

Effect of Calcium and Silver Nanoparticles on Morphophysiological Characteristics of Cut Rose Flower

Abstract

Introduction: Rose is one of the important cut flowers, which has different types. Extending the vase life of rose-cut flowers is very important in the floriculture industry. Every year, due to the lack of proper storage conditions after harvesting, the efficiency of rose production decreases. Therefore, always using materials that help increase the shelf life of cut flowers is valuable. Today, substances that improve the quality of cut flowers are very important. They include materials such as calcium and silver. Nanoparticles are materials with sizes smaller than 100 nanometers. On the other hand, the important role of calcium and silver in improving quality of the cut flowers is interesting for scientists. In this research, the effect of pre-harvest application of calcium nanoparticles along with the post-harvest application of silver nanoparticles on the morpho-physiological characteristics of rose cut flowers (CV: Classic Cezanne) was investigated.

Material and method: The current research was carried out during the year 2021 in a commercial rose production greenhouse in Nazarabad city. calcium nanoparticles with different concentrations (0, 5 and 10 mg. L⁻¹) were sprayed on rose bushes every ten days (two months before harvest). After harvesting the flowers and transferring them to the laboratory, silver nanoparticles were added to the flower preservation solution at different concentrations (0, 5 and 10 mg. L⁻¹). After harvesting, the traits (vase life, flower diameter, fresh weight, vase solution uptake, total protein, malondialdehyde and superoxide dismutase) were evaluated on the treated flowers (on days 0, 4, 8 and 12). Experiment was performed as factorial based on completely randomized design, included 9 treatments with 3 replications.

Results and Discussion: Based on the results of analysis of variance of treatment with calcium nanoparticles and silver nanoparticles for the quality of shelf life at the 1% level of Duncan's test, it showed a significant difference. Also, based on the results, the highest amount of Vase life is related to the treatment of calcium nanoparticles with a concentration of 10 mg.L⁻¹ with the silver nanoparticle treatment in the time after harvesting was at concentrations of 5 and 10 mg (11 days) and the lowest amount was related to the control treatment (7 days). Vase life increased under the effect of treatment with calcium nanoparticles and silver nanoparticles (10 mg.L⁻¹) and caused an increase of 4 days compared to the control (0 mg.L⁻¹) The treatments decreased the amount of malondialdehyde and also increased the relative amount of absorbed solution, total protein and superoxide dismutase enzyme. Based on the results of this study, calcium and silver nanoparticles improved qualitative traits. The simultaneous treatment of calcium and silver nanoparticles (concentration 10 mg. L⁻¹) compared to the control (0 mg.L⁻¹) caused an increase (14%) in flower diameter, fresh weight (12%), vase solution uptake (46%), superoxide dismutase (21%) and malondialdehyde reduction (37%). Two other important findings emerged from this work: (1) The nanoparticles used in this experiment caused the

activation of the enzyme antioxidant system in the treatments (2) The simultaneous treatment of nanoparticles calcium before harvesting and silver nanoparticles treatment after harvesting by activating the antioxidant enzyme system and maintaining the ability to absorb the solution increased the vase life of rose cut flowers. In general, the treatment with calcium nanoparticles at a concentration of 10 mg. L⁻¹ before harvesting and the treatment with silver nanoparticles at a concentration of 10 mg. L⁻¹ after harvesting were the most effective treatments in most traits.

Conclusion: Calcium is one of the most effective factors in increasing the vase life of rose cut flowers. Treatments containing calcium increase absorption of vase solution uptake. The treatment of calcium nanoparticles increases the total protein and superoxide enzyme compared to the control, so that the simultaneous use of silver and calcium nanoparticles increases the vase life of rose-cut flowers compared to the control. Calcium probably activated a chain of reactions by activating the message transmission system and caused the expression of genes involved in the antioxidant system of the samples. silver nanoparticles by affecting the absorption of vase solution uptake and reducing the amount of malondialdehyde and increasing the total protein and superoxide dismutase enzyme compared to the control, increase the vase life of cut flowers. According to the results obtained from the present research, it can be concluded that use of calcium nanoparticles with silver nanoparticles had great effects on most of traits in compared to control treatment. The use of calcium nanoparticles with silver nanoparticles improves the vase life conditions by increasing water uptake and consequently increasing the relative fresh weight.

Keywords: *Antioxidant enzymes, Postharvest, vase life.*

تأثیر نانو ذرات کلسیم و نقره بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گل شاخه بریده رز

حمید سلیمانی - میترا اعلایی - مسعود ارغوانی

دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

DOI: [10.22067/jhs.2023.80161.1220](https://doi.org/10.22067/jhs.2023.80161.1220)

چکیده

گل رز از جمله گل‌های مهم شاخه بریده می‌باشد که به دلیل عدم شرایط مناسب نگهداری در زمان پس از برداشت راندمان تولید این گل به شدت کاهش می‌یابد. در این تحقیق، اثر کاربرد نانو ذرات کلسیم قبل از برداشت همراه با کاربرد نانو ذرات نقره پس از برداشت بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گل‌های شاخه بریده رز (رقم Classic Cezanne) مورد بررسی قرار گرفت. پژوهش حاضر در سال ۱۴۰۰ در گلخانه تجاری تولید گل رز در شهرستان نظرآباد استان البرز و موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی انجام شد. نانو ذرات کلسیم با غلظت‌های (صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) هر ده روز (از دو ماه قبل از برداشت) روی بوته‌های گل رز اسپری شدند. پس از برداشت گل‌ها و انتقال آنها به آزمایشگاه، نانو ذرات نقره در غلظت‌های صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به آب مقطر حاوی ساکارز سه درصد گل اضافه شد. پس از برداشت گل‌ها در بازه زمانی صفر، ۴، ۸ و ۱۲ روز صفات عمرگلجای، قطر گل، وزن تر نسبی شاخه گل‌ها، میزان نسبی محلول جذب شده، پروتئین کل، مالون دی‌آلدئید و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز مورد ارزیابی قرار گرفتند. عمرگلجایی تحت تأثیر تیمار با نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره (۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) نسبت به شاهد ۴ روز افزایش یافت. براساس نتایج روز، در روز دوازدهم اندازه گیری تیمار نانو ذرات کلسیم و نقره (غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) در مقایسه با شاهد (صفر میلی‌گرم در لیتر) باعث افزایش (۱۴ درصد) قطر گل، وزن تر (۱۲ درصد)، مقدار نسبی محلول جذب شده (۴۶ درصد)، سوپراکسید دیسموتاز (۲۱ درصد) و همچنین کاهش مالون دی‌آلدئید (۳۷ درصد) گردید. تیمارها باعث کاهش مقدار مالون دی‌آلدئید و همچنین افزایش میزان نسبی محلول جذب شده، پروتئین کل و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شدند. از طرفی نانو ذرات مورد استفاده در این آزمایش باعث فعال شدن سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی در تیمارها شد. تیمار نانو ذرات کلسیم قبل از برداشت و نانو ذرات نقره پس از برداشت با فعال کردن سیستم آنزیم آنتی‌اکسیدانی و حفظ توانایی جذب محلول باعث افزایش عمر گل‌های شاخه بریده رز شد. به طور کلی تیمار با نانو ذرات کلسیم با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر قبل از برداشت و تیمار با نانو ذرات نقره با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر پس از برداشت، در روز دوازدهم موثرترین تیمار در اکثر صفات بودند. با توجه به نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از نانو ذرات کلسیم با نانو ذرات نقره در مقایسه با تیمار شاهد بر اکثر صفات تأثیر بسزایی داشته است. استفاده از نانو ذرات کلسیم با نانو ذرات نقره با افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش وزن تازه نسبی، شرایط عمرگلجای را بهبود می‌بخشد.

کلید واژه: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، پس از برداشت، عمر گلجایی.

