Plant Production Technology/ Volume 26/ Issu 1/ Pages 127-143/ Spring and Summer 2026
https://doi.org/ 10.22084/ppt.2026.32867.2189

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Effects of Biotic and Abiotic Elicitors on Post-Harvest Vase Life and Morphological Traits of Cut Rose Cultivars

Hosseini-Bahri[1], A . Ahmadi[2*], J. and Kalatejari[3], S.

1. M.Sc. Student, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
2. Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

*: Corresponding Author Email: ahmadi.j@eng.ikiu.ac.ir

Received: 2026/07/07 Accepted: 2026/08/23

Introduction

Cut roses are among the most attractive and economically significant ornamental plants that serving as the national flower in ten countries, including Iran. A primary constraint in the cut rose industry is the relatively short vase life of the flowers, which is typically characterized by symptoms such as petal and leaf wilting. This post-harvest deterioration not only reduce the beauty value of the flowers but also cause severe economic losses in marketing and export. The onset of senescence and wilting is closely associated with water imbalance, microbial blockage in xylem vessels, and membrane lipid degradation. Recent studies highlight the critical role of calcium in maintaining cell wall and membrane integrity. Calcium acts as a structural cation that stabilizes phospholipids and reinforces the pectocellulosic network, thereby delaying tissue senescence and preventing bent neck. Similarly, silver nanoparticles have gained prominence as effective post-harvest elicitors; they act as antimicrobial agents and ethylene inhibitors, improving water relations, reducing fresh weight loss, and extending vase life. Furthermore, biotic elicitors such as seaweed extracts contain a rich profile of micronutrients, phytohormones, vitamins, and betaines. These compounds enhance photosynthesis, increase plant resistance to biotic stress, and improve post-harvest longevity. While the individual effects of these substances have been studied, there is a lack of comparative data regarding their pre-harvest foliar application on diverse commercial rose cultivars. Therefore, this study aimed to evaluate and compare the effects of various concentrations of biotic (seaweed extract) and abiotic (calcium chelate and silver nanoparticles) elicitors on the post-harvest morphological characteristics and vase life of four Dutch cut rose cultivars.

The effect of biotic and abiotic stimuli on morphological traits and postharvest life of rose cut flowers

Materials and Methods

A factorial experiment was conducted based on a completely randomized design (CRD) with four replications in a hydroponic greenhouse in Karaj, Iran. The first factor comprised four rose cultivars (Samurai, Avalanche, Angelina, and Delsovita), and the second consisted of ten elicitor treatments: control (distilled water), seaweed extract (1, 2, and 3 g/L), calcium chelate (1.5, 2.5, and 3.5 g/L), and silver nanoparticles (2.5, 5, and 10 mg/L). Rooted cuttings were planted in coconut peat and perlite (1:2 v/v) under controlled environmental conditions (day/night temperatures of 25–30°C and 16–18°C, respectively, and 50–55% relative humidity). Foliar applications were performed weekly during the 45-day flowering phase prior to harvest. Flowers were harvested at the secretion stage (open flower but with unopened sepals) at sunset, recut to a standard length of 40 cm, and placed in distilled water at storage room with 20±2°C, relative humidity of 50–55% and lighting of 1400 lux. Evaluated traits included relative fresh weight, flower diameter, wilting percentage, vase life, and leaf chlorophyll content (using a SPAD meter). Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SAS, and mean comparisons were performed using Duncan's multiple range test at $p\leq0.05$. Pearson correlation coefficients were calculated using Minitab.

Results and Discussion

The results indicated that the main effects of cultivar, elicitor, and their interaction were highly significant ($p\leq0.01$) for all measured traits. Among the cultivars, Samurai exhibited the superior genetic potential, recording the highest relative fresh weight (110.94%), flower diameter (56.82 mm), chlorophyll content (43.13 SPAD), and vase life (12.47 days), along with the lowest wilting percentage (22.24%). Regarding the elicitors, the application of silver nanoparticles at 5 mg/L yielded the maximum relative fresh weight (111.44%), while 10 mg/L silver nanoparticles produced the largest flower diameter (53.58 mm, a 27.09% increase over the control), the lowest wilting percentage (19.2%, a 53.38% decrease compared to the control), and the longest vase life (12.27 days, a 48.37% increase over the control). The highest leaf chlorophyll content (45.38 SPAD) was achieved through the application of 2.5 g/L calcium chelate. The interaction effects revealed that Samurai showed the maximum vase life (15.75 days) and a minimum wilting

percentage (12.47%) with 10 mg/L silver nanoparticles. For the Delsovita cultivar, 2.5 g/L calcium chelate was the most effective treatment for improving relative fresh weight, while 3 g/L seaweed extract best reduced its wilting percentage. The improvement in vase life and reduction in wilting can be attributed to the specific physiological mechanisms of these elicitors. Silver nanoparticles effectively regulated water relations, slowed down the transpiration rate, and maintained xylem hydraulic conductivity. Calcium chelates played a vital role in stabilizing cell membranes and reinforcing the middle lamella via calcium pectate formation, which mechanically resisted bent neck and tissue collapse. Seaweed extracts enhanced chlorophyll preservation, which sustained photosynthetic assimilate production, thereby delaying petal senescence. Correlation analysis demonstrated that vase life had a significant positive correlation with relative fresh weight, flower diameter, and chlorophyll content, and a strong negative correlation with wilting percentage.

Conclusions

It can be concluded that the application of biotic and abiotic elicitors via foliar spraying during the pre-harvest stage significantly enhances the post-harvest quality of cut roses. The Samurai cultivar performed better than the other cultivars in terms of post-harvest longevity and morphological traits. Overall, the application of 10 mg/L silver nanoparticles proved to be the most effective treatment for maximizing flower diameter, extending vase life, and minimizing wilting across the cultivars. Additionally, 2.5 g/L calcium chelate was highly effective for preserving leaf greenness. Based on the interaction results, it is highly recommended to utilize 10 mg/L silver nanoparticles, 3.5 g/L calcium chelate, and 3 g/L seaweed extract as sustainable pre-harvest strategies to maintain and improve the commercial quality and vase life of cut rose flowers.

Acknowledgments

The authors wish to express their gratitude to Imam Khomeini International University for its financial support in conducting this research.

Keywords: Calcium chelate, Flower wilting, Seaweed extract, Silver nanoparticles, Vase life.

Citations: Hosseini-Bahri, A., Ahmadi, J. and Kalatejari, S.(2026). Effects of Biotic and Abiotic Elicitors on Post-Harvest Vase Life and Morphological Traits of Cut Rose Cultivars. *Plant Production Technology*, 26(1),127-143.
https://doi.org/ 10.22084/ppt.2026.32867.2189

© 2022 The Author(s). Bu- Ali Sina University Publication. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Online ISSN: 2476-5651 **Print ISSN:** 2476-6321

فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیست و ششم/ شمارهٔ اول/ صفحات ۱۲۷-۱۴۳/ بهار و تابستان ۱۴۰۵
https://doi.org/ 10.22084/ppt.2026.32867.2189

اثر محرک‌های زیستی و غیرزیستی بر صفات مورفولوژیکی و عمر پس از برداشت گل شاخه بریده رز

Effects of Biotic and Abiotic Elicitors on Post-Harvest Vase Life and Morphological Traits of Cut Rose Cultivars

آذر حسینی بحری[۱]، جعفر احمدی[۲*] و سپیده کلانه جاری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۰۱
(مقاله پژوهشی)

چکیده

گل شاخه‌بریده رز دارای ارزش صادراتی بالایی است، اما عمر گلجایی کوتاه و پژمردگی زودرس از مشکلات اصلی آن محسوب می‌شود. این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر محرک‌های زیستی و غیرزیستی برای بهبود خصوصیات موفولوژیکی و افزایش عمر گلجایی چهار رقم گل شاخه بریده رز هلندی انجام گرفت. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. دو فاکتور مورد مطالعه در آزمایش شامل فاکتور رقم در چهار سطح (سامورایی، آوالانچ، آنجلینا و دلسویتا) و فاکتور محرک در ده سطح (شاهد، عصار جلبک دریایی (۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر)، کلات کلسیم (۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ گرم در لیتر) و نانوذرات نقره (۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند که به‌صورت محلول‌پاشی روی نهال‌های دو ماهه و به‌مدت ۴۵ روز اعمال گردیدند. بیشترین قطر گل در هر چهار رقم از مصرف ۵ یا ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره حاصل شد. بیشترین وزن تر نسبی (۱۱۱/۴۴ درصد) در تیمار ۵ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره و کمترین آن (۹۴/۷۱ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد. بیشترین محتوای کلروفیل مربوط به تیمار ۲/۵ گرم در لیتر کلات کلسیم (افزایش ۲۵/۱۲ درصدی سبزینگی) نسبت به شاهد بود. بیشترین کاهش میزان پژمردگی (۵۳/۳۸ ٪) در مصرف ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره نسبت به شاهد مشاهده شد. بیشترین عمر گلجایی (۱۲/۲۷ روز) در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره و کمترین عمر گلجایی (۸/۲۷ روز) در تیمار شاهد مشاهده شد و رقم سامورایی نسبت به ارقام دیگر دارای وزن تر نسبی، قطر گل و عمر گلجایی بیشتر و درصد پژمردگی کمتری بود. کاربرد ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره، ۳/۵ گرم در لیتر کلات کلسیم و ۳ گرم در لیتر عصاره جلبک دریایی برای افزایش ماندگاری و کیفیت گل شاخه بریده رز توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پژمردگی گل، عصاره جلبک دریایی، عمر گلجایی، کلات کلسیم، نانوذرات نقره.

