گل و گیاهان زینتی (۱۴۰۵)، ۱۱(۱): ۱۰۷-۱۲۴

مقاله پژوهشی

بهبود کیفیت پس از برداشت آلسترومریا (*Alstroemeria* × *hybrida* 'Red Sensation') با کاربرد نانوذرات نقره ساخته شده از عصاره گیاه گز رخ (*Moringa oleifera* Lam.)

نعیمه آبید[۱]، داود صمصام‌پور[۱*]، مهرداد بابابیع[۲]

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

۲. گروه کشاورزی، مجتمع آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

samsampoor@hormozgan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۴، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۶/۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۶/۱۷

چکیده

آلسترومریا (*Alstroemeria* × *hybrida*) جزء ده گل بریدنی تجاری و محبوب دنیا در دهه اخیر می‌باشد که کاهش کیفیت پس از برداشت و در زمان بازاررسانی یکی از چالش‌های اصلی آن محسوب می‌شود. در این پژوهش اثر نانوذرات نقره ساخته شده از عصاره برگ گیاه گز رخ در غلظت‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ میلی‌لیتر بر لیتر، به‌همراه سوکروز سه درصد و شاهد (آب مقطر) بر صفات پس از برداشت گل آلسترومریا رقم Red Sensation بررسی شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۳ انجام گرفت و صفات وزن تر گل، قطر گل، نشت یونی، میزان جذب آب، مواد جامد محلول، قند کل،سبزینه کل، آنتوسیانین، فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز ارزیابی شد. نتایج نشان داد اثر تیمار و زمان بر وزن‌تر گل، قطر گلچه، نشت یونی، جذب آب و سبزینه کل در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. غلظت ۱۵ میلی‌لیتر بر لیتر بهترین عملکرد را در صفات کلیدی پس از برداشت نشان داد؛ به‌طوری‌که بیشترین وزن‌تر گل، بیشترین قطر گلچه و بیشترین جذب آب در این غلظت مشاهده شد و همچنین بیشترین سبزینه کل نیز در تیمار ۱۵ میلی‌لیتر بر لیتر ثبت شد. در مقابل، کمترین نشت یونی مربوط به غلظت ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر بود و بیشترین آنتوسیانین نیز در همین غلظت گزارش شد. در بخش صفات وابسته به زمان، بیشترین وزن‌تر گل در روز نهم برابر ۸۳/۲۵ گرم و بیشترین قطر گلچه در روز سوم برابر ۶۸/۳۳ میلی‌متر به دست آمد. همچنین بیشترین مواد جامد محلول در غلظت ۱۵ میلی‌لیتر بر لیتر در روز سوم برابر ۶/۲۵۳ (بریکس) و بیشترین فعالیت آسکوربات پراکسیداز در غلظت ۲۰ میلی‌لیتر بر لیتر در روز سوم برابر ۰/۸۱۵ میکرومول ثبت شد. در مجموع استفاده از نانوذرات نقره ساخته شده از عصاره گز رخ می‌تواند به‌عنوان راهکاری موثر برای ارتقای کیفیت پس از برداشت گل آلسترومریا پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: عمر گلجایی، کنترل میکروبی، کیفیت فیزیولوژیک، ماندگاری گل.

مقدمه

آلسترومریا[۱] یکی از مهم‌ترین گل‌های بریدنی علفی در تیره *Alstroemeriaceae* و در بین ده گل بریدنی تجاری و محبوب دنیا قرار دارد (Dole & Wilkins, 2005). با وجود محبوبیت بالا، کاهش کیفیت گل‌ها از زمان برداشت تا رسیدن به بازارهای مصرف، به‌ویژه در مسیرهای طولانی حمل و نقل و صادرات، یکی از چالش‌های اساسی این محصول محسوب می‌شود (Halevy *et al*., 2000). از جمله مهم‌ترین مشکلات پس از برداشت آلسترومریا می‌توان به زرد شدن برگ‌ها، کاهش تورژسانس، خشک شدن گلچه‌ها و ریزش گلبرگ‌ها اشاره کرد که همگی موجب افت کیفیت ظاهری و بازارپسندی گل می‌شوند (Naseri & Ebrahimi Geravi, 1997). از آنجایی که برگ‌ها در کیفیت ظاهری گل‌های بریدنی آلسترومریا نقش مهمی دارند، پژوهش‌های متعددی از تیمارهای شیمیایی پس از برداشت برای کاهش زردی برگ‌ها و افزایش کیفیت گل استفاده کرده‌اند. با افزودن برخی مواد شیمیایی به محلول‌های نگهدارنده و ایجاد شرایط مناسب برای گل‌ها، می‌توان باعث تاخیر در تخریب کیفیت در طول پس از برداشت شد (Babarabie *et al*, 2017). یکی از عوامل کلیدی مؤثر بر کیفیت گل‌های بریدنی، روابط آبی مناسب و جلوگیری از انسداد آوندی است (Van Doorn, &Vaslier, 2002). رشد میکروارگانیسم‌ها در محلول گلجای و انتهای ساقه، با ایجاد انسداد در سیستم آوندی، موجب کاهش جذب آب و در نهایت تسریع فرایند پیری گل می‌شود. از این‌رو، کنترل جمعیت میکروبی نقش مهمی در حفظ کیفیت و افزایش عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریده دارد (Hassan et al., 2014). پیری گل‌های بریدنی می‌تواند تحت تأثیر عواملی همچون تنش آبی، کاهش ذخایر کربوهیدراتی، فعالیت میکروارگانیسم‌ها و اثرات هورمون اتیلن قرار گیرد (Naing & Kim, 2020). در گذشته ترکیبات شیمیایی مختلفی نظیر هیدروکسی کوئینولین، سولفات نقره و نیترات نقره به‌منظور افزایش عمر گلجایی و بهبود کیفیت گل‌های شاخه‌بریده از طریق تنظیم تعادل آب، تأخیر در پیری، کاهش جمعیت میکروبی و القای سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار می‌گرفتند (Hassan & Ali, 2014; Hassan *et al*., 2014). با این حال، به دلیل نگرانی‌های زیست‌محیطی و اثرات منفی بالقوه این مواد بر سلامت انسان، در سال‌های اخیر توجه پژوهشگران به استفاده از ترکیبات طبیعی و سازگار با محیط زیست، به‌ویژه عصاره‌های گیاهی، معطوف شده است (Abid *et al*., 2026; Babarabie & Zarei.,2024). عصاره‌های گیاهی به‌دلیل دارا بودن ترکیبات فعال زیستی از جمله متابولیت‌های ثانویه با خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی، می‌توانند به‌عنوان جایگزین مناسبی برای مواد شیمیایی در تیمارهای پس از برداشت گل‌ها مورد استفاده قرارگیرند (Singh *et al*., 2022). برای مثال Mohammadi Kabari و Jadid (2019) تاثیر عصاره مرزه بر بهبود کیفیت گل آلسترومریا را گزارش کردند. عصاره برگ گز رخ[۲] حاوی ترکیبات ارزشمندی چون اسیدهای آمینه، سیتوکینین‌هایی مانند زآتین، فلاونوئیدها، فنول‌ها، کاروتنوئیدها، اسید آسکوربیک، آنتی‌اکسیدان‌ها و عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف مختلف است که نقش مهمی در بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاهان ایفا می‌کنند (Gopalakrishnan *et al*., 2016; Carillo, 2018; Hassan & Fetouh, 2019). افزون بر این، خواص ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی عصاره گز رخ در مطالعات مختلف تأیید شده (Tesfay *et al*., 2017) و اثر مثبت آن بر افزایش عمر گلجایی و حفظ کیفیت گل‌های شاخه‌بریده‌ای نظیر گلایول[۳]، رز[۴] و گچ دوست[۵] گزارش شده است (Hassan & Fetouh, 2019 ; Hassan *et al*., 2020; Khenizy *et al*.,).

۱- *Alstroemeria* × *hybrida* ۲- *Moringa oleifera* Lam. ۳- *Gladiolus* spp. ۴- *Rosa* spp. ۵- *Gypsophila paniculata* L.

