فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۲، شماره ۵۷، آذر و دی‌ماه ۱۴۰۲ صفحه: ۲۳۱-۲۵۰
https://doi.org/10.22034/12.57.231

مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم در مرحله قبل از برداشت بر برخی پارامترهای مورفو- فیزیولوژیکی گل شاخه بریدنی رز (*Rosa hybrida*) رقم Dolce Vita

لادن مبارکی، جواد رضاپورفرد* و پرویز نوروزی
گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۳/۰۹)

چکیده

به منظور ارزیابی کاربرد پیش از برداشت سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر برخی ویژگی‌های مورفو- فیزیولوژیکی گل رز رقم **Dolce Vita** در مرحله پس از برداشت، پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط کشت هیدروپونیک در گلخانه تجاری انجام گرفت. کاربرد سیلیکات کلسیم در غلظت‌های صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کلات کلسیم در غلظت‌های صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در مرحله پیش از برداشت به صورت محلول‌پاشی با فواصل زمانی یک هفته‌ای، به مدت یک ماه انجام شد. در این پژوهش، شاخص‌های مورفولوژیکی (وزن تر و خشک شاخساره) و فیزیولوژیکی (کلروفیل ***a*** و ***b***، فلاونوئید برگ و گلبرگ، قند محلول برگ و گلبرگ و غلظت عناصر کلسیم، سیلیسیم و پتاسیم برگ) اندازه‌گیری شدند. نتایج بیانگر این بود که کاربرد غلظت‌های ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم باعث افزایش وزن تر و وزن خشک گل (به ترتیب به میزان ۲/۸۸ و ۳/۰۹ برابر)، محتوای کلروفیل ***a*** (۹۱/۸۵ درصد)، و میزان قند محلول برگ و گلبرگ (به ترتیب به میزان ۲/۲۷ و ۱/۵ برابر) در مقایسه با شاهد شد. تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات‌کلسیم باعث بیشترین میزان کلروفیل ***b*** (۹۵/۹ میلی‌گرم در گرم تازه برگ) و بیشترین ماندگاری گلجای (افزایش ۶/۳۳ روز نسبت به شاهد) گردید. بیشترین میزان فلاونوئید گلبرگ (۱/۰۲ میلی‌گرم در گرم تازه برگ) در غلظت‌های ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم ثبت شد که با بقیه تیمارها بجز شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. کاربرد کلات کلسیم در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، باعث افزایش ۵۳/۸۴ درصدی این عنصر نسبت به شاهد شد. بالاترین غلظت پتاسیم برگ در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم (افزایش ۷۵/۲۳ درصد) و بیشترین میزان غلظت سیلیسیم برگ در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم (۱/۰۳ برابر شاهد) به‌دست آمد. نتایج نشان داد کاربرد غلظت‌های ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم در بهبود خصوصیات پس از برداشتی گل رز مؤثرتر عمل کردند. به‌طورکلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاربرد توأم سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم در مرحله قبل از برداشت می‌تواند در بهبود خصوصیات رشدی و کیفیت پس از برداشت گل شاخه بریدنی رز رقم **Dolce Vita** مؤثر باشد.

کلمات کلیدی: پس از برداشت، تغذیه، ماندگاری گل‌جای، کلات، گل شاخه بریدنی

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: j.rezapourfard@urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]

مقدمه

رز با نام علمی *Rosa hybrida* L. از خانواده Rosaceae و از جمله ارزشمندترین گل‌های شاخه بریدنی در جهان است (Liao *et al*., 2012)؛ به‌طوریکه امروزه در جهان از لحاظ سطح زیرکشت، تولید، اشتغال و صادرات رتبه نخست را به خود اختصاص داده است (دستیاران و فرهی، ۱۳۹۳). عملکرد بالا همراه با کیفیت و ماندگاری پس از برداشت قابل قبول از هدف‌های اصلی تولید گل شاخه بریدنی رز است (حسینی فرهی و همکاران، ۱۳۹۲)، که تأمین نیازهای تغذیه‌ای گیاه یکی از عوامل دستیابی به این هدف است. کودهای کلاته در ترکیب با سایر کودهای جامد یا مایع، بدون واکنش شیمیایی می‌توانند برای تولید گل مورد استفاده قرار گیرند و مزایای آشکاری نسبت به کودهای معدنی دارند. کودهای شیمیایی ممکن است دارای خطرات اکولوژیکی ناشی از منابع خام و مواد اولیه و یا محصولات حاصل از تجزیه باشند که استفاده از کود کلاته این خطرات را کاهش می‌دهد (Li *et al*., 2020). از مزایای کودهای کلاته می‌توان به ممانعت از تثبیت عناصر معدنی ریزمغذی، به‌ویژه در شرایط خاک‌های قلیایی، افزایش تحرک عناصر ریزمغذی در خاک، کاهش آبشویی و افزایش دسترسی گیاه به مواد معدنی ریزمغذی اشاره کرد (سیلیس‌پور، ۱۳۹۸). کلسیم یکی از مهمترین عناصر غذایی است که نقش عمده‌ای در گیاهان دارد. کلسیم وظیفه اساسی در پایداری دیواره سلول و غشای سلول و همچنین رشد سلول‌ها دارد. تعادل بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها، فعال‌شدن آنزیم‌های خاص و تنظیم فشار اسمزی از دیگر عملکردهای این عنصر است. کلسیم در ایجاد ریشه نیز نقش دارد و از آسیب‌های ناشی از تنش‌های مکانیکی و دمایی جلوگیری می‌کند (Moallaye Mazraei *et al*., 2020). کلسیم اتصال عرضی پلی‌مرها را در دیواره سلولی تسهیل می‌کند به‌ویژه در لایه میانی با تشکیل شبکه، مقاومت مکانیکی آن را افزایش می‌دهد و بیوسنتز اتیلن را به تأخیر می‌اندازد (Haghighi *et al*., 2014). کلسیم یکی از عناصر مهم در افزایش ماندگاری، حفظ کیفیت گیاهان و گل‌های شاخه‌بریده بوده و در بیوسنتز آنزیم‌های گیاهی نیز شرکت دارد (Helper, 2005).

سیلیسیم دومین عنصر فراوان در خاک است و به‌عنوان یک عنصر کاملاً مفید برای گیاهان عالی مطرح است (Nakata *et al*., 2008). گیاهان سیلیسیم را به‌صورت H_4SiO_4 جذب می‌کنند. در محدوده pH اکثر خاک‌های کشاورزی، غلظت H_4SiO_4 در محلول خاک از ۰/۱ تا ۰/۶ میلی‌گرم است. جذب H_4SiO_4 از طریق انشعابات فرعی ریشه صورت می‌گیرد (Cornelis *et al*., 2011; Tripathi *et al*., 2021). سیلیس باعث افزایش قدرت اکسیدکنندگی ریشه‌های گیاهان می‌شود و در نتیجه علاوه بر افزایش تبادلات یونی، حضور یون اکسیژن را در محیط ریزوسفر افزایش می‌دهد و خسارت ناشی از تنش‌های محیطی نظیر سرما و شوری را در گیاهان کاهش می‌دهد (Hodson and Sangster, 2002). پاسخ گیاهان به عرضه سیلیسیم با ایجاد تغییر در موفولوژی و آناتومی گیاه و همچنین تغییر در فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی آن است. محققان دلایل این واکنش‌ها را ناشی از تأثیر سیلیسیم بر روابط آبی گیاه، فعالیت برخی آنزیم‌ها، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فتوسنتز، جذب مواد مغذی، تحرک یون‌ها درون بافت‌های گیاهی، بیان ژن و تعادل هورمونی بیان می‌کنند (Savvas and Ntatsi, 2015). در طی مطالعات بسیاری به نقش‌های مؤثر و مثبت عناصر سیلیسیم و کلسیم اشاره شده است. در پژوهشی، تأثیر محلول‌پاشی با منابع و غلظت‌های مختلف سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های موفولوژیک و فیزیولوژیک رز رقم "بورلی واتسون" بررسی شد. منابع سیلیسیم شامل سیلیکات کلسیم، سیلیکات پتاسیم و سیلیکات سدیم و غلظت‌های مختلف سیلیسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد که تیمار سیلیسیم تعداد و ضخامت برگ، وزن تر و خشک برگ، میزان کلروفیل، قند محلول، پروتئین و کاروتنوئید را افزایش و میزان خمیدگی گردن را در گل‌های رز کاهش داد. در بین غلظت‌های مختلف سیلیسیم، تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و منبع سیلیکات کلسیم مؤثرتر از سایر تیمارها بودند (جلیل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]

در پژوهشی دیگر، تأثیر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف سیلیسیم (صفر، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ گرم در لیتر) بر بهبود ویژگی‌های گل شاخه بریدنی رز و حفظ ماندگاری پس از برداشت آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که کاربرد سیلیسیم منجر به کاهش از دست دادن آب در شاخه گل و حفظ میزان آب گلبرگ در مرحله پس از برداشت شد. کاربرد غلظت ۸۰۰ گرم در لیتر سیلیسیم منجر به کاهش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در روز اول و پایانی پس از برداشت رز شد. کاربرد غلظت ۲۰۰ گرم در لیتر سیلیسیم بعد از چهار و شش روز از نگهداری بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز را نشان داد (Geerdink *et al.*, 2020). تأثیر محلول‌پاشی با دو منبع کلسیمی کلرید کلسیم (در غلظت‌های ۱/۵ و ۳ درصد) و نانوکلات کلسیم (در غلظت‌های ۲ و ۴ میلی‌لیتر در لیتر) بر ویژگی‌های رویشی، زایشی و ماندگاری پس از برداشت گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.) توسط نظری (۱۳۹۸) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر دو منبع کلسیم اثرهای مثبتی بر برخی ویژگی‌های رویشی، زایشی و ماندگاری پس از برداشت در گل مریم داشتند و تأثیر نانوکلات کلسیم در مقایسه با کلرید کلسیم در بیشتر صفات بیشتر بود. بیشترین وزن تر و خشک و سطح برگ‌ها، تعداد برگ، طول، قطر و تعداد گلچه و ماندگاری پس از برداشت گل مریم در غلظت ۴ میلی‌لیتر در لیتر نانوکلات کلسیم مشاهده شد. در پژوهش انجام‌شده توسط Milani و همکاران (۲۰۱۹) نشان داده شد که کاربرد غلظت‌های ۰/۰۲، ۰/۰۳ و ۰/۰۴ گرم در لیتر کلسیم و نیتروژن در مرحله پیش و پس از برداشت گل ژربرا منجر به افزایش طول و قطر ساقه گل‌دهنده، ماندگاری گل، وزن تر نسبی، کیفیت گل‌ها و میزان جذب محلول در مرحله پس از برداشت می‌شود. در بررسی دیگر میرزایی اسگندیان و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که محلول‌پاشی قبل از برداشت نانوکلات کلسیم (در غلظت‌های صفر، ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر) و اسید هیومیک منجر به افزایش قطر گل، میزان آنتوسیانین، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و افزایش ماندگاری گلجایی می‌شود.

