Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

(OPEN ACCESS)

The effect of the type of calcium fertilizer sources on the quantitative and qualitative characteristics of "Hayward" kiwifruit at harvest time

Fatemeh Hassanzade Naranjboni[1], Mohammad Ali Bahmanyar[*2], Tahere Raiesi[3], Bahi Jalili[4], Javad Fatahi Moghadam[5]

1. Ph.D. Student in Soil Science and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: fatemehasanzade@gmail.com
2. Corresponding Author, Full Professor, Dept. of Soil Science and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: mali.bahmanyar@gmail.com
3. Associate Prof., Horticultural Science Research Institute, Citrus and Subtropical Fruit Research Center, Agricultural Research and Education Organization (AREO), Ramsar, Iran. E-mail: taraiesi@gmail.com
4. Associate Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: bahi_jalilis@yahoo.com
5. Associate Prof., Horticultural Science Research Institute, Citrus and Subtropical Fruit Research Center, Agricultural Research and Education Organization (AREO), Ramsar, Iran. E-mail: j.fattahi@areed.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 11.11.2024
Revised: 01.01.2025
Accepted: 01.21.2025

Keywords:
Fruit texture firmness,
Fruit weight,
Soluble solids,
Vitamin C

ABSTRACT

Background and Objectives: Calcium is one of the required elements in kiwi fruit and it can be considered the most important mineral element that is involved in determining the quality of the fruit. One way to improve the quality and firmness of the fruit texture is to foliar feeding kiwifruit vines during the fruit growth period. Therefore, this study was conducted to investigate the effect of the type of calcium fertilizer source on the quantitative and qualitative characteristics of kiwifruit of the "Hayward" cultivar at the time of harvest.

Materials and Methods: The experiment was conducted as a factorial design in a randomized complete block design with three sources of calcium supply including calcium chloride, calcium nitrate and calcium silicate (With a concentration of 1.36 grams of calcium in one liter of ordinary water and equivalent to a calcium chloride spray solution with a concentration of 5 parts per thousand) and 3 replications and two foliar spraying times. The first time: the beginning of foliar spraying in the fast growth phase of the fruit and in the second time, the beginning of foliar spraying in the slow growth phase of the fruit It was done on kiwi fruit vines. Two weeks after the end of foliar spraying, leaf sampling was done and nitrogen, calcium elements were measured in the leaf. After the amount of soluble solids reached 6.2%, the fruits were harvested and qualitative and quantitative characteristics including fruit weight, fruit skin color, soluble solids (TSS), fruit dry matter percentage, fruit texture firmness, titratable acidity , the amount of vitamin C, total fruit phenol, fruit nitrogen, fruit potassium, fruit calcium and fruit phosphorus were measured.

Results: The results showed that foliar spraying of calcium treatments had a positive effect on increasing calcium and nitrogen in leaves and fruit.

Calcium nitrate and calcium chloride treatments increased fruit weight by 21% in the first fruit growth phase. The highest fruit texture firmness was observed in calcium chloride and calcium nitrate treatments in the first phase of foliar spraying. The highest percentage of fruit dry matter (Regardless of the time of spraying) was in the calcium chloride treatment. Calcium nitrate treatment increased the titratable acidity of the fruit by 11% compared to the control. Foliar spray treatments in the first and second phases of foliar spray had no effect on the amount of soluble solids. Vitamin C was highest in the first phase of foliar spray in the calcium chloride treatment and in the first and second phases of foliar spray in the calcium nitrate treatment. Foliar spray also increased the amount of phenol in the treatments compared to the control treatment.

Conclusion: Based on the results of this study, it can be said that foliar spray of calcium treatments during fruit growth had a positive effect on the quality characteristics studied compared to the control treatment. Foliar spray of calcium chloride showed a better effect on the quality characteristics of the fruit. The effect of foliar spray of calcium sources in the first phase of fruit growth on the quality characteristics of the fruit was better compared to the second phase of fruit growth. Due to the storage of kiwifruit in cold storage and considering the importance of fruit shelf life in cold storage and the positive effects of calcium foliar spraying on fruit firmness, it is recommended to spray calcium chloride foliar spray during the fruit growing season in kiwifruit orchards.

Cite this article: Hassanzade Naranjboni, Fatemeh, Bahmanyar, Mohammad Ali, Raiesi, Tahere, Jalili, Bahi, Fatahi Moghadam, Javad. 2026. The effect of the type of calcium fertilizer sources on the quantitative and qualitative characteristics of "Hayward" kiwifruit at harvest time. *Journal of Plant Production Research*, 32 (4), 109-125.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jopp.2025.22948.3203
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

اثر نوع منبع کودی کلسیمی بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه کیوی رقم "هایوارد" در زمان برداشت

فاطمه حسن‌زاده نارنج‌بنی[۱]، محمدعلی بهمنیار*[۲]، طاهره رئیسی[۳]، بهی جلیلی[٤]، جواد فتاحی مقدم[٥]

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: fatemehasanzade@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استاد تمام گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: mali.bahmanyar@gmail.com

۳. دانشیار پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، رامسر، ایران. رایانامه: taraiesi@gmail.com

٤. دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: bahi_jalilis@yahoo.com

٥. دانشیار پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، رامسر، ایران. رایانامه: j.fattahi@areed.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۰۸/۲۱
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۳/۱۰/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۱۱/۰۲

واژه‌های کلیدی:
سفتی بافت میوه،
مواد جامد محلول،
وزن میوه،
ویتامین ث

چکیده

سابقه و هدف: کلسیم یکی از عنصرهای موردنیاز در میوه کیوی است و شاید بتوان آن را مهم‌ترین عنصر معدنی دانست که در تعیین کیفیت میوه دخالت دارد. یکی از راه‌های بهبود کیفیت و سفتی بافت میوه، تغذیه برگی تاک‌های کیوی‌فروت طی دوره رشد میوه است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر نوع منبع کودی کلسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه کیوی رقم "هایوارد" در زمان برداشت است.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه منبع تأمین کلسیم شامل کلرید کلسیم، نیترات کلسیم و سیلیکات کلسیم (با غلظت ۱/۳٦ گرم کلسیم در یک لیتر آب معمولی و معادل محلول‌پاشی کلرید کلسیم با غلظت ۵ در هزار) و سه تکرار و دو زمان محلول‌پاشی (زمان اول: آغاز محلول‌پاشی در مرحله رشد سریع) زمان دوم: (آغاز محلول‌پاشی در مرحله رشد کند میوه) بر روی تاک‌های کیوی‌فروت انجام شد. دو هفته بعد از اتمام محلول‌پاشی نمونه‌برداری از برگ انجام شد و عناصر نیتروژن، کلسیم در برگ اندازه‌گیری شد. بعدازاین‌که مقدار مواد جامد محلول به حداقل ٦/۲ درصد رسید، میوه‌ها برداشت‌شده و ویژگی‌های کیفی و کمی میوه شامل وزن، رنگ پوست، مواد جامد محلول (TSS)، درصد ماده خشک، سفتی، اسیدیته قابل تیتراسیون، مقدار ویتامین c، فنول کل، نیتروژن و کلسیم در میوه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد محلول‌پاشی تیمارهای کلسیم برافزایش کلسیم و نیتروژن در برگ و میوه تأثیر مثبت دارد. تیمارهای نیترات کلسیم و کلرید کلسیم باعث افزایش میزان ۲۱ درصد وزن میوه در مرحله رشد اول میوه شدند. بیش‌ترین سفتی بافت میوه در تیمارهای کلرید کلسیم و نیترات کلسیم در مرحله اول محلول‌پاشی مشاهده شد. بیش‌ترین درصد ماده خشک میوه (صرف‌نظر از زمان محلول‌پاشی) در تیمار کلرید کلسیم بود. تیمار نیترات کلسیم منجر به افزاش میزان ۱۱ درصد اسیدیته قابل تیتراسیون میوه نسبت به شاهد شد. تیمارهای محلول‌پاشی در مرحله اول و دوم محلول‌پاشی تأثیری بر میزان مواد جامد محلول نداشتند. ویتامین c در مرحله اول محلول‌پاشی در تیمار کلرید کلسیم و در مرحله اول و دوم محلول‌پاشی در تیمار نیترات کلسیم بیش‌ترین مقدار بود. هم‌چنین محلول‌پاشی باعث افزایش میزان فنول در تیمارها نسبت به تیمار شاهد شد.

