Plant Production and Genetics
Vol. 5, No. 2, Autumn & Winter 2024, p. 271-286
DOI: 10.22034/plant.2024.141925.1121

تولید و ژنتیک گیاهی
جلد ۵، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۳، صفحه ۲۸۶-۲۷۱
مقاله پژوهشی

اثر محلول‌پاشی منابع مختلف کلسیم بر صفات رشدی و عناصر غذایی گل رز رقم سامورایی

سعید خسروی [۱]، علی تهرانی فر*[۲]، یحیی سلاح ورزی[۳]، امیرحسین خوش گفتارمنش [۴]، لیلا چهل تنان [۱]

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲. استاد، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳. استادیار، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۴. استاد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۷

چکیده

گل رز به دلیل لطافت و عمر گلجایی کم نیازمند مراقبت ویژه است، اما استفاده از کلسیم می‌تواند به بهبود رشد، کیفیت و ماندگاری آن کمک کند. این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با هدف بررسی تأثیر سه منبع کلسیم (آب مقطر به عنوان شاهد، سیلیکات کلسیم، و آمینوکلات کلسیم) با غلظت ۱۶۰ پی پی ام بر رشد و کیفیت گل رز رقم 'سامورایی' در بستر هیدروپونیک طراحی و اجرا شد. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی با سیلیکات کلسیم و آمینوکلات کلسیم صفات رشدی از جمله قطر ساقه، وزن تر ساقه، قطر گل، تعداد گل و سطح برگ را نسبت به شاهد بهبود داد. سیلیکات کلسیم و آمینوکلات کلسیم سرعت فتوسنتز را به ترتیب ۳۶/۹۴ و ۳۰/۷۸ درصدافزایش دادند. بیشترین میزان آنتوسیانین (۸/۳۹) در تیمار آمینوکلات کلسیم مشاهده شد، و غلظت کلسیم برگ و گلبرگ در تیمار سیلیکات کلسیم به ترتیب ۴۷/۹۱ و ۵۱/۶۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. آمینوکلات کلسیم نیز باعث افزایش ۴۷/۸۶ درصدی غلظت کلسیم ریشه و ۳/۳ روز افزایش عمر گلجایی نسبت به شاهد شد. علاوه بر این، سیلیکات کلسیم غلظت آهن را ۱۱/۳۴ درصد، منگنز را ۹۱/۷۴ درصد و نیتروژن برگ را ۵/۸۸ درصد افزایش داد، در حالی که آمینوکلات کلسیم غلظت مس برگ و ریشه را به ترتیب ۴ و ۲۵/۴۱ درصد، فسفر برگ را ۲۵/۹۰ درصد و پتاسیم ریشه را ۷۴/۸۴ درصد افزایش داد. این نتایج نقش مهم کلسیم، به‌ویژه آمینوکلات کلسیم، را در بهبود جذب عناصر غذایی و افزایش رشد و کیفیت گل‌های رز نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آمینوکلات کلسیم، سیلیکات کلسیم، عمر گلجایی، فتوسنتز

*ایمیل نویسنده مسئول: tehranifar@um.ac.ir

مقدمه

گل رز (*Rosa hybrida* L.) از محبوب‌ترین گل‌های جهان است که برای مصارف مختلفی از جمله تزیین باغ و گل شاخه بریده استفاده می‌شود. گل رز همواره ارزش نمادین بالا و اهمیت فرهنگی زیادی در جوامع مختلف داشته است (Bendahmane *et al*., 2013). گل‌های شاخه بریده با عمر گلجایی کم و لطیف هستند و برای ماندگاری طولانی نیاز به مراقبت دارند (Verdonk *et al*., 2023).

افزایش عملکرد و کیفیت گل رز از اهداف اصلی تولیدکنندگان می‌باشد. در میان تمام عناصر پرمصرف موجود در محلول‌های غذایی، کلسیم نقش مهمی در بهبود رشد (Halevy *et al*., 2001) و حفظ کیفیت گل‌های شاخه بریده ایفا می‌کند (Abdolmaleki *et al*., 2015). کلسیم یک درشت مغذی ضروری برای رشد و نمو گیاه است که به عنوان یک پیام‌رسان مهم درون سلولی، رابط پاسخ‌دهی به هورمون‌ها، تنش و فرآیندهای رشد می‌باشد (Youssef *et al*., 2017). کلسیم با افزایش سطح برگ، سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای، کیفیت و عملکرد محصول را بهبود می‌بخشد (Nayyar & Kaushal, 2002). مشخص شده است که تیمار کلسیم قبل از برداشت، باعث افزایش عمر گلجایی گل‌های رز می‌شود (Abdolmaleki *et al*., 2015; Torre *et al*., 1999). همچنین، یون‌های کلسیم به دلیل برهمکنش با گروه‌های کربوکسیل آزاد اسیدهای گالاکترونیک در لایه میانی و پکتین، دیواره‌های سلولی را مستحکم‌تر می‌کنند و بهتر می‌توانند از تخریب ناشی از آنزیم‌ها جلوگیری کنند (White & Broadley, 2003). البته واکنش گیاهان به مصرف کلسیم قبل از برداشت بستگی به عوامل گوناگونی مانند گونه، منبع کود، غلظت و دفعات کاربرد و همچنین مرحله رشد گیاه دارد (Youssef *et al*., 2017). براساس پژوهش‌های پیشین افزایش غلظت کلسیم در محلول از ۰/۵ به ۵/۰ میلی‌مول بر لیتر با افزایش غلظت کلسیم در اندام‌های گل سبب کاهش حساسیت به *Botrytis cinerea* و در نتیجه بهبود کیفیت گل رز شد (Bar-Tal *et al*., 2001).

با این حال، کلسیم به عنوان یک عنصر غیر متحرک در نظر گرفته می‌شود و گیاهان برای رشد قوی برگ و ریشه نیاز به تامین دائمی کلسیم دارند (Amor & Marcelis, 2003). کلسیم به دلیل اینکه جزء غشا سلولی است سبب کاهش آسیب غشایی می‌شود، همچنین به دلیل نقش آن در القای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سبب کاهش سطوح رادیکال‌های آزاد اکسیژن ROS (Reactive Oxygen Species) می‌شود (Sairam *et al*., 2011). در شرایط کمبود یک عنصر غذایی خاص، رشد و نمو گیاهان بهبود نمی‌یابد، حتی اگر سایر عناصر غذایی به مقدار کافی فراهم شوند (Niu *et al*., 2021). کلسیم برای حفظ کیفیت گل‌های بریدنی حیاتی است و کمبود آن باعث کاهش کیفیت محصول می‌شود. با این حال، در سیستم‌های کشاورزی، برای مقابله با کمبود کلسیم استراتژی‌های مختلفی استفاده می‌شود. به عنوان مثال کاربرد کودهای کلسیمی به صورت محلول‌پاشی، به طور موثر غلظت کلسیم را در گلبرگ‌های گل افزایش می‌دهد، در حالی که کاربردهای کوددهی ریشه نمی‌توانند کلسیم کافی را به این بافت‌های کم تعرق برساند (Bennett *et al*., 2020). در اصل کلسیم از طریق آوند چوبی و به کمک جریان تعرق به قسمت‌های هوایی گیاه منتقل می‌شود (Bauer *et al*., 2011). با تامین مواد مغذی از طریق محلول‌پاشی، گیاهان می‌توانند به سرعت مواد غذایی را از بافت‌های برگ جذب کنند. به عبارتی دیگر، محلول‌پاشی جایگزینی برای مدیریت تغذیه است که عمدتاً به عنوان مکمل غذایی در گیاهان استفاده می‌شود (Fageria *et al*., 2009). البته نتایج مربوط به کارایی محلول‌پاشی کلسیم بحث برانگیز است زیرا کارایی آن به منبع کلسیم، غلظت مصرفی و گیاه مورد بررسی بستگی دارد (Youssef *et al*., 2017). از این جهت منابع مختلفی جهت تامین کلسیم به صورت محلول‌پاشی عرضه شده است بنابراین تعیین مناسب‌ترین منبع برای افزایش عمکلرد و کیفیت گل رز ضروری است. به عنوان مثال محلول‌پاشی کلرید کلسیم بر روی گل رز کارآمدتر از کلات کلسیم و کلسیم اکساید بود (Almeida *et al*., 2016). همچنین Bennett و همکاران(۲۰۲۰) اثر شش منبع کلسیم شامل کلرید کلسیم آزمایشگاهی، کلرید کلسیم صنعتی، نیترات کلسیم، کلات اسید اتیلن دی آمین تتراستیک کلسیم، کلات اسید آمینه کلسیم و سیلیکات کلسیم را برای کنترل *Botrytis cinerea* بر روی گل‌های اطلسی ارزیابی کردند که نتایج نشان داد، کلرید کلسیم موثرترین منبع کلسیم برای کاهش آلودگی بوتریتیس است. نیترات کلسیم

و سیلیکات کلسیم از منابع رایج تامین کلسیم هستند که در پیش از برداشت محلول‌پاشی می‌شوند و اثر مثبت آنها بر بهبود ارتفاع، عملکرد گیاهان (Seifu & Deneke, 2017)، کاهش تولید اتیلن و افزایش عمر پس از برداشت گزارش شده است (Aghdam *et al*., 2012). علاوه بر این یکی از اشکالی که امروزه جهت تامین عناصر غذایی در گیاهان استفاده می‌شود کلات‌های فلزی می‌باشد.

