**مقایسه محلول­پاشی نیترات کلسیم و آمینو کلات کلسیم (لایزین) بر وضعیت تغذیه­ای و ویژگی­های رویشی، زایشی و عمر گلجایی رز رقم جومیلیا**

سعید خسروی1، علی تهرانی فر\*1، یحیی سلاح ورزی1، امیرحسین خوش گفتارمنش2، لیلا چهل تنان1

**چکیده**

کلسیم برای بهبود رشد و کیفیت گل‌های شاخه ‌بریده مهم است و انتخاب منبع مناسب کلسیم می‌تواند به تولیدکنندگان گل رز کمک شایانی کند. این تحقیق با هدف بررسی اثرات محلول‌پاشی نیترات کلسیم، آمینو کلات کلسیم و شاهد (آب مقطر) بر رشد، صفات مورفولوژیک، غلظت عناصر غذایی و عمر گلجایی رز رقم جومیلیا انجام شد. این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی زینتی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح کاملا تصادفی در چهار تکرار و هر تکرار شامل شش بوته و به مدت شش ماه از ابتدای مرداد ماه1401 تا ابتدای بهمن ماه 1401 اجرا شد. نتایج نشان داد محلول­پاشی نیترات کلسیم نقش موثری در بهبود صفات رشدی گل رز دارد به طوری­که طول ساقه، قطر ساقه، وزن تر ساقه، قطر گل و تعداد گل را به ترتیب 26/38، 87/29، 47/37، 38/19 و 20/12 درصد افزایش داد. همچنین کاربرد نیترات کلسیم با افزایش به ترتیب 96/20، 77/65 و 53/37 درصدی کلروفیل a، b و کل سبب افزایش 32/23 درصدی نرخ فتوسنتز شد. بیشترین میزان کارتنوئید و حجم ریشه با محلول­پاشی آمینو کلات کلسیم بدست آمد. نتایج بیانگر اثربخشی نیترات کلسیم در تامین کلسیم گلبرگ و در نتیجه افزایش 62/13 درصدی شاخص پایداری غشا و افزایش 1/4 روز عمر گلجایی نسبت به تیمار شاهد است. آمینو کلات کلسیم نقش مهمی در به تعویق انداختن کاهش وزن و تامین کلسیم و نیتروژن ریشه، فسفر و پتاسیم برگ داشت. درحالیکه بیشترین غلظت نیتروژن برگ، فسفر و پتاسیم ریشه با محلول­پاشی نیترات کلسیم بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده، محلول­پاشی هر هفته کلسیم با غلظت 160 میلی­گرم در لیتر خصوصا˶ از منبع نیترات کلسیم جهت تامین کلسیم مورد نیاز گل رز و بهبود ویژگی­های رشدی و عمر گلجایی توصیه می­شود.

**واژه­های کلیدی**: رشد، شاخص پایداری غشا، عمر گلجای، عناصر غذایی، فتوسنتز

1. گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
2. گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: tehranifar@um.ac.ir

**مقدمه**

گل رز (*Rosa hybrida* L.) از محبوب‌ترین گیاهان زینتی در سراسر جهان است که به‌طور گسترده‌ای برای مصارف مختلفی از جمله زیباسازی باغ و به­صورت گل‌ شاخه بریده استفاده می‌شود. گل رز همواره ارزش نمادین بالا و اهمیت فرهنگی زیادی در جوامع مختلف داشته است (Bendahmane *et al*., 2013). به دلیل زیبایی، عطر و طولانی بودن دوره گلدهی، گل رز در میان گل‌های شاخه­بریده بسیار محبوب است (Mileva et al., 2021).

افزایش عملکرد و کیفیت گل رز از اهداف اصلی تولید کنندگان این گل است. در میان تمام عناصر پرمصرف موجود در محلول‌های غذایی، کلسیم به صراحت نقش مهمی در بهبود رشد(Aghdam et al., 2019) ، و حفظ کیفیت گل‌های شاخه بریده ایفا می­کند (Abdolmaleki et al., 2015). کلسیم ماده ای معدنی است که برای رشد و نمو گیاه مورد نیاز است (Weng et al., 2022; Haghighi et al., 2023). کلسیم با افزایش سطح برگ، نرخ فتوسنتز و هدایت روزنه ای، کیفیت و عملکرد محصول را بهبود می­بخشد (Nayyar and Kaushal, 2002). همچنین، یون‌های کلسیم بدلیل برهمکنش با گروه‌های کربوکسیل آزاد اسیدهای گالاکترونیک در لایه میانی و پکتین، دیواره‌های سلولی را مستحکم‌تر می‌کند و بهتر می‌تواند از تخریب ناشی از آنزیم­ها جلوگیری کند (White and Broadley, 2003). (1999).Torre *et al* اظهار داشتند که افزودن کلسیم، طول عمر و اندازه گل­های رز را افزایش می­دهد. در مطالعه دیگر افزایش غلظت کلسیم در محلول از 5/0 به 0/5 میلی­مول بر لیتر با افزایش غلظت کلسیم در اندام­های گل رز سبب کاهش حساسیت به *Botrytis cinerea* و در نتیجه یهبود کیفیت گل شد (Bar-Tal et al., 2001). افزایش رشد، جذب مواد مغذی و کارایی فتوسنتزی را در صنوبر تحت کاربرد کلسیم گزارش کردند(Wang *et al.,* 2022).

 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). 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 کلسیمي به صورت محلولپاشي، به طور موثر غلظت کلسیم را در گلبرگ‌های گل افزایش می‌دهند، در حالی که کاربردهای کوددهی ریشه نمی‌توانند کلسیم کافی را به این بافت‌های کم تعرق برسانند (Bennett *et al*., 2020). 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). (Bennett *et al*.(2020 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. کلسیم معمولا به عنوان نیترات کلسیم و سیلیکات کلسیم در پیش از برداشت محلول­پاشی می شود که اثر مثبت آن­ها بر بهبود ارتفاع، عملکرد گیاهان (Seifu & Deneke, 2017)، کاهش تولید اتیلن و افزایش عمر پس از برداشت گزارش شده است (Coutinho et al., 2020). علاوه بر این یکی از اشکالی که امروزه جهت تامین عناصر غذایی در گیاهان استفاده می شود کلات­های فلزی است.

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 جانبی زیست محیطی را ارائه می‌دهند (Souri, 2016; 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 محلول­پاشی کلسیم نسبت به کوددهی کلسیم بهتر عمل می‌کند، این عامل نیز در تحقیقات ما مورد توجه قرار گرفته است. هدف این تحقیق بررسی تأثیر محلول‌پاشی نیترات کلسیم و آمینو کلات کلسیم بر رشد، کیفیت و عمر گلجایی رز شاخه‌بریده رقم جومیلیا است تا منبع بهینه کلسیم برای بهبود عملکرد و افزایش ماندگاری رز تعیین گردد.