نتیجه‌گیری: با استناد به نتایج این پژوهش، می‌توان گفت که محلول‌پاشی تیمارهای کلسیم در زمان رشد میوه اثر مثبتی بر ویژگی‌های کیفی موردمطالعه در مقایسه با تیمار شاهد داشت. محلول‌پاشی کلرید کلسیم روی ویژگی‌های کیفی میوه اثر بهتری نشان داد. تأثیر محلول‌پاشی منابع کلسیم در مرحله اول رشد میوه بر ویژگی‌های کیفی میوه در مقایسه با مرحله دوم رشد میوه بهتر بود. به دلیل نگهداری کیوی در سردخانه و با توجه به اهمیت ماندگاری میوه در سردخانه و اثرات مثبت محلول‌پاشی کلسیم بر سفتی میوه، در کیوی کاری‌ها توصیه می‌شود محلول‌پاشی کلرید کلسیم طی فصل رشد میوه انجام شود.

استناد: حسن‌زاده نارنج‌بنی، فاطمه، بهمنیار، محمدعلی، رئیسی، طاهره، جلیلی، بهی، فتاحی مقدم، جواد (۱۴۰۴). اثر نوع منبع کودی کلسیمی بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه کیوی رقم "هایوارد" در زمان برداشت. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۲ (۴)، ۱۲۵-۱۰۹.

DOI: 10.22069/jopp.2025.22948.3203

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

کیوی رقم هایوارد مهم‌ترین رقم تجاری کیوی‌فروت می‌باشد، بر اساس آمار منتشرشده توسط سازمان خواربار کشاورزی جهانی سالانه بیش از چهار و نیم میلیون تن کیوی در جهان تولید می‌شود. چین با تولید سالیانه دو میلیون و دویست و سی هزار تن بزرگ‌ترین تولیدکننده این محصول به شمار می‌رود. نیوزیلند با ٦٢٤ هزار تن و ایتالیا با ٥٢١ هزار تن به ترتیب دومین و سومین تولیدکننده کیوی به شمار می‌رود. ایران نیز با تولید سالانه ٢٩٥ هزار تن، بعد از چین، نیوزلند، ایتالیا و یونان پنجمین تولیدکننده کیوی در جهان است اما بر اساس ارزش اقتصادی محصول تولیدشده سهم کمی در بازارهای جهانی به خود اختصاص داده است (٩ و ٢١).

تغذیه کیوی‌فروت یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد و نمو این گیاه است. به‌علاوه تغذیه صحیح قبل از برداشت در عمر پس از برداشت و کیفیت میوه همراه با کاهش ضایعات تأثیر زیادی دارد. کلسیم یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی موردنیاز درختان می‌باشد و شاید بتوان آن را یکی از مهم‌ترین عنصر معدنی دانست که در تعیین کیفیت میوه دخالت دارد. کلسیم جزء مهمی از دیواره سلولی گیاه است و رشته‌های پکتین را به هم متصل می‌کند و به حفظ سفتی میوه پس از برداشت کمک می‌کند (١١). مهم‌ترین نقش کلسیم در میوه‌ها استحکام دیواره سلولی می‌باشد. کلسیم برای تقسیم سلولی، تشکیل و استحکام دیواره‌های جدید سلولی، ایفای نقش غشاء و جلوگیری از آسیب آن و عدم تراوش مواد به بیرون از سلول، به تأخیر انداختن پیری و افزایش عمر انبارمانی محصولات باغبانی ضروری است و به خاطر تأثیر عمومی آن در به تأخیر انداختن رسیدن میوه اهمیت بالایی دارد (٤). کلسیم با پیوستن به مواد پکتینی سلول، نقش قابل‌توجهی در حفظ دیواره سلولی دارد و بنابراین کاربرد آن قبل و بعد از برداشت محصول باعث افزایش سفتی میوه، کاهش سرعت تنفس و تولید اتیلن و کاهش بروز اختلالات فیزیولوژیکی و پوسیدگی می‌شود. پایداری دیواره سلولی و پایداری غشاهای سلولی ارتباط نزدیکی با میزان سفتی گوشت میوه دارد و باندهای کلسیم به‌صورت پکتات در تیغه میانی برای استحکام دیواره سلولی ضروری است و افزایش استحکام بافت در اثر کلسیم است (٣٦). رشد اولیه میوه، مهم‌ترین دوره برای تجمع کلسیم در اکثر میوه‌های گوشتی ازجمله کیوی است. کلسیم در آوند آبکش اغلب گیاهان غیرمتحرک و یا تحرک کمی دارد و تحرک کلسیم در آوند چوبی و وابسته به تعرق است. در مراحل اولیه رشد کیوی (تقریباً از روز ١٠ تا ٥٠ پس از میوه‌دهی)، کاهش فشار بخار جو باعث کاهش تعرق میوه و کاهش ورود کلسیم به شیره آوند چوبی میوه می‌شود (٢٤). به دلیل عدم تحرک کلسیم در آوند آبکش، کاربرد کلسیم در خاک نمی‌تواند به‌تنهایی نیاز میوه به این عنصر را برطرف سازد، بنابراین به‌منظور افزایش مقدار کلسیم میوه، بهتر است به‌طور مستقیم ترکیبات حاوی این عنصر روی میوه موردنظر محلول‌پاشی شود. شیری و همکاران (٣٠) گزارش داد که با محلول‌پاشی یک و نیم درصد کلرور کلسیم، بعد از ٣٥، ٨٥ و ١٢٥ روز از رویش در مرحله تمام گل در کیوی، فرایند رسیدن میوه را به تأخیر انداخته و کیفیت میوه افزایش‌یافته است. در میوه هلو، محلول‌پاشی قبل از برداشت کلسیم که به‌طور مثبتی بر پارامترهای کیفیت میوه، به‌ویژه سفتی گوشت در مرحله برداشت و حتی پس از برداشت و نگهداری در سردخانه تأثیر داشته است (١). در بیش‌تر مطالعات انجام‌شده اثر محلول‌پاشی کلرید کلسیم بر ماندگاری میوه کیوی‌فروت در سردخانه پرداخته‌شده و کم‌تر به استفاده از سایر منابع و نمک‌های حاوی کلسیم توجه شده است، بنابراین در این پژوهش اثر منابع متفاوت

کلسیمی بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه کیوی رقم "هایوارد" در زمان برداشت مورد بررسی قرارگرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری رامسر واقع در دامنه‌های شمالی رشته‌کوه البرز در شهر رامسر در سال‌های ١٤٠١-١٤٠٠ انجام شد. به‌منظور تعیین تأثیرات کمی و کیفی ترکیبات کلسیمی و انتخاب بهترین منبع کلسیم و همچنین بهترین زمان محلول‌پاشی این عنصر در بهبود کیفیت میوه کیوی‌فروت در زمان برداشت، این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در باغ کیوی‌فروت رقم هایوارد ١٥ ساله در پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری اجرا شد. در پژوهش حاضر، هر یک تاک به‌عنوان یک واحد آزمایش در نظر گرفته شد.