(2014 همچنین گزارش شده است که کاربرد عصاره گز رخ می‌تواند با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، کاهش نشت یونی و حفظ یکپارچگی غشای سلولی، روند پیری گل‌ها را به تأخیر اندازد (Yasmeen *et al*., 2013; Hassan *et al*., 2020). محققین (2024) کاهش میزان نشت یونی و محتوای مالون دی‌آلدئید و افزایش میزان آنتوسیانین و آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در گل بریدنی میخک را با کاربرد عصاره گز رخ گزارش کردند. نتایج این پژوهش‌ها به خوبی مشخص می‌کند عصاره‌های گیاهی می‌توانند مناسب‌ترین جایگزین برای مواد شیمیایی باشند. در سال‌های اخیر، استفاده از فناوری نانو، به‌ویژه نانوذرات نقره، به‌عنوان رویکردی نوین در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی و گل‌های شاخه‌بریده مورد توجه قرار گرفته است (Ghidan & Al Antary, 2019). نانوذرات نقره به دلیل اندازه کوچک و نسبت بالای سطح به حجم، از فعالیت ضدمیکروبی بالایی برخوردار بوده و می‌توانند با کاهش انسداد آوندی، بهبود جذب آب و افزایش فعالیت سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی، کیفیت و ماندگاری گل‌های شاخه‌بریده را افزایش دهند (He *et al*., 2018, Nair *et al*., 2010). محققین گزارش کردند که در تکنولوژی نانو، نخستین اثر مربوط به اندازه ذرات و افزایش سطح می‌باشد، طوریکه که افزایش نسبت سطح به حجم میزان واکنش پذیری نانوذرات را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد (Shahraki *et al*., 2021). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که کاربرد نانوذرات نقره موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، حفظ رنگیزه‌های نورساختی و بهبود صفات مورفولوژیک در گل‌های شاخه‌بریده از جمله آلسترومریا می‌شود (Ershad langroudi *et al*., 2019; Khan *et al*., 2023). با توجه به نتایج مطالعات مختلف، اینگونه به نظر می‌رسد که استفاده از الیسیتور زیستی نسبت به الیسیتورهای شیمیایی در جهت افزایش کیفیت محصولات امری ضروری می‌باشد (Hasanvand *et al*., 2023). با توجه به اهمیت اقتصادی آلسترومریا در بازارهای جهانی گل و لزوم استفاده از روش‌های پایدار و سازگار با محیط زیست برای حفظ کیفیت پس از برداشت، به نظر می‌رسد تلفیق نانوذرات نقره با عصاره‌های گیاهی، به‌ویژه عصاره گز رخ، می‌تواند رویکردی مؤثر در این زمینه باشد. بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر نانوذرات نقره ساخته شده از عصاره برگ گز رخ بر پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک و کیفیت پس از برداشت گل شاخه‌بریدنی آلسترومریا و تعیین غلظت بهینه این نانوذرات بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار (هر تکرار شامل سه شاخه گل) در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه هرمزگان در سال ۱۴۰۳ انجام شد. گل‌های بریدنی آلسترومریا رقم Red Sensation از یک گلخانه استاندارد در شهرضا (استان اصفهان) تهیه شدند. تیمارهای این آزمایش شامل: نانوذرات نقره ساخته شده از عصاره گیاه گز رخ در غلظت‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ میلی‌لیتر بر لیتر، محلول ساکاروز سه درصد و شاهد (آب مقطر) بودند.

برای تهیه عصاره برگ گیاه گز رخ، برگ‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند و سپس آسیاب گردیدند. سپس به‌ازای هر ۱۰۰ گرم ماده خشک (برگ) ۹۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده شد و به‌مدت چهار ساعت روی شیکر قرار داده شدند. پس از آن با استفاده از کاغذ صافی، عصاره صاف شد و به‌مقدار مورد نیاز در لوله‌های فالکون ریخته شد و به‌مدت ۱۵ دقیقه با دور ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. در آخر محلول‌های رویی به‌عنوان عصاره غلیظ و نهایی مورد استفاده قرار گرفتند. ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره‌های غلیظ به دست آمده با ۹۰ میلی‌لیتر محلول نیترات نقره یک میلی‌مولار ترکیب

شد و به‌مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار گرفت. تغییر رنگ محلول به قهوه‌ای تیره به‌عنوان شاخص تشکیل نانوذرات در نظر گرفته شد (Pirtarighat *et al*., 2018).

کاربرد تیمارها و شرایط نگهداری: گل‌ها پس از خارج شدن از بسته‌بندی، از نظر سلامت ظاهری بررسی شدند و ساقه‌ها به طول ۳۰ سانتی‌متر برش داده شدند. سپس گل‌ها در محلول‌های تیماری قرار گرفتند و به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲±۹ درجه سلسیوس به‌صورت پالس نگهداری شدند. پس از این مدت، انتهای ساقه‌ها با آب مقطر شسته شده و گل‌ها به گلدان‌هایی حاوی ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر منتقل شدند و در دمای ۲±۲۴ درجه سلسیوس آزمایشگاه قرار گرفتند.

صفات اندازه‌گیری‌شده: صفات مورد بررسی شامل وزن تر گل، قطر گلچه، نشت یونی، میزان جذب آب، مواد جامد محلول، قند احیا، سبزینه کل، آنتوسیانین و فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز بود که در روزهای سوم، ششم و نهم پس از شروع آزمایش اندازه‌گیری شدند.

وزن تر گل توسط ترازوی دیجیتال (مدل GF-300) با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و قطر گل با استفاده از کولیس دیجیتال تعیین گردید. میزان جذب آب بر اساس اختلاف وزن ظرف حاوی محلول در دو روز متوالی و طبق رابطه (۱) محاسبه شد (He *et al*., 2006).

رابطه ۱:

$$WU = (St - 1 - St)$$

WU= میزان جذب آب (وزن تر بر گرم در روز)

St-1= وزن ظرف حاوی محلول در روز قبل (گرم)

St= وزن ظرف حاوی محلول در روز مورد نظر (گرم)

جهت تعیین مقدار مواد جامد محلول(TSS) از رفرکتومتر دیجیتال استفاده شد. جهت تعیین میزان نشت یونی، ۰/۲ گرم از نمونه‌های گلبرگ از هر تیمار با آب مقطر شستشو داده شد. سپس نمونه‌ها در ۱۵میلی‌لیتر آب مقطر در دمای ۴۰ درجه سلسیوس به مدت زمان ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار گرفتند. پس از خنک شدن نمونه‌ها، میزان نشت یونی (EC1) به وسیله دستگاه هدایت سنج خوانده شد. سپس دوباره نمونه‌ها در حمام آب گرم در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس برای مدت زمان ۱۰ دقیقه قرار گرفتند و پس از بیرون آورن از حمام و خنک شدن، دوباره میزان نشت یونی (EC2) خوانده شد و طبق رابطه ۲ محاسبه و واحد آن نیز بر حسب درصد بیان شد (Chakrabarty *et al*., 2009).

رابطه۲:

نشت یونی= (EC1/EC2)×100

سنجش میزان سبزینه کل طبق روش Lichtenthaler (1987) انجام شد. نمونه‌های برگی در سه مرحله و در روزهای سوم، ششم و نهم بعد از شروع آزمایش از گیاهان مورد بررسی تهیه شدند و برای تعیین میزان کلروفیل ۰/۵ گرم بافت برگ توسط نیتروژن مایع در هاون آسیاب شد و در لوله آزمایش ریخته شد. پس از آن پنج میلی‌لیتر متانول خالص (۱۰۰درصد) به نمونهٔ برگی اضافه گردید. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار داده شدند (جهت جلوگیری از تجزیهٔ نوری کلروفیل و حل شدن

رنگیزه های نورساختی در حلال)، در اخر پس از سانتریفیوژ نمونه‌ها، میزان جذب محلول رویی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج-های ۶۵۲ و ۶۵۸ نانومتر خوانده شد. محاسبه سبزینه براساس رابطه ۳ صورت انجام گرفت.

رابطه ۳: $\text{سبزینه کل} = (16/72\ A_{665} - 9.16\ A_{662}) \times (v/w) + (36.92A_{652} - 16.54\ A_{665}) \times (v/w)$

عدد جذب در طول موج ۶۶۵ نانومتر =A665

عدد جذب در طول موج۶۵۲ نانومتر =A652

حجم متانول =V

وزن بافت =W

جهت تعیین میزان آنتوسیانین گلبرگ، ۰/۱ گرم از بافت تر گلبرگ هر نمونه با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (شامل متانول و ۱٪ اسید کلریدریک) ساییده شد و عصاره‌های به‌دست آمده به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۶۰۰۰ دور سانتریفیوژ شدند. محلول‌های رویی عصاره‌های سانتریفیوژ شده به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند. پس از ۲۴ ساعت جذب هر یک از نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۰ نانومترخوانده شد. از ضریب خاموشی 33000 (mM-1CM-1) برای محاسبه غلظت آنتوسیانین استفاده شد (Wagner 1979).

برای اندازه‌گیری قند احیا، ۰/۰۲ گرم از بافت گلبرگ با ۱۰ میلی‌لیتر متانول در هاون ساییده شد، مخلوط حاصل به بشر منتقل شد و روی هیتر قرار داده شد. با رسیدن به نقطه جوش، حرارت قطع شده و محتوای بشر توسط کاغذ صافی صاف شده و عصاره گیاهی به‌دست آمد. سپس دو میلی‌لیتر از هر عصاره به درون لوله‌های آزمایش ریخته شد و به آن‌ها دو میلی‌لیتر محلول سولفات مس اضافه گردید و به‌مدت ۲۰ دقیقه در بنماری با دمای ۱۰۰درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس Cu^{+2} به وسیله آلدئید مونوساکارید احیا شده به Cu_2o تبدیل می‌شود و در پایین لوله آزمایش رنگ قرمز آجری دیده می‌شود. پس از سرد شدن لوله‌ها دو میلی‌لیتر فسفر مولیبدیک اسید به آن‌ها اضافه گردید که بعد از چند دقیقه رنگ آبی ظاهر شد. لوله‌های آزمایش هم زده شدند تا رنگ آبی در کل لوله پخش شود. سپس در طول موج ۶۰۰ نانومتر، شدت جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد و توسط منحنی استاندارد غلظت قندهای احیا کننده بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید (Somogyi *et al.*, 1952).

