نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۵، شماره ۶، صفحه ۱۰۴۳-۱۰۲۸ (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2020.126308.2561
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1398.35.1028.98.6.1578.41

تأثیر محلول‌پاشی برگی با کلرید کلسیم و نیترات کلسیم در طی رشد و نمو بر ویژگی‌های کمّی و کیفی گیاه زرشک (*Berberis vulgaris* L.)

افسانه حسینی[۱]، فرید مرادی‌نژاد[۲*]، مهدی خیاط[۳] و محمدحسین امینی‌فرد[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

پست الکترونیک: fmoradinezhad@birjand.ac.ir

۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۸ تاریخ اصلاح نهایی: آذر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۸

چکیده

کلسیم یکی از مهمترین عناصر معدنی است که در تعیین کیفیت میوه دخالت دارد. وجود ضایعات فراوان و اُفت کیفیت زرشک بی‌دانه در طی مراحل برداشت، پس از برداشت و نگهداری آن یکی از مشکلات مهم در مناطق تولید می‌باشد. محلول‌پاشی با عناصر معدنی می‌تواند از طریق تأمین مواد غذایی باعث افزایش کیفیت، عملکرد، بازارپسندی و کاهش خسارتهای بعد از برداشت گردد. ازاین‌رو در این مطالعه اثر محلول‌پاشی برگی کلرید کلسیم و نیترات کلسیم بر ویژگی‌های کمّی و کیفی میوه زرشک در قالب طرح بلوک کامل تصادفی اجرا گردید. تیمارها شامل شاهد (آب‌مقطر)، کلرید کلسیم (۰/۵٪) و نیترات کلسیم (۰/۵٪) بودند. محلول‌پاشی در چهار مرحله از فصل رشد انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین تعداد خوشه در شاخه، تعداد حبه در خوشه، تعداد حبه در شاخه و عملکرد میوه در شاخه مربوط به تیمار کلرید کلسیم ۰/۵٪ و کمترین مقدار آنها در شاهد بود. تیمار کلرید کلسیم مورد مطالعه، منجر به افزایش وزن تَر، قطر و طول شاخه در مقایسه با تیمار شاهد شد. حداکثر مقادیر کلروفیل a، b و کل در برگ‌های درختان شاهد مشاهده گردید. اثر تیمارهای کلرید کلسیم و نیترات کلسیم بر کیفیت ظاهری و بافت میوه زرشک معنی‌دار بود، اگرچه بر خصوصیات شیمیایی میوه اثری نداشت. به‌طور کلی نتایج نشان داد که محلول‌پاشی برگی با نمک‌های کلرید کلسیم و نیترات کلسیم موجب بهبود ویژگی‌های کمّی و کیفی میوه‌ها نسبت به شاهد شد.

واژهای کلیدی: حبه، سفتی، عملکرد، کلروفیل.

مقدمه

زرشک گیاه بومی ایران است. نام زرشک در نوشته‌های دانشمندان قرون وسطی وجود دارد (کتاب‌های دارویی جنوب ایتالیا) و احتمالاً منشأ آن عربی است (Vedel & Lange, 1973). زرشک (Barberry) بیش از ۶۶۰ گونه دارد که مهمترین و شناخته‌شده‌ترین آنها زرشک بی‌دانه و زرشک با دانه است. فقط نوع بی‌دانه به‌عنوان محصول باغی پرورش می‌یابد و در ایران کشت می‌شود (Kafi & Balandri, 2002). کل سطح زیر کشت زرشک در ایران در سال ۱۳۸۷، ۱۴۲۰۰ هکتار گزارش

شده است که بیش از ۱۴۰۰۰ هکتار آن در استان خراسان جنوبی است.

از میان عناصر غذایی ضروری، کلسیم نقش مؤثری در کیفیت و افزایش ماندگاری میوه ایفاء می‌کند و سطوح پایین کلسیم در میوه‌ها با کاهش عمر پس از برداشت و اختلالات فیزیولوژیکی آنها مرتبط می‌باشد (Saure, 2005). با وجود اینکه بیشتر خاک‌ها از نظر کمبود کلسیم مشکلی ندارند و مقدار کلسیم در خاک‌ها زیاد است، ولی به‌دلیل اینکه کلسیم در داخل گیاه دارای تحرک کمی است، کمبود آن در بیشتر گیاهان مشاهده می‌شود. ازاین‌رو کاربرد کلسیم روی میوه با روش‌هایی از قبیل تیمار گرمایی، غوطه‌وری، محلول‌پاشی روی درخت، نفوذ در خلأ در اثر فشار، پوشش‌های سطحی یا ترکیبی از این روش‌ها همراه بوده است (Chardonnet *et al*., 2003). محلول‌پاشی برگی یک روش کاربردی برای تغذیه محصولات است که از عناصر ماکرو و میکرو به‌صورت مایع استفاده می‌شود (Nasiri *et al*., 2010). تغذیه برگی در برگ‌های جوان بیشتر مؤثر است و کمبود مواد مغذی پرمصرف و کم‌مصرف می‌تواند با این عامل برطرف شود (Kashi, 1994) و نقش مهمی در میوه بستن، حفظ و توسعه میوه‌ها و همچنین عملکرد و بهبود کیفیت آن دارد (Singh & Ram, 1983). در سال‌های اخیر توجه بسیاری از پژوهشگران به نقش کلسیم در میوه‌ها معطوف گردیده است. کاربرد کلسیم مقاومت بافت‌ها را افزایش داده و پیری را به تأخیر می‌اندازد که این عمل با جلوگیری از تولید اتیلن انجام می‌شود (Capdeville *et al*., 2003). بررسی‌ها نشان می‌دهد که تیمار خارجی کلسیم در بسیاری از میوه‌ها از قبیل هلو، سیب و توت فرنگی باعث بهبود شاخص‌های انباری آنها می‌شود، همینطور کلسیم باعث کاهش سرعت پیر شدن، رسیدگی و ایجاد تحمل به عوامل بیماری‌زا و کاهش حساسیت به سرمازدگی در میوه‌ها و سبزی‌های مختلف به‌وسیله به تأخیر انداختن پیری دیواره سلولی و نگهداری و ثبات غشاء و طولانی کردن ظرفیت غشاء در انتقال سیگنال‌های سلولی می‌شود (Brown *et al*., 1995). کلسیم بر خواص کیفی میوه مانند سفتی و ماندگاری پس از برداشت تأثیر مثبت دارد. جذب کافی کلسیم وابسته به میزان تبخیر و تعرق می‌باشد و بیشترین انتقال کلسیم به اندام‌هایی انجام می‌شود که دارای تبخیر و تعرق بالایی بوده و توان آب کمتری دارند. به‌عبارت دیگر انتقال کلسیم به بافت‌هایی مانند برگ به‌دلیل توان آب کمتر بیشتر خواهد بود و میوه‌ها به‌دلیل داشتن توان آب بالاتر و تراکم کمتر روزنه مقدار کمتری کلسیم جذب می‌کنند (Marschner, 1995).