قبل از اجرای آزمایش نمونه‌های مرکب خاک از عمق ٣٠-٠ و ٦٠-٣٠ سانتی‌متری جمع‌آوری و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش مطابق روش‌های معمول تعیین گردید (جدول ١). براساس نتایج به‌دست آمده، این باغ دارای خاکی با بافت متوسط، غیرشور و به‌طور نسبی غنی از ماده آلی بود. هم‌چنین مقدار پتاسیم و فسفر قابل‌استفاده در این باغ در حد متوسط بود.

جدول ١- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باغ موردمطالعه.

Table 1. Physical and chemical properties of soil for field experimental design.

عمق خاک	بافت خاک	واکنش خاک	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم	روی	آهن	مس
Soil Depth (cm)	Soil Texture	pH (1:2.5)	EC (dS/m)	Organic C (%)	Total N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	cu (mg/kg)
0-30	Loam	7.2	0.17	1.9	0. 21	44.7	208	2/6	10.7	2.4
30-60	Clay loam	7.0	0. 21	1.7	0.16	35.4	160	0.6	9.4	1.5

تیمارهای محلول‌پاشی در چهار سطح ١- شاهد (محلول‌پاشی با آب) ٢- نیترات کلسیم ٣- کلرید کلسیم ٤- سیلیکات کلسیم بودند. هم‌چنین، زمان محلول‌پاشی در دو سطح (١- آغاز محلول‌پاشی در مرحله رشد سریع میوه (نیمه دوم خردادماه) و تکرار آن به تعداد سه مرتبه و بافاصله یک هفته‌ای ٢- آغاز محلول‌پاشی در مرحله رشد کند میوه (نیمه اول مردادماه) و تکرار آن سه مرتبه بافاصله دوهفته‌ای) بودند. میزان کود استفاده‌شده از هر منبع بر اساس مقدار کلسیم محاسبه شد (جدول ٢). بدین‌ترتیب هر یک از منابع کلسیم با غلظت ١/٣٦ گرم کلسیم در یک لیتر آب معمولی (معادل محلول‌پاشی کلرید کلسیم با غلظت ٥ در هزار) روی تاک‌های کیوی‌فروت اسپری شدند. همه عملیات باغ‌داری شامل کوددهی بر اساس نتایج تجزیه خاک، برگ و هم‌چنین پیش‌بینی عملکرد متوسط درختان (به‌جز محلول‌پاشی کلسیم)، هم‌چنین هرس و کنترل علف‌های هرز طی مدت اجرای آزمایش برای همه تاک‌ها به‌طور یکسان انجام گردید.

جهت بررسی تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی بر غلظت عناصر غذایی در برگ، نمونه‌برداری از برگ در زمان دو هفته بعد از سومین مرحله از محلول‌پاشی در مرحله رشد سریع میوه و هم‌چنین در زمان دو

هفته بعد از سومین مرحله از محلول‌پاشی در مرحله رشد کند میوه انجام شد. بدین منظور دومین برگ بعد از آخرین میوه با دمبرگ نمونه‌برداری شد (۲۷). لازم به ذکر است درمجموع تعداد ۲۰ عدد برگ از چهار جهت اصلی هر درخت (تکرار) نمونه‌برداری صورت پذیرفت. برگ‌های برداشت‌شده با آب مقطر شسته و به‌مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک و سپس، نمونه‌های آون خشک‌شده برگ کیوی‌فروت با استفاده از آسیاب برقی پودر گردید و میزان عناصر نیتروژن و کلسیم در برگ اندازه‌گیری شد.

هنگامی‌که میزان مواد جامد محلول میوه‌های کیوی‌فروت به حدود به ٦/٥-٦/٢ در نیمه دوم آبان رسید (۱۰). میوه‌ها برداشت و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه اندازه‌گیری شد. بدین منظور ابتدا در پنج میوه یکنواخت و بدون آسیب از هر تیمار مقدار وزن میوه، درصد وزن خشک میوه، رنگ پوست میوه، سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، مقدار ویتامین ث، مقدار فنول کل، عناصر نیتروژن، کلسیم میوه اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تعیین درصد ماده خشک، از یک‌سوم میانی میوه برش‌های ۹ تا ۱۰ میلی‌متری تهیه و بعد از وزن کردن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد. رنگ میوه توسط دستگاه کرومومتر اندازه‌گیری شد. سفتی بافت میوه با دستگاه پترومتر مدل FT011 با پروپ هشت میلی‌متری و مقدار فشار وارده برای نفوذ پروپ در بافت میوه برحسب کیلوگرم نیرو بر سانتی‌مترمربع تعیین گردید (۱۰). مواد جامد محلول با روش رفرکتومتری چشمی مدل Atago-ATC-20 E ساخت ژاپن با دامنه ۲۰-۰ درصد و میزان اسیدیته قابل تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال و در عصاره میوه، میزان ویتامین ث به روش تیتراسیون با دی‌کلروفنل‌ایندوفنل اندازه‌گیری شد (۲۲).

میزان فنول کل در گوشت میوه با روش فولین سیکالتو و با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۷٦۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و از اسیدگالیک به‌عنوان استاندارد استفاده شد (۳۱). همه تجزیه‌های انجام‌شده با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/٤ انجام شد. معنی‌دار بودن تفاوت‌ها توسط آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد بررسی شد.

جدول ۲- غلظت (گرم در هر لیتر آب) منابع مختلف تأمین کلسیم.

Table 2. Concentration (gram/liter of water) of different sources of calcium.

محلول‌پاشی Spraying	کلرید کلسیم Calcium chloride	نیترات کلسیم Calcium nitrate	سیلیکات کلسیم Calcium silicate
دوره رشد سریع میوه (زمان اول) Rapid fruit growth period (first time)			
اول (ریزش گلبرگ و میوه بندی) First (petal abscission-fruit set)	5	8	3.33
دوم (یک هفته بعد از مرحله اول) Second (one week after the first)	5	8	3.33
سوم (یک هفته بعد از مرحله دوم) Third (one week after the second)	5	8	3.33
دوره رشد کند میوه (زمان دوم) Slow fruit growth period (second time)			
اول First	3	8	3.33
دوم (دو هفته بعد از مرحله اول) Second (two week after the first)	5	8	3.33
سوم (دو هفته بعد از مرحله دوم) Third (two week after the second)	5	8	3.33

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی منابع مختلف کلسیم بر مقدار عناصر نیتروژن و کلسیم در برگ و میوه در جدول ۳ آورده شده است. همان‌طور که در جدول ۳ مشخص است اثر نوع منبع کلسیم بر غلظت نیتروژن و کلسیم در برگ و میوه و اثر زمان محلول‌پاشی تنها بر غلظت نیتروژن میوه و اثرات متقابل نوع منبع کلسیم در زمان محلول‌پاشی تنها در غلظت کلسیم میوه معنی‌دار بود.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) منابع مختلف کلسیم بر میزان عناصر غذایی موجود در برگ و میوه کیوی.

Table 3. The results of analysis variance (mean square) of different sources of calcium on the amount of nutrients in the leave and fruit of kiwi.