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز به ترتیب با استفاده از روش Aebi (1984) و Nakano & Asada (1981) اندازه‌گیری شدند. جهت تهیه عصاره آنزیمی، ۰/۵ گرم گلبرگ توسط ۵ میلی‌لیتر بافر استخراج با pH= ۷/۵ (شامل بافر تریس ۵۰ میلی‌مولار ، کلرید منیزیم سه میلی‌مولار و اتیلن دی آمینوترا استیک اسید یک میلی‌مولار) ساییده شد. بافر استخراج برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز شامل ۰/۲ میلی‌مولار آسکوربات نیز بود. نهایتا محلول همگن به‌دست آمده در دمای چهار درجه سلسیوس با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و محلول رویی حاصل به‌عنوان عصاره خام برای اندازه گیری فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و اسکوربات پراکسیداز در طول موج‌های ۲۴۰ و ۲۹۰ نانومتر مورد استفاده قرار گرفت (Kang & Saltveit, 2002).

تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم افزار آماری SAS و مقایسهٔ میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس

نتایج تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیک نشان داد که اثر تیمار و زمان بر وزن تر گل، قطر گلچه، نشت یونی، جذب آب و سبزینه کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در مقابل، اثر متقابل تیمار و زمان بر هیچ‌یک از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مورد بررسی معنی‌دار نشد که بیانگر پاسخ مستقل این صفات به تیمارها و زمان نگهداری است (جدول ۱). همچنین نتایج تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی و آنزیمی نشان داد که اثر تیمار بر فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز، میزان آنتوسیانین و قند احیا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر زمان نیز بر تمامی صفات بیوشیمیایی و آنزیمی به‌جز قند احیا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل تیمار و زمان بر فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز در سطح احتمال یک درصد و بر مواد جامد محلول در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، در حالی که این اثر متقابل بر آنتوسیانین و قند احیا معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار، زمان و اثر متقابل آن‌ها بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گل بریدنی آلسترومریا.

Table 1. Results of analysis of variance of the effect of treatment, time and their interaction on morphological and physiological traits of *Alstroemeria* cut flower.

منبع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی Degrees of Freedom (df)	وزن تر نسبی گل (g) Relative fresh weight of flower (g)	قطر گلچه (mm) Floret diameter (mm)	جذب آب (g) Water uptake (g)	نشت یونی (٪) Ion leakage (%)	سبزینه کل (mg/w) Total chlorophyll (mg/w)	کل مواد جامد محلول (brix) Total soluble solids (TSS)(brix)
تیمار (Treatment)	4	166.9327**	63.0824**	28.7170**	239.8143**	0.0909**	0.1744*
زمان (Time)	2	4277.6827**	647.6995**	3.6803ns	106.0343**	0.0056ns	1.1568**
تیمار × زمان (Treatment × Time)	8	7.6941ns	1.4986ns	0.9399ns	9.9790ns	0.0001ns	0.2939*
خطا (Error)	30	1.0721	2.3254	1.9032	6.4657	0.0014	0.0632
ضریب تغییرات Coefficient of Variation (CV)		1.6900	1.8811	4.5955	2.5602	8.5797	4.4860

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱٪ بوده و ns بیانگر عدم معنی‌داری است.

"*, ** indicate significance at the 5% and 1% probability levels, respectively, and ns indicates non-significance."

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار، زمان و اثر متقابل آن‌ها بر صفات بیوشیمیایی و آنزیمی گل بریدنی آلسترومریا.

Table 2. Results of analysis of variance of the effect of treatment, time and their interaction on biochemical and enzymatic traits of *Alstroemeria* cut flower.

آنزیم پراکسیداز آسکوربات Ascorbate peroxidase (APX)	آنزیم کاتالاز Catalase (CAT)	آنتوسیانین Anthocyanin	قند احیا (mg/w) Reducing sugar (mg/w)	درجه آزادی Degrees of Freedom (df)	منبع تغییرات Source of Variation
0.0674**	0.0086**	0.0291**	0.0353**	4	تیمار (Treatment)
1.0763**	0.0057**	0.0049ns	0.0029ns	2	زمان (Time)
0.0067**	0.0016**	0.0009ns	0.0036ns	8	تیمار × زمان (Treatment × Time)
0.0002	0.0001	0.0005	0.0007	30	خطا (Error)
3.5992	5.8414	18.5076	8.7580		ضریب تغییرات Coefficient of Variation (CV)

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱٪ بوده و ns بیانگر عدم معنی‌داری است.

"*, ** indicate significance at the 5% and 1% probability levels, respectively, and ns indicates non-significance."

وزن تر گل: نتایج نشان داد که تیمارهای مورد بررسی تاثیر معنی‌داری بر وزن تر گل بریدنی آلسترومریا داشتند (جدول ۱). کاربرد تیمار نانو ذرات در غلظت ۱۵ میلی‌لیتر، بیشترین وزن تر گل را نشان داد. کمترین وزن تر گل نیز در غلظت ۲۰ میلی‌لیتر مشاهده شد. وزن تر گل در روز نهم بیشتر از دیگر روزهای آزمایش بود (جدول‌های ۳ و ۴). وزن تر از جمله شاخص‌های نشان دهنده روابط آبی مطلوب در گل‌های بریدنی است (He *et al*., 2024). کاهش جذب آب و وزن تر یکی از اصلی‌ترین علائم پیری و پایان عمر گل‌های بریدنی می‌باشد، بنابراین در طول فرآیند پس از برداشت، حفظ وزن تر به کمک تیمارهای مختلف، بیانگر تاثیر مطلوب تیمارهای اعمال شده است (Soliman and El-Sayed, 2023; Alkac *et al*., 2023) نتایج حاضر نیز نشان داد که کاربرد نانوذرات سبز در غلظت کم و متوسط به همراه سوکروز بیشترین میزان وزن تر را نسبت به شاهد (آب مقطر) ایجاد کرد. در این آزمایش تیمار به کاررفته سبب افزایش جذب آب شد بنابران علت این برتری را می‌توان به بهبود جذب آب و جلوگیری از فعالیت میکروب‌ها مربوط دانست که مانع از انسداد آوندی شده و درنتیجه وزن تر افزایش پیدا کرد. Pirpour و همکاران (2013) بیان کردند اسانس آویشن مخلوط با سوکروز سبب حفظ وزن تر گل بریدنی لیلیوم شد. نتایج پژوهش دیگری نشان داد نانوذرات نقره همراه با اسانس‌های گیاهی سبب بهبود وزن تر گل بریدنی آلسترومریا شدند (Madadzadeh *et al*., 2014). حفظ وزن تر در گل بریدنی داودی با کاربرد اسانس گیاهی گزارش شده است (El-Sayed & El-Ziat, 2021) . در تحقیق دیگر افزودن نانوذرات نقره به محلول گلدانی میخک باعث حفظ تعادل آب و وزن تازه گردید (Lin *et al*., 2019). نتایج Hashemabadi و همکاران نشان داد عصاره و اسانس گیاه درمنه تاثیر مثبت بر حفظ وزن

تر گل بریدنی میخک داشتند (Hashemabadi *et al.*, 2024). نتایج این محققین با نتایج حاضر مبنی بر تاثیر مثبت مواد ضد میکروبی نانو و عصاره گیاهی و سوکروز بر افزایش وزن تر از طریق جذب آب مطابقت دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات موفولوژیک و فیزیولوژیک گل بریدنی آلسترومریا تحت تاثیر تیمار نانومورینگا.

Table 3. Comparison of average morphological and physiological traits of *Alstroemeria* cut flowers affected by silver Nano Moringa treatment.

تیمار Treatment	وزن تر گل Fresh weight of flower (FW, g/flower)	قطر گلچه Floret diameter (mm)	جذب آب Water uptake (mL g^{-1} FW)	نشت یونی Ion leakage (%)	سبزینه کل Total chlorophyll mg/g^{-1} FW	قند احیا Reducing sugar mg/g^{-1} FW	آنتوسیانین Anthocyanin mg/g^{-1} FW
نانومورینگا ۱۰ میلی‌لیتر Nano Moringa 10 ml	73.0500^{b}	61.7544^{b}	24.0000^{a}	112.7433^{b}	0.4374^{a}	0.3443^{a}	0.1526^{a}
نانومورینگا ۱۵ میلی‌لیتر Nano Moringa 15 ml	77.0500^{a}	69.0600^{a}	26.3333^{a}	119.9667^{a}	0.4455^{a}	0.2717^{a}	0.1141^{b}
نانومورینگا ۲۰ میلی‌لیتر Nano Moringa 20 ml	62.0500^{d}	63.1999^{b}	15.6667^{c}	116.7233^{a}	0.4185^{b}	0.2387^{b}	0.1281^{b}
سوکروز Sucrose	70.0500^{c}	53.4744^{c}	22.3333^{b}	105.3733^{b}	0.3906^{b}	0.2773^{a}	0.0934^{b}
آب مقطر (شاهد) Distilled water (control)	68.5000^{e}	60.1744^{b}	21.3333^{b}	105.1800^{b}	0.5037^{a}	0.3304^{a}	0.1087^{b}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند (LSD).

