Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 51, No 4, Winter 2021 (849-860)
DOI: 10.22059/ijhs.2019.273685.1584

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۹ (ص ۸۶۰-۸۴۹)

اثر محلول‌پاشی نانو کلات کلسیم بر خصوصیات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و ماندگاری گل ژربرا

ثریا معلای مزرعی[۱]، مهرانگیز چهرازی[۲*] و اسمعیل خالقی[۲]
۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۱۸)

چکیده

به منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف نانو کلات کلسیم (صفر، ۲ و ۳ گرم در لیتر) بر برخی از شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیکی و ماندگاری سه رقم گل ژربرا(Amlet, Cabana, Intense) تحت سیستم هیدروپونیک آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد تیمار نانوکلات کلسیم عمر پس از برداشت گل شاخه‌بریده ژربرا را افزایش داد. بالاترین زمان ماندگاری گل (۱۰ روز) متعلق به تیمار ۳ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم در رقم Intense و کمترین ماندگاری گل (۵ روز) در گیاهان شاهد رقم Amlet مشاهده شد. با محلول‌پاشی نانو کلات کلسیم میزان کلسیم درون بافتی گیاهان تیمارشده نسبت به شاهد افزایش نشان داد. تأثیر مثبت کاربرد نانوکلات کلسیم بر افزایش میزان رنگدانه‌های اصلی فتوسنتز، محتوای نسبی آب برگ، میزان کربوهیدرات محلول و هدایت روزنه‌ای مشاهده گردید، اما بر پرولین تأثیر مثبتی دیده نشد. در فاکتورهای مختلف رشدی تفاوت معنی‌داری بین دو سطح ۲ و ۳ گرم در لیتر وجود نداشت، اما هر دو سطح با شاهد تفاوت معنی‌دار نشان دادند. به‌طورکلی، تیمار پیش از برداشت ۲ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم جهت بهبود شرایط رشدی و همچنین افزایش ماندگاری پس از برداشت گل شاخه‌بریده ژربرا توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سیستم هیدروپونیک، عمر پس از برداشت، ویژگی‌های رشدی.

The effect of calcium nano-chelated sprays on physiological, morphological parameters and vase life of gerbera

Soraya Moallaye Mazraei[1], Mehrangiz Chehrazi[2*] and Esmaeil Khaleghi[2]
1, 2. M. Sc. Student and Associate Professor, Faculty Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
(Received: Jan. 28, 2019 - Accepted: Jun. 08, 2019)

ABSTRACT

In order to investigate the effect of various concentrations of nano-chelated calcium (0, 2 and 3 g/l) on growth, morphological parameters and vase life of three gerbera cultivars in hydroponic system, a factorial experiment based on compelitly randomized design with three replications was carried out. The results showed that nano-chelated calcium treatment increases the post-harvest vase life of gerbera cut flower. The highest vase life (10 days) belonged in 3 l/g of nano-chelated calcium in Intense cultivar and the lowest vase life (5 days) was observed in control Amlet cultivar. By nano - chelated calcium spraying the calcium content in the treated plants increased compared to the control plants. There was a positive relationship between the application of nano-chelated calcium and increased photosynthetic pigment, relative leaves water content, soluble carbohydrate content and stomata conduction, while there was no positive relationship between nano - chelated calcium and proline. However, in different growth factors, there was no significant difference between two levels of 2 g/l and 3g/l. Therefore 2 g/l nano-chelated calcium treatment before harvesting is recommended to improve the growth conditions as well as to improve the post-harvest survival of gerbera cut flower.

Keywords: Growth traits, hydroponic system, post-harvest.

* Corresponding author E-mail: chehrazi.m@scu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

ژربرا با نام علمی *Gerbera jamesonii* از تیره کلاهپرک سانان و یکی از ۱۰ گل بریدنی برتر دنیا است که به‌طور موفقیت‌آمیزی در شرایط گلخانه‌ای پرورش می‌یابد. وجود گلچه‌های زبانه ای بلند با رنگ‌های متنوع مانند زرد، نارنجی، صورتی، قرمز، بنفش و سفید ارزش زینتی ژربرا را تعیین می‌کند (Ghafouriyan *et al,*2019). در سال‌های اخیر، به‌ویژه در تولید گلخانه‌ای، علاقه به استفاده از کشت بدون خاک به دلایل مختلف به‌خصوص در ارتباط با آفات و مشکلات بیماری‌های خاک‌زاد، کمبود عناصر غذایی و انباشت عناصر سمی در خاک روندی افزایشی پیدا کرده است (Tüzel *et al*., 2001). افزایش توانمندی تولید گل و گیاهان زینتی در سیستم‌های کشت بدون خاک مستلزم مدیریت مناسب عوامل بسیار زیادی به‌ویژه تغذیه مناسب، بستر مناسب کشت، کیفیت آب آبیاری، ارقام مورداستفاده، مدیریت آفات و بیماری‌ها است (Zekki *et al.*, 1996)، که در این میان، تغذیه به‌عنوان یک عامل زمینه‌ساز بهبود سایر عوامل، اهمیت زیادی برای رشد و عملکرد گیاه در کشت بدون خاک دارد. گیاهان مواد مغذی و آب را در مقادیری که به‌طور گسترده در طول دوره رشد نوسان دارند مصرف می‌کنند (Savvas & Manos, 1999). کلسیم یک عنصر ضروری پرمصرف و همچنین تنظیم‌کننده حیاتی رشد و توسعه گیاهان است و در اتصال با بار منفی، به‌ویژه در مورد دنباله‌های کربوکسیلیک پکتین که سفتی ساختاری قابل‌توجهی به دیوار سلولی می‌دهند شرکت دارد (Hepler, 2005). نقش درون و بیرون سلولی کلسیم در تغییر متابولیسم سلولی بیشتر در ارتباط با تأثیر این عنصر بر دیواره سلولی و ساختار و عملکرد غشا سلولی است (Konno *et al.,* 1984). کلسیم نیز به‌عنوان پیام‌رسان دوم در تنظیم مجموعه‌ای از رویدادهای درونی سلول دخالت دارد (Nabigol, 2012). تحقیقات انجام‌شده نشان داده که کلسیم یکی از مهم‌ترین عناصر در افزایش و حفظ کیفیت گل‌های شاخه بریدنی است (Chang *et al*., 2012; Saeedi *et al*., 2015; Chen *et al*., 2004). کاربرد کلسیم می‌تواند خم شدن ساقه گل در ژربرا را به تأخیر اندازد (Chen *et al*., 2004) و اینکه کلسیم با بهبود ضخامت و ارتفاع ساقه گل در گیاه صدتومانی (*Paeonia lactiflora* Pall.) می‌تواند کیفیت ساقه گل را بهبود بخشد (Yu *et al*, 2010). تحقیقات Torre (2001) سودمندی کلسیم به‌وسیله جلوگیری از سنتز اتیلن و یا جلوگیری از عمل آن در افزایش مقاومت بافت و به تأخیر انداختن پیری در گل بریده رُز را تأیید می‌کند. تجمع کلسیم در بافت‌های گیاهی سبب تقویت ارتباط پلیمری بین تیغه‌های میانی غشای پکتوسلولزی شده، که عامل استحکام شبکه دیوار یاخته‌ای می‌باشد و نتیجه آن افزایش مقاومت مکانیکی بافت‌ها و کاهش خمیدگی ساقه است (Fallahi *et al*., 1997). Gerasopoulos & Chebli (1999) ثابت کردند کیفیت گل ژربرا پس از برداشت و همین‌طور ناهنجاری خمش گردن ارتباط مستقیمی با غلظت کلسیم داخل بافت ساقه گل دارد. گاهی شرایط خاص کشت‌های گلخانه‌ای مثل افزایش رطوبت و کاهش تعرق گیاه، به‌خصوص در فصل زمستان باعث ایجاد مشکل درحرکت کلسیم در گیاه می‌شود که این موضوع باعث استفاده مقادیر بیشتر منابع کود کلسیمی در محلول غذایی می‌گردد. ازآنجایی‌که کلسیم مهم‌ترین عنصر در حفظ کیفیت گل‌های بریدنی است (Gerasopoulos & Chebli, 1999)، در صورت عدم تأمین این عنصر به میزان کافی، کیفیت محصول نیز کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که استفاده از عناصر غذایی با قابلیت جذب بیشتر در سیستم کشت بدون خاک، در افزایش کیفیت محصولات تولیدی از اهمیت خاصی برخوردار است.