ارجاع به مقاله: حسینی بحری، آ.، احمدی، ج. و کلانه جاری، س. (۱۴۰۵). اثر محرک‌های زیستی و غیرزیستی بر صفات مورفولوژیکی و عمر پس از برداشت گل شاخه بریده رز، *مجله فنآوری تولیدات گیاهی*، ۲۶(۱)، ۱۲۷-۱۴۳.
https://doi.org/ 10.22084/ppt.2026.32867.2189/

حق نشر متعلق به نویسنده (گان) است و نویسنده تحت مجوز Commons Creative License Attribution (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) به مجله اجازه می‌دهد مقاله‌ی چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

شاپا الکترونیکی: ۲۴۷۶-۵۶۵۱ شاپا چاپی: ۲۴۷۶-۶۳۲۱

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه ژنتیک و به نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران.
۲. استاد، گروه ژنتیک و به نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی، قزوین، ایران
۳. استادیار، گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
*: نویسنده مسئول Email: ahmadi.j@eng.ikiu.ac.ir

۱. مقدمه

گل شاخه بریده رز یکی از جذاب‌ترین گل‌های جهان می‌باشد که به‌دلیل تنوع در شکل و رنگ گل به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گل‌های صادراتی می‌باشد. گل رز از نظر کثرت قرار گرفتن در جایگاه گل ملی مقام نخست را در میان تمامی گل‌ها دارد و در ۱۰ کشور جهان ازجمله ایران به‌عنوان گل ملی انتخاب شده است. عمر گلجایی گل‌های شاخه بریده ازجمله مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین مولفه‌های گل‌های بریده رز می‌باشند. معمولاً عمر گلجایی گل‌های بریده رز کوتاه بوده و با علائمی مانند پژمردگی گلبرگ‌ها و برگ‌ها و خمیدگی گردن گل مشخص می‌شود (Jyoti and Parinder, 2021). امروزه توانایی نگهداری گل‌های شاخه بریده یک ضرورت در امر بازاررسانی و صادرات گل‌های شاخه بریده بوده و طول عمر گل مهم‌ترین شاخص تعیین ارزش گل می‌باشد (Horbe and Yamad, 2017). این امر تحت تأثیر تغییرات فیزیولوژیکی پس از برداشت مانند متابولیسم تنفسی، رطوبت سلول، پایداری غشای سلولی، رنگدانه‌ها، سطح کربوهیدرات‌ها و سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی که تحت تأثیر برخی مواد خارجی قرار می‌گیرند، می‌باشد؛ بنابراین، ایجاد فناوری‌های جدید و کارآمد برای نگهداری گل‌های بریده و افزایش عمر گلجایی و بهبود کیفیت زینتی و مزایای اقتصادی آن بسیار مهم است (Yadav *et al.*, 2025).

پژمردگی پس از برداشت از مهم‌ترین عوامل کاهش کیفیت گل رز می‌باشد که به رطوبت نسبی محیط در مراحل رشد وابسته بوده و رطوبت نسبی بالای محیط و نیز کمبود کلسیم در دوره پرورش گل باعث بروز و تشدید آن در مرحله پس از برداشت می‌شود (Starkey and Pedersen, 1997). از آنجا که کلسیم در افزایش عمر پس از برداشت گل‌های شاخه بریده نقش بسیار مؤثری دارد، توصیه شده که از ترکیب‌های کلسیم-دار در محلول‌های نگهدارنده گل‌های بریده استفاده شود (Kader and Lindberg, 2010). کلسیم یکی از عناصر غذایی ضروری است که نقش قابل توجهی در رشد و کیفیت محصولات دارد و به‌عنوان یک کاتیون برای فعالیت‌های ساختاری دیواره و غشای سلول لازم است. همچنین کلسیم با اتصال به فسفولیپیدها، لایه‌های چربی را پایدار کرده و در نهایت موجب یکپارچگی ساختار غشاهای سلولی می‌شود (Kader and Lindberg, 2010). کلسیم یکی از عناصری است که با به‌تأخیر انداختن پیری و بهبود کیفیت نگهداری گل‌های بریدنی، نقش مهمی در عمر پس از برداشت آن‌ها دارد (Halevy *et al.*, 2001). عارضه خمیدگی گردن می‌تواند عمر گلدانی گل‌های شاخه‌بریده رز را کاهش دهد. در پژوهشی کارایی نانوذرات کلسیم، کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک در به تأخیر انداختن خمیدگی گردن در رزهای شاخه‌بریده ارزیابی شد. تیمارهای ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۵ میلی‌مولار نانوذرات کلسیم به‌طور معنی‌داری موجب به تأخیر افتادن خمیدگی گردن، افزایش وزن تر و طولانی‌تر شدن عمر گلدانی شدند. هر دو تیمار همچنین در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها، جذب آب، تعادل آبی و قطر گل را بهبود بخشیدند. علاوه‌براین، تیمار ۵ میلی‌مولار نانوذرات کلسیم محتوای کلروفیل را تا روز یازدهم حفظ نمود (Ghada *et al.*, 2023). در پژوهشی اثر تغذیه کلسیم با دو منبع کلرید کلسیم و نانوکلات کلسیم بر ویژگی‌های رویشی، زایشی و عمر پس از برداشت گل مریم بررسی شد. بیشترین وزن تر و خشک برگ‌ها، قطر گلچه و عمر پس از برداشت ساقه گل با محلول‌پاشی نانوکلات کلسیم به‌دست آمد (Nazari, 2019). در تحقیقی کاربرد نانو ذرات کلسیم قبل از برداشت همراه با نانو ذرات نقره پس از برداشت باعث افزایش قطر گل (۱٤ درصد)، وزن تر (۱۲ درصد) و مقدار نسبی محلول جذب شده (٤٦ درصد) شد و گزارش گردید که استفاده از نانو ذرات کلسیم با نانو ذرات نقره با افزایش جذب آب و وزن تر نسبی، شرایط عمرگلجای را بهبود می‌بخشد (Soleymani *et al.*, 2023). سوری و مهدوی (Souri and Mahdavi, 2015) گزارش کردند که افزایش غلظت کلسیم محلول غذایی در رزهای شاخه بریده سبب بهبود ویژگی‌های کیفی گل مانند طول و قطر ساقه گل و نیز عمر پس از برداشت می‌شود. افزون بر این گزارش شده که افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی سبب افزایش مقدار کلسیم در بوته رزهای مینیاتوری و این سبب بهبود عمر پس از برداشت آن‌ها شده است (Starkey and Pedersen, 1997). همچنین گزارش شده که کلسیم باز شدن غنچه‌های گل رز را بهبود بخشیده و از این طریق سبب افزایش قطر گل و در نهایت عمر پس از برداشت شده است. همچنین این پژوهشگران دریافتند که کلسیم سبب افزایش وزن تر اولیه

ساقه گل شده و نیز کاهش وزن در مراحل بعدی را به تاخیر انداخته و گل‌های تیمار شده شاداب باقی‌مانده و ویژگی‌های اولیه خود را برای مدت طولانی‌تری حفظ کردند (Starkey and Pedersen, 1997).

محققان اظهار داشتند که استفاده از نانو ذرات نقره باعث افزایش طول عمر گل رز می‌شود و از طریق تنظیم روابط آبی، باعث کند شدن آهنگ کاهش وزن تر در گل‌های شاخه بریده شده است (Krause *et al.*, 2021). رستگار و زارعی (Rastegar and Zareii, 2017) افزایش طول عمر گلجای ژربرا با استفاده از نانوذرات نقره را گزارش کردند. همچنین استفاده از نانوذرات نقره در گل شاخه بریده مریم منجر به افزایش عمر پس از برداشت، میزان جذب آب و وزن تر گل شد (Amani Beni *et al.*, 2014). در آزمایشی تیمار کوتاه‌مدت نانوذرات نقره به‌دنبال نگهداری در محلول ساکارز سبب بهبود جذب محلول، حفظ رطوبت نسبی شاخه، بهبود باز شدن گل و شاخص فلورسانس کلروفیل برگ (Fv/Fm) در گل شاخه بریده رز گردید، به‌طوری‌که بیشترین میزان بازشدگی گل در تیمار ۷۵ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات همراه با ساکارز دو درصد و بیشترین میـــزان عمـر گلجایی در تیمارهای ۷۵ و ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره بدون ساکارز و با ساکارز مشاهده شد (AleKasir *et al.*, 2017). در پژوهشی دیگر تیمار نانوذرات نقره با غظلت۵۰ پی‌پی‌ام موجب تعویق پیری و افزایش طول عمر گل‌های بریده رز رقم فول هاوس گزارش و توصیه گردید (Hosseinzadeh *et al.*, 2014).

