Plant Prod., 43(1) (2020) 53-66 ISSN (P): 2588-543X
DOI: 10.22055/ppd.2019.25085.1574 ISSN (E): 2588-5979

The Effect of Calcium Nanochelate on Morphological, Physiological, Biochemical Characteristics and Vase Life of Three Cultivars of Gerbera under Hydroponic System

Soraya Moallaye Mazraei[1], Mehrangiz Chehrazi[2]* and Esmaeil Khaleghi[3]

1- M.Sc. Student of Ornamental Plants, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2- ***Corresponding Author:** Associate Proffesor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (chehrazi.m@scu.ac.ir)
3- Associate Proffesor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received: 24 February, 2018 Accepted: 8 July, 2018

Abstract

Background and Objectives

Gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) is one of the most important cut flowers in the world, and its production is increasing. One of the major problems in cultivating gerbera is its bent neck and short vase life. With the ever-increasing development of flowering industry and the necessity of improving the quantity and quality of flowers, it is necessary to use the beneficial elements in the production of flowers. Calcium is one of the most important nutrient elements that plays a major role in plants. It has a crucial task in the stability of cell wall and cell membrane as well as the development of cells. The balance between cations and anions, the activation of certain enzymes and the regulation of osmotic pressure are among other functions of this element. Calcium, also, plays a role in root development and prevents injuries caused by mechanical and thermal damages such as wind. Nanochelate technology has been able to significantly solve chelate problems. The present study was conducted to investigate the effects of various concentrations of calcium nanochelate on quantitative and qualitative characteristics and vase life of Gerbera.

Materials and Methods

In this study, three concentrations of calcium nano-chelate (0, 2 and 3 g/l) on three cultivars of gerbera cut flower (Intense, Amlet and Cabana) were examined. Factorial experiment was conducted in a randomized complete blocks design with three replications. In this experiment, morphological, physiological, biochemical parameters and postharvest life of these cultivars were evaluated. The related characteristics of the flower included the dry weight of the scape, the number of inflorescences per plant, the height of the flowering stem, the diameter of the scape and the diameter of the inflorescence. The percentage of electrolyte leakage or membrane stability index, chlorophyll and carotenoids content, calcium content of the plant, vase life and water absorption were investigated.

Results

The results showed that morphological traits improved with increasing the concentration of calcium nano-chelate. Also, chlorophyll and stomatal conduction increased, but ion leakage decreased. Increasing the concentration of calcium nano-chelate increased the vase-life and water absorption in gerbera flower. The highest number of inflorescence, scape diameter, scape dry

© 2020 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. 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.

weight, inflorescence dry weight and vase life were obtained with 3 g / L of calcium nano-chelate.

Discussion

In this research, we found that gerbera treatment by calcium nano-chelate was significantly effective. Among the treatments, the concentration of 3 g/l was recognized as the best treatment by increasing the vase life and improving the growth, physiological and biochemical characteristics of gerbera cut flower.

Keywords: Calcium nanochelate, Hydroponic system, Vase life

تأثیر نانو کلات کلسیم بر ویژگی‌های رشدی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عمر گلجای سه رقم گل ژربرا (*Gerbera jamesonii* L.) تحت سیستم هیدروپونیک

ثریا معلای مزرعی[۱]، مهرانگیز چهرازی[۲]* و اسمعیل خالقی[۳]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان زینتی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز
۲-***نویسنده مسئول:** دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (chehrazi.m@scu.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۷

چکیده

ژربرا یکی از مهم‌ترین گل‌های بریدنی جهان است که تولید آن رو به افزایش می‌باشد. یکی از مشکلات عمده در پرورش گل ژربرا، خمیدگی گردن و عمر پس از برداشت آن می‌باشد. با توسعه روزافزون صنعت گلکاری و لزوم افزایش کمیت و کیفیت گل، لازم است از عناصر سودمند در تولید گل‌ها استفاده شود. کلسیم، یکی از عناصر پرمصرف مهم می‌باشد. با استفاده از نانو ذرات می‌توان کاربرد کودها را کنترل شده‌تر و آزادسازی عناصر را با تأخیر زمانی مطلوبی فراهم نمود. پژوهش حاضر به‌صورت کشت گلدانی از پاییز سال ۱۳۹۵ تا بهار سال ۱۳۹۶ در مجتمع گلخانه‌های دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز و به منظور بررسی اثرات غلظت‌های مختلف نانو کلات کلسیم بر خصوصیات رشدی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و عمر پس از برداشت گل ژربرا صورت گرفت. این پژوهش با استفاده از محلول‌پاشی سه غلظت نانوکلات کلسیم (صفر، ۲ و ۳ گرم در لیتر) روی سه رقم گل ژربرا به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و به اجرا درآمد و در پایان صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و ماندگاری این ارقام بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نانو کلات کلسیم صفات مورفولوژیکی مرتبط با گل به‌طور معنی‌داری بهبود یافت. کاربرد نانو کلات کلسیم باعث افزایش میزان کلروفیل و کلسیم بافت ساقه گل‌دهنده و همچنین باعث کاهش نشت‌یونی گردید. افزایش غلظت نانو کلات کلسیم در ماندگاری و جذب آب گل‌آذین ژربرا مؤثر بود. پاسخ ارقام به نانو کلات کلسیم بر اساس صفات اندازه‌گیری‌شده متفاوت بود. در بین تیمارهای به کاررفته، غلظت ۳ گرم در لیتر با افزایش ماندگاری گل و بهبود صفات رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گل به‌عنوان بهترین تیمار شناخته شد.

کلیدواژه‌ها: کشت هیدروپونیک، ماندگاری، نانو ذرات کلسیم

مقدمه

کشور ما یک درصد از تولید جهانی گل و گیاهان زینتی را به خود اختصاص داده است، اما درآمدی که از این طریق نصیب کشور می‌شود خیلی کمتر از یک درصد درآمد حاصل از تولید این محصولات در جهان (حدود ۵۰ میلیارد دلار) است؛ بنابراین به نظر می‌رسد که فاصله زیادی با توانمندی تولید گل و گیاهان زینتی در گلخانه‌ها در کشور وجود دارد (Iranshahi, 1998). امروزه استفاده از فناوری کشت‌های هیدروپونیک در تولید گل و گیاه زینتی روندی افزایشی دارد. تاکنون تولید گل بریده با

سیستم آبکشت (هیدروپونیک)، بیشتر به سه گل رز، میخک و ژربرا اختصاص یافته است (Rostaei, 2002).