در دهه‌های گذشته، انواع کلات‌های مختلف برای کشاورزی، توسعه یافته‌اند. در این بین آمینوکلات‌ها، به عنوان فرمول‌های جدید کودها، اشکال طبیعی‌تر و ایمن‌تری از عوامل کلات‌کننده با راندمان بالا و بدون عوارض زیست محیطی می‌باشند (Souri & Hatamian, 2019). اسیدهای آمینه، جذب مواد مغذی مانند کلسیم و کاتیون‌های فلزی توسط ریشه را بهبود می‌بخشند (Souri, 2016).

گرچه تاکنون چندین منبع کلسیم برای بهبود کیفیت محصولات زینتی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند، اما تحقیقات کمتری برای بررسی اینکه کدام منبع کلسیم برای گل رز بهترین عملکرد را دارد انجام شده است. به دلیل کمبود اطلاعات در این زمینه، این تحقیق با هدف مقایسه تأثیر اشکال مختلف کلسیم در تامین کلسیم و بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گل رز انجام شده است. همچنین، با توجه به این که محلول پاشی کلسیم نسبت به کوددهی کلسیم بهتر عمل می‌کند، این عامل نیز در تحقیقات ما مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه گیاهان زینتی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح کاملا″ تصادفی در چهار تکرار و هر تکرار شامل شش مشاهده اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل محلول‌پاشی سه سطح کلسیم: ۱. آب مقطر(شاهد) ۲. سیلیکات کلسیم (Ca_2SiO_4) تهیه شده از شرکت پرتونار با نام تجاری Sun Light ، ۳. آمینوکلات کلسیم کلات شده با اسیدآمینه گلایسین ($Ca(Glys)_2$) تهیه شده از شرکت دانش‌بنیان زیست‌فناوران نوین قم با نام تجاری Arsham ، بود. گل رز پیوندی رقم سامورایی تهیه و در بستر هیدروپونیک ۱۰۰٪ پرلیت (۳-۵ میلی‌متر) کشت شدند. محلول غذایی پایه هوگلند مطابق با (جدول۱) تهیه شد (Hothem *et al*., 2018). به مدت ۳۰ روز برای اطمینان از استقرار اولیه، رشد یکنواخت و عدم تجمع عناصر غذایی در بستر کشت گیاهان استفاده شد. بعد از گذشت ۳۰ روز بوته ها خم شدند و اعمال تیمارها انجام شد و کلسیم با غلظت ۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر، با توجه به غلظت نهایی عنصر پیشنهاد شده فرمول غذایی هوگلند (جدول۱) از منابع کودی سیلیکات کلسیم و آمینو کلات کلسیم به صورت هفتگی روی بوته‌های گل رز محلول‌پاشی می‌شد.

قبل از برداشت گل اندازه‌گیری سرعت فتوسنتز و تعرق انجام شد و همچنین نمونه برگ و گلبرگ برای تعیین غلظت آنتوسیانین گلبرگ، عناصر پرمصرف و کم‌مصرف بلافاصله در زمان برداشت گل از گیاه تهیه شد و پس از شکوفایی گل‌ها، در زمانی که کاسبرگ‌ها به سمت پایین خم شده و گل به شکل استوانه‌ای تغییر می‌یافت، برداشت انجام می‌گرفت و پارامترهای رشدی اندازه گیری می‌شد. و در پایان اندازه‌گیری وزن تر و خشک ریشه و شاخساره محاسبه گردید. بررسی صفات به مدت ۴ ماه انجام گرفت و میانگین آن‌ها ارائه گردید.

جدول ۱- برنامه غذایی مورد استفاده، تهیه شده طبق فرمولاسیون هوگلند.

	ترکیب کودی	غلظت محلول استوک (گرم در لیتر)	حجم محلول موجود در هر لیتر محلول نهایی(میلی‌لیتر)	عنصر	غلظت نهایی عنصر (میلی‌گرم در لیتر)
				نیتروژن	۲۲۴
عناصر پر مصرف	نیترات پتاسیم	۱۰۱/۱۰	۶	پتاسیم	۲۳۵
	نیترات کلسیم چهار آبه	۲۳۶/۱۶	۵	کلسیم	۱۶۰
	آمونیوم دی‌هیدروژن فسفات	۱۱۵/۰۸	۲	فسفر	۶۲
	سولفات منیزیوم هفت آبه	۲۴۶/۴۹	۱	گوگرد	۳۲
				منیزیوم	۲۴
عناصر کم مصرف	پتاسیم کلرید	۱/۸۶۴	۲	کلر	۱/۷۷
	بوریک اسید	۰/۷۷۳	۲	بور	۰/۲۷
	سولفات منگنز یک آبه	۰/۱۶۹	۲	منگنز	۰/۱۱
	سولفات روی هفت آبه	۰/۲۸۸	۲	روی	۰/۱۳
	سولفات مس پنج آبه	۰/۰۶۲	۲	مس	۰/۰۳
	مولیبدیک اسید	۰/۰۴۰	۲	مولیبدن	۰/۰۵
	(۱۰٪آهن)آهن کلاته	۳۰/۰	۱-۰/۳	آهن	۱-۳

پارامترهای رشدی شامل قطرگل و قطر ساقه با استفاده از کولیس دیجیتال و طول ساقه با استفاده از خط‌کش بلافاصله پس از برداشت اندازه‌گیری شد. تعداد شاخه گل به صورت مشاهده‌ای یادداشت و وزن شاخه تازه برداشت شده به کمک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم ثبت شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (WinArea_UT_10) ثبت شد.

عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف

اندازه‌گیری محتوای کلسیم، پتاسیم، فسفر، آهن، منگنز و مس در برگ‌ها و ریشه‌ها و همچنین میزان کلسیم گلبرگ اندازه‌گیری شد. برای اندازه گیری نیتروژن کل در برگ‌ها و ریشه‌ها از روش MicroKjeldahl استفاده شد (Kacar, 1994).

نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و به طور جداگانه آسیاب شده و از الک سایز ۴۰ مش عبور داده شدند. سپس پودرها در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴ ساعت خاکستر شدند. ۰/۱ گرم خاکستر در ۱۰ میلی لیتر اسید هیدروکلریک ۲ مولار(HCl) حل شد سپس از طریق کاغذ صافی فیلتر شد. عصاره با استفاده از آب مقطر تا ۱۰۰ میلی لیتر رقیق و به حجم رسانده شد و غلظت عناصر با استفاده از دستگاه طیف‌سنج انتشار پلاسما-اپتیکال جفت القایی (ICP-OES) (مدل ES-۷۳۰ ساخت Varian، استرالیا) اندازه‌گیری شد.

تعیین کیفیت پس از برداشت

در طی دوره پس از برداشت عمر گلجایی تعیین گردید. بدین منظور، انتهای ساقه‌های گل‌های شاخه بریده در زیر آب به طول ۲ سانتی‌متر بریده شد و برگ‌ها از ۱۰ سانتی‌متر پایین ساقه جدا شدند و در ظروف حاوی ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر نگهداری شدند. تعویض آب مقطر نیز هر ۲ روز یکبار انجام می‌گرفت. ظروف در دمای ۲ ± ۲۵ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و چرخه روشنایی/ تاریکی، ۱۶/ ۸ نگهداری شد.