نانوذرات یکی از موادی هستند که اخیراً در کشاورزی کاربرد پیداکرده اند، اگرچه کاربرد آن‌ها در کشاورزی، حتی در سطح جهانی، به‌تازگی مورد بررسی قرارگرفته است. ویژگی‌های جالب‌توجه نانو مواد، سبک و کوچک بودن، استفاده در مقادیر کم، چند کاربردی بودن و صرفه‌جویی در مواد مصرفی سبب شده اخیراً تلاش‌های مثبتی در جهت استفاده از نانو کودها برای رشد گیاهان انجام شود (Rane *et al*., 2015; Liu *et al*., 2016). به دلیل اینکه نانوذرات که قطر کمتری نسبت به قطر منفذ دیواره سلولی دارند،

www.SID.ir

Archive of SID

به‌راحتی می‌توانند از منافذ روی دیواره عبور کنند. نانوذرات در سطح برگ از طریق منافذ روزنه‌ای و یا پایه‌های کرک وارد گیاه می‌شوند و سپس به بافت‌های مختلف منتقل می‌شوند (Nair *et al.*, 2010). احتمالاً استفاده از کلسیم به‌صورت نانوذره باعث جذب و واکنش‌پذیری بیشتر می‌گردد و در رفع نیاز گیاه تأثیرگذارتر خواهد بود. با توجه به نقش خاص کلسیم در بهبود کیفیت گل بریده ژربرا و اینکه گزارشی در خصوص اثر این عنصر به فرم نانو بر گل ژربرا ارائه نشده است، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر کاربرد پیش از برداشت نانوکلات کلسیم بر خصوصیات رشدی گیاه و افزایش ماندگاری گل شاخه‌بریده ژربرا صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط آزمایش

این آزمایش در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۶ در مجتمع گلخانه‌ای دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز با ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا انجام گرفت. میانگین دمای شب و روز گلخانه در طی آزمایش در حدود ۲۳ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵۵/۱۴ درصد و میزان تبخیر ۶۲/۷۶ میلی متر اندازه گیری شد. نشاهای کشت بافتی سه رقم گل ژربرا (Cabana، Amlet، Intense) از شرکت رویان نهال محلات تهیه شد و در گلدان‌های ۳ لیتری با مخلوط بستر کوکوپیت و پرلایت (به نسبت حجمی ۱:۱) کشت گردید. محلول غذایی مورداستفاده برای گیاهان بر اساس فرمول پیشنهادی Savvas & Gizas (2002) تهیه شد. برای تأمین نیتروژن، پتاسیم و فسفر محلول غذایی از کود کامل (N-P2O5.K2O) ترافلکس(F شرکت اس کیو ام، بلژیک) با نسبت ۱۸:۶:۱۹ که حاوی ۳ درصد MgO بود، استفاده گردید. روزانه هر گیاه با محلول غذایی به میزان ۱۳۵ سی‌سی از آبان تا بهمن و ۲۷۰ سی‌سی از اسفند تا اردیبهشت تغذیه شد. هدایت الکتریکی محلول غذایی ۱/۴-۱/۶ دسی‌زیمنس بر متر بود و pH محلول روی ۵/۵ تا ۶ تنظیم گردید.

تیمار نانو کلات کلسیم

محلول‌پاشی با نانو کلات کلسیم بعد از ظاهرشدن جوانه گل، هفته‌ای یک‌بار انجام و برای گیاهان شاهد همزمان، آب مقطر استفاده شد. اندازه نانو ذرات کلات کلسیم مورداستفاده در این آزمایش ۶۰-۵۰ نانومتر بود که از شرکت خضرا خریداری شد. این تحقیق به‌صورت آزمایشات فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و با دو عامل اجرا شد که عامل اول رقم در سه سطح (Cabana، Amlet، Intense) و عامل دوم نانوکلات کلسیم در سه سطح (صفر، ۲ و ۳ گرم در لیتر آب) بودند اجرا شد، هر کرت آزمایشی دارای چهار گلدان بود که در هر گلدان یک گیاه کشت شده بود که مجموعا ۱۰۸ گیاه مورد آزمایش قرار گرفت.

صفات اندازه‌گیری‌شده

بعد از چهار بار محلول‌پاشی نانو کلات کلسیم که با ظهور شاخه گلدهنده آغاز و تا زمان برداشت گل ادامه داشت، صفات تعداد گل در هر بوته، ارتفاع ساقه گل، تعداد برگ و سطح برگ اندازه‌گیری گردید.

لازم به ذکر است که شروع گلدهی در رقم‌های مورد آزمایش متفاوت بوده و به‌ترتیب Amlet، Intense و در آخر رقم Cabana به گل رفتند.

به‌منظور اندازه‌گیری وزن‌تر و خشک برگ و ریشه گیاه، در انتهای فصل رشد (همزمان با برداشت آخرین گل) سه بوته از هر تکرار به‌صورت تصادفی انتخاب و جداسازی برگ‌ها از بوته و اندام هوایی از زیرزمینی صورت گرفت سپس وزن آن‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. جهت تعیین وزن خشک، قسمت‌های مختلف گیاه به‌صورت جداگانه به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. به‌منظور اندازه‌گیری سطح برگ، از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta-T Divises LTD, UK) استفاده گردید.

هدایت روزنه‌ای

تبادلات گازی یک روز قبل از محلول دهی مرحله آخر در ساعت ۱۱-۹ صبح درشدت نور ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع با دستگاه پرومتر اندازه‌گیری شد. برای این کار، به‌طور تصادفی پنج‌برگ

www.SID.ir

Archive of SID

از هر گیاه در هر تکرار انتخاب و هدایت روزنه‌ای برحسب سانتی‌متر بر ثانیه اندازه‌گیری شد (Mohammadi *et al*., 2011).

محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ طبق روش Ritchie *et al.* (1990) اندازه‌گیری شد. پس از به‌دست‌آوردن وزن‌تر، وزن‌تر اشباع و وزن خشک نمونه‌های برگی، محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$RWC=(FW-DW)/(SW-DW)\times100 \quad (۱)$$

FW: وزن‌تر برگ، DW: وزن خشک برگ، SW: وزن اشباع برگ

میزان کلروفیل برگ

جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل a و کلروفیل b از روش Arnon (1967) استفاده گردید. بعد از چهار بار محلول‌پاشی، ۰/۵ گرم نمونه برگی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۹۰ درصد عصاره‌گیری گردید و به مدت ۱۵ دقیقه در سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. میزان جذب در طول‌موج‌های ۶۶۳ برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (S2100 SUV) قرائت گردید. با کمک روابط ذیل میزان هرکدام از رنگیزه‌ها برحسب میلی‌گرم در گرم وزن‌تر گیاه محاسبه گردید.

$$\text{Chlorophyll a}= (12.7\ A663) -(2.69\ A645) \quad (۲)$$
$$\text{Chlorophyll b} = (22.9\ A645) -(4.68\ A663)$$

A: جذب نور در طول‌موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶، ۴۷۰ نانومتر.

میزان کربوهیدرات محلول

برای اندازه‌گیری قندهای محلول کل از روش Erigovin *et al.* (1992) استفاده شد. بدین منظور، 100 µl از عصاره الکلی تهیه‌شده از ۰/۵گرم نمونه برگی را با ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون به مدت ۱۰ ثانیه در حمام آب جوش قرار داده شد. سپس میزان کربوهیدرات محلول در طول‌موج جذبی ۶۲۵ نانومتر با اسپکتروفتومتر قرائت گردید.

میزان پرولین برگ

اندازه‌گیری پرولین آزاد برگ‌ها به روش رنگ‌سنجی و مطابق با پروتکل توصیف‌شده توسط Bates *et al.* (1973) صورت گرفت.

میزان کلسیم برگ و ساقه گل

اندازه‌گیری میزان کلسیم در گیاه به روش تیتراسیون Tahmasebi *et al.* (2010) صورت گرفت. بدین منظور، به خاکستر یک گرم نمونه خشک حدود ۵ میلی‌لیتر محلول گرم اسیدکلریدریک ۲ نرمال افزوده و به مدت ۲ ساعت درون بن ماری با دمای حدود ۷۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از گذراندن عصاره از کاغذ صافی واتمن با آب دیونیزه به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. ۵ میلی‌لیتر از محلول را برداشته و معرف پورپورات و محلول سود ۴ نرمال توسط قطره‌چکان اضافه گردید. با استفاده از یک بورت و محلول ورسین ۰/۰۱ نرمال تیتراسیون انجام شد. مقدار کلسیم از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شد.

$$A(meq/lit)=((V1\times N\times1000))/V2 \quad (۳)$$
$$B(mg/g) =A\times20$$

V1: میزان ورسین مصرفی، N: نرمالیته ورسین، V2: حجم عصاره برداشت‌شده، B: میزان کلسیم کل گیاه.

ماندگاری پس از برداشت گل

گل‌های یکنواخت (۳گل برای هر تیمار) در مرحله بلوغ ۳-۲ ردیف گلچه‌های خارجی جهت ارزیابی عمر پس از برداشت گل برداشت شدند. گل‌های یکسان ازنظر طول ساقه (۴۰ سانتی‌متر) در ۴۰۰ سی‌سی آب مقطر در آزمایشگاه در دمای ۱±۲۴ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۴±۴۰ درصد و در ۱۳ ساعت روشنایی و ۱۱ ساعت تاریکی نگهداری شدند. عمر گلجای در مرحله پیر شدن گلبرگ‌ها و تغییر رنگ گلبرگ‌ها در نظر گرفته شد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

تجزیه آماری داده‌های صفات اندازه‌گیری شده، با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC و SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. همچنین به‌منظور مقایسه میانگین

www.SID.ir

Archive of SID

داده‌ها از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، بین رقم‌ها از نظر تعداد گل‌آذین، تعداد برگ، طول ساقه گل‌دهنده، وزن‌تر برگ و وزن‌تر ریشه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت، درحالی‌که ازنظر سطح برگ، وزن خشک برگ و وزن خشک‌ریشه اختلاف معنی‌داری در بین رقم‌ها مشاهده نشد. اثر تیمار نانو کلات کلسیم بر تعداد گل‌آذین، وزن‌تر برگ و وزن‌تر ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۱). اثر متقابل بین رقم و نانو کلات کلسیم بر صفاتی نظیر تعداد گل‌آذین، تعداد برگ، وزن‌تر برگ، وزن خشک برگ و وزن خشک‌ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، درحالی‌که بر صفات طول ساقه گل‌دهنده، سطح برگ و وزن‌تر ریشه تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۱).

کمترین طول ساقه گل‌دهنده مربوط به رقم Cabana و بیشترین طول ساقه گل‌دهنده در رقم Amlet. بود. تغییرات معنی‌داری در طول ساقه گل‌دهنده با محلول‌پاشی نانو کلات کلسیم مشاهده نشد (جدول ۲). نتایج نشان داد با محلول‌پاشی نانو کلات کلسیم تعداد برگ در بوته افزایش یافت با این‌حال پاسخ ارقام به افزایش غلظت نانو کلات کلسیم به ۳ گرم در لیتر متفاوت بود. به‌طوری‌که در رقم‌های Cabana و Amlet با افزایش غلظت از ۲ به ۳ گرم در لیتر، تعداد برگ کاهش نشان داد. غلظت ۲ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم نسبت به گیاهان محلول‌پاشی نشده در رقم Cabana سبب افزایش ۲۲ درصدی تعداد برگ در بوته گردید (جدول ۲). تأثیر مثبت تیمار نانو کلات کلسیم در افزایش تعداد گل در بوته همه رقم‌های مورد بررسی مشهود بود، به‌طوری‌که در رقم Amlet، بالاترین غلظت نانو کلات کلسیم (۳ گرم در لیتر) باعث افزایش معنی‌دار تعداد گل به میزان ۱۰۰/۲۱ درصد نسبت به شاهد گردید. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش غلظت نانو کلات کلسیم وزن‌تر و وزن خشک برگ در رقم‌های Intense و Amlet گل ژربرا افزایش یافت، به‌صورتی‌که در بالاترین غلظت (۳ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم) نسبت به شاهد این تفاوت معنی‌دار می‌باشد. در رقم Cabana تأثیر نانو کلات کلسیم در افزایش وزن‌تر و خشک برگ نسبت به شاهد مشهود نبود. در مقایسه بین رقم‌ها، بیشترین وزن‌تر و خشک‌ریشه در رقم Intense مشاهده شد که نسبت به رقم Cabana تفاوت معنی‌داری نشان داد. پاسخ رقم‌ها به تیمار نانو کلات کلسیم ازلحاظ وزن‌تر و خشک‌ریشه متفاوت بود، به‌طوری‌که با افزایش غلظت نانو کلات کلسیم از میزان وزن‌تر ریشه کاسته شد، ولی وزن خشک روند متفاوتی در بین رقم‌ها نشان داد. بیشترین وزن خشک‌ریشه متعلق به رقم Intense تیمارشده با غلظت ۳ گرم در لیتر نانوکلات کلسیم بوده است و محلول‌پاشی تیمارهای ۲ و ۳ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم بر رقم Amlet نیز باعث افزایش این شاخص نسبت به گیاهان شاهد گردید (جدول ۲). کلسیم نقش مهمی در عملکرد طبیعی دیواره سلولی، رشد بافت‌های مریستمی و برگ‌های جوان دارد (Dordas, 2009). همچنین در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی موردنیاز برای تقویت و رشد و نمو رویشی از جمله تقسیم و طویل شدگی سلول نقش دارد. تأثیر مثبت کاربرد کلسیم بر شاخص‌های تعداد برگ در بادام‌زمینی (Liu *et al.*, 2005)، تعداد گل در لیلیوم شرقی (Chang *et al.*, 2012)، ژربرا (Albino-Garduno *et al.*, 2008) و گل لیزیانتوس (Saeedi *et al.*, 2015)، وزن خشک گیاه پونه کوهی (Dordas, 2001) و بادام‌زمینی (Liu *et al.*, 2005)، وزن‌تر و خشک‌ریشه در توت‌فرنگی (Shams *et al.*, 2012) در پژوهش‌های پیشین به اثبات رسید که در تطابق با نتایج پژوهش حاضر می‌باشند.