ژربرا با نام علمی *Gerbera jamesonii* L. از خانواده کلاهپرک سانان (Asteraceae) است و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گل‌های بریدنی با حجم معاملات ۱۳۴ میلیون یورو در بازار گل هلند، رتبه چهارم را در بین ۱۰ گل بریدنی برتر دنیا دارد (cited in Koushesh Saba and Nazari, 2017). عوامل بسیار زیادی به‌ویژه تغذیه مناسب، بستر مناسب کشت، کیفیت آب آبیاری، ارقام مورد استفاده، مدیریت آفات و بیماری‌ها وجود دارد که به نظر می‌رسد تغذیه به‌عنوان یک عامل زمینه‌ساز بهبود سایر عوامل، نقش بسیار مهمی در افزایش بهره‌وری عوامل تولید در محصول‌های گلخانه‌ای بر عهده دارد (Iranshahi, 1998). کلسیم (Ca^{2+}) یکی از عناصر ضروری پرمصرف برای رشد و نمو عادی گیاهان است که در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوسنتزی شرکت می‌کند. کلسیم عنصری نسبتاً غیرمتحرک است که به‌صورت یون Ca^{2+} جذب می‌شود. این عنصر چندین نقش مجزا در گیاهان عالی دارد که برخی از آن‌ها شامل نقش در اتصال پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌های تشکیل‌دهنده دیواره سلولی (Marschner, 1995)، کوفاکتور آنزیم‌های مهم از جمله آمیلاز و ATP-ase، در پایداری و مقاومت مکانیکی دیواره سلولی، به‌عنوان پیغام‌بر ثانویه در گیاه در پاسخ به سیگنال‌های محیطی و هورمون‌ها (Demarty et al., 1984). تحقیقات نشان داده است که افزودن کلسیم به فرم نیترات کلسیم ($Ca(NO_3)_2$)، کلراید کلسیم ($CaCl_2$) و سولفات کلسیم ($CaSO_4$)، می‌تواند سرعت پیری را کاهش دهد یا عمر پس از برداشت را طولانی‌تر کند. نتایج تحقیقات چندین پژوهش بر روی گل‌های بریده رز (Torre et al., 1999)، گلایول (Pruthi et al., 2001)، داوودی و جعفری (Patel and Mankad, 2002)، نشان داد که کلسیم قادر است عمر پس از برداشت گل‌های بریده را افزایش دهد. این افزایش در عمر پس از برداشت ممکن است ناشی از به تأخیر انداختن رویدادهای مربوط به پیری، کاهش وزن تر، کاهش آب مصرفی، خمیدگی ساقه، یا جلوگیری از بیماری در طی تکثیر باشد (Sergio and Sosa, 2007). از آنجایی که کلسیم مهم‌ترین عنصر در حفظ کیفیت گل‌های بریدنی است، در صورت عدم تأمین کلسیم به میزان کافی، کیفیت محصول 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 که از جمله این مواد می‌توان به شکل نانوی عناصر معدنی اشاره نمود. مواد نانو ساختار، به موادی اطلاق می‌شوند که حداقل یکی از ابعاد آن‌ها در مقیاس زیر ۱۰۰ نانومتر باشد. از جمله ویژگی‌های جالب توجه نانو مواد، سبک و کوچک بودن، استفاده در مقادیر کم، چند کاربردی بودن و صرفه‌جویی در مواد مصرفی است (Ali Nejad and Goli, 2005). به‌علاوه استفاده از نانوکودها به منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی می‌تواند علاوه بر افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان، گامی مؤثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط‌زیست باشد (Tavan et al., 2014). اخیراً تلاش‌های مثبتی در جهت استفاده از نانو کودها برای رشد گیاهان انجام شده است (Rane et al., 2015; Liu et al., 2016). احتمالاً استفاده از کلسیم به‌صورت نانو ذره باعث جذب و واکنش‌پذیری بیشتر می‌گردد و در رفع نیاز گیاه تأثیرگذارتر خواهد بود. سنتز نانو ذرات کلسیم با روش‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی از طریق ذرات کلوئیدی (Sadowski et al., 2010)، سنتز به‌وسیله اتانول (Chen et al., 2013)، کربنات اشباع‌شده و محلول‌های آبی نیترات کلسیم (Babou-Kammoe et al., 2012) صورت می‌گیرد. با توجه به گزارش‌های موجود در خصوص نقش خاص کلسیم در بهبود کیفیت گل ژربرا از یک طرف و این‌که گزارشی در خصوص اثر این عنصر به فرم نانو بر گل ژربرا ارائه نشده است، پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر کاربرد نانو کلات کلسیم بر خصوصیات رشدی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و

عمر گلجایی گل شاخه بریده ژربرا صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی سه سطح نانو کلات کلسیم (صفر، ۲ و ۳ گرم در لیتر) بر خصوصیات رشدی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و عمر گلجایی سه رقم گل ژربرای کشت بافتی (Cabana، Amlet، Intense) به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۶ در مجتمع گلخانه‌ای دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به اجرا در آمد. گیاهان کشت بافتی 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. محلول‌پاشی با نانو کلات کلسیم بعد از ظاهر شدن شاخه گل‌دهنده، هفته‌ای یک‌بار انجام شد و برای گیاهان شاهد از آب‌مقطر استفاده گردید. اندازه نانو کلات کلسیم مورد استفاده در این آزمایش حدود ۶۰-۵۰ نانومتر بود که از شرکت خضرا خریداری شد و با میکروسکپ الکترونی SEM تأیید گردید (شکل ۱). محلول غذایی مورد استفاده برای گیاهان بر اساس فرمول پیشنهادی Savvas and 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. جهت کنترل سفیدک حقیقی از سم انویدور تولیدی شرکت بایر آلمان به نسبت ۰/۵ میلی‌لیتر در یک لیتر آب به‌صورت اسپری استفاده شد. همچنین برای رفع کنه و شته، سم دیازینون در ۲ مرحله به‌صورت محلول‌پاشی بکار رفت. برداشت گل زمانی که دو ردیف از گلچه‌های خارجی دیسک مرکزی بالغ شدند و تولید گرده نمودند، انجام شد. برای این کار، ساقه‌های گل مستقیماً از محل طوقه بریده شدند و به‌طور مداوم برگ‌های خشک، زرد، بیمار و مسن بخش‌های پایینی گیاه حذف گردیدند.