عمر گلجایی

عمر گلجایی به عنوان دوره بین برداشت و نقطه‌ای که در آن بیش از نیمی از گلبرگ‌ها و برگ‌های گل شاخه بریده زرد یا خشک شده و ساقه خم می‌شود (گردن خمیده، یعنی ساقه خم می‌شود و زاویه گل از موقعیت عمودی ساقه بیشتر از 45° می‌شود) تعیین شد (Wei *et al.*, 2021).

سرعت فتوسنتز و تعرق

ویژگی‌های فتوسنتزی، از جمله سرعت فتوسنتز (میکرومول دی‌اکسید کربن بر متر مربع بر ثانیه) و تعرق

(میکرومول اکسید هیدروژن بر متر مربع بر ثانیه) با دستگاه فتوسنتز متر قابل حمل (Li-Cor، Li-3000، USA) تعیین شدند.

غلظت آنتوسیانین گلبرگ ها

میزان ۱ گرم گلبرگ گل تهیه و در ۱۰ میلی لیتر متانول سابیده و همگن شد. عصاره به مدت یک شب در دمای ۴ درجه سانتیگراد در تاریکی قرار گرفت. سپس نمونه‌ها در ۳۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. محتوای آنتوسیانین استخراج شده در طول موج ۵۵۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV106A) اندازه‌گیری شد (Wagner, 1979).

اندازه‌گیری وزن تر و خشک ریشه و شاخساره

پس از پایان آزمایش و خارج کردن بوته‌ها از بستر، قسمت ریشه از شاخساره جدا گردید. سپس ریشه‌ها به طور کامل شستشو شدند و شاخساره و ریشه به طور جداگانه با کمک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ توزین شدند سپس نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند و مجددا با ترازوی دیجیتال توزین شدند و نسبت وزن خشک به تر ریشه و شاخساره به کمک رابطه زیر به دست آمد.

رابطه ۱

$$\text{وزن خشک به تر شاخساره /ریشه} = \left(\frac{\text{وزن خشک شاخساره/ریشه}}{\text{وزن تر شاخساره/ریشه}}\right) \times ۱۰۰$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SAS (Ver 9.4) و مقایسه میانگین تیمارها توسط آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ و ترسیم نمودارها با نرم افزار EXCEL انجام گرفت.

نتایج و بحث

پارامترهای رشدی

طول ساقه یکی از معیارهای اصلی تعیین کیفیت گل‌های شاخه بریده است. استحکام ساقه باید به اندازه‌ای قوی باشد که وزن برگ‌ها و گل‌آذین را تحمل و به خوبی از آن‌ها حمایت کند (Seydmohammadi *et al*., 2020).

محلول پاشی با سیلیکات کلسیم و آمینوکلات کلسیم باعث افزایش معنی دار قطر ساقه به ترتیب ۱۵/۷۱ و ۷/۵۹ درصد نسبت به شاهد شدند البته بین تیمارهای سیلیکات کلسیم و آمینوکلات کلسیم از لحاظ آماری تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۲). محلول‌پاشی منابع مختلف کلسیم تاثیر معنی‌داری بر وزن تر ساقه گل نداشتند (جدول ۲). در همین راستا تیمار کلسیم نیز در افزایش وزن اولیه زرشک تاثیر معناداری ایجاد نکرد (Moradinezhad *et al*., 2018).

قطر گل افزایش معنی‌داری در تیمارهای محلول‌پاشی شده با منابع مختلف کلسیم نسبت به شاهد داشت بنحویکه تیمارهای سیلیکات کلسیم و آمینوکلات کلسیم به ترتیب سبب افزایش ۱۱/۳۵ و ۹/۸۳ درصدی قطر گل نسبت به شاهد شدند (جدول ۲). نتایج این پژوهش با مطالعات Mobaraki و همکاران (۲۰۲۳) مبنی بر تاثیر مثبت محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم بر بهبود قطر ساقه گل رز همخوانی دارد. کلسیم موجود در کلروپلاست، مسیر فتوسنتزی را که منبع اصلی تامین انرژی برای سلول‌های گیاهی است، تنظیم می‌کند (Wang *et al*., 2019). در نتیجه بهبود فتوسنتز در اثر تیمار سیلیکات کلسیم با تامین انرژی منجر به بهبود پارامترهای رشدی در گل رز می‌شود. در اصل کلسیم از یون‌های ضروری در تشکیل دوک میتوزی می‌باشد که به طور مستقیم بر فرآیند تقسیم سلولی تأثیر می‌گذارد (Hepler, 2005). در همین راستا تیمار گل‌های لیسیانتوس با منابع کلسیم باعث افزایش ۳۲/۳ درصدی قطر گل نسبت به تیمار شاهد شد (Seydmohammadi *et al*., 2020). به طور مشابه استفاده از کلات کلسیم در افزایش قطر گل در کنگر فرنگی موثرتر از نیترات کلسیم عمل کرد (Ismail *et al*., 2022). همچنین Saeedi و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشتند استفاده از آمینو کلات کلسیم می‌تواند جذب کلسیم را افزایش دهد و از این رو قطر گل و اندام هوایی را در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش دهد. در گل رز افزایش غلظت کلسیم از ۵ به ۷/۵ میلی مولار، سبب افزایش ۶ درصدی قطر ساقه شد (Shams *et al*., 2012). در طول مراحل رشد رزها، تیمارهای کلسیم سبب افزایش معنی دار قطر گل و قطر ساقه شاخساره شدند و رشد گل‌ها تحت تأثیر کلسیم قرار گرفته است زیرا کلسیم که برای رشد و تقسیم سلولی، ساختار و نفوذپذیری غشای سلولی، متابولیسم نیتروژن و جابه‌جایی کربوهیدرات در گیاهان مورد نیاز است (White, 2000). تحریک رشد گیاه با کاربرد سیلیکات کلسیم توسط Abdalla (۲۰۰۹) روی گل داوودی نیز گزارش شده است به گونه‌ای کاربرد سیلیکات کلسیم درغلظت ۵ گرم در هر گلدان سبب افزایش

۱۸/۴ درصدی قطر ساقه نسبت به شاهد شد. مطابق با مطالعه فعلی تیمار کلسیم سبب افزایش ۷ درصدی قطر گل در گل رز رقم ‘*Vendentta*’ شد (Banijamali *et al*., 2018). تعداد گل تحت تاثیر منبع کلسیم قرار نگرفت و تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت (جدول ۲). برخی از محققان افزایش تعداد گل را به سطوح بالاتر کلسیم نسبت می‌دهند (Mahajan & Pal 2020). با این حال، Banijamali و همکاران (۲۰۱۸) و Bar-Tal و همکاران (۲۰۰۱) عدم وجود رابطه معنی‌داری بین سطح کلسیم و تعداد گل را بیان کردند. با محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم و آمینوکلات کلسیم سطح برگ ۳۵/۸۳ و ۳۸/۶۸ درصد افزایش معنی دار پیدا کرد (جدول۲). در گل شیپوری، کاربرد کود کلسیم در غلظت ۰/۲ درصد سبب افزایش ۲۱/۶ درصدی سطح برگ نسبت به شاهد شد (Cho *et al*., 2013). محلول‌پاشی کاهو با منبع کلسیم در غلظت ۲۰ میلی‌مولار به طور معنی‌داری باعث افزایش متوسط سطح برگ شد (Youssef *et al*., 2017)، که با نتایج پژوهش حاضر همسو است. سطح برگ تاثیر مستقیمی بر تجمع زیست توده و عملکرد گیاه داشته زیرا امکان جذب بهتر انرژی تابشی را فراهم می‌کند و از این طریق سبب بهبود فتوسنتز (شکل۳ الف) و در نتیجه رشد و عملکرد گیاه می شود (Faroutine *et al*., 2023).