عصاره جلبک‌های دریایی حاوی عناصر کم‌مصرف، هورمون‌های گیاهی، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و پپتیدها هستند که ظرفیت سنتز مواد هورمونی، افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها و بالابردن ارزش غذایی در گیاهان را دارند (Nabti *et al.*, 2017). از طرف دیگر خاصیت ضدمیکروبی و ضدقارچی بالا در عصاره جلبک دریایی مشاهده شده است (Rebecca *et al.*, 2012). همچنین محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بهبود صفات تعداد غنچه، طول غنچه، طول ساقه، قطر ساقه، تعداد برگ و عمر پس از برداشت گل‌های لیلیوم را نشان داد، به‌طوری‌که بیشترین عمر پس از برداشت گل (۱۶ روز) در محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و کمترین (۳/۵ روز) در تیمار شاهد گزارش شده است (Jafari Barzani *et al.*, 2020).

گل‌های رز یکی از مهم‌ترین گیاهان زینتی هستند که عمر کوتاه گل‌های شاخه بریده و مسائل پس از برداشت آن‌ها موجب کاهش کیفیت و بازار پسندی می‌گردد. به منظور به دست آوردن اثرات مفید محرک‌های زیستی و غیرزیستی طبیعی برای افزایش ماندگاری و کیفیت بهتر گل رز، در این مطالعه مقایسه تأثیر چند غلظت از محرک‌های زیستی و غیرزیستی بر ماندگاری گل‌های شاخه بریده رز ارقام هلندی دلسویتا، سامورایی، آوالانچ و آنجلینا بررسی شد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. دو فاکتور اعمال شده در این پژوهش عبارت بودند از رقم در چهار سطح (ارقام سامورایی، آوالانچ، آنجلینا و دلسویتا) و محلول‌پاشی محرک‌های زیستی و غیرزیستی در ده سطح (شاهد، عصاره جلبک دریایی (۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر)، کلات کلسیم (۱/۵، ۲/۵ و ۳/۵ گرم در لیتر)، نانوذرات نقره (۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر)). این آزمایش در گلخانه‌ای تجاری در کرج، شهرستان ملارد انجام شد و قلمه‌های رز خریداری شده از شرکت لکس (Lex) هلند به گلخانه هیدروپونیک مجهز به سیستم مکانیزه با میانگین دمای روزانه ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و دمای شبانه ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۵۰ تا ۵۵ درصد منتقل شدند. بستر کشت به صورت گلدان‌های یونولیتی به ابعاد cm ۱۰۰×۴۰ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر محتوی کوکوپیت و پرلیت با نسبت ۱:۲ حجمی آماده شده و قلمه‌ها به گلدان‌های یونولیتی با تراکم ۱۰ بوته در متر مربع منتقل شدند. در هفته اول آبیاری با آب تصفیه شده با شوری ۳۰۰ میکروزیمنس در سانتی‌متر (pH=7) به میزان هر بوته ۱/۵ لیتر در روز و سه مرحله تغذیه ریشه با کود ریشه‌زا جهت ریشه دوانی انجام شد. در هفته‌های بعد طبق فرمول غذایی شرکت وارد کننده، کود کامل و ریزمغذی‌ها به نسبت موردنیاز هر بوته آبیاری به‌صورت روزانه یک لیتر در ۷ مرحله انجام شد و این روند با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی و نیاز بوته در روزهای آینده مدیریت و برنامه نویسی گردید. پس از ۴۵ روز غنچه‌ها ظاهر شدند و در این مرحله به‌منظور تقویت بوته و رسیدن به شاخه تجاری اقدام به غنچه‌گیری شد. در مراحل بعدی پس از ظهور شاخه‌های بالاتر

از ۳۰ سانتی‌متری اقدام به بندینگ (خم نمودن شاخه‌ها) و هم زمان حذف غنچه‌ها گردید. زمان انجام بندینگ دو ماه بعد از کاشت بوته صورت پذیرفت و پس از بندینگ، شاخه‌های با کیفیت از بوته با قطر مناسب تا ارتفاع یک متر بالا آمد و این عمل به‌منظور رسیدن به شاخه‌های تجاری به‌مدت یک ماه و نیم ادامه داشت.



Fig. 1. Cut rose flowers after pre-harvest treatments in elicitors experiment

اعمال تیمار محرک‌های زیستی و غیرزیستی به‌صورت محلول‌پاشی به‌مدت ٤٥ روز در فصل تابستان و هر هفته یکبار انجام پذیرفت. محلول‌پاشی روی برگ‌ها به‌گونه‌ای انجام شد که حالت چکه کردن محلول از نوک آن‌ها رخ داد. برای تهیه محلول در غلظت‌های مورد نظر، نیترات کلسیم از شرکت مرک (Merck) آلمان تهیه شد که دارای ۳۵/٤٥ درصد کلسیم و به‌صورت گرانوله‌هایی با قطر یک تا دو میلی‌متر بود. عصاره جلبک دریایی با نام تجاری آلگ لاین (Alg linel) ساخت ترکیه و نانوذرات نقره از شرکت نانوسید در تهران تهیه گردید. محلول‌پاشی تیمار شاهد نیز با آب مقطر انجام گردید. زمان برداشت در مرحله تاب‌سکرت (Tub secret) یا مرحله غنچه بسته (مرحله‌ای که گل باز شده اما کاسبرگ هنوز باز نشده) انجام گرفت. برداشت در هنگام غروب آفتاب صورت پذیرفت و گل‌های شاخه بریده رز به سالن نگهداری گل‌ها در همان گلخانه منتقل شدند (شکل ۱). گل‌های شاخه‌ها با طول ساقه ٤٠ سانتی‌متر بریده شده و در اتاق مخصوص با دمای ۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵۰ تا ۵۵ درصد و روشنایی ۱٤۰۰ لوکس نوری نگهداری و صفات پس از برداشت زیر مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

۲-۱. وزن تر نسبی

هرکدام از ظرف‌های نگهداری گل‌ها حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر بود. ابتدا وزن اولیه (روز صفر) گل‌های شاخه بریده و وزن ظرف به همراه آب درون آن‌ها توسط یک ترازویی با دقت ۰.۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. پس از آن روزانه وزن گل‌ها، ظرف‌ها به‌همراه آب بدون گل‌ها و ظرف‌ها به‌همراه آب با گل‌ها در مراحل مختلف اندازه‌گیری شد. از تفاضل وزن هر روز نسبت به روز پیش تغییر وزن گل‌ها به‌دست آمد و بر حسب واحد گرم بر گرم وزن تر اولیه در روز توسط رابطه (وزن تر نسبی= وزن تر در روزهای موردنظر (گرم) تقسیم بر وزن تر روز صفر (گرم)×۱۰۰) بیان شد (He *et al*., 2006).

۲-۲. قطر گل

قطر گل با کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر از روز اول تا پنجم پس از برداشت اندازه‌گیری و برحسب میلی‌متر گزارش شد (Starkey and Pedersen, 1997).

۲-۳. درصد پژمردگی

درصد پژمردگی با استفاده از روش ارائه شده توسط فرناندو و همکاران (Fernando *et al.*, 1999) با ارزیابی باز شدن، تغییر رنگ و خم‌شدن گلبرگ‌ها، خم شدن گردن و شادابی گل‌ها اندازه‌گیری شد. در روش فرناندو و همکاران، امتیاز هر گل در هر واحد آزمایشی با اعداد ۱ (از دست رفتن کیفیت زینتی)، ۲ (پژمردگی شدید، خم شدن گلبرگ یا گردن)، ۳ (پژمردگی یا تغییر رنگ متوسط)، ٤ (علائم خفیف پیری یا باز شدن طبیعی)، و ٥ (کاملا تازه، بدون پژمردگی یا تغییر رنگ) مشخص شده و سپس با میانگین‌گیری از تعداد گلهای مربوط به هر تکرار از تیمار، تبدیل به درصد پژمردگی گردید.

۲-٤. ماندگاری گل (عمر گلجای)

از زمان برداشت تا زمان ایجاد علائمی چون پژمردگی گلبرگ‌ها و خمیدگی گردن که منجر به کاهش جذابیت و بازارپسندی می‌گردد، براساس تعداد روز برای گل‌های رقم در هر تیمار و تکرار محاسبه گردید (Mutui *et al.*, 2006). عمر گلجای یک گل شاخه بریده به‌مدت زمان بین قرارگیری ساقه در محلول گلجای تا از دست رفتن ارزش زینتی قابل رؤیت (امتیاز ۱ در درصد پژمردگی) اشاره دارد.

۲-٥. شاخص سبزینگی یا کلروفیل برگ

از دستگاه کلروفیل متر (مدل Minolta SPAD-502) استفاده شد. برای این منظور از برگچه‌های انتهایی توسعه یافته (دو برگ در هر شاخه) و در هر برگ سه سنجش انجام و میانگین گرفته شد (Sharif Hossain *et al.*, 2008).