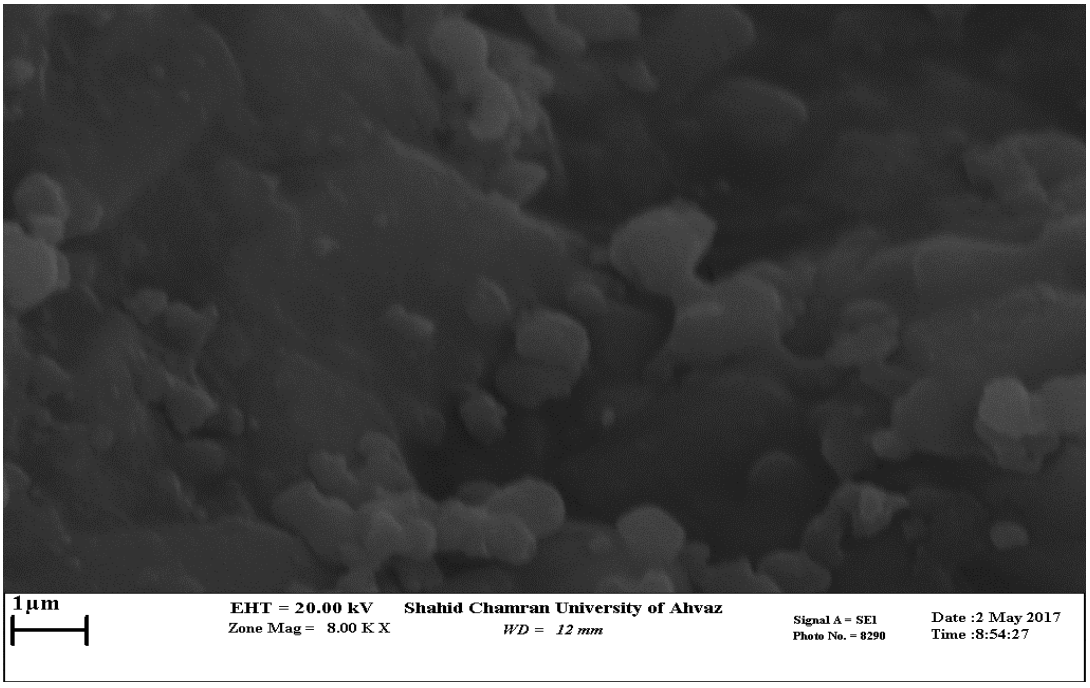

Figure 1. Scanning electron microscope images of calcium nanochelate

صفات اندازه‌گیری‌شده

در این تحقیق ویژگی‌های مرتبط با گل شامل وزن‌تر و خشک ساقه گل‌دهنده، تعداد گل‌آذین در هر بوته، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، قطر ساقه و قطر گل اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری نشت الکترولیت، نمونه‌های برگی در اندازه‌های یک سانتی‌متری بریده و بعد از شستشو در داخل لوله‌های شیشه‌ای درپوش دار شامل ۱۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر، به‌مدت دو ساعت و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از آن هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در حمام آب گرم ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرارگرفته و بعد از سرد شدن در دمای اتاق هدایت الکتریکی ثانویه (EC_2) اندازه‌گیری شد. درصد نشت الکترولیت (EL) یا شاخص پایداری غشاء سلول از رابطه زیر محاسبه شد (Solgi and Taghizadeh, 2017).

$$EL\ (\%) = (EC_1/EC_2) \times 100$$

رنگدانه‌های فتوسنتزی

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کارتنوئید از روش Lichtenthaler (2007) استفاده گردید. به همین منظور قبل از اتمام دوره رشد گیاه، از برگ‌های جوان سه بوته که به‌صورت تصادفی از هر تکرار انتخاب شده بودند نمونه‌برداری انجام شد. پس از شستشوی برگ‌ها عصاره ۰/۵ گرم برگ تازه تهیه‌شده با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۹۰ درصد در هاون چینی و در شرایط تاریکی استخراج گردید. بلافاصله فالکون‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در سرعت ۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. میزان جذب در طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل و ۴۷۰ نانومتر برای کارتنوئید با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل S2100 SUV (ساخت آمریکا) قرائت گردید. با توجه به فرمول‌های مربوط به اندازه‌گیری کلروفیل محاسبه گردید.

$$Ch\ a\ (mg/g) = \{[12.7\ (D_{663}) - 2.69\ (D_{645})]\} \times (V/1000 \times W)$$

$$Ch\ b\ (mg/g) = \{[22.9\ (D_{645}) - 4.68\ (D_{663})]\} \times (V/1000 \times W)$$

$$Total\ Chl\ (mg/g) = Ch\ a + Ch\ b$$

$$Cartenoids\ (mg/g) = [1000\ (A_{470}) - 1.8\ (Chl_a) - 58.2\ (Chl_b)] / 198$$

V: حجم محلول صاف‌شده؛

A: جذب نور در طول موج ۶۶۳، ۶۴۶، ۴۷۰ نانومتر؛

W: وزن‌تر نمونه برحسب گرم

میزان کلسیم بافت

اندازه‌گیری کلسیم در گیاه به روش تیتراسیون (Tahmasbi et al., 2010) صورت گرفت. بدین منظور ابتدا از برگ‌های میانی و شاخه گل‌دهنده گیاه نمونه گیری شد و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. عصاره گیاهی با محلول گرم اسیدکلریدریک ۲ نرمال تهیه و برای اندازه‌گیری کلسیم به روش تیتراسیون استفاده گردید.

ماندگاری و میزان جذب آب: برای تعیین ماندگاری و میزان جذب آب، گل‌های یکنواخت از نظر گل‌آذین و ساقه گل در ساعت‌های اولیه صبح برداشت شدند. ساقه‌های گل در زیرآب به طول نهایی ۴۰ سانتی‌متر به‌صورت مورب برش داده شدند، گل‌ها در ظرف‌های ضدعفونی‌شده حاوی ۴۰۰ سی‌سی آب‌مقطر 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 گلجایی در مرحله پیر شدن گلبرگ‌ها و تغییر رنگ گلبرگ‌ها در نظر گرفته شد. هر ۳ روز یک‌بار آب‌مقطر نگه‌دارنده تعویض و وزن گل‌ها و آب مصرفی آن‌ها اندازه‌گیری شد در صورت نیاز و مشاهده له‌شدگی در انتهای ساقه، باز برش انجام گرفت، همچنین مقدار آب جذب‌شده ساقه گل به‌طور روزانه کنترل و با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$Water\ uptake\ (ml/day.g\ FW) = (S_{t-1}-S_t) / W_t$$

که در آن S_t وزن محلول (g)، در روزهای اول تا دوازدهم، S_t-1 وزن محلول (g) در روز قبل و W_t وزن همان ساقه در روز اول است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه آماری داده‌های صفات اندازه‌گیری‌شده، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. همچنین به‌منظور مقایسه میانگین داده‌ها از روش آزمون

چند دامنه‌ای دانکن و با نرم‌افزار MSTATC در سطح احتمال پنج درصد انجام شد، رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول‌های ۱ و ۲) نشان داد اثر سطوح مختلف نانو کلات کلسیم بر صفات مرتبط با گلدهی به‌جز در مورد ارتفاع ساقه گل‌دهنده معنی‌دار بود. در بین ارقام مورد بررسی نیز از نظر همه صفات مربوط به گل تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید. اثر متقابل بین رقم و سطوح مختلف نانو کلات کلسیم بر همه صفات مورد بررسی به‌جز ارتفاع ساقه معنی‌دار بود. از لحاظ ماندگاری گل اثر تیمارهای نانو کلات کلسیم، رقم و اثر متقابل رقم با سطوح نانو کلات کلسیم اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ۱).