مقدمه

گل رز (*Rosa hybridia*. L)، از خانواده *Rosaceae* به عنوان گل شاخه بریده، گیاه باغی و همچنین برای اهداف دارویی، صنعتی و عطری استفاده می‌شود و گسترده‌ترین استفاده از آن به صورت شاخه بریده است (Leus *et al.*, 2018). عمر گلجایی گل‌های شاخه بریده مهم‌ترین عامل در تعیین ارزش اقتصادی آن‌ها است. عمر گل‌های رز بریده شده به دلیل پژمردگی، تولید اتیلن و انسداد آوندها توسط هوا و میکروارگانسیم‌ها کوتاه است (Ghadimian and Danaei, 2020). میکروارگانسیم‌هایی که در محلول‌های نگهدارنده رشد می‌کنند، از جمله پارامترهای اصلی هستند که می‌توانند آوندهای چوبی را مسدود کنند و جذب آب و در نهایت عمر پس از برداشت گل‌های شاخه بریده را کاهش دهند (Kazaz *et al.*, 2019). امروزه استفاده از محلول‌های مناسب به منظور افزایش طول عمر پس از برداشت بسیار افزایش یافته است (Langroudi *et al.*, 2019).

اخیراً به صورت گسترده‌ای از نانو ذرات در کشاورزی (فرمولاسیون کودها و آفت‌کش‌ها) استفاده می‌گردد (Ghidan and Al *et al.*, 2019). نانو ذرات نه تنها جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه را بهبود می‌بخشند، بلکه با خاصیت ضد میکروبی خود به افزایش کمیت و کیفیت گیاه کمک می‌نمایند (He *et al.*, 2018). کلسیم یکی از موثرترین عوامل در افزایش عمر گلجایی گل‌های شاخه بریده می‌باشد. تجمع کلسیم در بافت‌های گیاهی باعث ایجاد اتصالات پلیمری بین لایه میانی غشای پکتوسلولوزی می‌شود که این مهم به تثبیت شبکه دیواره سلولی و افزایش مقاومت مکانیکی بافت‌ها کمک می‌کند (Hepler, 2005). تامین میزان کافی کلسیم باعث افزایش عمر گلجایی در گل‌های شاخه بریده می‌گردد (Halevy *et al.*, 2001). همچنین، کلسیم در مقیاس نانومتری بر رفتار گیاهان در مراحل قبل و بعد از برداشت تأثیر می‌گذارد. محلول پاشی درختان سیب با نانو ذرات کلسیم باعث بهبود مشخصات کمی و کیفی آن‌ها گردیده است (Ranjbar *et al.*, 2019). نتایج محلول پاشی درختان هلو با نانو ذرات کلسیم بیانگر بهبود کمیت و کیفیت میوه‌های هلو در زمان پس از برداشت بوده است (Kiafar *et al.*, 2019).

تیمار گل شاخه بریده با غلظت‌های مختلف نمک کلرید کلسیم باعث تاخیر در انحنای گل می‌گردد که به تاخیر در پیری گل‌ها نسبت داده می‌شود. این نمک باعث کاهش تنفس و افزایش جذب در گیاه می‌گردد (Handa and Mattoo, 2010). تیمار هم‌زمان با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم باعث افزایش رشد و جذب بیشتر عناصر N، P، K، Ca و Mg گردید (Abdolmaleki *et al.*, 2015). کاربرد نانو کلات کلسیم باعث افزایش میزان کلروفیل و کلسیم بافت ساقه گل‌دهنده و همچنین باعث کاهش نشت یونی در گیاه ژربرا گردید (moallaye mazraei *et al.*, 2020). تیمار نانو ذرات کلسیم، پتاسیم و آهن روی گیاه نعنای باعث بهبود صفات کمی و کیفی در آن گردیده است (Bagheri *et al.*, 2021). تیمار نانو ذرات کلسیم روی گیاه *Lansium domesticum* باعث کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز و تغییر رنگ بافت آن شد (Lichanporn *et al.*, 2019).

نانو ذرات نقره به دلیل از دست دادن دو الکترون از سطح پوسته خود، ارگانسیم‌های بیماری‌زا را جذب و به آن‌ها آسیب می‌رسانند و در نهایت باعث نابودی آن‌ها می‌شوند (Naing and Kim, 2020). نانو ذرات نقره با برهم زدن ساختار غشای سلولی در قارچ‌ها به عنوان یک عامل ضد قارچی عمل می‌کنند (Tran and Le, 2013). اخیراً، بسیاری از محققان نقش نانو ذرات نقره را در افزایش عمر پس از برداشت گل‌های مختلف شاخه بریده مانند گل‌های ژربرا، گلابول و رز نشان داده‌اند (Li et al., 2017) که در آن نانو ذرات نقره می‌توانند نه تنها ژن‌های بیوسنتز اتیلن بلکه رشد باکتریایی در ساقه‌های بریده شده را که عمدتاً با طول عمر گل‌های شاخه بریده مرتبط هستند، سرکوب کنند. گزارش شده است محلول محافظ حاوی ۲ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات نقره موجب افزایش طول عمر گل شاخه بریده، قطر گل و درصد شکوفایی در گل رز گردید (Mohammadi Ostad Kalayeh et al., 2011). کاربرد هم‌زمان نانو ذرات نقره و کلسیم روی گل آلسترومیریا باعث افزایش عمر گلجای آن گردید (Samadzadeh and Kamiab, 2017).

گزارش‌های مختلف نشان می‌دهند که کاربرد تیمارهای قبل از برداشت در مراحل مختلف رشدی، تأثیر متفاوتی بر فیزیولوژی محصولات قبل و پس از برداشت می‌گذارد که عمر پس از برداشت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین در این پژوهش اثر کاربرد تیمارهای نانو ذرات کلسیم به صورت محلول‌پاشی قبل از برداشت و نانو ذرات نقره در محلول گلجای بر برخی خصوصیات کیفی و عمر گلجای گل‌های رز شاخه بریده رقم کلاسیک سزان (*Rosa hybridia*. CV: Classic Cezanne) مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در یک گلخانه تجاری تولید گل رز در شهرستان نظرآباد، استان البرز با مختصات طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۶۴ دقیقه و با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸۸ دقیقه و ارتفاع ۱۱۹۵ متر از سطح دریا با میانگین دمای روزانه ۲۲ و دمای شبانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد با رطوبت ۶۰-۷۵ درصد و طول روز ۹ ساعت با بستر کشت ۶۰ درصد کوکوپیت و ۴۰ درصد پرلیت و تغذیه با محلول غذایی هوگلند انجام گرفت. نانو ذرات کلسیم از شرکت سپهر پارمیس با ذراتی به قطر ۱۵ نانومتر و نانو ذرات نقره از شرکت فاین نانو با ذراتی به قطر ۲۵ نانومتر خریداری شد. فاکتور اول شامل محلول‌پاشی قبل از برداشت با نانو ذرات کلسیم به غلظت صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر از دو ماه قبل از برداشت (هر ۱۰ روز یکبار و در مجموع شش بار در ماه‌های مهر و آبان سال ۱۴۰۰) و فاکتور دوم شامل اضافه کردن نانو ذرات نقره با غلظت صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر به محلول گلجایی در گل‌های تیمار شده با نانو ذرات کلسیم بود.

نمونه‌های سالم و یکنواخت از بین گل‌های تیمار شده با نانو ذرات کلسیم انتخاب شد و بعد از انتقال به آزمایشگاه در زیر آب انتهایی آن‌ها بریده و هم ارتفاع (۵۰ سانتی‌متر) گردیدند و درون آب مقطر قرار داده شدند. سپس گل‌ها را در تاریکی و دمای ۷ درجه به مدت سه ساعت قرار داده شد تا همگی در حالت محتوای آب نسبی مشابه قرار گیرند. شاخه‌ها پس از توزین توسط ترازوی دیجیتالی، به تعداد ۱۰ شاخه گل درون هر ظرف شیشه‌ای حاوی محلول تیمارهای مورد نظر قرار گرفتند. ساکارز ۳ درصد برای تمام گل‌ها به محلول گلجای اضافه شد. سپس تیمار نانو ذرات نقره در سه غلظت صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر به محلول گلجای اضافه شد و بعد گل‌های تیمار شده در شرایط محیطی آزمایشگاه با دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۶۰ درصد و شدت نور ۱۲ میکرومول در متر مربع در ثانیه با استفاده از

لامپ‌های مهتابی تحت طول روز ۱۲ ساعت نگهداری شدند و در بازه‌های زمانی صفر، ۴، ۸ و ۱۲ روز نمونه‌ها تحت ارزیابی قرار گرفتند. برای اجرای تحقیق از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS ۹.۳ آنالیز گردید و به منظور مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامن ای دانکن استفاده شد.