شکل۱- بوته‌های به گل رفته رز سامورایی

عمر گلجایی

گیاهان رز تیمار شده با کلسیم عمر گلجایی بیشتری نسبت به گیاهان شاهد نشان دادند و از لحاظ آماری تفاوت معنی دار ایجاد کردند. از بین تیمارهای مختلف آمینوکلات کلسیم بیشترین تاثیر را در افزایش عمر گلجایی داشت و این افزایش معنی دار و ۳/۳ روز بیشتر نسبت به گیاهان شاهد بود (جدول۲). همچنین سیلیکات کلسیم نیز در مقایسه با شاهد سبب افزایش معنی دار و ۲/۱ روز عمر گلجایی شد. استفاده از آمینوکلات کلسیم نسبت به سیلیکات کلسیم در به تعویق انداختن پیری در گل رز موثرتر بود (جدول۲). محلول‌پاشی آمینوکلات کلسیم سبب افزایش جذب کلسیم توسط برگ و گلبرگ‌های (شکل ۴ الف) رز شد و از این طریق توانست عمر گلجای بیشتری را در مقایسه با سایر تیمارها ثبت کند (جدول۲)، زیرا افزایش غلظت کلسیم در گل شاخه بریده رز با کاهش آسیب غشایی، کاهش تولید اتیلن و تاخیر در پیری مرتبط است (Torre *et al*., 1999). این نتایج با تحقیقات Abdolmaleki و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد که گزارش کردند تیمار قبل از برداشت منبع کلسیم، سبب کاهش آسیب به غشاهای سلولی در گل رز و افزایش ماندگاری آن‌ها می‌شود. در واقع می‌توان گفت که هر منبعی که بتواند به طور موثرتری غلظت کلسیم را افزایش دهد، می‌تواند نقش موثرتری در بهبود عمر پس از برداشت گل‌های رز داشته باشد. اثرات مفید کلسیم بر طول عمر پس از برداشت قبلاً در گل‌های شاخه بریده از جمله ژربرا و

گلایول گزارش داده شده است (Sairam *et al*., 2011, Aghdam *et al*., 2019). همچنین Aghdam و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی تاثیر منابع کلسیم قبل از برداشت روی گل شاخه بریده ژربرا نشان دادند که استفاده از کلسیم با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و لیگنین ساقه، منجر به بهبود عارضه خمیدگی ساقه شد. آن‌ها گزارش کردند که عمر گلجایی با استفاده از منبع کلسیم برای ارقام رزالین و اینتنس به ترتیب ۹/۶۲ و ۱۰/۳۷ روز افزایش یافت. تامین متعادل کلسیم در گل رز در طول فصل رشد، ماندگاری و عمر پس از برداشت آن را بهبود بخشید. به طور کلی، افزایش عمر پس از برداشت ارقام رز را می‌توان با اثر مفید کلسیم بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیک و مشارکت کلسیم در حذف ROS ها توصیف کرد.

شکل۲- قرارگیری گل‌ها در ظروف مخصوص جهت طی کردن عمر گلجایی

جدول ۲- اثر محلول‌پاشی با منابع مختلف کلسیم بر پارامتر های رشدی و عمر گلجایی رز رقم سامورایی

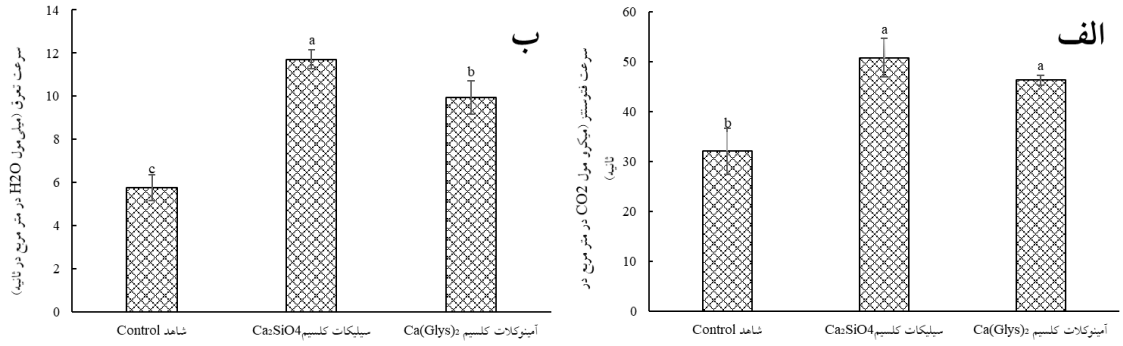
تیمار	عمر گلجایی (روز)	تعداد شاخه گل	قطر گل (میلی‌متر)	وزن تر ساقه گل (گرم)	قطر ساقه گل (میلی‌متر)	ارتفاع ساقه گل (سانتی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)
شاهد	۹/۰۹±۰/۱۴^{c}	۶/۹۰±۰/۳۲^{a}	۳۰/۴۳±۰/۸۰^{b}	۴۷/۸۸±۲/۲۸^{a}	۴/۹۲±۰/۱۳^{b}	۶۷/۰۱±۵/۱۷^{a}	۷۱۰/۳۰±۲۳/۳۷^{b}
سیلیکات کلسیم	۱۱/۱۴±۰/۳۶^{b}	۷/۲۵±۰/۶۱^{a}	۳۴/۳۳±۱/۰۱^{a}	۵۰/۸۲±۴/۶۳^{a}	۵/۸۴±۰/۴۲^{a}	۶۵/۸۱±۴/۶۳^{a}	۱۱۰۶/۹۴±۶۲/۱۰^{a}
آمینو کلات کلسیم(گلایسین)	۱۲/۴۱±۰/۹۹^{a}	۷/۶۴±۰/۲۳^{a}	۳۳/۷۵±۰/۸۷^{a}	۵۰/۹۰±۴/۴۷^{a}	۵/۳۳±۰/۲۱^{a}	۶۵/۱۱±۳/۴۰^{a}	۱۱۵۸/۴۳±۴۶/۷۵^{a}
LSD5%	۱/۱۳۴	۰/۹۲۲	۱/۶۵۰	۷/۱۷۸	۰/۵۱۷	۸/۲۴۳	۱۲۲/۳۱۴

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

سرعت فتوسنتز و تعرق

سرعت فتوسنتز افزایش معنی دار چشمگیری را تحت تیمار سیلیکات کلسیم و آمینوکلات کلسیم به همراه داشت که به ترتیب نسبت به شاهد افزایش ۳۶/۹۴ و ۳۰/۷۸ درصدی را نشان دادند (شکل۳ الف). مطالعات پیشین نقش کلسیم را در حفظ فتوسنتز با تعدیل تبادل گاز در برگ‌ها، فرآیندهای PSII و بیان ژن‌های مرتبط با سنتز کلروفیل بیان کرده‌اند (Zhang *et al*., 2020). افزایش فرآیند فتوسنتز با سطوح بالاتر CO_2 همراه است (Seydmohammadi *et al*., 2020). همچنین یکی از

عواملی که به طور غیرمستقیم مسئول تثبیت CO_2 است، تعرق می‌باشد (Haghighi *et al*., 2023). محلول‌پاشی کلسیم از طریق افزایش غلظت کلسیم برگ سبب بهبود فعالیت فتوسنتزی در گیاهان شد (شکل۳ الف)، زیرا کلسیم در مسیرهای فتوسنتزی به عنوان یک تنظیم‌کننده روزنه ای که تبادل گاز را کنترل می‌کند عمل می‌کند. علاوه بر تبادل گاز، چرخه کلوین مسیر اصلی جذب کربن می‌باشد و در استرومای کلروپلاست رخ می‌دهد Sedoheptulose-1,7-bisphosphatase و fructose-l,6-bisphosphatase از آنزیم‌های کلیدی چرخه کلوین هستند، که فعالیت آن‌ها توسط کلسیم تنظیم می‌شود (Wang *et al*., 2019). از بین منابع مختلف کلسیم، محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم نسبت به سایر منابع به طور موثرتری سبب افزایش فتوسنتز شد (شکل۳ الف). احتمالا سیلیکون نیز با تجمع در برگ‌های گیاه سبب افزایش جذب تشعشات تابشی شده و از این طریق سبب افزایش بازده فتوسنتزی می‌شود (Coutinho *et al*., 2020)، که بیانگر نقش موثر این دو عنصر غذایی (کلسیم و سلیکون) بر بهبود فعالیت فتوسنتزی می‌باشد. در تایید نتاج فوق بهبود کارایی فتوسنتز در گیاه گوجه‌فرنگی تیمار شده با کلسیم گزارش شده است (Coutinho *et al*., 2020). از طرفی طبق گزارش Palta (۱۹۹۶)، کاربرد کلسیم با افزایش رسانایی روزنه‌ای سبب افزایش معنی دار فرایند تعرق می‌شود، به عبارت دیگر یکی از عواملی که بر باز شدن روزنه تأثیر می‌گذارد H+-ATP-ase در غشای پلاسمایی است و فعالیت آن توسط پروتئین کیناز تنظیم می‌شود که توسط کلسیم تحریک می‌شود. در همین رابطه Baas و همکاران (۲۰۲۳) بیان کردند، غلظت‌های موضعی کلسیم در اندام‌های گل رز با سرعت تعرق مرتبط می‌باشد (شکل۳ ب). افزایش فتوسنتز در اثر محلول‌پاشی کلسیم در پژوهش‌های پیشین نیز گزارش شده است، بطوریکه محلول‌پاشی کلسیم سرعت فتوسنتز در گندم را ۲۸/۷ درصد و در ذرت ۴۵ درصد افزایش داد (Dolatabadian *et al*., 2013, Naeem *et al*., 2018).



