مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد برگی سدیم نیتروپروساید بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک آلسترومریا (*Alstroemeria aurea*) رقم Orange Queen در شرایط کشت هیدروپونیک

سهیلا صادقی و زهره جبارزاده*

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۹/۱۸، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۰/۱۱/۱۱)

چکیده

به‌منظور ارزیابی کاربرد برگی سدیم نیتروپروساید بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی آلسترومریا رقم Orange Queen، پژوهشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط کشت هیدروپونیک در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه انجام گرفت. سدیم نیتروپروساید در غلظت‌های صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار به‌صورت محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفت. شاخص‌هایی از قبیل وزن تر و خشک گلچه و ساقه گلدهنده، قطر غنچه و ساقه گلدهنده، طول غنچه و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کل)، شاخص کلروفیل، میزان کاروتنوئید، قند محلول در گلبرگ و آنتوسیانین برگ و گلبرگ اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که کاربرد سدیم نیتروپروساید در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار، منجر به افزایش شاخص‌های مورفولوژیک از جمله وزن تر و خشک گلچه (افزایش ۷۵ درصدی در مقایسه با شاهد) و ساقه گلدهنده، قطر و طول غنچه و افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل a، b و کل (افزایش ۳۳ درصدی) نسبت به شاهد شد. همچنین سدیم نیتروپروساید میزان قند محلول در گلبرگ (افزایش ۳۸ درصدی در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها) و همچنین میزان آنتوسیانین برگ و گلبرگ را نسبت به شاهد افزایش داد. در این پژوهش، از بین غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید، غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار مؤثرتر عمل کردند. به‌طورکلی نتایج حاصل نشان داد که کاربرد سدیم نیتروپروساید می‌تواند به‌دلیل نقش مهمی که در تقسیم سلولی، توسعه و رشد و نمو دارد در بهبود برخی خصوصیات بیوشیمیایی در آلسترومریا تأثیر چشمگیری داشته باشد.

کلمات کلیدی: آلسترومریا، آنتوسیانین، فتوسنتز، کشت بدون خاک، نیتریک اکسید

مقدمه

آلسترومریا با نام انگلیسی Peruvian Lily و نام علمی *Alstromeria hybrida* L. از جمله گل‌های گلدانی و شاخه بریده بومی آمریکای جنوبی و متعلق به خانواده Alstromeriaceae و زیرشاخه تک لپه‌ای‌ها است (Ferrante *et al.*, 2002). این گیاه در مناطق گرمسیری به‌عنوان گیاه علفی دائمی کشت می‌شود (قاسمی قهساره و کافی، ۱۳۹۷). برگ‌ها در گل آلسترومریا به‌صورت کامل و به رنگ سبز خاکستری تا سبز تیره به‌صورت پهن و روی ساقه با دمبرگ کوتاه هستند که اغلب ضخیم بوده و همچنین در دو طرف برگ بدون کرک هستند. آرایش برگ‌ها به‌صورت متناوب و گل‌ها به‌صورت فراهم هستند (ناصری و ابراهیمی گروی، ۱۳۸۹). گل آذین

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]

آلسترومریا از نوع گرزن مارپیچی است که هر گرزن به‌صورت سیمپودیال توسعه‌یافته و بیش از چهار گل دارد که یکی بعد ازدیگری باز می‌شود. آلسترومریا یکی از گل‌های شاخه بریده مهم در ایران بوده که به‌دلیل عملکرد زیاد، عمر گلجای طولانی، گل‌های زیبا و تنوع رنگ بسیار زیاد مورد توجه قرار گرفته است (مکوندی و همکاران، ۱۳۹۰).

نیتریک اکسید به‌عنوان یک مولکول زیستی فعال در بسیاری از فرآیندهای رشد و نموی گیاه دخیل است از جمله آن‌ها می‌توان به جوانه‌زنی، گلدهی، رسیدن میوه‌ها و پیری اندام‌ها اشاره کرد (Crawford and Guo, 2005). در گزارشی بیان شد که نیتریک اکسید در برخی فرآیندهای فیزیولوژیک مانند تعدیل اتیلن داخلی، اتلاف آب، ایمنی گیاه، بیوسنتز آنتوسیانین، تولید کلروفیل، رشد ریشه و تشکیل گل و میوه دخیل است (Bowyer *et al*., 2003). علاوه بر این، نیتریک اکسید باعث افزایش سرعت فتوسنتز از طریق افزایش تولید کلروفیل، افزایش عملکرد میتوکندری و کلروپلاست، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز، حفظ محتوای نسبی آب و کاهش اتلاف آب برگ از طریق بستن روزنه‌ها می‌شود (Tian and Lei, 2007). روش‌های کاربرد نیتریک اکسید در گیاهان مختلف به‌صورت روش تدخینی (Fumigation) و ترکیبات رهاکننده نیتریک اکسید است. روش تدخینی به‌صورت تیمار کوتاه مدت و در غلظت‌های کم مؤثر است (Bowyer *et al*., 2003). اما کاربرد این روش دارای هزینه بسیار زیادی می‌باشد بنابراین استفاده از ترکیبات رهاکننده نیتریک اکسید به‌علت سهولت کاربرد مورد توجه قرار گرفته است. ترکیبات رهاکننده نیتریک اکسید به صورت جامد هستند که به‌صورت شیمیایی نیتریک اکسید را ذخیره و در شرایط فیزیکی مناسب آن را رها می‌کنند (Wills *et al*., 2004). از جمله ترکیبات رایج آزادکننده نیتریک اکسید می‌توان به سدیم نیتروپروساید اشاره کرد (Ghadi, 2014).