۲-٦. تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه واریانس داده‌ها و آزمون چند دامنه‌ای دانکن جهت مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار SAS، برای تجزیه همبستگی پیرسونی بین صفات از نرم افزار Minitab و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

۳. نتایج و بحث

۳-۱. وزن تر نسبی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر اصلی ارقام و محرک‌ها در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل ارقام × محرک‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر وزن تر نسبی معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین ارقام (شکل ۲A) نشان داد وزن تر نسبی در رقم ساموراپی با میانگین ۱۱۰/۹٤ درصد نسبت به سایر ارقام بیشتر بود، کمترین وزن تر نسبی به میزان ۹۹/۵۲ و ۹۸/۷۳ درصد را ارقام آنجلینا و دلسویتا به خود اختصاص دادند. با کاربرد محرک‌ها وزن تر نسبی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت، به طوری که بیشترین وزن تر نسبی (۱۱۱/٤٤ درصد) در تیمار ٥ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره و کمترین آن (۹٤/۷۱ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۲B). بیشترین وزن تر نسبی (جدول ۲) در ارقام ساموراپی (۱۲۰/٤۸ درصد)، آوالانچ (۱۱٥/۲ درصد)، آنجلینا (۱۰۷/۲۲ درصد) مربوط به کاربرد ٥ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره و در رقم دلسویتا (۱۰٦/٦ درصد) مربوط به کاربرد ۲/٥ گرم در لیتر کلات کلسیم بود.

وزن تر نسبی نشان دهنده میزان جذب محلول و شادابی شاخه گل می‌باشد. هر قدر میزان وزن تر نسبی بیشتر باشد، جذب محلول بیشتر و شاخه گل می‌تواند شادابی خود را برای مدت طولانی‌تری حفظ کند (Hosseinzadeh *et al.*, 2014). در این تحقیق هر سه نوع محرک نانوذرات نقره، کلات کلسیم و جلبک دریایی باعث افزایش وزن تر نسبی گل شاخه بریده رز شده و در سه رقم ساموراپی، آوالانچ و آنجلینا تیمار ٥ میلی‌گرم نانوذرات نقره و در رقم دلسویتا ۲/٥ گرم در لیتر کلات کلسیم بیشترین وزن تر نسبی را نشان دادند. در تایید نتایج این تحقیق، افزایش وزن تر در گل‌های شاخه بریده رز با تیمار نانوذرات نقره (Hosseinzadeh *et al.*, 2014; Krause *et al.* 2021)، افزایش وزن تر گل مریم با استفاده از نانوذرات نقره (Amani Beni *et al.*, 2014) نسبت به شاهد و نیز افزایش وزن تر و خشک گل مریم با تیمار کلسیم (Nazari, 2019) گزارش شده است.

تغییرات وزن تر یکی از مهم‌ترین فاکتورهای نشان‌دهنده کیفیت گل بریده بعد از برداشت است، زیرا این فاکتور برآیندی از میزان جذب و تعرق در گل بریده است. حفظ وزن تر در گل

شاخه بریده باعث جلوگیری از پژمردگی گل می‌شود و عمر گل را افزایش می‌دهد (Rezaei Nejad and Ismaili, 2014). کاهش در وزن تر می‌تواند نتیجه کاهش جذب آب یا افزایش از دست دادن آب و افزایش در میزان تنفس باشد (Singh *et al.*, 2007). حفظ وزن تر درگل شاخه بریده باعث جلوگیری از پژمردگی گل می‌شود و عمر گل را افزایش می‌دهد. نتایج این آزمایش آشکار کرد که کلسیم نقش مؤثری در افزایش وزن تر گل‌های شاخه بریده رز داشت. تجمع کلسیم در بافت‌های گیاهی سبب تقویت ارتباط پلیمری بین تیغه‌های میانی غشای پکتوسلولزی که عامل استحکام شبکه دیوار یاخته‌ای است می‌شود و نتیجه آن افزایش مقاومت مکانیکی بافت‌ها و کاهش خمیدگی ساقه است (Gerasopoulos and Chebli, 1999). همسو با این یافته‌ها، افزایش محتوی نسبی آب با کاربرد عصاره جلبک نیز گزارش شده است (Ludwig-Muller, 2000). افزایش رشد و میزان وزن تر را می‌توان به حضور تنظیم کننده‌های رشد در عصاره جلبک دریایی، مواد اکسینی، بتائین و مواد شبه بتائین که باعث افزایش میزان کلرفیل و کاهش تخریب کلروفیل می‌شوند و در نهایت افزایش فتوسنتز و تولید آسیمیلات را در پی دارند نسبت داد (Blunden *et al.*, 1996). نقش عصاره جلبک دریایی احتمالاً به‌دلیل نقش آن‌ها در تنظیم فعالیت‌های هورمونی و تحریک فعالیت‌های رویشی گیاه می‌باشد و از طرفی اضافه کردن این مواد، جذب مواد مغذی در گیاه را افزایش داده و باعث اثرات مثبت در رشد و نمو گیاه می‌شود (Prasad *et al.*, 2010).

۳-۲. قطر گل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثرات اصلی ارقام، محرک‌ها و همچنین اثر متقابل ارقام در محرک‌ها در سطح احتمال یک درصد برای صفت قطر گل معنی‌دار شدند. مقایسه میانگین ارقام (شکل ۳A) نشان داد که بیشترین قطر گل به مقدار ۵۶/۸۲ میلی‌متر را رقم سامورایی و کمترین قطر گل به مقدار ۳۷/۶۶ میلی‌متر را رقم دلسویتا دارا بودند. با کاربرد محرک‌ها، افزایش قطر گل نسبت به شاهد رخ داد، به‌نحوی‌که بیشترین قطر گل (۵۳/۵۸ میلی‌متر) در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره و کمترین قطر گل (۴۲/۱۶ میلی‌متر) در تیمار شاهد به‌دست آمد. به‌بیان دیگر با مصرف ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره، قطر گل به میزان ۲۷/۰۹ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد (شکل ۳B). در مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام در محرک‌ها (جدول ۳) بیشترین قطر گل در رقم سامورایی (به میزان ۶۱/۴۸ و ۶۱/۴۵ میلی‌متر) از مصرف ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره، در رقم آوالانچ و آنجلینا (به ترتیب به میزان ۵۸/۶۸ و ۵۰/۷۵ میلی‌متر) از مصرف ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره و در رقم دلسویتا (به میزان ۴۳/۶۳ میلی‌لیتر) از مصرف ۵ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره حاصل شد. کمترین قطر گل در رقم دلسویتا (۳۰/۷۵ میلی‌لیتر) تحت تیمار شاهد مشاهده شد.

کلسیم با عملکرد مثبت روی دیواره سلولی موجب جذب بهتر آب و مواد غذایی دیگر شده و موجب بهبود عملکرد گیاه و در نتیجه باعث بهبود وضعیت قطر گل می‌گردد (Bernadac *et al.*, 1996). در تحقیق حاضر هر سه نوع محرک نانوذرات نقره، کلات کلسیم و جلبک دریایی باعث افزایش قطر گل در هر چهار رقم مورد آزمایش شدند، اما بیشترین افزایش قطر گل در هر چهار رقم مربوط به تیمار ۵ و ۱۰ میلی گرم در لیتر نانوذرات نقره بود. در تایید نتایج این تحقیق، افزایش قطر گل رز با تیمارهای نانوذرات نقره (Hosseinzadeh *et al.*, 2014) و (Starkey and Pedersen, 1997; Alekasir *et al.*, 2017; کلسیم (Souri and Mahdavi, 2015) گزارش شده است. در مورد افزایش قطر گل با کاربرد کلسیم در این پژوهش، می‌توان بیان کرد با نقشی که کلسیم در افزایش کارایی فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی در برگ‌ها دارد (Tan *et al.*, 2011) سبب بهبود قطر گل شده است. همچنین گزارش شده که کلسیم یک عنصر ضروری است که نقش کلیدی در تقسیم سلولی، طویل شدن و رشد را دارد (Bernadac *et al.*, 1996).

Table 1: Variance analysis of the biotic and abiotic elicitors effect on the morphological traits of rose cultivars

Source of variation	Degree of freedom	Mean of Squares				
		Relative fresh weight	Flower diameter	Chlorophyll content	Wilting percent	Vase life
Block	3	101.2*	234.9**	64.8**	3.66^{ns}	1.15^{ns}
Cultivar	3	1314.1**	3100.3**	271.9**	1637.5**	122.1**
Elicitor	9	395.2**	178.8**	108.4**	723.7**	25.9**
Cultivar×Elicitor	27	49.6*	38**	19.8*	48.3**	4**
Error	127	31.2	14.5	10.7	7.15	1.14
CV%		5.4	8	7.9	9.5	10.1

ns , ** and * : non-significant, significant at p≤0.01 and p≤0.05, respectively

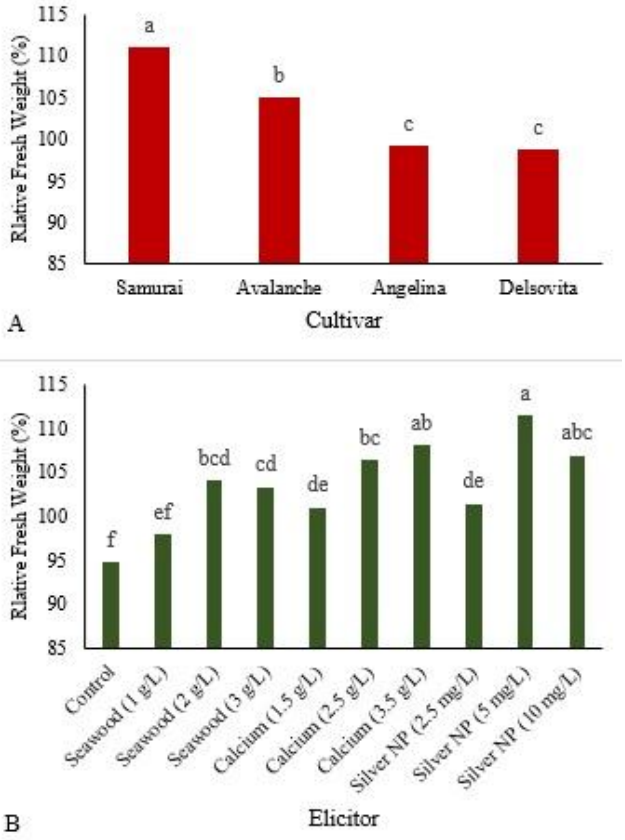


Fig. 2: Mean comparison of the relative fresh weight of rose cut flowers between A) cultivars and B) different elicitors. The means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's test (p≤0.05)

