manganese, Zinc and Copper, respectively.

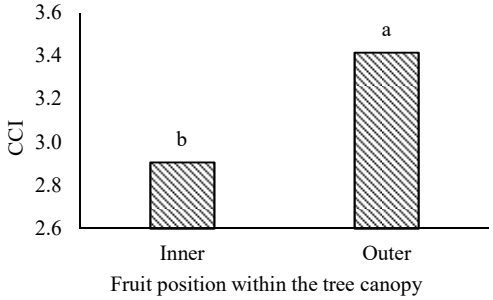
جدول ۳.نتایج تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی کلسیم و پتاسیم و موقعیت میوه در تاج درخت بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی میوه طی دو سال نمونه‌برداری (۱۳۹۷-۱۳۹۶).

Table 3. Results of variance analysis effect of calcium and potassium foliar spray and fruit position within the tree canopy on fruit Physico-chemical attributes over two sampling years (2017-2018).

Source of variation	d.f.	Mean of squares							
		Citrus colour index	Peel thickness	Total soluble solid	Total acidity	Total soluble solid to Total acidity	Vitamine C	Total phenol	Antioxidant capacity
Year	1	10	3.1*	13*	0.04n.s	1.7*	5.7n.s	70976*	56n.s
Error (a)	4	0.29	0.10	0.12	0.02	0.41	8.2	387	3.37
Foliar spray	3	0.60n.s	1.0*	2.2*	0.17*	0.69*	78*	4872*	69*
Foliar spray × Year	3	0.16n.s	0.16n.s	0.57	0.02n.s	0.04n.s	94	2666	34
Position	1	3.1*	2.0*	2.1*	<0.01n.s	1.4*	4.6n.s	952n.s	17n.s
Position×Year	1	0.01n.s	0.46*	<0.01n.s	<0.01n.s	0.06n.s	11n.s	3884*	36*
Foliar spray ×Position	3	0.07n.s	0.03n.s	0.21n.s	0.01n.s	0.16n.s	12n.s	11717*	287*
Foliar spray ×Position×Year	3	0.18n.s	0.11n.s	0.10n.s	0.01n.s	0.05n.s	12n.s	457n.s	57*
C.V (%)	-	24	4.5	2.8	6.8	7.7	6.5	9.6	9.1

n.s و *: به‌ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵>P .

n.s , * Non-significantly difference and significancly diffrenceat $P<0.05$ level, respectively.



شکل ۱.مقایسه میانگین اثر موقعیت میوه در تاج درخت بر شاخص رنگ پوست میوه پرتقال تامسون‌ناول.

Figure 1. Mean comparison effect of fruit position within the tree canopy on citrus color index (CCI) of 'Thomson Navel' sweet orange.

شاخص شدت رنگ

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود فقط اثر موقعیت میوه در تاج درخت بر شاخص شدت رنگ پوست میوه معنی‌دار بود. مقدار شاخص شدت رنگ در میوه‌های نمونه‌برداری شده از موقعیت بیرون تاج (۳/۴۱) در مقایسه با میوه‌های درون تاج (۲/۹۱) بیش‌تر بود (شکل ۱). مقادیر مثبت بزرگ شاخص شدت رنگ به معنی رنگ نارنجی-قرمز است (Jimenez-Cuesta *et al.,* 1981). رنگ میوه یک پارامتر مهم برای استانداردهای کیفیت، بازارپسندی و پذیرش مصرف‌کننده است و از اهمیت ویژه‌ای برای تازه‌خوری میوه برخوردار است (Lado *et al.,* 2019). رنگ پوست میوه مرکبات بیش‌تر تابعی از ژنتیک است ولی برخی فاکتورهای محیطی شامل دما و نور می‌توانند بر رنگ پوست میوه مرکبات تأثیرگذار باشند (Lado *et al.,* 2019). موقعیت میوه در تاج درخت به‌واسطه تأثیر بر شدت و مقدار نور دریافتی میوه بر رنگ پوست پرتقال و نارنگی تأثیر دارد. بطوریکه میوه‌های برداشت شده از بیرون تاج که در معرض نور خورشید هستند در مقایسه با میوه‌های برداشته شده از داخل تاج رنگ نارنجی شفاف‌تری دارند (Khalid *et al.*, 2012; Cronje *et al.,* 2013; Magwaza *et al.,* 2013). بنابراین میوه‌های برداشت شده از بیرون تاج به دلیل داشتن رنگ‌های نارنجی پررنگ و درخشنده برای مصرف کنندگان جذاب‌تر هستند.