نتایج مطالعات نشان داده است که محلول‌پاشی منابع مختلف کلسیم باعث بهبود خصوصیات کمّی و کیفی میوه و جلوگیری از ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی که در طی انبارداری اتفاق می‌افتد، می‌شود (Conway, 2000). عواملی مانند مراحل نمو میوه، خصوصیات محلول کلسیم از نظر فرمولاسیون، دما، اسیدیته، غلظت و نحوه کاربرد و میزان نفوذ کلسیم به داخل میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Saftner *et al*., 2004). در بین ترکیب‌های دارای کلسیم، کلرید کلسیم بیشترین قابلیت نفوذ را به داخل کوتیکول میوه دارد (Tzoutzoukou & Bouranis, 2002). یکی دیگر از نمک‌های کلسیمی که اثر مفیدی بر کیفیت میوه‌ها دارد، نیترات کلسیم است. گزارش شده است که نیترات کلسیم باعث به تأخیر انداختن پیری و کاهش میزان تنفس می‌شود. همچنین محلول‌پاشی نیترات کلسیم باعث افزایش استحکام، کاهش ترک‌خوردگی و کاهش پوسیدگی پس از برداشت میوه هلو شده است (Taylor & Brannen, 2008). تعداد مرتبه‌های محلول‌پاشی کلرید کلسیم تابعی از دما، رطوبت نسبی، نیاز رقم، عملکرد و عمر درخت‌های میوه است و هرچه درخت‌ها جوان‌تر باشند نیاز کلسیمی آنها بالاتر خواهد بود (Faust, 1989). اثر مثبت کاربرد کلسیم روی میوه‌های گیلاس، آلبالو، توت‌فرنگی و انگور در گزارش‌های متعدد نشان داده شده است (Naphun *et al*., 1997؛ Rozpada & Grzyb, 2004؛ Vestrheim, 1970؛ Vitrac *et al*., 2000).

با توجه به گزارش‌های متعدد مبنی بر تأثیر مفید کلسیم بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و کیفیت درختان میوه و اهمیت تولید زرشک در استان خراسان جنوبی و

از سویی فقدان اطلاعات کافی در این مورد، اجرای این پژوهش می‌تواند حائز اهمیت باشد. بنابراین، هدف از اجرای این آزمایش تأثیر محلول‌پاشی برگی کلرید کلسیم و نیترات کلسیم بر ویژگی‌های کمّی و کیفی گیاه زرشک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تیمارهای کلرید کلسیم و نیترات کلسیم بر خصوصیات کمّی و کیفی میوه زرشک، آزمایشی در بهار و تابستان ۱۳۹۷ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و سه تکرار در باغ زرشک امیرآباد واقع در کیلومتر هشت جاده بیرجند – کرمان با عرض جغرافیایی ۵۶ و °۳۲ شمالی، طول جغرافیایی ۱۳ و °۵۹ شرقی و ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا انجام شد. در این آزمایش از درختان ۲۸ ساله با فاصله روی ردیف ۴ متر و بین ردیف ۵ متر استفاده شد. آبیاری باغ به‌صورت غرقابی و به فاصله هر ۳۲ روز بوده و از زمان گل دادن درخت تا مرحله میوه‌دهی هیچ‌گونه کوددهی و عملیات سمپاشی انجام نشده بود. قبل از اعمال تیمارها برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک باغ، از عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری‌های مختلفی انجام شد (جدول ۱). تیمارهای آزمایش شامل کلرید کلسیم (۰/۵٪)، نیترات کلسیم (۰/۵٪) و شاهد (آب‌مقطر) بودند. قبل از عمل محلول‌پاشی نه درخت همسن و یکنواخت زرشک در ۳ ردیف (بلوک) و از هر درخت ۴ شاخه انتخاب شده و در هنگام صبح در خنکی هوا و بدون باد و بارندگی انجام گردید. عملیات محلول‌پاشی طی ۴ مرحله (۱ خرداد (تشکیل میوه)، ۱۰ تیر (رشد میوه)، ۲۰ مرداد (رشد میوه) و ۲۰ شهریور (تغییر رنگ میوه)) انجام شد. در اوایل آبان‌ماه شاخه‌ها برداشت شده و به آزمایشگاه فیزیولوژی باغبانی دانشکده کشاورزی بیرجند انتقال یافت و صفات مختلف آن اندازه‌گیری شدند.

تعداد خوشه در شاخه

از هر یک از تیمارها به‌صورت تصادفی سه شاخه انتخاب گردید و تعداد خوشه در شاخه شمارش شد.

تعداد حبه در خوشه

پس از شمارش تعداد خوشه در شاخه، از هر تیمار سه خوشه به‌صورت تصادفی انتخاب شد و تعداد حبه در خوشه شمارش گردید.

تعداد حبه در شاخه

از هر تیمار جداگانه سه شاخه انتخاب گردید و پس از جداسازی حبه‌ها از شاخه، تعداد حبه‌ها در شاخه شمارش شدند.

عملکرد میوه در شاخه

پس از برداشت، تعداد حبه در شاخه و میانگین وزن حبه‌ها در شاخه بدست آمد و در نهایت عملکرد میوه در شاخه (گرم) محاسبه شد.

وزن تَر و خشک شاخه

بعد از جداسازی حبه‌ها و برگ‌ها از هر تیمار وزن تَر شاخه با ترازوی دیجیتال (مدل KB120-3N) با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. سپس شاخه‌ها در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد درون آون به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و دوباره توزین شدند و وزن خشک شاخه (بر حسب گرم) بدست آمد.

قطر و طول شاخه

قطر شاخه‌ها (برحسب میلی‌متر) با استفاده از کولیس دیجیتال (مدل LINEAR, 49-923) با دقت ۰/۰۱ و طول شاخه‌ها (بر حسب سانتی‌متر) به‌وسیله خطکش اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱- نتایج تجزیه ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش

عمق خاک	بافت خاک	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	اسیدیته	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	نیتروژن خاک (٪)	فسفر خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم خاک (ppm)	کلسیم خاک (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)
۰-۳۰	شنی لومی	۵۴	۳۴	۱۲	۸/۲۲	۱۱/۵۴	۰/۰۶۵	۲۰/۸	۳۷۰	۱۵/۸۸
۳۰-۶۰	لومی	۳۸	۴۲	۲۰	۸/۲۶	۱۵/۱۳	۰/۰۵۰	۲۰/۷	۳۶۰	۳۱/۲۹

ارزیابی خصوصیات بیوشیمیایی میوه

مواد جامد محلول

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول، چند قطره از آب میوه روی دستگاه رفراکتومتر دستی مدل (RF 10, 0-32° Brix, Extech Co., USA) ریخته شد و مقدار مواد جامد محلول برحسب درجه بریکس قرائت شد.

محاسبه اسید کل

مقدار اسیدیته کل به روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم (۰/۱ نرمال) محاسبه شد. برای این کار، به ۲ میلی‌لیتر از آب میوه، ۲ قطره معرف فنول فتالئین افزوده شد و با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تیتر شد. ظهور رنگ صورتی روشن و رسیدن pH محلول به ۸/۲ پایان تیتراسیون بود. سپس میزان اسیدیته کل بر حسب درصد اسید مالیک (اسید غالب زرشک) محاسبه شد.

نسبت قند به اسید

نسبت قند به اسید هر نمونه، با تقسیم کردن میزان مواد جامد محلول بر میزان اسیدیته قابل تیتر آن تعیین شد (Krizek *et al*., 1998).