در رابطه با تأثیر سدیم نیتروپروساید به‌عنوان آزادکننده نیتریک اکسید بر گیاهان مختلف پژوهش‌های بسیاری انجام شده که به اختصار به چند پژوهش اشاره می‌شود. در پژوهشی که توسط غایی (۱۳۹۶) در گل ژربرا (*Gerbera jamesonii*) به‌صورت کاربرد قبل از برداشت انجام شد، نتایج نشان داد که دو بار محلول‌پاشی با سدیم نیترو پروساید با فاصله یک ماه از هم موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل کل و محتوای آنتوسیانین گلبرگ می‌شود. علاوه بر این شاخص قطر ساقه با کاهش فعالیت ACC اکسیداز در غلظت ۲۰۰ میکرومولار سدیم نیترو پروساید افزایش یافت. در آزمایش دیگری که توسط عبدی (۱۳۹۸) روی گل رز رقم "آوالانچ" در شرایط هیدروپونیک به‌صورت کاربرد قبل از برداشت انجام شد، نتایج نشان داد که بیشترین سطح و تعداد برگ، شاخص کلروفیل، وزن تر و خشک برگ و به‌طورکلی بهترین وضعیت ویژگی‌های رشدی رز در تیمار ۲۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید حاصل شد. در پژوهشی دیگر تأثیر محلوپاشی سدیم نیتروپروساید (غلظت‌های صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و اسید سالیسیلیک بر کاهش اثرات مضر تنش قلیایی در گیاه رز مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که با کاربرد این تیمارها، اثرات منفی قلیائیت خاک بر گیاه کاهش می‌یابد و شاخص‌های رشدی گیاه از جمله تعداد و ضخامت برگ، وزن تر و خشک برگ و ساقه و ریشه، همچنین شاخص‌های گلدهی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، قندهای محلول و میزان پروتئین کل افزایش می‌یابند و غلظت دو میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید مؤثرتر از بقیه غلظت‌ها عمل کرد (Moazam Babasheikhali *et al*., 2021). از آنجایی‌که نیتریک اکسید در فرآیندهای رشد و نموی گیاهان، اثرات مثبتی مانند افزایش فتوسنتز، افزایش جذب آب، افزایش کیفیت و عملکرد گیاه دارد و لذا با توجه به اثر مثبت نیتریک اکسید در بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان، در این پژوهش، به بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف نیتریک اکسید به‌صورت محلول‌پاشی برگی بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک آلسترومریا رقم Orange Queen پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]

جدول ۱- برنامه غذایی مورد استفاده برای آلسترومریا برای ۱۰۰ لیتر آب

سولفات منیزیم	نیترات پتاسیم	نیترات آمونیم	مولیبدات سدیم	بوراکس	مونوآمونیم فسفات	سولفات منگنز	سولفات روی	سولفات پتاسیم	کلات آهن ۶ درصد	نیترات کلسیم- نیترات آمونیم
۱۰ گرم	۳۲ گرم	۴ گرم	۰/۰۳۵ گرم	۰/۰۳ گرم	۵ گرم	۰/۲ گرم	۰/۱۵ گرم	۸ گرم	۵ گرم	۱۰ گرم

به‌منظور انجام این پژوهش، گیاهان آلسترومریا تکثیریافته از ریزوم رقم Orange Queen (شرکت Royal Van Zan Ten) کشور هلند از یک گلخانه تجاری در ورامین خریداری و استفاده گردید. رقم Orange Queen یکی از ارقام گل بریدنی آلسترومریا است که رنگ گل‌های آن نارنجی بوده و لکه‌های تیره رنگی روی گلبرک دیده می‌شود. طول ساقه گلدهنده آن در شرایط ایده‌آل به ۶۰ تا ۷۰ سانتی‌متر می‌رسد و طول عمر گل روی بوته زیاد است. این رقم در صورت مهیابودن شرایط تغذیه‌ای می‌تواند تا ۲۵ درصد بیشتر از حد نرمال رشد داشته باشد (Faust and Dole, 2021).