**مواد و روش­ها**

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی گیاهان زینتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. این گلخانه در طول جغرافیایی 59 درجه و 31 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 36 درجه و 18 دقیقه شمالی و در ارتفاع 1036 متری از سطح دریا قرار دارد. میانگین دمای گلخانه در روز 2±25 درجه و در شب 2±16 درجه سانتی‌گراد بود. همچنین میانگین رطوبت نسبی هوا 65 درصد و میانگین شدت نور طبیعی در طول روز 5±240 میکرومول بر متر مربع بر ثانیه اندازه‌گیری شد که در قالب طرح کاملا تصادفی در چهار تکرار و هر تکرار شامل شش بوته اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل محلول­پاشی سه منبع کلسیم: 1. شاهد( بدون کلسیم) 2. نیترات کلسیم Ca(NO₃)₂، 3. آمینوکلات کلسیم سنتز شده با اسید­آمینه لایزین (Ca(Lys)2) بود که منبع نیترات کلسیم از شرکت تحقیقی و تولیدی گروه امامی با نام محصول pear green و آمینوکلات کلسیم سنتز شده با اسید­آمینه لایزین از شرکت دانش بنیان زیست فناوران نوین قم تهیه گردید. کلسیم کلات شده با لایزین به شکل مایع و کاملاً محلول در آب است که جذب سریعی برای گیاهان دارد. میزان کلسیم آن 15 درصد بوده که برای محلول‌های کوددهی مناسب است. لایزین نیز به عنوان یک اسید آمینه به بهبود جذب و انتقال کلسیم کمک می‌کند.گل رز تازه پیوند شده رقم جومیلیا[[1]](#footnote-1) (پایه نسترن ناتال برایار[[2]](#footnote-2) و پیوندک گل رز رقم جومیلیا) به دلیل زیبایی، لطافت، و ماندگاری بالا بسیار محبوب است که گلبرگ‌های این رقم به رنگ سفید با لبه‌های صورتی ظریف هستند که به آن جلوه‌ای زیبا و خاص می‌بخشد که به دلیل ماندگاری طولانی نیز مورد توجه قرار می‌گیرد و برای تولیدکنندگان گل‌های شاخه‌بریده ارزشمند است که این بوته ها از گلخانه محمدنیا واقع در استان اصفهان تهیه و در بستر هیدروپونیک 100% پرلیت (3-5 میلی­متر) کشت شدند. محلول غذایی پایه (محلول هوگلند اصلاح شده با غلظت %50) مطابق با (جدول1) تهیه شد( Hothem *et al*., 2018) ، و به مدت 30 روز برای اطمینان از استقرار اولیه، رشد یکنواخت و عدم تجمع عناصر غذایی در بستر کشت گیاهان استفاده شد. پس از 30 روز و تا پایان آزمایش، گیاهان با محلول غذایی هوگلند کامل کوددهی شدند. کلسیم با غلظت 160 میلی­گرم در لیتر، از منابع کودی نیترات کلسیم و آمینو کلات کلسیم به صورت هفتگی روی بوته­های گل رز محلول­پاشی می­شد. همچنین، شستشوی بستر به صورت هفتگی از طریق آب برای جلوگیری از انباشت نمک انجام می­شد. سیستم آبیاری به صورت قطره­ای بود و با توجه به فصول مختلف سال روزانه هشت بار بین 2 تا 4 دقیقه با قطره چکان­های 40 میلی لیتر در دقیقه، آبیاری می­شدند که در تابستان و زمستان به ترتیب به ازای هر بوته 1200 و 600 میلی لیتر در روز کودآبیاری صورت میگرفت.

قبل از برداشت گل اندازه­گیری نرخ فتوسنتز و رنگدانه­های فتوسنتزی انجام شد و همچنین برگ و گلبرگ برای تعیین غلظت عناصر ماکرو از گیاه جدا شدند و این مرحله (شکل1)، پس از شکوفایی گل­ها، در زمانی که کاسبرگ‌ها به سمت پایین خم شده و گل به شکل استوانه‌ای تغییر می­یافت، انجام گرفته (Banijamali *et al*., 2018) و شاخص­های رشدی اندازه­گیری شد. بررسی این صفات به مدت 6 ماه از ابتدای مرداد ماه1401 تا ابتدای بهمن ماه 1401 انجام گرفت و میانگین آن­ها ارائه شد.



شکل ا-زمان شکوفایی گل رز و زمان مناسب برای برداشت گل

**Figure 1-** Flowering time of rose and optimal harvest time.

جدول 1- برنامه غذایی مورد استفاده، تهیه شده طبق فرمولاسیون هوگلند.

**Table 1-** The nutritional program used, prepared according to the Hoagland formulation.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Final concentration of Element (ppm)غلظت نهایی عنصر( میلی­گرم در لیتر) | Elementعنصر | Volume of Stock Solution Per Liter of Final Solution (ml)حجم محلول موجود در هر لیتر محلول نهایی( میلی­لیتر) | Concentration of stock Solution (gL-1)غلظت محلول استوک (گرم در لیتر) | Compoundترکیب کودی |  |
| 224 | Nنیتروژن |  |  |  | Macro Nutrientsعناصر پر مصرف |
| 235 | Kپتاسیم | 6 | 101.10 | KNO3نیترات پتاسیم |
| 160 | Caکلسیم | 4 | 236.16 | Ca(No3)2-4H2Oنیترات کلسیم چهار آبه |
| 62 | Pفسفر | 2 | 115.08 | NH4H2Po4آمونیوم دی‌هیدروژن فسفات |
| 32 | Sگوگرد | 1 | 246.49 | MgSo4-7H2Oسولفات منیزیوم هفت آبه |
| 24 | Mgمنیزیوم |  |  |  |
| 1.77 | Clکلر | 2 | 1.864 | KClپتاسیم کلرید | Micro Nutrientsعناصر کم مصرف |
| 0.27 | Bبور | 2 | 0.773 | H3Bo3بوریک اسید |
| 0.11 | Mnمنگنز | 2 | 0.169 | MnSo4-H2Oسولفات منگنز یک آبه |
| 0.13 | Znروی | 2 | 0.288 | ZnSo4-7H2Oسولفات روی هفت آبه |
| 0.03 | Cuمس | 2 | 0.062 | CuSo4-5H2Oسولفات مس پنج آبه |
| 0.05 | Moمولیبدن | 2 | 0.040 | H2MoO4(85%MoO3)مولیبدیک اسید |
| 1-3 | Feآهن | 0.3-1 | 30.0 | NaFeDTPA(10%Fe)(10%آهن)آهن کلاته |

**اندازه­گیری شاخص­های رشدی**

صفات قطرگل و قطر ساقه با استفاده از کولیس دیجیتال و طول ساقه با استفاده از خط­کش بلافاصله پس از برداشت اندازه­گیری شدند. تعداد شاخه گل به صورت مشاهده­ای یادداشت و وزن شاخه تازه برداشت شده به کمک ترازوی دیجیتال با دقت 01/0 گرم ثبت شد. حجم ریشه با استفاده از روش Rose *et al*. (1991) محاسبه شد که این روش شامل غوطه ور کردن کامل ریشه بوته­ها در یک ظرف مندرج آب است. مقدار حجم آب جابجا شده برابر با حجم ریشه است، همانطور که 1 گرم آب در دمای اتاق معادل 1 سانتی­متر مکعب است.

**رنگدانه­های فتوسنتزی**

برای سنجش میزان کلروفیل آ، کلروفیل ب، کلروفیل کل و کارتنوئید از روشLichtenthaler (1987) استفاده شد بدین ترتیب که از نمونه­های برگی که در دوره گلدهی تهیه شده بود، 1/0 گرم توزین کرده و با 4 میلی لیتر استن80 درصد سائیده شد. سپس محلول حاصل به مدت 10 دقیقه با دور 3000 سانتریفیوژ شد و سپس جذب نوری محلول رویی جهت تعیین میزان کلروفیل آ، کلروفیل ب و کارتنوئید به ترتیب در طول موجهای 647 ، 664 و 470 نانومتر به وسیله اسپکتروفتومتر قرائت و از طریق فرمول­های زیر برحسب میلی­گرم در گرم بافت تر برگ محاسبه شد.

 (کلروفیل آ) Chla=12.25A664-2.79A647

 (کلروفیل ب)Chlb=21.21A647- 5.1A664

 (کلروفیل کل)ChlT= Chla+Chlb

 (کارتنوئید) Carotenoid= 1000A470-1.8chla-85.02chlb/198

A647**،** A664 **و** A470به ترتیب میزان جذب نوری در طول موج 647، 664 و 470 نانومتر است.

