Archive of SID

مقاله پژوهشی

بهبود برخی از خصوصیات میوه آلوی رقم قطره طلا توسط کاربرد برگی نانوذرات سیلیس و کلرید کلسیم

یوسف فرخ‌زاد[۱]*، یاور شرفی[۲]، سید جلال طباطبایی[۳]، مهری سلیمی[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۱۷- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۳۰)

چکیده

با توجه به ضایعات زیاد محصولات کشاورزی در ایران، توجه به مرحله پس از برداشت امری ضروری است. به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی پیش از برداشت کلرید کلسیم و نانوذرات سیلیس بر خصوصیات کمی و کیفی میوه آلو، آزمایشی در باغ تحقیقاتی دانشگاه شاهد انجام شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ترکیب تیمارهای کلرید کلسیم و نانوذرات سلیس در ۴ تکرار اجرا شد. در این آزمایش از ۴ سطح کلرید کلسیم (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و ۳ سطح نانوذرات سلیس (۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) استفاده شد، محلول‌پاشی با آب مقطر (غلظت صفر هر دو ترکیب) به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که سطوح ترکیبی تیمارهای مختلف نسبت به تیمار شاهد اثر معنی‌داری بر وزن، طول، قطر، سفتی میوه، مواد جامد محلول، pH عصاره میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین ث داشتند. ترکیب تیماری ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس به همراه ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلرید کلسیم و ترکیب تیماری ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیس به همراه ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلرید کلسیم بهترین اثر را بر بیشتر شاخص‌ها داشتند. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی درختان با کلرید کلسیم و نانوذرات سیلیس در مرحله پیش از برداشت می‌تواند خصوصیات کمی و کیفی میوه آلو را در مرحله پس از برداشت بهبود بخشد.

کلمات کلیدی: اسیدیته قابل تیتراسیون، پیش از برداشت، خصوصیات کیفی، ویتامین ث

۱- دانشجوی دکتری علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۲- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
۳- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
۴- کارشناس‌ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران
* نویسنده مسئول: Email: Farrokhzadyusuf@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آلوها (آلوی ژاپنی و آلوی اروپایی) سرشار از ترکیبات مغذی و زیست‌فعال هستند و می‌توانند به صورت تازه خوری و فرآوری شده، مورد استفاده قرار گیرند. زوال پذیری سریع و عمر کوتاه پس از برداشت که ناشی از حساسیت این محصول به انواع ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی و حمله‌ی عوامل بیماری‌زاست، موجب کاهش عرضه آن به بازارهای دور دست شده است. تحت برخی تیمارها و انبار سرد، عمرانباری و بازارپسندی نسبی این محصول بسته به ژنوتیپ می‌تواند تا ۴۰ روز افزایش پیدا کند (مجید و جاوندها[1]، ۲۰۱۶). تکنیک‌های پیش از برداشتی مثل تنظیم نور کانوپی از طریق هرس، استفاده از نمک‌های کلسیمی و مدیریت خاک می‌توانند موجب بهبود کیفیت پس از برداشت آلو شوند (مانگاناریس[2] و همکاران، ۲۰۰۸؛ ونگدال[3] و همکاران، ۲۰۱۰).

با استناد به آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۶ میزان تولید آلوی قطره طلا در کشور حدود ۳۹۴۷۶۶ تن بوده است که ۰/۲ درصد از کل تولیدات باغبانی را شامل می‌شود (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶). بررسی جامعی در رابطه با ضایعات پس از برداشت میوه‌های هسته‌دار در کشور صورت نگرفته است اما گفته می‌شود که حدود ۲۸ درصد این محصولات، در فاصله از برداشت تا مصرف تلف می‌شود (واحدی، ۱۳۹۷). بطور میانگین در دنیا ۳۰ تا ۴۰ درصد محصولات میوه‌های معتدله از دست می‌روند (میر[4] و همکاران، ۲۰۱۸).

سطح ویژه بالای نانوذرات، سبب افزایش فراهمی آن‌ها برای گیاه و افزایش انحلال‌پذیری آن‌ها در آب می‌شود (رمیا[5] و همکاران، ۲۰۱۰). زمانی که ذره‌ای کوچک می‌شود، اجزاء سازنده‌اش سطح بیشتری را نسبت به خود ذره اصلی به دست می‌آورند (پاتریشیا و میخائیل[6]، ۲۰۰۸). استفاده از نانوکودها به علت اندازه کوچکتر با ابعادی بین ۱ تا ۱۰ نانومتر، منجر به جذب راحت‌تر، افزایش کارآیی مصرف عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک و به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شوند (امیرجانی و همکاران، ۱۳۹۴). نانوذرات به دلیل حلال پوشی بیشتر (تعداد بیشتر یون در سطحی کمتر) از قدرت جذب بیشتر و به دلیل سطح ویژه بالاتر از واکنش‌پذیری بالاتری برخوردار می‌باشند (شیخ‌بگلو[7]، ۲۰۱۰). به طور کلی، از مزیت نانوکودها می‌توان موارد زیر را نام برد: (۱) جذب سریع و در نتیجه افزایش کارآیی و کیفیت مواد غذایی (۲) کاهش هدر رفتن و آبشویی کودها به دلیل فراهمی و جذب سریع و رهاشوندگی کنترل شده در طی دوره رشد گیاه (۳) کاهش آلودگی خاک و آب (کالته[8] و همکاران، ۲۰۱۴). آزمایشات متعدد تحت شرایط مختلف خاک و شرایط اقلیمی متنوع نشان می‌دهند که کاربرد کودهای حاوی نانوذرات در افزایش عملکرد و کیفیت محصولات مختلف مؤثر است. به دلیل نقش سیلیس در بهبود تشکیل و رشد میوه و مقاومت گیاه نسبت به تنش های زیستی و غیرزیستی (روحی‌زاده[9] و همکاران، ۲۰۱۵). الواصفی[10] (۲۰۱۴) و باسیونی[11] و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که کاربرد سیلیس منجر به بهبود رشد، عملکرد و کیفیت میوه انگور رقم فلیم سیدلس[12] می‌شود. همچنین بهبود قابل توجهی در وزن حبه و رنگ‌گیری خوشه این رقم انگور مشاهده شد. تاکنون گزارشی مبنی بر انباشت زیستی و سمیت نانوکودها برای گیاهان گزارش نشده است. با این حال، گزارشات محدودی در مورد مضرات این نانو مواد وجود دارد. پریستر[13] و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که غلظت بالای نانوکودهای مبتنی بر نانواکسید سریوم، تثبیت نیتروژن را در ریشه‌های سویا کاهش می‌دهد. نگرانی‌هایی نیز در مورد اثرات مخرب احتمالی آن‌ها برای محیط زیست و سلامتی انسان وجود دارد. لین و زیانگ[14] (۲۰۰۷) نشان دادند که نانو مواد باعث تنش اکسیداتیو در برخی گونه‌های آبزی می‌شوند. نرم شدن بافت میوه از مهمترین عوامل محدود کننده عمر انبارمانی و بازاری می‌باشد، با کاربرد کلسیم در مرحله