شکل ۳- اثر محلول‌پاشی با منابع مختلف کلسیم بر (الف) سرعت فتوسنتز (LSD5%=۶/۵۴۴) و (ب) سرعت تعرق (LSD5%=۱/۱۳۷) رز رقم سامورایی.

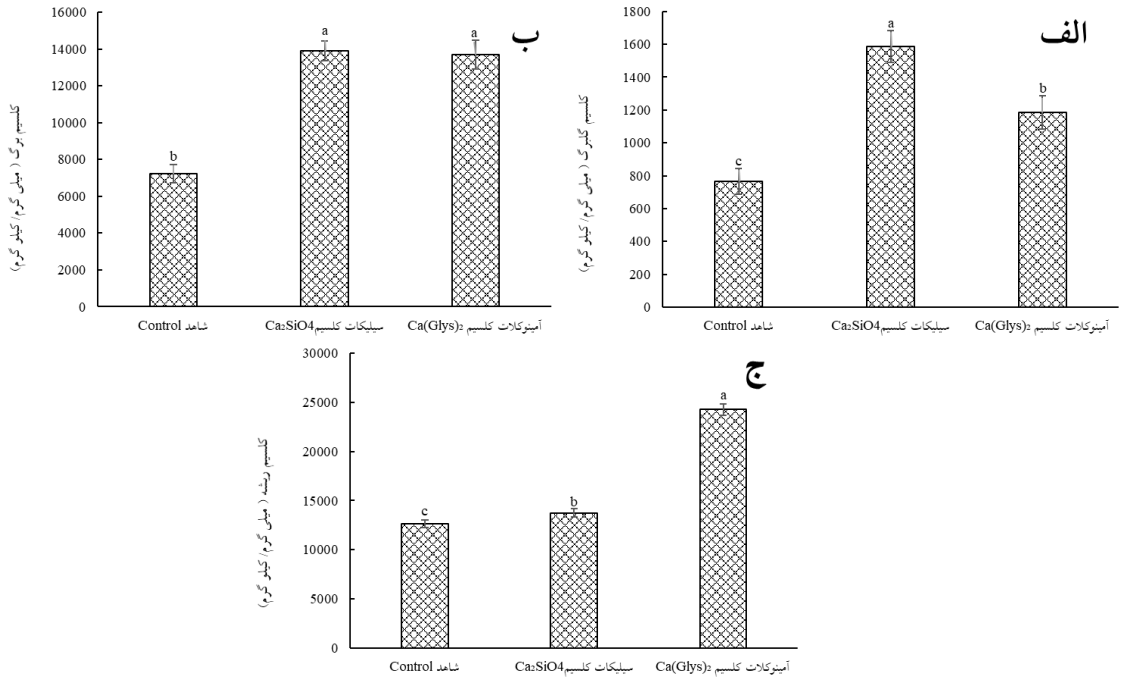
ستون‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ٪۵ با آزمون LSD هستند.

عناصر غذایی پر مصرف

بیشترین غلظت کلسیم برگ و گلبرگ در گیاهان تیمار شده با سیلیکات کلسیم بدست آمد که به ترتیب افزایش معنی دار ۴۷/۹۱ و ۵۱/۶۷ درصدی نسبت به شاهد داشت (شکل۴ الف،ب). همچنین محلول‌پاشی آمینوکلات کلسیم باعث افزایش کلسیم گلبرگ و برگ و ایجاد تفاوت معنی‌دار با شاهد شد (شکل۴ الف). تأثیر منابع مختلف کلسیم مورد استفاده در این آزمایش بر غلظت کلسیم برگ و گلبرگ را می‌توان به نفوذپذیری مطلوب سیلیکات کلسیم و آمینوکلات کلسیم در بافت‌های گیاهی در جهت تامین کلسیم نسبت داد که این نتایج با گزارشات Youssef و (۲۰۱۷) مطابقت دارد که بیان کردند محلول‌پاشی کلسیم باعث افزایش غلظت کلسیم در برگ کاهو می‌شود. هنگامی که مواد مغذی از طریق محلول‌پاشی استفاده می‌شوند، گیاهان می‌توانند به سرعت مواد غذایی را از بافت‌های برگ جذب کنند (Fageria *et al*., 2009). همچنین سیلیس در جذب و انتقال مواد مغذی بسیار مهم است و با بهبود رسانایی روزنه و افزایش جذب آب جذب کلسیم را افزایش می‌دهد (Tofighi Alikhani *et al*., 2021). البته به دلیل

تفاوت زیاد مقدار تعرق بین گل‌ها و برگ‌ها، کلسیم بیشتری به سمت برگ‌های تعرق کننده هدایت می‌شود (شکل۳ ب) که این مسئله منجر به افزایش چندین برابری غلظت کلسیم برگ نسبت به گلبرگ می‌شود (شکل۴ الف،ب)، در همین راستا شاهد افزایش چندین برابری (۸ تا ۱۱ برابری) غلظت کلسیم برگ‌ها در مقایسه باگلبرگ‌ها بودیم. چنین تفاوت‌هایی در غلظت کلسیم بین برگ‌ها و گلبرگ‌ها در دیگر تحقیقات انجام شده در گل رز نیز اثبات شده است (Bar-Tal *et al.*, 2001). همچنین در پژوهشی دیگر تاثیر استفاده از منابع کلسیم در افزایش غلظت کلسیم در برگ و گلبرگ گل رز گزارش شده است (Banijamali *et al.*, 2018).

بیشترین افزایش غلظت کلسیم ریشه در تیمار آمینوکلات کلسیم بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۴۷/۸۶ درصدی را نشان داد و تفاوت معنادار ایجاد کرد (شکل۴ ج). به عبارت دیگر حرکت کلسیم از شاخساره به ریشه به شکل کلات کلسیم بیشتر از سایر منابع کلسیمی است. از آنجا که کلسیم عنصری غیر پویا می‌باشد لذا پس از محلول‌پاشی احتمال کمبود آن در ریشه‌های در حال رشد بیشتر است اما آمینواسیدها به دلیل ساختار و ویژگی‌های شیمیایی‌شان به سادگی قادر به توزیع در سیتوپلاسم سلولی هستند، بنابراین پس از کمپلکس کردن فلزات دسترسی آن‌ها برای قسمت‌های مختلف گیاهی از جمله ریشه را بهبود می‌بخشند. کمترین غلظت کلسیم برگ ، گلبرگ و ریشه مربوط به تیمار شاهد بود (شکل۴ الف، ب و ج).



شکل ۴- اثر محلول‌پاشی با منابع مختلف کلسیم بر (الف) غلظت کلسیم گلبرگ (LSD5%=۱۷۱/۲۶)، (ب) غلظت کلسیم برگ (LSD5%=۱۱۳۵/۹) و (ج) غلظت کلسیم ریشه (LSD5%=۸۶۸/۴۴)رز رقم سامورایی.

ستون‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD هستند.

تیمارهای کلسیمی سبب بهبود پتاسیم ریشه رزها شدند. بیشترین غلظت پتاسیم ریشه با تیمار آمینوکلات کلسیم مشاهده شد که باعث افزایش معنی دار ۷۴/۸۴ درصدی نسبت به شاهد شد (جدول۳). بیشترین غلظت پتاسیم (K) برگ با تیمار سیلیکات کلسیم و کمترین غلظت پتاسیم برگ با تیمار آمینوکلات کلسیم حاصل شد (جدول۳). گرچه تیمار آمینوکلات کلسیم سبب کاهش معنی دار غلظت پتاسیم برگ شد اما سبب افزایش جذب پتاسیم توسط ریشه شد (جدول۳). در همین راستا نقش کلسیم در افزایش پتاسیم ریشه گوجه و کاهش پتاسیم برگ در رز گزارش شده است (Banijamali *et al.*, 2018, Türkmen *et al.*, 2004).