**نرخ فتوسنتز**

شاخص­های فتوسنتزی، از جمله نرخ فتوسنتزی (μmol CO2 m–2 s–1)، توسط دستگاه فتوسنتز متر تبادل کننده گاز قابل حمل کالیبره شده با مادون قرمز (Li-Cor, Li-3000, USA)بین ساعت 11 تا 13 ظهر، یک نوبت برای هر بوته انجام و از سه برگ­ کاملاً توسعه یافته برای اندازه گیری استفاده شد**.**

**عناصر غذایی پر مصرف**

اندازه‌گیری محتوای کلسیم، پتاسیم و فسفر در برگ‌ها و ریشه‌ها و همچنین میزان کلیسیم گلبرگ با استفاده از دستگاه طیف‌سنج انتشار پلاسما-اپتیکال جفت القایی (ICP-OES) (مدل 730-ES ساخت Varian، استرالیا) انجام شد.

نمونه‌ها در آون با دمای 70 درجه سلسیوس به مدت 48 ساعت خشک شدند و به طور جداگانه آسیاب شده و از الک سایز 40 مش عبور داده شدند. سپس پودرها در دمای 500 درجه سلسیوس به مدت 4 ساعت خاکستر شدند. 1/0 گرم خاکستر در 10 میلی­لیتر اسید هیدروکلریک 2 مولار (HCl) حل شد سپس از طریق کاغذ صافی فیلتر شد. عصاره با استفاده از آب مقطر تا 100 میلی­لیتر رقیق و به حجم رسانده شد. برای اندازه­گیری نیتروژن کل در برگ‌ها و ریشه‌ها از روش MicroKjeldahl استفاده شد (Kacar, 1994).

**عوامل تاثیرگذار در تعیین کیفیت پس از برداشت**

در طی دوره پس از برداشت صفات تعیین کننده کیفیت پس از برداشت شامل: شاخص پایداری غشا، درصد تغییرات وزن و عمر گلجایی تعیین شد. بدین منظور، انتهای ساقه‌های گل های شاخه بریده در زیر آب به طول 2 سانتی‌متر بریده شد و برگ‌ها از 10 سانتی‌متر پایین ساقه جدا شدند و در ظروف حاوی 500 میلی لیتر آب مقطر نگهداری شدند. تعویض آب مقطر نیز هر 2 روز یکبار انجام می­گرفت. ظروف در دمای 2 ± 25 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 65 درصد و چرخه روشنایی/ تاریکی، 16/ 8 با استفاده از لامپ­های فلورسنت با شدت نور 20 میکرومول بر متر مربع در ثانیه نگهداری شد(Banijamali *et al*., 2018).

**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) (Wei *et al*., 2021).

**درصد تغییرات وزن تازه**

برای اندازه­گیری درصد تغییرات وزن تازه، وزن اولیه ساقه گل بلافاصله پس از برداشت و متعاقباً در روزهای 2، 4، 6، 8 و 10 اندازه­گیری شد و در نهایت درصد افزایش و کاهش وزن تر گزارش شد (Tore *et al*., 1999).

**شاخص پایداری غشا گلبرگ**

شاخص پایداری غشا (MSI)[[3]](#footnote-3)، با استفاده از دستگاه رسانایی سنج الکتریکی بر اساس روش (2008) Singh *et* *al* انجام شد. نمونه­های گلبرگ با وزن 200 میلی­گرم در 10 میلی لیتر آب دوبار تقطیرشده غوطه­ور شدند و به مدت 30 دقیقه در حمام آب 40 درجه سلسیوس قرار گرفتند. سپس رسانایی الکتریکی محلول (EC1) با استفاده از دستگاه رسانایی سنج خوانده شد. نمونه­ها در حمام آب 100 درجه سلسیوس به مدت 15 دقیقه قرار گرفتند و قرائت رسانایی الکتریکی دوم (EC2) پس از سرد شدن محلول­ها و رسیدن دمای محلول به دمای اتاق گرفته شد. MSI با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

MSI (%) = [1 − (EC1 / EC2)] × 100

**تجزیه و تحلیل داده­ها**

 تجزیه و تحلیل داده­ها با نرم افزار SAS (Ver 9.4) و مقایسه میانگین تیمارها توسط آزمون حداقل تفاوت معنی­دار (LSD) در سطح احتمال 5% و ترسیم نمودارها با نرم افزار EXCEL انجام گرفت.

**نتایج و بحث**

**شاخص­های رشدی**

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد با محلول­پاشی Ca(NO₃)₂) طول ساقه 26/38 درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت ( جدول 2)، که نشان­دهنده ضرورت حضور کلسیم برای افزایش طول سلول و تقسیم سلولی است (Al-Ibraheemi *et al*., 2021)، همچنین حضور کلسیم با متابولیسم هورمون­ها مرتبط است و سنتز اکسین را تقویت می­کند (Vanneste and Friml 2013)، بنابراین احتمالا افزایش طول ساقه در اثر محلول­پاشی Ca(NO₃)₂ می­تواند بدلیل نقش آن در افزایش غلظت نیتروژن برگ باشد، زیرا نیتروژن در ساختار اکسین نقش دارد و اکسین هورمونی است که منجر به افزایش رشد و نمو گیاه می­شود (Mohammed and Abood 2020). گیاهان شاهد، که هیچ کود کلسیمی روی آنها محلول­پاشی نشده بود، از نظر رشد ضعیف بودند (جدول 2). طول ساقه یکی از معیارهای اصلی تعیین کیفیت گل­های شاخه بریده است. استحکام ساقه باید به اندازه­ای قوی باشد که وزن برگ­ها و گل آذین را تحمل و به خوبی از آن­ها حمایت کند (Seydmohammadi et al., 2020)، بنابراین مطابق با نتایج فوق اثر محلول­پاشی نیترات کلسیم بر افزایش طول ساقه و بهبود رشد رویشی گزارش شده است (Al-Ibraheemi *et al*., 2021).

محلول­پاشی با Ca(NO₃)₂ و Ca(Lys)2 باعث افزایش قطر ساقه به ترتیب 87/29 و 01/26 درصد نسبت به شاهد شدند و همچنین بین تیمارهای Ca(NO₃)₂ و Ca(Lys)2 از لحاظ آماری تفاوت معنی­داری وجود نداشت (جدول 2).موثرترین تیمار برای بهبود وزن تر ساقه Ca(NO₃)₂ بود. محلول­پاشی منابع مختلف کلسیم وزن تر ساقه را نسبت به شاهد بهبود بخشبد که Ca(NO₃)₂ و Ca(Lys)2 به ترتیب افزایش 47/37 و24/23 درصدی وزن تر ساقه نسبت به شاهد را ایجاد کردند ( جدول 2). قطر گل افزایش معنی­داری در تیمارهای محلول­پاشی شده با منابع مختلف کلسیم نسبت به شاهد داشت و تیمارهای Ca(NO₃)₂ و Ca(Lys)2 به ترتیب افزایش 38/19 و 61/18 درصدی نسبت به شاهد داشتند (جدول 2) که به طور مشابه Ca-EDTA در افزایش قطر گل در کنگر فرنگی موثرتر عمل کرد Ismail *et al*., 2022)). Saeedi *et* *al*.(2015)*.* 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 طول مراحل رشد رزها، تیمارهای کلسیم سبب افزایش قطر گل، قطر ساقه و وزن تر شاخساره شدند و رشد گل‌ها تحت تأثیر کلسیم قرار گرفته است که برای رشد و تقسیم سلولی، ساختار و نفوذپذیری غشای سلولی، متابولیسم نیتروژن و جابه‌جایی کربوهیدرات در گیاهان مورد نیاز است ( White, 2000). مطابق با مطالعه فعلی تیمار کلسیم سبب افزایش 7 درصدی قطر گل در گل رز رقم ‘Vendentta‘ شد (Banijamali *et al*., 2018).