کلسیم میوه Calcium of fruit	نیتروژن میوه Nitrogen fruit	کلسیم برگ Calcium leaf	نیتروژن برگ Nitrogen Leaf	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source of changes
0.28^{**}	7.13^{**}	4.23^{**}	7.42^{**}	3	تیمارها Treatments
0.001^{ns}	0.22^{*}	0.024^{ns}	0.08^{ns}	1	زمان Time
0.004^{**}	0.02^{ns}	0.019^{ns}	0.06^{ns}	3	تیمار × زمان Treatment × Time
0.0003	0.03	0.01	0.05	-	خطا Error
3.07	6.12	3.69	5.78	-	ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)

**، * و ns به ترتیب، نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد، معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد و معنی‌دار نبودن است (هر داده میانگین چهار تکرار است)

**, * and ns Significant at $p \leq 0.01$, significant at $p \leq 0.05$, and non-significant, respectively (each data is the average of four replications)

غلظت نیتروژن و کلسیم برگ: بررسی نتایج نشان داد که فقط اثرات اصلی تیمارهای کلسیم بر مقدار نیتروژن و کلسیم برگ معنی‌دار بوده است (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر تیمارهای کلسیم بر مقدار نیتروژن برگ تیمار نیترات کلسیم بیش‌ترین مقدار نیتروژن برگ را داشته است (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین غلظت کلسیم نشان داد که محلول‌پاشی کلسیم باعث افزایش کلسیم برگ در تیمارهای کلرید کلسیم و نیترات کلسیم و سیلیکات کلسیم نسبت به تیمار شاهد شده است، هرچند که در مقایسه میانگین تیمارهای محلول‌پاشی بین تیمار کلرید کلسیم و نیترات کلسیم اختلاف معنی‌داری نبود و تیمار سیلیکات کلسیم کم‌ترین مقدار کلسیم را داشت. هم‌چنین بررسی نتایج نشان داد که بین مقدار کلسیم در برگ در دو زمان مختلف محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری نبود (جدول ۳). افزایش غلظت کلسیم برگ پس از کاربرد کلسیم در برگ در مطالعات قبلی در کیوی (۲۰)، زغال‌اخته (۲٦) و درختان سیب (٦) و درختان انار (۷) هم گزارش‌شده است که با نتایج پژوهش حاضر یکسان است.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر منابع کودی کلسیمی بر کلسیم و نیتروژن برگ و میوه.

Table 4. Comparison of the average effect of calcium fertilizer sources on leaf nitrogen and calcium.

نیتروژن میوه Fruit nitrogen (ppm)	نیتروژن برگ Leaf nitrogen (ppm)	کلسیم برگ Leaf Calcium (ppm)	تیمارها Treatments
1.63^{c}	2.47^{d}	1.65^{c}	شاهد Control
2.6^{b}	4.01^{b}	3.41^{a}	کلرید کلسیم Calcium chloride
4.23^{a}	5.15^{a}	3.38^{a}	نیترات کلسیم Calcium nitrate
2.43^{b}	3.52^{c}	2.47^{b}	سیلیکات کلسیم Calcium silicate

غلظت نیتروژن و کلسیم میوه: جدول تجزیه واریانس نشان داد که فقط اثرات اصلی تیمارهای کلسیم و اثر اصلی زمان‌بر مقدار نیتروژن میوه معنی‌دار بود و اثرات متقابل تیمار در زمان معنی‌دار نشد (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر مقدار نیتروژن میوه هم تیمار نیترات کلسیم بیش‌ترین مقدار نیتروژن میوه را داشت (جدول ٤). درمورد اثر تیمارهای کلسیم بر کلسیم میوه نه‌تنها اثرات اصلی تیمارهای کلسیم بر مقدار کلسیم میوه بلکه اثرات متقابل تیمارهای کلسیم در زمان محلول‌پاشی بر مقدار کلسیم میوه هم معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمار در زمان‌بر غلظت کلسیم میوه نشان داد که بیش‌ترین مقدار کلسیم در میوه برداشت‌شده از تاک‌های محلول‌پاشی شده با کلرید کلسیم در هر دو مرحله محلول‌پاشی مشاهده شد و کم‌ترین مقدار کلسیم میوه در تیمارهای شاهد در هر دو مرحله محلول‌پاشی یافت شد (جدول ٤).

سوتیروپولوس و همکاران (۳٤) در محلول‌پاشی کودهای کلسیمی در فواصل زمانی مختلف نشان دادند که در تمام تیمارها غلظت کلسیم در برگ و میوه نسبت به تیمار شاهد افزایش‌یافته است. افزایش غلظت کلسیم از طریق محلول‌پاشی قبل از برداشت با محلول‌های کلسیم یکی از روش‌های مورداستفاده افزایش کلسیم در برگ و میوه درختان میوه می‌باشد. انتقال کلسیم در داخل گیاه از فضای آپوپلاستی انجام می‌شود و بسیار کند و به‌شدت وابسته به تعرق است و در رقابت بین میوه و برگ برای جذب کلسیم، برگ‌ها به علت تعرق بیش‌تر، کلسیم بیش‌تری جذب کرده و از انتقال آن به میوه ممانعت می‌کنند ازاین‌رو محلول‌پاشی کلسیم روی میوه منجر به افزایش کلسیم در میوه‌ها می‌گردد. حشمت و همکاران (١٤) گزارش کردند که محلول‌پاشی قبل از برداشت کلرید کلسیم بر میوه کیوی به‌طور قابل‌توجهی به میزان ۵۵ درصد محتوای کلسیم میوه را نسبت به شاهد افزایش داده است.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل منابع کودی کلسیمی و زمان بر کلسیم میوه.

Table 5. Mean comparison of interaction effects of calcium fertilizer and time on fruit calcium.

تیمار × زمان Treatment × time	شاهد × زمان ۱ Control × time 1	شاهد × زمان ۲ Control × time 2	کلرید کلسیم × زمان ۱ Calcium chloride × time 1	کلرید کلسیم × زمان ۲ Calcium chloride × time 2	نیترات کلسیم× زمان ۱ Calcium nitrate × time 1	نیترات کلسیم × زمان۲ Calcium nitrate × time2	سیلیکات کلسیم × زمان ۱ Calcium silicate × time 1	سیلیکات کلسیم × زمان ۲ Calcium silicate × time 2
کلسیم میوه Fruit calcium	0.29^{e}	0.27^{f}	0.68^{a}	0.66^{a}	0.34^{d}	0.41^{c}	0.48^{b}	0.48^{b}

ویژگی‌های کیفی میوه: نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلسیم و زمان محلول‌پاشی بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه در جدول ٦ آورده شده است. نتایج نشان داد اثر نوع منبع کلسیم محلول‌پاشی شده بر همه ویژگی‌های کیفی میوه به‌استثناء عامل‌های رنگ شامل a و b معنی‌دار بود.

اثر تیمارهای زمان هم بر همه ویژگی‌های ذکرشده در جدول ٦ به‌جز وزن و عامل رنگ شامل a معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر متقابل تیمار در زمان هم بر ویژگی‌های وزن، سفتی، درصد ماده خشک، اسیدیته قابل تیتراسیون مواد جامد محلول، ویتامین c و فنول کل معنی‌دار شد (جدول ۷).

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) منابع مختلف کلسیم بر برخی ویژگی‌های کیفی میوه کیوی در زمان برداشت.

Table 6. The results of analysis variance (mean square) of different calcium sources on some quality characteristics of kiwi fruit at harvest time.