با توجه به نقش سیلیسیم به عنوان عاملی جهت حفظ میزان آب سلول‌ها، افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش میزان کربوهیدرات گیاه و بهبود تحمل تنش در گیاهان زینتی و نقش کلسیم در حفظ و یکپارچگی غشاء، جلوگیری از پیری و افزایش خصوصیات کیفی در گیاهان زینتی و همچنین اهمیت اقتصادی گل رز به عنوان گل شاخه بریده تجاری ارزشمند، در این پژوهش سعی شده است که تأثیر کاربرد محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر برخی خصوصیات مورفو-فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گل شاخه بریده رز رقم دلسه‌ویتا در مرحله پس از برداشت بررسی شود.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام پژوهش حاضر، ابتدا بوته‌های رز رقم دولسه‌ویتا موجود در گلخانه تجاری، کشت‌شده در بستر کوکوپیت- پرلیت به نسبت ۵۰: ۵۰، به مدت یک ماه تیمار شدند. برای تیمار از سیلیکات‌کلسیم (Ca_2SiO_4) (شرکت مرک آلمان) و کلات کلسیم (۷ درصد) از نوع Ca- EDTA ساخت کشور اسپانیا استفاده شد. سطوح مختلف سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم به‌صورت محلول‌پاشی با فواصل زمانی هفته‌ای یک‌بار به مدت یک ماه از مراحل ابتدایی رشد شاخه گل‌دهنده روی بوته مادری استفاده شد. برای جلوگیری از برهمکنش یا اثرات احتمالی سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم با یکدیگر، اعمال تیمار محلول‌پاشی دو ماده در هر نوبت با فاصله یک روز از هم انجام شد. سپس گل‌های هم‌اندازه و یکنواخت در مرحله سوم تکامل و باز شدن غنچه برداشت شد (Aghdam *et al.*, 2021) و برای طی مرحله پس از برداشت، بلافاصله به اتاقی با رطوبت ۷۰ –۸۰ درصد، دمای ۱±۱۸ درجه سانتی‌گراد، ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی و شدت نور ۱۲ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه (منبع تأمین نور توسط لامپ‌های فلورسنت سرد) منتقل شدند. گل‌ها پس از بازبرش ته ساقه‌ها در داخل آب و یکنواخت کردن طول شاخه‌ها، در شیشه‌هایی حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر و در شرایط دما و رطوبت نسبی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]

ذکرشده قرار گرفتند. آب ظروف گلجای هر دو روز یکبار تعویض شد.

اندازه‌گیری شاخص‌ها، وزن تر و خشک شاخساره: به منظور مقایسه وزن تر گیاهان تحت تیمار سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم، ابتدا وزن تر اولیه شاخه گل‌دهنده توسط ترازوی دیجیتالی (METTLER, PJ300) و با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که در طی ماندگاری گلجایی، وزن تر گل‌ها هر چهار روز یکبار توزین گردید. جهت تعیین وزن خشک شاخه گل‌دهنده، نمونه‌ها در پاکت‌های کاغذی به مدت ۲۴ ساعت درون آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از مدت زمان ذکرشده، وزن خشک نمونه‌ها به کمک ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد.

کلروفیل *a* و *b*: جهت اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل *a* و *b* و کل از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) استفاده گردید. برای این منظور ابتدا ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ در ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد کاملاً ساییده شد تا توده یکنواختی ایجاد شود. مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰ دور در دستگاه سانتریفیوژ (Brushless D.C.) قرار گرفت. میزان جذب برای کلروفیل *a*، *b* و کاروتنوئید توسط دستگاه اسپکتروفتومتر به ترتیب در طول‌موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. در نهایت با استفاده از روابط زیر، میزان کلروفیل *a* و *b* برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه براساس فرمول‌های زیر به دست آمد.

(رابطه ۱)

$$\text{Chlorophyll } a = [(19.3 \times A663 - 0.86 \times A645)]/100W \times V$$

(رابطه ۲)

$$\text{Chlorophyll } b = [(19.3 \times A645 - 3.6 \times A663)]/100W \times V$$

V: حجم محلول صاف‌شده، W: وزن تر نمونه برحسب گرم

اندازه‌گیری قند محلول برگ و گلبرگ: ابتدا ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ و گلبرگ به صورت جداگانه با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد کاملاً ساییده شد و سپس محلول رویی جدا و به لوله‌های آزمایش به حجم ۲۵ میلی‌لیتر انتقال داده شد. در مرحله بعد، ۵ درصد اتانول ۷۰ درصد به بخش جامد باقیمانده، اضافه گردید و دوباره محلول رویی به لوله‌های آزمایش به حجم ۲۵ میلی‌لیتر انتقال داده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره حاصل به داخل لوله آزمایش منتقل شد و میزان ۳ میلی‌لیتر آنترون به آن اضافه گردید (طرز تهیه آنترون : ۱۵۰ میلی‌گرم آنترون در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد اضافه و به مدت ۸ ساعت روی دستگاه همزن مغناطیسی قرار داده شد تا کاملاً حل شود). لوله‌های آزمایش تا زمان تشکیل ماده رنگی به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفتند. در نهایت بعد از سردشدن، میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-2100، ساخت کشور آمریکا) در طول‌موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد (Irigoyen *et al*., 1992).

فلاونوئید برگ و گلبرگ: برای اندازه‌گیری فلاونوئید برگ و گلبرگ از معرف آلومینیوم کلراید و روش Chang (۲۰۰۲) استفاده گردید. ابتدا به ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره برگ یا گلبرگ ۱/۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد، ۱۰۰ میکرولیتر محلول آلومینیوم کلراید ۱۰ درصد، ۱۰۰ میکرولیتر محلول استات پتاسیم ۱ مولار و ۳/۸ میلی‌لیتر آب‌مقطر اضافه شد. جذب مخلوط حاصل بعد از گذشت ۴۰ دقیقه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول‌موج ۳۸۰ نانومتر نسبت به شاهد خوانده شد. به منظور رسم منحنی استاندارد از کوئرستین استفاده شد. میزان فلانوئید کل عصاره‌ها نیز براساس میلی‌گرم معادل کوئرستین بر گرم وزن تر گیاه گزارش شد.

عناصر غذایی برگ: به منظور تعیین میزان عناصر برگی، ابتدا ۰/۵ گرم از بافت خشک گیاهی که در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شده بودند، به‌طور کامل پودر شد و به منظور حذف ترکیبات آلی در کوره‌ای با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به خاکستر سفیدی تبدیل شدند. هضم این نمونه‌ها با کمک ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک انجام شد و ترکیب حاصل توسط کاغذ صافی فیلتر شده و به فالکون‌های ۵۰ میلی‌لیتر منتقل و از طریق اضافه کردن آب‌مقطر به حجم ۵۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]

میلی‌لیتر رسانده شدند. این محلول به‌عنوان عصاره خام برای اندازه‌گیری میزان عناصر مورد استفاده قرار گرفت (Ryan *et al.*, 2001).

عنصر پتاسیم: اندازه‌گیری میزان پتاسیم توسط دستگاه شعله‌سنج (فلیم‌فتومتر- مدل فاطر ۴۰۵) انجام شد. برای این کار ابتدا عصاره تهیه‌شده در مرحله قبل، به نسبت ۱ به ۵۰ با آب‌مقطر رقیق گردید. لازم به ذکر است که دستگاه شعله‌سنج قبل از اندازه‌گیری توسط محلول‌های استاندارد پتاسیم کلراید کالیبره شد و سپس محتوای پتاسیم نمونه‌ها توسط شعله‌سنج خوانده شد. در پایان با قراردادن اعداد خوانده شده از دستگاه در منحنی استاندارد مربوطه و انجام محاسبات، مقدار پتاسیم برحسب درصد گزارش گردید (Mizukoshi *et al.*, 1994).

عنصر کلسیم: میزان کلسیم با استفاده از روش تیتراسیون با EDTA ۰/۰۱ مولار اندازه‌گیری شد. ابتدا مقدار ۵ میلی‌لیتر از عصاره تهیه‌شده به بالن ۲۵۰ میلی‌لیتری انتقال داده شد، سپس ۲۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر و ۲ میلی‌لیتر NaOH (سود ۲ نرمال) با مقداری معرف موراکساید به محلول اضافه شد تا محلول صورتی روشن تولید شود. در مرحله بعد مقداری EDTA ۰/۰۱ (۱ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب) به محلول اضافه شد تا رنگ محلول به ارغوانی تغییر یافت. در پایان مقدار EDTA مصرفی یادداشت شد. سپس با استفاده از فرمول زیر میزان یون کلسیم محاسبه و برحسب درصد بیان گردید (غازان شاهی، ۱۳۸۵).

رابطه ۳

$$\%Ca = \frac{(V\,EDTA) - (V\,EDTAc \times N)}{V} \times 100$$

V EDTA= حجم عصاره، N= نرمالیته EDTA، V EDTA= حجم شاهد

عنصر سیلیسیم: به منظور اندازه‌گیری سیلیسیم از روش هضم اتوکلاوی و رنگ‌سنجی استفاده شد. جهت هضم نمونه‌ها، به ۱۰۰ میلی‌گرم پودر برگی خشک شده، ۲ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۵۰ درصد حجمی و ۴/۵ میلی‌لیتر سود ۵۰ درصد (وزنی) اضافه گردید. سپس لوله‌های آزمایش، به مدت ۱ ساعت در دستگاه اتوکلاو و در فشار ۱۳۸ کیلو پاسکال قرار داده شدند. سپس با اضافه‌کردن آب‌مقطر، حجم نمونه‌ها به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. به منظور سنجش سیلیسیم، ۲/۵ میلی‌لیتر از عصاره را در بالون ژوژه ریخته و ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۱ نرمال و ۱۰ میلی‌لیتر آمونیوم مولیبدات ۰/۳ مولار با pH ۷ با سود ۵ نرمال، به آن اضافه شد. پس از گذشت ۲ دقیقه، ۵ میلی‌لیتر از محلول تارتاریک ۲۰ درصد و ۱ میلی‌لیتر از محلول احیاکننده به محلول اضافه شد. به منظور تهیه محلول احیاکننده، ۲۵ گرم بی‌سولفیت سدیم در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر حل شد. محلول به دست آمده به محلولی که ۲ گرم سولفیت سدیم و ۰/۴ گرم ۱-آمینو-۲-نفتول-۴- سولفونیک اسید در ۲۵ میلی‌لیتر آب‌مقطر داشت، اضافه گردید. این محلول به‌طور مداوم هم زده شد و بعد از گذشت ۳۰ دقیقه، میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۸۲۰ نانومتر خوانده شد. میزان سیلیسیم برحسب میکروگرم در گرم وزن خشک گزارش گردید (Elliott and Snyder, 1991).

برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در پژوهش انجام‌شده، از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها نیز با روش چند دامنه‌ای توکی در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام گرفت. همچنین برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel (2016) استفاده شد.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک گل: نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این است که اثر اصلی سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم و همچنین اثرات متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر وزن تر گل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم منجر به افزایش وزن تر گل شد. بیشترین وزن تر گل (میانگین ۸۴/۳۳ گرم) در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم مشاهده شد، هر چند که با تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت. کمترین وزن تر گل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیکی و میزان عناصر برگ گل رز رقم Dolce Vita در اثر کاربرد سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم

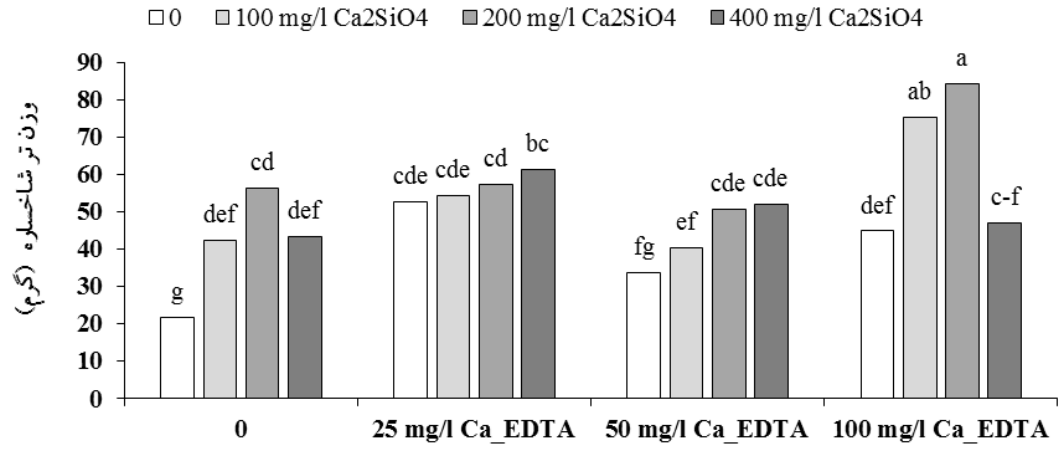
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		میزان وزن تر گل	میزان وزن خشک گل	ماندگاری گلجای	محتوای کلروفیل *a*	محتوای کلروفیل *b*	میزان قند محلول برگ
سیلیکات کلسیم (a)	۳	۶۴/۰۸ **	۹/۴۱ **	۱۰/۲۴*	۰/۰۴۳ **	۰/۰۰۹۳ **	۰/۱۷۵ **
کلات کلسیم (b)	۳	۶۰۱/۶۱ **	۵۸/۳۸**	۴/۸۵ns	۰/۰۰۴۸۲**	۰/۰۰۵۶**	۰/۰۳۲**
اثر متقابل (a×b)	۹	۵۲۸/۲۱**	۲۴/۴۷**	۱۰/۱۵*	۰/۰۰۷۴**	۰/۴۰۸**	۰/۰۶۶۲ **
اشتباه آزمایشی	۳۲	۱۸/۱۸	۰/۷۳۳	۳/۷۲	۰/۰۰۰۷۹	۰/۱۱۷	۰/۰۰۰۴۲
ضریب تغییرات (٪)		۸/۳۴	۱۰/۶۳	۱۰/۸۱	۹/۶۵	۱۱/۰۸	۴/۶۵

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح آماری پنج و یک درصد هستند.

ادامه جدول ۱-

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		میزان قند محلول گلبرگ	میزان فلاونوئید برگ	میزان فلاونوئید گلبرگ	میزان غلظت کلسیم برگ	میزان غلظت پتاسیم برگ	میزان غلظت سیلیسیم برگ
سیلیکات کلسیم (a)	۳	۰/۸ **	۰/۰۴۸۸ ns	۰/۰۷۸۸**	۰/۰۳۰ ns	۰/۰۰۱۴ ns	۰/۰۱۶ **
کلات کلسیم (b)	۳	۰/۰۶۰**	۰/۰۷۰۹ ns	۰/۰۹۴۲**	۳/۱۷**	۰/۴۲ **	۰/۱۶**
اثر متقابل (a×b)	۹	۰/۰۶۶**	۰/۰۳۸۰ ns	۰/۰۵۲۷**	۰/۱۸۰ ns	۰/۰۰۶۶**	۰/۰۵۶**
اشتباه آزمایشی	۳۲	۰/۰۰۰۷۱	۰/۰۳۲	۰/۰۱	۰/۱۳۹	۰/۰۰۱۱۳	۰/۰۰۱۲۴
ضریب تغییرات (٪)		۴/۶۷	۲۲/۷۳	۱۶/۴	۱۵/۷۰	۵/۳۲	۸/۹۵

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح آماری پنج و یک درصد هستند.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر وزن تر گل رز رقم Dolce Vita. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]

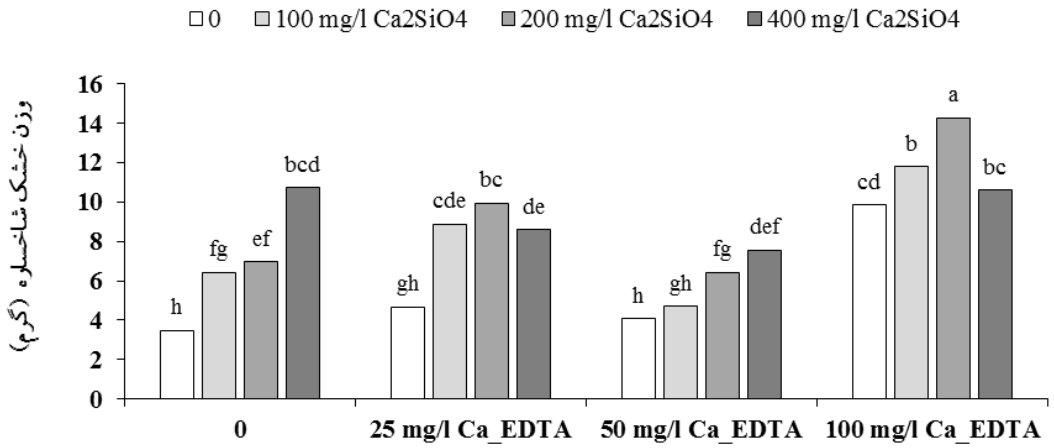
(میانگین ۲۱/۷۳ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد، اگرچه با تیمار بدون کاربرد سیلیکات کلسیم و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت (شکل ۱).

جدول ۱ نشان داد اثر اصلی سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم و همچنین اثرات متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر وزن خشک شاخساره در سطح احتمال ۱ درصد است و محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم باعث افزایش وزن خشک گل شد. بیشترین وزن خشک شاخساره (میانگین ۱۴/۲۸ گرم) در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم مشاهده شد. کمترین وزن تر شاخساره (میانگین ۳/۴۹ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد، اگرچه با تیمار بدون کاربرد سیلیکات کلسیم و غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت (شکل ۲).

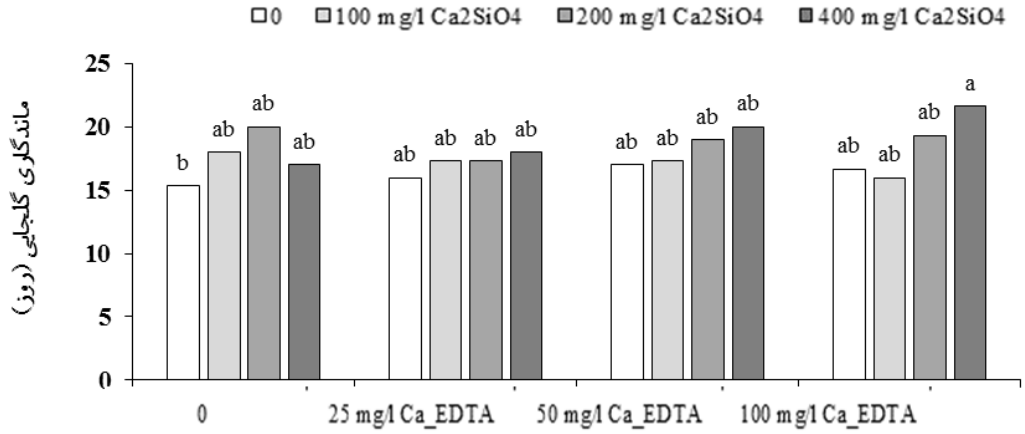
نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داد که کاربرد سیلیکات کلسیم منجر به افزایش وزن تر و خشک شاخساره گردید. در پژوهش حاضر کاربرد سیلیکات کلسیم در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین میزان وزن تر شاخساره را باعث شد که به نظر می‌رسد دلیل آن از طریق مکانیسم تأثیر عنصر سیلیسیم بر کاهش تعرق باشد. علاوه بر این سیلیسیم در دیواره سلولی آوندهای چوبی با ماکرومولکول-ها یا ترکیبات آلی مانند سلولز، پکتین، گلیکوپروتئین و لیگنین، تشکیل کمپلکس‌های کلوئیدی می‌دهد که این ذرات کلوئیدی آب را به میزان زیادی جذب کرده و موجب کاهش جریان آب درون آوند چوبی می‌شوند (Balakhnina and Borkowska, 2013). بنابراین احتمال دارد دلیلی دیگر بر افزایش وزن تر شاخساره در پژوهش انجام‌شده باشد. در طی مطالعات بسیاری گزارش شده است که کاربرد سیلیکات منجر به افزایش وزن تر در گیاهان زینتی می‌شود به‌طور مثال در پژوهشی تأثیر محلول نگهدارنده حاوی سیلیکون بر برخی خصوصیات پس از برداشتی گل شاخه بریده نرگس رقم "Shahla" منجر به افزایش قابل ملاحظه‌ای در حفظ وزن تر گل‌های نرگس و میزان جذب آب در مقایسه با گل‌های شاهد گردید (Bayat and Aminifard, 2018).