In each column, means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level (LSD).

قطر گلچه: بررسی تغییرات قطر گلچه نشان داد بیشترین قطر گلچه در تیمار نانوذرات سبز در غلظت ۱۵ میلی‌لیتر و کمترین قطر گلچه در تیمار سوکروز مشاهده شد (جدول ۳). افزون بر این بیشترین و کمترین میزان قطر گل به ترتیب در روزهای سوم و نهم مشاهده شد (جدول ۴). نتایج نشان داد با گذشت زمان قطر گل کاهش یافت. قطر گل نقش مهمی در بازارپسندی گل‌های بریدنی دارد (Haq *et al.*, 2024) و علت کاهش قطر گل با گذشت زمان، شروع فرآیند پیری در گل می‌باشد. کاربرد تیمار نانوذره و عصاره گیاهی با کمک به حفظ آماس و تاخیر در فرآیند پیری در بهبود صفت قطر گل نقش بسزایی دارد. در پژوهشی،

نتایج نشان داد که عصاره اسپند با حفظ تورژسانس سلولی، مانع از کاهش قطر ساقه در ناحیه زیر طبق گل بریدنی ژربرا [۱]شد (Koushesh Saba & Nazari, 2017). عصاره گز رخ باعث افزایش قطر گل میخک[۲] بریدنی شد (Salari *et al*., 2024). Behzad و همکاران (2024) گزارش کردند کاربرد نانوذرات نقره منجر به افزایش قطر گل جعفری فرانسوی[۳] شد. تاثیر مثبت نانوذرات بر قطر گل ژربرا را Garcia-Gonzalez و همکاران (2022) گزارش کردند. نتایج ارزیابی دیگری نیز نشان داد نانوذرات باعث افزایش قطر گل رز بریدنی شدند (Soleymani *et al*., 2024) به‌طور کلی نتایج این تحقیقات با مشاهدات حاصل از تیمار مورد استفاده در آزمایش ما مطابقت دارد.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات موفولوژیک و فیزیولوژیک گل بریدنی آلسترومریا در زمان‌های مختلف.

Table 4. Comparison of average morphological and physiological traits of *Alstroemeria* cut flowers at different times.

نشت یونی Ion leakage	قطر گلچه Floret diameter	وزن تر گل Fresh weight of flower	زمان Time
108.0427[b]	68.3267[a]	79.6500[b]	روز سوم Day Three
117.5733[a]	57.5767[b]	79.8500[b]	روز ششم Day Six
109.1467[b]	53.8460[c]	83.2500[a]	روز نهم Day Nine

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند (LSD).

In each column, means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level (LSD).

جذب آب: نتایج مربوط به جذب آب نشان داد که بیشترین جذب آب با کاربرد تیمار نانو ذرات سبز در غلظت ۱۵ میلی‌لیتر به دست آمد که با غلظت ۱۰ میلی‌لیتر از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین جذب آب نیز در غلظت ۲۰ میلی‌لیتر مشاهده شد (جدول ۳). اگرچه کاربرد نانومورینگا موجب بهبود جذب آب در غلظت‌های پایین و متوسط شد، اما کاهش جذب آب در غلظت ۲۰ میلی‌لیتر بر لیتر نسبت به غلظت ۱۵ میلی‌لیتر بر لیتر نشان می‌دهد که پاسخ گل‌های آلسترومریا به نانوذرات وابسته به غلظت است. گزارش شده است که نانوذرات نقره در غلظت‌های بالا می‌توانند با ایجاد تنش اکسیداتیو و اختلال در فرایندهای فیزیولوژیک از جمله انتقال آب، جذب عناصر غذایی و نورساخت، اثرات سمیت گیاهی ایجاد کنند. بنابراین احتمال دارد کاهش جذب آب در غلظت ۲۰ میلی‌لیتر بر لیتر ناشی از بروز چنین اثراتی باشد. Noori و همکاران (2024) نیز بیان کردند که افزایش غلظت نانوذرات نقره می‌تواند موجب اختلال در انتقال آب و کاهش کارایی فیزیولوژیک گیاه شود.

در گل‌های بریدنی معمولا به خاطر افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها در محلول گلجای و انتهای آوندهای ساقه، انسداد آوندی رخ می‌دهد که جذب آب و تعرق گل بریدنی را مختل می‌سازد (Mousavi bazaz&Tehranifar, 2011). استفاده از ترکیبات ضدعفونی‌کننده در محلول‌های نگهدارنده، از فعالیت باکتری‌ها و سایر عوامل میکروبی در انتهای ساقه جلوگیری می‌کند و باعث جذب بهتر آب و کربوهیدرات از محلول گلجای می‌شود (Soliman & El-Sayed, 2023). محققین معتقدند که اسانس‌ها و

۱- *Gerbera jamesonii* ۲- *Dianthus caryophyllus* ۳- *Tagetes patula*

عصاره‌های گیاهی با مرگ باکتری‌ها، مانع نفوذ و رشد آن‌ها در انتهای ساقه شده و سبب می‌شوند تا مسیر انتقال آب در طول ساقه تا مدت زمان بیشتری باز باشد که پیرو آن جذب آب و ترکیبات قندی بدون وقفه صورت می‌گیرد (Soliman & El-Sayed, 2023; El-Sayed & El-Ziat, 2021) مطالعات گذشته نیز به خوبی اثبات کرده است که عصاره برگ گز رخ دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فعالیت ضد میکروبی می‌باشد (Jaiswal *et al*., 2013). Salari و همکاران (2024) گزارش کردند کاربرد عصاره برگ گز رخ سبب کاهش میزان جمعیت میکروبی و افزایش جذب محلول در گل بریدنی میخک شد. نتایج بررسی دیگری نشان داد کاربرد نانوذرات نقره همراه با اسانس اسطوخودوس باعث افزایش جذب مواد محلول در گل بریدنی آلسترومریا شد (Mirsaeidghazi *et al*., 2014). افزون بر این نتایج ما نشان داد در تیماری که وزن تر نسبی بیشتری داشت، میزان جذب آب نیز بیشتر بوده است که نشان می‌دهد کاربرد توأم نقره و عصاره گز رخ خصوصاً در غلظت متوسط مؤثرتر عمل کرده و بیشترین جذب آب را با کاهش انسداد آوندی ایجاد کرده است.

نشت یونی: روند میزان نشت یونی نشان داد که بیشترین نشت یونی مربوط به نانو عصاره گز رخ در غلظت‌های ۱۵ و ۲۰ میلی‌لیتر بود که در یک گروه آماری قرار داشتند. همچنین بیشترین نشت یونی در روز نهم اتفاق افتاد. کمترین نشت یونی در نانو عصاره گز رخ در غلظت ۱۰ میلی‌لیتر مشاهده شد که با تیمار سوکروز و شاهد (آب مقطر) در یک گروه آماری قرار داشت و کمترین نشت یونی نیز در روز ششم آزمایش مشاهده شد (جدول ۳ و ۴). بر اساس این نتایج کمترین غلظت (۱۰ میلی‌لیتر) بهترین اثر را بر کاهش نشت یونی داشت.

افزایش نشت یونی در غلظت‌های بالاتر نانومورینگا نسبت به غلظت ۱۰ میلی‌لیتر بر لیتر می‌تواند نشان‌دهنده کاهش پایداری غشاهای سلولی در اثر افزایش غلظت نانوذرات باشد. در غلظت‌های بالا، تجمع نانوذرات و افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌تواند موجب آسیب به لیپیدهای غشایی و افزایش نفوذپذیری غشا شود که در نهایت به افزایش نشت یونی منجر می‌گردد. در مطالعه Hamed Chaman و همکاران (2013) روی گل شاخه‌بریده میخک نیز مشاهده شد که غلظت پایین نانونقره (پنج میکرولیتر در لیتر) در حفظ کیفیت گل و کاهش آسیب‌های فیزیولوژیک مؤثرتر از غلظت‌های بالاتر بود و بهترین پاسخ در غلظت پایین‌تر حاصل شد.

عصاره گز رخ حاوی ترکیبات فعال زیستی است که ویژگی آنتی‌اکسیدانی دارد و به طور بالقوه می‌تواند تنش اکسیداتیو را در بافت‌های گیاهی کاهش دهد، پژمردگی را به تاخیر بیندازد و به حفظ یکپارچگی ساختار سلولی گل بریدنی کمک کند (Alonso-Salinas *et al*., 2024). Hassan و همکاران (2020) گزارش کردند عصاره گز رخ میزان نشت یونی را در گل‌های بریدنی رز کاهش داد. نتایج Akram و همکاران (2021) نشان داد بیشترین پایداری غشاء در گل بریدنی گلایول با کاربرد عصاره گز رخ به همراه سوکروز مشاهده شد که همسو با نتایج ما می‌باشد. اضافه کردن کردن نانوذرات نقره به محلول گلجای گل مریم، نشت یونی را کاهش داد (Beni *et al*., 2013).