1. Majeed and Jawandha
2. Manganaris
3. Vangdal
4. Mir
5. Remya
6. Patricia and Michael
7. Sheykhbagluo
8. Kalteh
9. Roohizadeh
10. Al-Wasfy
11. Bassiony
12. Flame seedless
13. Priester
14. Lin and Xing

www.SID.ir

Archive of SID

پیش و پس از برداشت می‌توان مدت زمان نگهداری میوه در انبار را از طریق حفظ سفتی بافت میوه افزایش داد. از آنجایی که کلسیم نقش ارتباط دهنده بین کمپلکس پلی ساکاریدی و پروتئینی را در دیواره سلولی بر عهده دارد (مک‌کان و ناکس[1]، ۲۰۱۸)، میزان کلسیم پایین در بافت میوه سبب می‌شود که میوه در مدت زمان نگهداری، سریع‌تر نرم گردد. این مشکلات همگی ناشی از اثرات غیر مستقیم غلظت پایین کلسیم است که باعث تسریع در رسیدن میوه می‌گردد و ضایعات محصول را افزایش می‌دهد (طباطبایی، ۱۳۹۲). کاربرد کلسیم مقاومت بافت‌ها را افزایش داده و پیری را به تأخیر می‌اندازد که این عمل با جلوگیری از تولید اتیلن انجام می‌شود. از طرفی حمل و نقل میوه‌هایی که دارای کلسیم زیادی هستند، بهتر انجام می‌گیرد و تحت شرایط مناسب مدت بیشتری قابل نگهداری می‌باشد (عطری و همکاران، ۱۳۸۷). میخایلیدیس[2] و همکاران (۲۰۱۷) گزارش دادند که کاربرد پیش از برداشت کلسیم، موجب بهبود کیفیت میوه گیلاس می‌شود، بدون آنکه اثرات نامطلوبی بر رنگ میوه داشته باشد. گاگو[3] و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که کلسیم کلرید در ترکیب با 1-MCP نسبت به کاربرد تنهایی 1-MCP، راه حل مناسب‌تری برای حفظ کیفیت میوه سیب است.

این تحقیق با هدف ارزیابی همزمان سطوح مختلف نانو ذرات سیلیس و کلرید کلسیم بر خصوصیات کیفی میوه آلو رقم قطره طلا به عنوان یک رقم تجاری مهم، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت طرح کاملاً تصادفی، با ترکیب تیمارهای کلرید کلسیم و نانوذرات سیلیس، در ۴ تکرار (هر تکرار شامل ۱ درخت) در باغ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد (مختصات بین "۵۰ '۳۲ °۳۵ عرض شمالی و "۳۳ '۲۵ °۵۱ طول شرقی) اجرا شد. منطقه مورد آزمایش دارای اقلیم گرم و خشک است و در طول آزمایش هیچگونه بارشی صورت نگرفت. درختان آلو رقم قطره طلای ده ساله که روی پایه آلوی ماریانا ۲۶۲۴ پیوند شده بودند، با ترکیباتی از کلرید کلسیم در ۴ سطح (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و نانوذرات سیلیس در ۳ سطح (۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) محلول‌پاشی شدند. غلظت صفر هر دو ترکیب و محلول‌پاشی با آب مقطر، تیمارهای شاهد این آزمایش بودند. چهار هفته قبل از بلوغ فیزیولوژیکی، شاخ و برگ و میوه درختان بارده آلو، توسط محلول‌های از پیش آماده شده، محلول‌پاشی شدند و ۱۴ روز بعد از اعمال تیمار اول، محلول‌پاشی دوم صورت گرفت. محلول‌پاشی به نحوی انجام شد که سطحِ برگ و میوه از محلول پوشیده شدند. برداشت میوها بصورت تصادفی در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی بر اساس شاخص رنگ (مرحله سبز مایل به زرد) و ۱۴ روز پس از محلول پاشی دوم، صورت گرفت. میوه‌ها جهت اندازه‌گیری شاخص‌های مختلف، به آزمایشگاه تغذیه گروه علوم باغبانی دانشگاه شاهد واقع در جنوب تهران، منتقل شدند و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بمدت ۲ روز نگهداری شدند. از هر تیمار ۱۲ میوه برداشت شد و میانگین سه میوه به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری وزن، طول و قطر میوه

وزن و طول و قطر میوه‌ها بلافاصله بعد از برداشت اندازه گیری شد. در این آزمایش وزن میوه با استفاده از ترازوی دیجیتالی دارای دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱ سنجیده شد. برای اندازه‌گیری طول و قطر میوه‌ها از کولیس دیجیتالی Mitutoyo ساخت ژاپن، دارای دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱ میلی‌متر، استفاده شد.

سفتی بافت میوه

جهت تعیین میزان سفتی از یک سفتی‌سنج دستی (مدل FT011) با نوک میله ۱۱ میلی‌متری نفوذ کننده به داخل بافت، استفاده شد. سفتی بافت بر حسب پوند بر اینچ محاسبه شد.

اندازه‌گیری pH

در این آزمایش برای اندازه‌گیری pH از دستگاه pH متر مدل AZ-8685 (ساخت کمپانی AZ تایوان) استفاده شد. با استفاده از بافرهای ۴، ۷ و ۹ ابتدا دستگاه کالیبره شد و ۱۰ میلی‌لیتر عصاره میوه تهیه شده سپس pH عصاره میوه اندازه‌گیری شد.