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن	سفتی	ماده خشک	اسیدیته قابل‌تیتراسیون	مواد جامد محلول	ویتامین ث	فنول	شاخص رنگ a	شاخص رنگ b
S.O.V	Df	Weigh t (gr)	Firmness (kg/cm^2)	dry matter (%)	titratable acidity (TA)	total soluble solids (^{0}Brix)	vitamin C (mg/100g)	phenol (mg/100g)	a	b
تیمارها Treatments	3	327.8^{**}	3.3^{**}	25.02^{**}	0.01^{**}	0.54^{**}	26.21^{**}	3152.9^{**}	0.87^{ns}	0.18^{ns}
زمان Time	1	0.91^{ns}	4.3^{**}	0.77^{**}	0.009^{**}	1.1^{**}	29.87^{**}	338.3^{*}	0.07^{ns}	16.4^{**}
تیمار × زمان Treatment × time	3	5.6^{**}	1.04^{**}	0.19^{*}	0.003^{*}	0.46^{**}	10.76**	310.5^{**}	0.3^{ns}	0.6^{ns}
خطا Error	-	0.62	0.08	0.04	0.0007	0.05	2.07	39.54	0.58	0.76
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)	-	0.89	3.02	1.17	2.29	1.96	2.72	6.76	–6.69	2.13

**، * و ns به ترتیب، نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد، معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد و معنی‌دار نبودن است (هر داده میانگین چهار تکرار است)

**, * and ns Significant at $p \leq 0.01$, significant at $p \leq 0.05$, and non-significant, respectively (each data is the average of four replications)

عامل رنگ a و b: پارامتر رنگ به‌طور قابل‌توجهی بر ظاهر فیزیکی و مقبولیت میوه‌ها در بازار، تأثیر زیادی دارد (۳۲). عامل رنگ a بین موقعیت سبز و قرمز متغیر است. مقادیر منفی a نشان‌دهنده رنگ‌های سبز و مقادیر مثبت آن به‌منزله رنگ‌های قرمز است. عامل b بین آبی و زرد متغیر است. مقادیر منفی b نشان‌دهنده رنگ‌های آبی و مقادیر مثبت آن به‌منزله رنگ‌های زرد هستند. در این آزمایش اثر تیمارهای کلسیم روی عامل‌های رنگ a و b در مقایسه با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ٦). یو و همکاران (۳۷) در محلول‌پاشی کلسیم روی میوه‌های گلابی دریافتند که مقادیر عامل رنگ a و b میوه‌های گلابی با استفاده از محلول‌پاشی کلسیم در مقایسه با شاهد به میزان کم‌تری افزایش یافت که نشان می‌دهد که میوه‌های پس از برداشت که تحت تیمارهای کلسیم قرار می‌گیرند، با تأخیر در رشد رنگ مواجه می‌شوند و باعث می‌شود کمتر فاسد شوند.

وزن میوه: بررسی نتایج نشان داد که اثر نوع منبع کلسیم بر وزن میوه به زمان محلول‌پاشی بستگی نداشت. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمار در زمان‌بر وزن میوه نشان داد که با محلول‌پاشی هریک از منابع کلسیم وزن میوه نسبت به شاهد افزایش یافت و مقدار وزن میوه در زمان اول از ۷۷/۰۱ گرم (تیمار بدن کود) تا ۹۳/۵۰ گرم (تیمار نیترات کلسیم) و در زمان دوم از ۷۸/۲۸ گرم (تیمار بدون کود) تا ۹٤/٦۱ گرم (تیمار نیترات کلسیم) متغیر بود. ضمناً بیش‌ترین افزایش مقدار وزن میوه در زمان برداشت در میوه تاک‌های محلول‌پاشی شده با کلرید کلسیم در مرحله رشد اول میوه و نیز در تیمارهای نیترات کلسیم در مرحله رشد اول و دوم میوه مشاهده شد و محلول‌پاشی تاک‌های کیوی‌فروت با نیترات کلسیم (صرف‌نظر از زمان محلول‌پاشی) و یا کلرید کلسیم (مرحله اول رشد میوه) منجر به افزایش میزان ۲۱ درصد وزن میوه در زمان برداشت شدند (جدول ۷). کلسیم سرعت تنفس و رسیدن میوه را کاهش داده و مانع از کاهش وزن میوه می‌شود. خلیفه و همکاران (۱۹) با محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم در دو زمان ریزش گلبرگ‌های سیب و بعد از تشکیل میوه مشاهده کردند که کلرید کلسیم باعث افزایش وزن میوه‌های سیب رقم آنا شده است. هم‌چنین رمضانیان و همکاران (۲۸) نشان دادند که محلول‌پاشی درختان انار با کلرید کلسیم در زمان تمام گل و یک ماه پس از تمام گل، سبب افزایش وزن کل میوه‌ها شده است. نقش کلرید کلسیم در افزایش اندازه میوه شاید به دلیل انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ به میوه باشد، که باعث افزایش وزن میوه‌ها شده و هم‌چنین افزایش وزن میوه در اثر افزایش کلسیم در میوه را می‌توان به اثرات مثبت کلسیم در فرآیندهای تقسیم و رشد سلولی نسبت داد که باعث افزایش رشد و وزن میوه می‌شود.

سفتی میوه: نتایج نشان داد که اثر نوع منبع کلسیم بر سفتی بافت میوه به زمان محلول‌پاشی بستگی داشت. سفتی بافت میوه در زمان برداشت در زمان اول از ۸/۲۸ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع (بدون کود) تا ۱۰/٤۳ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع (نیترات کلسیم) در زمان دوم از ۸/۱۱ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع (بدون کود) تا ۹/۵۸ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع (کلرید کلسیم) متفاوت بود (جدول ۷). بیش‌ترین افزایش مقدار سفتی میوه در مقایسه با میوه‌های شاهد در تاک‌های محلول‌پاشی شده با نیترات کلسیم (۲٦ درصد) و یا کلرید کلسیم (۲۱ درصد) در مرحله اول رشد میوه یافت شد. هم‌چنین بررسی نتایج نشان داد که صرف‌نظر از منبع کلسیم محلول‌پاشی تاک‌های کیوی‌فروت با کلسیم در مرحله اول رشد میوه تأثیر بیش‌تری برافزایش سفتی میوه در زمان برداشت در مقایسه با انجام محلول‌پاشی در مرحله دوم رشد میوه داشت. جذب کلسیم در مراحل اولیه رشد میوه سریع‌تر است، زیرا کلسیم به‌عنوان یک فعال‌کننده آنزیم و عنصر ضروری در تقسیم و رشد سلولی در میوه است. کاربرد کلسیم

نقش مهمی در بیان ژن‌های مؤثر بر تولید و کیفیت میوه، کاهش سرعت رسیدن میوه و کاهش سرعت تنفس در میوه شده و به حفظ سفتی میوه کمک می‌کند (۲۳). دویل و همکاران (۸) به یک همبستگی معکوس بین سرعت رشد میوه و محتوای کلسیم در میوه رسیدند؛ و گزارش کردند که در مرحله اول رشد میوه انباشت کلسیم در میوه بیش‌تر است.

روحی و همکاران (۲۹) در محلول‌پاشی کلرید کلسیم و زمان‌بر میوه انار گزارش کردند که اثر کلرید کلسیم بر استحکام بافت میوه انار معنی‌دار بوده است. به‌طوری‌که بیش‌ترین استحکام بافت در غلظت ۱۰ گرم در لیتر کلرید کلسیم به‌دست آمد و اثرات متقابل زمان و غلظت محلول‌پاشی کلرید کلسیم بر استحکام بافت میوه هم معنی‌دار بوده است. سوتیروپولوس و همکاران (٣٤) با محلول‌پاشی کودهای کلسیمی در فواصل زمانی مختلف گزارش کردند که سفتی گوشت میوه در تمام تیمارهای کودی نسبت به شاهد افزایش‌یافته است و نتایج این پژوهش‌ها تا حدی با نتایج پژوهش حاضر یکسان است.