کلسیم یکی از مهمترین عناصر غذایی است که نقش عمده‌ای در گیاهان دارد. کلسیم وظیفه اساسی در پایداری دیواره و غشای سلول و همچنین رشد سلول‌ها دارد. تعادل بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها، فعال‌شدن آنزیم‌های خاص و تنظیم فشار اسمزی از دیگر عملکردهای این عنصر است. کلسیم همچنین در ایجاد و تحریک آغازه‌های ریشه نقش دارد و از آسیب‌های ناشی از عوامل مکانیکی و دمایی جلوگیری می‌کند (Moallaye Mazraei *et al.*, 2020). در پژوهش انجام‌شده، کاربرد غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم منجر به افزایش چشمگیری در وزن تر و خشک شاخساره شد، احتمال دارد که تأثیر عنصر کلسیم بر فشار اسمزی، افزایش رشد و تقسیم سلولی از دلایل افزایش شاخص‌های ذکرشده باشد. عنصر کلسیم برای آنزیم‌های آمیلاز و ATPase کوفاکتور بوده و در پایداری و مقاومت مکانیکی دیواره سلولی، در انتقال کربوهیدرات و بسته‌شدن روزنه‌ها نقش دارد (Fageria, 2009). کلسیم در متابولیسم ازت و انتقال کربوهیدرات‌ها نیز دخالت دارد (خارا، ۱۳۸۵). بنا به آنچه که اشاره شد، تأثیر کلسیم بر جذب آب و بسته شدن روزنه‌ها و تأثیر بر متابولسیم ازت می‌تواند علت افزایش وزن تر شاخساره و حفظ و توازن آب توسط این عنصر باشد (Jing *et al.*, 2004). در تأیید نتایج پژوهش حاضر، نظری (۱۳۹۸) بیان نمود که کاربرد نانوکلات کلسیم و کلرید کلسیم در غلظت ۴ میلی‌لیتر در لیتر روی گل شاخه بریده مریم منجر به افزایش چشمگیری در وزن تر و خشک اندام‌های هوایی می‌شود. در پژوهشی دیگر Milani و همکاران (۲۰۱۹) گزارش نمودند که کاربرد نیترات کلسیم منجر به افزایش وزن تر در گیاه ژربرا شد. علاوه بر این تأثیر نانوکلات کلسیم در غلظت ۳ گرم در لیتر بر افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی (برگ و ساقه) در ژربرا توسط میرزایی اسگندیان و همکاران (۱۳۹۹) گزارش شد که نتایج پژوهش حاضر نیز در همین راستا است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر وزن خشک گل رز رقم Dolce Vita. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر ماندگاری گلجای گل رز رقم Dolce Vita. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

ماندگاری گلجای: با توجه به نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که اثر اصلی سیلیکات کلسیم و همچنین اثر متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر ماندگاری گلجایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد اما اثر اصلی کلات کلسیم بر ماندگاری گلجایی از لحاظ آماری معنی‌دار نگردید (جدول ۱). نتایج به دست آمده از شکل ۳ بیانگر این است که تنها ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم توانست با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری ایجاد کند و بین سایر غلظت‌های سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.

در پژوهش انجام‌شده کاربرد ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم منجر به افزایش ماندگاری گلجایی به مدت ۶/۳۳ روز در مقایسه با شاهد شد. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت گل، تغذیه صحیح است (کریمی و همکاران، ۱۳۸۷). پیری گل‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]

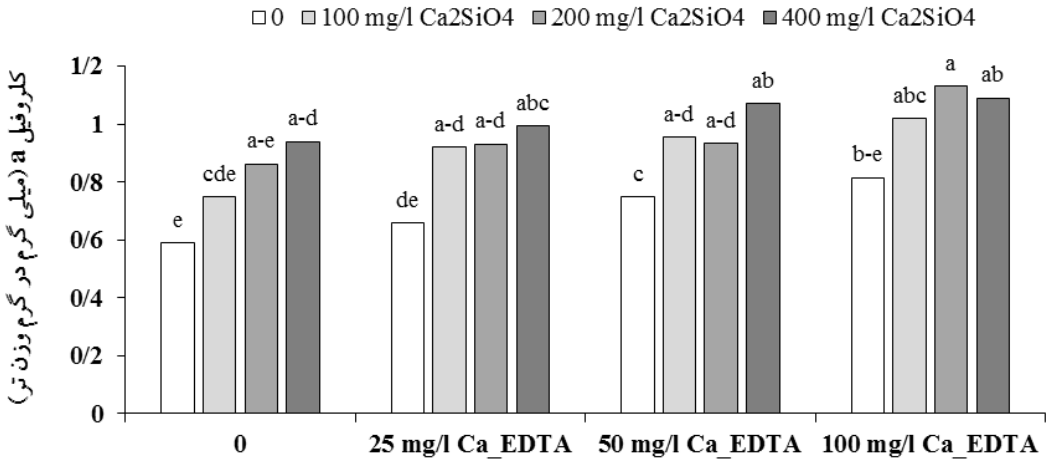
بریدنی دارای مکانیسم هورمونی است و این فرآیند درگیر تغییر ویژگی‌های فیزیکی و زیست‌شیمیایی در غشاء سلولی است که با کاهش خیلی سریع در مقدار فسفولیپیدها و پروتئین‌ها، افزایش فعالیت تنفسی و کاهش پایداری غشاء همراه است و در نتیجه باعث کاهش کنترل نشده مواد محلول، آب و سرانجام، پژمردگی و مرگ گل می‌شود. یکی از دلایل آغاز پیری در بافت‌های گیاه، درگیری گونه‌های اکسیژن فعال مثل O_2^- و H_2O_2 که دارای یک الکترون اضافه‌اند، است که با آسیب به غشاهای زیستی، تخریب پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک، پیری گل را تسریع می‌کنند (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۳). در تأیید نتایج پژوهش ما، نتایج محمدی ترکاشوند و شیرغانی (۱۳۹۴) (افزایش ماندگاری ۳۴/۱۴ درصد نسبت به شاهد) درمحلول‌پاشی کلرید کلسیم و سیلیکات پتاسیم در گل شاخه‌بریدنی ژربرا از طریق بهبود رشد، افزایش فتوسنتز و کاهش تبخیر و تعرق)، Milani و همکاران (۲۰۱۹) (افزایش ماندگاری در گل ژربرا با کاربرد نیترات کلسیم از طریق افزایش وزن تر نسبی، حفظ تورژسانس سلول‌ها و همچنین ممانعت از تخریب دیواره سلولی) و میرزایی اسگندیان و همکاران (۱۳۹۸) (افزایش ماندگاری گلجایی در گل شاخه بریدنی ژربرا از طریق تیمار نانوکلات کلسیم با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی) گزارش شده‌اند. در طی مطالعات مختلف، افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و مقدار فتوسنتز و در نتیجه ساخت بیشتر آسیمیلات‌ها به‌ویژه کربوهیدارات‌ها (Tan *et al.*, 2011)، اثر بازدارندگی کلسیم بر فعالیت آنزیم ۱- آمینوسیکلو پروپن- ۱- کربوکسیلیک اسید (ACC) و در نتیجه کاهش تولید اتیلن و اثر عنصر کلسیم بر کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده یاخته از جمله پلی‌گالاکتوروناز (Halevy *et al.*, 2001) به عنوان مهمترین دلایل تأثیر عنصر کلسیم بر افزایش ماندگاری گلجایی گل‌های شاخه بریده ذکر شده‌اند.

کلروفیل *a* و *b*: نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این است که اثر اصلی سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم و همچنین اثر متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر میزان کلروفیل *a* در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد اگرچه کاربرد توأم سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم منجر به ایجاد روندی افزایشی در میزان کلروفیل *a* گردید اما بین اکثر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تیمار شاهد و تیمارهای بدون کاربرد سیلیکات کلسیم دارای کمترین میزان کلروفیل *a* بودند و افزایش غلظت سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم منجر به افزایش در میزان کلروفیل *a* شد و کاربرد غلظت‌های ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم باعث افزایش ۹۱/۸۵٪ محتوای کلروفیل a نسبت به شاهد شد.

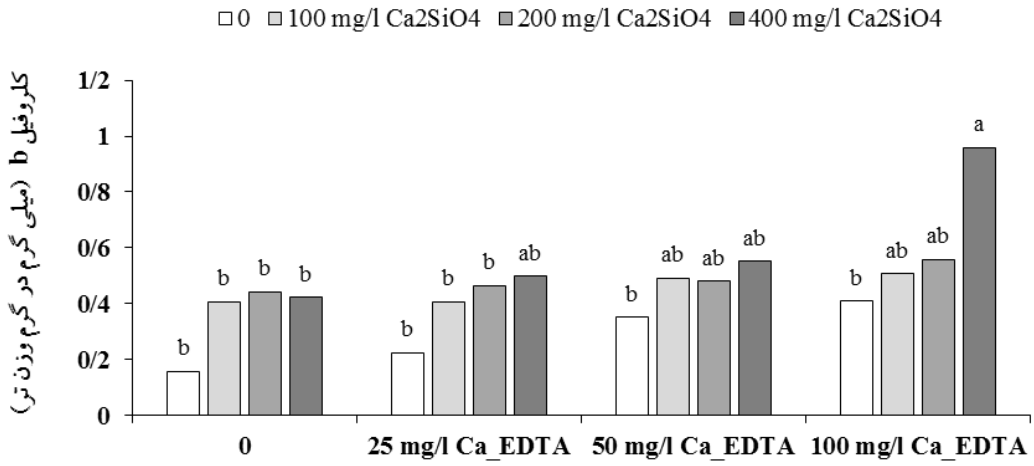
نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم و همچنین اثر متقابل سیلیکات کلسیم × کلات کلسیم بر میزان کلروفیل *b* در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که کاربرد توأم سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم منجر به افزایش کلروفیل *b* شد، اگرچه بین اکثر تیمارها از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم تأثیر بیشتری در افزایش کلروفیل *b* (میانگین ۰/۹۵۹ میلی‌گرم در گرم تازه برگ) داشتند. میزان کلروفیل *b* در مقایسه با تیمار شاهد و همچنین تیمارهای بدون کاربرد کلات کلسیم در غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم افزایش به‌ترتیب ۱/۵۶، ۱/۷۸ و ۱/۶۶ برابری نشان داد (شکل ۵).