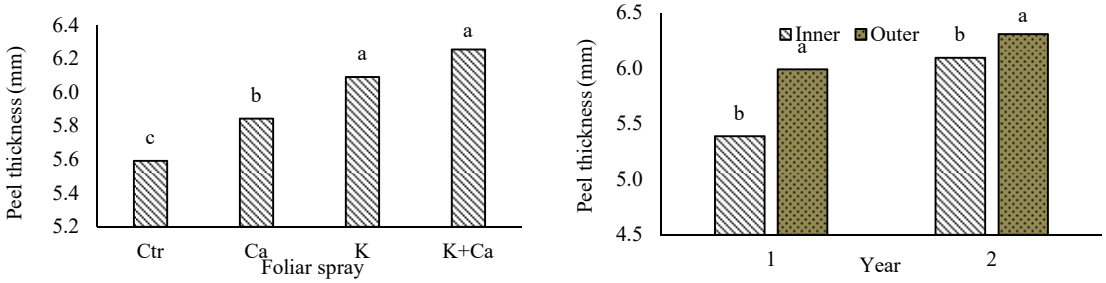
ضخامت پوست

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود اثرات اصلی کود و موقعیت میوه در تاج درخت بر ضخامت پوست میوه معنی‌دار بود. میوه‌های برداشته شده از بیرون تاج (۶/۲ میلی‌متر) در مقایسه با میوه‌های درون تاج (۵/۷ میلی‌متر) ضخامت پوست بیش‌تری داشتند (شکل ۲، سمت راست). مطابق نتایج حاضر ضخیم‌تر بودن پوست میوه مرکبات در میوه بیرون تاج در مقایسه با میوه‌های درون تاج در تحقیقات دیگر نیز گزارش شده است (Khalid *et al*., 2012; Cronje *et al.*, 2013). هم‌چنین دامنه ضخامت پوست میوه در تیمارهای محلول‌پاشی مورد مطالعه از ۵/۶ تا ۶/۳ میلی‌متر متغیر بود. به‌طور کلی با انجام محلول‌پاشی چه پتاسیم و چه کلسیم

ضخامت پوست میوه افزایش یافته است. بیش‌ترین ضخامت پوست در تیمارهای محلول‌پاشی شده با پتاسیم و کم‌ترین ضخامت پوست در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل۲، سمت چپ). مطابق نتایج حاضر در پژوهش‌های دیگر افزایش ضخامت پوست مرکبات به دنبال کاربرد پتاسیم گزارش شده است (Vijay *et al.,* 2016).

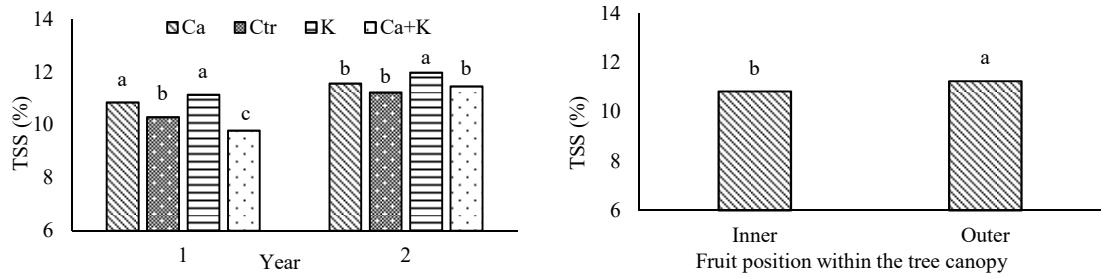
موادجامد محلول

بررسی نتایج جدول ۱ نشان داد که اثرات اصلی کود و موقعیت میوه در تاج درخت و نیز اثر متقابل سال در کود بر موادجامد محلول معنی‌دار می‌باشد. هم‌چنین میوه‌های برداشت شده از موقعیت بیرون تاج (۱۱/۳ درصد) در مقایسه با درون تاج (۱۰/۸ درصد) دارای مواد جامد محلول بیش‌تری بودند (شکل ۳، سمت راست). بررسی منابع نشان می‌دهد عمدتاً میوه‌های برداشت شده از بیرون تاج به دلیل دریافت تشعشعات نوری بیش‌تر و نیز بالاتربودن ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها (Yamanishi & Hasegawa, 1995; Barritt *et al.,* 1987)، حاوی مواد جامد محلول بیش‌تری در مقایسه با میوه‌های برداشت شده از درون تاج می‌باشند (Moon *et al.,* 2011; Khalid *et al.,* 2012; Verreynne *et al.,* 2004). در سال اول مطالعه حاضر دامنه مواد جامد محلول از ۹/۸ تا ۱۱/۲ و در سال دوم مطالعه حاضر دامنه مواد جامد محلول از ۱۱/۲ تا ۱۲/۰ متغیر بود در هر دو سال مورد مطالعه کم‌ترین مواد جامد محلول در میوه‌های محلول‌پاشی شده با یون کلسیم (تیمارهای ترکیبی و محلول‌پاشی با نیترات کلسیم) و بیش‌ترین در تیمار محلول‌پاشی با نیترات پتاسیم مشاهده شد (شکل ۳، سمت چپ). پتاسیم در تجمع نشاسته/قند و بهبود رابطه منبع-مخزن مورد نیاز است. پتاسیم در انتقال محصول فتوسنتز به سمت میوه به طور مستقیم نیز نقش دارد. مقدار مواد جامد محلول میوه پرتقال والنسیا با محلول‌پاشی این درختان با محلول ۱٪ نیترات پتاسیم افزایش یافته است (Singh & singh, 1981). علاوه براین بررسی منابع نشان داد که مطابق با نتایج حاضر با کاربرد کلسیم مواد جامد محلول در سیب درختی کاهش یافته است (Rabiei *et al.,* 2011).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی پتاسیم و کلسیم (شکل سمت چپ) و نیز مقایسه میانگین اثر موقعیت میوه در تاج درخت (شکل سمت راست) بر ضخامت پوست میوه پرتقال تامسون‌ناول.