اسیدیته

اسیدیته آب زرشک با استفاده از pH متر دیجیتالی (مدل متروم، ساخت کمپانی متروم سوئیس) محاسبه شد.

اسید آسکوربیک

مقدار اسید آسکوربیک (بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر) توسط روش تیتراسیون ۲ و ۶- دی کلروفنول ایندوفنول اندازه‌گیری شد (Kassem *et al*., 2011).

تعیین رادیکال‌های آزاد (ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل)

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل با استفاده از روش ۲،۲- دی فنیل ۲- پیکریل هیدرازیل (DPPH) و برحسب درصد تعیین شد (Blois, 1958).

اندازه‌گیری آنتوسیانین

برای تعیین اسپکتروسکوپی آنتوسیانین از روش تغییرات pH استفاده شد. در این روش از دو نوع بافر پتاسیم کلرید و سدیم استات استفاده گردید (Swain, 1965). سپس آنتوسیانین کل بر حسب میلی‌گرم در لیتر محاسبه شد.

تعیین فنول کل

محتوی فنول کل با استفاده از روش گالیک اسید و معرف فولین سیکالتو (برحسب میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن خشک) محاسبه شد (Chuah *et al*., 2008).

تعیین کلروفیل

۰/۲۵ گرم از برگ‌های تازه زرشک را وزن کرده و با ۵cc استون مخلوط شد. بعد از تهیه عصاره گیاهی، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در یک اتاق تاریک سرد، با دمای چهار درجه سانتی‌گراد گذاشته شد. سپس برای تعیین کیفی کلروفیل a و b، جذب نمونه‌ها با استفاده از اسپکتوفتومتر (UNICO, 2000, Germany) در دو طول موج ۶۶۳ نانومتر و ۶۴۵ نانومتر قرائت شد. اعداد بدست‌آمده بر حسب میکروگرم بر میلی‌لیتر می‌باشند. محتوای کلروفیل a و b به صورت میلی‌گرم در نمونه‌ها بیان شده و در مرحله بعد، برای تعیین کلروفیل کل، کلروفیل a با کلروفیل b جمع شد (Lichtenthaler, 1987). برای تعیین کاروتنوئید نیز جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شد.

خواص ارگانولپتیکی

آزمون حسی با استفاده از کارشناسان نیمه‌حرفه‌ای و براساس روش آزمون پنج نقطه‌ای هدونیک اجرا و در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی ویژگی‌های بافت، رنگ، بو، طعم و ظاهر عمومی محصول ارزیابی شد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار GenStat (version 12.1, VSN, International, Ltd., UK, 2009) انجام شد.

نتایج

تعداد خوشه در شاخه، تعداد حبه در خوشه، تعداد حبه در شاخه و عملکرد میوه در شاخه

تیمار محلول‌پاشی کلرید کلسیم و نیترات کلسیم روی تعداد خوشه در شاخه، تعداد حبه در خوشه، تعداد حبه در شاخه و عملکرد میوه در شاخه اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میانگین تعداد خوشه در شاخه، تعداد حبه در خوشه، تعداد حبه در شاخه و عملکرد میوه در شاخه مربوط به تیمار کلرید کلسیم ۰/۵٪ و کمترین مقدار آنها در شاهد بود. اگرچه از لحاظ آماری بین تیمارهای کلرید کلسیم و نیترات کلسیم در تعداد خوشه در شاخه و تعداد حبه در خوشه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تیمار کلرید کلسیم با ۲۴ خوشه بالاترین تعداد خوشه در شاخه را نسبت به شاهد (۱۰/۳۳ خوشه) نشان داد. همچنین محلول‌پاشی کلرید کلسیم ۰/۵٪ با ۲۴/۶۶ حبه تعداد حبه در خوشه را نسبت به شاهد (۱۰/۶۶ حبه) افزایش داد. علاوه‌براین تیمار کلرید کلسیم با ۴۷۱/۶۶ حبه تعداد میوه در شاخه را در مقایسه با تیمار شاهد (۱۳۸/۶۶ حبه) افزایش داد. بیشترین عملکرد میوه در شاخه (۲۵۶۹۰/۱۰ گرم) در تیمار کلرید کلسیم و کمترین آن (۲۰۲۰/۶۹ گرم) در تیمار شاهد بدست آمد (جدول ۳).

وزن تَر و خشک، قطر و طول شاخه

اثر تیمارهای کلرید کلسیم و نیترات کلسیم بر وزن تَر، قطر و طول شاخه زرشک معنی‌دار بوده است (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار کلرید کلسیم مورد مطالعه، منجر به افزایش وزن تَر، قطر و طول شاخه در مقایسه با تیمار شاهد شد، هرچند از لحاظ آماری با تیمار نیترات کلسیم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج جدول ۵ نشان داد که محلول‌پاشی برگی با کلرید کلسیم وزن تَر شاخه (۳/۵۶ گرم)، قطر شاخه (۴/۲۹ میلی‌متر) و طول شاخه (۳۲/۶۶ سانتی‌متر) را نسبت به شاهد افزایش داد، اما در وزن خشک شاخه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

صفات شیمیایی

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که میزان مواد جامد محلول، اسیدیته کل، نسبت قند به اسید، اسیدیته، اسید آسکوربیک، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، آنتوسیانین و فنول کل میوه‌ها تحت تأثیر محلول‌پاشی کلرید کلسیم و نیترات کلسیم قرار نگرفت (جدول ۶ و ۷).

رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کل و کاروتنوئید)

با بررسی نتایج مشخص شد که اثر تیمار شاهد و نیترات کلسیم بر میزان کلروفیل برگ زرشک بی‌دانه معنی‌دار گردید، اما میزان کاروتنوئید با محلول‌پاشی کلرید کلسیم و نیترات کلسیم معنی‌دار نشد (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر کلروفیل a، b و کل به‌ترتیب (۲۰/۷۲، ۸/۲۶ و ۲۸/۹۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در شاهد مشاهده شد، هرچند از لحاظ آماری با تیمار نیترات کلسیم تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۹).

خواص ارگانولپتیکی

با توجه به نتایج، اثر تیمارهای کلرید کلسیم و نیترات کلسیم بر کیفیت ظاهری و بافت میوه زرشک معنی‌دار بود (جدول ۱۰). نتایج مقایسه میانگین‌ها حکایت از اثرهای مثبت محلول‌پاشی کلرید کلسیم و نیترات کلسیم بر کیفیت ظاهری و بافت میوه زرشک داشت. البته تیمارهای کلرید کلسیم و نیترات کلسیم هیچ تفاوت معنی‌داری از نظر مزه و بو با شاهد نداشتند (جدول ۱۱).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی برگی بر صفات کمّی میوه زرشک بی‌دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد خوشه در شاخه	تعداد حبه در خوشه	تعداد حبه در شاخه	عملکرد میوه در شاخه
بلوک	۲	۶/۷۷ns	۱۲/۱۱ns	۳۸۶۰/۳۳ns	۴۲۰۱۳۳۹/۴۹ns
تیمار	۲	۱۴۳/۴۴**	۱۵۸/۱۱**	۸۳۲۹۹/۰۰**	۲۶۸۳۳۷۱۹۳/۲۰**
خطا	۴	۶/۲۷	۶/۷۷	۴۳۴۲/۸۳	۱۲۱۴۳۳۲۸/۸۳
ضریب تغییرات		۱۴/۰۹	۱۳/۸۶	۲۱/۸۶	۲۰/۰۳