همان‌طور که در شکل‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود کاربرد سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم منجر به افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله شاخص کلروفیل، کلروفیل *a* و *b* شد. کلروفیل به عنوان رنگیزه سبز گیاه نقش اساسی در فرآیند فتوسنتز ایفا می‌کند. ساختمان رنگیزه کلروفیل، حلقوی تتراپیرولی مشتق شده از پروپیونیک اسید است. کلروفیل دارای قسمت مرکزی حاوی منیزیم است و مهم‌ترین رنگدانه جذب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر کلروفیل *a* گل رز رقم Dolce Vita. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر کلروفیل *b* گل رز رقم Dolce Vita. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

کننده نور در غشای تیلاکوئیدی کلروپلاست به شمار می‌رود. در طی مطالعات انجام‌شده ثابت شده است که عنصر کلسیم در مکانیسم باز و بسته شدن روزنه‌ها مؤثر است. همچنین عنصر کلسیم با غیرسمی‌کردن اسیدهای آلی در واکوئل‌ها به بقای گیاهان کمک می‌کند و نیز برای تقسیم سلولی و بزرگ‌شدن سلولی ضروری است. همچنین کلسیم در تنظیم فعالیت غشاهای سلولی نقش بسزایی دارد (طباطبایی، ۱۳۹۳). در واقع تأثیر کلسیم در باز و بسته شدن روزنه‌ها باعث فراهم شدن ماده ضروری به منظور انجام فتوسنتز یعنی دی‌اکسید کربن می‌گردد (Yang *et al.*, 2016). همچنین نشان داده شده است که عنصر کلسیم در ساخت پروتئین‌ها در میتوکندری دخالت دارد. با توجه به اینکه میتوکندری‌ها در تنفس هوازی و جذب فعال تعداد زیادی از عناصر نقش دارند، می‌توان نتیجه گرفت که رابطه‌ای مستقیم بین کلسیم و جذب عناصر غذایی به وسیله گیاه وجود دارد. همچنین کلسیم از طریق تأثیر بر عملکرد میتوکندری سبب افزایش انتقال فعال عناصر و در نتیجه با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]

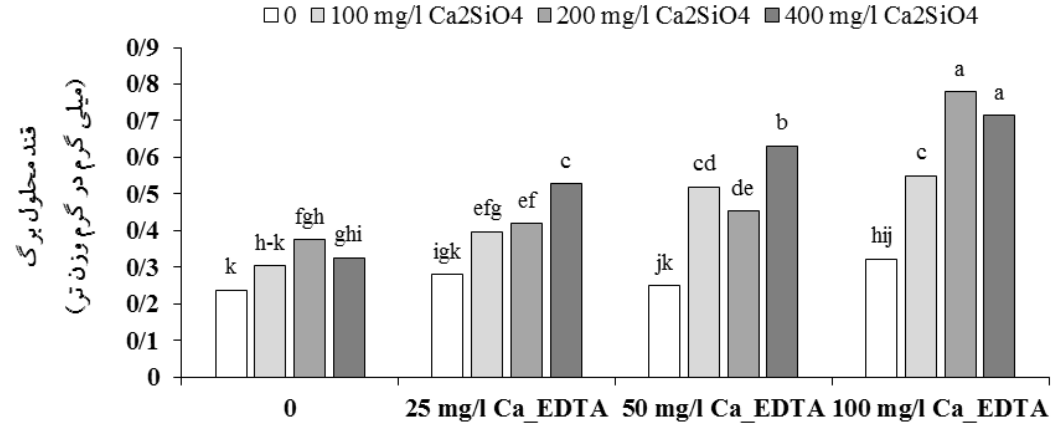
افزایش جذب عناصر، مانع تجزیه کلروفیل و پروتئین‌ها شده و نهایتاً سبب افزایش نفوذ پذیری غشای پلاسمایی (از طریق ایجاد استحکام بین تیغه میانی و پیوندهای غشایی) می‌شود (Jing *et al*., 2004). با توجه به آنچه اشاره شد احتمال دارد که مکانیسم افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در پژوهش حاضر نیز موارد ذکر شده باشد. تیمار سیلیکات کلسیم (عباسی و همکاران، ۱۳۹۸) و نانوذرات سیلیسیم دی‌اکسید در گل ژربرا (Hajizadeh *et al*., 2021) و نانوذرات سیلیسیم در گل شاخه بریدنی لیزیانتوس رقم 'ایچو' (Kamiab *et al*., 2017) منجر به افزایش شاخص کلروفیل شد. در طی پژوهشی، علت تأثیر سیلیسیم بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی به تأثیر سیلیسیم بر افزایش فعالیت آنزیم ریبولوز ۱و ۵- بیس فسفات و ممانعت از تخریب کلروفیل نسبت داده شده است. این آنزیم با تنظیم سوخت‌وساز دی‌اکسید کربن، کارآیی تثبیت دی‌اکسید کربن توسط گیاهان را افزایش می‌دهد (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۹). علاوه بر این گزارش شده است که عنصر سیلیسیم از طریق افزایش ظرفیت و راندمان فتوسنتز، افزایش استحکام برگ در نتیجه طول عمر برگ‌ها به منظور انجام فتوسنتز، افزایش کارایی فتوسیستم I و تحریک روزنه‌ها تأثیر غیرمستقیم بر افزایش رنگیزه‌های کلروفیل دارد که به نوبه خود منجر افزایش هدایت روزنه‌ای می‌شود (Aghdam *et al*., 2019).

قند محلول برگ و گلبرگ: نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم و همچنین اثر متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر میزان قند محلول برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که کاربرد توأم سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم روندی افزایشی در میزان قند محلول در برگ ایجاد کرد. همان‌طور که شکل ۶ نشان می‌دهد غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم و غلظت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم تأثیر بیشتری در افزایش میزان قند محلول در برگ را داشتند و تیمار شاهد دارای میزان قند محلول کمتری بود. اگرچه میزان قند محلول در تیمارهای بدون کاربرد سیلیکات کلسیم اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشتند. همان‌طور که مشاهده می‌شود کاربرد غلظت‌های ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم باعث افزایش ۲۷/۲ برابر میزان قند محلول برگ، نسبت به شاهد شد.

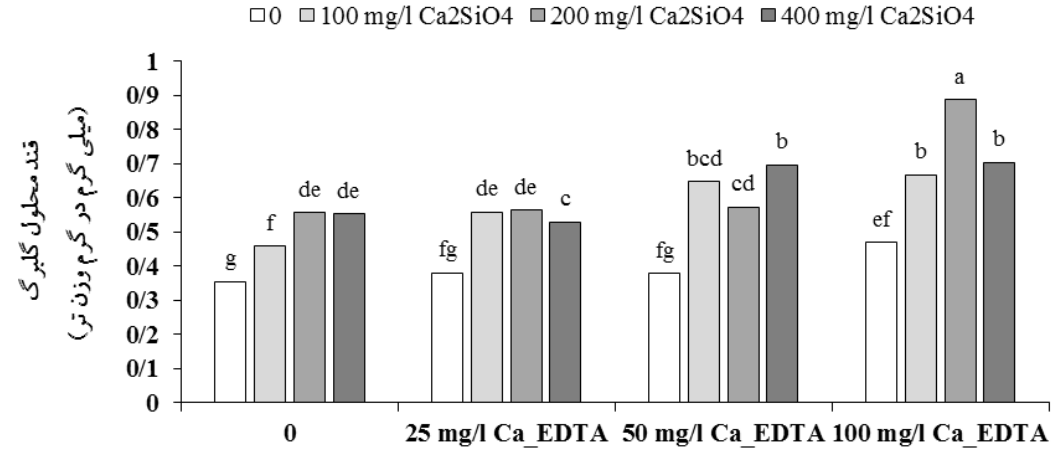
نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم و همچنین اثر متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر میزان قند محلول گلبرگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که کاربرد توأم سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم روندی افزایشی در میزان قند محلول در گلبرگ ایجاد کرد. همان‌طور که شکل ۷ نشان می‌دهد غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم و غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم تأثیر بیشتری در افزایش میزان قند محلول در گلبرگ را داشت و میزان قند محلول گلبرگ در این تیمار برابر با ۰/۸۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر بود که در مقایسه با تیمار شاهد (۰/۳۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) افزایشی ۱/۵ برابری را نشان داد؛ گرچه لازم به ذکر است که میزان قند محلول در تیمارهای کلات کلسیم بدون کاربرد سیلیکات کلسیم اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشتند.

شکل‌های ۶ و ۷ نشان‌دهنده افزایش میزان قند محلول در برگ و گل‌های گیاه رز تحت تأثیر کاربرد توأم سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم است. قندهای محلول تحت عنوان ماده اسمولیت، شیب جریان آب را به سلول افزایش می‌دهند و از طریق تنظیم محتوای آب، تورژسانس سلول را افزایش می‌دهند (Henriet *et al*., 2006). قندها و سایر متابولیت‌ها در سلول برای ساختن سلول‌های جدید و همچنین تحریک رشد ضروری هستند (El-Tayeb, 2005). عنصر سیلیسیم منجر به افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و همچنین حفاظت از ماکرومولکول‌هایی از جمله غشاهای کلروپلاست می‌شود بنابراین، از این طریق می‌تواند باعث افزایش میزان فتوسنتز شود که به تبع آن میزان قندهای محول نیز افزایش پیدا می‌کند (Savvas and Ntatsi, 2015) که در مطالعه ما نیز، کاربرد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]



شکل ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر میزان قند برگ رز رقم Dolce Vita. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.



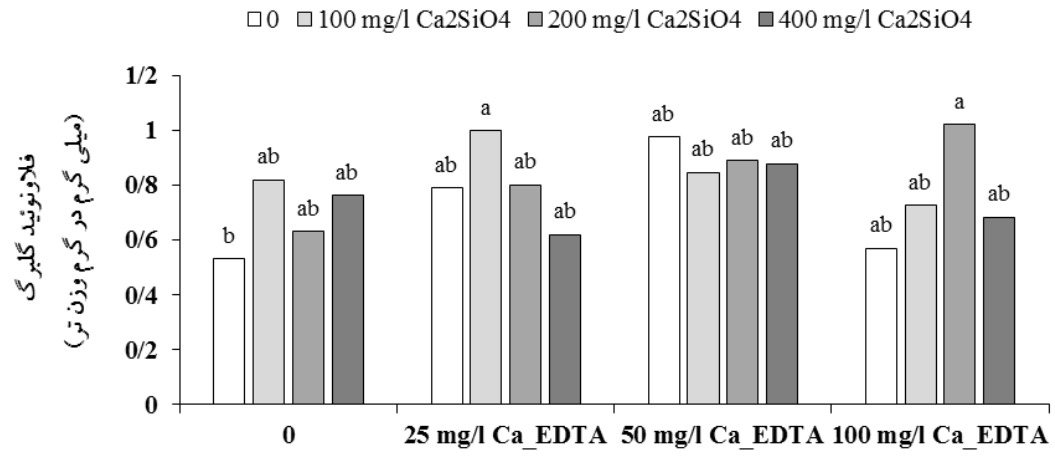
شکل ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر میزان قند گلبرگ رز رقم Dolce Vita. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

سیلیکات کلسیم منجر به افزایش میزان رنگیزه‌های کلروفیل گردید (شکل‌های ۴ و ۵). مشابه نتایج پژوهش حاضر جلیل‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) و El-Serafy (۲۰۱۹) گزارش کردند به‌ترتیب کاربرد سیلیسیم و نانوسیلیسیم در گل شاخه‌بریدنی رز باعث افزایش میزان قند محلول شد. همچنین در پژوهش Thepkam و Ruamrungsri (۲۰۱۳) افزایش قندهایی از جمله گلوکز و فروکتوز در گل ارکیده در اثر تیمار سیلیسیم بیان شده است.

فلاونوئید برگ و گلبرگ: نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد هیچ یک از اثرات اصلی سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم و همچنین اثر متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر میزان فلاونوئید برگ از لحاظ آماری معنی‌دار نشد (جدول ۱).

نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم و همچنین اثر متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر میزان فلاونوئید گلبرگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). براساس

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]



شکل ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر میزان فلاونوئید گلبرگ رز رقم Dolce Vita. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

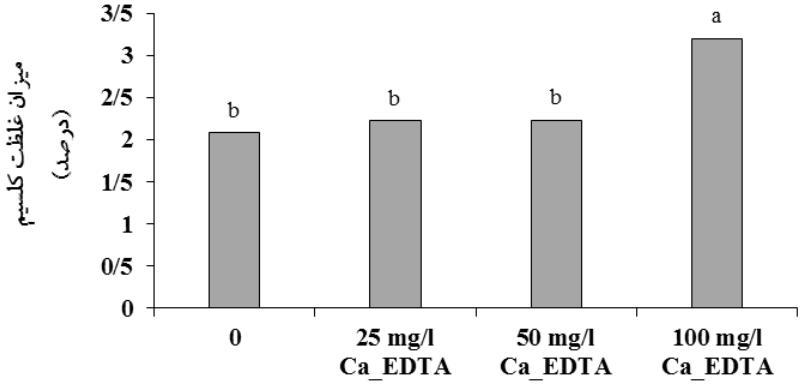
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که کاربرد سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم منجر به افزایش میزان فلاونوئید گلبرگ گردید اما غلظت‌های مختلف سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند و تنها کاربرد غلظت‌های ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم و همچنین غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم تنها توانست اختلاف معنی‌داری با گیاه شاهد ایجاد کند (شکل ۸).

براساس نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر، کاربرد سیلیکات کلسیم منجر به افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان فلاونوئید گلبرگ گردید. ترکیبات فنلی از قبیل فلاونوئیدها علاوه بر اینکه بطور مستقیم به عنوان بخشی از سیستم آنتی‌اکسیدانی محسوب می‌شوند، از طریق تغییر در بیان ژن‌ها و فعالیت پروتئین‌ها بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز مؤثر هستند (Aldesuquy *et al.*, 2018). در مطالعه محمدی تازه‌کند و همکاران (۱۴۰۱) تیمار سیلیسیم محرک بیوسنتز فلاونوئید و فنل در گیاه کاهو تحت کشت بدون خاک گزارش شد. Mirzaee Esgandian و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند، کاربرد نانوکلات کلسیم در غلظت ۳ گرم در لیتر روی گل شاخه بریدنی ژربرا منجر به افزایش میزان ترکیبات فنلی می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. عنصر کلسیم افزایش دهنده کلسیم سیتوزولی است و در نتیجه منجربه افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز می‌شود (Aghdam *et al.*, 2019). بیوسنتز ترکیب‌های فنلی گیاه از مسیر شیکمیک اسید آغاز می‌شود و مهم‌ترین آنزیم بیوسنتز این ترکیبات، فنیل‌آلانین آمونیالیاز است (صمدی و همکاران، ۱۳۹۳).

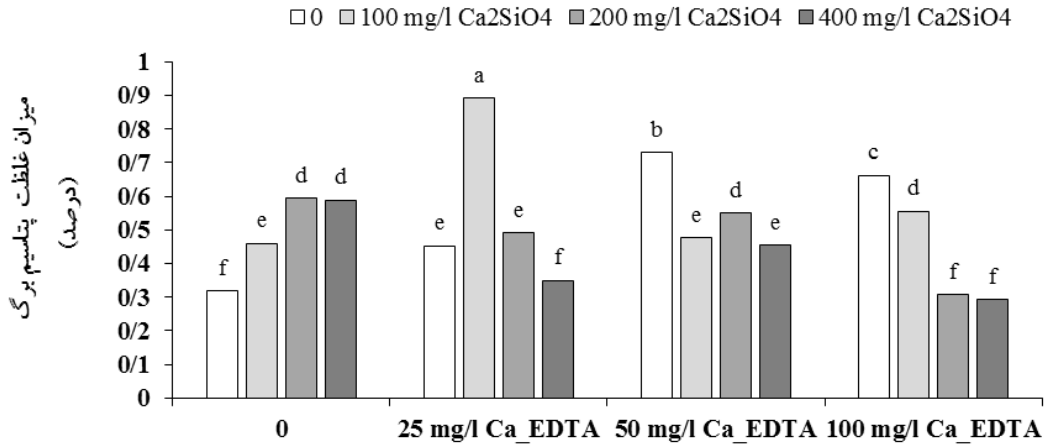
میزان عناصر برگی، ۱- کلسیم: نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فقط اثر اصلی کلات کلسیم بر میزان کلسیم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید اما اثر اصلی سیلیکات کلسیم و همچنین اثر متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر میزان عنصر کلسیم از لحاظ آماری معنی‌دار نگردید (جدول ۱). نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد تنها غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم با سایر غلظت‌ها و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت و میزان کلسیم در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر ۳/۲ درصد بود که افزایش ۵۳/۸۴ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (شکل ۹).

۲- پتاسیم: نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی کلات‌کلسیم و همچنین اثر متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر میزان پتاسیم برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد اما اثر اصلی سیلیکات کلسیم بر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر اصلی کلات کلسیم بر میزان کلسیم برگ در رز رقم Dolce Vita. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

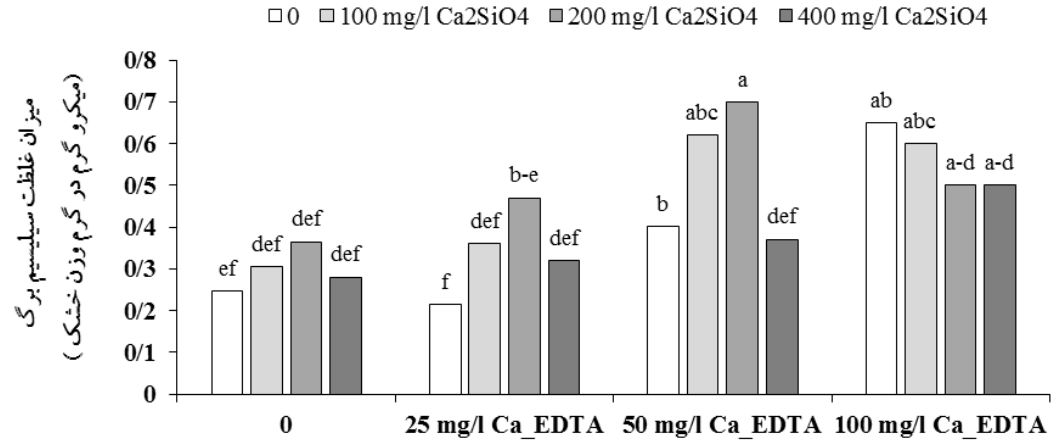


شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر جذب عنصر پتاسیم رز رقم Dolce Vita. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

میزان عنصر پتاسیم از لحاظ آماری معنی‌دار نگردید (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد توأم سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم به‌طور تقریبی منجر به ایجاد روندی افزایشی در میزان پتاسیم گردید. اگرچه با افزایش غلظت کلات کلسیم روند جذب پتاسیم کاهش یافت و همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود بیشترین میزان پتاسیم (۰/۸۹۱ درصد) در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم مشاهده شد و تیمارهای شاهد، غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و غلظت‌های ۲۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم دارای کمترین میزان عنصر پتاسیم بودند.

۳- سیلیسیم: نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم و همچنین اثر متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر میزان سیلیسیم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). همان‌طور که شکل ۱۱ نشان می‌دهد کاربرد توأم سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم به‌طور تقریبی منجر به افزایش میزان سیلیسیم شد و غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم دارای بیشترین میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم بر جذب عنصر سیلیسیم رز رقم Dolce Vita. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

سیلیسیم (۶۹۹/ میکروگرم در گرم وزن خشک) بود. بین اکثر تیمارها از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و کمترین میزان سیلیسیم در تیمار بدون کاربرد سیلیکات کلسیم و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم مشاهده شد هر چند که با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت.

در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود که کاربرد سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم در میزان جذب پتاسیم روندی افزایشی ایجاد کرده است. کاربرد عنصر سیلیسیم به‌طور عمده منجر به افزایش مواد غذایی از جمله عنصر پتاسیم می‌شود (Hernandez-Apaolaza *et al.*, 2014). در طی پژوهش‌های بسیاری مستند شده است که کاربرد عنصر سیلیسیم به دلیل نقش واسطه‌ایی که در تجمع میزان پتاسیم در آوندهای چوبی دارد و منجر به کاهش سطح آبی گیاه در شرایط کمبود پتاسیم می‌شود. افزایش جذب عنصر پتاسیم در اثر کاربرد منابع حاوی عنصر سیلیسیم در گیاهان می‌تواند به دلیل تأثیر سیلیسیم در تجمع میزان ماده خشک در گیاهان باشد (Chen *et al.*, 2016). البته لازم به ذکر است که تأثیر مثبت سیلیسیم بر جذب پتاسیم بستگی به منبع مورد استفاده دارد. همان‌طور که شکل ۱۰ نشان می‌دهد کاربرد سیلیسیم اگرچه منجر به افزایش جذب پتاسیم گردید، اما احتمال دارد که میزان جذب تحت تأثیر عنصر کلسیم قرار گرفته باشد زیرا در اکثر تیمارها افزایش جذب پتاسیم در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبوده است، و به نظر می‌رسد که غلظت زیاد کلسیم بخاطر واکنش رقابتی با سایر عناصر غذایی (پتاسیم) باشد. همزمان با افزایش غلظت سیلیسیم میزان جذب پتاسیم روندی افزایشی نشان می‌دهد که می‌تواند به دلیل تأثیر عنصر سیلیسیم بر افزایش فعالیت پمپ ATPase و در نتیجه بهبود عملکرد غشاء باشد که توانسته میزان جذب فعال پتاسیم را افزایش دهد (Liang *et al.*, 2007). مطابق نتایج پژوهش انجام‌شده، افزایش میزان پتاسیم در اثر کاربرد سیلیسیم در گل شاخه بریده ژربرا گزارش شد (Gunes *et al.*, 2008). محلول‌پاشی نانوذرات سلیسیم دی‌اکسید در غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش غلظت پتاسیم در گل ژربرا شد (Hajizadeh *et al.*, 2021). همچنین افزایش تجمع سیلیسیم و پتاسیم در اثر کاربرد سیلیسیم در گل آهار گزارش شده است (Tesfagiorgis and Laing, 2013) که نتایج پژوهش انجام‌شده نیز در همین راستا است.