1. McCann and Knox
2. Michailidis
3. Gago

www.SID.ir

Archive of SID

محتوی ویتامین ث

به منظور اندازه‌گیری میزان ویتامین ث نمونه‌ها، از روش تیتراسیون با دی‌کلروفنل ایندوفنل استفاده شد. میزان ویتامین ث بر حسب میلی‌گرم اسید آسکوربیک در ۱۰۰ گرم آب میوه بیان شد (مستوفی و نجفی، ۱۳۸۴).

درصد مواد جامد محلول کل (TSS)

برای اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول ابتدا از میوه عصاره تهیه شد و سپس عصاره‌ها صاف شد و با دستگاه رفرکتومتر دیجیتالی مدل PAL-1، اندازه‌گیری TSS صورت گرفت. درصد کل مواد جامد محلول، برحسب درجه بریکس یادداشت شد.

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

جهت اندازه‌گیری میزان اسیدیته میوه از روش تیتراسیون استفاده شد. بدین منظور ۱۰ میلی‌لیتر از آب میوه داخل ارلن ریخته شد و با استفاده از معرف فنل فتالین و میزان سود مصرفی ۰/۱ نرمال اسیدیته محاسبه شد و بر حسب درصد اسید مالیک بیان شد (مستوفی و نجفی، ۱۳۸۴).

شاخص طعم میوه

شاخص طعم میوه برای بیان شاخص طعم میوه از رابطهٔ TSS/TA استفاده شد.

آنالیز آماری داده‌ها

داده‌های حاصل از آزمایش به وسیله نرم‌افزار SAS، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت، مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح احتمال ۵ درصد) و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد.

نتایج و بحث

اثر تیمارها بر وزن، طول و قطر میوه

در پژوهش حاضر تأثیر تیمارهای مورد استفاده بر همه صفات مورد ارزیابی در سطح ۵ یا ۱ درصد معنی‌دار بود. در بین سطوح مختلف تیماری، سطوح ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر سیلیس در غیاب کلسیم موجب کاهش معنی‌دار وزن میوه نسبت به تیمار شاهد (سطوح صفر و تیمار آب مقطر) گردیده است. در مقایسه سایر تیمارها با تیمار شاهد تفاوت قابل ملاحظه‌ای در وزن میوه مشاهده نشد (شکل ۱). همچنین، در بین سطوح مختلف تیماری، سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیس به همراه ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر کلسیم، ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیس به همراه ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر کلسیم و سطح ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر سیلیس به همراه ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلسیم، بیشترین اثر را بر طول میوه داشتند (شکل ۲). به نظر می‌رسد که بیشتر تیمارها اثر مثبتی بر طول میوه، نسبت به هر دو تیمار شاهد نشان دادند. با این حال، تیمار جداگانه سطوح مختلف سیلیس، تفاوت معنی‌داری با تیمارهای شاهد نشان نداد.

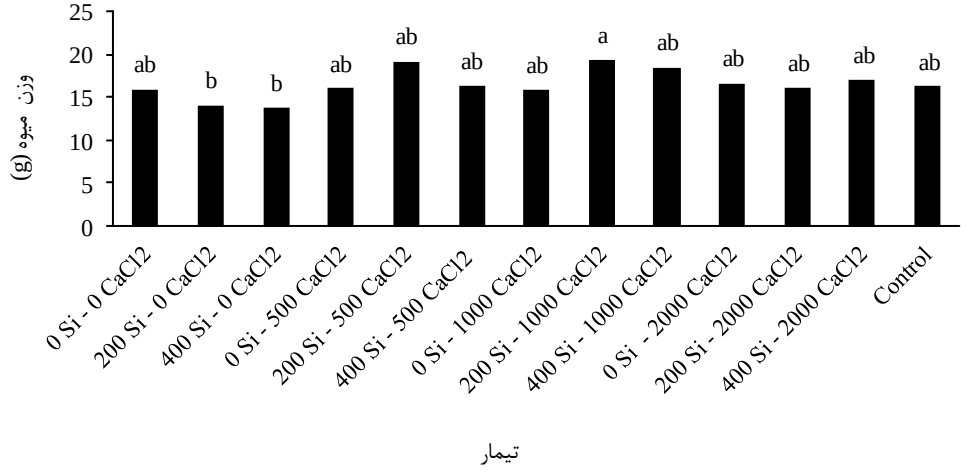
در بین سطوح مختلف تیماری، سطوح ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر سیلیس در ترکیب با سطوح ۱۰۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلسیم بهترین اثر را بر افزایش قطر میوه داشتند (شکل ۳). کلسیم یکی از عناصر ضروری در تغذیه گیاه است که در تقسیم و طویل شدن سلولی و رشد میوه تأثیرگذار است (سرانو[1] و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین، تیمار کلسیم باعث کاهش اثرات تنش و بهبود عملکرد و وزن میوه می‌گردد (لولایی و همکاران، ۱۳۹۲). ماهاجان و شرمن[2] (۲۰۰۰) نشان دادند که تیمار کلسیم موجب افزایش در اندازه و بهبود کیفیت میوه هلو می‌گردد. عبدالوهاب[3] (۲۰۱۵) نیز گزارش کرد که تیمار کلسیم موجب افزایش وزن و عملکرد زردآلو در طی دوره پیش از برداشت می‌شود. کاربرد خارجی کلسیم فرآیندهای پیری و رسیدن میوه را به تأخیر می‌اندازد (شکرالهفام و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین، می‌توان گفت که کلرید کلسیم موجب افزایش تقسیم سلولی و طویل شدن سلول‌ها شده است. همچنین، کلسیم با به تأخیر انداختن فرآیندهای مربوط به رسیدن، موجب می‌شود که میوه‌ها فرصت بیشتری برای رشد داشته باشند.