نتایج اثر تیمار نانو کلات کلسیم بر محتوای نسبی آب برگ نشان داد که به‌طور جزئی غلظت ۲ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم، محتوای نسبی آب برگ را در سه رقم گل ژربرا مورد بررسی افزایش داد. افزایش غلظت از ۲ به ۳ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم روندی کاهش در محتوای نسبی آب برگ نشان داد (شکل ۱). تأثیر مثبت کلسیم برافزایش محتوای نسبی آب برگ در گل ژربرا توسط Albino-Garduno *et al.* (2008) نشان داده شده که با نتایج پژوهش حاضر در

www.SID.ir

Archive of SID

تطابق است. یون کلسیم با تأثیر بر مکانیسم باز و بسته شدن روزنه‌ها بر کاهش تبخیر و تعرق (Mortazavi *et al*., 2007)، تنظیم اسمزی و پایداری دیواره سلولی باعث افزایش محتوای نسبی آب گل شاخه‌بریده ژربرا شده است (Albino-Garduno *et al*., 2008).

با افزایش غلظت نانو کلات کلسیم میزان کلروفیل a، و کلروفیل b به‌طور معنی‌داری ($P<0/01$) افزایش یافت. در هر سطح رقم با افزایش غلظت نانو کلات کلسیم باعث افزایش معنی‌داری در میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a و کلروفیل b گردید. بیشترین میزان رنگیزه‌ها در رقم Intense در غلظت ۳ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم مشاهده شد درحالی‌که کمترین میزان مربوط به رقم Amlet در غلظت شاهد بود.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر نانو کلات کلسیم و رقم بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ژربرا

Table 1. Results of variance analysis effect of calcium nanoparticles and cultivar on morphological and physiological characters of gerbera

Source of variation	df	Mean of squares							
		Scape number	Scape length	Leaf number	Leaf area	Leaf fresh weight	Leaf dry weight	Root fresh weight	Root dry weight
Cultivar	2	1.92^{**}	1025.59^{**}	0.012^{**}	0.032^{ns}	288.58^{**}	0.34^{ns}	94.43^{**}	0.40^{ns}
Nanoparticls	2	30.48^{**}	51.14^{ns}	0.004^{ns}	0.009^{ns}	248.72^{**}	0.38^{ns}	93.54^{**}	0.43^{*}
Cultivar× Nanoparticles	4	1.42^{**}	19.25^{ns}	0.023^{**}	0.020^{ns}	856.12^{**}	0.60^{**}	3.21^{ns}	0.62^{**}
Eror	8	0.22	32.85	0.0016	0.015	10.31	0.113	5.09	0.11
C.V. (%)		7.35	8.94	2.28	2.52	5.12	10.84	1.90	1.48

ns، *، **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non-significant differences, significant at the 5 and 1% respectively.

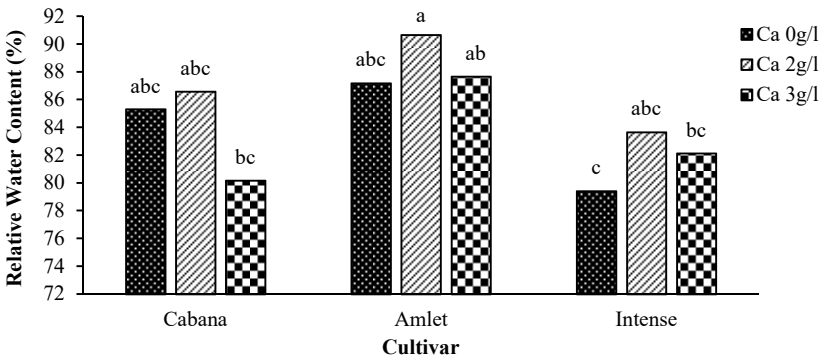
جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل نانو کلات کلسیم و رقم بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ژربرا

Table 2. Mean comparison interaction effect of calcium nanoparticles and cultivar on morphological and physiological characters of gerbera

Cultivar	Calcium nanaoparticles (g/l)	Scape number	Scape length (cm)	Leaf number	Leaf area (mm^2)	Leaf fresh weight (g)	Leaf dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)
Cabana	0.00	4.33 ^{df}	47.67 ^{b}	9.33 ^{bc}	62008 ^{ab}	63.10 ^{c}	8.35 $^{c-e}$	121.14 ^{a}	22.84 ^{cd}
	2.00	6.33 ^{bc}	54.00 ^{b}	11.42 ^{a}	74226 ^{ab}	62.01 ^{c}	9.36 $^{b-e}$	121.76 ^{a}	22.97 $^{b-d}$
	3.00	7.00 ^{b}	54.00 ^{b}	8.35 ^{c}	63605 ^{ab}	44.96 ^{d}	7.29 ^{de}	121.56 ^{a}	22.70 ^{cd}
Amlet	0.00	4.66 ^{d}	64.00 ^{a}	8.94 ^{c}	58165 ^{b}	50.05 ^{d}	6.70 ^{e}	116.23 ^{bc}	22.59 ^{d}
	2.00	6.33 ^{bc}	70.00 ^{a}	11.42 ^{a}	84602 ^{ab}	64.59 ^{c}	11.76 $^{a-c}$	119.15 ^{ab}	23.44 ^{ab}
	3.00	9.33 ^{a}	71.67 ^{a}	10.24 ^{ab}	65184 ^{ab}	75.29 ^{b}	12.32 ^{ab}	116.57 ^{bc}	23.51 ^{ab}
Intense	0.00	5.00 ^{d}	72.33 ^{a}	8.35 ^{c}	80302 ^{ab}	74.38 ^{b}	10.49 $^{a-d}$	114.34 ^{c}	23.24 $^{a-c}$
	2.00	6.00 ^{c}	71.67 ^{a}	6.86 ^{d}	68498 ^{ab}	45.80 ^{d}	7.72 ^{de}	115.21 ^{bc}	22.69 ^{cd}
	3.00	8.66 ^{a}	71.33 ^{a}	10.69 ^{a}	87343 ^{a}	83.69 ^{a}	14.06 ^{a}	115.85 ^{bc}	23.75 ^{a}

* در هر ستون، میانگین‌های با حروف متفاوت براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری دارند.

* Different letter(s) represent significant differences according Duncan multiple range test (P=0.05).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل نانو کلات کلسیم و رقم بر محتوای نسبی آب برگ ژربرا.