Table 2: Mean comparison of rose cut flowers relative fresh weight (%) for the interaction effect of cultivars × elicitors

Elicitor/Cultivar	Samurai	Avalanche	Angelina	Delsovita
Control	99.2 g-p	97.49 j-p	92.26 nop	89.89 o
Seawood (1 g/L)	104.4 e-l	99.01 h-p	94.13 m-p	94.05 m-p
Seawood (2 g/L)	112.56 a-e	106.42 d-k	105.9 d-l	91.39 no
Seawood (3 g/L)	106.45 d-k	111.14 b-f	97.4 j-p	98.03 i-p
Calcium chelate (1.5 g/L)	109.1 b-g	104.7 e-l	93.8 m-p	96.33 l-p
Calcium chelate (2.5 g/L)	115.1 a-d	101.45 f-n	102.2 f-m	106.6 d-k
Calcium chelate (3.5 g/L)	118 ab	106.3 d-k	103.5 e-m	104.2 e-l
Silver NP (2.5 mg/L)	108.04 c-h	100.7 g-o	96.76 k-p	99.86 g-o
Silver NP (5 mg/L)	120.48 a	115.2 a-d	107.2 c-j	102.9 e-m
Silver NP (10 mg/L)	116.2 abc	107.8 c-i	99.34 g-p	104.1 e-l

The means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's test (p≤0.05)

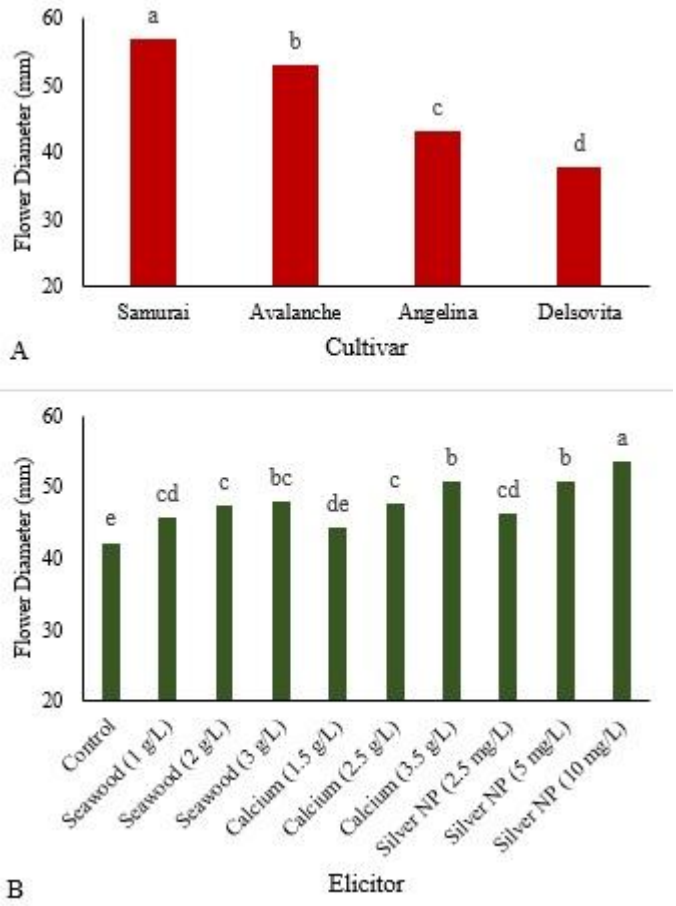


Fig. 3: Mean comparison of the flower diameter of rose cut flowers between **A**) cultivars and **B**) different elicitors. The means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's test ($p \leq 0.05$)

Table 3: Mean comparison of rose cut flowers flower diameter (mm) for the interaction effect of cultivars × elicitors

Elicitor/Cultivar	Samurai	Avalanche	Angelina	Delsovita
Control	51.53 d-j	48.9 h-l	37.48 p-s	30.75 s
Seawood (1 g/L)	59.25 abc	49.05 g-l	38.8 o-r	35.45 r-s
Seawood (2 g/L)	56.33 a-g	57.78 a-e	38.58 o-r	37 p-s
Seawood (3 g/L)	53.78 b-i	56.73 a-f	45 j-o	36.03 qrs
Calcium chelate (1.5 g/L)	49.98 f-l	47.43 i-n	43.2 k-q	36.68 p-s
Calcium chelate (2.5 g/L)	55.5 a-h	48.33 h-m	46.88 i-n	40.1 n-r
Calcium chelate (3.5 g/L)	59.78 ab	60.58 ab	43.8 k-p	38.55 o-r
Silver NP (2.5 mg/L)	58.15 a-d	49.75 f-l	41.4 m-r	35.95 qrs
Silver NP (5 mg/L)	61.48 a	52.25 c-j	45.3 j-o	43.63 k-p
Silver NP (10 mg/L)	62.45 a	58.68 a-d	50.75 e-k	42.45 l-r

The means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's test ($p \leq 0.05$)

۳-۳. میزان سبزینگی (محتوای کلروفیل برگ)

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر ارقام و محرک‌ها در سطح احتمال یک درصد و نیز اثر متقابل ارقام با محرک‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر میزان محتوی کلروفیل برگ تأثیر معنی‌دار داشتند. با مقایسه میانگین ارقام (شکل ۴A) حداکثر میزان سبزینگی با کلروفیل‌سنج Spad (۴۳/۱۳ و ۴۳/۷۴) مربوط به ارقام ساموراپی و آوالانچ و حداقل سبزینگی (۳۹/۹) مربوط به رقم دلسویتا بود. مقایسه میانگین کلروفیل برای محرک‌های مورداستفاده (شکل ۴B) بیانگر آن بود که مصرف محرک‌های مختلف موجب افزایش سبزینگی نسبت به شاهد شده است، به‌نحوی‌که بیشترین سبزینگی (۴۵/۳۸) مربوط به تیمار ۲/۵ گرم در لیتر کلات کلسیم و کمترین

کلروفیل (۳۶/۲۷) مربوط به شاهد بود که حاکی از افزایش ۲۵/۱۲ درصدی سبزینگی تیمار کلات کلسیم نسبت به شاهد بود. مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام با محرک‌ها (جدول ٤) نشان داد که بیشترین سبزینگی در رقم ساموراپی (٤۹/۱۷) با مصرف ۲/۵ گرم در لیتر کلات کلسیم، در رقم آوالانچ (٤۷/۹۵) با مصرف ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره، در رقم آنجلینا (٤٤/۰۱) با مصرف ۵ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره و در رقم دلسویتا (٤٦/۱) با مصرف ۳ گرم در لیتر جلبک دریایی حاصل شد. کمترین میزان سبزینگی در رقم آنجلینا (۳۲/۹) تحت تیمار شاهد مشاهده شد.

در این تحقیق هر سه نوع محرک نانوذرات نقره، کلات کلسیم و جلبک دریایی باعث افزایش میزان کلروفیل و سبزینگی در برگ گل‌های هر چهار رقم رز گردیدند. همسو با نتایج این تحقیق، افزایش شاخص فلورسانس کلروفیل برگ گل شاخه بریده رز (Alekasir *et al.*, 2017) و افزایش میزان کلروفیل برگ گل رز (Hosseinzadeh *et al.*, 2014) گزارش شده است. از علل تأثیر مثبت عصاره جلبک بر افزایش میزان کلروفیل می‌توان به وجود هورمون‌های رشد اکسین و جیبرلیک اسید در این کود اشاره کرد. وجود بتائین در عصاره جلبک نیز بر کاهش تخریب کلروفیل تأثیر مثبت دارد (Shahbazi *et al.*, 2015). همچنین بیان شده است که شاید دلیل افزایش کلروفیل در گیاهان با کاربرد عصاره جلبک دریایی به علت کاهش تجزیه مولکول کلروفیل به دلیل وجود گلایسین بتائین در عصاره جلبک دریایی باشد (Latique *et al.*, 2013).