محلول‌پاشی منابع کلسیمی سبب افزایش معنی‌دار فسفر ریشه نسبت به شاهد شد که بیشترین افزایش مربوط به تیمار آمینوکلات کلسیم بود که با کاهش ۲۰ درصدی همراه بود (جدول۳). افزایش معنی دار ۲۵/۹۰ درصدی فسفر (P) برگ تیمار شده با آمینوکلات کلسیم در مقایسه با شاهد مشاهده شد (جدول۳). در همین راستا در کنگر

فرنگی تیمار کلات کلسیم در افزایش فسفر موثرتر از سایر تیمارهای کلسیم بود (Ismail *et al*., 2022). در حالی که تیمار سیلیکات کلسیم از نظر آماری با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول۳).

محلول‌پاشی کلسیم منجر به تغییرات مشخصی در سطوح عناصر غذایی برگ و ریشه رز شد. بیشترین غلظت نیتروژن (N) برگ با تیمار سیلیکات کلسیم مشاهده شد و باعث افزایش ۵/۸۸ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد بود که از لحاظ آماری تفاوت معناداری با تیمار شاهد و سایر تیمارها نداشت (جدول۳). اثر مثبت کلسیم بر افزایش جذب نیتروژن توسط Banijamali و همکاران (۲۰۱۸) و A Hussein و همکاران (۲۰۲۳) نیز گزارش شده است.

جدول ۳- اثر محلول‌پاشی با منابع مختلف کلسیم بر عناصر غذایی پرمصرف رز رقم سامورایی

	ریشه (میلی‌گرم/ کیلوگرم)			برگ (میلی‌گرم/ کیلوگرم)		
تیمار	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	پتاسیم	فسفر	نیتروژن
شاهد	۴۱۱۰/۴۵±۲۵/۳^{c}	۱۶۰۰۷/۶۱±۲۵۱/۵^{b}	۲۵۴۰۷/۴۸±۴۰۷/۲^{b}	۱۶۱۸۴/۹۰±۲۲۲/۵^{b}	۹۶۴۹/۸۱±۵۹/۷^{b}	۳۶۸۷۹/۳۶±۲۹۶/۹^{a}
سیلیکات کلسیم	۱۲۹۶۹/۵۲±۹۸/۸^{b}	۱۹۵۵۳/۵۵±۲۳۲/۵^{a}	۳۳۲۹۲/۵۶±۴۹۹/۶^{a}	۱۸۵۰۷/۹۴±۱۱۱/۲^{a}	۹۴۸۲/۴۰±۱۰۰/۲^{b}	۳۹۱۸۴/۳۲±۲۳۱/۴^{a}
آمینو کلات کلسیم(گلایسین)	۱۶۳۳۴/۶۹±۷۷/۱^{a}	۱۹۸۸۲/۵۸±۲۰۳/۹^{a}	۲۹۲۰۴/۰۰±۲۷۱/۵^{ab}	۱۵۳۷۰/۹۱±۸۹/۵^{c}	۱۳۰۲۲/۰۰±۱۸۹/۰^{a}	۳۸۹۹۷/۹۰±۱۹۱/۵^{a}
LSD5%	۶۷۲/۷۱	۸۶۸/۹۹	۷۴۷۱/۶	۵۵۵/۹	۴۴۳/۵۴	۴۴۹۹/۷

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

عناصر غذایی کم مصرف

تیمار آمینوکلات کلسیم سبب افزایش معنی دار ۲۵/۴۱ درصدی مس ریشه نسبت به شاهد شد اما سیلیکات کلسیم از لحاظ آماری هیچ تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول۴). بیشترین مس(Cu) برگ با تیمار آمینوکلات کلسیم بدست آمد که افزایش ۴/۰۰ درصدی در مقابل شاهد را نشان دادند که از لحاظ آماری تفاوت معناداری با تیمار شاهد و سایر تیمارها نداشت (جدول۴).

تیمار گیاهان با منابع مختلف کلسیم سبب افزایش معنادار غلظت منگنز ریشه شد (جدول۴). تیمار گیاهان با منابع مختلف کلسیم سبب افزایش منگنز (Mn) برگ شد اما بیشترین تاثیر را تیمار سیلیکات کلسیم داشت و سبب بهبود منگنز برگ و تفاوت معنی‌دار نسبت به شاهد شد (جدول۴).

تیمار گیاهان با منابع مختلف کلسیم سبب کاهش معنادار غلظت آهن ریشه شد (جدول۴). تیمار گیاهان با سیلیکات کلسیم سبب افزایش ۱۱/۳۴ درصدی غلظت آهن (Fe)برگ شد در مقابل آمینوکلات کلسیم باعث کاهش معنی‌دار میزان غلظت آهن برگ نسبت به شاهد شد (جدول۴). نقش کلسیم در افزایش غلظت آهن و منگنز برگ در رز گزارش شده است (Banijamali *et al*., 2018)، بنابراین محلول‌پاشی کلسیم می‌تواند رویکردی موثر برای بهبود وضعیت تغذیه‌ای گل رز باشد.

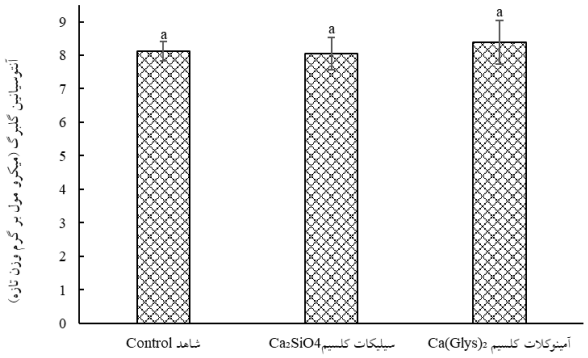
جدول ۴- اثر محلول‌پاشی با منابع مختلف کلسیم بر عناصر غذایی کم‌مصرف رز رقم سامورایی

	ریشه (میلی‌گرم/ کیلوگرم)			برگ (میلی‌گرم/ کیلوگرم)		
تیمار	مس	منگنز	آهن	مس	منگنز	آهن
شاهد	۲۱۱/۴۶±۴/۴۱^{b}	۳۵/۴۳±۰/۸۷^{c}	۱۶۸۶/۸۳±۴۲/۴۳^{a}	۱۸۶/۸۲±۲/۳۹^{a}	۱۰۹/۴۵±۱/۲۴^{b}	۲۷۱/۳۹±۳/۰۰^{b}
سیلیکات کلسیم	۲۱۴/۸۵±۴/۰۹^{b}	۹۸/۰۸±۳/۱۶^{b}	۹۰۶/۳۷±۲۷/۴۱^{c}	۱۸۴/۱۶±۵/۵۶^{a}	۲۰۹/۸۶±۴/۱۰^{a}	۳۰۶/۱۱±۷/۹۲^{a}
آمینو کلات کلسیم(گلایسین)	۲۸۳/۵۱±۸/۱۱^{a}	۱۷۱/۴۶±۶/۱۵^{a}	۱۱۰۷/۸۸±۳۲/۰۹^{b}	۱۹۴/۶۰±۸/۴۵^{a}	۱۱۳/۶۴±۲/۹۹^{b}	۲۵۶/۸۴±۵/۹۶^{c}
LSD5%	۱۰/۷۶۴	۷/۴۳۱	۶۳/۸۱۲	۱۱/۰۷۷	۵/۵۷۶	۱۱/۰۴۳

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

آنتوسیانین گلبرگ

بیشترین میزان آنتوسیانین مربوط به تیمار آمینوکلات کلسیم بود اما از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای کلسیم نداشت (شکل۵). محلول‌پاشی، یک عامل تأثیرگذار در دوره قبل از برداشت، بر تجمع آنتوسیانین‌ها هست. تیمار کلسیم قبل از برداشت، بیان ژن‌های ساختاری مرتبط با آنتوسیانین‌ها را تنظیم می‌کند و تولید آنتوسیانین را افزایش می‌دهد (Łysiak, 2022). گرچه در این پژوهش تیمارهای کلسیم تاثیر معنی‌داری بر تجمع آنتوسیانین نداشتند.