Figure 2. Mean comparison effect of foliar spray of K and Ca (left) and also mean comparison effect of fruit position within the tree canopy (right) on peel thikness of ‘Thomson Navel’ sweet orange.

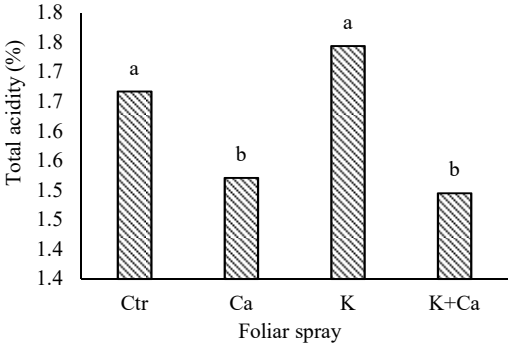


شکل ۳. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی پتاسیم و کلسیم (شکل سمت چپ) و نیز مقایسه میانگین اثر موقعیت میوه در تاج درخت (شکل سمت راست) بر مواد جامد محلول. پرتقال تامسون‌ناول

Figure 3. Mean comparison effect of foliar spray of K and Ca (left) and also mean comparison effect of fruit position within the tree canopy (right) on total soluble solid (TSS) of ‘Thomson Navel’ sweet orange.

اسیدیته کل

تنها اثر کود بر اسیدیته کل معنی‌دار بود. دامنه اسیدیته از ۱/۵ (تیمار ترکیبی) تا ۱/۷ (تیمار پتاسیم) درصد متغیر بود. کم‌ترین مقدار اسیدیته کل در میوه‌های محلول‌پاشی شده با تیمارهای حاوی یون کلسیم (تیمارهای ترکیبی و نیترات کلسیم) و بیش‌ترین در تیمار محلول‌پاشی با نیترات پتاسیم مشاهده شد (شکل ۴). در تحقیقی مشاهده شد که مقدار اسیدیته میوه پرتقال والنسیا با محلول‌پاشی با محلول ۱٪ نیترات پتاسیم افزایش یافته است (Singh & Singh, 1981). مشابه نتایج مطالعه حاضر، کوددهی پتاسیم سبب افزایش اسیدیته میوه سیب شده و با افزایش غلظت کود پتاسیم میزان اسیدیته افزایش نشان داده است (Nava *et al.,* 2008). در تحقیقی دیگر با بررسی اثر سولفات پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه پرتقال مشاهده شد که تغذیه برگی پتاسیم سبب افزایش اسیدیته شده است (Jahanbean *et al.,* 2008). به هر حال مشاهده تأثیر منفی محلول‌پاشی کلسیم (تیمارهای ترکیبی و نیترات کلسیم) بر اسیدیته کل در مطالعه حاضر، این احتمال را قوت می‌بخشد که تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم بر اسیدیته کل به مراتب بیش‌تر از تأثیر پتاسیم به تنهایی است. هرچند نویسندگان مقاله حاضر به دلیل عدم اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی در گوشت میوه داده‌ای برای اثبات فرضیه فوق ندارند.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی پتاسیم و کلسیم بر اسیدیته کل میوه. پرتقال تامسون‌ناول

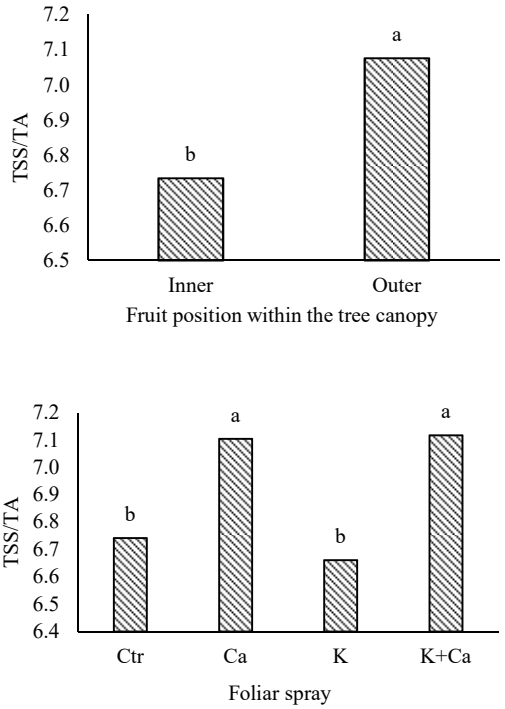
Figure 4. Mean comparison effect of foliar spray of K and Ca (left) on total acidity (TA) of 'Thomson Navel' sweet orange