با توجه به جدول (۲) تجزیه واریانس در صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بین ارقام، اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. همچنین تیمارهای نانوکلات کلسیم بر همه صفات به‌جز میزان کلسیم برگ اثر معنی‌دار داشت. همچنین اثر متقابل بین رقم و نانو کلات کلسیم بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مورد بررسی اختلاف معنی‌دار نشان داد.

صفات مرتبط با گل

با توجه به جدول (۳) اثر متقابل نانو کلات کلسیم و رقم بر شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده مشخص گردید که افزایش غلظت نانو کلات کلسیم در همه ارقام تیمارشده تأثیر مثبتی بر تعداد گل‌آذین در هر بوته نسبت به تیمار شاهد داشت به‌طوری‌که افزایش غلظت نانو کلات کلسیم باعث افزایش معنی‌دار تعداد گل به میزان ۱۰۰/۲۱ درصد در رقم Amlet نسبت به تیمار شاهد شد. پاسخ ارقام به افزایش غلظت نانو کلات کلسیم از لحاظ صفات قطر ساقه گل‌دهنده و قطر گل‌آذین متفاوت بود. تیمار نانو کلات کلسیم در رقم Amlet تأثیر مثبتی بر قطر ساقه گل‌دهنده داشت به گونه‌ای که در غلظت ۲ گرم در لیتر در این رقم با افزایش ۹/۰۷ درصدی نسبت به شاهد بیشترین قطر ساقه مشاهده شد. محلول‌پاشی در رقم Intense با غلظت ۲ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم موجب تولید ساقه گل‌دهنده با کم‌ترین قطر شد. قطر گل‌آذین در رقم Intense نسبت به دو رقم دیگر با افزایش نانو کلات کلسیم افزایش بیشتری نشان داد (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های سایر محققین، Shams et al. (2012) در گل رز، Saeedi et al. (2015) در گل لیزیانتوس و Albino-Garduno et al. (2008) در گل ژربرا همسو می‌باشد. همچنین در تطابق با این نتایج Chang et al. (2012) در پژوهشی روی لیلیوم شرقی دریافتند که کاربرد کلسیم (۳/۵ و ۷ میلی‌اکی‌والان بر لیتر) به تنهایی و همراه با ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک در محلول غذایی تعداد گل و قطر ساقه گل‌دهنده را افزایش داد. نتایج در جدول (۳) نشان داد که رقم Intense، با غلظت ۳ گرم در لیتر بیشترین وزن تر و خشک ساقه را به خود اختصاص داد درحالی‌که دو رقم دیگر روند کاهشی را با افزایش میزان کلات کلسیم نشان دادند. Kiani et al. (2011) بیان کردند کاربرد کلسیم منجر به افزایش وزن تر گل‌های رز شد، افزایش غلظت کلسیم ساقه و برگ دلیل بر فعالیت ATPase وابسته به پروتئین کلسیمی سیتوپلاسم یعنی کالمودلین است که احتمالاً تحت کنترل محرک‌های گوناگون مانند نور و هورمون‌ها می‌باشد. کاربرد کلسیم همچنین به افزایش وزن تر اولیه گل‌ها و تأخیر در کاهش وزن تر آن‌ها طی دوره پس از برداشت شد (Torre et al., 1999). افزودن کلسیم به محلول غذایی موجب افزایش محتوای کلسیم و وزن خشک شاخه در گل بریده لیزیانتوس شد (Frett et al., 1988). با استناد به یافته‌های پژوهش حاضر در مورد کلسیم ساقه می‌توان بیان کرد که استفاده از نانو کلات کلسیم در محلول غذایی به‌واسطه افزایش محتوای کلسیم بافت ساقه، باعث بهبود وزن تر و خشک شاخه گل‌دهنده شده است که با گزارش Albino-Garduno et al. (2008) در گل ژربرا و Saeedi et al. (2015) در گل لیزیانتوس مطابقت دارد.

Table 1. Variance analysis of the effect of calcium nanochelate and gerbera cultivars on flower charactristics and vase life

Source of variations	df	Mean squares						
		Stem height	Stem fresh weight	Stem dry weight	Number of inflorescence	Stem dimeter	Flower dimeter	Vase life
Block	2	141.14^{**}	0.016^{ns}	0.002^{ns}	0.037^{ns}	0.005^{ns}	0.0025^{ns}	0.148^{ns}
Cultivar	2	1025.59^{**}	1.19^{**}	0.243^{**}	1.814^{**}	1.43^{**}	2.27^{**}	9.148^{**}
Calcium nanochelate	2	51.14^{ns}	1.44^{**}	0.31^{*}	28.592^{**}	0.47^{**}	0.01^{ns}	20.59^{**}
Cultivar × Calcium nanochelate	4	19.25^{ns}	0.15^{**}	0.27^{**}	1.370^{**}	0.62^{**}	0.82^{**}	11.37^{**}
Erorr	16	19.31	0.038	0.007	0.245	0.07	0.014	0.273
C.V. (%)		6.85	4.69	5.54	7.77	4.56	1.20	6.78

ns, * and ** show no significant differences, significant at the 5 and 1% respectively.

Table 2. Variance analysis the effect of calcium nanochelate on physiological and biochemical charactristics of different cultivars gerbera

Source of variations	df	Mean squares					
		Electrolyt leakage	Chlorophyll content	Carotenoid content	Calcium content of leaf	Calcium content of stem	Vase solution uptake
Block	2	5.29^{ns}	0.004^{ns}	0.43^{*}	0.003^{ns}	0.003^{ns}	0.098^{*}
Cultivar	2	189.66^{**}	0.113^{**}	75.88^{**}	0.59^{**}	0.018^{**}	5.507^{**}
Calcium nanochelate	2	437.36^{**}	0.301^{**}	15.50^{**}	0.022^{ns}	0.018^{**}	0.580^{**}
Cultivar × Calcium nanochelate	4	48.65^{**}	0.612^{**}	51.09^{**}	0.144^{**}	0.009^{**}	1.69^{**}
Erorr	16	0.24	0.008	1.94	0.006	0.001	0.021
C.V. (%)		4.15	7.69	6.21	3.28	2.36	3.001

ns, * and ** show no significant differences, significant at the 5 and 1% respectively.