در مطالعه انجام‌شده، همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، تنها کاربرد کلات کلسیم منجر به افزایش معنی‌داری در جذب میزان عنصر کلسیم شد. در این پژوهش، عنصر کلسیم به صورت کلاته در اختیار گیاهان تحت تیمار قرار گرفت. برخی از مواد آلی اغلب به‌عنوان عوامل کلات‌کننده در تولید کود عناصر کمیاب و متوسط استفاده می‌شوند که

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]

می‌توانند رشد گیاه را بهبود بخشند و کیفیت محصول را افزایش دهند (Tegeder, 2012; Wu *et al*., 2013). کود کلاته می‌تواند در ترکیب با سایر کودهای جامد یا مایع بدون واکنش شیمیایی استفاده شود و مزایای آشکاری نسبت به کودهای معدنی دارد. ممکن است در کودهای معدنی، مضرات اکولوژیکی ناشی از منابع خام، مواد اولیه و یا محصولات تجزیه‌کننده آن‌ها وجود داشته باشد که استفاده از کود کلاته این زیان‌ها را کاهش می‌دهد (Li *et al*., 2020). کودهای کلاته علاوه بر اینکه موجب افزایش دسترسی گیاه به مواد معدنی ریزمغذی می‌شوند، مانع از تثبیت عناصر معدنی ریزمغذی به ویژه در شرایط قلیایی خاک شده و باعث افزایش تحرک عناصر معدنی ریزمغذی در خاک می‌شوند. همچنین عامل کلاته مانع از آبشویی می‌شود و در نهایت باعث افزایش دسترسی گیاه به مواد معدنی ریزمغذی می‌شوند (سیلسپور، ۱۳۹۸). بنابراین افزایش غلظت عنصر کلسیم در اثر کاربرد فرم کلاته آن در پژوهش انجام‌شده قابل توجیه است.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی از نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که تیمار محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم سبب ایجاد تغییرات مورفو- فیزیولوژیکی در گل شاخه بریدنی رز رقم Dolce Vita گردید. کاربرد سیلیکات کلسیم و کلات کلسیم سبب افزایش وزن تر و خشک گل، میزان کلروفیل *a* و *b*، قند محلول برگ و گلبرگ، میزان فلاونوئید گلبرگ و افزایش جذب عناصر کلسیم، پتاسیم و سیلیسیم در برگ شد و کاربرد غلظت‌های ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیلیکات کلسیم و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات کلسیم بر افزایش این شاخص‌ها مؤثرتر بودند.

منابع

جلیل‌زاده، المیرا، جبارزاده، زهره، و نوروزی، پرویز (۱۳۹۷). تأثیر محلول‌پاشی با منابع و غلظت‌های مختلف سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه رُز رقم بِورلی واتسون. *مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*، ۹(۳)، ۶۵-۷۷. DOR: 20.1001.1.20089082.1397.9.3.7.1

بنت، ویلیام (۱۳۸۵). کمبود و سمیت عناصر غذایی در گیاهان زراعی. ترجمه خارا، جلیل. انتشارات مهد تمدن، اردبیل.

حسینی فرهی، مهدی، عشقی، سعید، کاوسی، بیژن، امیری فهلیانی، رضا، و دستیاران، مهدی (۱۳۹۲). تأثیر اسپرمیدین و سولفات کلسیم بر ویژگی‌های کمی، کیفی و عمر پس از برداشت ورد (*Rosa hybrida* cv. Dolcvita) در سیستم هیدروپونیک. *مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*، (۴)۲، ۲۶-۱۵. DOR: 20.1001.1.20089082.1392.4.2.2.9

خوشگفتارمنش، امیرحسین (۱۳۹۴). مبانی تغذیه گیاه. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

دستیاران، مهدی، و حسینی فرهی، مهدی (۱۳۹۳). اثر اسید هیومیک و پوترسین بر ویژگی‌های رویشی و عمر گل جایی گل رز در سیستم کشت بدون خاک. *مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*، ۵(۲۰)، ۲۵۳-۲۴۳. DOR: 20.1001.1.20089082.1393.5.4.20.8

سیلسپور، محسن (۱۳۹۸). بررسی علل و عوامل کمبود آهن و ارائه راهکارهای اجرایی رفع کمبود آن در درختان میوه و محصولات گلخانه‌ای. انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج.

صمدی، صغری، قاسم‌نژاد، عظیم، و علیزاده، مهدی (۱۳۹۳). تغییر فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز (PAL) کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.) تحت تأثیر متیل جاسمونات و سالیسیلیک اسید در شرایط درون شیشه‌ای. *مجله پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۴، ۱۳۸- ۱۴۸. DOR: 20.1001.1.23222050.1393.21.4.8.4

طباطبایی، جلال (۱۳۹۳). اصول تغذیه معدنی گیاهان. انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]

عباسی، جعفر، حسن‌پور اصیل، معظم، و الفتی، جمال‌علی (۱۳۹۸). بهبود برخی صفات رشدی گل ژربرا (*Gerbera jamesonii*) با استفاده از تغذیه معدنی در مراحل مختلف رشد گیاه در شرایط تنش شوری. *مجله علوم باغبانی ایران*، ۵۰(۴)، ۸۷۸-۸۶۵. DOR: 20.1001.1.2008482.1398.50.4.10.3

علی‌پور، سجاد، نصیبی، فاطمه، و فرهمند، همایون (۱۳۹۳). بررسی اثر غلظت‌های متفاوت سدیم نیتروپروساید (SNP) بر صفات فیزیولوژکی و افزایش عمر گلجایی گل شاخه بریده مریم (*Polianthes tuberosa* L.). *مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)*، ۲۷، ۹۱۴-۹۰۴. DOR: 20.1001.1.23832592.1393.27.5.14.0

پاولس، جی‌ام، وان رنست، اریک، ورلو، مارک، و ام‌وندو زِ، آنتونی (۱۳۹۹). آنالیز خاک و گیاه. ترجمه غازان‌شاهی، جواد. انتشارات آییژ، تهران.

کریمی، مهناز، حسن‌پور اصیل، معظم، سمیع‌زاده لاهیجی، حبیب‌اله، و تالش ساسانی، سهیلا (۱۳۸۷). تأثیر دما و تیمارهای مختلف شیمیایی جهت افزایش طول عمر گل‌های بریدنی لیلیوم رقم "Pisa". *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۴۳، ۹-۱. DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.43.1.9

محمدی تازه‌کند، فاطمه، قاسمی، کامران، و روستا، حمیدرضا (۱۴۰۱). تأثیر سیلیسیم بر کیفیت و کمیت کاهو پرک در کشت بدون خاک. *روابط خاک و گیاه*، ۱۳(۲)، ۵۳- ۶۵. DOR: 20.1001.1.27835014.1401.13.2.2.2

محمدی ترکاشوند، علی، و شیرغانی، فروغ (۱۳۹۴). اثر تعدیل شوری آب آبیاری بر رشد و عمر پس از برداشت گل ژربرا از طریق محلول‌پاشی کلرید کلسیم و سیلیکات پتاسیم. *علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*، ۶(۲۳)، ۱۳۵- ۱۴۹. DOR: 20.1001.1.20089082.1394.6.3.12.5

میرزایی اسگندیان، نازدار، جبارزاده، زهره، و رسولی صدقیانی، میرحسن (۱۳۹۸). بررسی برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و زیست‌شناسی و عمر گلجایی گل بریدنی ژربرا با کاربرد اسید هیومیک و نانوکلات کلسیم. *مجله علوم و فنون باغبانی ایران*، ۲۰(۲)، ۱۷۰-۱۵۷. DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.8.7

نظری، فرزاد (۱۳۹۸). اثر محلول‌پاشی برگی کلرید کلسیم و نانوکلات کلسیم بر ویژگی‌های رویشی، زایشی و عمر پس از برداشت گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.). *مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)*، ۳۲(۲)، ۱-۱۴. DOR: 20.1001.1.23832592.1398.32.2.18.3

Aghdam, M., HassanPour Asil, M., & Mousavi Mirkalaei, S. A. A. (2019). Effects of pre-harvest applications of different source of calcium on the cell wall fractions and stem bending disorder of gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) cultivar flowers. *Advances in Horticultural Science*, *33*(1), 57-65. https://doi.org/10.13128/ahs-23328

Aghdam, M. S., Ebrahimi, A., Sheykh-Asadi, M., & Naderi, R. (2021). Endogenous phytosulfokine α (PSKα) signaling delays petals senescence and prolongs vase life of cut rose flowers (*Rosa hybrida* cv. Angelina). *Scientia Horticulturae*, *289*, 110444. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110444

Aldesuquy, H. S., Elshafii, H. A., & Ghanem, H. E. (2018). Exogenous silicon ameliorates alkalinity stress in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) plants by up-regulating the membrane characteristics and antioxidant capacity defense. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *1*(1), 180002.

Balakhnina, T. & Borkowska, A. (2013). Effects of silicon on plant resistance to environmental stresses. *International Agrophysics*, *27*(2), 1-13. doi: 10.2478/v10247-012-0089-4

Bayat, H. & Aminifard, M. H. (2018). Effects of different preservative solutions on vase life of *Narcissus tazetta* cut flowers. *Journal of Ornamental Plants*, *8*(1), 13-21. https://journals.iau.ir/article_538642.html

Butt, S. J. (2003). A review on prolonging the vase life of roses. *Pakistan Rose Annual*, 49-53.

Chang, C. C., Yang, M. H, Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, *10*(3), 178-182. https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748

Chen, D., Cao, B., Wang, S., Liu, P., Deng, X., Yin, L., & Zhang, S. (2016). Silicon moderated the K deficiency improving the plant-water status in sorghum. *Scientific Reports*, *10*(6), 22-29. https://doi.org/10.1038/srep22882

Cornelis, J. T., Delvauz, B., Georg, R. B., Lucas, Y., Ranger, J., & Opfergelt, S. (2011). Tracing the origin of dissolved silicon transferred from various soil-plant systems towards rivers: A review. *Biogeosciences*, *8*, 89-112. DOI: 10.5194/bg-8-89-2011

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]

Elliott, E. & Snyder, G. H. (1991). Autoclave-induced digestion for the colorimetric of silicon in rice straw. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *39*(6), 1118-1119. https://doi.org/10.1021/jf00006a024

El-Serafy, R. S. (2019). Silica nanoparticles enhances physio-biochemical characters and postharvest quality of *Rosa hybrida* L. cut flowers. *Journal of Horticultural Research*, *27*(1), 47-54. DOI: 10.2478/johr-2019-0006

El-Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*, *45*, 215-225. https://doi.org/10.1007/s10725-005-4928-1

Fageria, N. K. (2009). The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC Press, Boca Raton. FL. USA.