درپژوهشی، Ershad langroudi و همکاران (2019) بیان کردند کاربرد نانوذرات نقره به همراه سوکروز میزان مالون دی آلدئید را در گل بریدنی آلسترومریا کاهش داد. *e* Mahmoodzehii و همکاران (2023) گزارش کردند کاربرد نانو کلسیم به‌طور چشمگیری نشت یونی را در گل‌های داوودی کاهش داد. نتایج Samadzadeh & Kamiab (2017) نیز نشان دادند تیمارهای نانوذرات نقره و کلسیم میزان نشت یونی گل آلسترومریا را کاهش دادند. به طور کلی نتایج ما نشان داد که اعمال تیمار نانوذرات

به همراه عصاره به خصوص در غلظت کم (۱۰ میلی‌لیتر) به خوبی با کنترل جمعیت باکتری‌ها و حفظ روابط آبی گیاه، موجب کاهش تنش و کاهش میزان نشت یونی در گل‌های آلسترومریا در طی نگهداری شد.

سبزینه کل: بررسی تغییرات میزان سبزینه کل نشان داد که بیشترین سبزینه کل در تیمار نانو ذرات نقره ۱۵ میلی‌لیتر مشاهده شد که با غلظت ۱۰ میلی‌لیتر و شاهد (آب مقطر) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار نداشت. بیشترین غلظت عصاره (۲۰ میلی‌لیتر) و سوکروز سبزینه کمتری را نسبت به تیمارهای دیگر نشان دادند (جدول ۳). طبق نتایج، غلظت کم و متوسط نانو ذرات بیشترین تاثیر را بر حفظ سبزینه کل داشتند. متابولیت‌های گیاهی شامل ترکیباتی مانند هورمون‌ها، فنول و فلاونوئید و آنتی‌اکسیدان هستند که در افزایش و حفظ سبزینه نقش دارند. سیتوکینن یکی از هورمون‌های گیاهی می‌باشد که به عنوان یک عامل ضد اتیلن سبب تاخیر در پیری گلبرگ می‌گردد و با کاهش فعالیت آنزیم‌های مسیر شکست سبزینه، از کاهش کروفیل جلوگیری می‌کند (Sakakibara, 2006). از آنجاییکه برگ‌های گیاه گز رخ سرشار از سیتوکینن طبیعی هستند (Arif *et al*., 2024) . بنابراین عصاره گز رخ به طور بالقوه می‌تواند در حفظ سبزینه نقش داشته باشد. ترکیبات ضدمیکروبی یا ضداتیلنی نیز مانع از عملکرد آنزیم سبزینهاز و شکستن و تجزیه سبزینه در برگ‌ها می‌شوند (Ferrante *et al*., 2002) بنابراین به نظر می‌رسد که نانو ذرات نقره ساخته شده از عصاره گز رخ به علت داشتن خاصیت میکروب‌کشی و ضد اتیلنی می‌توانند بر میزان سبزینه تاثیر مثبت بگذارند. نتایج پژوهش Salari و همکاران (2024) نشان داد عصاره گز رخ باعث افزایش سبزینه در گل بریدنی میخک شد. Akhtar و همکاران (2021) بیان کردند عصاره گز رخ میزان کروفیلb,a را در گلایول افزایش داد. Hassan و همکاران (2020) نتایج مشابهی را در گل بریدنی رز گزارش کردند. گزارش شده است کاربرد نانوذرات نقره تاثیر مثبت بر میزان رنگدانه‌های نورساختی گل داودی داشت (mahmoodzehii *et al*., 2023). Ershad langroudi و همکاران (2019) نشان دادند که کاربرد نانوذرات نقره میزان سبزینه را در گل آلسترومریا افزایش داد. همچنین Madadzadeh و همکاران (2014) نیز گزارش کردند کاربرد پایین‌ترین غلظت نانوذرات نقره و اسانس آویشن به همراه سوکروز میزان سبزینه را در آلسترومریا افزایش دادکه همسو با نتایج ما می‌باشد.

قند احیا: اندازه‌گیری قند احیا در این پژوهش به‌عنوان شاخصی از وضعیت متابولیسم کربوهیدرات‌ها و منبع انرژی در گل‌های شاخه‌بریده انجام شد. قندهای احیا نقش مهمی در فرآیندهای تنفسی و حفظ فعالیت‌های سلولی دارند و تغییرات آن‌ها می‌تواند نشان‌دهنده روند پیری و یا تأخیر در آن باشد. در گل‌های شاخه‌بریده گزارش شده است که حفظ سطح بالاتر قندهای محلول با افزایش طول عمر گلجایی مرتبط است و کاهش آن‌ها معمولاً با تسریع روند پیری همراه است (Van Doorn, 2001).

بیشترین میزان قند احیا مربوط به تیمار نانوذرات نقره ۱۰ میلی‌لیتر بود. کمترین قند کل نیز در غلظت ۲۰ میلی‌لیتر مشاهده شد (جدول ۳). استفاده از عصاره گیاهی در این پژوهش سبب بهبود میزان قند گیاه شد. به نظر می‌رسد یکی از دلایل آن خاصیت میکروب کشی عصاره‌های گز رخ و نانوذرات باشد که این خاصیت با جلوگیری از گرفتگی آوندها، جذب سوکروز از طریق محلول را به شکل بهتری انجام می‌دهد. نانوذرات نیز به علت خاصیت ضد اتیلنی که دارند بر میزان تنفس و روند پیری گل تاثیر می‌گذارند و باعث کاهش تنفس و تاخیر در پیری گل می‌شوند و در نتیجه میزان شکستن و مصرف قند کاهش پیدا می‌کند که این خود می‌تواند دلیلی برای حفظ میزان قند گیاه باشد. Khalofah (2021) گزارش کرد نانوذرات نقره باعث افزایش میزان قند

در گیاه کتان شدند. نتایج Mohammadi و همکاران (2024) نشان داد که نانوذرات گیاهی ساخته شده از عصاره‌های گیاهی مانند گز رخ موجب بهبود عملکرد نورساختی و محتوای قندی در گیاهان می‌شوند.

مواد جامد محلول: بر اساس جدول مقایسه میانگین، بیشترین مواد جامد محلول در تیمار نانو ذرات نقره سبز در غلظت ۱۵ میلی‌لیتر و در روز سوم مشاهده شد. کمترین میزان مواد جامد محلول در غلظت ۱۰ میلی‌لیتر در روز نهم مشاهده شد که با غلظت ۱۵ میلی‌لیتر در همین روز اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول۵). با توجه به نتایج بیشترین میزان مواد جامد محلول در روزهای سوم و ششم، با کاربرد نانو ذرات مشاهده شد و در روز نهم تقریبا روند کاهشی داشت. مواد جامد محلول شامل قند، اسیدآلی و اسید آمینه می‌باشد. مطالعات نیز نشان داده است که عصاره گز رخ به عنوان محرک طبیعی گیاهی، ویژگی‌های مختلف بیوشیمیایی از جمله سطوح قند را بهبود می‌بخشد که به رشد بهتر و کیفیت پس از برداشت محصول کمک می‌کند (Arif *et al*., 2023) از طرفی عصاره برگ گز رخ غنی از آنتی‌اکسیدان‌ها و اسیدهای آلی می‌باشد که می‌تواند بر ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه اثر گذار باشد (Yuniati *et al*., 2022; Garcia-Beltran *et al*., 2020). افزایش عنصر پتاسیم سبب افزایش انتقال و میزان کربوهیدرات در گیاه می‌شود (Lester *et al*., 2006). باتوجه به وجود این عنصر در عصاره گیاه گز رخ و نقش نانوذرات در انتقال بهتر و سریع‌تر مواد، می‌توان تاثیر مثبت نانوذرات عصاره گز رخ بر میزان مواد جامد محلول را مربوط به این امر دانست. گزارش شده است میزان مواد جامد محلول در گل بریدنی آلسترومریا با کاربرد نانوذرات نقره افزایش یافت (Samadzadeh & Kamiab, 2017). نتایج بررسی Kumar و همکاران (2020) نشان داد که کاربرد نانوذرات گیاهی همراه با سوکروز باعث افزایش میزان مواد محلول در ژربرا شد که با نتایج ما مطابقت دارد. به طور کلی نتایج نشان داد کاربرد نانوذرات گیاهی با سوکروز به افزایش تجمع قندهای محلول در بافت گل و حفظ کیفیت و افزایش مواد جامد محلول کمک می‌کند.

آنتوسیانین: نتایج میزان آنتوسیانین نشان داد که بیشترین مقدار آن در تیمار نانو ذرات نقره ۱۰ میلی‌لیتر و در تمام روزهای آزمایش ثبت شد. سایر تیمارها مقدار آنتوسیانین کمتری را نشان دادند و با یکدیگر اختلاف آماری نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). آنتوسیانین‌ها رنگدانه‌های فلاونوئیدی هستند که در واکوئل سلول‌های اپیدرمی گلبرگ تجمع پیدا می‌کنند و در طی زمان و پیری اندام‌های گیاهی دچار تغییرات می‌شوند (Kammerer, 2024; Zhao *et al*., 2024). این رنگدانه یکی از شاخص‌های اصلی ماندگاری و بازاریابی گل‌های بریدنی می‌باشد. در این تحقیق میزان آنتوسیانین با کاربرد غلظت کم نانوعصاره گز رخ افزایش یافت که به نظر می‌رسد تاثیر مثبت این تیمار به دلیل وجود ترکیبات فنلی و ترکیبات فعال زیستی است که ویژگی آنتی‌اکسیدانی دارند و مانع از تنش اکسیداتیو و برعکس افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و رنگدانه آنتوسیانین می‌شوند (Javed *et al*., 2023; Alonso-Salinas *et al*., 2024). در تحقیق دیگری افزایش میزان آنتوسیانین در گل بریدنی رز با کاربرد نانوذرات دی اکسید تیتانیوم گزارش شده است (Soleymani *et al*., 2024).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان و نانومورینگا بر برخی صفات در گل بریدنی آلسترومریا.