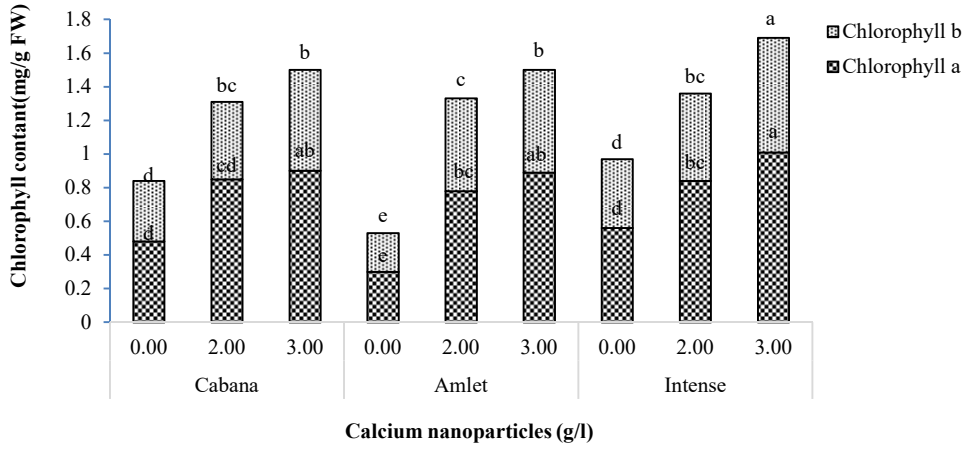
Figure 1. Mean comparison interaction effect of calcium nanoparticles and cultivar on relative water content (RWC) of gerbera

www.SID.ir

Archive of SID

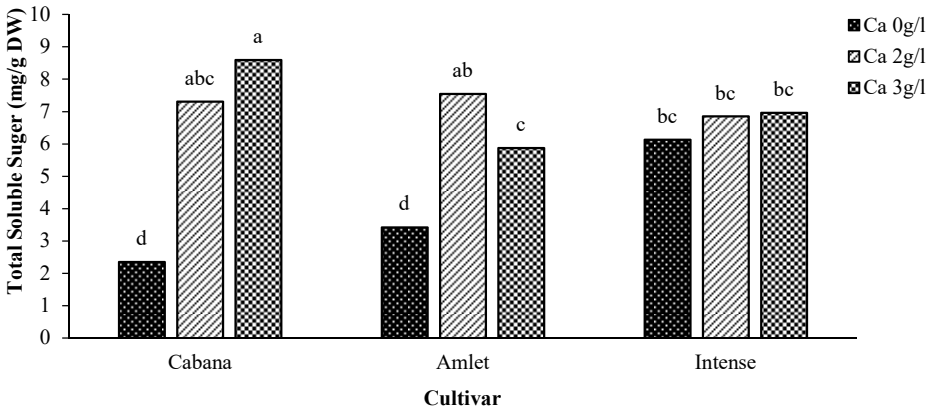
در رقم Intense میزان کلروفیل a و کلروفیل b در غلظت ۳ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم نسبت به شاهد به‌ترتیب ۶۵/۸۵ و ۸۰/۳۵، درصد افزایش یافت (شکل۲). کلسیم به‌طور مستقیم در فرایندهای فتوسنتز دخالت داشته و کمبود آن از طریق کاهش کارایی کربوکسیلاسیون و فتوسنتز باعث کاهش قابل‌توجه بیوماس گیاهان می‌شود (Kokabi *et al*., 2012). نتایج این پژوهش با Mortazavi *et al.* (2007) که گزارش کردند محلول‌پاشی گل‌های لیلیوم با کلرید کلسیم باعث افزایش کلروفیل b می‌شود مطابقت داشت. همچنین در پژوهشی روی لیلیوم شرقی، Chang *et al.* (2012) دریافتند که کاربرد کلسیم در محلول غذایی شاخص سبزینگی برگ را افزایش داد.

مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نانو کلات کلسیم بر میزان کربوهیدرات محلول برگ گل ژربرا نشان داد تیمار نانو کلات کلسیم باعث افزایش معنی‌دار میزان کربوهیدرات محلول برگ در هر سه رقم موردبررسی گردید. پاسخ ارقام به افزایش غلظت نانو کلات کلسیم از ۲ به ۳ گرم در لیتر متفاوت بود در ارقام cabana و Intense روندی افزایشی نشان داد ولی در رقم Amlet کاهش معنی‌داری در غلظت ۳ گرم در لیتر نسبت به ۲ گرم در لیتر مشاهده شد (شکل ۳). در تطابق با نتایج حاضر، Samadzadeh & Kamyab (2018) نشان دادند که کاربرد پس از برداشت نانو ذرات کلسیم در گل شاخه‌بریده آلسترومریا میزان مواد جامد محلول را افزایش می‌دهد.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل نانو کلات کلسیم و رقم بر کلروفیل a و b ژربرا.

Figure 2. Mean comparison interaction effect of calcium nanoparticles and cultivar on chlorophyll a and b of gerbera



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل نانو کلات کلسیم و رقم بر کربوهیدرات محلول کل ژربرا.

Figure 3. Mean comparison interaction effect of calcium nanoparticles and cultivar on total soluble sugers of gerbera

www.SID.ir

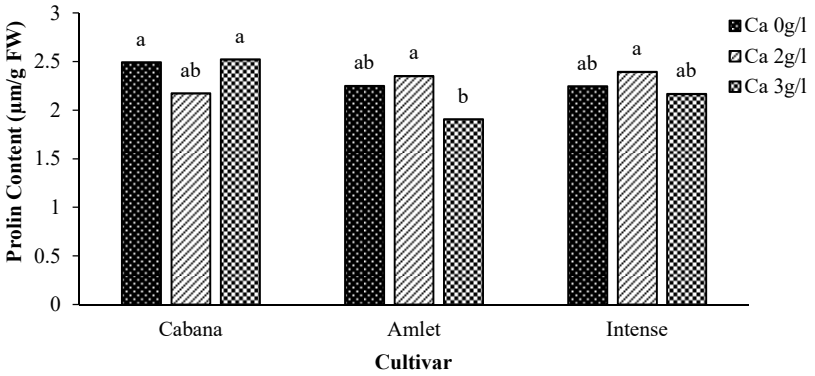
Archive of SID

کلسیم به‌طور مستقیم در فرایندهای فتوسنتز دخالت داشته و افزایش کلسیم درون بافتی سبب بهبود پایداری دیواره سلولی، افزایش محتوای نسبی آب، حفظ محتوای کلروفیل (Mortazavi *et al*., 2007; Albino-Garduno *et al*., 2008) و افزایش کارایی کربوکسیلاسیون و فتوسنتز می‌شود که درنتیجه آن بهبود قابل‌توجه بیوماس گیاهان می‌شود (Dordas *et al*., 2009; Liu *et al*., 2005; Supanjani *et al*., 2005).

تأثیر تیمار نانو کلات کلسیم بر میزان پرولین برگ نشان داد که در همه ارقام موردبررسی اثر معنی‌داری مشاهده نشد اگرچه در برخی حالات میزان پرولین با کاربرد ۳ گرم در لیتر نانو کلات کاهش یافت (شکل۴). پرولین یکی از اسیدهای آمینه غیرقطبی است که در طول تنش‌های اسمزی برای کاهش پتانسیل آب، گرفتن گروه‌های اکسیژنی فعال و بهبود پایداری غشای سلول در گیاهان تجمع می‌یابد (Matysik *et al*., 2002). نتایج حاصل نشان داد که پرولین در گیاهان محلول‌پاشی‌شده با نانو کلات کلسیم تجمع کمتری نشان داد اگرچه تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند. تجمع کمتر پرولین ممکن است در نتیجه بهبود روابط آبی و افزایش محتوای نسبی آب در گیاهان تیمارشده با نانو کلات کلسیم باشد.