صفات مورد ارزیابی شامل: عمر گلجای، قطر گل، وزن تر نسبی شاخه گل‌ها، میزان نسبی محلول جذب شده، پروتئین کل، مالون دی آلدئید و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بود. عمر گلجای، از زمانی که گل‌ها در داخل محلول قرار داده شدند به عنوان روز صفر یادداشت گردید و تا زمان پژمردگی گلبرگ به میزان ۶۰ درصد و خمیدگی گردن بیشتر از ۹۰ درجه پایان عمر گلجای، گل تلقی شد (Chamani et al., 2005). قطر گل توسط کولیس اندازه‌گیری شد و بر حسب میلی‌متر محاسبه شد. وزن تر نسبی شاخه گل‌ها توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم در ابتدای آزمایش و پیش از قرارگیری در محلول‌ها و پس از آن در طی دوره آزمایش اندازه‌گیری شد. وزن تر نسبی شاخه گل با استفاده از رابطه زیر بر حسب درصد محاسبه خواهد گردید که در آن RFW وزن تر نسبی بر حسب درصد، Wt وزن شاخه گل بر حسب گرم در روزهای دیگر آزمایش، Wt=0 وزن همان شاخه گل در روز صفر می‌باشد.

$$\text{RFW} = (\text{Wt}/\text{Wt}=0) \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

میزان نسبی محلول جذب شده با روش (He et al., 2012) محاسبه گردید. استخراج پروتئین کل بر اساس روش (Bradford, 1976) صورت گرفت. جهت ارزیابی آسیب تنش اکسیداتیو به غشای سلولی، غلظت مالون دی آلدئید (MDA) به عنوان محصول واکنش پراکسیده شدن اسیدهای چرب اندازه‌گیری شد (Stewart et al., 1980). اساس اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، اثر بازدارندگی این آنزیم با احیای نوری نیتروبلوترازولیوم (NBT) است (Giannopolitis and Ries, 1977).

نتایج و بحث

براساس جدول ۱ تجزیه واریانس اثر متقابل تیمار نانو ذرات کلسیم و تیمار نانو ذرات نقره برای صفت عمر گلجای در سطح یک درصد آزمون دانکن اختلاف معنی دار نشان داد، همچنین براساس جدول ۲ تجزیه واریانس اثر متقابل تیمار نانو ذرات کلسیم و تیمار نانو ذرات نقره برای صفت وزن تر نسبی شاخه گل‌ها و میزان نسبی محلول جذب شده اختلاف معنی داری مشاهده نشد. اثر متقابل تیمار نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره برای صفت پروتئین کل و سوپراکسید دیسموتاز در سطح یک درصد آزمون دانکن اختلاف معنی دار نشان داد، اما صفت قطر گل و مالون دی آلدئید در سطح پنج درصد اختلاف مشاهده شد. در روز چهارم نمونه برداری پس از برداشت اثر متقابل تیمار نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره برای صفت وزن تازه، میزان نسبی محلول جذب شده و پروتئین کل در سطح یک درصد و برای صفت قطر گل، مالون دی آلدئید و سوپراکسید دیسموتاز در سطح پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری به ثبت رسید. در روز هشتم نمونه برداری، اثر متقابل تیمار نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره برای صفت وزن تازه، میزان نسبی محلول جذب شده و مالون دی آلدئید در سطح یک درصد و برای صفت پروتئین کل و سوپراکسید دیسموتاز در سطح پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی دار داشت. در روز

دوازدهم نمونه برداری پس از برداشت اثر متقابل تیمار نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره برای همه صفات در سطح یک درصد و برای صفت پروتئین کل در سطح پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۱. تجزیه واریانس اثرات تیمارهای نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره روی صفات گل رز شاخه بریده (رقم Classic Cezanne)
 Table 1. ANOVA for the effects of calcium nanoparticles (CNP) and silver nanoparticles (SNP) treatments on rose cut flower (Classic Cezanne) characteristics

Sources of variance منابع تغییرات	Df	Means of Square میانگین مربعات
		Vase life عمر گلجای
Replication تکرار	2	0.2 ^{ns}
CNP نانو ذرات کلسیم	2	15.2 ^{**}
SNP نانو ذرات نقره	2	6.7 ^{**}
CNP × SNP نانو ذرات کلسیم × نانو ذرات نقره	4	1.6 ^{**}
Error خطا	16	0.1
C.V. ضریب تغییرات		4.1

^{ns}, ^{**} و ^{*} به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.
^{ns}, ^{**} and ^{*}: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

جدول ۲. تجزیه واریانس اثرات تیمارهای نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره روی صفات گل رز شاخه بریده (رقم Classic Cezanne) در روزهای اول و چهارم

Table 2. ANOVA for the effects of calcium nanoparticles (CNP) and silver nanoparticles (SNP) treatments on rose cut flower (Classic Cezanne) characteristics at first and fourth days

زمان نمونه برداری Sampling time	منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of Square					
			قطر گل Flower diameter	وزن تازه Fresh weight	میزان نسبی محلول جذب شده Vase solution uptak	پروتئین کل Total protein	مالوندی آلدئید Malondialdeh yde	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase
روز اول (پس از برداشت) first day(after harvesting)	تکرار Replication	2	0.14 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.14 ^{ns}
	نانو ذرات کلسیم CNP	2	0.25*	0 ^{ns}	0 ^{ns}	19.37**	0.02**	6.7**
	نانو ذرات نقره SNP	2	0.48*	0 ^{ns}	0 ^{ns}	10.48**	0.02**	8.03**
	نانو ذرات کلسیم × نانو ذرات نقره CNP × SNP	4	0.48*	0 ^{ns}	0 ^{ns}	4.92**	0.002*	1.3**
	خطا Error	16	0.14	0	0	0.13	0.001	0.14
	ضریب تغییرات C.V.		0.93	0	0	1.7	1.8	1.6
روز چهارم (پس از برداشت) Fourth day (after harvesting)	تکرار Replication	2	0.25 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.00004 ^{ns}	0.59 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.1 ^{ns}
	نانو ذرات کلسیم CNP	2	1.03*	29.48**	0.01**	48.9**	1.56**	3.1**
	نانو ذرات نقره SNP	2	7.81**	31.14**	0.02**	30.7**	0.8**	114.7**
	نانو ذرات کلسیم × نانو ذرات نقره CNP × SNP	4	0.81*	2.37**	0.002**	2.2**	0.01*	1.22*
	خطا Error	16	0.25	0.3	0.00003	0.21	0.03	0.19
	ضریب تغییرات C.V.		0.93	0.49	0.82	2.66	5.6	1.37

^{ns}, **, * و * به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.
^{ns}, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

جدول ۳. تجزیه واریانس اثرات تیمارهای نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره روی صفات گل رز شاخه بریده (رقم Classic Cezanne) در روزهای هشتم و دوازدهم

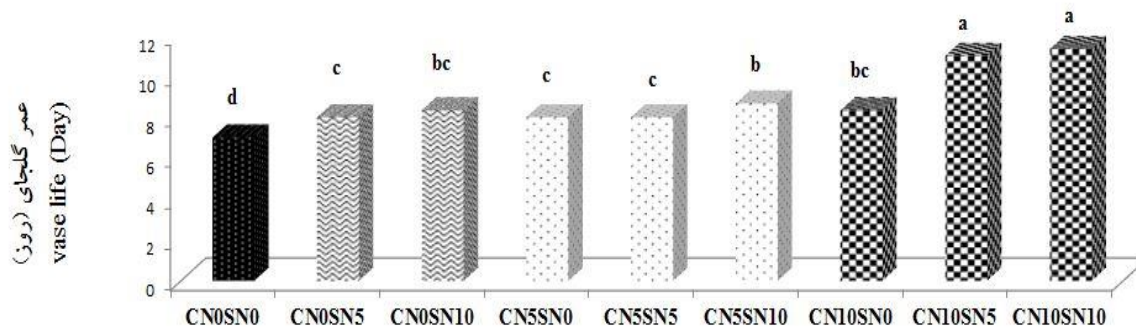
Table 2. ANOVA for the effects of Results of calcium nanoparticles (CNP) and silver nanoparticles (SNP) treatments on rose cut flower (Classic Cezanne) characteristics at eighth and twelfth days