محلول­پاشی Ca(NO₃)₂ تاثیری بر بهبود حجم ریشه نداشت. تیمار Ca(Lys)2 بیشترین تاثیر را در افزایش حجم ریشه داشت و سبب افزایش 80/9 درصدی شد (جدول 2). اگرچه برخی از محققان بهبود رشد ریشه را در اثر تیمار کلسیم گزارش کرده­اند (Shams *et* *al*., 2012). با این حال، عدم معنی­داری کاربرد کلسیم بر رشد ریشه لوبیا (An *et al*., 2014) و کلم بروکلی (Haghighi *et al*., 2023) گزارش شده است.

با محلول­پاشی Ca(NO₃)₂ و Ca(Lys)2 تعداد گل از لحاظ آماری تحت تاثیر منبع کلسیم قرار نگرفت و تفاوت معنی­­داری وجود نداشت (جدول 2). برخی از محققان افزایش تعداد گل را به سطوح بالاتر کلسیم نسبت می­دهند (Saeedi *et al*., 2015, Mahajan and Pal 2020) با این حال، Banijamali *et* *al*. (2018) و Bar-Tal *et* *al*. (2001) عدم وجود رابطه معنی­دار بین سطح کلسیم و تعداد گل را بیان کردند.

جدول 2- اثر محلول­پاشی با منابع مختلف کلسیم بر شاخص­های رشدی رز رقم جومیلیا

**Table 2-** Effect of foliar application with different Ca sources on the growth parameters of the studied rose 'Jumilia' cultivar.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Treatmentتیمار | Stem length(cm)ارتفاع ساقه گل(سانتی متر) | Stem diameter(mm)قطر ساقه گل(میلی متر) | Stem fresh weight(gr)وزن تر ساقه گل(گرم) | Root volume(mL)حجم ریشه(میلی لیتر) | Flower diameter(mm)قطر گل(میلی متر) | Number ofFlowersتعدادشاخه گل |
| Controlشاهد | 42.75±1.09b | 4.37±0.09b | 32.14±0.20c | 76.38±2.39b | 31.36±0.52b | 6.98±0.24a |
| Ca(NO₃)₂نیترات کلسیم | 59.10±1.08a | 5.68±0.17a | 44.19±1.06a | 72.32±4.67b | 37.44±1.18a | 7.83±0.85a |
| Ca(Lys)2آمینو کلات کلسیم(لایزین) | 34.91±2.05c | 5.51±0.23a | 39.62±2.87b | 83.86±3.05a | 37.20±1.23a | 7.75±0.16a |
| **در هر ستون میانگین­هاي داراي حداقل یک حرف مشترك بر مبناي آزمون** LSD **در سطح احتمال 5 درصد معنی­دار نیستند.**In each column means with the same letter are not significantly different at 5% of probability level based on LSD test**.** |

**رنگدانه­های فتوسنتزی**

رزهای تیمار شده با Ca(NO₃)₂ حاوی مقادیر بیشتری از Chla و Chlb نسبت به تیمار شاهد و Ca(Lys)2 بودند. محلول­پاشی Ca(Lys)2 از لحاظ آماری تاثیری بر میزان کلروفیل رزها نسبت به شاهد نداشت. بیشترین میزان ChlT در رزهای تیمار شده با Ca(NO₃)₂ مشاهده شد. در مقایسه با شاهد، ChlT 53/37درصد در معرض Ca(NO₃)₂ افزایش یافت (جدول 3). نقش Ca(NO₃)₂ در افزایش Chla ، Chlb و ChlT چشمگیرتر از Ca(Lys)2 بود. طبق پژوهش­های صورت گرفته نیتروژن و منیزیم در ساختار کلروفیل نقش دارند (Roosta *et al*., 2024). بنابراین می­توان گفت استفاده از Ca(NO₃)₂ با تشدید جذب نیتروژن و منیزیم سبب افزایش میزان کلروفیل برگ در رزها شد ( جدول 4 و5). نقش کلسیم در افزایش کلروفیل در سایر گیاهان گزارش شده است به عنوان مثال تیمار با کلسیم سبب افزایش شاخص­های chla و chlb به ترتیب 54/45و 80/45 درصد نسبت به گیاهانی که در غیاب تیمار کلسیم رشد یافتند شد (Weng *et al*., 2022).

نقش Ca(Lys)2 در افزایش کارتنوئید در گل­های رز بیشتر از Ca(NO₃)₂ بود. رز های تیمار شده با Ca(NO₃)₂ و Ca(Lys)2 به ترتیب 12/31 و 11/36 درصد افزایش در غلظت کارتنوئید در مقایسه با گیاهان شاهد داشتند (جدول 3). آمینو کلات­ها نقش موثری در بهبود بیوسنتز کلروفیل و کاروتنوئید در گیاهان دارند (Souri 2016). بنابراین همانطور که انتظار می­رفت تیمار Ca (Lys)2 سبب افزایش میزان کارتنوئید شد.

جدول 3- اثر محلول­پاشی با منابع مختلف کلسیم بر رنگدانه­های فتوسنتزی رز رقم جومیلیا

**Table 3-** Effect of foliar application with different Ca sources on the photosynthetic pigments of the studied rose 'Jumilia' cultivar.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Treatmentتیمار | Chlorophyll a(mg g− 1)کلروفیل آ(میلی گرم/گرم) | Chlorophyll b(mg g− 1)کلروفیل ب(میلی گرم/گرم) | Total chlorophyll(mg g− 1)کلروفیل کل(میلی گرم/گرم) | Carotenoid(mg g− 1)کارتنوئید(میلی گرم/گرم) |
| Controlشاهد | 22.94±1.74b | 13.44±3.35b | 36.38±5.41b | 4.57±1.08b |
| Ca(NO₃)₂نیترات کلسیم | 27.75±0.33a | 22.28±2.98a | 50.03±3.05a | 5.99±0.29a |
| Ca (Lys)2آمینو کلات کلسیم(لایزین) | 24.59±1.12b | 16.03±0.69b | 40.62±3.14b | 6.22±0.62a |
| در هر ستون میانگین­هاي داراي حداقل یک حرف مشترك بر مبناي آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد معنی­دار نیستند.In each column means with the same letter are not significantly different at 5% of probability level based on LSD test |

**نرخ فتوسنتز**

نرخ فتوسنتز افزایش امیدوارکننده‌ای را تحت تیمار Ca(NO₃)₂ به همراه داشت که نسبت به شاهد افزایش 32/23 درصدی را نشان داد در حالیکه بین تیمار Ca(Lys)2 و شاهد از لحاظ آماری هیچ تفاوت معنی­داری مشاهده نشد (شکل 2). کلروفیل یک رنگدانه فتوسنتزی است که محتوای آن ارتباط نزدیکی با ظرفیت فتوسنتزی گیاهان دارد (Mohsenpour and Willoughby 2013). بنابراین احتمالا می­توان انتظار داشت با افزایش رنگدانه­های فتوسنتزی میزان فتوسنتز در رزها افزایش یابد. مطالعات پیشین نقش کلسیم را در حفظ فتوسنتز با تعدیل تبادل گاز در برگ­ها، فرآیندهای PSII و بیان ژن های مرتبط با سنتز کلروفیل بیان کرده­اند (Zhang *et al*., 2020). از بین منابع مختلف کلسیم، محلول­پاشی Ca(NO₃)₂ نسبت به سایر منابع به طور موثرتری سبب افزایش کلروفیل و فتوسنتز شد. در تایید نتاج فوق بهبود کارایی فتوسنتز در گیاه گوجه­فرنگی تیمار شده با کلسیم گزارش شده است (Coutinho *et* *al*., 2020). افزایش فتوسنتز در اثر محلول­پاشی کلسیم در پژوهش­های پیشین نیز گزارش شده است. بطوریکه محلول­پاشی کلسیم نرخ فتوسنتز در گندم را 7/28 درصد و در ذرت 45 درصد افزایش داد (Dolatabadian et al., 2013, Naeem et al., 2018).