نتایج مطالعه‌های همبستگی Moradi *et al.* (2016) نیز نشان داد که اسیدیته قابل تیتراسیون میوه کیوی در زمان برداشت همبستگی منفی معنی‌داری با کلسیم و نیز همبستگی مثبت معنی‌داری با نسبت‌های پتاسیم به کلسیم در میوه داشتند. این درحالی بود که در مطالعه ذکر شده رابطه معنی‌داری بین غلظت پتاسیم در میوه و اسیدیته کل مشاهده نشد. در برخی مطالعه‌های دیگر نیز مشخص شده که مقدار اسیدیته کل میوه متأثر از موقعیت میوه بر تاج درخت نمی‌باشد که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد (Suzuki *et al.,* 1973).

نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته کل

موقعیت میوه و نوع کود محلول‌پاشی شده تأثیر معنی‌داری بر نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته کل میوه داشت. بررسی نتایج نشان داد که این نسبت در میوه‌های برداشت شده از موقعیت بیرون تاج در مقایسه با میوه‌های درون تاج بیش‌تر بود. بنابراین میوه‌های بیرون تاج و نیز میوه‌های محلول‌پاشی شده با یون کلسیم طی فصل رشد زودتر به بلوغ فیزیولوژی برای برداشت می‌رسند. هم‌چنین، میوه‌های محلول‌پاشی شده با یون کلسیم حاوی نسبت بالاتری در مقایسه با تیمار شاهد و تیمار پتاسیم بودند (شکل ۵). همان‌طور که در شکل‌های ۳ و ۴ ملاحظه می‌شود میوه‌های تیمار شده با یون کلسیم در مقایسه با شاهد و تیمار محلول‌پاشی با نیترات پتاسیم حاوی اسیدیته کل و مواد جامد محلول کم‌تری هستند. برای مثال به طور متوسط در تیمارهای محلول‌پاشی شده با یون کلسیم (نیترات کلسیم و تیمار ترکیبی) مقدار اسیدیته و موادجامد محلول در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب ۵ و ۱۰ درصد و در مقایسه با تیمار محلول‌پاشی با نیترات پتاسیم به‌ترتیب ۸ و ۱۴ درصدکاهش یافتند. بنابراین مقدار کاهش اسیدیته در مقایسه با مواد جامد محلول در تیمارهای محلول‌پاشی کلسیم بیش‌تر بود و همین موضوع منجر به افزایش نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته کل در این تیمارها در مقایسه با تیمارهای شاهد و نیترات پتاسیم شد. یکی از ویژگی‌های کیفی مهم مرکبات نسبت

اسید به قند میوه این درختان می‌باشد. نسبت یکی از شاخص‌های مهم و تعیین‌کننده طعم مرکبات می‌باشد و نیز شاخص مهمی برای برداشت مرکبات است. بنابراین میوه‌های بیرون تاج و نیز میوه‌های محلول‌پاشی شده با یون کلسیم طی فصل رشد زودتر به بلوغ فیزیولوژی برای برداشت می‌رسند.

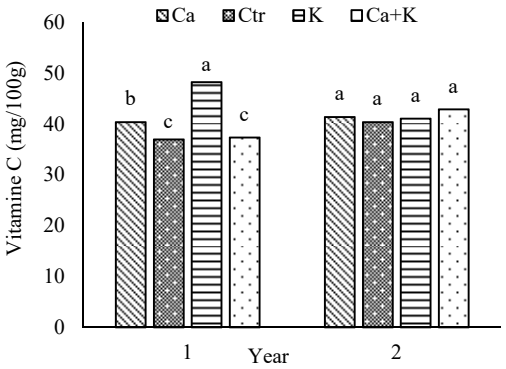


شکل ۵. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی پتاسیم و کلسیم (شکل سمت بالا) و نیز مقایسه میانگین اثر موقعیت میوه در تاج درخت (شکل سمت پایین) بر نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته کل پرتقال تامسون‌ناول.

Figure 5. Mean comparison effect of foliar spray of K and Ca (left) and also mean comparison effect of fruit position within the tree canopy (right) on the ratio of total soluble solid to total acidity (TSS/TA) of ‘Thomson Navel’ sweet orange.