زمان نمونه برداری Sampling time	منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of Square					
			قطر گل Flower diameter	وزن تازه Fresh weight	میزان نسبی محلول جذب شده Vase solution uptake	پروتئین کل Total protein	مالوندی آلدئید Malondialdehyde	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase
روز هشتم (پس از برداشت) Eighth day (after harvesting)	تکرار Replication	2	0.03 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.000003 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.03 ^{ns}
	نانو ذرات کلسیم CNP	2	22.92 ^{**}	24.10 ^{**}	0.06 ^{**}	44.59 ^{**}	2.11 ^{**}	22.37 ^{**}
	نانو ذرات نقره SNP	2	29.14 ^{**}	105.80 ^{**}	0.04 ^{**}	79.59 ^{**}	2.76 ^{**}	38.37 ^{**}
	نانو ذرات کلسیم × نانو ذرات نقره CNP × SNP	4	3.75 ^{**}	1.81 ^{**}	0.002 ^{**}	4.09 [*]	0.16 ^{**}	2.42 [*]
	خطا Error	16	0.20	0.24	0.00001	0.12	0.004	0.32
	ضریب تغییرات C.V.		0.87	0.49	0.50	3.64	1.4	2.15
روز دوازدهم (پس از برداشت) Twelfth day (after harvesting)	تکرار Replication	2	0.14 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.00005 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.14 ^{ns}
	نانو ذرات کلسیم CNP	2	23.14 ^{**}	8.48 ^{**}	0.04 ^{**}	30.77 ^{**}	1.40 ^{**}	9.14 ^{**}
	نانو ذرات نقره SNP	2	49.37 ^{**}	190.7 ^{**}	0.04 ^{**}	45.77 ^{**}	3.60 ^{**}	42.25 ^{**}
	نانو ذرات کلسیم × نانو ذرات نقره CNP × SNP	4	6.14 ^{**}	4.14 ^{**}	0.003 ^{**}	0.22 [*]	0.60 ^{**}	2.31 ^{**}
	خطا Error	16	0.18	0.39	0.00002	0.02	0.001	0.14
	ضریب تغییرات C.V.		0.87	0.68	0.7	5.6	0.7	1.51

^{ns}, ^{**} و ^{*} به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.
^{ns}, ^{**} and ^{*}: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

عمر گلجای

براساس شکل ۱ در صفت عمر گلجای تیمار ۱۰ میلی گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰ میلی گرم در لیتر نانو ذرات نقره با میانگین ۱۱/۳۳ روز اثربخش ترین تیمار بود و پس از آن تیمار ۱۰ میلی گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۵ میلی گرم در لیتر نانو ذرات نقره با میانگین ۱۱ روز قرار داشت که نسبت به تیمار شاهد (غلظت صفر میلی گرم در لیتر نانو ذرات نقره) عمر گل ها را چهار روز افزایش داد. یکی از عملکردهای اصلی نانو ذرات، اثر ضد میکروبی است که آن ها را به یک محلول نگهدارنده موثر برای افزایش عمر گل های شاخه بریده تبدیل می کند. افزودن کلسیم به محلول گلجای باعث افزایش ماندگاری گل های شاخه بریده می گردد (Perik et al., 2014). کلسیم معمولاً از طریق محلول هایی به عنوان کلرید کلسیم یا لاکتات استفاده می شود و این تیمارها باعث افزایش عمر گلجای در گیاه ژربرا گردیده است (Combrink, 2017). تیمارهای حاوی کلسیم در گل های ژربرا مانع خم شدن ساقه و افزایش عمر ماندگاری گل ژربرا گردید (Nikbakht et al., 2008). همچنین کاربرد همزمان نانو ذرات نقره و کلسیم روی گل آلسترومریا باعث افزایش عمر گلجای آن شد (Samadzadeh and Kamiab, 2017). سنتز اتیلن و انسداد عروق توسط میکروب ها یا هوا را می توان به یکی از عمده ترین عوامل در کاهش عمر گلجای در گل ها دانست (Sudaria et al., 2017). استفاده از نانو ذرات نقره به دلیل بلوکه کردن مسیر سنتز اتیلن باعث افزایش عمر گلجای در گیاه شاه اشرفی شد (Skutnik et al., 2020). همچنین استفاده از نانو ذرات نقره روی گیاه میخک به دلیل متوقف کردن تولید اتیلن باعث افزایش عمر گلجای شده است (Liu et al., 2018). همچنین استفاده از نانو ذرات نقره در محلول نگهداری به غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر باعث کاهش خمش گل و پراکسیداسیون لیپیدی گردید (Hajizadeh et al., 2016). اضافه کردن نانو ذرات نقره به محلول گلدانی میخک (*Dianthus caryophyllus* L.) باعث حفظ تعادل آب، وزن تازه و تاخیر در پژمردگی گردید (Lin et al., 2019). با توجه به نتایج سایر تحقیقات و تحقیق اخیر نانو ذرات توانایی افزایش عمر گلجای را در رزهای شاخه بریده دارند.



شکل ۱. اثر تیمارهای آزمایش بر عمر گلجای گل شاخه بریده رز (رقم Classic Cezanne)

Figure 1. Effect of experimental treatments on the vase life (Day) of rose cut flower.

در هر ستون حروف یکسان نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار میباشد. (CN₀ = غلظت صفر میلی گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم ، CN₅ = غلظت ۵ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم ، CN₁₀ = غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم ، SN₀ = غلظت صفر میلی گرم بر لیتر نانو ذرات نقره ، SN₅ = غلظت ۵ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات نقره ، SN₁₀ = غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات نقره)

In each column, values with same letter does not have significantly difference with each other. (CN₀ = concentration of zero mg. L⁻¹ calcium nanoparticles, CaN₅ = concentration of 5 mg. L⁻¹ calcium nanoparticles, CN₁₀ = concentration of 10 mg. L⁻¹ calcium nanoparticles, SN₀ = Concentration of zero mg. L⁻¹ calcium nanoparticles, SN₅ = Concentration of 5 mg. L⁻¹ silver nanoparticles and SN₁₀ = Concentration of 10 mg. L⁻¹ silver nanoparticles)

اثر تیمارهای آزمایش بر قطر گل‌های بریده رز در پس از برداشت

در روز اول نمونه برداری گل‌های تیمار شده با ۱۰ میلی گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰ میلی گرم در لیتر نانو ذرات نقره نسبت به شاهد (غلظت صفر میلی گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی گرم در لیتر نانو ذرات نقره) یک میلی متر اختلاف داشت و در روز چهارم، هشتم و دوازدهم نمونه برداری به ترتیب ۲، ۶ و ۷ میلی متر اختلاف مشاهده شد که این اختلاف ایجاد شده می تواند به علت کاهش کیفیت و پژمردگی گلبرگ‌ها در نمونه‌های شاهد نسبت به نمونه‌های تیمار شده باشد. به طور کلی در صفت قطر گل با گذشت زمان قطر گل افزایش داشت، اما پس از روز چهارم قطر گل‌ها کاهش یافت. بیشترین قطر گل در روز چهارم، هشتم و دوازدهم به ترتیب ۵۵/۶۶، ۵۵ و ۵۴/۳۳ میلی متر، برای تیمار با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰ میلی گرم در لیتر نانو ذرات نقره مشاهده شد (جداول ۴ و ۵). در صفت قطر گل حفظ تورژسانس گل بسیار مهم است. تیمار نانو ذرات کلسیم بر گل ژربرا ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت و به طور کلی گل‌های تیمار شده توانایی بیشتری در حفظ تورژسانس خود داشتند (*García-González et al., 2022*). کاربرد هم‌زمان سولفات کلسیم و پلی‌آمین روی گل‌های رز شاخه بریده باعث افزایش پارامترهایی از جمله ارتفاع ساقه، طول و قطر گل، وزن تازه ساقه و عمر گلجای گردید (*Hosseini Farahi and Aboutalebi Jahroomi, 2018*) که نتایج این تحقیقات با مشاهدات حاصل از تیمارهای مورد استفاده در این آزمایش مطابقت دارد. گزارش شده است محلول محافظ حاوی ۲ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات نقره موجب افزایش طول عمر گل شاخه بریده، قطر گل و درصد شکوفایی در گل رز گردید (*Mohammadi Ostad Kalayeh et al., 2011*).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات تیمارهای نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره روی صفات گل رز شاخه بریده (رقم Classic Cezanne) در روزهای اول و چهارم