ماده خشک: نتایج نشان داد که اثر نوع منبع کلسیم بر درصد ماده خشک میوه به زمان محلول‌پاشی بستگی داشت. محدود درصد ماده خشک در زمان اول درصد ماده خشک میوه‌ها از ١٤/٩٦ (بدون کود) تا ١٩/٦٣ (کلرید کلسیم) و در زمان دوم هم از ١٤/٩٠ (بدون کود) تا ١٩/٥٣ بوده است. بیش‌ترین درصد ماده خشک مربوط به تیمار کلرید کلسیم بود و در مقایسه با تیمار شاهد محلول‌پاشی کلرید کلسیم (صرف‌نظر از زمان محلول‌پاشی) باعث افزایش ۳۱ درصدی ماده خشک میوه شد (جدول ٦). هم‌چنین بررسی نتایج نشان داد که در مورد همه تیمارهای کودی با استثنا کلرید کلسیم تأثیر محلول‌پاشی این منابع در مرحله اول رشد میوه بر ماده خشک میوه در مقایسه با مرحله دوم رشد میوه بیش‌تر بود. سوتیروپولوس و همکاران (٣٤) طی پژوهشی دوساله محلول‌پاشی کلسیم روی کیوی رقم هایوارد، گزارش کردند که محتوای ماده خشک میوه بعد از محلول‌پاشی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشته است. هنرکاویان و همکاران (۱۵) نیز در پژوهشی از محلول‌پاشی کلسیم بر میوه کیوی گزارش دادند که درصد ماده خشک میوه در تیمارهای محلول‌پاشی کلسیم نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشته است. اصغرزاده و همکاران (۲) نشان دادند که محلول‌پاشی کلرید کلسیم روی سیب قبل از برداشت باعث افزایش وزن خشک میوه در زمان برداشت‌شده است. آزادی و قرقانی (۳) هم در محلول‌پاشی کلسیم بر درصد ماده خشک در سیب رقم گلاب کهنز گزارش کردند که بین تیمار شاهد و برخی تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌طوری‌که وزن خشک در تیمارهای دارای کلسیم بهتر از تیمارهای توأم کلسیم و بر است و بیش‌ترین میزان درصد وزن خشک میوه در تیمار کلرید کلسیم معادل ۰/۷۵ درصد بوده است. خلج و همکاران (۱۸) نشان داد که محلول‌پاشی کلسیم باعث افزایش مواد پکتیک در دیواره‌های سلولی می‌شود که منجر به افزایش ضخامت بافت پریکارپ و توده تازه کلی میوه‌ها می‌شود.

اسیدیته قابل تیتراسیون: بررسی نتایج نشان داد که اثر نوع منبع کلسیم بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه به زمان محلول‌پاشی بستگی داشت. مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون میوه در مرحله‌اول محلول‌پاشی، از ١/١٦ (شاهد) تا ۱/۲۹ (نیترات کلسیم) و در مرحله دوم محلول‌پاشی از ۱/۱۳ (بدون کود) تا ۱/۱۹ (نیترات کلسیم) بود و در بین تیمارهای موردمطالعه اسیدیته قابل تیتراسیون میوه تاک‌های محلول‌پاشی شده با نیترات کلسیم در مرحله اول رشد میوه بیش‌ترین بود و تیمار نیترات کلسیم باعث افزایش ۱۱ درصد اسیدیته قابل تیتراسیون میوه نسبت به شاهد شد (جدول ۷). بررسی نتایج هم‌چنین نشان داد که انجام محلول‌پاشی کلسیم در مرحله اول رشد میوه در مقایسه با مرحله دوم رشد میوه باعث می‌شود میوه‌های کیوی

برداشت‌شده دارای اسیدیته قابل تیتراسیون بیش‌تری باشند هرچند این افزایش فقط در تیمار نیترات کلسیم معنی‌دار بود. اسیدیته قابل تیتراسیون مربوط به غلظت اسیدهای آلی در عصاره میوه است که پارامتر مهمی در حفظ کیفیت میوه‌ها می‌باشد. در زمان برداشت، کیوی حاوی ۲/۵-۰/۹ درصد اسیدیته کل که شامل ۵۰-۴۰ درصد سیترات، ۵۰-۴۰ درصد کوینات و ۱۰ درصد مالات است. اسیدهای آلی همانند کربوهیدارت‌ها، مواد مصرف شدنی در جریان تنفس محصول هستند. میزان اسیدهای آلی در بیش‌تر میوه‌ها در مراحل اولیه رشد افزایش می‌یابد. سپس این اسیدها در مرحله رسیدن میوه کاهش می‌یابند (۳). نتایج محلول‌پاشی نیترات کلسیم قبل از برداشت در نارنگی تانجلو موجب افزایش اسیدیته میوه شد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. هم‌چنین نتایج مطالعات قبلی در انار نشان می‌دهد که محلول‌پاشی کلسیم روی اسیدیته قابل تیتراسیون و شاخص بلوغ و مقدار کل قندها تأثیری نداشته است (۷) و این با نتایج پژوهش حاضر همخوانی ندارد.

مواد جامد محلول: نتایج مطالعه حاضر نشان داد که اثر نوع منبع کلسیم بر مواد جامد محلول میوه به زمان محلول‌پاشی بستگی داشت. دامنه TSS میوه در مرحله اول رشد میوه از ٦/٩٦ (شاهد) تا ٧/١٠ (نیترات کلسیم) و در مرحله دوم رشد میوه از ٦/٩٠ (بدون کود) تا ٧/٠٦ (نیترات کلسیم) متفاوت بود (جدول ٦). بررسی نتایج نشان داد از میان تیمارهای موردمطالعه تنها با محلول‌پاشی کلرید کلسیم و سیلیکات کلسیم در مرحله اول رشد میوه منجر به کاهش معنی‌دار مواد جامد محلول در زمان برداشت شد و بین مواد جامد محلول میوه سایر تیمارهای مورد بررسی و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷). خلج و همکاران (۱۸) با محلول‌پاشی کلرید کلسیم و اسید بوریک در زمان برداشت بر گلابی نشان دادند که بیش‌ترین میانگین مواد جامد محلول کل در تیمار شاهد بوده است. گزارش‌شده که تیمارهای کلسیم قبل از برداشت در سیب رقم گلدن اسموتی هیچ‌گونه تأثیری بر میزان مواد جامد محلول نداشتند (۱۸) و این نتایج با نتیجه پژوهش حاضر یکسان است. در رابطه با تأثیر تیمار با ترکیبات کلسیمی بر میزان مواد جامد محلول و اسید کل نتایج متفاوت و در برخی مواقع متضادی گزارش‌شده است. محلول‌پاشی کلرید کلسیم با غلظت ۲ و ٤ درصد قبل از برداشت در انار به افزایش میزان TSS در آریل‌های انار گردید و کلرید کلسیم در غلظت ٤ درصد بیش‌ترین افزایش TSS را ایجاد کرد درحالی‌که تأثیر معنی‌داری در اسید کل نداشت (۲۸).

ویتامین c: بررسی نتایج نشان داد که اثر نوع منبع کلسیم بر ویتامین c میوه به زمان محلول‌پاشی بستگی داشت. مقدار ویتامین c میوه تاک‌های محلول‌پاشی شده در مرحله اول رشد میوه از ۵۲/۰۵ (بدون کود) تا ٥٥/٨٦ (کلرید کلسیم) و در زمان دوم از ۵۰/۱۵ (بدون کود) تا ۵۵/۵۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم (نیترات کلسیم) متغیر بود. در میان تیمارهای موردمطالعه ویتامین C میوه‌های محلول‌پاشی شده در مرحله اول رشد میوه با کلرید کلسیم و میوه‌های محلول‌پاشی شده در مرحله اول و دوم رشد میوه با نیترات کلسیم بیش‌ترین مقدار بود (جدول ٦) و به‌طور معنی‌داری از مقدار ویتامین C میوه‌های شاهد و سایر تیمارها بیش‌تر بود.