Geerdinka, G. M., Orsia, B., Tezotto-Ulianab, J. V., Pessoaa, C. O., Fabiana F. Sasakic, C., & Kluge, A. R. (2020). Pre-harvest silicon treatment improves quality of cut rose stems and maintains postharvest vase life. *Journal of Plant Nutrition*, *43*(10), 1418-1426. https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1730894

Gunes, A., Kadioglu, Y. K., Pilbeam, D. J., Inal, A. Coban, S., & Aksu, A. (2008). Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, II: Essential and nonessential elements uptake determined by polarized energy dispersive X-ray fluorescence. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *39*(13-14), 1904-1927. https://doi.org/10.1080/00103620802134719

Haghighi, M., Nikbakht, A., Xia, Y. P., & Pessarakli, M. (2014). Influence of humic acid in diluted nutrient solution on growth, nutrient efficiency, and postharvest attributes of gerbera. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *45*(2), 177-188. https://doi.org/10.1080/00103624.2013.848885

Hajizadeh, H. S., Asadi, M., Zahedi, S. M., Hamzehpour, N., Rasouli, F., Helvacı, M., & Alas, T. (2021). Silicon dioxide-nanoparticle nutrition mitigates salinity in gerbera by modulating ion accumulation and antioxidants. *Folia Horticulturae*, *33*(1), 91-105. https://doi.org/10.2478/fhort-2021-0007

Halevy, A. H., Torre, S., Borochov, A., Porat, R., Philosoph-Hadas, S., Meir, S., & Friedman, H. (2001). Calcium in regulation of postharvest life of flowers. *Acta Horticulturae*, *543*, 345-351. DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.543.42

Helper, P. K. (2005). Calcium a central regulator of plant growth and development. *The Plant Cell*, 17(8), 2142-2155. https://doi.org/10.1105/tpc.105.032508

Henriet, C., Draye, X., Oppitz, L., Swenn, R., & Delvaux, B. (2006). Effects, distribution and uptake of silicon in banana under controlled condition. *Plant and Soil*, *287*, 359-374. https://doi.org/10.1007/s11104-006-9085-4

Hernandez-Apaolaza, L. (2014). Can silicon partially alleviate micronutrient deficiency in plants? A review. *Planta*, *240*, 447-458. https://doi.org/10.1007/s00425-014-2119-x

Hodson, M. J. & Sangster, A. G. (2002). Silicon and abiotic stress. In: Second Silicon in Agriculture Conference. (ed. Matoh, T.) Pp. 99-104. Press-Net, Kyoto, Japan.

Irigoyen, J. J., Emerich, D. W., & Sanchez- Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, *84*(1), 55-60. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1992.tb08764.x

Jing, W. X., Danshjeng, Ch., Nianghui, Li., Jingming, W., & Youxiong, D. (2004). Effect of calcium chloride on preservation of cut flowers of *Gerbera hybrida*. *Acta Botanica Yunnanica*, *26*, 345-348.

Kamiab, F., Shahmoradzadeh Fahreji, S., & Zamani Bahramabadi, E. (2017). Antimicrobial and physiological effects of silver and silicon nanoparticles on vase life of lisianthus (*Eustoma grandiflora* cv. Echo) flowers. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, *4*(1), 135-144. https://doi.org/10.22059/ijhst.2017.228657.180

Li, P., Geng, C., Li, L., Li, Y., Li, T., Wei, Q., & Yan, D. (2020). Calcium-sorbitol chelating technology and application in potatoes. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, *16* (1), 96-102. https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2020.96.102

Liang, Y., Sun, W., Zhu, Y., & Christie, P. (2007). Mechanisms of silicon– mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: A review. *Environmental Pollution*, *147*(2), 422-428. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.06.008

Liao, W. B., Zhang, M. L., & Yu, J. H. (2012). Role of nitric oxide in delaying senescence of cut rose flower and its interaction with ethylene. *Scientia Horticulturae*, *155*, 30-38. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.03.005

Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, *148*, 350-382. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1

Milani, M., Pradella, E. M., Heintze, W., Schafer, G., & Bender, R. J. (2019). The effects of supplemental nitrogen and calcium on the quality and postharvest life of cut gerbera. *Ornamental Horticulture*, *25*(4), 365-373. DOI: 10.1590/2447-536x.v25i4.2028

Mirzaee Esgandian, N., Jabbarzadeh, Z., & Rasouli Sadaghiani, M. H. (2020). Investigation on some morphological and physiological characteristics *of Gerbera jamesonii* as affected by humic acid and nano-calcium chelate in hydroponic culture conditions. *Journal of Ornamental Plants*, *10*(1), 1-13. DOR: 20.1001.1.22516433.2020.10.1.1.1

Mizukoshi, K., Nishiwaki, T., Ohtake, N., Minagawa, R., Kobayashi, K., Ikarashi, T., & Ohyama, T. (1994). Determination of tungstate concentration in plant materials by HNO_3-$HClO_4$ digestion and colorimetric method using thiocyanate. *Bulletin of the Faculty of Agriculture-Niigata University*, *46*, 51-56.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]

Moallaye Mazraei, S., Chehrazi, M., & Khaleghi, E. (2020). The effect of calcium nanochelate on morphological, physiological, biochemical characteristics and vase life of three cultivars of gerbera under hydroponic system. *Plant Productions*, *43*(1), 53-66. https://doi.org/10.22055/ppd.2019.25085.1574

Nakata, Y., Ueno, M., Kihara, J., Ichii, M., Taketa, S., & Arase, S. (2008). Rice blast disease and susceptibility to pests in a silicon uptake deficient mutant. *Crop Protection*, 27(3-5), 865-868. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.08.016

Ruamrungsri, S. & Inkham, C. (2017). Effect of calcium nitrate addition on growth and bulb quality of *Hippeastrum*. *Acta Horticulturae*, *54*(1167), 375-380. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1167.54

Ryan, J., Estefan, G., & Rashid, A. (2001). Soil and Plant Analysis: Laboratory Manual. 2nd Ed. Beirut, Lebanon.

Savvas, D. & Ntatsi, G. (2015). Biostimulant activity of silicon in horticulture. *Scientia Horticulturae*, *196*, 66-81. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.010

Seyed Hajizadeh, H., Mostofi, Y., Razavi, K., Zamani, Z., & Mousavi, A. (2014). Gene expression in opening and senescing petals of rose (*Rosa hybrida* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, *36*, 199-206. https://doi.org/10.1007/s11738-013-1400-0

Tan, W., Meng, Q.W., Brestic, M., Olsovska, K., & Yang, X. (2011). Photosynthesis is improved by exogenous calcium in heat-stressed tobacco plants. *Journal of Plant Physiology*, *168*(17), 2063-2071. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2011.06.009

Tegeder, M. (2012). Transporters for amino acids in plant cells: Some functions and many unknowns. Current *Opinion in Plant Biology*, *15*(3), 315-321. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2012.02.001

Tesfagiorgis, H. B. & Laing, M. D. (2013). The effects of silicon level in nutrient solution on the uptake and distribution of silicon in zucchini and zinnia, and its interaction with the uptake of selected elements. *African Journal of Biotechnology*, *12*(14), 1617-1623. DOI: 10.5897/AJB2012.3038

Thepkam, S. & Ruamrungsri, S. (2013). Effects of calcium silicate on growth and development of Phalaenopsis hybrid. International Graduate Research Conference, Chiang Mai, Thailand.

Tripathi, P., Subedi, S., Khan, A. L., Chung, Y. S., & Kim, Y. (2021). Silicon effects on the root system of diverse crop species using root phenotyping technology. *Plants*, *10*(5), 885. https://doi.org/10.3390/plants10050885

Wu, W. Q., Liu, Y., Li, P., Zhao, Y., & Mou, G. X. (2013). Effects of sugar alcohol complex calcium on eggplant growth, yield and quality. *China Vegetables*, *1*(24), 46-48. https://www.cnveg.org/EN/Y2013/V1/I24/46

Yang, B. Z., Liu, Z. B., & Zhou, S. D. (2016). Exogenous Ca^{2+} alleviates waterlogging-caused damages to pepper. *Photosynthetica*, 54, 620-629. https://doi.org/10.1007/s11099-016-0200-3

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]

Effects of pre-harvest application of calcium silicate and calcium chelate on some morpho-physiolocal parameters of cut rose (*Rosa hybrida*) cv. Dolce Vita

Laden Mobaraki, Javad Rezapour Fard *, Parviz Norouzi

Horticultural Science Department, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
(Received: 2022/05/27, Accepted: 2023/05/30)

Abstract

In order to evaluate the pre-harvest application of calcium silicate and calcium chelate effects on some morpho-physiological characteristics of 'Dolce Vita' cut rose in the post-harvest stage, a factorial study was conducted based on a completely randomized design with 3 replications under hydroponic cultivation in a commercial greenhouse. Application of calcium silicate at concentrations of 100, 100, 200 and 400 $mg.L^{-1}$ and calcium chelate at concentrations of 0, 25, 50 and 100 $mg.L^{-1}$ in the pre-harvest stage was done by foliar spraying once a week for a month. In this study, morphological (fresh and dry weight of shoots) and physiological indices (chlorophyll *a* and *b*, leaves and petals flavonoids, total soluble sugar contents and calcium, silicon and potassium contents of leaves) were measured. The results showed that the application of 100 mg/l of calcium chelate and 200 mg/l of calcium silicate increased the fresh weight and dry weight of flowers (by 2.88 and 3.09 times, respectively), chlorophyll *a* content (91.85 percent), and the amount of soluble sugar in leaves and petals (2.27 and 1.5 times, respectively) compared to the control. The application of calcium chelate and calcium silicate at concentrations of 400 $mg.L^{-1}$ and 100 $mg.L^{-1}$ respectively, caused the highest amount of chlorophyll *b* (95.9 $mg.g^{-1}$ of fresh weight) and the longest vase life (6.33 days increase compared to the control). The highest amount of petal flavonoid (1.02 $mg.g^{-1}$ of fresh weight) was recorded in the concentrations of 100 $mg.L^{-1}$ of calcium chelate and 200 $mg.L^{-1}$ of calcium silicate, which was not significantly different from the other treatments except the control. Leaf calcium content was only affected by 100 $mg.L^{-1}$ calcium chelate (53.84% increase compared to the control). The highest concentration of leaf potassium in the treatment of 100 $mg.L^{-1}$ of calcium silicate and 25 $mg.L^{-1}$ of calcium chelate (75.23% increase) and the highest concentration of leaf silicon in the treatment of 200 $mg.L^{-1}$ calcium silicate and 50 $mg.L^{-1}$ of calcium chelate (an increase of 1.03-fold compared to the control) were recorded. The results showed that the application of calcium chelate and calcium silicate at concentrations of 100 $mg.L^{-1}$ and 200 $mg.L^{-1}$, respectively, were more effective in improving the postharvest properties of rose cut flowers. In general, it can be stated that the combined application of calcium silicate and calcium chelate in the pre-harvest stage could improve the postharvest quality of 'Dolce Vita' rose flowers.

Keywords: Chelate, Cut flowers, Postharvest, Nutrition, Vase life

Corresponding author, Email: j.rezapourfard@urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-03-03]