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۳- اثر محلول‌پاشی برگی بر صفات کمّی میوه زرشک بی‌دانه

تیمارها	تعداد خوشه در شاخه (خوشه)	تعداد حبه در خوشه (حبه)	تعداد حبه در شاخه (حبه)	عملکرد میوه در شاخه (گرم)
شاهد	۱۰/۳۳b	۱۰/۶۶b	۱۳۸/۶۶c	۲۰۲۰/۶۹b
کلرید کلسیم	۲۴/۰۰a	۲۴/۶۶a	۴۷۱/۶۶a	۲۵۶۹۰/۱۰a
نیترات کلسیم	۱۹/۰۲a	۲۱/۰۲a	۲۹۳/۶۰b	۱۱۵۰۷/۲۳ab

حروف متفاوت در هر ستون تفاوت معنی‌دار بین تیمارها را نشان می‌دهد ($P<0.05$).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی برگی بر صفات کمّی شاخه زرشک بی‌دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تَر شاخه	وزن خشک شاخه	قطر شاخه	طول شاخه
بلوک	۲	۰/۴۵ns	۰/۵۵ns	۰/۰۳ns	۲۴/۰۸ns
تیمار	۲	۴/۴۷**	۱/۹۲ns	۱/۲۷*	۱۸۷/۲۵**
خطا	۴	۰/۱۳	۰/۲۹	۰/۱۵	۴/۸۳
ضریب تغییرات		۱۴/۵۸	۲۰/۳۸	۱۰/۳۰	۷/۸۴

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۵- اثر محلول‌پاشی برگی بر صفات کمّی شاخه زرشک بی‌دانه

تیمارها	وزن تَر شاخه (گرم)	وزن خشک شاخه (گرم)	قطر شاخه (میلی‌متر)	طول شاخه (سانتی‌متر)
شاهد	۱/۱۹b	۰/۹۸a	۳/۰۶b	۱۸/۹۰b
کلرید کلسیم	۳/۵۶a	۲/۳۲a	۴/۲۹a	۳۲/۶۶a
نیترات کلسیم	۲/۸۸a	۲/۴۱a	۴/۰۵a	۳۲/۵۰a

حروف متفاوت در هر ستون تفاوت معنی‌دار بین تیمارها را نشان می‌دهد ($P<0.05$).

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی برگی بر ویژگی‌های بیوشیمیایی میوه زرشک بی‌دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	مواد جامد محلول	اسیدیته کل	نسبت قند به اسید	اسیدیته	اسید آسکوربیک	آنتی اکسیدانت کل	آنتوسیانین	فنول کل
بلوک	۲	۰/۱۱ns	۰/۰۰۵ns	۰/۴۷ns	۰/۰۰۲۱ns	۲/۷۷ns	۱۲۶/۲۷ns	۶۸/۸۳ns	۱۰/۲۶ns
تیمار	۲	۲/۸۵ns	۰/۱۲ns	۲۳/۳۹ns	۰/۰۰۵۰ns	۲/۷۷ns	۳۹/۴۷ns	۱۴۵۳۵۱۱۹/۵۲ns	۲/۳۴ns
خطا	۴	۰/۲۶	۰/۰۵	۴/۸۵	۰/۰۰۴۳	۲/۷۷	۲۶/۵۲	۲۳۰/۴۵	۵/۰۴
ضریب تغییرات		۲/۳۸	۱۵/۷۸	۱۴/۳۱	۲/۲۵	۱۵/۷۸	۶/۴۰	۰/۹۹	۲۰/۰۳

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۷- اثر محلول‌پاشی برگی بر ویژگی‌های بیوشیمیایی میوه زرشک بی‌دانه

تیمارها	مواد جامد محلول (٪)	اسیدیته کل (٪)	نسبت قند به اسید	اسیدیته	اسید آسکوربیک (میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر)	آنتی‌اکسیدانت کل (٪)	آنتوسیانین (میلی‌گرم بر لیتر)	فنول کل (میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن خشک)
شاهد	۲۱/۶۴a	۱/۷۸a	۱۲/۵۵a	۲/۸۸a	۱۳/۳۳a	۸۱/۹۳a	۳۰۵/۶۸a	۷/۲۹a
کلرید کلسیم	۲۰/۳۵a	۱/۷۸a	۱۲/۱۳a	۲/۸۹a	۱۰/۰۰a	۷۶/۳۳a	۲۷۸۹/۶۲a	۶/۷۰a
نیترات کلسیم	۲۰/۴۵a	۱/۰۹a	۲۰/۳۳a	۲/۹۹a	۱۰/۰۳a	۸۳/۱۰a	۲۳۴/۶۵a	۸/۴۲a

حروف متفاوت در هر ستون تفاوت معنی‌دار بین تیمارها را نشان می‌دهد ($P<0.05$).

جدول ۸- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی برگی بر رنگیزه‌های برگ زرشک بی‌دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
بلوک	۲	۱۴/۸۷ns	۰/۵۸ns	۲۰/۱۸ns	۰/۰۰۱۱ns
تیمار	۲	۱۶۲/۲۱**	۲۷/۷۰**	۳۲۳/۸۴**	۰/۰۶۶ns
خطا	۴	۴/۰۷	۱/۴۱	۶/۸۸	۰/۷۲
ضریب تغییرات		۱۲/۴۰	۱۸/۱۲	۱۱/۴۹	۲۱/۳۶

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۹- اثر محلول‌پاشی برگی بر رنگیزه‌های برگ زرشک بی‌دانه

تیمارها	کلروفیل a (میکروگرم بر میلی‌لیتر)	کلروفیل b (میکروگرم بر میلی‌لیتر)	کلروفیل کل (میکروگرم بر میلی‌لیتر)	کاروتنوئید (میکروگرم بر میلی‌لیتر)
شاهد	۲۰/۷۲a	۸/۳۶a	۲۸/۹۹a	۴/۱۳a
کلرید کلسیم	۷/۷۸b	۳/۰۵b	۱۰/۸۳b	۳/۸۳a
نیترات کلسیم	۲۰/۲۹a	۸/۲۶a	۲۸/۶۶a	۳/۹۷a

حروف متفاوت در هر ستون تفاوت معنی‌دار بین تیمارها را نشان می‌دهد ($P<0.05$).

جدول ۱۰- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی برگی بر خواص ارگانولپتیکی میوه زرشک بی‌دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	کیفیت ظاهری	مزه	بو	بافت
بلوک	۲	۰/۱۱ns	۰/۱۱ns	۰/۱۱ns	۰/۱۱ns
تیمار	۲	۱/۷۷*	۰/۱۱ns	۰/۱۱ns	۱/۷۷*
خطا	۴	۰/۱۱	۰/۲۷	۰/۱۱	۰/۱۱
ضریب تغییرات		۷/۳۱	۱۱/۰۳	۶/۸۱	۷/۳۱

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۱۱- اثر محلول‌پاشی برگی بر خواص ارگانولپتیکی میوه زرشک بی‌دانه

تیمارها	کیفیت ظاهری	مزه	بو	بافت
شاهد	۳/۶۶b	۴/۶۶a	۴/۶۶a	۳/۶۶b
کلرید کلسیم	۵/۰۰a	۵/۰۰a	۵/۰۰a	۵/۰۰a
نیترات کلسیم	۴/۹۹a	۴/۹۹a	۴/۹۹a	۴/۹۹a

حروف متفاوت در هر ستون تفاوت معنی‌دار بین تیمارها را نشان می‌دهد ($P<0.05$).