اثر نانوذرات بر رشد و نمو، بستگی به غلظت، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و همچنین گونه گیاهی دارد. نانو ذرات بر رشد و پارامترهای فتوسنتزی اثر مثبت دارند. نانوذرات سلیس همچنین به افزایش دسترسی به عناصر غذایی در غلظت‌های کم کمک می‌کنند (سیدیکوی[4] و همکاران، ۲۰۱۵). سوریاپراباها[5] و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که نانوذرات سیلیس پارامترهای رشدی را در ذرت تحت شرایط هیدروپونیک بهبود می‌بخشد. اگرچه در آزمایش ما کاربرد نانوذرات سیلیس به تنهایی، با تیمار

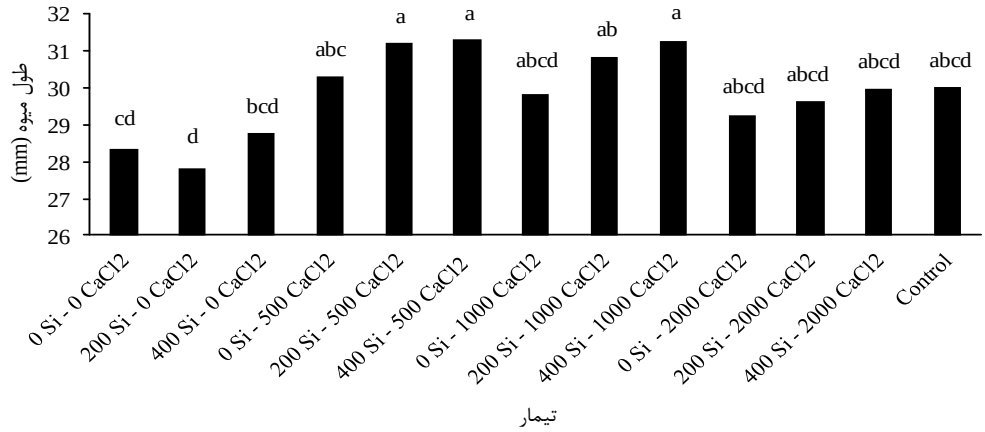
1. Serrano
2. Mahajan and Sharman
3. Abd El Wahab
4. Siddiqui
5. Suriyaprabha

www.SID.ir

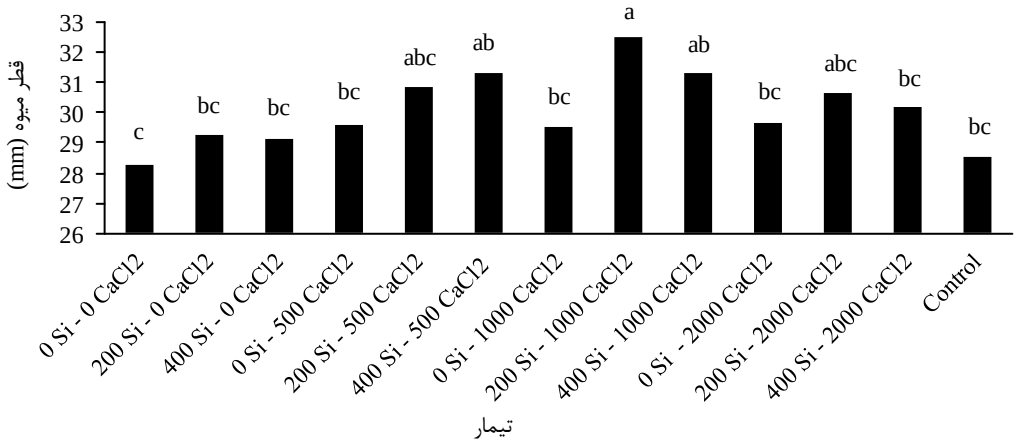
Archive of SID



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم و نانوذرات سیلیس بر وزن میوه آلو رقم قطره طلا. حروف مشابه نشانگر عدم معنی‌دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم و نانوذرات سیلیس بر طول میوه آلو رقم قطره طلا. حروف مشابه نشانگر عدم معنی‌دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم و نانوذرات سیلیس بر قطر میوه آلو رقم قطره طلا. حروف مشابه نشانگر عدم معنی‌دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

شاهد تفاوتی نداشت، اما سیلیس در ترکیب با کلرید کلسیم پارامترهای رشدی میوه را بهبود داد.

درصد مواد جامد محلول کل (TSS)

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیس به همراه ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلسیم بهترین تأثیر را بر درصد کل مواد جامد محلول داشته است. کمترین درصد مواد جامد محلول کل (TSS) از تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیس بدست آمد. (شکل ۴). افزایش میزان مواد جامد محلول یک فاکتور کلیدی جهت کیفیت و مطلوبیت بازارپسندی آلو می‌باشد (مانگاناریس و همکاران، ۲۰۰۸). شکراله‌فام و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که در نمونه‌های تیمار شده با کلسیم، سطوح مواد جامد محلول کل در مرحله پس از برداشت آهسته‌تر افت می‌کند. مانجاناریس و همکاران (۲۰۰۷) نیز حفظ ویژگی‌های کیفی از جمله TSS را در اثر تیمار کلسیم در میوه هلو گزارش کرده‌اند. نتایج این پژوهش با نتایج ذکر شده مطابقت دارد. دلیل بالا بودن میزان این شاخص در میوه‌های تیمار شده با کلسیم، احتمالاً به دلیل کاهش میزان فعالیت‌های تنفسی و ممانعت از شکستن کربوهیدرات‌ها می‌باشد. افزایش در مواد جامد محلول توت‌فرنگی در اثر تیمار با کودهای سیلیسی نیز گزارش شده است (جیا[1] و همکاران، ۲۰۱۱). با توجه به اینکه سیلیس پارامترهای فتوسنتزی را بهبود می‌بخشد، به نظر می‌رسد که موجب افزایش در مواد جامد محلول گردد. اگرچه نتایج ما با نتایج جیا و همکاران (۲۰۱۱) مطابق نیست اما همانگونه که در شکل ۴ مشخص است سیلیس در ترکیب با کلرید کلسیم (در مقایسه با کاربرد سیلیس به تنهایی یا کلسیم به تنهایی) نتیجه بهتری ارائه کرده است.

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

در بین سطوح مختلف تیماری، سطوح ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیس در ترکیب با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلسیم، بیشترین اثر را بر TA داشتند. به طور کلی، سایر سطوح نیز نسبت به تیمارهای شاهد و کاربرد تنهای سیلیس، TA میوه را بهبود بخشیده‌اند (شکل ۵).

شکراله‌فام و همکاران (۱۳۹۳) در آزمایش روی آلو رقم شابلون اظهار داشتند که تیمار کلسیم موجب نگهداری اسیدیته قابل تیتراسیون طی انبار می‌شود. هناره و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که کلرید کلسیم موجب افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون در گوجه‌فرنگی می‌شود. اسیدیته قابل تیتراسیون یک فاکتور مهم در ارزیابی کیفیت میوه است. کاهش اسیدیته میوه به دلیل تغییرات بیوشیمیایی ترکیبات آلی میوه طی فرآیند تنفس محتمل است. کلسیم با به تأخیر انداختن فرآیندهای پیری می‌تواند سرعت تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون را کاهش دهد (شکراله‌فام و همکاران ۱۳۹۲).