Table 3. Mean squares for the effects of Results of Calcium nanoparticles (CNP) and silver nanoparticles (SNP) treatments on some rose cut flower (Classic Cezanne) characteristics at eighth and twelfth days

زمان نمونه برداری Sampling time	تیمار ها Treatments	قطر گل Flower diameter (mm)	وزن تر نسبی Relative Fresh weight (% initial Fw)	میزان نسبی محلول جذب شده Vase solution uptake (mL. g ⁻¹ Fw.day ⁻¹)	پروتئین کل Total protein (mg. g ⁻¹ Fw)	مالون دی آلدئید Malondialdehyde (μmol. g ⁻¹ Fw)	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase (unit.g ⁻¹ .protein)
روز اول (پس از برداشت) first day(after harvesting)	CN ₀ SN ₀	41 ^{bc}	100 ^a	0 ^a	20 ^e	2.16 ^b	21.66 ^c
	CN ₀ SN ₅	40.66 ^c	100 ^a	0 ^a	20 ^e	2.1 ^c	22 ^c
	CN ₀ SN ₁₀	41.33 ^b	100 ^a	0 ^a	20 ^e	2.13 ^c	22 ^c
	CN ₅ SN ₀	41 ^{bc}	100 ^a	0 ^a	19.66 ^e	2.23 ^a	21.66 ^c
	CN ₅ SN ₅	41 ^{bc}	100 ^a	0 ^a	21.66 ^c	2.1 ^c	23.66 ^b
	CN ₅ SN ₁₀	41 ^{bc}	100 ^a	0 ^a	20 ^e	2.1 ^c	24 ^b
	CN ₁₀ SN ₀	41.33 ^b	100 ^a	0 ^a	21 ^d	2.1 ^c	22 ^c
	CN ₁₀ SN ₅	41.33 ^b	100 ^a	0 ^a	23.66 ^b	2.03 ^d	24 ^b
	CN ₁₀ SN ₁₀	42 ^a	100 ^a	0 ^a	24.66 ^a	2 ^d	24.66 ^a
روز چهارم (پس از برداشت) Fourth day (after harvesting)	CN ₀ SN ₀	53.66 ^{de}	108.33 ^d	0.63 ^h	12 ^f	4.2 ^a	28 ^e
	CN ₀ SN ₅	54.66 ^{bc}	110.33 ^{bc}	0.65 ^f	15.66 ^e	3.76 ^b	32.66 ^d
	CN ₀ SN ₁₀	54.33 ^{cd}	110 ^c	0.67 ^e	17 ^d	3.8 ^b	33.33 ^{cd}
	CN ₅ SN ₀	53 ^e	108 ^d	0.61 ⁱ	17.33 ^d	3.66 ^b	28 ^e
	CN ₅ SN ₅	54.33 ^{cd}	111 ^b	0.7 ^d	18.33 ^c	3.1 ^c	34 ^{bc}
	CN ₅ SN ₁₀	54.66 ^{bc}	111 ^b	0.71 ^c	19.33 ^b	3 ^c	34.66 ^{ab}
	CN ₁₀ SN ₀	53 ^e	109.66 ^c	0.64 ^g	17.33 ^d	3.5 ^b	27.66 ^e
	CN ₁₀ SN ₅	55.33 ^{ab}	114.33 ^a	0.76 ^b	19.33 ^b	3.03 ^c	34.66 ^{ab}
	CN ₁₀ SN ₁₀	55.66 ^{ab}	114.66 ^a	0.78 ^a	21.33 ^a	2.93 ^c	35 ^a

در هر ستون حروف یکسان نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار میباشد. (CN₀= غلظت صفر میلی گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم، CN₅= غلظت ۵ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم، CN₁₀= غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم، SN₀= غلظت صفر میلی گرم بر لیتر نانو ذرات نقره، SN₅= غلظت ۵ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات نقره، SN₁₀= غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات نقره)

In each column, values with same letter does not have significantly difference with each other. (CN₀ = concentration of zero mg. L⁻¹ calcium nanoparticles, CaN₅ = concentration of 5 mg. L⁻¹ calcium nanoparticles, CN₁₀= concentration of 10 mg. L⁻¹ calcium nanoparticles, SN₀ = Concentration of zero mg. L⁻¹ calcium nanoparticles, SN₅ = Concentration of 5 mg. L⁻¹ silver nanoparticles and SN₁₀= Concentration of 10 mg. L⁻¹ silver nanoparticles)

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات تیمارهای نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره روی صفات گل رز شاخه بریده (رقم Classic Cezanne) در روزهای هشتم و دوازدهم

Table 3. Mean squares for the effects of Results of calcium nanoparticles (CNP) and silver nanoparticles (SNP) treatments on some rose cut flower flower (Classic Cezanne) characteristics at eighth and twelfth days

زمان نمونه برداری Sampling time	تیمارها Treatments	قطر گل Flower diameter (mm)	وزن تر نسبی Relative Fresh weight (% initial Fw)	میزان نسبی محلول جذب شده Vase solution uptak (ml. g ⁻¹ Fw.day ⁻¹)	پروتئین کل Total protein (mg. g ⁻¹ Fw)	مالون دی آلدئید Malondialdehyde (μmol. g ⁻¹ Fw)	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase (unit.g ⁻¹ .protein)
روز هشتم (پس از برداشت) Eighth day (after harvesting)	CN ₀ SN ₀	49 ^d	96 ^f	0.56 ⁱ	4 ^h	6.13 ^a	23 ^f
	CN ₀ SN ₅	50.66 ^c	100 ^d	0.62 ^g	7.33 ^g	4.93 ^c	25.66 ^d
	CN ₀ SN ₁₀	51 ^{bc}	101 ^c	0.64 ^f	9.66 ^e	4.6 ^d	26 ^d
	CN ₅ SN ₀	49.33 ^d	95 ^g	0.6 ^h	7 ^g	5.16 ^b	24.33 ^e
	CN ₅ SN ₅	51.33 ^{bc}	101.33 ^c	0.76 ^d	11 ^d	4.36 ^e	28 ^c
	CN ₅ SN ₁₀	51.66 ^b	102.66 ^b	0.78 ^c	13 ^b	4.26 ^f	28.33 ^{bc}
	CN ₁₀ SN ₀	49.66 ^d	98 ^e	0.68 ^e	8 ^f	4.66 ^d	25.33 ^d
	CN ₁₀ SN ₅	55 ^a	104 ^a	0.79 ^b	11.66 ^c	4.2 ^f	29 ^{ab}
CN ₁₀ SN ₁₀	55 ^a	104.33 ^a	0.84 ^a	14 ^a	3.93 ^g	29.66 ^a	
روز دوازدهم (پس از برداشت) Twelveth day (after harvesting)	CN ₀ SN ₀	47.66 ^c	85.66 ^g	0.5 ^h	4 ^f	7 ^a	23 ^e
	CN ₀ SN ₅	50 ^b	93.33 ^d	0.53 ^g	6.66 ^e	5.13 ^e	24.66 ^d
	CN ₀ SN ₁₀	49.66 ^b	96.66 ^a	0.54 ^f	8.66 ^d	5 ^f	25.33 ^c
	CN ₅ SN ₀	47 ^c	87.33 ^f	0.56 ^e	7 ^e	5.83 ^b	23 ^e
	CN ₅ SN ₅	50 ^b	94.66 ^c	0.57 ^d	10 ^c	5.16 ^d	27 ^b
	CN ₅ SN ₁₀	50.33 ^b	95.33 ^{bc}	0.68 ^c	11.3 ^{ab}	5.06 ^{ef}	27.66 ^a
	CN ₁₀ SN ₀	47.33 ^c	89.33 ^e	0.7 ^b	7.33 ^e	5.3 ^c	23 ^e
	CN ₁₀ SN ₅	54 ^a	96 ^{ab}	0.73 ^a	10.66 ^{bc}	5.06 ^{ef}	27.66 ^a
CN ₁₀ SN ₁₀	54.33 ^a	96 ^{ab}	0.73 ^a	12 ^a	4.4 ^g	28 ^a	