شکل 2- اثر محلول­پاشی با منابع مختلف کلسیم بر نرخ فتوسنتز رز رقم جومیلیا. ستون­های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال %5 با آزمون LSD هستند.

**Figure 2-** Effect of foliar application with different Ca sources on the photosynthesis rate (a) and transpiration rate (b) of 'Jumilia' cultivar. (Different letters indicate statistical significance, p < 0.05)

**شاخص پایداری غشا**

تیمارهای کلسیم اعمال شده شاخص پایداری غشا را به طور قابل توجهی در رز افزایش دادند، بیشترین میزان شاخص پایداری غشا تحت تیمار Ca(NO₃)₂ بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش 62/13 درصدی را نشان داد همچنین بین تیمار Ca(NO₃)₂ و Ca(Lys)2 تفاوت معنی­داری وجود نداشت (شکل 3 الف). کلسیم نقش مهمی در به تاخیر انداختن روند پیری و افزایش طول عمر گل­های شاخه بریده دارد و به خوبی شناخته شده است که با کاهش عرضه کلسیم و یا مختل شدن حمل و نقل آن در گیاه، کمبود کلسیم موضعی ایجاد می­شود که منجر به شکست غشا و یا شکست دیواره سلولی می­شود (Hocking *et al*., 2016).

در حالیکه طبق یافته­های این پژوهش، محلول­پاشی منابع مختلف کلسیم بویژه Ca(NO₃)₂ با افزایش غلظت کلسیم در گلبرگ (شکل5 ب) باعث بهبود MSI می­شود (شکل3 الف). کاهش آسیب غشایی یا MSI بالاتر، ناشی از نقش کلسیم در ساختار غشای سلولی و دیواره سلولی است و همچنین به دلیل نقش کلسیم در القای آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و در نتیجه کاهش سطوح رادیکال­های آزاد است که منجر به افزایش پایداری غشاء می­شود (Sairam *et* *al*., 2011). به عنوان مثال Abdolmaleki *et al*. (2015) گزارش کردند اعمال تیمار کلسیم قبل از برداشت، باعث تاخیر در آسیب به غشای سلولی و در نتیجه افزایش عمر گلجایی گل­های شاخه بریده رز می­شود.

**عمر گلجایی**

بوته­های رز تیمار شده با کلسیم عمر گلجایی بیشتری نسبت به بوته­های شاهد نشان دادند از بین تیمارهای مختلف Ca(NO₃)₂ بیشترین تاثیر را در افزایش عمر گلجایی داشت و این افزایش 1/4 روز بیشتر نسبت به گیاهان شاهد بود. همچنین Ca(Lys)2 نیز در مقایسه با شاهد سبب افزایش 4/3 روز عمر گلجایی شد. استفاده از Ca(NO₃)₂ و Ca(Lys)2 در به تعویق انداختن پیری در گل رز موثر بودند (شکل 3 ب). محلول­پاشی Ca(NO₃)₂ سبب افزایش جذب کلسیم توسط گلبرگ­های (شکل 5 ب) رز شد و از این طریق توانست عمر گلجای بیشتری را در مقایسه با سایر تیمارها ثبت کند، زیرا افزایش غلظت کلسیم در گلبرگ­های گل شاخه بریده رز با کاهش تولید اتیلن و تاخیر در پیری مرتبط است (Torre *et al*., 1999). در واقع می­توان گفت که هر منبعی که بتواند به طور موثرتری غلظت کلسیم را در گلبرگ­ها 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 رز، لیلیوم، ژربرا و گلایول گزارش داده شده است (Sairam *et al*., 2011, Abdolmaleki *et al*., 2015, Zhang *et al*., 2018, Aghdam *et al*., 2019) لازم به ذکر است پاسخ‌های مشابه ارقام مختلف گل رز با زمینه‌های ژنتیکی متمایز، نشان دهنده اثر کلی کلسیم بر زندگی پس از برداشت و پیری است (Torre *et* *al*., 1999).



شکل 3- اثر محلول­پاشی با منابع مختلف کلسیم بر شاخص پایداری غشا (الف) و عمر گلجایی (ب) رز رقم جومیلیا. ستون­های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال %5 با آزمون LSD هستند.

**Figure 3-** Effect of foliar application with different Ca sources on the membrane stability index (a) and vase life (b) of 'Jumilia' cultivar. (Different letters indicate statistical significance, p < 0.05)

**درصد تغییرات وزن**

در مطالعه حاضر، تغییرات وزن رزها به طور قابل توجهی تحت تأثیر تیمارهای کلسیم قرار گرفت، افزایش وزن تر پس از اعمال تیمارهای کلسیم تا روز ششم اما در شاهد تا روز چهارم ادامه یافت و پس از آن وزن تازه شروع به کاهش کرد. در روز ششم پس از برداشت وزن تر دررز های تیمار شده با Ca(NO₃)₂ و Ca(Lys)2 به ترتیب 97/11 و 34/18 درصد افزایش یافت. پس از 10 روز، درصد کاهش وزن در گل­های شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود و به کمتر از وزن اندازه­گیری شده در روز اول رسید، در مقابل در گیاهان تیمار های کلسیم وزن تر بیشتری را ثبت کردند(شکل 4). نتایج این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط Torre *et al*. (1999) مطابقت دارد که گزارش دادند کلسیم نقش موثری در افزایش وزن تازه گل­های شاخه بریده رز و تاخیر در کاهَش آن دارد. از مشکلات عمده ای در گلهای شاخه بریده این است که کاهش وزن چند روز پس از برداشت به سرعت شروع می­شود و در زمان پیری به اوج خود می­رسد (Jiang *et al*., 2019). عمر گل­های شاخه بریده را میتوان با به تاخیر انداختن کاهش وزن و حفظ تعادل بین جریان آب افزایش داد. در این راستا کلسیم میتواند جریان آب را از طریق ساقه‌ها و ارتباط با پکتین در دیواره‌های سلولی آوند چوبی افزایش دهد (van Ieperen and van Gelder 2006). تیمار کلسیم نیز بیشترین تاثیر را بر کاهش افت وزن در انبارداری زرشک داشت (Moradinezhad *et al*., 2018).

****

شکل 4- اثر محلول­پاشی با منابع مختلف کلسیم بر درصد تغییرات وزن تازه رز رقم جومیلیا. ستون­های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال %5 با آزمون LSD هستند.