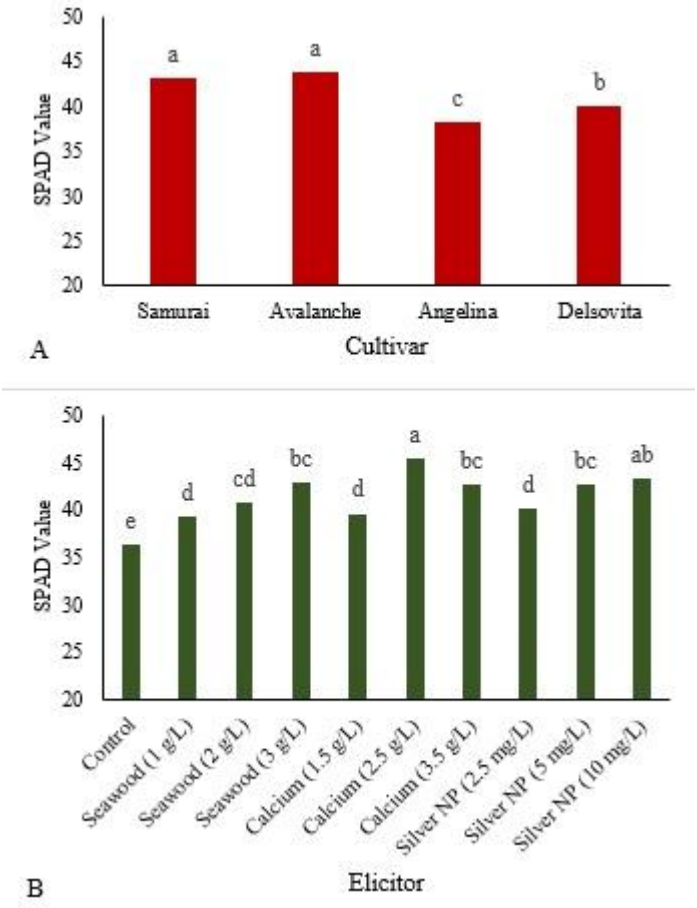


Fig. 4: Mean comparison of the leaf chlorophyll of rose cut flowers between A) cultivars and B) different elicitors. The means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's test ($p \leq 0.05$)

۳-٤. درصد پژمردگی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد اثرات اصلی ارقام و محرک‌ها و نیز اثر متقابل ارقام با محرک‌ها برای درصد پژمردگی گل‌های شاخه بریده در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری هستند. مقایسه میانگین ارقام (شکل A ۵) نشان داد که بیشترین میزان پژمردگی (۳۷/۱٦ درصد) مربوط به رقم دلسویتا و کمترین پژمردگی (۲۲/۲٤ درصد) مربوط به رقم ساموراپی بود. با تیمار محرک‌های مورد استفاده (شکل B۵)

درصد پژمردگی کاهش پیدا کرد، به طوری که بیشترین میزان پژمردگی (۴۱/۱۸ درصد) مربوط به شاهد و کمترین پژمردگی (۱۹/۲ درصد) مربوط به تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره بود که حاکی از کاهش ۵۳/۳۸ درصدی میزان پژمردگی با مصرف نانوذرات نقره نسبت به شاهد است. در مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام با محرک‌ها (جدول ۵) کمترین درصد پژمردگی (۱۲/۴۷ درصد) در رقم سامورایی با مصرف ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره، در رقم آوالانچ (۱۵/۶۹ درصد) با مصرف ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره، در رقم آنجلینا (۱۷/۹۷ و ۱۷/۷۵ درصد) با مصرف ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره و در رقم دلسویتا (۲۷/۷۵ درصد) با مصرف ۳ گرم در لیتر جلبک دریایی حاصل گردید. بیشترین میزان پژمردگی در رقم دلسویتا (۵۲/۷۷ درصد) با تیمار شاهد مشاهده شد.

Table 4: Mean comparison of rose cut flowers leaf chlorophyll (SPAD number) for the interaction effect of cultivars × elicitors

Elicitor/Cultivar	Samurai	Avalanche	Angelina	Delsovita
Control	38.14 g-n	39.66 e-m	32.9 n	34.36 lmn
Seawood (1 g/L)	43.01 b-i	42.61 b-j	33.97 mn	37.28 i-n
Seawood (2 g/L)	40.85 d-k	44.82 a-f	37.67 h-n	39.67 e-m
Seawood (3 g/L)	43.46 a-h	43.51 a-h	38.04 g-n	46.1 a-d
Calcium chelate (1.5 g/L)	41.17 d-j	43.16 b-i	34.92 k-n	39.04 f-m
Calcium chelate (2.5 g/L)	49.17 a	47.69 abc	40.7 d-k	43.98 a-g
Calcium chelate (3.5 g/L)	44.97 a-f	45.23 a-e	40.14 d-l	39.93 e-l
Silver NP (2.5 mg/L)	45.43 a-e	40.04 e-l	38.1 g-n	36.72 j-n
Silver NP (5 mg/L)	43.89 a-g	42.77 b-i	44.01 a-g	40.19 d-l
Silver NP (10 mg/L)	41.22 d-j	47.95 ab	42.32 b-j	41.76 c-j

The means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's test ($p \leq 0.05$)

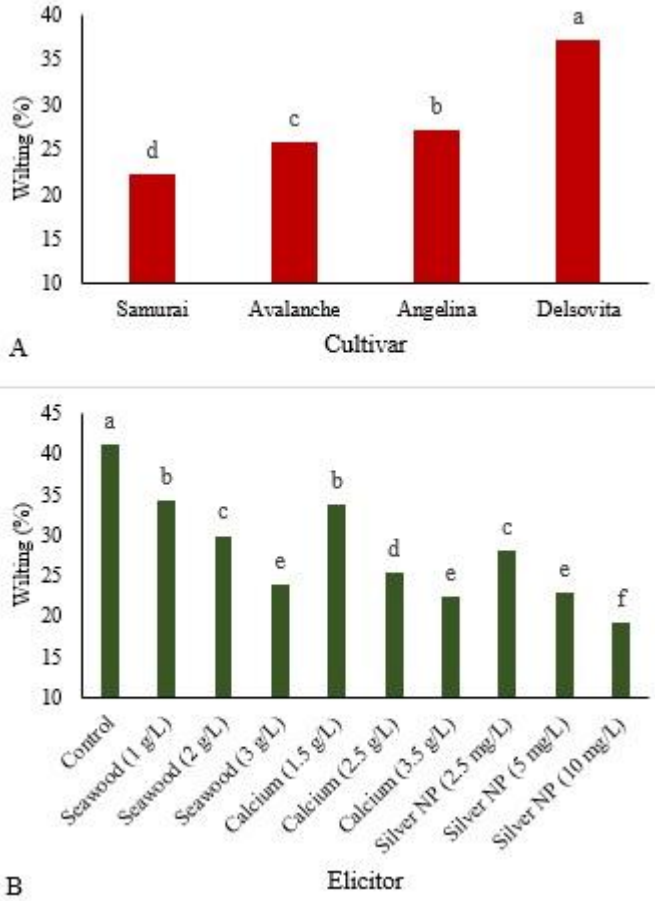


Fig. 5: Mean comparison of the wilting percent of rose cut flowers between A) cultivars and B) different elicitors. The means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's test ($p \leq 0.05$)

در این تحقیق هر سه محرک نانوذرات نقره، کلات کلسیم و جلبک دریایی باعث کاهش درصد پژمردگی گل شاخه بریده رز ارقام مورد مطالعه شدند. همراستا با نتایج این تحقیق حسین زاده و همکاران (Hosseinzadeh *et al.*, 2014) نیز تعویق پیری و کاهش پژمردگی گل شاخه بریده رز با استفاده از کلات کلسیم را گزارش نمودند. کلسیم نقش مهمی در ثبات سلول و انسجام بافت‌های گیاهی دارد. قسمت عمده کلسیم در بافت‌های گیاهی در دیواره سلول‌ها به صورت پکتات‌های کلسیم قرار دارد و وجود این پکتات‌ها باعث سفتی سلول و استحکام آن و در نتیجه مقاومت سلول و بافت گیاهی در مقابل عوامل بیرونی می‌گردد (Souri and Mahdavi, 2015). همچنین کلسیم موجب حفظ ساختار تیغه میانی و افزایش چسبندگی سلول‌ها به یکدیگر می‌گردد، در نتیجه، تخریب و از هم‌پاشیدگی دیواره سلولی کاهش یافته و یا به تأخیر می‌افتد (Kyani, 2007). بنابراین کاربرد کلات کلسیم به صورت خارجی می‌تواند از فرایند پیری جلوگیری نموده یا این فرایند را به تأخیر بیندازد.