Table 3. Interaction effect of cultivar and calcium Nanochelate on the stem fresh and dry weight, number of inflorescences, flower and stem diameter and vase life of gerbera

Cultivar	Calcium nanochelate (g/l)	Stem fresh weight (g)	Stem dry weight (g)	Number of inflorescence	Stem dimeter (mm)	Flower dimeter (mm)	Vase life (day to wilting)
Cabana	0	17.97^{cd}	1.96^{de}	4.33^{e}	5.70^{cd}	87.98^{e}	5.33^{e}
	2	13.24^{fg}	2.10^{cd}	6.33^{cd}	5.35^{de}	98.40^{bc}	7.66^{b}
	3	11.28^{g}	1.06^{f}	7.00^{c}	5.50^{cd}	82.26^{f}	7.33^{bc}
Amlet	0	21.90^{ab}	2.56^{b}	4.66^{e}	5.95^{bc}	92.73^{d}	6.00^{de}
	2	20.07^{bc}	2.40^{bc}	6.33^{cd}	6.49^{a}	99.60^{bc}	9.33^{a}
	3	16.89^{de}	1.82^{de}	9.33^{a}	6.36^{ab}	101.80^{b}	7.33^{bc}
Intense	0	17.13^{de}	2.59^{b}	5.00^{e}	5.75^{cd}	115.56^{a}	6.66^{dc}
	2	15.13^{ef}	1.61^{e}	6.00^{d}	4.94^{e}	96.43^{cd}	9.66^{a}
	3	24.30^{a}	3.92^{a}	8.33^{b}	6.30^{ab}	117.07^{a}	10.00^{a}

Mean in each column and treatment with the same letter are not significantly different at 5% of probability level-using Duncan -s Multiple Range Test.

با توجه به شکل (۲) نیز معلوم گردید که بیشترین ارتفاع ساقه گل (۸۸/۵ سانتی‌متر) متعلق به رقم Amlet بود که با رقم Cabana اختلاف معنی‌داری داشت. وجود اختلاف معنی‌دار بین ارقام از لحاظ ویژگی‌های گل در اصل از ژنتیک آن‌ها منشأ می‌گیرد که یک امر پذیرفته‌شده در مطالعات بیولوژیکی می‌باشد. تفاوت‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در ارقام یا کولتیوارهای مختلف یک گیاه ممکن است درنتیجه اختلاف ژنتیکی باشد که منجر به تمایز بین ارقام می‌گردد (Schnell et al., 1999).

نشت الکترولیت

افزایش غلظت نانو کلات کلسیم در همه ارقام مورد آزمایش سبب کاهش میزان نشت الکترولیت شد به‌طوری‌که بیشترین نشت یونی در رقم Cabana بدون تیمار نانو کلات کلسیم به میزان ۹۶/۰۶ درصد بود و کمترین مقدار در رقم Amlet محلول‌پاشی‌شده با غلظت ۳ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم به میزان ۷۵/۵۱ درصد مشاهده گردید (جدول ۴).

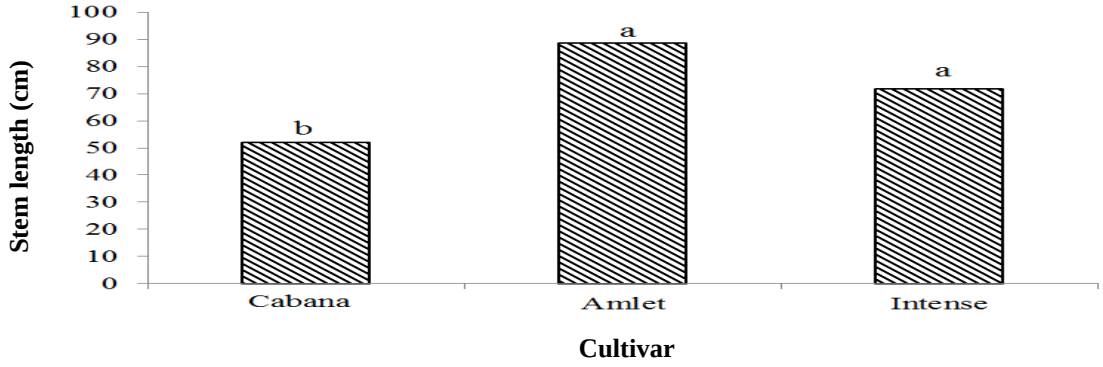

Figure 2. Effect of cultivar on stem height
Different letters represent significant differences according Duncan multiple range test (P=0.05)

Table 4. The effect of calcium nanochelate on physiological and biochemical charactristics three cultivars of gerbera

Cultivar	Calcium nanochelate (g/l)	Electrolyt leakage (%)	Calcium content of leaf (mg/ g DW)	Calcium content of stem (mg/ g DW)	Water uptake (ml/day.g FW)
Cabana	0	96.06^{a}	524.80^{b}	53.70^{bc}	17.47^{e}
	2	88.15^{ab}	239.88^{d}	38.01^{d}	22.68^{cd}
	3	90.21^{abc}	301.99^{cd}	51.28^{bc}	8.50^{f}
Amlet	0	93.27^{ab}	120.22^{e}	45.70^{cd}	25.10^{bc}
	2	85.26^{c}	144.54^{e}	48.97^{bc}	25.77^{b}
	3	75.51^{d}	354.81^{c}	57.54^{ab}	32.49^{a}
Intense	0	93.19^{ab}	501.18^{b}	52.48^{bc}	22.46^{d}
	2	77.92^{d}	537.03^{b}	56.23^{ab}	31.02^{a}
	3	77.08^{d}	794.32^{a}	67.60^{a}	32.94^{a}

Mean in each column and treatment with the same letter are not Significantly different at 5% of probability level-using Duncan-s Multiple Range Test.