ویتامین ث

بررسی نتایج نشان داد مقدار ویتامین ث در میوه‌های مورد مطالعه فقط متأثر از کود و اثر متقابل کود در سال بودند. به طوری که در سال اول دامنه مقدار ویتامین ث در میوه‌ها از ۳۷ تا ۴۸ میلی‌گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ گرم و در سال دوم از ۴۰ تا ۴۳ متغیر بود. در سال اول مطالعه حاضر میوه‌های محلول‌پاشی شده با نیترات پتاسیم در مقایسه با سایر تیمارها حاوی ویتامن ث بیش‌تری بودند (شکل ۶). در تحقیقی دیگر مشخص شده که پتاسیم باعث افزایش ویتـامین ث و هـم چنـین افزایش عمر انبارداری میوه مرکبات شد (Ashkevari *et al.,* 2010). هم‌چنین طبق گزارش Khalid *et al.* (2012) موقعیت میوه بر تاج درخت تأثیر معنی‌داری بر مقدار ویتامین ث میوه نداشته که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد.



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی پتاسیم و کلسیم بر ویتامین ث میوه پرتقال تامسون‌ناول.

Figure 6. Mean comparison effect of foliar spray of K and Ca (left) on vitamin C of ‘Thomson Navel’ sweet orange.

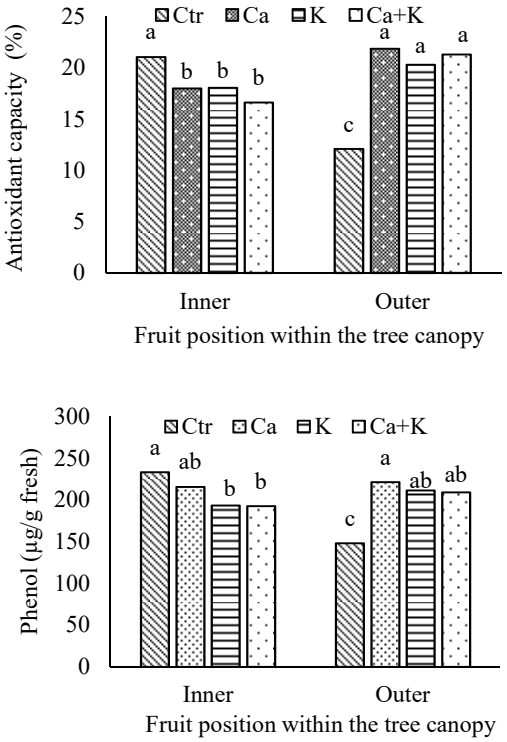
فنل کل

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود اثر کود محلول‌پاشی شده، موقعیت میوه در تاج درخت و اثر متقابل کود در سال، موقعیت در سال و نیز اثر متقابل دو طرفه کود در موقعیت میوه در تاج درخت بر مقدار فنل‌کل معنی‌دار بود. بنابراین اثر نوع کود محلول‌پاشی شده بر مقدار این ویژگی به موقعیت میوه در تاج درخت بستگی دارد. دامنه مقدار فنل‌کل از ۱۴۸ تا ۲۳۳ میکروگرم بر گرم متغیر بود. کم‌ترین مقدار فنل‌کل در میوه‌های برداشت شده از بیرون تاج در تیمار شاهد و بیش‌ترین مقدار فنل‌کل در میوه‌های برداشت شده از درون تاج در تیمار شاهد مشاهده شد. هرچند مقدار فنل در میوه‌های برداشت از درون تاج در تیمار شاهد با مقدار فنل در میوه‌های بیرون تاج در هر سه تیمار محلول‌پاشی مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نداشت. علاوه براین، بررسی نتایج نشان داد بین محتوای فنل میوه‌های برداشت شده از داخل و بیرون تاج در مورد سه تیمار

محلول‌پاشی تفاوت معنی‌دار ی مشاهده نشد اما در مورد تیمار شاهد، مقدار فنل در میوه‌های برداشت شده از درون تاج در مقایسه با بیرون تاج بیش‌تر بود (شکل ۷، سمت چپ). در مورد تأثیر موقیت میوه بر تاج درخت بر مقدار فنل گزارش ضد و نقیضی وجود دارد. برای مثال بررسی منابع نشان داد مقدار فنل‌کل در میوه برداشت شده از موقعیت بیرون تاج بسیاری از درختان مانند سیب (Jakopic *et al.,* 2009)، زردآلو (Karabulut *et al.,* 2017) بیش‌تر از میوه‌های برداشت شده از درون تاج می‌باشد. دلیل رخداد فوق در مطالعه‌های ذکر شده به دریافت تشعشعات بیش‌تر در میوه‌های مستقر شده در بیرون تاج و درنتیجه افزایش تولید آمینوسید فنیل‌آلانین که می‌تواند در دو مسیر سنتز پروتئین و سنتز متابولیت‌های ثانویه مثل ترکیب‌های فلاونوئید و فنلی بسته به نسبت کربن به نیتروژن (Winger *et al.,* 2006) استفاده شود، ارتباط داده شده است. به هر حال در این مطالعه این موضوع به ویژه در مورد تیمار شاهد مشاهده نشد و یافتن سازوکار برای این اختلاف نیازمند تحقیقات بیش‌تری است. هرچند کم‌تر بودن مقدار فنل در میوه‌های مستقر شده در بیرون تاج در مقایسه با درون تاج در تیمار شاهد مطالعه حاضر با نتایج Magwaza *et al.* (2013) که گزارش کردند میوه‌های نارنگی برداشت شده از موقعیت بیرون تاج در مقایسه با درون تاج ترکیب‌های فنلی کم‌تری داشتند، مطابقت دارد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدان

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود اثر کود محلول‌پاشی شده، موقعیت میوه در تاج درخت و اثر متقابل کود در سال، موقعیت در سال و نیز اثر متقابل دو طرفه کود در موقعیت میوه در تاج درخت بر ظرفیت آنتی‌اکسیدان معنی‌دار بود. بنابراین اثر نوع کود محلول‌پاشی شده بر مقدار این ویژگی به موقعیت میوه در تاج درخت بستگی دارد. دامنه مقدار ظرفیت آنتی اکسیدان از ۱۲ تا ۲۲ درصد متغیر بود. کم‌ترین مقدار ظرفیت آنتی اکسیدان در میوه‌های برداشت شده از موقعیت بیرون تاج در تیمار شاهد و بیش‌ترین مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدان در میوه‌های برداشت شده از بیرون تاج در هر سه تیمار محلول‌پاشی مورد مطالعه و نیز در میوه‌های برداشت شده از موقیت درون تاج در تیمار شاهد مشاهده شد. هم‌چنین بررسی نتایج نشان داد که در مورد سه تیمار محلول‌پاشی ظرفیت آنتی‌اکسیدان میوه‌های برداشت شده از بیرون تاج در مقایسه با درون تاج بیش‌تر بود ولی در مورد تیمار شاهد، ظرفیت آنتی‌اکسیدان در میوه‌های برداشت شده از درون تاج در مقایسه با بیرون تاج بیش‌تر بود (شکل ۷، سمت راست). به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که در میوه‌های بیرون تاج با انجام محلول‌پاشی مقدار فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان افزایش یافت اما در میوه‌های درون تاج حداکثر فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان در تیمار شاهد یافت شد. بنابراین، محلول‌پاشی پتاسیم و کلسیم می‌تواند اثرات منفی نور بر سنتز فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدان را حذف نماید.



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی و موقعیت میوه در تاج درخت بر مقدار فنل‌کل (شکل سمت بالا) و ظرفیت آنتی اکسیدان (شکل سمت پایین) گوشت میوه پرتقال تامسون‌ناول.

Figure 7. Mean comparison effect of foliar spray and fruit position within the tree canopy on total phenol (left) and antioxidant capacity (right) of 'Thomson Navel' sweet orange.