میزان کلسیم درون بافتی در اثر تیمار نانو کلات کلسیم تغییرات معنی‌داری به‌ویژه در دو رقم Intense و Amlet نشان داد. با افزایش غلظت تیمار نانو کلسیم به ۳ گرم در لیتر در رقم Intense نسبت به شاهد میزان کلسیم درون‌بافتی ۳۶/۹٪ در برگ و ۲۲/۶٪ در ساقه و در رقم Amlet به میزان ۶۶/۱٪ در برگ و ۲۰/۵٪ در ساقه افزایش یافت (شکل ۵). Gerasopoulos & Chebli (1999) در تحقیقی که جهت بهبود تغذیه کلسیمی و نیتروژنی گل بریده لیزیانتوس انجام شد نشان داد کاربرد مقادیر بالای کلسیم در محلول غذایی، موجب افزایش محتوای کلسیم شاخه شد. همچنین در تطابق با نتایج حاضر، افزایش کلسیم در محلول غذایی سبب افزایش غلظت این عنصر در بافت‌های مختلف گل رز (Mortensen *et al.,* 2001; Bar-Tal *et al.*, 2001)، گل ژربرا (Albino-Garduno *et al.*, 2008) و گل لیلیوم شرقی (Chang *et al*., 2012) گردید، بنابراین به‌نظر می‌رسد که افزایش محلول‌پاشی کلسیم به فرم نانو منجر به افزایش غلظت این عنصر در اندام هوایی شد که با توجه به افزایش عملکرد خشک گیاه در غلظت بیشتر، افزایش جذب را به دنبال خواهد داشت. با افزایش میزان جذب کلسیم، استفاده بهینه از کلسیم در ساختار اسکلتی به‌عمل می‌آید و درنتیجه میزان کلسیم کل شاخساره افزایش می‌یابد.

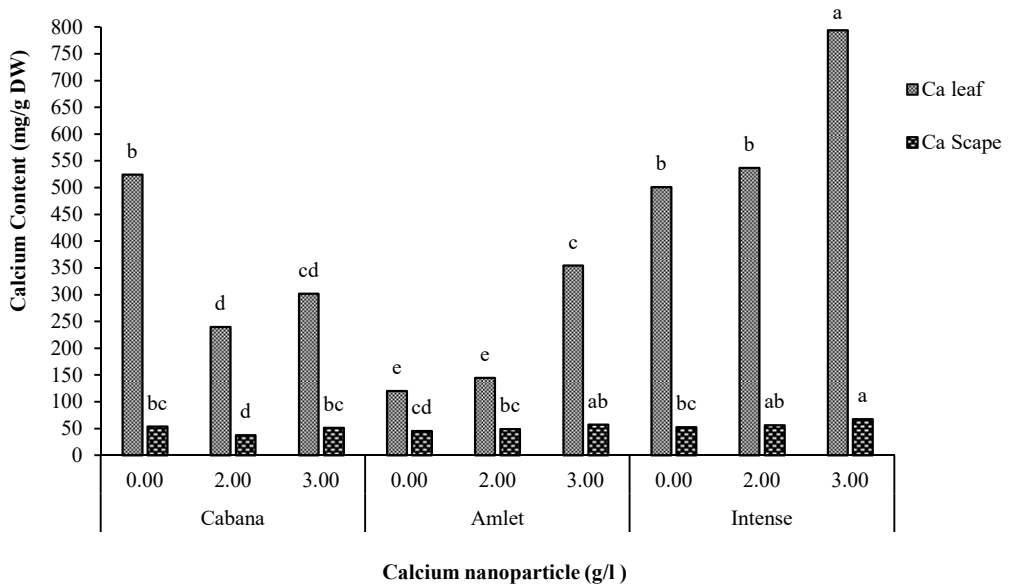
هدایت روزنه‌ای برگ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع رقم، تیمار نانو کلات کلسیم و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (P<۰/۰۱). پاسخ رقم‌ها به تیمار نانو کلات کلسیم ازلحاظ هدایت روزنه‌ای برگ متفاوت بود، به‌طوری‌که با افزایش غلظت نانو کلات کلسیم در رقم‌های Amlet و Intense از میزان هدایت روزنه‌ای برگ کاسته شد، درحالی‌که در رقم Cabana با افزایش غلظت نانو کلات کلسیم مقدار هدایت روزنه‌ای افزایش یافت. بیشترین مقدار هدایت روزنه‌ای در رقم Amlet بدون اعمال تیمار نانو کلات کلسیم مشاهده شد (شکل ۶).



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل نانو کلات کلسیم و رقم بر میزان پرولین ژربرا.
Figure 4. Mean comparison interaction effect of calcium nanoparticles and cultivar on prolin content of gerbera

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵ مقایسه میانگین اثر متقابل نانو کلات کلسیم و رقم بر کلسیم ژربرا.

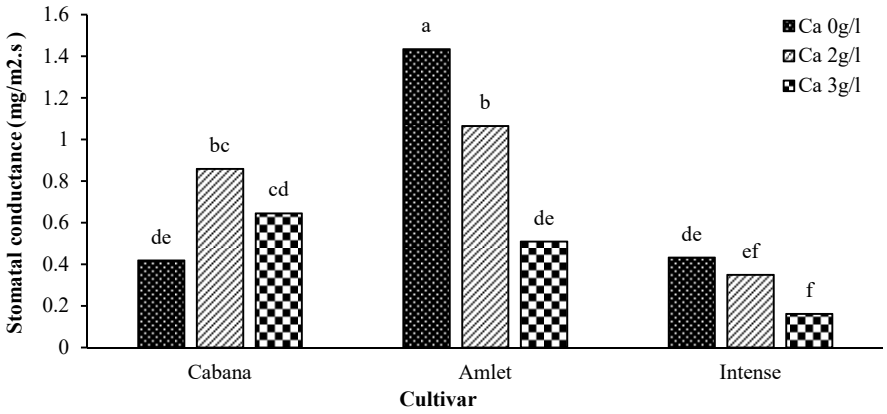
Figure 5. Mean comparison interaction effect of calcium nanoparticles and cultivar on endogenous calcium of gerbera

مطالعات متعددی نشان داده است که یون کلسیم در تنظیم بسته شدن روزنه‌ها و تغییر الگوی تبادل گاز نقش دارد (Atkinson *et al*., 1992). Khoshgoftarmanesh (2008) بیان کردند که کلسیم در گسترش سلولی و توازن کاتیون-آنیون و تنظیم اسمزی در گیاه نقش دارد. افزایش غلظت کلسیم در آپوپلاست سلول‌های نگهبان باعث کاهش فشار تورژسانس در داخل این سلول‌ها شده که منجر به بسته شدن سلول‌های روزنه می‌گردد (Mansfield *et al*., 1990). کلسیم با تأثیر بر مکانیسم باز و بسته شدن روزنه‌ها بر کاهش تبخیر و تعرق کمک کرده و درنهایت موجب کاهش پژمردگی گلبرگ‌ها می‌شود (Mortazavi *et al*., 2007). درواقع کلسیم با ورود و خروج از سلول‌های نگهبان باعث کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها و کنترل ورود دی‌اکسیدکربن و خروج آب می‌شود.