هائو و همکاران (۱۳) با محلول‌پاشی کلرید کلسیم بر انگور در مرحله گلدهی انگور گزارش کردند که میزان ویتامین c تیمارهای محلول‌پاشی شده نسبت به تیمار شاهد ۲۵ درصد افزایش‌یافته است. قسمتی و همکاران (۱۲) در محلول‌پاشی کلرید کلسیم و نیترات کلسیم در سطح یک درصد روی عناب نشان دادند که کاربرد کلرید کلسیم و نیترات کلسیم به‌صورت محلول‌پاشی باعث افزایش ویتامین c میوه نسبت به تیمار شاهد گردیده است و با نتایج پژوهش حاضر

همخوانی دارد. تیمار کلسیم منجر به افزایش کلسیم سیستولی‌شده و بااتصال به کالمادولین به‌عنوان سیگنال‌دهنده عمل می‌کند و سامانه آنتی‌اکسیدانی داخلی را فعال کرده و از اتصال رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژنی به غشا جلوگیری کرده و به حفظ سلامتی غشا جلوگیری کرده و به حفظ و سلامتی غشاهای زیستی کمک و در حقیقت از تجزیه اسکوربیک اسید جلوگیری می‌کند (۲۵).

فنول کل: بررسی نتایج نشان داد که اثر نوع منبع کلسیم بر فنول کل میوه به زمان محلول‌پاشی بستگی داشت. مقادیر فنول میوه در مرحله اول محلول‌پاشی از ۵۸/۹۰ (بدون کود) تا ۱۱٦/٤۸ (کلرید کلسیم) و در زمان دوم محلول‌پاشی از ٦۰/۳۷ (بدون کود) تا ۱۱۳/۰٤ میلی‌گرم در صد گرم (نیترات کلسیم) به‌دست آمد. با محلول‌پاشی کلسیم صرف‌نظر از منبع کودی مورداستفاده مقدار فنول میوه بهبود یافت و بیش‌ترین مقدار فنول میوه با محلول‌پاشی تاک‌های کیوی فروت با کلرید کلسیم (مرحله اول و دوم رشد میوه) و با محلول‌پاشی نیترات کلسیم و سیلیکات کلسیم در مرحله دوم رشد میوه به‌دست آمد. در مورد اثر کلسیم بر تولید ترکیبات فنولی در میوه نتایج متفاوتی وجود دارد، شارما و همکاران (۳۳) گزارش کردند که محلول‌پاشی کلرید کلسیم سبب افزایش مقدار ترکیبات فنولی سیب رقم رویال دلیشز شد؛ که با نتایج پژوهش حاضر مشابه است. به‌طورکلی، جلوگیری از اکسیداسیون فنول با کاربرد کلسیم عمدتاً به تأثیر آن‌ها بر یکپارچگی غشای سلولی و نفوذپذیری غشاء مربوط می‌شود (۳۵).

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر منابع کودی کلسیمی و زمان‌بر برخی و ویژگی کیفی میوه در زمان برداشت.

Table 7. Comparison of the average effect of calcium fertilizer sources and time on some fruit quality characteristics at harvest time.

فنول	ویتامین c	مواد جامد محلول	اسیدیته قابل تیتراسیون	ماده خشک	سفتی	وزن	تیمارها
Phenol (mg/100g)	Vitamin C (mg/100g)	Total soluble solids (^{0}Brix)	Titratable acidity (TA)	Dry matter (%)	Firmness (kg/cm^2)	Weight (gr)	Treatments
58.90^{c}	52.05^{b}	6.96^{a}	1.16^{cb}	14.96^{f}	8.28^{c}	77.01^{c}	بدون کود × زمان اول Control × first time
60.37^{c}	50.15^{b}	6.90^{a}	1.13^{c}	14.90^{f}	8.11^{c}	78.28^{c}	بدون کود × زمان دوم Control × second time
116.48^{a}	55.86^{a}	6.10^{b}	1.15^{cb}	19.63^{a}	10.04^{ab}	93.44^{a}	کلرید کلسیم× زمان اول Calcium chloride × first time
107.30^{a}	50^{b}	6.90^{a}	1.14^{cb}	19.53^{a}	9.58^{b}	90.73^{b}	کلرید کلسیم × زمان دوم Calcium chloride × second time
89.29^{b}	56.50^{a}	7.10^{a}	1.29^{a}	18.53^{b}	10.43^{a}	93.50^{a}	نیترات کلسیم× زمان اول Calcium nitrate × first time
113.04^{a}	55.57^{a}	7.06^{a}	1.19^{b}	18.10^{c}	8.55^{c}	94.61^{a}	نیترات کلسیم × زمان دوم Calcium nitrate × second time
92.30^{b}	51.37^{b}	6.00^{b}	1.18^{cb}	16.90^{d}	9.71^{b}	90.67^{b}	سیلیکات کلسیم × زمان اول Calcium silicate × first time
106.30^{a}	51.70^{b}	7.00^{a}	1.16^{cb}	16.06^{e}	8.56^{c}	89.44^{b}	سیلیکات کلسیم× زمان دوم Calcium silicate × second time

نتیجه‌گیری کلی

اثر نوع منبع کلسیم بر وزن میوه، سفتی، درصد ماده خشک، مواد جامد محلول، ویتامین c و فنول به زمان محلول‌پاشی بستگی داشت. بیش‌ترین افزایش مقدار وزن میوه و سفتی و درصد ماده خشک میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین c در زمان برداشت در میوه تاک‌های محلول‌پاشی شده با کلرید کلسیم در مرحله رشد اول میوه مشاهده شد. تأثیر محلول‌پاشی منابع کلسیم در مرحله اول رشد میوه بر ویژگی‌های کیفی میوه در مقایسه با مرحله دوم رشد میوه بیش‌تر بود. بررسی نتایج نشان داد با محلول‌پاشی کلسیم صرف‌نظر از منبع کودی ویژگی‌های کیفی موردمطالعه در پژوهش بهبود یافت. مهم‌ترین اثر محلول‌پاشی کلسیم در مراحل رشد میوه کیوی باعث افزایش سفتی میوه کیوی می‌شود که با توجه به برداشت میوه کیوی و نگهداری کیوی در سردخانه‌ها، این ویژگی باعث افزایش عمر انبارمانی میوه کیوی می‌گردد؛ و به باغداران توصیه می‌شود که برای افزایش کیفیت و نگهداری میوه کیوی در سردخانه و افزایش عمر انبارمانی محلول‌پاشی قبل از برداشت کلسیم در مراحل رشد میوه کیوی صورت گیرد.