شاخص طعم TSS/TA

با وجود آنکه TSS و TA تحت تیمار ترکیبی کلرید کلسیم و نانوذرات سیلیس به طور مثبتی تحت تأثیر قرار گرفتند اما شاخص طعم به طور معنی‌داری، تحت تأثیر قرار نگرفت (جدول ۱). به نظر می‌رسد که علی رغم بهبود ویژگی‌های مرتبط با انبارمانی میوه (TSS و TA)، شاخص طعم تحت تأثیر قرار نگرفته است که بیانگر سودمندی محلول‌پاشی با کلرید کلسیم و سیلیس در مرحله پیش از برداشت است.

سفتی میوه

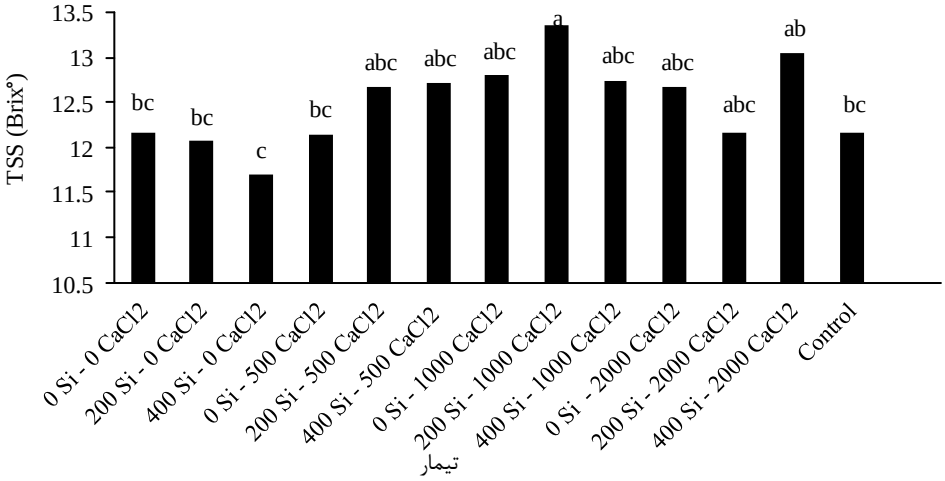
در بین سطوح مختلف تیماری، سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیس به همراه ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلسیم و سطح ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیس به همراه ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلسیم، بیشترین اثر را بر سفتی میوه داشتند. به طور کلی، سایر سطوح نیز نسبت به تیمار شاهد سفتی میوه را بهبود بخشیدند (شکل ۶). مطالعات انجام شده توسط ایروگل[2] (۲۰۱۴) نشان داد که تیمار پیش از برداشت کلسیم به طور قابل ملاحظه‌ای شاخص سفتی را در گیلاس افزایش می‌دهد. گوپتا[3] و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که در طی دوره انباری، میوه‌های هلوی تیمار شده با کلسیم نسبت به تیمار شاهد، سفتی را با سرعت کمتری از دست می‌دهند. کاربرد کلسیم به صورت برون‌زا موجب پایداری دیواره سلولی از آنزیم‌های

1. Jia

2. Erogul
3. Gupta

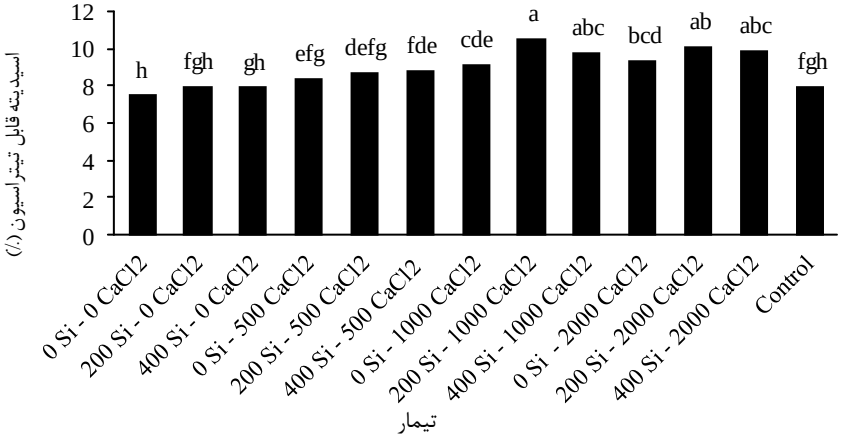
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم و نانوذرات سیلیس بر درصد کل مواد جامد محلول آلو رقم قطره طلا.

حروف مشابه نشانگر عدم معنی‌دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم و نانوذرات سیلیس بر اسیدیته قابل تیتر (درصد اسید مالیک) آلو رقم قطره طلا. حروف مشابه نشانگر عدم معنی‌دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

تخریب کننده دیواره می‌شود. همچنین با اثر کاهشی خود بر نرم‌شوندگی میوه موجب افزایش عمرانباری میوه می‌گردد (سهیل[1] و همکاران، ۲۰۱۵؛ عبدالوهاب، ۲۰۱۵). نقش کلسیم در دیواره سلولی حفظ پیوستگی دیواره است. کلسیم این نقش را با اتصال مواد پکتینی به دیواره سلولی انجام می‌دهد (سهیل و همکاران، ۲۰۱۵). نتایج ما با نتایج گزارشات ذکر شده، همخوانی دارد. سیلیس موجب پایداری دیواره سلولی در برابر انواع تنش‌های غیرزیستی می‌گردد و اثرات مثبت آن در مقابل تنش‌ها روشن شده است (لوکس[2] و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین، نانوذرات مختلف به انتقال سایر عناصر غذایی کمک می‌کنند (سیدیکوی و همکاران، ۲۰۱۵). به نظر می‌رسد سیلیس نقش هم‌افزایی در ارتباط با انتقال کلسیم ایجاد کرده است.

pH عصاره میوه

در بین سطوح مختلف تیماری، سطح تیمار شاهد (غلظت صفر)، تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیس به همراه صفر کلسیم و تیمار شاهد (آب مقطر) به ترتیب دارای بالاترین

1. Sohail
2. Lux

www.SID.ir

Archive of SID

میزان pH بودند. کمترین میزان pH از تیمار ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر سیلیس به همراه ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلسیم حاصل شد (شکل ۷).