Table 5: Mean comparison of rose cut flowers wilting (%) for the interaction effect of cultivars × elicitors

Elicitor/Cultivar	Samurai	Avalanche	Angelina	Delsovita
Control	33.07 fg	28.25 de	40.62 d	52.77 a
Seawood (1 g/L)	30.52 ghi	30.59 ghi	34.96 ef	40.32 d
Seawood (2 g/L)	25.25 jk	24.68 jk	31.65 f-i	37.98 de
Seawood (3 g/L)	21.78 k-n	20.07 lmn	27.63 i-j	25.75 jk
Calcium chelate (1.5 g/L)	25.91 jk	32.57 fg	32.16 fgh	44.56 b
Calcium chelate (2.5 g/L)	15.59 op	23.68 jkl	24.89 jk	37.27 de
Calcium chelate (3.5 g/L)	20.35 lmn	15.69 op	22.49 klm	31.2 f-i
Silver NP (2.5 mg/L)	22.31 klm	28 hij	20.4 lmn	41.4 bc
Silver NP (5 mg/L)	15.12 op	25.58 jk	17.97 no	32.93 fg
Silver NP (10 mg/L)	12.47 p	19.1 mno	17.75 no	27.46 ij

The means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's test ($p \leq 0.05$)

۳-۵. عمر گلجایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد اثرات اصلی ارقام و محرک‌ها و اثر متقابل ارقام و محرک‌ها بر صفت عمر گلجایی گل شاخه بریده رز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین ارقام (شکل ٦A) نشان داد بیشترین عمر گلجایی (۱۲/٤۷ روز) را رقم سامورایی و کمترین عمر گلجایی (۸/۳۱ روز) را رقم دلسویتا به خود اختصاص دادند. با مقایسه میانگین محرک‌ها (شکل ٦B) بیشترین عمر گلجایی (۱۲/۲۷ روز) در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره مشاهده شد و کمترین عمر گلجایی (۸/۲۷ روز) در تیمار شاهد به دست آمد. نتایج بیانگر افزایش ٤۸/۳۷ درصد عمر گلجایی گل شاخه بریده رز در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره نسبت به شاهد بود. با مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام و محرک‌ها (جدول ٦) بیشترین عمر گلجایی در رقم سامورایی (۱۵/۷۵ روز) با تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره، در رقم آوالانچ (۱۳/۷۹ روز) با تیمار ۳/۵ گرم در لیتر کلات کلسیم، در رقم آنجلینا (۱۲/۲۷ روز) با تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره و در رقم دلسویتا (۹/٦۷ روز) با تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات نقره مشاهده شد. کمترین عمر گلجایی در رقم دلسویتا (٦/۸۲ روز) با تیمار شاهد (عدم مصرف محرک) مشاهده شد.

دوام گل‌های شاخه‌بریده یکی از مهم‌ترین معیارها برای ارزیابی عمر پس از برداشت ارقام قلمداد می‌شود (Singh, 1994). پیری توسط بیان مجموعه‌ای از ژن‌های مرتبط با پیری آغاز و در سطح متابولیکی به‌صورت فرآیندهایی اکسیداتیو بروز گشته و اغلب فرآیندهای کاتابولیکی درگیر در پیری به طور غیرقابل برگشت افزایش می‌یابند (Buchanan-Wollaston, 1997). در تحقیق حاضر، بیشترین افزایش عمر گلجایی رز را تیمارهای ۱۰ میلی‌گرم نانوذرات نقره و ۳/۵ گرم در لیتر کلات کلسیم نشان دادند. در تأیید نتایج این تحقیق، افزایش عمر گلجایی گلهای شاخه بریده با تیمار کلسیم (Ahmad and Rab, 2020)، افزایش عمر گلجایی گلهای شاخه بریده مریم (Nazari, 2019)، و رز (Souri and Mahdavi, 2015; Asfanani *et al.*, 2008) با محلول پاشی کلسیم، افزایش

عمر گلجایی گل لیلیوم با عصاره جلبک دریایی (Jafari et al., 2020)، افزایش عمر گلجایی در گل ژربرا (Rastegar and Zareii, 2017)، گل شاخه بریده مریم (Amani et al., 2014) و رز (Beni et al., 2014; Hosseinzadeh et al., 2017) با نانوذرات نقره گزارش شده است. در خصوص افزایش عمرگلجایی با کاربرد کلسیم، مرتضوی و همکاران (Mortazavi et al., 2016) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی کلسیم در گل رز می‌تواند با افزایش مقدار آب نسبی و حفظ تورژسانس سلولی برگ‌ها و نیز جلوگیری از تخریب دیواره سلولی و کاهش نشت الکترونی، عمر گلبرگ‌ها را افزایش دهد. در این راستا گزارش شده است که اگر جذب آب و تعرق توسط گل‌های بریده نامتعادل باشد، در نتیجه از بین رفتن تورژسانس سلولی دچار پژمردگی زودرس می‌شوند. مسدود شدن آوندهای ساقه می‌تواند یکی از عوامل این عدم تعادل محسوب گردد که در نهایت باعث پژمردگی برگشت ناپذیر و پایان زود هنگام عمر گل بریده شود (Van Meetren et al., 2001).

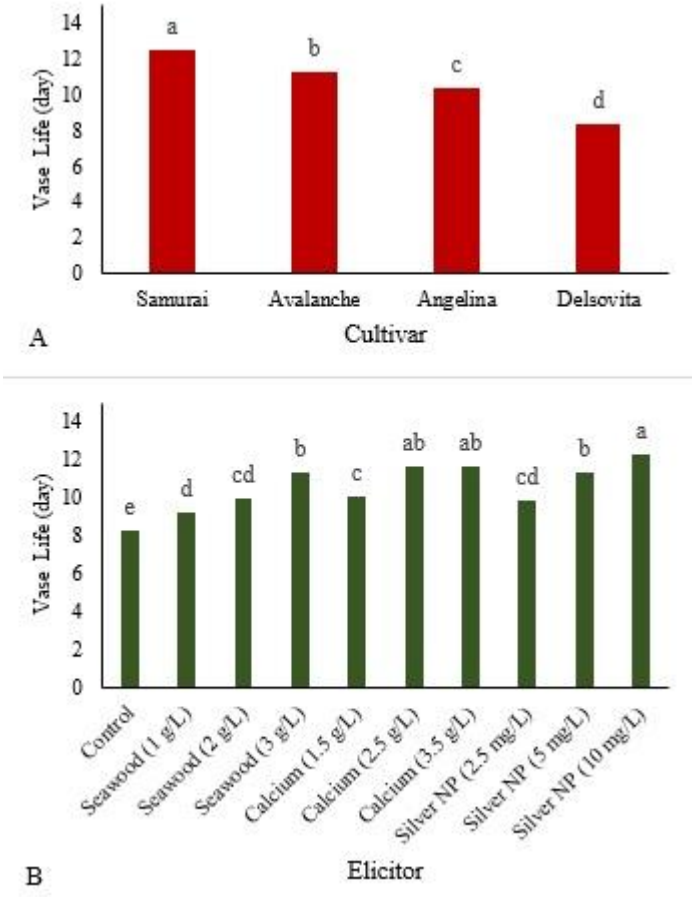


Fig. 6: Mean comparison of the vase life of rose cut flowers between **A**) cultivars and **B**) different elicitors. The means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's test (p≤0.05)

Table 6: Mean comparison of rose cut flowers vase life (day) for the interaction effect of cultivars × elicitors

Elicitor/Cultivar	Samurai	Avalanche	Angelina	Delsovita
Control	9.66 i-p	8.49 n-r	8.09 pqr	6.82 r
Seawood (1 g/L)	10.19 h-n	10.17 h-n	8.78 m-q	7.87 pqr
Seawood (2 g/L)	11.94 d-n	9.55 k-p	10.47 h-m	7.98 pqr
Seawood (3 g/L)	13.82 bc	12.53 c-g	10.89 g-l	8.18 o-r
Calcium chelate (1.5 g/L)	11.06 f-k	10.38 h-m	11.77 e-h	7.08 qr
Calcium chelate (2.5 g/L)	13.57 bcd	12.24 c-g	11.67 e-i	9.18 l-p
Calcium chelate (3.5 g/L)	14.39 ab	13.79 bc	9.95 i-o	8.5 n-r
Silver NP (2.5 mg/L)	11.58 e-i	9.91 i-o	9.21 l-p	8.8 m-q
Silver NP (5 mg/L)	12.8 b-f	13.33 b-e	10.24 h-n	9.01 m-p
Silver NP (10 mg/L)	15.72 a	11.41 f-j	12.27 c-g	9.67 j-p

The means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different using Duncan's test (p≤0.05)

۳-٦. همبستگی ساده پیرسونی بین صفات

نتایج تجزیه همبستگی بین صفات (جدول ۷) نشان داد که عمرگلجایی با وزن تر نسبی، قطر گل و میزان کلروفیل همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد دارد. درصد پژمردگی با عمرگلجایی همبستگی منفی در سطح احتمال یک درصد نشان داد. میزان کلروفیل با درصد پژمردگی همبستگی منفی و با قطر گل همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد دارا بود. همچنین مشاهده شد که وزن تر نسبی با قطر گل و میزان کلروفیل همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد دارد.

Table 7: Pearson correlation coefficients among the morphological traits of rose cultivars

Traits	Relative fresh weight	Flower diameter	Leaf chlorophyll	Wilting	Vase life
Relative fresh weight	1				
Flower diameter	0.58**	1			
Leaf chlorophyll	0.40**	0.48**	1		
Wilting	-0.58**	-0.65**	-0.56**	1	
Vase life	0.57**	0.67**	0.26*	-0.63**	1

** and *: significant at p≤0.01 and p≤0.05, respectively

٤. نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان داد که رقم سامورایی از نظر خصوصیات کمی و کیفی نسبت به ارقام دیگر بهتر است و دارای وزن تر نسبی، قطر گل و عمر گلجایی بیشتر و درصد پژمردگی کمتری بود. همچنین مشاهده شد که محلول‌پاشی با محرک‌های نانوذرات نقره، کلات کلسیم و جلبک دریایی توانست موجب افزایش وزن تر نسبی، قطر گل، کلروفیل، عمر گلجایی و کاهش درصد پژمردگی در ارقام مورد مطالعه شود. بنابر نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق می‌توان به اثرات مثبت کاربرد هر سه محرک نانوذرات نقره، کلات کلسیم و جلبک دریایی بر نگهداری دراز مدت گل رز و افزایش عمر گلجایی گل شاخه بریده آن پی برد و در جمع‌بندی نهایی کاربرد ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره، ۳/۵ گرم در لیتر کلات کلسیم و ۳ گرم در لیتر عصاره جلبک دریایی برای افزایش ماندگاری و کیفیت گل شاخه بریده رز توصیه می‌گردد.