Table 5. Comparison of the average interaction effect of time and Nano Moringa on some traits in *Alstroemeria* cut flowers.

پراکسیداز آسکوربات APX (mol min⁻¹ mg⁻¹ protein)	کاتالاز CAT (mol min⁻¹ mg⁻¹ protein)	مواد جامد محلول TSS (Brix)	زمان Time	تیمار Treatment
0.7337^{cde}	0.2183^{c}	5.6533^{def}	روز سوم Third day	نانومورینگا ۱۰ میلی‌لیتر Nano Moringa 10 ml
0.7670^{bc}	0.1270^{f}	6.2533^{ab}	روز سوم Third day	نانومورینگا ۱۵ میلی‌لیتر Nano Moringa 15 ml
0.8153^{a}	0.1530^{e}	5.9300^{cde}	روز سوم Third day	نانومورینگا ۲۰ میلی‌لیتر Nano Moringa 20 ml
0.8100^{ab}	0.2583^{bc}	5.3933^{fg}	روز سوم Third day	سوکروز Sucrose
0.7390^{cde}	0.2897^{a}	5.0733^{h}	روز سوم Third day	آب مقطر (شاهد) Distilled water (control)
0.6457^{fg}	0.2637^{b}	6.1933^{abc}	روز ششم Day Six	نانومورینگا ۱۰ میلی‌لیتر Nano Moringa 10 ml
0.4903^{h}	0.2223^{c}	5.7833^{cde}	روز ششم Day Six	نانومورینگا ۱۵ میلی‌لیتر Nano Moringa 15 ml
0.5677^{gh}	0.2563^{bc}	6.1200^{bc}	روز ششم Day Six	نانومورینگا ۲۰ میلی‌لیتر Nano Moringa 20 ml
0.6267^{fg}	0.2660^{b}	5.6800^{def}	روز ششم Day Six	سوکروز Sucrose
0.5240^{h}	0.2587^{b}	5.3567^{g}	روز ششم Day Six	آب مقطر (شاهد) Distilled water (control)
0.3270^{j}	0.1770^{d}	4.8067^{h}	روز نهم Day nine	نانومورینگا ۱۰ میلی‌لیتر Nano Moringa 10 ml
0.4243^{i}	0.1547^{e}	4.9533^{h}	روز نهم Day nine	نانومورینگا ۱۵ میلی‌لیتر Nano Moringa 15 ml
0.3683^{i}	0.1497^{e}	5.2333^{g}	روز نهم Day nine	نانومورینگا ۲۰ میلی‌لیتر Nano Moringa 20 ml
0.4177^{i}	0.1237^{f}	5.2267^{g}	روز نهم Day nine	سوکروز Sucrose
0.3940^{i}	0.1193^{f}	5.6767^{de}	روز نهم Day nine	آب مقطر (شاهد) Distilled water (control)

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند (LSD).

In each column, means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level (LSD).

فعالیت آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز: نتایج جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز مربوط به تیمار نانوعصاره گز رخ در غلظت ۲۰ میلی‌لیتر در لیتر، در روز سوم بود. کمترین میزان فعالیت این آنزیم مربوط به نانوعصاره گز رخ در غلظت ۱۰ میلی‌لیتر در روز نهم بود (جدول۵). نتایج جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار شاهد در روز سوم و کمترین فعالیت آن نیز در شاهد و در روز نهم مشاهده شد که با تیمار کاربرد سوکروز در همین روز اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول۵). نتایج نشان داد با گذشت زمان از

روزهای ابتدایی آزمایش تا روز نهم میزان فعالیت آنزیم‌ها کاهش یافت که این مسئله مربوطه به افزایش استرس اکسیداتیو ناشی از پیری گل‌ها می‌باشد (Hossain *et al*., 2005). اما در روزهای ابتدایی آزمایش کاربرد نانو عصاره گز رخ باعث کاهش تنش اکسیداتیو و افزایش فعالیت این آنزیم‌ها شد. عصاره برگی گز رخ حاوی مقادیر زیادی عناصر غذایی ضروری و غیر ضروری از جمله روی می‌باشد (Garcia-Beltran *et al*., 2020). با توجه به نقش عنصر روی در ساختمان برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و جذب بهتر عناصر در فرم نانو(Nojavan *et al*., 2016) اینگونه به نظر می‌رسد که کاربرد عصاره گز رخ به شکل نانوذرات تاثیر مثبت بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی داشته است. محققین بیان کردند که نانوذرات نقره ساخته شده با عصاره‌های گیاهی دارای اثر مثبت بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاهان هستند Hassan (Aboelfetoh *et al*., 2022).و همکاران (2020) تاثیر عصاره گز رخ بر افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گل بریدنی رز را گزارش کردند. نتایج Soliman و (2023) El-Sayed نشان داد خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های گیاهی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در گل‌ها کنترل می‌کند.

نتیجه گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تیمار نانوذرات نقره ساخته شده از عصاره گیاه گز رخ در بهبود ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل بریدنی آلسترومریا رقم مورد آزمایش، نقش بسزایی داشت. کاربرد نانو عصاره گز رخ در غلظت‌های پایین‌تر خصوصا در غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر بهترین نتایج را از نظر صفات کمی و کیفی در مقایسه با سایر غلظت‌ها نشان داد. نتایج ما نشان داد که گل‌های آلسترومریا تحت تیمار کیفیت بهتری داشتند. بنابراین کاربرد نانو ذرات ساخته شده از عصاره گیاه گز رخ جهت افزایش صفات گل آلسترومریا توصیه می‌گردد.

منابع

Abid, N., Samsampour, D., Babarabie, M. (2026). Silver nanoparticles derived from Calotropis and Plumeria plants as a green approach to extend the vase life of Alstroemeria flowers. *Scientific Reports, 16*, 10222. https://doi.org/10.1038/s41598-026-39654-6

Atefepour, E., Saadatian, M., Hassanpour Asil, M., Rabiei, B. (2021). Effect of silver nanoparticles and 8-hydroxyquinoline citrate on the longer life of cut Gerbera (*Gerbera jamesonii*) ‘Sunway’ flowers. *Scientia Horticulturae, 289*, 110474. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110474

Aboelfetoh, E. F., El-Shenody, R. A., Ghobara, M. M. (2022). Green synthesis of silver nanoparticles using plant extracts: Recent advances and future prospects. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *10*(4), 108074. https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108074

Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, *105*, 121–126.

Akhtar, G., Rajwana, I. A., Sajjad, Y., Shehzad, M. A., Amin, M., Razzaq, K., Ullah, S., Faried, H. N., Farooq, A., Samiullah. (2021). Do natural leaf extracts involve regulation at physiological and biochemical levels to extend vase life of gladiolus cut flowers? *Scientia Horticulturae*, *282*, 110042. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110042

Akram, A., Asghar, M. A., Younis, A., Ayyub, C. M., Ahmad, S., Akbar, A. F., Shafiqe, M., Farooq, A., Khan, N. A., Mushtaq, M. Z. (2021). Effect of plant biostimulants on vase life of *Gladiolus grandiflora* L. cv. “White Prosperity*”. Pakistan Journal of Life and Social Sciences, 19(2)*, 46–56.

Alkac, O. S., Gunes, M., Belguzar, S. (2023). Effects of organic acids, chemical treatments and herbal essential oils on the vase life of cut carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) flowers. *Emirates Journal of Food and Agriculture, 35(4)*, 332–341. https://doi.org/10.9755/ejfa.2023.v35.i4.3002

Alonso-Salinas, R., Lopez-Miranda, S., Perez-Lopez, A. J., Acosta-Motos, J. R. (2024). Strategies to delay ethylene-mediated ripening in climacteric fruits: Implications for shelf life extension and postharvest quality. *Horticulturae*, 10, 840. https://doi.org/10.3390/horticulturae10080840

Arif, A., Jamil, A., Munir, A. (2024). Regulatory, ethical, and social aspects of CRISPR crops. In: K. A. Abd-Elsalam, A. Ahmad, B. Zhang (Eds.), CRISPRized Horticulture Crops. Elsevier.pp. 439–470.