در هر ستون حروف یکسان نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار میباشد. (CN₀= غلظت صفر میلی گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم، CN₅= غلظت ۵ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم، CN₁₀= غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم، SN₀= غلظت صفر میلی گرم بر لیتر نانو ذرات نقره، SN₅= غلظت ۵ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات نقره، SN₁₀= غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر نانو ذرات نقره)

In each column, values with same letter does not have significantly difference with each other. (CN₀ = concentration of zero mg. L⁻¹ calcium nanoparticles, CaN₅ = concentration of 5 mg. L⁻¹ calcium nanoparticles, CN₁₀= concentration of 10 mg. L⁻¹ calcium nanoparticles, SN₀ = Concentration of zero mg. L⁻¹ calcium nanoparticles, SN₅ = Concentration of 5 mg. L⁻¹ silver nanoparticles and SN₁₀= Concentration of 10 mg. L⁻¹ silver nanoparticles)

وزن تر نسبی شاخه گل‌ها و میزان نسبی محلول جذب شده

در بررسی روند مقایسه‌ای گل‌های تیمار شده با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره نسبت به شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) در روز اول نمونه برداری اختلافی وجود نداشت و در روز های چهارم، هشتم و دوازدهم به ترتیب ۶/۳۳، ۸ و ۱۰/۳۴ درصد اختلاف مشاهده شد. به طور کلی در صفت وزن تر نسبی شاخه گل‌ها با گذشت زمان وزن گل‌ها کاهش یافت و این در حالی بود که گل‌های تیمار شده با نانو ذرات کلسیم با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کاهش وزن کمتری داشتند. بیشترین میزان وزن تر نسبی شاخه گل‌ها در روز چهارم و در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با تیمار پس از برداشت نانو ذرات نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بود و پس از آن تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم و تیمار ۵ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره بود که تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. پس از روز چهارم شاهد روند کاهشی در صفت وزن تر شاخه بودیم به طوری که کمترین میزان وزن تر شاخه در روز دوازدهم تیمار شاهد (تیمار صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم و تیمار صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) مشاهده گردید (جدول ۴ و ۵).

نتایج این تحقیق نشان داد در صفت میزان محلول جذب شده در روز اول نمونه برداری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و در نمونه برداری روز چهارم، هشتم و دوازدهم گل‌های تیمار شده با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره نسبت به شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) ۰/۱۵، ۰/۲۸ و ۰/۲۳ میلی‌لیتر در روز محلول بیشتر جذب شده است که باعث حفظ تورژسانس سلول‌ها نمونه تیمار شده نسبت به شاهد شد. به طور کلی در این صفت ابتدا افزایش میزان جذب مواد مشاهده شد و پس از روز هشتم میزان جذب محلول کاهش یافت. بیشترین میزان جذب مواد محلول در روز هشتم و تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با تیمار پس از برداشت نانو ذرات نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم مشاهده شد. در روز دوازدهم کمترین میزان جذب مواد محلول متعلق به تیمار شاهد (۰/۵ میلی‌لیتر در روز) و بیشتر آن متعلق به تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با تیمار پس از برداشت نانو ذرات نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر (۰/۷۳ میلی‌لیتر در روز) بود (جدول ۴ و ۵). کاهش وزن به دلیل جذب کمتر آب در گیاه (Rani and Singh, 2014) خم شدن ساقه و کاهش وزن یک شاخص مهم در کیفیت پس از برداشت گل‌های شاخه بریده است (Saeed et al., 2016). تعرق همراه با جذب آب پس از قطع گل افزایش می‌یابد از این رو، اگر جذب آب کافی نباشد یا به اندازه مورد نیاز گل شاخه بریده نباشد، ساقه‌های گل بریده آب خود را از دست می‌دهند و باعث کم آبی و از بین رفتن تورژسانس در تمام بافت‌ها می‌شود (Perik et al., 2014). هر چقدر میزان جذب مواد محلول بیشتر باشد میزان عمر گلجای در گل‌های شاخه بریده بیشتر است (Abd-El-Hady, 2020).

تیمارهای حاوی کلسیم باعث افزایش جذب در محلول جذب شده می‌گردند (Combrink, 2017). در تیمارهایی که حاوی میزان بیشتری نانو ذرات کلسیم هستند میزان بیشتر جذب محلول گزارش شده است (Moallaye-Mazraei et al., 2020) توانایی نگهداری شکل گل و از دست ندادن آب در پس از برداشت بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Mohamed et al., 2018). با شروع مراحل پیری در گل‌های شاخه بریده توانایی جذب در آن‌ها کاهش می‌یابد و وزن آن‌ها شروع به کاهش می‌نماید (Reid and Jiang, 2012). از طرف دیگر

نانو ذرات نقره نه تنها باکتری‌های در حال رشد در محلول گلدان را از بین می‌برند، بلکه از طریق بافت‌های آوندی وارد ساقه گل‌های شاخه بریده می‌شوند و از تجمع باکتری‌ها در انتهای بریده شده جلوگیری می‌کنند (Naing & Kim, 2020). تیمار با نانو ذرات نقره در گل رز شاخه بریده و میخک با محدود کردن رشد باکتری، سرعت تعرق و هدایت روزنه، نرخ جذب آب و وزن تازه را افزایش می‌دهد. گل‌های رز تیمار شده با نانو ذرات نقره دارای آوند چوبی با انتهای باز بوده‌اند و این درحالی است که انتهای بریده شده ساقه رز تیمار شده با آب مقطر به دلیل وجود میکروارگانیسم‌ها مسدود شده‌اند (Amin, 2017). همچنین تیمار نانو ذرات نقره با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر محلول گلدانی باعث سرکوب تولید اتیلن می‌گردد (Koohkan et al., 2014). اضافه کردن نانو ذرات نقره به محلول گلدانی گل رز شاخه بریده باعث جلوگیری از انسداد انتهای ساقه به دلیل رشد باکتری می‌گردد (Li et al., 2017). اضافه کردن نانو ذرات نقره به ترتیب به محلول گلدانی باعث افزایش عمر گل تا ۸ روز در گیاه گاردانیا شد. (Shafiee masoule, 2018)، همچنین اضافه کردن ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره در محلول نگهدارنده گل لیلوم باعث حفظ سایز گل و تداوم در جذب آب گردید (Vinodh et al., 2013). همانطور که نتایج نشان داد نانو ذرات کلسیم همراه با نانو ذرات نقره باعث بهبود در صفت وزن تر نسبی شاخه گل‌ها و صفت میزان نسبی محلول جذب شده می‌گردند.

پروتئین کل، مالون‌دی‌آلدئید و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

نتایج این تحقیق نشان داد در صفت میزان پروتئین کل در نمونه برداری روز اول، چهارم، هشتم و دوازدهم گل‌های تیمار شده با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره نسبت به شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) به ترتیب ۴/۶۶، ۹/۳۳، ۱۰ و ۸ میلی‌گرم در گرم ماده تازه، اختلاف نشان داد. به طور کلی میزان پروتئین کل با گذشت زمان در تمام تیمارهای مورد بررسی کاهش یافت. بیشترین میزان پروتئین (۲۴/۶۶ میلی‌گرم در گرم ماده تازه) در روز اول و در تیمار نانو ذرات کلسیم به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با تیمار پس از برداشت نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد و کمترین میزان (۴ میلی‌گرم در گرم ماده تازه) آن در روز هشتم و ۱۲ام در تیمار شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) مشاهده شد (جداول ۴ و ۵).