**Figure 4-** Effect of foliar application with different Ca sources on percentage changes in fresh weight of 'Jumilia' cultivar. (Different letters indicate statistical significance, p < 0.05)

**عناصر غذایی پر مصرف**

بیشترین غلظت کلسیم برگ و گلبرگ در گیاهان تیمار شده با Ca(NO₃)₂ بدست آمد که به ترتیب 85/1و 65/1 برابر نسبت به شاهد بود. همچنین اعمال Ca(Lys)2باعث افزایش و ایجاد تفاوت معنی دار با شاهد شد. تأثير يكـسان منـابع مختلـف كلـسيم مـورد استفاده در اين آزمايش بـر غلظـت كلـسيم بـرگ و گلبرگ را مي­توان به نفوذپذیری مطلوب Ca(NO₃)₂ و Ca(Lys)2 در بافت­های گیاهی در جهت تامین کلسیم نسبت داد که این نتایج با گزارشات Youssef *et* *al*. (2017) مطابقت دارد که بیان کردند محلول­پاشی کلسیم باعث افزایش غلظت کلسیم در برگ کاهو می­شود. البته به دليل تفاوت زياد مقدار تعرق بين گل­ها و برگ­ها، کلسیم بیشتری به سمت برگ­هاي تعـرق كننـده هـدايت مي­شود كه اين مسئله منجر به افزايش چنـدين برابـري غلظـت كلسيم برگ نسبت به گلبرگ مي­شود، در همین راستا شاهد افزایش چندین برابری (13 تا 17 برابری) غلظت كلسيم برگ­ها در مقایسه با گلبــرگ­هــا بــودیم. چنــين تفاوت­هايي در غلظت كلسيم بين برگ­ها و گلبرگ­هـا در ديگـر تحقيقات انجام شده در گل رز نيز اثبات شده است (Bar-Tal *et* *al*., 2001).

 بیشترین افزایش غلظت کلسیم ریشه در تیمار Ca(Lys)2بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش 87/31 درصدی را نشان داد. 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 است لذا پس از محلول­پاشی احتمال کمبود آن در ریشه­های در حال رشد بیشتر است اما آمینواسیدها به دلیل ساختار و ويژگی­های شیمیايیشان به سادگی قادر به توزيع در سیتوپلاسم سلولی هستند، بنابراین پس از کمپلکس کردن فلزات دسترسی آن­ها براي قسمت های مختلف گیاهی از جمله ریشه را بهبود می­بخشند. کمترین غلظت کلسیم برگ، گلبرگ و ریشه مربوط به تیمار شاهد بود (شکل 5 الف، ب و ج).





شکل 5- اثر محلول­پاشی با منابع مختلف کلسیم بر غلظت کلسیم گلبرگ (الف)، غلظت کلسیم برگ (ب) و غلظت کلسیم ریشه (ج) رز رقم جومیلیا. ستون­های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال %5 با آزمون LSD هستند.

**Figure 5-** Effect of foliar application with different Ca sources on Ca concentration in petal (a), leaf (b), and root (c) of 'Jumilia' cultivar. (Different letters indicate statistical significance, p < 0.05)

محلول­پاشی کلسیم منجر به تغییرات مشخصی در سطوح عناصر غذایی برگ‌ و ریشه رز شد. بیشترین غلظت نیتروژن (N)برگ با تیمار Ca(NO₃)₂ مشاهده شد و باعث افزایش 16/31 درصدی در مقایسه با تیمار شاهد بود که از لحاظ آماری تفاوت معناداری با تیمار Ca(Lys)2 نداشت (جدول4). اثر مثبت کلسیم بر افزایش جذب N توسط Banijamali *et al*. (2018) and A Hussein *et* *al*. (2023) نیز گزارش شده است. تیمار های کلسیم از لحاظ آماری تاثیر معنی داری بر بهبود N ریشه نداشتند (جدول4) .

 افزایش 55/3 درصدی فسفر (P)برگ تیمار شده با Ca(Lys)2 در مقایسه با شاهد مشاهده شد. در همین راستا در کنگر فرنگی تیمار Ca-EDTA در افزایش P موثرتر از Ca(NO₃)₂ بود (Ismail *et* *al*., 2022). در حالیکه تیمار Ca(NO₃)₂سبب کاهش معنادار P برگ شد (جدول4). محلول­پاشی منابع کلسیمی سبب کاهش P ریشه نسبت به شاهد شد که بیشترین کاهش مربوط به تیمارCa(Lys)2 بود که با کاهش 65/1 برابری همراه بود (جدول4).

نتایج نشان می‌دهد که تیمار Ca(Lys)₂ بیشترین غلظت پتاسیم (K) را در برگ‌ها ایجاد کرده، در حالی که تیمار Ca(NO₃)₂ باعث کاهش غلظت K در برگ‌ها و افزایش جذب K توسط ریشه‌ها شده است (جدول4). این نتایج نشان می‌دهد که تیمار Ca(NO₃)₂ ممکن است با بهبود جذب پتاسیم از خاک، تأثیر مثبتی بر ریشه‌ها داشته باشد، در حالی که تیمار Ca(Lys)₂ به نظر می‌رسد که به بهبود توزیع پتاسیم در گیاه کمک کرده است. این یافته‌ها با مطالعات قبلی که تأثیر کلسیم را بر افزایش پتاسیم در ریشه (Türkmen et al., 2004)، و کاهش آن در برگ‌ها گزارش کرده‌اند (Banijamali et al., 2018)، هم‌راستا است و نشان‌دهنده تأثیرات متفاوت تیمارهای کلسیمی بر توزیع پتاسیم در گیاهان می‌باشد.

جدول 4- اثر محلول¬پاشی با منابع مختلف کلسیم بر عناصر غذایی پرمصرف رز رقم جومیلیا

**Table 4-** Effect of foliar application with different Ca sources on the macroelements of the studied rose 'Jumilia' cultivar

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Leaf (%)برگ( درصد) | Root (%)ریشه( درصد) |
| Treatmentتیمار | Nنیتروژن | Pفسفر | Kپتاسیم | Nنیتروژن | Pفسفر | Kپتاسیم |
| Controlشاهد | 3.879±0.023b | 1.128±0.012b | 1.671±0.036b | 2.843±0.020a | 4.116±0.040a | 0.487±0.008c |
| Ca(NO₃)₂نیترات کلسیم | 5.088±0.013a | 0.935±0.008c | 1.298±0.032c | 2.571±0.036a | 1.930±0.028b | 2.105±0.024a |
| Ca (Lys)2آمینو کلات کلسیم(لایزین) | 4.919±0.031a | 1.168±0.026a | 1.773±0.035a | 2.692±0.031a | 1.519±0.029c | 1.982±0.017b |
| در هر ستون میانگین­هاي داراي حداقل یک حرف مشترك بر مبناي آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد معنی­دار نیستند.In each column means with the same letter are not significantly different at 5% of probability level based on LSD test |

**نتیجه­گیری**

نتایج این تحقیق به‌وضوح نشان‌دهنده تأثیر مثبت محلول‌پاشی کلسیم بر روی شاخص‌های مختلف رشدی و کیفیت گل‌های رز است. استفاده از Ca(NO₃)₂ به‌طور قابل توجهی طول ساقه، قطر ساقه، وزن تر ساقه و قطر گل را نسبت به شاهد افزایش داد و همچنین موجب افزایش میزان کلروفیل و نرخ فتوسنتز شد. این نتایج نشان می‌دهند که کلسیم نقش حیاتی در بهبود رشد رویشی و کیفیت گل‌ها دارد. از طرفی، تیمار Ca(Lys)₂ تاثیر بیشتری بر افزایش کارتنوئیدها داشت، که به نوبه خود بر کیفیت رنگدانه‌ها و ویژگی‌های ظاهری گل‌ها اثر مثبت گذاشت. همچنین، کلسیم به‌ویژه از طریق Ca(NO₃)₂ به‌طور مؤثری شاخص پایداری غشا را بهبود بخشید و عمر گلجایی را افزایش داد. در زمینه غلظت عناصر غذایی، Ca(NO₃)₂ و Ca(Lys)₂ تأثیرات متفاوتی بر توزیع نیتروژن و پتاسیم در برگ‌ها و ریشه‌ها داشتند. بر اساس این نتایج، توصیه می‌شود که برای بهبود رشد و کیفیت گل‌های شاخه‌بریده، استفاده از محلول‌پاشی کلسیم به‌ویژه Ca(NO₃)₂ به‌عنوان یک راهکار مؤثر در نظر گرفته شود. این روش می‌تواند به بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی گل‌ها، افزایش عمر گلجایی و کاهش مشکلات مرتبط با کاهش وزن پس از برداشت کمک کند.