بحث

تعداد خوشه در شاخه، تعداد حبه در خوشه، تعداد حبه در شاخه و عملکرد میوه در شاخه

نتایج نشان داد که بیشترین میانگین تعداد خوشه در شاخه، تعداد حبه در خوشه، تعداد حبه در شاخه و عملکرد میوه در شاخه مربوط به تیمار کلرید کلسیم ۰/۵٪ بود. اگرچه از لحاظ آماری بین تیمارهای کلرید کلسیم و نیترات کلسیم در تعداد خوشه در شاخه و تعداد حبه در خوشه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. چون کلسیم تحرک کمی در گیاه دارد، حتی اگر در خاک به مقدار زیادی کلسیم وجود داشته باشد، امکان کمبود کلسیم در اندام‌هایی با تعرق پایین وجود دارد، ازاین‌رو محلول‌پاشی برگی باعث از بین رفتن این معضل شده، چون عناصر غذایی به‌صورت مستقیم بر روی حبه‌های زرشک قرار گرفته و باعث افزایش رشد و عملکرد می‌شوند. علاوه‌براین کلسیم با اتصال به دیواره سلولی و افزایش استحکام مانع ریزش حبه‌های زرشک شد. نتایج پژوهش‌ها نشان داد که کاربرد کلسیم تعداد گل و میوه را در توت‌فرنگی افزایش داد (Lolaei, 2012؛ Mass, 1984). همچنین Rubio و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که با افزایش غلظت کلسیم تعداد میوه در گیاه افزایش می‌یابد. استفاده از کلرید کلسیم در محلول غذایی کشت هیدروپونیک نیز تعداد میوه در بوته گیاه توت‌فرنگی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Khayyat *et al*., 2007). Abdur و Ihsan-ul (۲۰۱۲) هم نشان دادند که تعداد میوه در گیاه به‌طور معنی‌داری با کاربرد کلرید کلسیم ۰/۳٪ افزایش یافت. این نشان می‌دهد که کلسیم برای کاهش ریزش گل و میوه ضروریست (Smit & Combrink, 2005) که با نتایج پژوهش ما همخوانی دارد.

تعداد میوه در گیاه بستگی به تعداد گل و توانایی گیاه برای تأمین نیاز غذایی برای رشد و توسعه دارد (Abdur & Ihsan-ul, 2012). کلسیم سبب پایداری دیواره سلولی شده و پایداری غشاءهای سلولی ارتباط نزدیکی با میزان سفتی گوشت میوه و جلوگیری از ریزش دارد (Aboot & Conway, 2000). به‌هرحال دو سازوکار کلی برای تأثیر کلسیم بر تغییرات پس از برداشت استحکام بافت میوه و کیفیت آن تاکنون ارائه شده است. یکی اتصال کلسیم به دیواره سلولی است که به آن استحکام می‌بخشد و دیگری برهم‌کنش کلسیم با وظایف و ساختار غشای سلولی است (Subburmau & Nazar, 1992).

وزن تَر و خشک، قطر و طول شاخه

نتایج پژوهش ما نشان داد که تیمار کلرید کلسیم مورد مطالعه، منجر به افزایش وزن تَر، قطر و طول شاخه در مقایسه با تیمار شاهد شد، هرچند از لحاظ آماری با تیمار نیترات کلسیم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین می‌توان گفت کلسیم و نیتروژن از طریق افزایش رشد رویشی شاخه‌های زرشک باعث افزایش عملکرد شدند. کلسیم در فرایند شل شدن میکروفیبریل‌های سلولزی دیواره سلولی تحت تأثیر هورمون اکسین و افزایش ورود پروتون به دیواره سلولی و اسیدی شدن دیواره سلولی مؤثر است (Marschner, 2012). کلر نیز از طریق افزایش توان اسمزی و به‌دنبال آن افزایش تورژسانس سلولی در بزرگ شدن سلول‌ها نقش دارد. کلر به‌طور غیرمستقیم از طریق شرکت در واکنش هیل در فرایند فتوسنتز و در نتیجه ساختن کربوهیدرات‌ها دخالت دارد (Marschner, 2012). نتایج این پژوهش با نتایج Ashoori و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت، آنان بیان کردند که محلول‌پاشی کلرید کلسیم بر رشد شاخه سیب رقم دلیشس تأثیر مثبت دارد. Lolaei و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که کاربرد کلسیم به میزان ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش رشد رویشی (رشد شاخه فصل جاری) در زیتون شده است. کمبود کلسیم سبب کاهش میزان رشد بافت‌های مریستمی و ارتفاع گیاه می‌شود و محلول‌پاشی کلسیم این نقیصه را از بین می‌برد (Faust, 1989). همچنین در کمبود کلسیم اندازه طوقه گیاه توت‌فرنگی کاهش می‌یابد (Mass, 1984).

صفات شیمیایی

در این آزمایش میزان مواد جامد محلول، اسیدیته کل، نسبت قند به اسید، اسیدیته، اسید آسکوربیک، ظرفیت

آنتی‌اکسیدانی کل، آنتوسیانین و فنول کل میوه‌ها تحت تأثیر محلول‌پاشی کلرید کلسیم و نیترات کلسیم قرار نگرفت. Esmal و Duval (۲۰۰۴) با کاربرد خاکی و محلول‌پاشی کلسیم بر توت‌فرنگی دریافتند که کاربرد کلسیم تأثیری بر مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و اسیدیته نداشت. به گفته Cooper و همکاران (۲۰۰۷) و Ranjbar و همکاران (۲۰۰۷) محلول‌پاشی با کلرید کلسیم به‌ترتیب بر میزان مواد جامد محلول کیوی و انار تأثیری نداشت. نتایج Aquino و همکاران (۲۰۰۴) در میوه نارنگی نیز مؤید همین مطلب است که تیمار کلرید کلسیم بر روی میزان اسیدیته، مواد جامد محلول و ویتامین C تأثیری ندارد، به‌طوری که با نتایج ما همخوانی دارد. اما Ramezanian و همکاران (۲۰۰۹) افزایش ویتامین C را با محلول‌پاشی کلریدکلسیم در انار و El-Hammady و همکاران (۲۰۰۰) در نارنگی و Singh و همکاران (۲۰۰۷) در توت فرنگی گزارش کرده‌اند.

Angeletti و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تیمار کلسیم اثری بر روی محتوای آنتوسیانین در بلوبری ندارد. نتایج آنان هم با نتایج این پژوهش در یک راستا می‌باشد.

نتایج متناقضی در مورد اثر کلسیم بر سنتز ترکیب‌های فنولی وجود دارد. Sharma و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که محلول‌پاشی کلرید کلسیم سبب افزایش میزان ترکیب‌های فنولی سیب رقم رویال دلیشس می‌شود. از سوی دیگر، Ochmian (۲۰۱۲) با بررسی اثر کودهای مختلف کلسیمی بر کیفیت میوه‌های زغال‌اخته گزارش کردند که کودهای کلسیمی سبب کاهش میزان ترکیب‌های فنولی در میوه‌ها می‌شوند. اکثراً ثابت شده که غلظت مواد فنولی در میوه‌های جوان بسیار بالا می‌باشد و بعد در طی رشد و رسیدگی میوه کاهش می‌یابد. پس از برداشت غلظت فنول کل اصولاً یا ثابت باقی می‌ماند یا به آرامی کاهش می‌یابد (Vamos-Vigyazo, 1981).

رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل **a**، **b** و کل و کاروتنوئید)

با بررسی نتایج مشخص شد که حداکثر کلروفیل a، b و کل در شاهد مشاهده شد، هرچند از لحاظ آماری با تیمار نیترات کلسیم تفاوت معنی‌داری نشان نداد. میزان کاروتنوئید با محلول‌پاشی کلرید کلسیم و نیترات کلسیم معنی‌دار نشد.

در مورد تأثیر کلسیم بر سنتز و تجمع کلروفیل نتایج مختلفی گزارش شده است. Knypl و Rennert (۱۹۷۰) بیان کردند که از میان کاتیون‌ها، پتاسیم و کلسیم نقش برجسته‌ای در تجمع کلروفیل دارند. محلول‌پاشی کلسیم بر روی گندم سبب افزایش میزان کلروفیل شده است (Dolatabadian *et al*., 2013). از سوی دیگر محلول‌پاشی کلسیم روی میوه‌های سیب سبب کاهش کلروفیل شده است (Farag & Nagy, 2012) که با نتایج ما در یک راستا می‌باشد. همچنین نتایج نشان داده که اسپری کلرید کلسیم بر روی برگ‌ها و میوه زیتون رقم "کنسروالیا" اثری بر میزان کلروفیل ندارد (Tsantili *et al*., 2008). کاهش میزان کلروفیل با محلول‌پاشی کلرید کلسیم ممکن است در ارتباط با اثر یون کلرید بر میزان عناصر غذایی ضروری باشد (Kafi *et al*., 2013). کاهش کلروفیل یکی از آسیب‌های مهم ناشی از تجمع یون‌های کلر و سدیم در برگ است. هرچند انتقال آبسیزیک اسید تولید شده در ریشه به برگ‌ها منجر به بسته شدن نسبی روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای و در نتیجه کاهش بازده نورساخت می‌شود، اما تخریب سبزینه ناشی از سمّیت یون‌ها را می‌توان مهمترین عامل کاهش بازده نورساخت در برگ‌ها دانست که با کلروز (سبزرویی) برگ‌ها و درنهایت بافت‌مرده شدن آنها همراه است (Fozouni *et al*., 2012).

خواص ارگانولپتیکی

تیمارهای کلرید کلسیم و نیترات کلسیم بر کیفیت ظاهری و بافت میوه اثر معنی‌داری داشتند. به‌طوری که افزایش کلسیم در میوه موجب سفتی بیشتر بافت میوه شده که در نتیجه زمان جابه‌جایی و حمل ونقل، میوه کمتر دچار آسیب می‌شود که از لحاظ اقتصادی مهم می‌باشد. تیمار کلرید کلسیم به‌دلیل کاهش آثار سرمازدگی و جلوگیری از کاهش وزن میوه و تأخیر در پیری سبب حفظ ظاهر میوه‌ها می‌گردد.

پژوهش‌ها نشان داده است که رابطه‌ای مستقیم بین کلسیم با سفتی بافت میوه کیوی وجود دارد (Ashouri *et al*., 2012). در پژوهشی که توسط Nikkhah (۲۰۱۱) روی گلابی ارقام اسپادونا و کوشا انجام شد، نتایج حکایت از آن داشت که رقم اسپادونا که با محلول کلرید کلسیم ۶٪ تیمار شده بود، در مدت ۱۸۰ روز انبارداری بهترین کیفیت ظاهری را داشته و از نظر صفات کمّی و کیفی و ویژگی‌های حسی نسبت به بقیه تیمارها در وضعیت مطلوبتری قرار داشت. نتایج محققان نشان داده است که با محلول‌پاشی غلظت‌های متفاوت کلرید کلسیم، سه هفته قبل از برداشت میوه زردآلو، میزان کلسیم میوه‌ها افزایش یافته و تولید اتیلن و تنفس کاهش یافت و میوه‌های تیمار شده دارای بافت بهتری بودند (Tzoutzoukou & Bouranis, 2002). همچنین محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم روی گیاه توت‌فرنگی باعث استحکام بیشتر میوه‌ها شد (Wojcik & Lewandowski, 2003). تیمار کلرید کلسیم در آلو از طریق افزایش سفتی میوه باعث بهبود انبارمانی آن شده است، به این دلیل که کلسیم با افزایش مقدار پوتریسین متصل به دیواره سلولی و اسپرمیدین آزاد در طول دوره انبارمانی باعث افزایش استحکام دیواره سلولی و در نتیجه سفتی بافت شده است (Valero *et al*., 2002). Gupta و همکاران (۲۰۱۱) حفظ سفتی بافت را به‌دنبال تیمار کلرید کلسیم در هلو گزارش کردند. بنابراین افزایش استحکام بافت در اثر کلسیم توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است و این پژوهش با نتایج بیشتر پژوهشگران مطابقت دارد (Conway, 2000؛ Ghesmati *et al*., 2018؛ Roys, 1986؛ Saftner *et al*., 2004). استفاده از کلرید کلسیم برای حفظ و بهبود کیفیت سایر محصولات کشاورزی مانند انار (Ranjbar *et al*., 2007)، گلابی (Nikkhah, 2011) و توت‌فرنگی (Lolaei, 2012) گزارش شده است. افزایش غلظت محلول کلرید کلسیم باعث افزایش سفتی بافت میوه شد. وقتی که دیواره سلول‌ها با سطحی از کلسیم اشباع شدند احتمالاً کلسیم در فضای بین سلولی و سلول‌های سطحی به‌صورت محلول در آمده و به‌تدریج به فضای دیواره‌های سلولی با کلسیم کمتر حرکت می‌کند و در نهایت اتصال بیشتر کلسیم با دیوارهای سلولی، سفتی بافت میوه را باعث خواهد شد، اما سطوح بالای کلسیم محلول ممکن است اثر منفی روی غشای سلولی بگذارد و با ورود به سیتوسل باعث آسیب به بافت شود (Conway, 2000). سفتی بافت میوه به‌طور ژنتیکی کنترل شده و با توجه به نوع رقم متفاوت است. ویژگی سفتی بافت به مقدار زیادی تحت تأثیر فاکتورهای قبل و بعد از برداشت میوه قرار می‌گیرد. از عوامل مؤثر بر سفتی بافت میوه می‌توان به فاکتورهای آب و هوایی، ژنتیکی مثل نوع رقم، پایه، برداشت در زمان بلوغ و میزان کلسیم بافت میوه اشاره کرد (Jennifer *et al*., 1999).