عمر پس از برداشت گل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نانو کلات کلسیم و نوع رقم قرار گرفت (P<۰/۰۱). نتایج نشان داد نانو کلات کلسیم توانست عمر پس از برداشت گل ژربرا را بهبود بخشد اگرچه پاسخ ارقام به افزایش غلظت متفاوت بود. به‌طوری‌که بیشترین ماندگاری گل با میانگین (۱۰ روز) در بوته‌های رقم Intense تیمار شده با غلظت ۳ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم وجود داشت و کمترین ماندگاری گل با میانگین (۵/۳۳ روز) در تیمار شاهد و رقم Cabana گزارش شد که میزان ماندگاری گل در این تیمار به میزان ۴۶/۷ درصد کاهش نسبت به تیمار با بیشترین ماندگاری گل مشاهده شد. افزایش غلظت از ۰ به ۳ گرم در لیتر نانو کلسیم در تمامی ارقام مورد آزمایش باعث افزایش ماندگاری گل گردید (شکل ۷). تیمار ارقام ژربرا با نانو ذرات کلسیم منجر به بهبود ماندگار آن‌ها شد که نتایج پژوهش حاضر با تحقیقات سایر پژوهشگران مبنی برافزایش ماندگاری به سبب افزایش کلسیم، مشابه است (Gerasopoulos & Chebli, 1999; Samadzadeh & Kamyab, 2018). تحقیقات انجام‌شده نشان داده است که کلسیم با سازوکارهای متعددی در به تعویق انداختن فرایند پیری و افزایش ماندگاری گل‌های بریده نقش دارد (Marschner, 2001; Torre *et al*., 2001). این عنصر اغلب در فضاهای بین سلولی و واکوئل‌ها حضور دارد و به‌عنوان سلول‌های اتصال‌دهنده در غشای میانی دیواره سلولی سبب حفظ نفوذپذیری و استحکام غشای سلولی می‌شود (Saure, 2005).

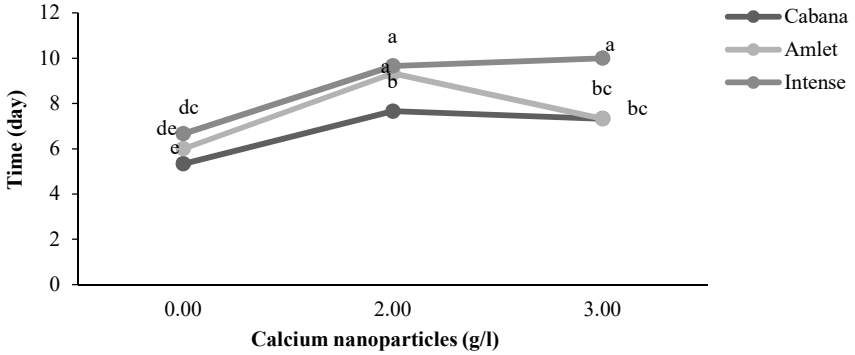
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل نانو کلات کلسیم و رقم بر هدایت روزنه‌ای ژربرا.

Figure 6. Mean comparison interaction effect of calcium nanoparticles and cultivar on stomatal conductance of gerbera



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل نانو کلات کلسیم و رقم بر ماندگاری پس از برداشت ژربرا.

Figure 7. Mean comparison interaction effect of calcium nanoparticles and cultivar on vase life of gerbera

Albino-Garduno *et al.* (2008) بیان کردند که افزایش ماندگاری گل شاخه‌بریده ژربرا با افزایش میزان کلسیم درنتیجه نقش کلسیم در کاهش سرعت تنفس (از طریق تأثیر بر آنزیم‌های پیروات دهیدروژناز، آلفاکتوگلوتارات دهیدروژناز، ایزوسیترات دهیدروژناز)، تنظیم اسمزی و پایداری دیواره سلولی، افزایش محتوای نسبی آب و حفظ محتوای کلروفیل می‌باشد. اثر بازدارنده بر فعالیت آنزیم ACC oxidase (Samadzadeh & Kamyab, 2018)، کاهش تولید هورمون اتیلن (Torre *et al.*, 1999) کاهش نشت الکترولیت‌ها (Mortazavi *et al.*, 2007)، افزایش وزن‌تر اولیه گل‌ها (Torre *et al.*, 1999) افزایش مقدار جذب آب و تأثیر بر مکانیسم باز و بسته شدن روزنه‌ها بر کاهش تبخیر و تعرق در دوره پس از برداشت (Lin *et al.*, 2008; Mortazavi *et al.*, 2007) ازجمله سازوکارها عنصر کلسیم در به تعویق انداختن فرآیند پیری در گل و افزایش ماندگاری گل‌های شاخه‌بریده می‌باشد. تفاوت در عمرگلجایی در میان ارقام مختلف ژربرا ممکن است به دلیل ساختار ژنتیکی متفاوت آن‌ها باشد (Abdel-Kader & Rogers, 1985).

نتیجه‌گیری کلی

کلسیم یکی از مهم‌ترین ترکیبات در ارتباط با استحکام دیواره سلولی است. کمبود کلسیم در گل‌های بریده و به‌خصوص در ژربرا باعث خمش گردن و شکستگی ساقه گل، کاهش سطح برگ، وزن خشک گیاه و تعداد گل و همچنین کاهش کیفیت و ماندگاری پس از برداشت گل می‌گردد. کاربرد نانوکلات کلسیم به دلیل اینکه نسبت سطح به حجم بالایی دارد واکنش‌پذیری زیادی از خود نشان می‌دهد می‌تواند در بهبود وضعیت کلسیم گیاه ایفا نقش کند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد محلول‌پاشی پیش از برداشت نانو کلات کلسیم سبب افزایش میزان کلسیم

www.SID.ir

Archive of SID

درون بافتی گیاه ژربرا گردید. همچنین کاربرد نانو کلات کلسیم سبب تغییرات مثبتی در میزان محتوای نسبی آب برگ، بیومس گیاه، میزان رنگدانه‌های اصلی فتوسنتز، میزان کربوهیدرات و هدایت روزنه‌ای گیاه هان تیمارِ شده شود. علاوه بر این کاربرد پیش از برداشت نانو کلات کلسیم سبب بهبود ماندگاری پس از برداشت گل بریده ژربرا تا دو برابر نسبت به شاهد گردید. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش تیمار نانو کلات کلسیم در غلظت ۲ گرم در لیتر سبب بهبود شرایط رشدی و میزان کلسیم درون بافتی گیاه می‌شود و می‌تواند به‌عنوان منبع کلسیم در گل‌های شاخه برید توصیه شود.