Arif, Y., Bajguz, A., Hayat, S. (2023). *Moringa oleifera* extract as a natural plant biostimulant. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42, *1291–1306*

Babarabie, M., Zarei, H. (2024). Physiological and morphological response of *Polianthes tuberosa* to the treatment of bulbs with plant extracts. *Journal of Plant Physiology and Breeding, 14(2)*, 81–96. https://doi.org/10.22034/JPPB.2024.62644.1341

Babarabie, M., Zarei, H., Varaste, F. (2017). A study on the feasibility of replacing silver nitrate with natural compounds in preservative solution of Gerbera jamesonii cut flowers. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, *7*(1), 75–86.

Behzad, K., Ehtesham Nia, A., Raji, M., Mumivand, H., Alikhani Koupaei, M. (2024). The effect of silver nanoparticles application on the physico-biochemical responses of French marigold (*Tagetes patula L.*) under salinity stress conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *55*(2), 313–330. https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.367845.2132. (in Persian)

Beni, M. A., Hatamzadeh, A., Nikbakht, A., Ghasemnezhad, M., Zarchini, M. (2013). Improving physiological quality of cut tuberose (Polianthes tuberosa cv. Single) flowers by continuous treatment with humic acid and nano-silver particles. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants, 3*(3), 133–141. http://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.14035055.v1

Carillo, P. (2018). GABA shunt in durum wheat. *Frontiers in Plant Science*, *9*, 100. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00100

Chakrabarty, D., Verma, A. K., Datta, S. K. (2009). Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in Hemerocallis (day lily) flowers. *Journal of Horticulture and Forestry*, *1*, 113–119.

Dole, M. J., Wilkins, H. F. (2005). *Floriculture: Principles and Species* (2nd ed.). Pearson Prentice Hall.

Ebrahimzadeh, A., Seyfi, Y. (1999). Storage and handling of cut flowers, ornamental green plants and pot plants. *Akhtar Publications*. (In Persian).

El-Sayed, I. M., El-Ziat, R. A. (2021). Utilization of environmentally friendly essential oils on enhancing the postharvest characteristics of *Chrysanthemum morifolium* Ramat cut flowers. *Heliyon*, *7*(1), e05909. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05909

Ershad Langroudi, M., Hashemabadi, D., Kalatejari, S., Asadpour, L. (2019). Effect of silver nanoparticles, spermine, salicylic acid and essential oils on vase life of Alstroemeria. *Revista de Agricultura Neotropical, 6*(2), 108–115.

Ferrante, A., Hunter, D. A., Hackett, W. P., Reid, M. S. (2002). Thidiazuron—A potent inhibitor of leaf senescence in Alstroemeria. *Postharvest Biology and Technology*, *25*, 333–338.

Garcia-Beltran, J. M., Mansour, A. T., Alsaqufi, A. S., Ali, H. M., Esteban, M. A. (2020). Effects of aqueous and ethanolic leaf extracts from drumstick tree (*Moringa oleifera*) on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) leucocytes, and their cytotoxic, antitumor, bactericidal and antioxidant activities. *Fish and Shellfish Immunology*, *106*, 44–55.

García-González, A., Soriano-Melgar, L. D. A. A., Cid-López, M. L., Cortez-Mazatán, Y., Mendoza-Mendoza, E., Valdez-Aguilar, L. A., Peralta-Rodríguez, R. D. (2022). Effects of calcium oxide nanoparticles on vase life of gerbera cut flowers. *Scientia Horticulturae*, *291*, 110532. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110532

Ghidan, A. Y., Al Antary, T. M. (2019). Applications of nanotechnology in agriculture. In M. Stoytcheva & R. Zlatev (Eds.), Applications of nanobiotechnology. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.88390

Gopalakrishnan, L., Doriya, K., Kumar, D. S. (2016). Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, *5*, 49–56.

Halevy, A., Torr, H. S., Fredman, H. (2000). Calcium in regulation of postharvest life of flowers. *Acta Horticulturae*, *543*, 218–219.

Hamed Chaman, S., Arab, M., Roozban, M. R., Ahmadi, N. (2013). Postharvest longevity and quality of cut carnations 'Pax' and 'Tabor' as affected by silver nanoparticles. *Acta Horticulturae, 1012,* 551–558. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1012.70

Haq, A. U., Farooq, S., Lone, M. L., Parveen, S., Altaf, F., Tahir, I. (2024). Flower senescence coordinated by ethylene: An update and future scope on postharvest biology in the “Buttercup” family. *Journal of Plant Growth Regulation*, *43*, 402–422.

Hasanvand, E., Mostafa, D., Mirzaei Najafgholi, H., Pakbaz, S. (2023). Isolation and identification of plant growth-promoting bacteria from the rhizosphere of wheat and evaluation of their growth-promoting and biocontrol properties. *Genetic Engineering and Biosafety Journal*, *11* (2), *230-242.*

Hashemabadi, D., Khojastehnezhad, F., Kaviani, B., Zaredoost, F. (2024). Effect of sodium hypochlorite, ephedra plant extract and Southern wood plant essential oil on vase life and some physiologic characters of cut carnation flower. *Jispp*, *13*(62), 209–228. https://doi.org/DOI: 10.22034/13.62.209. (in Persian).

Hassan, F. A. S., Ali, E. F. (2014). Protective effects of 1-methylcyclopropene and salicylic acid on senescence regulation of gladiolus cut spikes. *Scientia Horticulturae*, *179*, 146–152.

Hassan, F. A. S., Ali, E., El-Deeb, B. (2014). Improvement of postharvest quality of cut rose cv. ‘First Red’ by biologically synthesized silver nanoparticles. *Scientia Horticulturae, 179*, 340–348.

Hassan, F. A. S., Fetouh, M. I. (2019). Does moringa leaf extract have preservative effect improving the longevity and postharvest quality of gladiolus cut spikes. *Scientia Horticulturae, 250*, 287–293.

Hassan, F. A. S., Mazrou, R., Gaber, A., Hassan, M. M. (2020). Moringa extract preserved the vase life of cut roses through maintaining water relations and enhancing antioxidant machinery. *Postharvest Biology and Technology*, *164*, 111156. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111156

He, J., Ng, K., Qin, L., Shen, Y., Rahardjo, H., Wang, C. L., Kew, H., Chua, Y. C., Poh, C. H., Ghosh, S. (2024). Photosynthetic gas exchange, plant water relations and osmotic adjustment of three tropical perennials during drought stress and re-watering. *PLOS ONE, 19 (2),* e0298908.

He, S., Joyce, D. C., Irving, D. E., 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.

He, Y., Qian, L., Liu, X., Hu, R., Huang, M., Liu, Y., Chen, G., Losic, D., Zhu, H. (2018). Graphene oxide as an antimicrobial agent can extend the vase life of cut flowers. *Nano Research, 11*(11), 6010–6022. https://doi.org/10.1007/s12274-018-2115-8

Jaiswal, D., Rai, P. K., Mehta, S., Chatterji, S., Shukla, S., Rai, D. K., Sharma, G., Sharma, B., Watal, G. (2013). Role of *Moringa oleifera* in regulation of diabetes-induced oxidative stress. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, 6*(6), 426–432.

Kammerer, D. R. (2024). Anthocyanins. *In Handbook on natural pigments in food and beverages (pp. 127–146). Elsevier.*

Kang, H. M., Saltveit, M. E. (2002). Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling leaves and roots is differentially affected by salicylic acid. *Plant Physiology, 115*, 571–576.

Khalofah, A., Kilany, M., Migdadi, H. (2021). Phytostimulatory influence of Comamonas testosteroni and silver nanoparticles on *Linum usitatissimum* L. *under salinity stress. Plants, 10*(4), 790.

Khenizy, S. A., Abd El-Moneim, A. M., Abdel-Fattah, G. H. (2014). Effect of natural extracts on vase life of gypsophila cut flowers. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants, 1*, 1–16.

Khan, I., Awan, S. A., Rizwan, M., Akram, M. A., Zia-ur-Rehman, M., Wang, X., Huang, L. (2023). Physiological and transcriptome analyses demonstrate the silver nanoparticles mediated alleviation of salt stress in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.). *Environmental Pollution, 318*, 120863. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120863

Koushesh Saba, M., Nazari, F. (2017). Vase life of gerbera cut flower cv. Pink Power affected by different treatments of plant essential oils and silver nanoparticles. *Journal of Plant Production Research, 24*(2), 43–59. https://doi.org/10.22069/jopp.2017.11154.2036

Kumar, A., Mishra, A., Srivastava, S. (2023). Silver nanoparticles as a postharvest treatment to extend vase life of cut flowers: Antioxidant modulation and microbial suppression. *Postharvest Biology and Technology, 197*, 112253. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112253

Lester, G. E., Jifon, J. L., Makus, D. J. (2006). Supplemental foliar potassium applications with or without a surfactant can enhance netted muskmelon quality. *HortScience, 41*, 741–744.

Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *In Methods in Enzymology, 148*, 350–382.

Lin, X., Li, H., Lin, S., Xu, M., Liu, J., Li, Y., 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. https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1572461

Madadzadeh, N., Hassanpour Asil, M., Roein, Z. (2014). Effect of essential oils and silver nanoparticles (SNP) on vase life of *Alstroemeria* cut flowers (cv. Sukari*). Iranian Journal of Horticultural Science, 45*(1), 67–78. https://doi.org/10.22059/ijhs.2014.50946. (in Persian).