شکراله‌فام و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که تیمار کلرید کلسیم بر روی آلو رقم قطره طلا موجب کاهش pH عصاره میوه نسبت به تیمار شاهد می‌شود. افزایش pH میوه به علت فعالیت‌های بیوشیمیایی داخل میوه می‌باشد که باعث شده‌اند مواد اسیدی موجود در میوه به فرآورده های قندی تبدیل شوند (میدانی و همکاران، ۱۳۷۶). مطالعات محمود[1] و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که عصاره میوه‌های پاپایا در تیمار شاهد نسبت به میوه‌های تیمار شده با کلسیم، pH بالاتری دارد. تیمار اینفیلتراسیون کلسیم در مقایسه با تیمار شاهد به طور قابل ملاحظه‌ای به حفظ بهتر pH در سطوح پایین کمک می‌کند. نتایج ما با نتایج این گزارش و یافته‌های آندره[2] و همکاران (۱۹۹۹) که گزارش کردند تیمار پس از برداشت کلسیم کلرید در توت‌فرنگی موجب حفظ سطوح pH می‌شود، مطابقت دارد. در ارتباط با اثر سیلیس بر pH عصاره میوه، گزارشی مشاهده نشد.

محتوای ویتامین ث

در بین سطوح مختلف تیماری، سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیس به همراه ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلسیم و سطح صفر سیلیس و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلسیم به ترتیب، بیشترین اثر مثبت را بر محتوای ویتامین ث داشته‌اند (شکل ۸). شکراله‌فام و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که تیمار کلرید کلسیم (۶۰ و ۸۰ میلی‌مولار) در پس از برداشت آلو رقم قطره طلا موجب حفظ ویتامین ث می‌گردد. کاظمی[3] و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند که کلسیم همچنین، باعث افزایش فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانی آسکوربات پراکسیداز می‌گردد و در نتیجه، اکسیداسیون زود هنگام اسید آسکوربیک را به تأخیر می‌اندازد. کلرید کلسیم به دلیل داشتن بار مولکولی به غشا متصل می‌شود و آسیب رادیکال‌های آزاد را مهار می‌کند در واقع نقش آنتی اکسیدان‌ها را بر عهده می‌گیرد و در نتیجه تجزیه ویتامین ث کاهش می‌یابد (اسپیناردی[4]، ۲۰۰۵). نتایج ما با این گزارشات همخوان است. نانوذرات سیلیس نیز سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه را تحریک می‌کنند و همچنین فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در اثر این نانو ذرات بهبود می‌یابد (اسپیناردی، ۲۰۰۵). در آزمایش ما اثر آن‌ها بیشتر در ترکیب با کلرید کلسیم مشخص است.

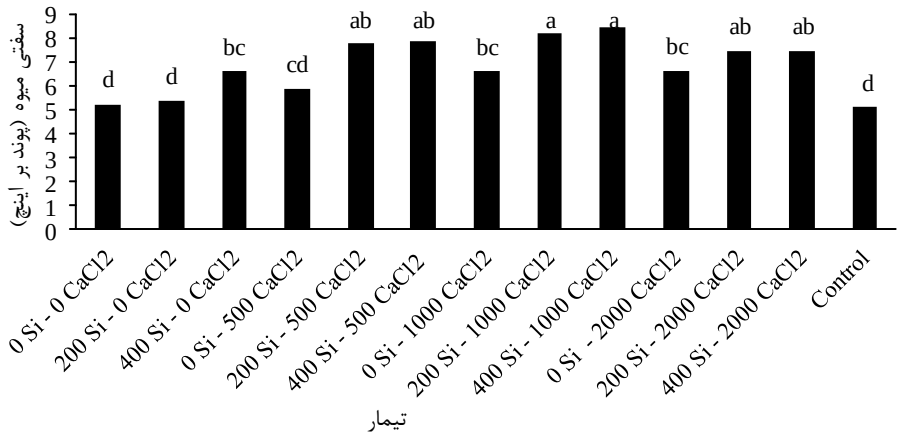
نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان می‌دهند که محلول‌پاشی پیش از برداشت کلرید کلسیم در ترکیب با نانوذرات سیلیس در سطح بهینه، می‌تواند شاخص‌های کیفی را در میوه آلو رقم قطره طلا بهبود بخشد. به نظر می‌رسد که سطوح ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سیلیس به همراه ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلسیم موثرتر بوده است. کلسیم با کاهش تولید اتیلن درون‌زا موجب به تأخیر افتادن شروع اکسیداسیون اسید آسکوربیک و دیگر اسیدهای آلی می‌شود (ایروگل، ۲۰۱۴). سیلیس نیز به حفظ وضعیت آبی گیاه کمک می‌کند و با نگهداری حالت تورژسانس موجب بهبود فتوسنتز می‌گردد (باسیونی و همکاران، ۲۰۱۶). بر اساس نتایج بدست آمده از این آزمایش، سیلیس به تنهایی نسبت به تیمار شاهد اثر معنی‌داری بر اکثر صفات مورد مطالعه نداشت با این حال در ترکیب با کلسیم اثر مثبتی بر بیشتر شاخص‌های کیفی میوه داشت. با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش، پیشنهاد می‌شود که مطالعاتی جهت تعیین رابطه بین کلسیم و سیلیس (آنتاگونیسمی یا سینرجیسمی بودن رابطه) در خاک و گیاه، صورت پذیرد.