۵. سپاسگزاری

نویسندگان مراتب تشکر خود را از حمایت های مادی و معنوی دانشگاه بین المللی امام خمینی در انجام این تحقیق اعلام می‌دارند.

٦. منابع

Ahmad, M. and Rab, A. (2020). Calcium effects on post-harvest attributes and vase life of gladiolus using different methods of application. *Pakistan Journal of Botany*, 52(1): 167-179.

AleKasir, K., Naghshiband Hassani, R. and Motallebi Azar, A. (2017). Effects of silver nanoparticles (SNPs) pulsing treatment and sucrose holding on flower and leaf senescence of cut rose. *Journal of Ornamental Plants*, 7(20): 103-113.

Amani Beni, M., Hatamzadeh, A., Nikbakht, A., Ghasemzadeh, M., Nikkhah Bahrami, S. and Davarpanah, S. (2014). Effect of Humic Acid and silver nanoparticles treatments on extending vase life of cut *Polianthes tuberosa* L. cv Single Flowers. *Journal of Horticultural Science*, 28(2): 185-191. (In Persian)

Asfanani, M., Davarynejad, G.H. and Tehranifar, A. (2008). Effects of pre-harvest calcium fertilization on vase life of rose cut flowers cv. Alexander. *Acta Horticulturae*, 804: 215-218.

Bernadac, A., Jean-Baptiste, I., Bertoni, G. and Morard, P. (1996). Changes in calcium contents during melon (*Cucumis melo* L.) fruit development. *Scientia Horticulturae*, 66: 181-189.

Blunden, G., Jenkins, T. and Liu, Y. (1996). Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. *Journal of Applied Phycology*, 8: 535-543.

Buchanan–Wollaston, V. (1997). The molecular biology of leaf senescence. *Journal of Experimental Botany*, 48: 181-199.

Fernando, L.F., Monica, M.C., Jjose, G.B. and Paulo, C.R. (1999). Influence of ethephon, silver thiosulfate and sucrose pulsing on bird of – pardise vase life. *Revista Brasileria Defisiologia Vegetal*, 11(2): 119-122.

Gerasopoulos, D. and Chebli. B. (1999). Effects of pre- and postharvest calcium applications on the presence of organic acids. *Soil Science Society of America Journal*, 55: 670-675.

Ghada, M.R.E., Fatma, I.R., and Loay A.A. (2023). Effect of nano calcium, calcium chloride, and salicylic acid on bent neck in cut roses. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *98*(2): 233-245. https://doi.org/10.1080/14620316.2022.2106902

Halevy, A., Torre, S., Borochov, A., Porat, R., Philosoph-Hadas, S., Meir, S. and Friedman, H. (2001). Calcium in regulation of postharvest life of flowers. *Acta Horticulturae*, 543: 345-351.

He, S., Joyce, D.C., Irving, D.E. and Faragher, J.D. (2006). Competition for water between inflorescences and leaves in cut flowering stems of *Grevillea* 'Crimson Yul-lo'. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81: 891-897.

Horbe, T. and Yamad, K. (2017). Petal growth physiology of cut rose flowers: Progress and future prospects. *Journal of Horticultural Research*, 25(1): 5-18.

Hosseinzadeh, I., Kalata Jari, S., Zarinnia, V., Mashhadi Akbarbujar, M. and Hosseinzadeh, S. (2014). The effect of silver nanoparticles on the quality and longevity of cut rose flower. *Plant and Ecosystem*, 10(40): 73-85. (In Persian)

Jafari Barzani, A., Ladan Moghadam, A. and Abdossi, V. (2020). Effect of *Ecklonia maxima* on quantitative, qualitative and vase life of Lilium cv. *Brunello. Iranian Plant and Biotechnology*, 14(4): 29-35. (In Persian)

Jyoti, V. and Parminder, S. (2021). Post-harvest handling and senescence in flower crops: An Overview. *Agricultural Reviews*, 42(2): 145-155.

Kader, A. and Lindberg, S. (2010). Cytosolic calcium and pH signaling in plants under salinity stress. *Plant Signaling and Behavior,* 5: 233-238.

Krause, M., Santos, M. and Moreira, K. (2021). Extension of the vase life of *Lilium pumilum* cut flowers by pulsing solution containing sucrose, citric acid and silver thiosulfate. *Viçosa Minas Gerais-Brasil*, (32): 3379-4983.

Kyani, S. (2007). Evaluation of nutritional situations of rose in north Khozestan. Publishing center of natural and agricultural services in Ostane Markazi. (In Persian)

Latique, A., Chernane, H. and El-Kaoua, M. (2013). Seaweed liquid fertilizer effect on physiological and biochemical parameters of bean plant under hydroponic system. *European Scientific Journal*, 9 (30): 174-191.

Ludwig-Muller, J. (2000). Indole-3-butyric acid in plant growth and development. *Plant Growth Regulation*, 2-3: 219-230.

Mortazavi, S.N., Bagheri, F. and Bahadoran, M. (2016). Some characteristics of tuberose as affected by pre-harvest application of calcium chloride and gibberellic acid. *Advances in Horticultural Science*, 30: 69-74.

Mutui, T.M., Emongor, V.E. and Hutchinson, M.J. (2006). The effects of gibberellin4+7 on the vase life and flower quality of Alstroemeria cut flowers. *Plant Growth Regulation*, 48: 207-214.

Nabti, E., Jha, B. and Hartmann, A. (2017). Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertilizer. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14(5): 1119-1134.

Nazari, F. (2019). The effect of foliar application of calcium chloride and nano-calcium chelated on vegetative, reproductive and post-harvest life of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). *Journal of Plant Research* (Iranian Journal of Biology), 32(2): 497-510. (In Persian)

Prasad, K., Das, A.K., Oza, M.D., Brahmbhatt, H., Siddhanta, A.K., Meena, R., Eswaran, K., Rajyaguru, M.R. and Ghosh, P.K. (2010). Detection and quantification of some plant growth regulators in a seaweed-based foliar spray employing a mass spectrometric technique sans chromatographic separation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 4594-4601.

Rastegar, S. and Zarei, A. (2017). Increasing vase life of gerbera by using silver nano particles and hydroxyquinoline citrate. *Flower and Ornamental Plants*, 2(1): 35-44. (In Persian)

Rebecca, L. J., Dhanalakshmi, V. and Sharmila, S. (2012). Effect of the extract of Ulva sp on pathogenic microorganisms. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 4(11): 4875-4878.

Rezaei Nejad, A. and Ismaili, A. (2014). Comparison of some physio-morphological characteristics of eight cut rose cultivars. *Journal of Crops Improvement*, 16(3): 663-674. (In Persian)

Shahbazi, F., Seyyed nejad, F., Salimi, M. and Gilani, A. (2015). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 8(3): 283-287.

Sharif-Hossain, A., Nasrulhaq Boyce, A. and Majid, H. (2008). Vase life extension and chlorophyll fluorescence yield of bougainvillea flower as influenced by ethanol to attain maximum environmental beautification as ornamental components. *American Journal of Environmental Sciences*, 4(6): 625-630.

Singh, J., Upadhyay, A.K., Prasad, K., Bahadur, A. and Rai, M. (2007). Variablity of carotens, vitamin C, E and phenolic in brassica vegetable. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 106-112.

Singh, K. (1994). Effects of spermidine, IAA, ACC and ethylene on petal longevity in carnation (*Dianthus caryophyllus* L.). *Phyton*, 34: 309-313.

Soleymani, H., Aelaei, M. and Arghavani, M. (2023). Effect of Calcium and Silver Nanoparticles on Morphophysiological Characteristics of Cut Rose Flower. *Journal of Horticultural Science*, 37(3): 857-871. (In Persian). doi: 10.22067/jhs.2023.80161.1220

Souri, M.K. and Mahdavi, M. (2015). Effect of different calcium concentrations on quality parameters of two rose cultivars under hydroponic culture. *Journal of Crop Production and Processing*, 5: 189-197. (In Persian)

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

Tan, W., Meng, Q.W., Brestic, M., Olsovska, K. and Yang, X. (2011). Photosynthesis is improved by exogenous calcium in heat-stressed tobacco plants. *Journal of Plant Physiology*, 168: 2063-2071.

Van Meetren, U., Van Iperen, W., Nijsee, J. and Keijzer, K. (2001). Processes and xylem anatomical properties involved in rehydration dynamics of cut flowers, *Acta Horticulturae*, 543: 207-211.

Yadav, V., Sharma, R., Bhardwaj, S. and Rooma, KM. (2025). Comparative study on vase life extension strategies in commercial cut flowers. *Plant Archives*. 25(2): 609-617. https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2025.v25