از علائم شروع فرآیند پیری گل، نشت یونی گلبرگ و ساقه گل می‌باشد. به‌طور معمول پایداری غشاء بافت از زمان باز شدن گل‌ها تا مرحله پیری به تدریج کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که تیمار نانو کلات کلسیم مورد استفاده اثر معنی‌داری بر کاهش نشت یونی (شاخص پایداری غشاء) دارد. این نتایج همسو با یافته‌های Torre et al. (1999) است که بیان کردند محلول‌پاشی گل‌های رز ارقام مرسدس و بارونز با کلرید کلسیم باعث به تعویق انداختن نشت یونی در غشاء گلبرگ‌ها گردید و با تأخیر در کاهش پروتئین‌های غشاء و فسفولیپیدهای گلبرگ‌ها طول عمر آن‌ها را افزایش داد. همچنین آن‌ها بیان کردند که وجود کلسیم برای جلوگیری از آسیب غشاء و عدم تراوش مواد به بیرون از سلول ضروری است.

میزان کلسیم بافت

مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و نانو کلات کلسیم بر میزان کلسیم درون بافتی برگ و ساقه نشان داد که با افزایش غلظت نانو کلات کلسیم در دو رقم Intense و Amlet میزان کلسیم برگ و ساقه افزایش یافت. میزان کلسیم در رقم Intense در غلظت ۳ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم نسبت به شاهد به میزان ۳۶/۹ درصد در برگ و ۲۲/۳ درصد در ساقه و در رقم Amlet به میزان ۶۶/۱ درصد در برگ و ۲۰/۵ درصد در ساقه افزایش یافت (جدول ۴). Gerasopoulos and Chebli (1999) بیان کردند که محلول‌پاشی با کلرید کلسیم باعث افزایش غلظت کلسیم در برگ ژربرا شد. افزایش کلسیم در محلول غذایی باعث افزایش غلظت این عنصر در بافت‌های مختلف گل رز (Starkey and Pedersen, 1997; Kiani et al., 2011)، گل ژربرا (Albino-Garduno et al., 2008) و گل لیلیوم شرقی (Chang et al., 2012) گردید؛ بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش محلول‌پاشی کلسیم به فرم نانو

منجر به افزایش غلظت این عنصر در اندام هوایی به‌ویژه ساقه گل ژربرا گردیده است. با افزایش میزان جذب کلسیم، استفاده بهینه از کلسیم در ساختار اسکلتی به عمل می‌آید و درنتیجه میزان کلسیم کل شاخساره افزایش می‌یابد. در پژوهشی بیان شده است که همبستگی منفی بین غلظت کلسیم بافت و سرعت پژمردگی گل‌های رز گلدانی به اثبات رسیده است (Mortensen et al., 2001).

جذب آب

جذب آب در گلجای به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار نانو کلات کلسیم و رقم قرار گرفت. پاسخ جذب آب در ارقام به محلول‌پاشی متفاوت بود. بیشترین میزان جذب توسط شاخه گل رقم Intense در غلظت‌های ۲ و ۳ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم و در رقم Amlet در غلظت ۲ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم به‌دست‌آمد اما تیمار نانو کلات کلسیم بر میزان جذب آب در رقم Cabana اثر نداشت (جدول ۴). افزایش جذب آب گلجای در اثر تیمار با نانو کلات کلسیم همسو با تحقیق انجام‌شده بر روی گل مریم بود که تیمار گل‌های بریده با غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم نشان از کاهش میزان تنفس گل‌ها و افزایش جذب آب توسط گل‌آذین‌ها را داشت (Anjum et al., 2001). همچنین با نتایج Songlin and Hsiukuo (2005) در افزایش توانایی جذب آب و باز شدن گل‌ها در گل بریده رز با تیمار پالسی ۱۰ میلی‌مول کلرید کلسیم همسو بود.

رنگدانه‌های فتوسنتزی

با افزایش غلظت نانو کلات کلسیم، کلروفیل کل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با توجه به شکل (۳)، در همه ارقام تیمار نانو کلات کلسیم سبب افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل برگ گردید. بیشترین میزان کلروفیل در رقم Intense در غلظت ۳ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم مشاهده شد که نسبت به شاهد ۷۴/۲۲ درصد افزایش نشان داد و کمترین میزان مربوط به رقم Amlet در شاهد بود. پاسخ ارقام به تیمار نانو کلسیم از لحاظ میزان کارتنوئید نیز متفاوت بود (شکل ۴). در رقم Intense محلول‌پاشی‌شده با غلظت ۲ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم بیشترین میزان کارتنوئید را داشت اما در رقم Amlet در غلظت ۳ گرم در لیتر این شاخص حداکثر بود.

در رقم Cabana در گیاهان محلول‌پاشی‌شده با غلظت ۳ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم نسبت به گیاهان محلول‌پاشی نشده مقدار کارتنوئید تفاوت معنی‌داری نداشتند. محلول‌پاشی گل‌های لیلیوم با کلرید کلسیم باعث افزایش کلروفیل و شاخص سبزینگی برگ گردید (Mortazavi et al., 2007; Chang et al., 2012). کلسیم به‌طور مستقیم در فرایندهای فتوسنتز دخالت داشته و کمبود آن از طریق کاهش کارایی کربوکسیلاسیون و فتوسنتز باعث کاهش قابل توجه بیوماس گیاهان می‌شود (Kokabi and Tabatabaei, 2011).

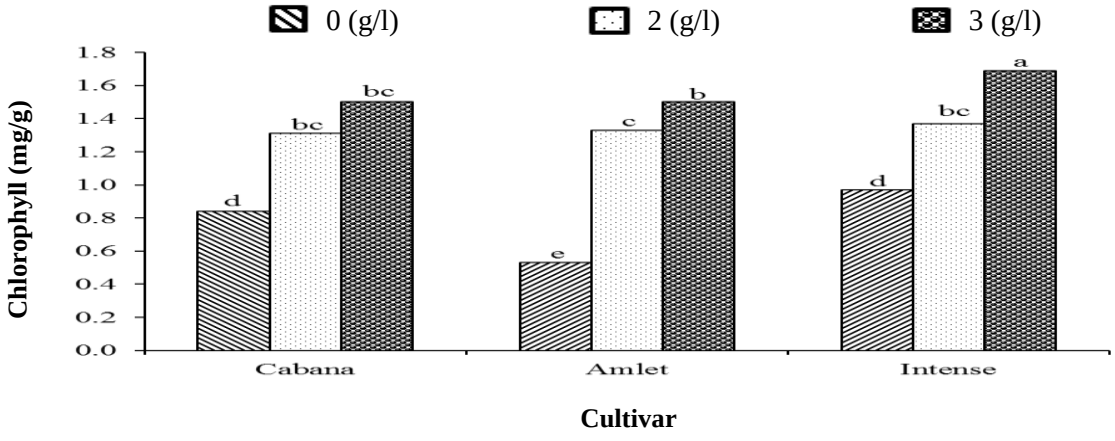

Figure 3. The effect of calcium nanochelate treatments on Chlorophyll content of different cultivars of gerbera