به‌طور کلی نتایج آزمایش گویای اینست که محلول‌پاشی کلرید کلسیم و نیترات کلسیم هیچ‌گونه اثر سوئی بر روی خواص کیفی میوه از لحاظ مواد جامد محلول، اسیدیته کل، نسبت قند به اسید، اسیدیته، اسید آسکوربیک، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، آنتوسیانین و فنول کل نداشته و در افزایش تعداد میوه، رشد شاخه و بهبود ظاهر و بافت میوه زرشک بی‌دانه مؤثر بود. بنابراین با توجه به یافته‌های این تحقیق، می‌توان گفت که محلول‌پاشی با نمک‌های کلسیمی مذکور در طی فصل رشد میوه برای کاهش ضایعات و افزایش عملکرد و ارتقاء کیفیت میوه زرشک بی‌دانه قابل توصیه است.

منابع مورد استفاده

- Abdur, R. and Ihsan-ul, H., 2012. Foliar application of calcium chloride and borax influences plant growth, yield, and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. Turkish Journal of Agriculture, 36: 695-701.
- Aboot, J.A. and Conway, W.S., 2000. Postharvest calcium choloride infiltration affects textural attributes of apples. Journal of American Horticulture Science, 114: 932-936.
- Angeletti, P., Castagnasso, H., Miceli, E., Terminiello, L., oncellón, A., Chaves, A. and Vicente, A.R., 2010. Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium*

- El-Hammady, A.M., Abdel- Hamid, N., Saleh, M. and Saleh, A., 2000. Effects of gibberelic acid and calcium chloride treatment on delaying maturity, quality strobility of Blaydy mandarin fruits. Arab Universities Journal of Agricultural Sciences, 8: 755-766.
- Esmal, C.E. and Duval, J.R., 2004. The influence of calcium thiosulfate on yield and postharvest quality oh "stweet Charlie" strawberry. Journal American Society Hortscience, 117: 48-51.
- Farag, K.M. and Nagy, N.M.N., 2012. Effect of pre- and post- harvest calcium and magnesium compounds and their combination treatments on "Anna" apple fruit quality and shelf life. Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants, 4: 155-168.
- Faust, M., 1989. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees: John Wiley & Sons, Inc, 338p.
- Fozouni, M., Abbaspour, N. and Dolati Baneh, H., 2012. Leaf water potential, photosynthetic pigments and compatible solutes alterations in four grape cultivars under salinity. Vitis, 51: 147-152.
- Ghesmati, M., Moradinezhad, F. and Khayat, M., 2018. Efficacy of some calcium salts foliar spray on growth and biochemical parameters of jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.). Journal of Plant Productions (Scientific Journal of Agriculture), 41: 25-36.
- Gupta, N., Jawandha, S.K. and Gill, P.S., 2011. Effect of calcium on cold storage and post-storage quality of peach. Journal of Food Science Technology, 48: 225-229.
- Jennifer, R., Sada, D.F. and Khanizadeh, S., 1999. The factorial effects on firmness tissue fruit apple. Compact Fruit Tree, 32p.
- Kafi, M. and Balandri, A., 2002. Berberis, Technology and Processes of Production. Zaban and Adab Publication, 210p.
- Kafi, M., Nabaty, J., Zare Mehrjardi, M., Goldani, M., Khaninejad, S., Kashmiri, E. and Norouzian, A., 2013. Investigation of the improving effects of calcium and potassium on physiological characteristics of kochia (*Scoparia Kochia*). Journal of Environmental Stress in Crop Sciences, 5(2): 192-181.
- Kashi, A.K., 1994. Vegetables. Textbook of Horticulture College, Tehran University, 124p.
- Kassem, H., Al-Obeed, R., Ahmed, M. and Omar, A., 2011. Productivity, fruit quality and profitability of jujube trees improvement by preharvest application of agro-chemicals. Middle-East Journal of Scientific Research, 9: 628-637.
- Khayyat, M., Tafazoli, E., Eshghi, S., Rahemi, M. and Rajaee, S., 2007. Salinity, supplementary calcium *corymbosum*) varieties. Postharvest Biology & Technology, 58: 98-103.
- Aquino, SD., Palma, A., Tedde, M. and Fronteddue, F., 2004. Effects of preharvest and postharvest calcium treatments on chilling injury and decay of cold stored Fortune mandarins. 5th International Postharvest Symposium, Verona, Italy, 6 June.
- Ashoori, M., Lolaei, A., Zamani, S., Ahmadian, E. and Mobasheri, S., 2013. Optimizing quality and quantity parameters of apple cv. 'Red Delicious' by adjustment of calcium and nitrogen. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5: 868-874.
- Ashouri, M., Ghasemnezhad, M., Ebrahimi, R. and Sabouri, A., 2012. Evaluation of storage life in kiwifruit cv, Hayward based on mineral composition of fruitlets and mature fruits. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 44: 431-441.
- Blois, M.S., 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature, 181: 1199-1200.
- Brown, G., Wilson, S., Boucher, W., Graham, B. and McGlasson, B., 1995. Effects of copper-calcium sprays on fruit cracking in sweet cherry (*Prunus avium*). Scientia Horticulturae, 62: 75-80.
- Capdeville, G.D., Maffia, L.A., Finger, F.L. and Batista, U.G., 2003. Gray mold severity and vase life of rose buds after pulsing with citric acid, salicylic acid, calcium sulfate, sucrose and silver thiosulfate. Phytopatology, 28: 380-385.
- Chardonnet, C.O., Charron, C.S., Sams, C.E. and William, S., 2003. Conway chemical changes in thecortical tissue and cell walls of calcium-infiltrated 'Golden Delicious' apples during storage. Postharvest Biology and Technology, 28: 97-111.
- Chuah, A.M., Lee, Y.C., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L.J. and Matoba, T., 2008. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. Food chemistry, 111: 20-28.
- Conway, W.S., 2000. Postharvest calcium treatment of apple fruit to provide broadspectrum protection against postharvest pathogens. Journal of plant diseases and protection, 75: 620-622.
- Cooper, T., Gargiullo, S. and Retamales, J., 2007. Effect of calcium content and calcium application on softening of 'Hayward' kiwifruit. Acta Horticulturae, 753: 297-304.
- Dolatabadian, A., Sanavy, S.A.M.M., Gholamhoseini, M., Joghan, A.K., Majdi, M. and Kashkooli, A.B., 2013. The role of calcium in improving photosynthesis and related physiological and biochemical attributes of spring wheat subjected to simulated acid rain. Journal Physiology Molecular Biology of Plants, 19: 189-198.

chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. Scientia Horticulturae, 121: 171-175.
- Ranjbar, H., Hassanpour, M., Askari, M.A., Samizade Lahiji, H.A. and Bani Asadi, A., 2007. The effect of calcium chloride, water and polyethylene coating on affect storability and quality of fruit (cv: Malas Saveh). Journal of Food Science and Industry, 2: 4.
- Roys, K.S., 1986. Leat Characteristics of apple dwarfing rootstock fruit varities. Journal, 40:71-79.
Rozpada, E. and Grzyb, Z., 2004. Some factors influencing sweet cherry production. Postepy Nauk Rolniczych, 4: 49-57.
- Rubio, J.S., Garcia-Sanchez, F., Rubio, F. and Martınez, V., 2009. Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K^+ and Ca^{2+} fertilization. Scientia Horticulturae, 119: 79-87.
- Saftner, R., Conway, W. and Sams, C., 2004. Effects of postharvest calcium and fruit coating treaments on postharvest life, quality maintenance, and fruit-surface injury in, apples. Journal of the American Society Horticultural Science, 123: 294-298.
- Saure, M.C., 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. Journal Scientia Horticulturae, 105: 65-89.
- Sharma, R.R., Singh, D. and Pal, R.K., 2013. Synergistic influence of pre-harvest calcium 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.
- Singh, R., Sharma, R.R. and Tyagi, S.K., 2007. Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). Scientia Horticulturae, 112: 215-220.
- Singh, R.S. and Ram, S., 1983. Studies on the use of plant growth substances for fruit retention in mango cv. Dashehari. Indian Journal of Horticulture, 40: 188.
- Smit, J. and Combrink, N., 2005. Pollination and yield of winter-grown greenhouse tomatoes as affected by boron nutrition, cluster vibration and relative humidity. South African Journal of Plant and Soil, 22: 110-115.
- Subburmau, S.M. and Nazar, A., 1992. Preharvest spray of calcium in grapes. Horticultural Science Abstracts, 62(10): 958.
- Swain, T., 1965. Analytical methods for flavonoids. Academic Press: London, UK, 541p.