نتیجه‌گیری کلی

محلول‌پاشی عناصر غذایی به ویژه در مرحله خاصی از رشد درخت با هدف بهبود کیفیت میوه مرکبات حائز اهمیت است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میوه‌های برداشت شده از بیرون تاج به‌دلیل داشتن شاخص رنگ بیش‌تر، و نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته کل بالاتر از پذیرش بیش‌تری برخوردار بوده و بازارپسندتر می‌باشند. هم‌چنین بررسی نتایج نشان داد محلول‌پاشی با نیترات پتاسیم پس از تشکیل میوه و پس از ریزش فیزیولوژی میوه‌چه‌ها و نیز محلول‌پاشی با نیترات کلسیم در نیمه دوم مردادماه و در زمان شروع شکست رنگ (نیمه دوم شهریور) می‌توانند موجب بهبود شاخص‌های بیوشیمیایی میوه شوند. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، محلول‌پاشی کلسیم قبل از کامل شدن لایه واکس میوه و پس از تشکیل میوه تا زمان ریزش فیزیولوژیک تابستانه و و محلول‌پاشی پتاسیم در فاز دوم رشد میوه انجام شود.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب ۷-۱۷-۳۳-۰۴۱-۹۶۰۴۹۳ پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری (رامسر) است که از حمایت مالی آن واحد، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Asadi Kangarshahi, A. & 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. *Iranian Journal of Soil Research*, 32, 57-71. (In Farsi).
2. Asadi Kangarshahi, A. & Akhlaghi Amiri, N. (2021). Effect of urea spray accordance with growth phenology on yield and alternate bearing of satsuma mandarin (*Citrus unshiu*). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52(1), 99-111. (In Farsi).
3. Askegaard, M., Hansen, H.C.B. & Schjoerring, J.K. (2005). Acation exchange resin method for measuring long-term1-potassium release rate from soil. *Plant Soil,* 271, 63-74.
4. Ashkevari, A., Hossein Zadeh, S.H. & Miransari, M. (2010). Potassium fertilization and fruit production of page citrus on a punsirus rootstock: quantitative and qualitative traits. *Journal of Plant Nutrition,* 33, 1564-1578.
5. Baker, E. A., Procopiou, J. & Hunt, G. M. (1975). The cuticles of *Citrus* species. Composition of leaf and fruit waxes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 26(8), 1093-1101.
6. Barritt, B., Rom, C., Guelich, K.R., Drake, S. & Dilley, M. (1987). Canopy position and light effects on spur, leaf, and fruit characteristics of 'Delicious' apple. *Hortscience*, 22, 402-405.
7. Boeing, J., Barizao, E.O., Silva, B.C., Montanher, P.F., Almeida, V. & Visentainer J. (2014). Evaluation of solvent effect on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities from the berries: application of principal component analysis. *Chemistry Central Journal*, 8, 1-9.
8. Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT – Food Science and Technology*, 28, 25-30.
9. Cronje, P.J.R., Barry, G.H. & Huysamer, M. (2011). Fruit position during development of Nules Clementine' mandarin affects the concentration of K, Mg, and Ca in the flavedo. *Scientia Horticulture,* 130, 829-837.
10. Cronje, P.J.R., Barry, G.H. & Huysamer, M. (2013). Canopy position affects pigmentexpression and accumulation of flavedo carbohydrates of 'Nules Clementine'mandarin fruit, thereby affecting rind condition. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 138, 217-244.
11. Dalal, R. P. S., Vijay, S. & Beniwal, B. S. (2017). Influence of foliar sprays of different potassium fertilizers on quality and leaf mineral composition of sweet orange (*Citrus sinensis*) cv. Jaffa *InternationalJournal of Pure and Applied Bioscience*, 5(5), 587-594.
12. Food and Agriculture Organization. (2019). *FAOSTAT, production*. From http://www.fao.org.
13. Fattahi Moghadam, J., Hamidoghlo, Y., Fotouhi Ghazvini, R., Ghasemnezhad, M. & Bakhshi, D. (2012). Determination of suitable harvesting time based on fruit bioactive compounds and antioxidant capacity in some citrus cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology,* 12, 355-368. (In Farsi).
14. Gerasopoulos, D. & Drogoudi, P.D. (2005). Summer pruning and preharvest calcium chloride sprays effect storability and low temperature breakdown incidence in Kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 36, 303-308.