Mahmoodzehii, R., Etemadipoor, R., Ghorbani, N. (2023). Effects of postharvest nano calcium and benzyl adenine application on physicochemical properties of chrysanthemum cut flowers. *Irainian Journal of Horticultural Science and Technology, 24*(1), 27–42. http://journal-irshs.ir/article-1-558-en.html. (in Persian)

Mirsaeidghazi, M., Naderi, R., Kalatejari, S. (2014). Investigating the effect of nanoparticles of TiO_2, nano-silver, and some essences on increasing vase life and the quality of cut flowers of *Alstroemeria* cv. *Konst*. https://www.magiran.com/paper/1271593. (in Persian).

Mohammadi, A., Rezaei, M., Ghasemi, M. (2024). Green synthesized nanoparticles from Moringa oleifera enhance photosynthetic attributes and carbohydrate contents. *Journal of Cleaner Production*, 430, 138992. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.138992

Mohammadi Kabari, S. F., Jadid Soleimandarabi, M. (2019). Improving Alstroemeria vase life by plant extracts and 8-hydroxyquinoline sulfate. *Propagation of Ornamental Plants, 9*, 1–11.

Mousavi Bazaz, A., Tehranifar, A. (2011). Effect of ethanol, methanol & essential oils as novel agents to improve vase-life of *Alstroemeria* flowers. *Biology Environmental Science, 5(14)*, 41–46.

Naing, A. H., Kim, C. K. (2020). Application of nano-silver particles to control the postharvest biology of cut flowers: A review. *Scientia Horticulturae, 270*, 109463. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109463

Nair, R., Varghese, S. H., Nair, B. G., Maekawa, T., Yoshida, Y., Kumar, D. S. (2010). Nanoparticulate material delivery to plants. *Plant Science, 179*, 154–163.

Nakano, Y., Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and Cell Physiology, 22*, 867–880.

Naseri, M. T., Ebrahimi Geravi, M. (1997). The physiology of flower bulbs. *Jahad Daneshghahi of Mashhad Press.* (In Persian).

Nojavan, S., Naseri, L., Hassanpour, H. (2016). Effect of potassium sulfate and zinc sulfate foliar spray on some physical and chemical traits of grape (*Vitis vinifera* cv. Bidaneh Ghermez*). PPT, 8*(2), 195–213. https://doi.org/10.22084/ppt.2016.1865. (in Persian).

Noori, A., Hasanuzzaman, M., Roychowdhury, R., Sarraf, M., Afzal, S., Das, S., & Rastogi, A. (2024). Silver nanoparticles in plant health: Physiological response to phytotoxicity and oxidative stress. *Plant Physiology and Biochemistry, 209*, 108538. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108538

Pirpour S., Behroznam B., Zakerin A., Aboutalebi A. (2013). Study on the lifespan and quality of cut *Lilium santander* the use of thyme and peppermint essential oil. *Annals of Biological Research. 6,* 124-128.

Pirtarighat, S., Ghannadnia, M., Baghshahi, S. (2018). Green synthesis of silver nanoparticles using the plant extract of Salvia spinosa grown in vitro and their antibacterial activity assessment. *Journal of Nanostructure in Chemistry, 9*(1). https://doi.org/10.1007/s40097-018-0291-4

Sakakibara, H. (2006). Cytokinins: Activity, biosynthesis, and translocation. *Annual Review of Plant Biology, 57,* 431–449.

Salari, M., Soleimanizadeh, M., Etemadipoor, R. (2024). Evaluating the effect of plant extracts (*Moringa oleifera L., Foeniculum vulgare, and Trachyspermum ammi* L.) and 8-hydroxyquinoline citrate on improving the characteristics of Dianthus caryophyllus L. cut flowers after harvesting. *Irainian Journal of Horticultural Science and Technology, 25*(4), 537–556. http://journal-irshs.ir/article-1-707-en.html. (in Persian)

Samadzadeh, H., 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*(3), 75–89. https://doi.org/10.29252/ejgcst.8.3.75. (in Persian)

Shahraki, H., Mahdi Nezhad, N., Fakheri, B., Haddadi, F. (2021). The effect of synthesis nanosilver by plant extract on morphological and antioxidant properties of artichoke (*Cynara scolymus L.*) under salinity stress. *Plant Productions, 44*(1), 103–114. (In Persian)

Singh, K., Sharma, R., Sahare, H. (2022). Implications of synthetic chemicals and natural plant extracts in improving vase life of flowers. *Scientia Horticulturae, 302*, 111133.

Soliman, D. M., El-Sayed, I. M. (2023). Study postharvest characteristics, chemical composition and antimicrobial activity of Dianthus caryophyllus L. cut flowers using some essential oils. *Ornamental Horticulture, 29,* 37–47.

Soleymani, H., Arghavani, M., Aelaei, M. (2024). Effect of titanium dioxide nanoparticles on morphophysiological characteristics of cut rose flowers. *Iranian Journal of Horticultural Science, 55*(4), 597–612. https://doi.org/10.22059/ijhs.2022.342518.2025. (in Persian)

Somogyi, M. (1952). Notes on sugar determination. *Journal of Biological Chemistry, 195,* 19–23.

Tesfay, S. Z., Magwaza, L. S. (2017). Evaluating the efficacy of moringa leaf extract, chitosan and carboxymethyl cellulose as edible coatings for enhancing quality and extending postharvest life of avocado (Persea americana Mill.) fruit. *Food Packaging and Shelf Life, 11*, 40–48.

Van Doorn, W. G. (2001). Role of soluble carbohydrates in flower senescence: a survey. Proceedings of the 7th International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamental Plants, ISHS *Acta Horticulturae*, *543*, 21–33. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.543.21

Van Doorn, W. G., Vaslier, N. (2002). Wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers: Roles of peroxidase and catechol oxidase. *Postharvest Biology and Technology*, *26*(3), 275–284.

Wagner, G. J. (1979). Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. *Journal of Plant Physiology, 64,* 88–93.

Yasmeen, A., Basra, S. M. A., Farooq, M., Rehman, H., Hussain, N., Athar, H. R. (2013). Exogenous application of moringa leaf extract modulates the antioxidant enzyme system to improve wheat performance under saline conditions. *Plant Growth Regulation, 69,* 225–233.

Yuniati, N., Kusumiyati, K., Mubarok, S., Nurhadi, B. (2022). The role of moringa leaf extract as a plant biostimulant in improving the quality of agricultural products. *Plants, 11,* 2186.

Zhao, L.-Q., Liu, Y., Huang, Q., Gao, S., Huang, M.-J., Huang, H.-Q. (2024). Effects of cell morphology, physiology, biochemistry and CHS genes on four flower colors of Impatiens uliginosa. *Frontiers in Plant Science, 15,* 1343830.

Flower and Ornamental Plants (2026), 11(1): 107-124
Research article

Improving the postharvest quality of Alstroemeria (*Alstroemeria* × *hybrida* 'Red Sensation') using silver nanoparticles synthesized from Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) plant extract

Naimeh Abid[1], Davood Samsampour[1]*, Mehrdad Babarabie[2]

1. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas
2. Department of Agricultural Science and Engineering, Minab Higher Education Center, University of Hormozgan, Bandar Abbas

✉ samsampoor@hormozgan.ac.ir

Received: 2025/12/25, Revised: 2026/08/30, Accepted: 2026/09/08

Abstract

Alstroemeria (*Alstroemeria* × *hybrida*) is regarded as one of the world's top ten commercially important and popular cut flowers and has been among the most successful cut flower crops over the past decade. One major challenge for this species is the decline in quality from harvest to marketing and export. In the present study, we evaluated the effects of silver nanoparticles synthesized from Moringa leaf extract at concentrations of 10, 15, and 20 mlL^{-1}, combined with 3% sucrose, and a control treatment (distilled water), on the postharvest traits of cut *Alstroemeria* cv. Red Sensation. The experiment used a factorial arrangement in a completely randomized design with three replications in 2024. The evaluated traits included fresh flower weight, floret diameter, electrolyte leakage, water uptake, total soluble solids, total sugar content, total chlorophyll, anthocyanin content, and the activity of the enzymes ascorbate peroxidase and catalase. The results showed that treatment and time significantly affected fresh flower weight, floret diameter, electrolyte leakage, water uptake, and total chlorophyll at the 1% probability level. The 15 mlL^{-1} concentration performed best for key postharvest traits, with the highest fresh flower weight, floret diameter, and water uptake. Moreover, the 15 mlL^{-1} treatment also showed the highest total chlorophyll content. In contrast, the lowest electrolyte leakage occurred at 10 mlL^{-1}, and the highest anthocyanin content was also recorded at this concentration. For time-dependent traits, fresh flower weight peaked on day 9 at 25.83 g, while floret diameter peaked on day 3 at 33.68 mm. In addition, total soluble solids peaked on day 3 under the 15 mlL^{-1} treatment (253.6 °Brix), and ascorbate peroxidase activity peaked on day 3 under the 20 mlL^{-1} treatment (0.815 µmol). Overall, applying silver nanoparticles synthesized from Moringa leaf extract effectively improves the postharvest quality of cut *Alstroemeria* flowers.

Keywords: Flower longevity, Microbial control, Physiological quality, Vase life.