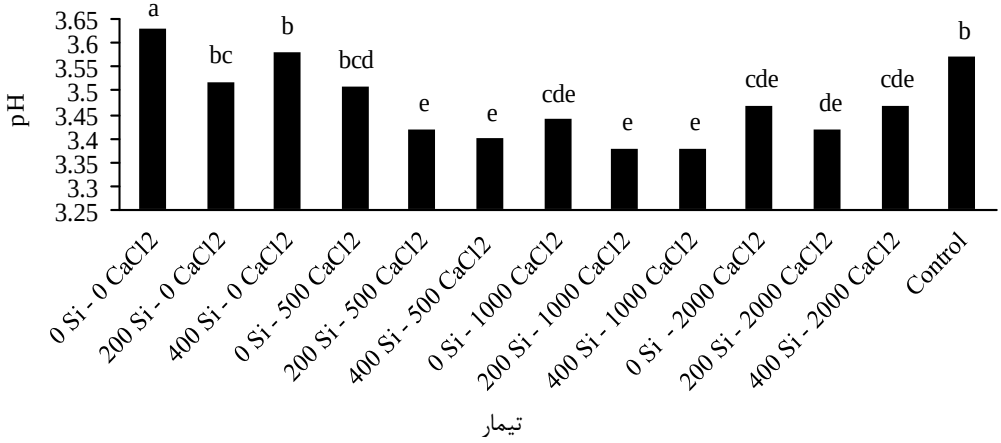
1. Mahmud
2. Andrea
3. Kazemi
4. Spinardi

www.SID.ir

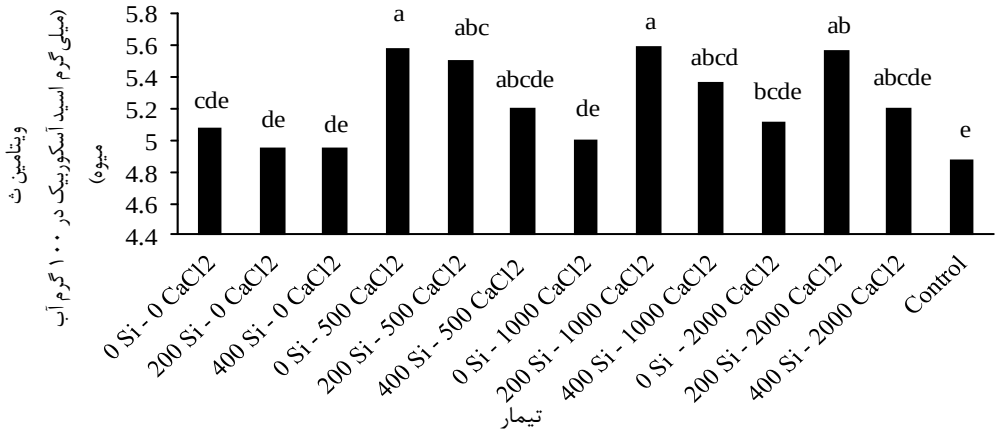
Archive of SID



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم و نانوذرات سیلیس بر سفتی میوه آلو رقم قطره طلا. حروف مشابه نشانگر عدم معنی‌دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم و نانوذرات سیلیس بر pH عصاره میوه آلو رقم قطره طلا. حروف مشابه نشانگر عدم معنی‌دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم و نانوذرات سیلیس بر محتوای ویتامین ث آلو رقم قطره طلا. حروف مشابه نشانگر عدم معنی‌دار بودن تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

امیرجانی، م.، عسکری، م. و عسکری، ف. ۱۳۹۴. بررسی تغییر در میزان جذب فلزات و ویژگی‌های رشد پریوش (*Catharanthus roseus*) توسط نانواکسید روی. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، ۴(۱۴): ۱۷-۲۹.

بی‌نام، ۱۳۹۶. وزارت جهاد کشاورزی، آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، جلد سوم، محصولات باغی.

شکراله‌فام، ص.، حاجی‌لو، ج.، زارع‌پور، ف.، طباطبایی، س. ج. و نقشی‌بند حسنی، ر. ۱۳۹۲. اثر کلریدکلسیم و سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری آلو رقم قطره طلا، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۲: ۷۴-۸۵.

شکراله‌فام، ص.، حاجی‌لو، ج.، زارع‌نهندی، ف.، طباطبائی، س.ج. و نقش بندحسنی، ر. ۱۳۹۳. اثر پوتریسین، کلریدکلسیم و اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های کیفی و انبارمانی پس از برداشت میوه آلو رقم شابلون (Shablon). تولیدات گیاهی، ۳۷(۲) ۱۵-۲۶.

طباطبایی، س.ج. ۱۳۹۲. اصول تغذیه معدنی گیاهی. دانشگاه تبریز، صفحات ۱۰۳-۱۰۶.

عطری، م.، غلامی، م. و کرمی، ف. ۱۳۸۷. اثر محلول‌پاشی برگی با کلرید کلسیم بر افزایش ماندگاری توت‌فرنگی رقم کردستان. مجله آب، خاک و گیاه در کشاورزی، ۸(۱): ۴۷-۵۵.

لولایی، ا.، سماوات، س. و حبیبی، ش. ۱۳۹۲. بررسی اثر متقابل شوری و کلرید کلسیم بر صفات کیفی و عملکرد توت‌فرنگی رقم گامروسا. مجله فیزیولوژی محیطی گیاهان، ۲۹: ۳۸-۴۶.

مستوفی، ی. و نجفی، ف. ۱۳۸۴. روش‌های آزمایشگاهی تجزیه‌ای در علوم باغبانی. انتشارات دانشگاه تهران، ۹۳ ص.

میدانی، ج. و هاشمی‌درفولی، س. ۱۳۷۶، فیزیولوژی پس از برداشت. نشر آموزش کشاورزی، تهران، ۱۱۴ ص.

واحدی، ف. ۱۳۹۷. طرح پژوهشی کاهش ضایعات محصولات کشاورزی، وزارت کشاورزی، معاونت امور زراعی.

هناره، م.، زمردی، ش. و ژاله‌رضایی، ح. ۱۳۸۸. اثر کلروکلسیم و دمای نگهداری بر فاکتورهای کیفی و انبارمانی سه رقم گوجه فرنگی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۶۴-۷۲.

Abd El Wahab, S. 2015. Apricot post harvest fruit quality, storability and marketing in respone to pre harvest application. Middle East Journal of Agriculture Research, 4: 347-358.

Al- Wasfy, M.M.M. 2014. The synergistic effects of using silicon with some vitamins on growth and fruiting of flame seedless grapevines. Horticulture Department, Faculty of Agriculture South Valley University, Aswan, Egypt, 5(1): 8-12.

Andrea, L.B.D., Quintao Scalon, S.D., Maria, I.F.C. and Chitarra, A.B. 1999. Postharvest application of $CaCl_2$ in strawberry fruits (*Fragaria Ananassa* Dutch cv. Sequoia): Evaluation of fruit quality and postharvest life. Cienc Agrotec Lavras, 23: 841-848.

Bassiony, S.S. and Ibrahim, M.G. 2016. Effect of silicon foliar sprays combined with moringa leaves extract on yield and fruit quality of "Flame seedless" grape (*Vitis vinifera* L.). Mansoura Journal of Plant Production, 7(10): 1127-1135.