**تشکر و سپاسگزاری**

بدین وسیله از حمایت­های مالی دانشگاه فردوسی مشهد بابت انجام این پژوهش مرتبط با پایان نامه دکتری تخصصی با کد 54013/3 کمال تشکر و قدردانی را داریم.

**تضاد منافع:**

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌گونه تضاد منافعی با شـخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

**منابع**

1. A Hussein, M., 2023. Effect of Amino Acids, Mono-Potassium Phosphate, and Calcium Foliar Application on Flowering, Yield, and Fruit Quality of Mango “Ewaise” Cultivar. Alexandria Sci. Exch. J. 44(2), 225-235. https://dx.doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2023.306511
2. 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. Int. J. Hortic. Sci. Technol. 2 (1), 55-66.
3. Aghdam, M., Asil, M.H., Ghasemnezhad, M., Mirkalaei, S.M., 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. Adv. Hortic. Sci. 33(1), 57-66.
4. Al-Ibraheemi, R.A., Alrubye, H.K., Mashkoor, S.A., Alaunaibi, R.M., 2021. The Effect Of Calcium On The Growth And Flowering Of The Rose Moss Portulaca Grandiflora L. Using Hydroponic System. NVEO. 2531-2535.
5. Almeida, P.H., Mógor, Á., Ribeiro, A., Heinrichs, J., Amano, E., 2016. Increase in lettuce (Lactuca sativa L.) production by foliar calcium application. Aust. J. Basic & Appl. Sci. 10(16), 161-167.
6. Amor, F.M.D., Marcelis, L.F.M., 2003b. Regulation of nutrient uptake, water uptake and growth under calcium starvation and recovery. JAST. 78(3), 343-349. https://doi.org/10.1080/14620316.2003.11511629
7. An, P., Li, X., Zheng, Y., Eneji, A.E., Inanaga, S., 2014. Calcium effects on root cell wall composition and ion contents in two soybean cultivars under salinity stress. Can. J. Plant Sci. 94(4), 733-740. https://doi.org/10.4141/cjps2013-291
8. 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’. J. Plant Nutr. 41(9), 1205-1213. https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1443127
9. 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. https://dx.doi.org/10.1051/agro:2001132
10. Bendahmane, M., Dubois, A., Raymond, O., Bris, M.L., 2013. Genetics and genomics of flower initiation and development in roses. J. Exp. Bot. 64(4), 847-857. https://doi.org/10.1093/jxb/ers387
11. 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. https://doi.org/10.21273/HORTSCI14208-19
12. 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. Res., Soc. Dev. 9(11), e74791110148-e74791110148. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10148
13. 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. Physiol. Mol. Biol. Plants. 19, 189-198. https://doi.org/10.1007/s12298-013-0165-7
14. 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. Sci. Hortic. 307, 111529. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111529
15. Hocking, B., Tyerman, S.D., Burton, R.A., Gilliham, M., 2016. Fruit calcium: transport and physiology. Front. Plant Sci. 7, 569. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00569
16. Hothem, S. D., Marley, K. A., & Larson, R. A., 2003. Photochemistry in Hoagland's nutrient solution. J. Plant Nutr, 26(4), 845-854. https://doi.org/10.1081/PLN-120018569
17. 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. J. Plant Prod. 13(9), 743-752. https://dx.doi.org/10.21608/jpp.2022.159772.1165
18. Jiang, A., Zuo, J., Zheng, Q., Guo, L., Gao, L., Zhao, S., . . . Hu, W., 2019. Red LED irradiation maintains the postharvest quality of broccoli by elevating antioxidant enzyme activity and reducing the expression of senescence-related genes. Sci. Hortic. 251, 73-79. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.016
19. Kacar, B., 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri. Ankara Ünİversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı.
20. Lichtenthaler, H.K., 1987. [34] Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: Methods in enzymology. Elsevier. pp. 350-382. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1
21. Mahajan, M., Pal, P.K., 2020. Flower yield and chemical composition of essential oil from Rosa damascena under foliar application of Ca (NO3) 2 and seasonal variation. Acta Physiol. Plant. 42(2), 23. https://doi.org/10.1007/s11738-019-2996-5
22. Mileva, M., Ilieva, Y., Jovtchev, G., Gateva, S., Zaharieva, M.M., Georgieva, A., Vilhelmova-Ilieva, N., 2021. Rose flowers—A delicate perfume or a natural healer? Biomolecules. 11(1), 127. https://doi.org/10.3390/biom11010127
23. Mohammed, R.A.J., Abood, B.M.A., 2020. Effect of bacterial inoculum, spraying with calcium nitrate and salicylic acid in vegetative and flowery growth traits of gerbera jamesonii. Plant. Arch. 20(1), 633-638.
24. Mohsenpour, S.F., Willoughby, N., 2013. Luminescent photobioreactor design for improved algal growth and photosynthetic pigment production through spectral conversion of light. Bioresour. Technol. 142, 147-153. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.05.024
25. Moradinezhad, F., Hassan Pour, S., Sayyari Zahan, M.H., 2018. Influence of preharvest spray of calcium chlorideand salicylic acid on physicochemical and quality properties of fresh seedless barberry fruit. J. Hortic. Sci. 32(1), 61-74. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v32i1.60331. (In Persian with English abstract)
26. 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. Arch. Agron. Soil Sci. 64(1), 116-131. https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1327713
27. Nayyar, H., Kaushal, S., 2002. Alleviation of negative effects of water stress in two contrasting wheat genotypes by calcium and abscisic acid. Biol. Plant. 45, 65-70. https://doi.org/10.1023/A:1015132019686
28. Niu, J., Liu, C., Huang, M., Liu, K., Yan, D., 2021. Effects of foliar fertilization: a review of current status and future perspectives. J. Soil Sci. Plant Nutr. 21, 104-118. https://doi.org/10.1007/s42729-020-00346-3
29. Roosta, H., Nili, F., Pourkhaloee, A., Askari, N., 2024. Effects of supplemental light quality and foliar application with calcium on photosynthetic parameters and flower stem strength of cut gerbera (Gerbera jamesonii ‘Bayadere’). Int. J. Hortic. Sci. Technol. 11(1), 69-82. 10.22059/ijhst.2023.356795.625
30. Rose, R., Atkinson, M., Gleason, J., Sabin, T., 1991. Root volume as a grading criterion to improve field performance of Douglas-fir seedlings. New Forests. 5, 195-209. https://doi.org/10.1007/BF00028111
31. 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. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.9.1394
32. Sairam, R.K., Vasanthan, B., Arora, A., 2011. Calcium regulates Gladiolus flower senescence by influencing antioxidative enzymes activity. Acta Physiol. Plant. 33, 1897-1904. https://doi.org/10.1007/s11738-011-0734-8
33. Seifu, Y., Deneke, S., 2017. Effect of calcium chloride and calcium nitrate on potato (Solanum tuberosum L.) growth and yield. J. Hortic. 4(3), 207-211. https://doi.org/10.4172/2376-0354.1000207
34. 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 Physiol. Rep. 25, 140-148. https://doi.org/10.1007/s40502-019-00473-9
35. 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. J. Plant Nutr. 35(9), 1303-1313. https://doi.org/10.1080/01904167.2012.684123
36. Singh, A., Kumar, J., Kumar, P., 2008. Effects of plant growth regulators and sucrose on post harvest physiology, membrane stability and vase life of cut spikes of gladiolus. Plant Growth Regul. 55, 221-229. https://doi.org/10.1007/s10725-008-9278-3
37. Souri, M.K., 2016. Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. Open Agric. J. 1(1), 118-123. https://doi.org/10.1515/opag-2016-0016
38. Souri, M.K., Hatamian, M., 2019. Aminochelates in plant nutrition: a review. J. Plant Nutr. 42(1), 67-78. https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1549671
39. Torre, S., Borochov, A., Halevy, A.H., 1999. Calcium regulation of senescence in rose petals. Physiol. Plant. 107(2), 214-219. https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1999.100209.x
40. 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 agric. Scand., B Soil plant sci. 54(3), 168-174. https://doi.org/10.1080/09064710310022014
41. van Ieperen, W., van Gelder, A., 2006. Ion-mediated flow changes suppressed by minimal calcium presence in xylem sap in Chrysanthemum and Prunus laurocerasus. J. Exp. Bot. 57(11), 2743-2750. https://doi.org/10.1093/jxb/erl039
42. Vanneste, S., Friml, J., 2013. Calcium: The Missing Link in Auxin Action. Plants. 2(4), 650-675.
43. Wei, L., Wang, C., Liao, W., 2021. Hydrogen Sulfide Improves the Vase Life and Quality of Cut Roses and Chrysanthemums. J. Plant Growth Regul. 40(6), 2532-2547. https://doi.org/10.1007/s00344-021-10312-7
44. Weng, X., Li, H., Ren, C., Zhou, Y., Zhu, W., Zhang, S., Liu, L., 2022. Calcium Regulates Growth and Nutrient Absorption in Poplar Seedlings. Front. Plant Sci. 13. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.887098
45. White, P.J., 2000. Calcium channels in higher plants. Biochim. Biophys*.* Acta.1465(1), 171-189. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0005-2736(00)00137-1
46. WHITE, P.J., BROADLEY, M.R., 2003. Calcium in Plants. Ann. Bot. 92(4), 487-511. https://doi.org/10.1093/aob/mcg164
47. 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). Egypt. J. Hortic. 44(1), 1-16. https://doi.org/10.21608/ejoh.2017.892.1000
48. Zhang, J., Fang, H., Huo, J., Huang, D., Wang, B., Liao, W., 2018. Involvement of Calcium and Calmodulin in Nitric Oxide-Regulated Senescence of Cut Lily Flowers. Front. Plant Sci. 9. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01284
49. 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. Sci. Hortic. 261, 108953. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108953