نتایج این تحقیق نشان داد در صفت میزان پروتئین کل در نمونه برداری روز اول، چهارم، هشتم و دوازدهم گل‌های تیمار شده با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره نسبت به شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) به ترتیب ۰/۱۶، ۱/۲۷، ۲/۲ و ۲/۶ میکرو مول در گرم ماده تازه اختلاف نشان داد. به طور کلی نتایج تاثیر تیمارهای این آزمایش بر میزان مالون‌دی‌آلدئید نشان داد که با گذشت زمان میزان آن افزایش یافت و بیشترین میزان (۷ میکرو مول در گرم ماده تازه) آن در روز ۱۲ام در تیمار شاهد و کمترین میزان (۴/۴ میکرو مول در گرم ماده تازه) آن در تیمار نانو ذرات کلسیم به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با تیمار پس از برداشت نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. نتایج این تحقیق نشان داد، میزان پروتئین کل در نمونه برداری روز اول، چهارم، هشتم و دوازدهم گل‌های تیمار شده با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره نسبت به شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در

لیتر نانو ذرات نقره) به ترتیب ۳، ۷، ۶/۶۶ و ۵ میکرومول در گرم ماده تازه در دقیقه، اختلاف وجود داشت. به طور کلی در صفت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز ابتدا افزایش و سپس کاهش فعالیت این آنزیم مشاهده شد. بیشترین میزان ($35 \text{ unit.g}^{-1}.\text{protein}$) این صفت در تیمار نانو ذرات کلسیم به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با تیمار پس از برداشت نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر در روز چهارم مشاهده شد و در روز دوازدهم نمونه بردای پس از برداشت بیشترین میزان ($28 \text{ unit.g}^{-1}.\text{protein}$) صفت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمار نانو ذرات کلسیم به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با تیمار پس از برداشت نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر اثر بخش‌ترین تیمار مورد بررسی بود (جداول ۴ و ۵).

گونه‌های فعال اکسیژن باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشا شده که این مهم باعث افزایش نشت یونی و همچنین میزان مالون دی‌آلدئید و سایر آنزیم‌های دخیل می‌گردد. میزان مالون دی‌آلدئید به عنوان محصول نهایی اکسیداسیون نشان دهنده تخریب و افزایش نفوذپذیری غشای سلول‌ها است. کلسیم در مسیر سیگنال‌دهی عمل می‌کند تا با کاهش رادیکال‌های آزاد و پیری گل، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی اصلی را القا کند. این مهم همچنین اجازه می‌دهد تا باعث حفظ غشاء و دیواره سلولی گردد و عمر پس از برداشت گل‌های شاخه بریده را افزایش دهد (Rani and Singh, 2014) برخی از تحقیقات نشان داده است که یون کلسیم (Ca^{2+})، اکسید نیتریک مسئول فرآیند سیگنال‌دهی بیان مولکول‌های مربوط به دفاع گیاه مانند فنل، آنتی‌اکسیدان و آنزیم‌ها می‌باشند (Ma et al., 2012). گیاهانی که با تیمارهای کلسیمی تیمار شده‌اند به طور قابل توجهی از سیستم ایمنی فعال تری برخوردار هستند و آنزیم‌های دخیل در سیستم ایمنی گیاه تیمار شده بیشتر از سایر گیاهان می‌باشد (Chandra et al., 2014; Tejeswini et al., 2014). کاربرد تیمارهای حاوی کلسیم بر میوه‌های گوجه‌فرنگی منجر به افزایش محتوای کلسیم گردید و از تخریب لیپید غشایی محافظت نمود که آن مسئول پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه است (Chéour et al., 2015). همچنین کاربرد کلسیم در میوه‌های گوجه‌فرنگی باعث افزایش تعداد آنزیم‌های مرتبط با دفاع مانند پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز، فنیل آلانین آمونیا لیاز، گردید که این مهم همزمان با افزایش تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز بود. افزایش، پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز در تقویت دیواره سلولی با تجمع لیگنین نقش مهمی دارد و این مهم منجر به محافظت در برابر عوامل بیماری‌زای مهاجم مختلف می‌شود (Chandra et al., 2015).

تیمار همزمان نانو ذرات کلسیم و آسکوربیک اسید باعث کاهش تغییر رنگ بافت در میوه انبه گردیده است (Lo'ay and Ameer, 2019). مالون دی‌آلدئید یکی از محصولات نهایی اکسیداسیون لیپیدهای غشایی است و یک شاخص حیاتی برای آسیب غشا است (Yan and Chen, 2019). همچنین کلسیم و کلر دی‌اکسید (ClO_2) میزان تنفس و محتوای مالون دی‌آلدئید را در زردآلوهای سردخانه‌ای کاهش داد (Wu et al., 2015). تیمار گل‌های آلسترومریا با نانو ذرات نقره باعث حفظ کلروفیل و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی، افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز برای جلوگیری از استرس اکسیداتیو می‌گردد (Langroudi et al., 2019) که با نتایج این تحقیق هم راستا می‌باشد.

نتیجه گیری کلی

در پژوهش حاضر تاثیر نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره بر کیفیت و عمر پس از برداشت گل رز شاخه بریده رقم سزن مورد بررسی قرار گرفت، با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر، می توان نتیجه گرفت که استفاده از نانوذرات کلسیم با نانوذرات نقره در مقایسه با تیمار شاهد بر اکثر صفات تأثیر بسزایی داشته است. استفاده از نانو ذرات کلسیم با نانو ذرات نقره با افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش وزن تازه نسبی، شرایط عمر گلدان را بهبود می بخشد. به طور کلی تیمار با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره در بیشتر صفات اثر بخش تر بود.

Reference

1. Abdolmaleki, M., Khosh-Khui, M., Eshghi, S., and Ramezani, A. (2015). Improvement in vase life of cut rose cv. 'Dolce Vita' by preharvest foliar application of calcium chloride and salicylic acid. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 21(1), 55-66.
2. Abd-El-Hady, W.M.F. (2020). Effect of potassium nitrate and adenosine triphosphate on pre-and post-harvest gerbera (*Gerbera jamesonii* L.). *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants*. 7(3), 337-348.
3. Amin, A.O. (2017). Influence of Nanosilver and stevia extract on cut anthurium inflorescence. *MiddleEast Journal of Applied Sciences*, 7(2), 299-313.
4. Bagheri, H., Ladan Moghadam, A., Danaee, E., and Abdossi, V. (2021). Morphophysiological and phytochemical changes of *Mentha piperita* using calcium, potassium, iron and manganese nano-fertilizers. *European Journal of Horticultural Science*. 86(4), 419-430.
5. Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72, 248-254.
6. Chandra, S., Chakraborty, N., Dasgupta, A., Sarkar, J., Panda, K.; and Acharya, K. (2015). Chitosan nanoparticles: A positive modulator of innate immune responses in plants. *Scientific Reports*, 5, 15195.
7. Chandra, S., Chakraborty, N., Chakraborty, A., Rai, R.; Bera, B., and Acharya, K. (2014). Induction of defense response against blister blight by calcium chloride in tea. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47, 2400-2409.
8. Chéour, F., Souiden, Y. (2015). Calcium delays the postharvest ripening and related membrane-lipid changes of tomato. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5, 393.
9. Chamani, E., Khalighi, A., Joyce, D., Irving, D., Zamani, Z., Mostoufi, Y., Kafi, M., and Falavarjani M. (2005). Effects of silver thiosulfate and 1-methylcyclopropene on physicochemical characteristics of 'First Red' rose cut flowers. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 6(3), 159-170.
10. Combrink, N.J. (2017). Calcium improves gerbera (*Gerbera hybrida*) vase life. *South African Journal of Plant and Soil*. 35, 235-236.
11. García-González, A., De Abril Alexandra Soriano-Melgar, L., María Luisa Cid-López Yakeline Cortez-Mazatán, G., Mendoza-Mendoza, E., Alonso Valdez-Aguilar, L., and Darío Peralta-Rodríguez, R. (2022). Effects of calcium oxide nanoparticles on vase life of gerbera cut flowers. *Scientia Horticulturae*. 291(3), 110532.