Different letters represent significant differences according Duncan multiple range test (P = 0.05)

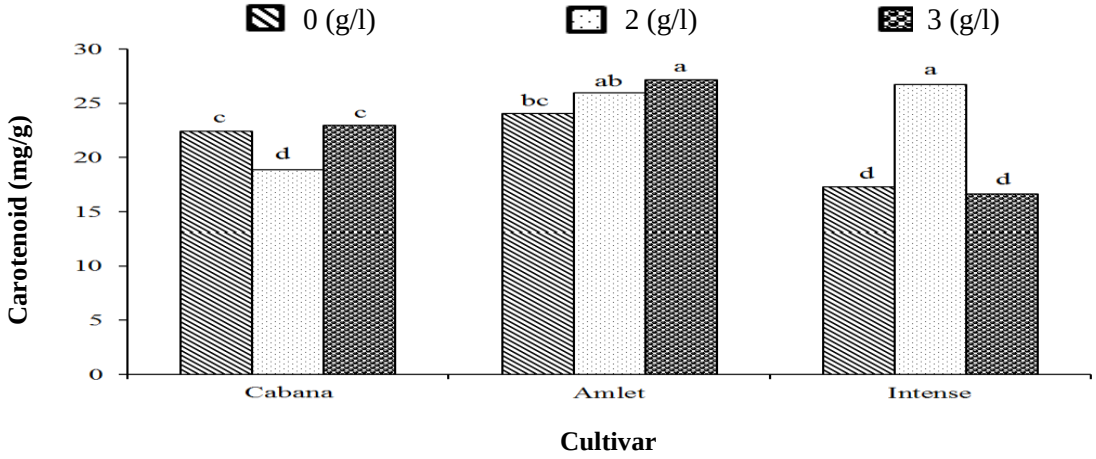

Figure 4. The effect of calcium nanochelate on carotenoid content of different cultivars of gerbera
Different letter(s) represent significant differences according Duncan multiple range test (P = 0.05)

ماندگاری گل

نتایج نشان داد نانو کلات کلسیم توانست عمر پس از برداشت گل ژربرا را بهبود بخشد. در هر رقم، تیمار محلول‌پاشی نانو کلات کلسیم سبب افزایش تعداد روز تا پژمردگی گل گردید. بیشترین ماندگاری گل با میانگین (۱۰ روز) در رقم Intense تیمارشده با غلظت ۳ گرم در لیتر نانو کلات کلسیم و کمترین ماندگاری گل با میانگین (۵/۳۳ روز) در تیمار شاهد رقم Cabana مشاهده شد. افزایش غلظت نانو کلات کلسیم به ۳ گرم در لیتر افزایش معنی‌داری در ماندگاری گل ارقام مورد بررسی نسبت به غلظت ۲ گرم در لیتر ایجاد نکرد (جدول ۳).

نتایج این پژوهش با تحقیقات Gerasopoulos and Chebli (1999) مبنی بر افزایش ماندگاری به سبب افزایش کلسیم، مشابه است. کلسیم نقش مهمی در رشد و تمایز سلولی، فعالیت آنزیم‌ها (Marschner, 1995) و به تأخیر افتادن فرایند پیری در میوه‌ها و سبزی‌ها ایفا می‌کند (Torre et al., 2001). افزایش کلسیم در گلبرگ گل رز بریدنی، ضمن کاهش میزان تولید اتیلن، نفوذپذیری غشای سلولی را حفظ کرد و از نشت یونی که از جمله فرایندهای پیری است جلوگیری کرد (Torre et al., 2001). نقش ساختاری اصلی این عنصر در غشای میانی دیواره سلولی است و به‌عنوان اتصال‌دهنده سلول‌ها عمل می‌کند. همچنین در حفظ نفوذپذیری و استحکام غشای سلولی نقش دارد. افزایش میزان کلسیم درون بافت ساقه گل‌دهنده با کاربرد نانو کلسیم می‌تواند میزان تولید اتیلن را کاهش داده و پایداری غشاء را حفظ کرده و از نشت یون‌ها از غشا سلولی که از جمله فرایندهای پیری است جلوگیری کند (Supanjani Abdel et al., 2005).

نتایج این پژوهش با نتایج Albino-Garduno et al. (2008) بر گل شاخه بریده ژربرا همسو است. اثر بازدارندگی کلسیم بر فعالیت آنزیم ACC oxidase و به دنبال آن کاهش تولید هورمون اتیلن به وسیله گلبرگ‌هاست (Torre et al., 1999). افزایش فعالیت پمپ‌های پروتونی موجود در غشای سیتوپلاسمی (Marschner, 1995) و کاهش نشت الکترولیت‌ها (Mortazavi et al., 2007)، افزایش وزن تر اولیه گل‌ها (Torre et al., 1999)، افزایش مقدار جذب آب، کاهش مقدار تعرق طی دوره پس از برداشت (Lin and Kuo, 2008) و حفظ محتوای کلروفیل (Albino-Garduno et al., 2008) از جمله سازوکارهای افزایش میزان کلسیم هستند که باعث افزایش ماندگاری گل می‌گردد. تفاوت در عمر گلجایی در میان ارقام مختلف ژربرا ممکن است به دلیل ساختار ژنتیکی متفاوت آن‌ها باشد (Abdel-Kader and Rogers, 1987). Mortazavi et al. (2007) نشان دادند مصرف کلرور کلسیم موجب افزایش تورژسانس گلبرگ‌ها، طول عمر گل‌ها و نیز تحریک و تشویق باز شدن غنچه‌های گل رز

گردید (Mortazavi et al., 2007).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر بیان‌کننده این است که کاربرد محلول‌پاشی نانو کلات کلسیم سبب افزایش ماندگاری گل تا دو برابر نسبت به شاهد گردید و همچنین کیفیت و کمیت گل ژربرا را بهبود بخشید و می‌تواند به‌عنوان منبع کلسیم در گل‌های بریدنی توصیه شود.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به جهت تأمین پژوهانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Abdel-Kader, H. and Rogers, M. N. (1985). Postharvest treatment of *Gerbera jamesonii*. *III International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamentals*, 181(2), 169-176.

Albino-Garduno, R., Zavaleta-Mancera, H. A., Ruiz-Posadas, L. M., Sandoval-Villa, M. and Castillo-Morales, A. (2008). Respones of gerbera to calcium in hydroponics. *Journal Plant Nutrition*, 31(1), 91-101.