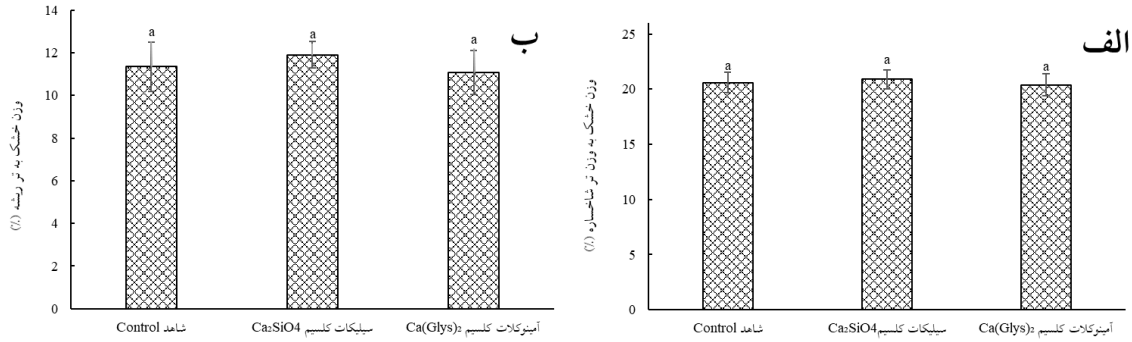


شکل ۵- اثر محلول‌پاشی با منابع مختلف کلسیم بر آنتوسیانین گلبرگ(LSD5%=۰/۹۰۷) رز رقم سامورایی

ستون‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ٪۵ با آزمون LSD هستند.

نسبت وزن خشک به وزن تر شاخساره و ریشه

محلول‌پاشی منابع مختلف کلسیم تاثیر معنی‌داری بر نسبت وزن خشک به وزن تر شاخساره و ریشه گل رز نداشتند (شکل۶). که با گزارشات Abdolmaleki و همکاران (۲۰۱۵) مبنی بر عدم تاثیر محلول‌پاشی منبع کلسیم بر وزن تر ساقه و جوانه گل رز مطابقت دارد. همچنین پیش تیمار گیاهان گوجه فرنگی با منابع کلسیم تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک شاخساره نداشت (Coutinho*et al*., 2020).



شکل ۶- اثر محلول‌پاشی با منابع مختلف کلسیم بر (الف) نسبت وزن خشک به تر شاخساره (LSD5%=۱/۷۲۷) و (ب) نسبت وزن خشک به تر ریشه (LSD5%=۱/۷۸۱) رز رقم سامورایی

ستون‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ٪۵ با آزمون LSD هستند.

نتیجه‌گیری کلی

محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم با بهبود جذب نیتروژن سبب افزایش وزن تازه رزها، قطر گل و قطر ساقه گل شد. سیلیکات کلسیم توانست میزان فتوسنتز و تعرق را بهبود بخشد. نتایج نشان می‌دهد استفاده از آمینوکلات کلسیم و سیلیکات کلسیم با افزایش جذب کلسیم در برگ و گلبرگ سبب بهبود عمر گلجایی می‌شوند البته نقش آمینوکلات کلسیم در بهبود عمر گلجایی بارزتر بود. نتایج اثر بخشی آمینوکلات کلسیم را در توزیع کلسیم به سمت ریشه نشان داد. تیمار منابع کلسیمی می‌تواند به طور قابل توجهی محتوای کلسیم برگ و گلبرگ رز را افزایش دهد. به طور کلی با توجه به تاثیر آمینوکلات کلسیم در جهت افزایش قطرساقه و گل، وزن تر ساقه گل‌دهنده، سطح برگ، تعداد شاخه گل‌دهنده و افزایش عمر گلجایی به عنوان منبع ارجح کلسیم توصیه می‌شود.

.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه فردوسی مشهد به دلیل فراهم سازی امکانات و تخصیص هزینه‌های مورد نیاز برای انجام این پژوهش صمیمانه سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

منابع

Hussein, M. A. (2023). Effect of amino acids, mono-potassium phosphate, and calcium foliar application on flowering, yield, and fruit quality of mango “Ewaise” cultivar. *Alexandria Science Exchange Journal*, *44*(2), 225-235.

Abdalla, M. (2009). The response of dendranthema grandiflora, Tzvelev, cv. Icecap plants to calcium silicate slag and DHT treatments. *Journal of Plant Production*, *34*(6), 6781-6790.

Abdolmaleki, M., Khosh, K. M., Eshghi, S., & Ramezanian, A. (2015). Improvement in vase life of cut rose cv. “Dolce Vita” by preharvest foliar application of calcium chloride and salicylic acid. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, *7*(1), 1-10.

Aghdam, M., Asil, M. H., Ghasemnezhad, M., & Mirkalaei, S. M. (2019). Effects of pre-harvest applications of different sources of calcium on the cell wall fractions and stem bending disorder of Gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) cultivar flowers. *Advances in Horticultural Science*, *33*(1), 57-66.

Aghdam, M. S., Hassanpouraghdam, M. B., Paliyath, G., & Farmani, B. (2012). The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables, and flowers. *Scientia Horticulturae*, *144*, 102-115.

Almeida, P. H., Mógor, Á., Ribeiro, A., Heinrichs, J., & Amano, E. (2016). Increase in lettuce (*Lactuca sativa* L.) production by foliar calcium application. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, *10*(16), 161-167.

Amor, F. D., & Marcelis, L. (2003). Regulation of nutrient uptake, water uptake, and growth under calcium starvation and recovery. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *78*(3), 343-349.

Baas, R., Van Oers, S., Silber, A., Bernstein, N., Ioffe, M., Keinan, M., & Bar-Tal, A. (2023). Calcium distribution in cut roses as related to transpiration. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *78*(1), 1-9.

Banijamali, S. M., Feizian, M., Bayat, H., & Mirzaei, S. (2018). Effects of nitrogen forms and calcium amounts on growth and elemental concentration in *Rosa hybrida* cv. ‘Vendentta’. *Journal of Plant Nutrition*, *41*(9), 1205-1213.

Bar-Tal, A., Baas, R., Ganmore-Neumann, R., Dik, A., Marissen, N., Silber, A., & Elad, Y. (2001). Rose flower production and quality as affected by Ca concentration in the petal. *Agronomie*, *21*(4), 393-402.

Bauer, P., Elbaum, R., & Weiss, I. M. (2011). Calcium and silicon mineralization in land plants: transport, structure and function. *Plant Science*, *180*(6), 746-756.

Bendahmane, M., Dubois, A., Raymond, O., & Le Bris, M. (2013). Genetics and genomics of flower initiation and development in roses. *Journal of Experimental Botany*, *64*(4), 847-857.

Bennett, K., Jent, J., Samarakoon, U. C., Schnabel, G., & Faust, J. E. (2020). Reduction of *Botrytis cinerea* infection on petunia flowers following calcium spray applications. *HortScience*, *55*(2), 188-191.

Cho, H. R., Joung, H. Y., Lim, K. B., & Kim, K. S. (2013). Effect of calcium and silicate application on pathogenicity of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* in *Zantedeschia* spp. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 54(4), 364-371.

Coutinho, P. W. R., de Moraes Echer, M., Braga, G. C., Guimarães, V. F., do Carmo Lana, M., Alves, T. N., & Brito, T. S. (2020). Effect of pre-harvest calcium silicate on post-harvest quality of tomatoes. *Research, Society and Development*, *9*(11), e74791110148-e74791110148.

Dolatabadian, A., Sanavy, S. A. M. M., Gholamhoseini, M., Joghan, A. K., Majdi, M., & 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. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *19*, 189-198.

Fageria, N., Filho, M. B., Moreira, A., & Guimarães, C. (2009). Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, *32*(6), 1044-1064.

Faroutine, G., Arteaga-Ramírez, R., Pineda-Pineda, J., & Vázquez-Peña, M. A. (2023). Effect of calcium silicate and moisture content of the substrate on the growth and productivity parameters of cucumber. *Chilean Journal of Agricultural Research*, *83*(3), 334-346.

Haghighi, M., Khosravi, S., Sehar, S., & Shamsi, I. H. (2023). Foliar-sprayed calcium-tryptophan mediated improvement in physio-biochemical attributes and nutritional profile of salt-stressed *Brassica oleracea* var. *italica*. *Scientia Horticulturae*, *307*, 111529.

Halevy, A., Torre, S., Borochov, A., Porat, R., Friedman, H., Meir, S., & Philosoph-Hadas, S. (2001). Calcium in regulation of postharvest life of flowers. *Acta Horticulturae*, *345*, 345-352.

Hepler, P. K. (2005). Calcium: a central regulator of plant growth and development. *The Plant Cell*, *17*(8), 2142-2155.

Hothem, S. D., Marley, K. A., & Larson, R. A. (2003). Photochemistry in hoagland's nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, *26*(4), 845-854.

Ismail, S. A., Fathy, W., & Ganzour, S. K. (2022). Impact of foliar application of calcium nitrate and chelated calcium in combination with boric acid on the vegetative growth, yield, quality components, and insect control of globe artichoke. *Journal of Plant Production*, *13*(9), 743-752.