and potassium effects on fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science, 2: 539-544.
- Knypl, J. and Rennert, A., 1970. Stimulation of growth and chlorophyll synthesis in detached cotyledons of cucumber by potassium. Journal Zeitschrift fur Pflanzenphysiologie, 62: 97-107.
- Krizek, D.T., Britz, S.J. and Mirecki, R.M., 1998. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV A and UV B radiation on growth of cv. New Red Fire lettuce. Physiologia Plantarum, 103: 1-7.
- Lichtenthaler, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, 148: 350-382.
- Lolaei, A., Rezaei, M.A., Khorrami Rad, M. and Kaviani, B., 2012. Effects of salinityand calcium on the growth, ion concentration and yield of Oilve (*Olea europaea* L.) trees. Journal of Annals of Biological Research, 3: 4675-4679.
- Lolaei, A., 2012. The study of the effect N, B and Ca on vegetative and sexual growth of strawberry. Journal of Plant and Ecosystem, 29: 43-52.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, 889p.
- Marschner., P., 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd edition. Academic Press, 651p.
- Mass, J.L., 1984. Compendium of strawberry diseases. Published by the American phytopathological society, in cooperation with Agricultural Research service USA Department of Agriculture, 15-18.
- Naphun, W., Kawada, K., Matsui, T., Yoshida, Y. and Kusunoki, M.J.K.J.N.S., 1997. Effects of calcium spray on the quality of 'Nyoho'strawberries grown by peat-bag-substrate bench culture. The Kasetsart Journal (Natural Science), 32: 9-14.
- Nasiri, Y., Zehtab-Salmasi, S., Nasrullahzadeh, S., Najafi, N. and Ghassemi-Golezani, K., 2010. Effects of foliar application of micronutrients (Fe and Zn) on flower yield and essential oil of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Journal of Medicinal Plants Research, 4: 1733-1737.
- Nikkhah, S.H., 2011. Effects of harvesting date and $CaCl_2$ concentration on storage quality of pear (Cv. "Spadona" and cv. "Coscia"). Horticultural Science, 25: 243-250.
- Ochmian, I., 2012. The impact of foliar application of calcium fertilizers on the quality of highbush blueberry fruits belonging to the 'Duke' cultivar. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici, 40: 163-169.
- Ramezanian, A., Rahemi, M. and Vazifehshenas, M.R., 2009. Effects of foliar application of calcium

- Taylor, K.C. and Brannen, P., 2008. Effects of foliar calcium application on peach fruit quality, shelf-life and fruit rot. Proceedings of of Albion Conference on Plant Nutrition USA, 22 January: 1-11.
- Tsantili, E., Christopoulos, M.V., Pontikis, C.A., Kaltsikes, P., Kallianou, C. and Komaitis, M., 2008. Texture and other quality attributes in olives and leaf characteristics after pre-harvest calcium chloride sprays. HortScience, 34: 1852-1856.
- Tzoutzoukou, C.G. and Bouranis, D.L., 2002. Effect of preharvest application of calcium on the postharvest physiology of apricot fruit. Journal of Plant Nutrition, 20: 295-309.
- Valero, D., Perez-vicente, A., Martinz-Romero, D., Castillo, S., Guillen, F. and Serrano, M., 2002. Plum storability improved after calcium and heat postharvest treatments: Role of polyamines. Food Science, 67: 2571-2575.
- Vamos-Vigyazo, L., 1981. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. CRC Critical Review of Food Nutrition, 15: 49-127.
- Vedel, H. and Lange, J., 1973. Trees and Bushes in Wood and Hedgerow. Eyre Methuen ltd London, 224p.
- Vestrheim, S., 1970. Effects of chemical compounds on anthocyanin formation in 'Mclntosh'apple skin. Journal of the Proceedings American Society for Horticultural Science, 95: 712-715.
- Vitrac, X., Larronde, F., Krisa, S., Decendit, A., Deffieux, G. and Mérillon, J-M., 2000. Sugar sensing and Ca^{2+}–calmodulin requirement in *Vitis vinifera* cells producing anthocyanins. Journal Phytochemistry, 53: 659-665.
- Wojcik, P. and Lewandowski, M., 2003. Effect of calcium and boron sprays on yield and quality of ‘‘Elsanta” strawberry. Journal of Plant Nutrition, 6: 671-682.

Effects of foliar application with calcium chloride and calcium nitrate during growth and development stages on the quantitative and qualitative characteristics of barberry fruit (*Berberis vulgaris* L.)

A. Hosseini[1], F. Moradinezhad[2*], M. Khayyat[3] and M.H. Aminifard[3]

1- M.Sc. student of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, University of Birjand, Birjand, Iran
2*- Corresponding author, Department of Horticultural Science, University of Birjand, Birjand, Iran
E-mail: fmoradinezhad@birjand.ac.ir
3- Department of Horticultural Science, University of Birjand, Birjand, Iran

Received: May 2019 Revised: December 2019 Accepted: December 2019

Abstract

Calcium is one of the most important minerals involved in determining the quality of the fruit. Excessive waste and quality loss of seedless barberry (*Berberis vulgaris* L.) during harvesting, post-harvest, and storage are some of the important problems in production areas. Foliar application with minerals can increase the quality, yield, marketability, and reduce post-harvest losses through the provision of plant nutritional needs. Therefore, in this study, the effect of foliar application of calcium chloride and calcium nitrate on the quantitative and qualitative characteristics of barberry fruit was carried out in a randomized complete block design. Treatments included control (distilled water), calcium chloride (0.5%), and calcium nitrate (0.5%). The foliar spray was performed in four stages of the growing season. The results showed that the highest mean number of panicles per branch, the number of berries per panicle, the number of berries per branch, and the fruit yield on the branches belonged to the calcium chloride treatment and the lowest amount in the control. The calcium chloride treatment increased the fresh weight diameter and length of branch compared to the control treatment. The highest amount of chlorophylls a and b and total chlorophyll was observed in the leaves of control trees. The effect of calcium chloride and calcium nitrate treatments on the appearance quality and texture of barberry fruit was significant, although it did not affect the chemical properties of the fruit. In general, the results showed that foliar application with calcium chloride and calcium nitrate salts improved the quantitative and qualitative characteristics of the fruit compared to control.

Keywords: Barberry (*Berberis vulgaris* L.), firmness, yield, chlorophyll.