منابع

1. Ali, I., Abbasi, N., & Hafiz, I. (2021). Application of calcium chloride at different phenological stages alleviates chilling injury and delays climacteric ripening in peach fruit during low-temperature storage. *International of Journal of Fruit Science*, 21, 1040-1058.
2. Asgharzade, A., Valizade, Gh. A., & Babaeian, M (2012) Effect of calcium chloride ($CaCl_2$) on some quality characteristic of apple fruits in Shirvan region. *African Journal of Microbiology Research*, 6(9), 2000-2003.
3. Azadi Boger, S. H., & Furqani, A. (2015). The effect of calcium foliar application on some quantitative and qualitative characteristics of Gulab-e kohen$_z$ apple. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47(4), 811-822. [In Persian]
4. Chardonnet, C. O., Charron, C. S., Sams, & William, S. (2003). Conway chemical changes in the cortical tissue and cell walls of calcium infiltrated 'Golden Delicious' apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 28, 97-111.
5. Casero, T., Benavides, A. L., & Recasens, I. (2010). Interrelation between fruit mineral content and pre-harvest calcium treatments on 'golden smoothee' apple quality. *Journal of Plant Nutrition*, 33(1), 27-37.
6. Danner, M. A., Scariotto, S., Citadin, I., Penso, G. A., & Cassol, L. C. (2015). Calcium sources applied to soil can replace leaf application in 'Fuji' apple tree. *Pesqui Agropecu Tropical*, 45(3), 265-273.
7. Davarpanaha, S., Tehranifara, A., Abadíab, J., Valb, J., Davarynejada, Gh., Aranc, M., & Khorassanid, R. (2018) Foliar calcium fertilization reduces fruit cracking in pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani). *Scientia Horticulturae*, 230, 86-91.
8. Doyle, J. W., Nambeesan, S. U., & Malladi, A. (2021). Physiology of nitrogen and calcium nutrition in blueberry (*Vaccinium* sp.). *Agronomy*, 11(4), 11040765.
9. Fao. (2020). **http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq2/en/.**
10. Fattahi Moghadam, J., & Hallaji Thani, M. F. (2012). Determining the right time to harvest kiwi fruit and its impact on postharvest quality of the fruit. *Journal of Horticultural Science*, 26, 230-237.
11. Gao, Q., Xiong, T., Li, X., Chen, W., & Zhu, X. (2019). Calcium and calcium sensors in fruit development

and ripening. *Scientia Horticulturae*, 253, 412-421.

12. Ghesmatii, M., Moradinejad, F., & Khayat, M. (2017) Effect of foliar application of calcium nitrate and calcium chloride on antioxidant properties and quality of *Ziziphus jujube* Mill. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 33(5), 871-881.
13. Hao, S., Zhou, W. H., Xu, Y., Xiao, H., He, F. Y., & Wang, Y. (2023). Effect of calcium spray at flowering combined with post-harvest 1-MCP treatment on the preservation of grapes. *Heliyon*, 3, 112-122.
14. Hashmatt, M., Morton, A. R., Heyes, J. A., Armour, D., Lowe, T., Black, M., & Kerckhoffs, L. H. J. (2019). Effect of pre-harvest foliar calcium application on fruit quality in gold 3 kiwifruit. *Acta Horticulture*, 1253, 327-334.
15. Hanar Kavian, F., & Turkashund Mohammadi, A. (2018). Effect of different calcium chloride application methods and macro elements fertilizers (nitrogen, phosphorus and potassium) on fruit quality and postharvest life of Hayward kiwi fruit. *Plant Production Tecnology*, 10(1), 189-199.
16. Li, J., & Jiezhong, C. (2017). Citrus fruit-cracking: causes and occurrence. *Horticultural Plant Journal*, 3(6), 255-260.
17. Kazemi, S. H., Azarabadi, S., Rahimzade-Khoie, F., Nazari, N., & Mardan, N. (2011) Efficiency of phosphorus fertilizer application levels on morphological traits, yield and yield components of maize. The first National Conference on Modern Topics in Agriculture, University of Saveh. [In Persian]
18. Khalaj, K., Ahmadi, N., & Suri, M. K. (2015). Effects of calcium and boron foliar application on fruit quality in Asian pear cultivar KS10. *Journal of Crop Production and Processing*, 4(14), 89-97.
19. Khalifa R. Kh. M., Omania M., Hafez S., & Abd-El khair H. (2009). Influence of foliar spraying with boron and calcium on productivity, fruit quality, nutritional status and controlling of blossom end rot disease of anna apple trees. *World Journal of Agriculture Sciences*, 5(2), 237-349.
20. 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. *HortScience*, 45, 984-987.
21. Kwack, Y. B., Kim, H. L., Choi, Y. H., Lee, J. H., Kim, J. G., & Lee, Y. B. (2012). Fruit quality and fruit locule air hole of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) affected by early defoliation. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 31, 229-234.
22. Manolopoulou, H., & Papadopoulou, P. (1998). A study of respiratory and physico chemical change of foure Kiwifruit cultivar during cold-storage. *Food Chemistry*, 63, 529-534.
23. Michailidis, M., Karagiannis, E., Tanou, G., Samiotaki, M., Tsiolas, G., Sarrou, E., Stamatakis, G., Ganopoulos, I., Martens, S., Argiriou, A., & Molassiotis, A. (2020). Novel insights into the calcium action in cherry fruit development revealed by high throughput mapping. *Plant Molecular Biology*, 104, 597-614.
24. Morandi, B., Losciale, P., Manfrini, L., Pierpaoli, E., Zibordi, M., & Grappadelli, L. C. (2012). Short-period changes in weather conditionsaffect xylem, but not phloem flows to young kiwifruit (Actinidia deliciosa) berries. *Scientia Horticulturae*, 142, 74-83.
25. Naser, F., Rabiei, V., Razavi, F., & Khademi, O. (2018). Effect of calcium lactate in combination with hot water treatment on the nutritional quality of persimmon fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 233, 114-123.
26. Ochmian, I. (2012). The impact of foliar application of calcium fertilizers on the

quality of highbush blueberry fruits belonging to the ‘Duke’ cultivar. Not. *Botany Horticulture Agrobotany*, 40, 163-169.

27. Raisi, T., Ebadi, H., & Moradi, B. (2019) *Guide to nutrition and irrigation of kiwi vines*. Ministry of Jihad Agriculture, Research Organization of Agricultural Education and Extension, Deputy of Agricultural Education and Extension. 234 p. [In Persian]
28. Ramezanian, A., Rahemi, M., & Vazifehshenas, M. R. (2009). Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, 121(2), 171-175.
29. Rouhi, V., Nikbakht, A., & Hoshmand, S. (2014) Effect of calcium chloride solution spraying and different time of spraying on the qualitative and quantitative characteristics of Meles Saveh pomegranate fruit. *Journal of Horticultural Sciences*, 29(2), 158-167. [In Persian]
30. Shiri, M. (2014) Studying the effectiveness of calcium foliar application time on the quality and storage of kiwi fruit. Ph.D. thesis, Faculty of Agricultural Sciences, University of Gilan. 152 p. [In Persian]
31. Singleton V. L., Orthofer R., & Lamyela-Raventos M. R. (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-Ciocalteu reagent. Oxidants and antioxidants, PT. *Methods of Enzymology*, 299, 152-178.
32. Sinha, A., Jawandha, S. K., Gill, P. P. S., & Singh, H. (2019). Influence of pre-harvest sprays of calcium nitrate on storability and quality attributes of plum fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 1427-1437.
33. Sharma R. R., Simgh, D., & Pal, R. K. (2013) Synergistic influence of pre-harvest calsium sprays and postharvest hot water treatment on fruit firmness, decay, bitter pit incidence and postharvest quality of royal delicious apples (Malus x domestica Borkh). *American Journal of Plant Sciences*, 4, 153-159.
34. Sotiropoulos, T., Voulgarakis, A., Karaiskos, D., Chatzistathis, T., Manthos, I., Dichala, O., & Mpountla, A. (2021) Foliar calcium fertilizers impact on several fruit quality characteristics and leaf and fruit nutritional status of the ‘Hayward’ kiwifruit cultivar. *Agronomy*, 11(2), 235.
35. Tomas-Barberan, F. A. Gil, M. I., Castaner, M., Artes, F., & Saltveit, M. E. (1997). Effect of selected browning inhibitors on phenolic metabolism in stem tissue of harvested lettuce. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 45, 583-589.
36. White, P. J., & Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Annals of Botany*, 92(4), 487-511.
37. Wu, Y., Yang, X., Wang, X., Yan, L., Hu, X., & Lian, M. (2023). Effect of foliar fertilization on fruit quality, cell wall enzyme activity and expression of key genes in Chinese cherry. *International Journal of Fruit Science*, 23(1), 200-216.