15. Hosseinpur, A.R., Raisi, T., Kiani, S. & Motaghian, H.R. (2014). Potassium-release characteristics and their correlation with bean (*Phaseolus vulgaris*) plant indices in some calcareous soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45, 726-740.
16. Iran's Ministry of Agriculture-Jihad. (2019). *Orchard crops statistics in 2017*. Tehran: Information and Communications Technology Center. (In Farsi).
17. Jahanbean, R., Yavari, S., Eshghi, S. & Tafazoli, E. (2008). The effect of 2,4-D and K_2SO_4 on quantitative and qualitative characteristics of sweet orange cv. navel fruits. *Journal of Horticulture Science (Agricultural Sciences and Technology)*, 22, 101-112. (In Farsi).
18. Jakopic, J., Stampar, F. & Veberic, R. (2009). The influence of exposure to light on the phenolic content of 'Fuji' apple. *Scientia Horticulturae*, 123, 234-239.
19. Jimenez-Cuesta, M.; Cuquerella, J. & Martínez-Jávega, J. (1981). Determination of a color index for citrus fruit degreening. *Proceeding in International Society of Citriculture,* 2, 750-753.
20. Kalra, Y.P. (1998). *Handbook of reference methods for plant analysis*, CRC, London.
21. Karabulut, I., Bilenler, T., Sislioglu, K., Gokbulut, I., Seyhan, F., Sani Ozdemir, I. & Ozturk, B. (2017). Effect of fruit canopy positions on the properties of apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties. *Journal of Food Biochemistry,* 42, e12458-e12470.
22. Khalid, S., Malik, A.U., Saleem, B.A., Khan, A.S., Khalid, M. Sh. & Amin, M. (2012). Tree age and canopy position affect rind quality, fruit quality and rind nutrient content of 'Kinnow' mandarin (*Citrus nobilis* Lour × *Citrus deliciosa* Tenora). *Scientia Horticulturae*, 135, 137-144.
23. Koutinas, N., Sotiropoulos, T., Petridis, A., Almaliotis, D., Deligeorgis, E., Therios, I. & Voulgarakis, N. (2010). Effects of preharvest calcium foliar sprays on several fruit quality attributes and nutritional status of the kiwifruit cultivar Tsechelidis. *Horticulture Science,* 45, 984-987.
24. Lado, J., Alós, E., Manzi, M., Cronje, P.J.R., Gómez-Cadenas, A., Rodrigo, M.J. & Zacarías, L. (2019). Light regulation of carotenoid biosynthesis in the peel of mandarin and sweet orange fruits. *Frontiers in Plant Science,* 10, 1288.
25. Lara, I., Heredia, A. & Domínguez, E. (2019). Shelf life potential and the fruit cuticle: the unexpected player. *Frontiers in Plant Science*, 10, 770.
26. Lindsay, W. (1979). *Chemical equilibria in soils*. John Wiley and Sons. New York.
27. FAO. (2019). *FAOSTAT*, production (www.fao.org)
28. Magi, S., Yaday, A. & Meena, K.R. (2017). Effect of calcium and boron on growth, yield and quality of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Internation Journal of Plant Sciences*, 12, 108-113.
29. Magwaza, L., Opara, U., Cronje, P.J.R., Landahl, S. & Terry, L.A. (2013). Canopy position affects rind biochemical profile of 'Nules Clementine'mandarin fruit during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 86, 300-308.
30. Marschner, P. (2012). *Mineral nutrition of higher plants* (3th ed.). Academic Press, London.
31. Mattos Jr, D., Quaggio, J., Cantarella, A.H. & Alva, A.K. (2003). Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. *Scientia Agricola,* 60, 155-160.
32. Moon, D., Joa, J., Moon, Y., Seong, K., Kim, Ch. & Ahn, Y. (2011). Plant growth and fruit quality as affected by canopy locations in 'Shiranuhi' mandarin. *Horticulture, Environment, and Biotechnology,* 52, 443-447.
33. Moradi, B., Raiesi, T. & Shahnazari, S. (2016). Effect of different fertilization methods on yield and quality of kiwifruit. *Iranian Journal of Soil Research*, 30, 237-248. (In Farsi).
34. Nava, G., Dechen, A.R. & Nachtigall, G.R. (2008). Nitrogen and potassium fertilization affect apple fruit quality in southern Brazil. *Soil Science Plant Analysis,* 39, 96-107.
35. Obreza, T. A., Zekri, M., Hanlon, E. A., Morgan, K., Schumann, A. & Rouse, R. (2010). Soil and leaf tissue testing for commercial citrus production. *University of Florida Extension Service*. SL253, 4.
36. Omar, A. E. D. K. & Abo El-Enin, M. S. (2017). Foliar Spray with Different agrochemicals on fruit quality and exportability of 'Washington' navel orange fruit (*Citrus sinensis* L.). *International Journal of Fruit Science*, 17(3), 280-295.
37. Rabiei, V., Shirzadeh, E., Sharafi, Y. & Mortazavi, N. (2011). Effects of postharvest applications of calcium nitrate and acetate on quality and shelf-life improvement of Jonagold apple fruit. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(19), 4912-4917.
38. Raiesi, T. & Moradi, B. (2017). *Foliar nutrition in citrus*. Citrus and Subtropical Fruit Research Center Press, Ramsar, Iran. (In Farsi).
39. Raiesi, T., Moradi, B. & Golein, B. (2018). Soil water potential and potassium application effects on yield and biochemical characteristics of Thomson Navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck.). *Water and Soil,* 32, 961-975. (In Farsi).

40. Raiesi, T. & Moradi, B. (2019). The effect of urea foliar spray time on yield and fruit quality of ‘Thomson Navel’ sweet orange trees. *Iranian Journal of Horticultural Science,* 50, 349-359. (In Farsi).
41. Singh, R. & Singh, R. (1981). Effects of nutrient spray on the granulation and fruit quality of Dancy Tangerine mandarin. *Scientia Horticulture,* 14, 235-244
42. Singleton, V.L. & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
43. Song, W., Yi, J., Kurniadinata, O. F., Wang, H. & Huang, X. (2018). Linking fruit Ca uptake capacity to fruit growth and pedicel anatomy, a cross-species study. *Frontiers in Plant Science*, 9, 575.
44. Suzuki, T., Okamoto S. & Seki, T. (1973). Effects of micro-meterological elements and positions in the tree crown on the development of shoots, leaves and fruits of satsuma mandarin. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science,* 42, 201-209.
45. Verreynne, J.S., Rabe, E. & Theron, K.I. (2004). Effect of bearing position on fruit quality of mandarin types. *South African Journal of Plant and Soil,* 21, 1-7.
46. Vijay, V., Dalal R.P.S., Beniwal B.S. & Saini, H. (2016). Impact of foliar application of potassium and its spray schedules on yield and quality of sweet orange (*Citrus sinensis*) cv. Jaffa. *Journal of Applied and Natural Science,* 8, 1893-1898.
47. Winger, A., Purdy, S., Maclean, A. & Pourtau, N. (2006). The role of sugars in integrating environmental signals during the regulation of leaf senescence. *New Phytologist,* 161, 781-789.
48. Yamanishi, O.K. & Hasegawa, K. (1995). Trunk strangulation responses to the detrimental effect of heavy shade on fruit size and quality of ' Tosa Buntan' pummelo. *Journal of Horticultural Science*, 70, 875-887.