Ali Nejad, D. and Goli, E. (2005). Nanocomposites and their applications. Tehran: Publishing Tasvir Zaban. [In Farsi]

Anjum, M. A., Naveed, F., Shakeel, F. and Amin, S. (2001). Effect of some chemicals on keeping quality and vase-life of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cut flowers. *Life*, 12(1), 23-65.

Babou-Kammoe, R., Hamoudi, S., Larachi, F. and Belkacemi, Kh. (2012). Synthesis of $CaCo_3$ nanoparticles by controlled precipitation of saturated carbonate and calcium nitrate aqueous solutions. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 90(1), 26-33.

Chang, L., Wu, Y., Xu, W. W., Nikbakht, A. and Xia, Y. P. (2012). Effects of calcium and humic acid treatment on the growth and nutrient uptake of Oriental lily. *African Journal Biotechnology*, 11(9), 2218-2222.

Chen, S. F., Colfen, H., Antonietti, M. and Yu, S. H. (2013). Ethanol assisted synthesis of pure and stable amorphous calcium carbonate nanoparticles. *Chemical Communication*, 49(83), 9564-9566.

Demarty, M., Morvan, C. and Thellier, M. (1984). Calcium and the cell wall. *Plant, Cell and Environment*, 7(6), 441-448.

Frett, J. J., Kelly, J. W., Harbaugh, B. K. and Roh, M. (1988). Optimizing nitrogen and calcium nutrition of lisianthus 1. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 19(1), 13-24.

Gerasopoulos, D. and Chebli, B. (1999. Effects of pre and postharvest calcium applications on the vase-life of cut gerberas. *Journal Horticultural Science and Biotechnology*, 74(1), 78-81.

Iranshahi, A. (1998). *The Effect of nutrition on the quality and vase life of gladiolus cut flower cv. Oscars.* M.Sc. Thesis of Horticulture, Tarbiat Modarres University, Tehran. [In Farsi]

Kiani, Sh., Malekuti, M. J. and Mirzashahi, K. (2011). Effects of different levels of potassium and calcium on growth, nutrients concentration and yield of vendetta cut rose flower (*Rosa hybrida* L). *Plant Productions*, 34(2), 15-26.

Kokabi, S. and Tabatabaei, S. J. (2011). Effect of different ratios of potassium to calcium on the yield and quality of galia melons in hydroponic. *Journal of Horticultural Science*, 25(2), 178-184. [In Farsi]

Koushesh Saba, M. and Nazari, F. (2017). Vase life of gerbera cut flower cv. pink power affected by different treatments of plant essential oils and silver nanoparticles. *Journal of Plant Production Research*, 24(2), 43-59.

Lichtenthaler H. K. (2007). Biosynthesis, accumulation and emission of carotenoids, α-tocopherol,

plastoquinone and isoprene in leaves under high photosynthetic irradiance. *Photosynthesis Research*, 92(3), 163-179.

Lin, R. S. and 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*, 32(6), 469-474.

Liu, R., Zhang, H. and 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), 1-14.

Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants* (2nd Ed.). London: Academic Press.

Mortazavi, N., Naderi, R., Khalighi, A., Babalar, M. and 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(3), 311-313.

Mortensen, L. M., Ottosen, C. O. and Gislerod, H. R. (2001). Effects of air humidity and K: Ca ratio on growth, morphology, flowering and keeping quality of pot roses. *Scientia Horticulturae*, 90(1-2), 131-141.

Patel, A. and Mankad, A. (2002). Studies on postharvest self life of cut *Chrysanthemum indicum* and *Tagetes erecta* flowers. *Indian Journal of Plant Physiology*, 7(3), 292-294.

Pruthi, V., Godara, R. K. and Bhatia, S. K. (2001. Effect of different pulsing treatments on postharvest life of Gladiolus cv. happy end. *Haryana Journal of Horticultural Science*, 30(2), 196-197.

Rane, M., Bawskar, M., Rathod, D., Nagaonkar, D. and 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(4), 045014.

Rostaei, A. (2002). *Growing plant out of the soil*. Tehran: Jahad Press.

Sadowski, Z., Polowczyk, I., Frąckowiak, A., Kozlecki, T. and Chibowski, S. (2010). Bioinspired synthesis of calcium carbonate colloid particles. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 44(3), 205-214.

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

Savvas, D. and Gizas, G. (2002). Response of hydroponically grown gerbera to nutrient solution recycling and different nutrient cation ratios. *Scientia Horticulturae*, 96(4), 267-280.

Schnell, R., Ronning, C. and Knight, R. (1999). Identification of cultivars and validation of genetic relationships in *Mangifera indica* L. using RAPD markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 90(2), 269-274.

Sergio, J. and Sosa, N. (2007). *Effects of pre and postharvest calcium supplementation on longevity of sunflower (Helianthus Annuus cv. Superior sunset).* M.Sc. Thesis, Agricultural and Mechanical College, Graduate Faculty of the Louisiana State University.

Shams, M., Etemadi, N., Baninasab, B., Ramin, A. A. and Khoshgoftar manesh, 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.

Solgi, M. and Taghizadeh, M. (2017). The effects of silver nitrate, thymol, green silver nanoparticles and chitosan on vase life of carnation cut flowers cv. white liberty. *Plant Productions*, 40(1), 1-12.

Songlin, R. and Hsiukuo, M. (2005). Effect of chemical pretreatment on the senescence physiology of cut rose after dry cold storage. *Agricultural Research Institute*, 169-179.

Starkey, K. R. and Pedersen, A. R. (1997). Increased levels of calcium in the nutrient solution improves the postharvest life of potted roses. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122(6), 863-868.

Supanjani Abdel, R., Tawaha, M., Suk Yang, M., Shim Han, H. and Deng Lee, K. (2005). Calcium effect on yield, mineral uptake and terpene components of hydroponic *Chrysanthemum coronarium* L. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1(2), 146-151.

Tahmasbi, F., Hassibi, P. and Meskarbashee, M. (2010). Effect of different salinity levels on some photosynthetic characters of canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Pazhoheshhaye Zeraei Iran*, 14(1), 144-153.

Tavan, T., Niakan, M. and Nourinia, A. (2014). Nano potasium fertilizer effects on growth factors, photosynthetic system and the protein content of wheat, number N 8019. *Journal of Research Ecophysiology Iran*, 35(3), 61-71. [In Farsi]

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

Torre, S., Fjeld, T. and Gislerod, H. R. (2001). Effects of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses. *Scientia Horticulturae*, 90(3), 291-304.