12. Ghadimian, S., and Danaei, E. (2020). Influences of ascorbic acid and salicylic acid on vase life of cut flowers rose (*Rosa hybrida* cv. Black magic). *Alkhas*, 2(1), 1-6.
13. Ghidan, A. Y., and Antary, T. M. A. (2019). Applications of Nanotechnology in Agriculture. In M. Stoytcheva, and R. Zlatev (Eds.), *Applications of Nanobiotechnology. IntechOpen*.
14. Giannopolitis, C. N., & Ries, S. K. (1977). Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. *Plant physiology*, 59(2), 309–314.
15. Handa, A.K. and Mattoo, A.K. 2010. Differential and functional interactions emphasize the multiple roles of polyamines in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 540–546.
16. Hajizadeh, H.S. (2016). The study of freesia (*Freesia spp.*) cut flowers quality in relation with nano silver in preservative solutions. *Acta Horticulturae*, 1131, 1-10.
17. Halevy, A.H., Torre, S., Borochoy, A., Porat, R., Philosoph-Hadas, S., Meir, S., and Fridman, H. (2001). Calcium in regulation of postharvest life of flowers. *Acta Horticulturae*, 543, 345- 351.
18. Hepler, P.K. (2005). Calcium: A central regulator of plant growth and development. *The Plant Cell*, 17, 2142-2155.
19. He, Y., Qian, L., Liu, X., Hu, R., Huang, M., Liu, Y., Chen, G., Losic, D., and Zhu, H. (2018). Graphene oxide as an antimicrobial agent can extend the vase life of cut flowers. *Nano Research*, 11(11), 6010-6022.
20. He, S., Joyce, D.C., Irving, D.E., and Faragher, J.D. (2012). Stem end blockage in cut *Grevillea* ‘Crimson Yul-lo’ inflorescences. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 78–84.
21. Hosseini Farahi, M., and Aboutalebi Jahromi, A. (2018). Effect of Pre-Harvest Foliar Application of Polyamines and Calcium Sulfate on Vegetative Characteristics and Mineral Nutrient Uptake in *Rosa hybrida*. *Journal of Ornamental Plants*, 8(4), 241-253.
22. Kazaz, S., Dogan, E., Kilic, T., Sahin, E.G.E., and Seyhan, S. (2019). Influence of holding solutions on vase life of cut hydrangea flowers (*Hydrangea macrophylla* Thunb.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(4), 3554-3559.
23. Kiafar, H., Mousavi, M., Ebadi, A., Moallemi, N., and Fattahi Moghadam, M. (2020). Effect of Ca nanoparticles on peach cultivars (Valad Abadi and Alberta). *Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization, (Scientific Journal of Agriculture)*, 43(1), 1-14. (In Persian).
24. Koohkan, F., Ahmadi, N and Ahmadi, S.J. (2014). Improving vase life of carnation cut flowers by silver nano-particles acting as anti-ethylene agent. *Journal of Applied Horticulture*, 16(3): 210-214.
25. Langroudi, M.E., Hashemabadi, D., Kalatejari, S., and Asadpour, L. (2019). Effect of silver nanoparticles, spermine, salicylic acid and essential oils on vase life of alstroemeria. *Journal of NeotropicalAgriculture*, 6(2), 100–108.
26. Leus, L., Van Laere, K., De Riek, J., Huylenbroeck, V. J.R., and Huylenbroeck, V.J. (2018). *Ornamental Crops, Hand book of Plant Breeding. Berlin: Springer.*719-767.
27. Li, Hongbo., Li, Hongmei., Liu, Jiping., Luo, Zhihong., Joyce, Daryl., and He, Shenggen. (2017). Nano-silver treatments reduced bacterial colonization and biofilm formation at the stem-ends of cut gladiolus ‘Eerde’ spikes. *Postharvest Biol. Technol*, 123, 102–111.
28. Lichanporn, I., Nantachai, N., and Tunganurat, P. (2019). Effect of calcium carbonate-nanoparticles-longkong peel extracts coating on quality browning of longkong fruit. *EasyChair*, 964.

29. Liu, J., Zhang, Z., Li, H., Lin, X., Lin, S., Joyce, D. C., and He, S. (2018). Alleviation of effects of exogenous ethylene on cut 'Master' carnation flowers with nano-silver and silver thiosulfate. *Postharvest Biology and Technology*, 143, 86-91.
30. Lin, X., Li, H., Lin, S., Xu, M., Liu, J., Li, Y., and He, S. (2019). Improving the postharvest performance of cut spray 'Prince' carnations by vase treatments with nano-silver and sucrose. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 94(4), 513-521.
31. Lo'ay, A.A., and Ameer, N.N. (2019). Performance of calcium nanoparticles blending with ascorbic acid and alleviation internal browning of 'Hindi Be-Sennara' mango fruit at a low temperature. *Scientia Horticulturae*. 254, 199–207.
32. Ma, F., Lu, R., Liu, H., Shi, B., Zhang, J., Tan, M., and Jiang, M. (2012). Nitric oxide-activated calcium/calmodulin-dependent protein kinase regulates the abscisic acid-induced antioxidant defense in maize. *Journal of Experimental Botany*. 63, 4835–4847.
33. Moallaye-Mazraei, S., Chehrazi, M., and Khaleghi, E. (2020). The effect of calcium nanochelate on morphological, physiological, biochemical characteristics and vase life of three cultivars of gerbera under hydroponic system. *Plant Productions*, 43(1), 53–66.
34. Mohamed, A.D.T., Khenizy, S.A.M., Helme, S.S., and El Sayed, H.A. (2018). Improving the quality of gerbera flowers after harvesting. *The Middle East Journal*, 7(3), 915–931.
35. Mohammadi Ostad Kalayeh, S., Mostofi, Y., and Basirat, M. (2011). Study on Some Chemical Compounds on the Vase Life of Two Cultivars of Cut Roses. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*. 1(2), 123-128.
36. Naing, A.H. and Kim, C.K. (2020). Application of nano-silver particles to control the postharvest biology of cut flowers: A review. *Scientia Horticulturae*. 270: 109463.
37. Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y.P., Luo, A., and Etemadi, N. (2008). Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, 31(12), 2155–2167.
38. Perik, R.R.J., Raz' e, D., Ferrante, A., and van Doorn, W.G. (2014). Stem bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers: effects of a pulse treatment with sucrose and calcium ions. *Postharvest Biology and Technology*, 98, 7–13.
39. Ranjbar, S., Ramezani, A., and Rahemi, M. (2019). Nano-calcium and its potential to improve 'Red Delicious' apple fruit characteristics. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 61(1), 23–30.
40. Rani, P., and Singh, N. (2014). Senescence and postharvest studies of cut flowers: a critical review. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 37(2), 159–201.
41. Reid, M.S., and Jiang C.Z. (2012). Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants. *Horticultural Reviews*, 40, 1-54.
42. Samadzadeh, H., and Kamiab, F. (2017). Effects of silver and calcium nanoparticles on vase life and some physiological traits of Konst Coco Alstroemeria cut flower. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 8, 75–89.

43. Saeed, T., Hassan, I., Abbasi, N.A., and Jilani, G. (2016). Antioxidative activities and qualitative changes in gladiolus cut flowers in response to salicylic acid application. *Scientia Horticulturae*, 210, 236–241.
44. Shafiee-Masouleh, S. (2018). Effects of nano-silver pulsing, calcium sulfate and gibberellin on an antioxidant molecule and vase life of cut gerbera flowers. *Advances in Horticultural Science*, 32(2), 185–192.
45. Skutnik, E., Jędrzejuk, A., Rabiza-Świder, J., Rochala-Wojciechowska, J., Latkowska, M. and Łukaszewska, A. (2020). Nanosilver as a novel biocide for control of senescence in garden cosmos. *Scientific Reports*, 10(1), 1-9.
46. Stewart, R. R., and Bewley, J. D. (1980). Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant physiology*, 65(2), 245–248.
47. Sudaria, M.A., Uthairatanakij, A., and Nuguyen, H.T. (2017). Postharvest quality effects of different vasesolutions on cut rose (*Rosa hybrida* L.). *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*, 1(1), 12-20.
48. Tejeswini, M.G., Sowmya, H.V., Swarnalatha, S.P., and Negi, P.S. (2014). Antifungal activity of essential oils and their combinations in vitro and in vivo conditions. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47, 564–570.
49. Tran, Q.H., and Le, A.T. (2013). Silver nanoparticles: synthesis, properties, toxicology, applications and perspectives. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 4(3), 4033001.
50. Vinodh, S., Kannan, M., and Jawaharlal, M. (2013). Effect of nanosilver and sucrose on post-harvest quality of cut Asiatic Liliium cv. Tresor. *The Bioscan*, 8(3), 901-90.
51. Yan, A. and Chen, Z. 2019. Impacts of silver nanoparticles on plants: a focus on the phytotoxicity and underlying mechanism. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(5), 1003.
52. Wu, B., Guo, Q., Wang, G. X., Peng, X. Y., Wang, J. D., and Che, F. B. (2015). Effects of Different Postharvest Treatments on the Physiology and Quality of ‘xiaobai’ Apricots at Room Temperature. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 2247–2255.