Kacar, B. (1994). Bitki ve toprağın kimyasal analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı, 3, 705.

Łysiak, G. P. (2022). Ornamental flowers grown in human surroundings as a source of anthocyanins with high anti-inflammatory properties. *Foods*, *11*(7), 948.

Mahajan, M., & Pal, P. K. (2020). Flower yield and chemical composition of essential oil from *Rosa damascena* under foliar application of Ca $(NO_3)_2$ and seasonal variation. *Acta Physiologiae Plantarum*, *42*(2), 23.

Mobaraki, L., Rezapour Fard, J., & Noruzi, P. (2023). Effects of pre-harvest application of calcium silicate and calcium chelate on some morpho-physiological parameters of cut rose (*Rosa hybrida* cv. Dolce Vita). *Plant Process and Function*, *12*(57), 14.

Moradinezhad, F., Hassanpour, S., & Sayyari, M. H. (2018). Influence of pre-harvest spray of calcium chloride and salicylic acid on physicochemical and quality properties of fresh seedless barberry fruit. *Journal of Horticultural Science*, 32, 61-74. (In Persian).

Naeem, M., Naeem, M. S., Ahmad, R., Ihsan, M. Z., Ashraf, M. Y., Hussain, Y., & Fahad, S. (2018). Foliar calcium spray confers drought stress tolerance in maize via modulation of plant growth, water relations, proline content, and hydrogen peroxide activity. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *64*(1), 116-131.

Nayyar, H., & Kaushal, S. (2002). Alleviation of negative effects of water stress in two contrasting wheat genotypes by calcium and abscisic acid. *Biologia Plantarum*, *45*, 65-70.

Niu, J., Liu, C., Huang, M., Liu, K., & Yan, D. (2021). Effects of foliar fertilization: a review of current status and future perspectives. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *21*, 104-118.

Palta, J. P. (1996). Role of calcium in plant responses to stresses: linking basic research to the solution of practical problems. *Plant Physiology and Biochemistry*, *31*(1), 51–57.

Saeedi, R., Etemadi, N., Nikbakht, A., Khoshgoftarmanesh, A. H., & Sabzalian, M. R. (2015). Calcium chelated with amino acids improves quality and postharvest life of lisianthus (*Eustoma grandiflorum* cv. Cinderella Lime). *HortScience*, *50*(9), 1394-1398.

Sairam, R. K., Vasanthan, B., & Arora, A. (2011). Calcium regulates *Gladiolus* flower senescence by influencing antioxidative enzymes activity. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33, 1897-1904.

Seifu, Y., & Deneke, S. (2017). Effect of calcium chloride and calcium nitrate on potato (*Solanum tuberosum* L.) growth and yield. *Journal of Horticulture*, *4*(3), 207-211.

Seydmohammadi, Z., Roein, Z., & Rezvanipour, S. (2020). Accelerating the growth and flowering of *Eustoma grandiflorum* by foliar application of nano-ZnO and nano-$CaCO_3$. *Plant Physiology Reports*, *25*, 140-148.

Shams, M., Etemadi, N., Baninasab, B., Ramin, A. A., & Khoshgoftarmanesh, A. H. (2012). Effect of boron and calcium on growth and quality of 'Easy Lover' cut rose. *Journal of Plant Nutrition*, *35*(9), 1303-1313.

Souri, M. K. (2016). Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. *Open Agriculture*, *1*(1), 118-123.

Souri, M. K., & Hatamian, M. (2019). Aminochelates in plant nutrition: a review. *Journal of Plant Nutrition*, *42*(1), 67-78.

Tofighi Alikhani, T., Tabatabaei, S. J., Mohammadi Torkashvand, A., Khalighi, A., & Talei, D. (2021). Effects of silica nanoparticles and calcium chelate on the morphological, physiological, and biochemical characteristics of gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) under hydroponic condition. *Journal of Plant Nutrition*, *44*(7), 1039-1053.

Torre, S., Borochov, A., & Halevy, A. H. (1999). Calcium regulation of senescence in rose petals. *Physiologia Plantarum*, 107(2), 214-219.

Türkmen, Ö., Dursun, A., Turan, M., & Erdinç, Ç. (2004). Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, *54*(3), 168-174.

Verdonk, J. C., van Ieperen, W., Carvalho, D. R., van Geest, G., & Schouten, R. E. (2023). Effect of preharvest conditions on cut-flower quality. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1281456.

Wagner, G. J. (1979). Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. *Plant Physiology*, *64*(1), 88-93.

Wang, Q., Yang, S., Wan, S., & Li, X. (2019). The significance of calcium in photosynthesis. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(6), 1353.

Wei, L., Wang, C., & Liao, W. (2021). Hydrogen sulfide improves the vase life and quality of cut roses and chrysanthemums. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-16.

White, P. J. (2000). Calcium channels in higher plants. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes*, *1465*(1-2), 171-189.

White, P. J., & Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Annals of Botany*, 92(4), 487-511.

Youssef, S., Abd Elhady, S. A. E., Abu El-Azm, N. A. I., & El-Shinawy, M. Z. (2017). Foliar application of salicylic acid and calcium chloride enhances growth and productivity of lettuce (*Lactuca sativa*). *Egyptian Journal of Horticulture*, *44*(1), 1-16.

Zhang, Z., Wu, P., Zhang, W., Yang, Z., Liu, H., Ahammed, G. J., & Cui, J. (2020). Calcium is involved in exogenous NO-induced enhancement of photosynthesis in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under low temperature. *Scientia Horticulturae*, *261*, 108953.

Plant Production and Genetics **تولید و ژنتیک گیاهی**

Vol. 5, No. 2, Autumn & Winter 2024, p. 271-286 **جلد ۵، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۳، صفحه ۲۸۶-۲۷۱**

Research Article DOI: 10.22034/plant.2024.141925.1121

The effect of foliar application of different calcium sources on growth traits and nutrient elements of Rosa 'Samurai'.

Saeed Khosravi[1], Ali Tehranifar[2,] Yahya Selahvarzi[3], Amir Hossein Khoshgoftarmanesh[4], Leyla Cheheltanan[1]

1. Ph.D. student, Department of Horticultural Science and Landscape, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Professor, Department of Horticultural Science and Landscape, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3. Assistant Professor, Department of Horticultural Science and Landscape, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4. Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Received: 14-08-2024
Accepted: 28-09-2024

Abstract

Roses, due to their delicacy and short vase life, require special care; however, the use of calcium can help improve their growth, quality, and longevity. This study was designed and conducted as a completely randomized design to investigate the effect of three calcium sources (distilled water as a control, calcium silicate, and calcium amino chelate) at a concentration of 160 ppm on the growth and quality of Rosa 'Samurai' in a hydroponic system. The results showed that foliar application of calcium silicate and calcium amino chelate improved growth traits, including stem diameter, fresh stem weight, flower diameter, flower count, and leaf area compared to the control. Calcium silicate and calcium amino chelate increased the photosynthesis rate by 36.94% and 30.78%, respectively. The highest anthocyanin content (8.39) was observed in the calcium amino chelate treatment, while the calcium concentrations in leaves and petals increased by 47.91% and 51.67%, respectively, in the calcium silicate treatment compared to the control. Calcium amino chelate also resulted in a 47.86% increase in root calcium concentration and a 3.3-day increase in vase life compared to the control. Additionally, calcium silicate increased iron concentration by 11.34%, manganese by 91.74%, and leaf nitrogen by 5.88%, while calcium amino chelate increased leaf and root copper concentrations by 4% and 25.41%, phosphorus concentration in leaves by 25.90%, and root potassium concentration by 74.84%. These results demonstrate the significant role of calcium, particularly calcium amino chelate, in enhancing nutrient absorption and improving the growth and quality of rose flowers

Keywords: Calcium amino chelate, calcium silicate, vase life, photosynthesis.

Citation: Khosravi, S., Tehranifar, A., Selahvarzi, Y., Khoshgoftarmanesh, A. H., & Cheheltanan, L. (2024). The effect of foliar application of different calcium sources on growth traits and nutrient elements of Rosa 'Samurai'. *Plant Production and Genetics*, *5*(2), 271-286. https://doi.org/10.22034/plant.2024.141925.1121

Copyrights:
Copyrights rights for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Plant Production and Genetics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

*Corresponding Author Email: tehranifar@um.ac.ir