Erogul, D. 2014. Effect of preharvest calcium treatments on sweet cherry fruit quality. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 42(1): 150-153.

Gago, C.M., Guerreiro, A.C., Miguel, G., Panagopoulos, T., Da Silva, M.M. and Antunes, M.D. 2016. Effect of calcium chloride and 1-MCP (Smartfresh™) postharvest treatment on 'Golden Delicious' apple cold storage physiological disorders. Scientia Horticulturae, 211: 440-448.

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 and Technology, 48: 225-229.

Jia, J.X., Cai, D.L. and Liu, Z.M. 2011. New progress in silicon improvement of quality of crops. In: Proceedings of the 5th International Conference on Silicon in Agriculture, Beijing, China.

Kalteh, M., Taj Alipour, Z., Ashraf, S., Marashi Aliabadi, M. and Falah Nosratabadi, A. 2014. Effect of silica nanoparticles of basil (*Ocimum basilicum*) under salinity stress. Journal of Chemical Health Risks, 4(3): 49-55.

Kazemi, M., Aran, M. and Zamani, S. 2011. Effect of calcium chloride and salicylic acid treatments quality on charasterictics of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) during storage. American Journal of Plant Physiology, 6: 183-189.

Lin, D. and Xing, B. 2007. Phytotoxicity of nanoparticles: Inhibition of seed germination and root growth. Environmental Pollution, 50: 243-250.

www.SID.ir

Archive of SID

Lux, A., Vaculike, M., Martinka, M., Masarovic, D. and Boker, B. 2011. Silicon deposition in the apoplast and its effect on Si-mediated resistance to abiotic stress. In: Proceedings of the 5th International Conference on Silicon in Agriculture, Beijing, China.

Mahajan, B.V.C. and Sharma, R. 2000. Effect of pre-harvest applications of growth regulators and calcium chloride on physico-chemical characteristics and storage life of peach (Prunus persica Batsch) cv. Shane-e-Punjab. Haryana Journal of Horticultural Sciences, 29: 41-43.

Mahmud, T.M., Al Eryani-Raqeeb, A., Syed Omar, S.R., Mohamed Zaki, A.R. and Al Eryani, A.R. 2008. Effect of different concentrations and application of calcium on storage life and physicochemical characterstics of papaya (*Carica papaya* L.). American Journal of Agriculture and Biological Siences, 3(3): 526-533.

Majeed, R. and Jawandha, S.K. 2016. Enzymatic changes in plum (*Prunus salicina* Lindl.) subjected to some chemical treatments and cold storage. Journal of Food Science and Technology, 53(5): 2372-2379.

Manganaris, G.A., Vicente, A.R. and Crisosto, C.H. 2008. Effect of pre-harvest and post-harvest conditions and treatments on plum fruit quality, Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 3: 1-10.

McCann, M.C. and Knox, J.P. 2018. Plant cell wall biology: polysaccharides in architectural and developmental contexts. Annual Plant Reviews online, 343-366.

Michailidis, M., Karagiannis, E., Tanou, G., Karamanoli, K., Lazaridou, A., Matsi, T. and Molassiotis, A. 2017. Metabolomic and physico-chemical approach unravel dynamic regulation of calcium in sweet cherry fruit physiology. Plant Physiology and Biochemistry, 116: 68-79.

Mir, S.A., Shah, M.A. and Mir, M.M. 2018. Postharvest biology and technology of temperate fruits. Springer press, 83 p.

Patricia, A. and Michael, F. 2008. Nanoscale particles and processes: a new dimension in soil science. Advances in Agronomy, 100: 123–151.

Priester, J.H., Yuan, G., Mielke, R.E., Horst, A.M., Moritz, S.C., Espinosa, K., Gelb, J., Walker, S.L., Nisbet, R.M., An, Y.J., Schimel, J.P., Palmer, R.G., Hernandez-Viezcas, J.A., Zhao, L., Gardea-Torresdey, J.L. and Holden, P.A. 2013. Soybean susceptibility to manufacturednanomaterials with evidence for foodquality and soil fertility interruption. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(37): 2451-2456.

Remya, N., Saino, H.V., Baiju, G., Maekawa, T., Yoshida, Y. and Sakthi Kumar, D. 2010. Nanoparticulate material delivery to plant. Plant Science, 179: 154-163.

Roohizadeh, G.H. Majd, A. and Arbabian, S. 2015. The effect of sodium silicate and silica nanoparticles on seed germination and growth in the *Vicia faba*. Tropical Plant Research, 2(2): 85-89.

Serrano, M., Martinez-Romero, D., Castillo, S., Guillen, F. and Valero, D. 2004. Effect of preharvest sprays containing calcium, magnesium and titanium on the quality of peaches and nectarines at harvest and during postharvest storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84: 1270-1276.

Sheykhbaglou, R., Sedghi, M., Shishevan, M.T. and Sharifi, R.S. 2010. Effects of nano-iron oxide particles on agronomic traits of soybean. Notulae Scientia Biologicae, 2(2): 112-113.

Siddiqui, M., Al-Whaibi, M., Firoz, M. and Al-Khaishany, Y. 2015. Nanotechnology and Plant Sciences (1st ed.). Springer press.

Sohali, M., Ayub, M., Khalil, S.A., Zeb, A., Ullah, F., Afridi, S.R. and Ullah, R. 2015. Effect of calcium chloride treatment on postharvest quality of peach fruit during cold storage. International Food Research Journal, 22(6): 2225-2229.

Spinardi, A.M. 2005. Effect of harvest data and storage on antioxidant systems in pears. In: Proceedings of V International Postharvest Symposium. Acta Horticulturae, 682: 135-140.

Suriyaprabha, R., Karunakaran, G., Yuvakkumar, R., Prabu, P., Rajendran, V. and Kannan, N. 2012. Growth and physiological responses of maize (*Zea mays* L.) to porous silica nanoparticles in soil. Journal of Nanoparticle Research, 14(12): 1294.

Vangdal, E., Flatland, S., Lunde Knutsen, I. and Larsen, H. 2010. Factors affecting storability and shelf life in plums (*Prunus domestica* L.). In: Proceedings of II EUFRIN Plum and Prune Working Group Meeting on Present Constraints of Plum Growing in Europe. Acta Horticulturae, 968: 197-203.

www.SID.ir