REFERENSES

1. Abdel-Kader, H. & Rogers, M. N. (1985). Postharvest treatment of *Gerbera jamesonii*. *In III International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamentals,* 181, 169-176.
2. Albino-Garduno, R., Zavaleta-Mancera, H. A., Ruiz-Posadas, L. M., Sandoval-Villa, M. & Castillo-Morales, A. (2008). Respones of gerbera to calcium in hydroponics. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 91-101.
3. Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112- 121.
4. Atkinson, C. J., Ruiz, L. P. & Mansfield, T. A. (1992) Calcium in xylem sap and the regulation of its delivery to the shoot. *Journal of Experimental Botany*, 43, 1315-1324.
5. Bar-Tal, A., Bass, R., Ganmore- Neumann, R., Dik, A., Marissen, N., Silber, A., Davidov, S., Hazan, A., Kirshner, B. & Elad, Y. (2001). Rose flower poduction and quality as affected by Ca concentration in the petal. *Agronomie*, 21, 393-402.
6. Bates, L., Waldren, R. & Teare, I. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
7. Chang, L., Wu, Y., Xu, W. W., Nikbakht, A. & Xia, Y. P. (2012). Effects of calcium and humic acid treatment on the growth and nutrient uptake of Oriental lily. *African Journal of Biotechnology*, 11, 2218-2222.
8. Chen, D. S., Li, N. H., Wang, J. M., Ding, Y. X. & Wang, X.J. (2004). Effect of calcium chloride on preservation of cut flowers of gerbera hybrid (in Chinese). *Acta Botanica Yunnanica*, 26, 345-348.
9. Dordas, C. (2009). Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield, and essential oil yield of oregano (*Origanum vulgare* ssp. hirtum). *Industrial Crops and Products*, 29, 599-608.
10. Fallahi, E.S., onway, W., Hickeyk, C. D. & Sams, C. E. (1997). The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortSciense*, 32, 831-835.
11. Gerasopolus, D. & Chebli, B. (1999). Effects of pre- and postharvest calcium applications on the vase-life of cut gerberas. *Journal Horticultue Science and Biotechnology*, 74, 78-81.
12. Gerasopoulos, D. & Chebli, B. (1999). Effects of pre- and postharvest calcium applications on the presence of organic acids. *Soil Sciense Socieity American Journal*, 55, 670-675.
13. Ghafouriyan, M., Roein, Z., & Shiri, M. A. (2019). Effect of inhibitors of lignin biosynthesis on vase life of gerbera cut flowers. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *49*, 903-914. (in Farsi).
14. Hepler, P. K. (2005). Calcium: A central regulator of plant growth and development. *Plant Cell*, 17, 2142-2155.
15. Irigoyen, J. J., Einerich, D. W. & Sánchez-Díaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, *84*, 55-60.
16. Khoshgoftarmanesh, A. (2008). *Prencipale of plant nutrition*. Isfehan University and Technology Publication. 462P. (in Farsi)
17. Kokabi, S. & Tabatabaei, S. J. (2011). Effect of different ratios of potassium to calcium on the yield and quality of galia melons in hydroponic. *Iranian Journal of Horticultural Science,* 25, 178-184. (in Farsi)
18. Konno, H., Yamaya, T., Yamasaki, Y. & Matsumoto, H. (1984). Pectic polysaccharide breakdown of cell walls in cucumber roots growth with calcium starvation. *Plant Physiology*, 76, 633-637.
19. Lin, R. S. & Kuo, M. H. (2008). Ethylene biosynthesis and membrane microviscosity changes of cut rose *Rosa hybrida* L. 'Noblesse' by calcium chloride pulse and dry cold storage. *Acta Horticulturae*, 469, 469-474.
20. Liu, R., Zhang, H. & Lal, R. (2016). Effects of stabilized nanoparticles of copper, zinc, manganese, and iron oxides in low concentrations on lettuce (*Lactuca sativa*) seed germination: Nanotoxicants or nanonutrients. *Water, Air, and Soil Pollution*, 227, 1-14.
21. Mansfield, T. A., Hetherington, A. M. & Atkinson, C. J. (1990). Some current aspects of stomatal physiology. *Annual Review of Plant Biology*, 41, 55-75.

www.SID.ir

Archive of SID

22. Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (Trans. Ed. ^Eds. ed. Vol). Academic Press.
23. Matysik, J., Bhalu, B. & Mohanty, P. (2002). Molecular mechanisms of quenching reactive oxygen species by proline under stress in plants. *Current Sciense India,* 82, 525- 532.
24. Mohammadi, M., Liaghat, A. & Molavi, H. (2011). Simultaneous effect of deficit irrigation and salinity on yield and yield components of tomato under field conditions. *Journal of Water and Soil,* 24,583-592. (in Farsi)
25. Mortazavi, N., Naderi, R., Khalighi, A., Babalar, M. & Allizadeh, H. (2007). The effect of cytokinin and calcium on cut flower quality in rose (*Rosa hybrida* L.) cv. Illona. *Journal of Food Agricalture and Environment*, 5, 311-313.
26. Mortensen, L. M., Ottosen, C. O. & Gislerød, H. R. (2001). Effects of air humidity and K: Ca ratio on growth, morphology, flowering and keeping quality of pot roses. *Scientia Horticulturae*, 90, 131-141.
27. Nabigol, A. (2012). Pre-harvest calcium sulphate application improves postharvest quality of cut rose flowers. *African Journal Biotechnology*, 11, 1078-1083.
28. Nair, R., Varghese, S. H., Nair, B., Maekawa, G. T., Yoshida, Y. & Kumar, D. S. (2010) Nanoparticulate material delivery to plants. *Plant Sciense*, 179, 154-163.
29. Rane, M., Bawskar, M., Rathod, D., Nagaonkar, D. & Rai, M. (2015). Influence of calcium phosphate nanoparticles, *Piriformospora indica* and *Glomus mosseae* on growth of *Zea mays*. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 6, 45-58.
30. Ritchie, S. W., Nguyen, H. T. & Holaday, A. S. (1990). Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30, 105-111.
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, 1394-1398.
32. Samadzadeh, H. & Kamyab, F. (2018). Effects of silver and calcium nanoparticles on vase life and some physiological traits of‹Konst Coco› alstroemeria cut flower. *Journal of Sciense & Technology of Greenhouse Culture*, 8, 75-88. (in Farsi).
33. Saure, M. C. (2005). Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. *Scientia Horticulturae*, 105, 65-89.
34. Savvas, D. & Manos, G. (1999a). Automated composition control of nutrient solution in closed soilless culture systems. *Journal of Agricaltural Engenier Research*, 73, 29-33.
35. Savvas, D. & Gizas, G. (2002b). Respons of hydroponically grown gerbera to nutrient solution recycling and different nutrient cation ratios. *Scientia Horticulturae*, 96, 267-280.
36. 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, 1303-1313.
37. Supanjani-Abdel, R., Tawaha, M., SukYang, M., ShimHan, H. & DengLee, K. (2005). Calcium effect on yield, mineral uptake and terpene components of hydroponic chrysanthemum coronariuml. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1, 146-151.
38. Tahmasbi, F., Hassibi, P. & Meskarbashee, M. (2010). Effect of different salinity levels on some photosynthetic characters of canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Pazhoheheshhaye Zeraei Iran,* 14, 144-153. (in Farsi).
39. Torre, S., Borochov, A. & Halevy, A. H. (1999). Calcium regulation of senescence in rose petals. *Plant Physiology*, 107, 214-219.
40. Torre, S., Fjeld, T. & Gislerød, H. R. (2001a). Effects of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses. *Scientia Horticulturae*, 90, 291-304.
41. Tüzel, İ. H., Tüzel, Y., Gül, A., Meriç, M. K., Yavuz, Ö. & Eltez, R. Z. (2001b). Comparison of open and closed systems on yield, water and nutrient consumption and their environmental impact. *Acta Horticalturae*, 554, 221-228.
42. Yu, X. N., Lu, G. P., Cheng, F. Y. & Zheng, L. W. (2010). Effect of calcium on the stem quality of cut herbaceous peony. *Natural Sciense*, 36, 531-535.
43. Zekki, H., Gauthier, L. & Gosselin, A. (1996). Growth, productivity, and mineral composition of hydroponically cultivated greenhouse tomatoes, with or without nutrient solution recycling. *Journal of American Society Horticulture Sciense*, 121, 1082-1088.

www.SID.ir