**The comparison of calcium nitrate and calcium amino chelate (lysine) foliar application on the nutritional status, vegetative and reproductive characteristics, and postharvest longevity of the 'Jumilia' rose cultivar.**

**Saeed Khosravi1,** Ali Tehranifar\*1, Yahya Selahvarzi1, [Amir Hossein Khoshgoftarmanesh](http://khoshgoftar.iut.ac.ir/)2, Leyla Cheheltanan1

**Abstract:**

Calcium plays a crucial role in improving the growth and quality of cut flowers, and selecting the appropriate calcium source can significantly benefit rose producers. This study aimed to evaluate the effects of foliar application of calcium nitrate, amino calcium chelate, and control (distilled water) on the growth, morphological traits, nutrient concentrations, and vase life of the rose cultivar 'Jumilia.' The research was conducted in the ornamental research greenhouse at Ferdowsi University of Mashhad in a completely randomized design with four replications, each containing six plants, over a period of six months from early August 2022 to early February 2023. The results showed that foliar application of calcium nitrate significantly improved the growth traits of roses, increasing stem length, stem diameter, fresh stem weight, flower diameter, and flower count by 38.26%, 29.87%, 37.47%, 19.38%, and 12.20%, respectively. Additionally, calcium nitrate application increased chlorophyll a, b, and total chlorophyll content by 20.96%, 65.77%, and 37.53%, respectively, resulting in a 23.32% increase in photosynthesis rate. The highest carotenoid content and root volume were obtained from the application of amino calcium chelate. The findings also indicated that calcium nitrate was effective in supplying calcium to the petals, leading to a 13.62% increase in membrane stability index and a 4.1-day extension in vase life compared to the control treatment. Amino calcium chelate played a key role in delaying weight loss and providing calcium and nitrogen to the roots, as well as phosphorus and potassium to the leaves. Meanwhile, the highest nitrogen concentration in leaves, as well as phosphorus and potassium concentration in roots, was achieved with calcium nitrate application. Based on the results, weekly foliar application of calcium at a concentration of 160 mg/L, especially from calcium nitrate, is recommended to supply the calcium requirements of roses and improve their growth traits and vase life

.**Keywords:** Growth, Membrane Stability Index, Nutrients, Photosynthesis, Vase Life

**Background and Objective:** The rose is one of the most popular cut flowers (Mileva et al., 2021). Calcium plays a significant role in enhancing its performance and quality (Haghighi et al., 2023; Abdolmaleki et al., 2015). Despite the evaluation of several calcium sources for improving the quality of ornamental plants, there has been limited research on the best calcium source for roses. This study aims to compare the effects of foliar application of calcium nitrate and amino chelated calcium on calcium supply and the improvement of quantitative and qualitative traits of roses.

1. Department of Horticultural Science and landscape, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2. Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran.
3. \* Corresponding author, Email: tehranifar@um.ac.ir

**Methods:** This research was conducted in the greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad on the Jumilia rose cultivar, using a completely randomized design with four replications and six observations. The treatments included foliar application of distilled water (control), calcium nitrate, and amino chelated calcium synthesized with lysine amino acid. Traits evaluated included stem length, stem diameter, stem fresh weight, flower diameter, number of flowers, root volume, chlorophyll a, b, total chlorophyll, carotenoids, membrane stability index, weight loss percentage, vase life, and concentrations of calcium, nitrogen, potassium, and phosphorus in the roots and leaves, as well as calcium concentration in the petals.

**Results:** The results indicate that calcium nitrate led to increases in stem length (38.26%), stem diameter (29.87%), stem fresh weight (37.47%), flower diameter (19.38%), and number of flowers (12.20%). Additionally, calcium nitrate increased chlorophyll a, b, and total chlorophyll by 20.96%, 65.77%, and 37.53%, respectively, resulting in a 23.32% increase in the photosynthesis rate. The highest levels of carotenoids and root volume were achieved with amino chelated calcium. Calcium nitrate was highly effective in supplying calcium to the petals, increasing the membrane stability index (13.62%), and extending vase life (by 4.1 days). Amino chelated calcium also delayed weight loss and was effective in supplying calcium and nitrogen to the roots and phosphorus and potassium to the leaves, while the highest concentrations of leaf nitrogen, root phosphorus, and root potassium were achieved with calcium nitrate.

**Conclusions:** Foliar application of calcium, particularly from the source of calcium nitrate, is recommended to meet the calcium needs of roses and to improve growth characteristics and vase life.

**References:**

1. 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. Int. J. Hortic. Sci. Technol. 2 (1), 55-66.

2. 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. Sci. Hortic. 307, 111529. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111529

3. Mileva, M., Ilieva, Y., Jovtchev, G., Gateva, S., Zaharieva, M.M., Georgieva, A., Vilhelmova-Ilieva, N., 2021. Rose flowers—A delicate perfume or a natural healer? Biomolecules, 11(1), 127. <https://doi.org/10.3390/biom11010127>

1. .Jumilia [↑](#footnote-ref-1)
2. . Natal Briar [↑](#footnote-ref-2)
3. . Membrane Stability Index [↑](#footnote-ref-3)