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار و هر تکرار شامل دو گلدان و در هر گلدان یک گیاه انجام شد. به‌منظور کشت گیاه از محیط‌کشت غیرخاکی مخلوطی از پرلایت و کوکوپیت به نسبت یک به سه استفاده شد. گیاهان در گلدان‌هایی با سایز ۲۰ که ارتفاع گلدان‌ها ۱۹ سانتی‌متر و قطر آن‌ها ۲۴ سانتی‌متر (حجم ۷ لیتر) بود، کشت شدند. لازم به ذکر است که طی مراحل مختلف رشد، دمای گلخانه در روز ۲۱-۱۸ و دمای شب نیز ۱۲-۱۰ درجه سانتی‌گراد، طول روز ۱۰-۱۲ ساعت روشنایی، شدت نور ۵۰۰-۴۰۰ $\mu m/m^2/s$ و رطوبت ۷۰-۶۰ درصد بود. گلدان‌ها توسط محلول غذایی تغذیه می‌شدند و نحوه تغذیه بدین صورت بود که یک روز در میان محلول غذایی (ارائه‌شده در جدول ۱) به گیاهان به میزان ۲۰۰-۱۵۰ میلی‌لیتر داده می‌شد و پس از دو بار تغذیه، آبشویی انجام می‌گرفت. پس از استقرار کامل گیاهان (حدوداً دو ماه پس از کاشت گیاهان، زمانی که گیاه از نظر رشد ساقه ارتفاعی در حدود ۵۰ سانتی‌متر و قطر ساقه در حدود ۵ میلی‌متر بودند) تیمار سدیم نیتروپروساید (شرکت Fluka ساخت کشور سوئیس) در چهار غلظت صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار به‌صورت محلول‌پاشی برگی هر دو هفته یکبار (Azizi *et al*., 2021) و به‌مدت چهار ماه بر گیاهان اعمال شد و دو هفته بعد از آخرین تیماردهی، نمونه برداری از گیاهان جهت آنالیزهای بیوشیمیایی انجام گرفت.

اندازه‌گیری شاخص‌های موفولوژیک گیاه: دو هفته پس از پایان محلول‌پاشی گیاهان، اندازه‌گیری شاخص‌های مورفولوژیک شروع شد. برخی صفات مورفولوژیک در گلخانه و برخی پس از نمونه‌گیری تصادفی از گیاهان در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری طول و قطر ساقه گلدهنده، طول و قطر غنچه: در این پژوهش طول ساقه با استفاده از خط‌کش (با دقت ۱ میلی‌متر) از محل طوقه تا انتهایی‌ترین قسمت گیاه به‌عنوان شاخص طول ساقه گلدهنده اندازه‌گیری شد و به سانتی‌متر بیان گردید. قطر ساقه از سه قسمت پایین، وسط و بالای گیاه با کولیس دیجیتال (مدل NO:Z, 22855) اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه شد و داده‌ها برحسب میلی‌متر (با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر) بیان گردیدند. همچنین قطر اولین غنچه ظاهر-شده در قسمت پایین و وسط غنچه با کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه شدند، داده‌ها برحسب میلی‌متر (با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر) بیان شد. طول غنچه گل از محل رویش گلبرگ روی نهنج تا نوک غنچه توسط کولیس دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر) اندازه‌گیری شد و داده‌ها بر-حسب میلی‌متر بیان گردیدند.

اندازه‌گیری وزن تر و خشک گلچه و ساقه گلدهنده: برای مقایسه وزن تر گیاهان تیمارشده با گیاهان شاهد، نمونه-های برداشت‌شده به‌صورت تصادفی از گل و ساقه گلدهنده (از هر گلدان دو ساقه و از هر ساقه به طور تصادفی سه گل)، بلافاصله توسط ترازوی دیجیتال (METTLER, PJ300) و با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. برای تعیین وزن خشک گل و ساقه گیاهان هر گلدان، ابتدا نمونه‌ها در پاکت کاغذی قرار داده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]

شده و سپس در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و پس از خارج‌نمودن نمونه‌ها از آون، مجدداً به کمک ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شدند.

شاخص کلروفیل: شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه SPAD مدل CCM-200 اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، b و کل و کاروتنوئید: جهت اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل a، b و کل و کاروتنوئید از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) استفاده شد. برای این منظور ابتدا ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ در ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد کاملاً ساییده شد تا توده یکنواختی ایجاد شود، مخلوط حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰ دور در دستگاه سانتریفیوژ (Brushless D.C.) قرار گرفت. در-نهایت میزان جذب برای کلروفیل a، b و کاروتنوئید توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (HALO DB-20) به‌ترتیب در طول

موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. درنهایت، میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل و کاروتنوئید برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه براساس رابطه ۱ تا ۴ به‌دست آمد.

V: حجم نمونه، W: وزن تر نمونه برگی

رابطه ۱:

$$Chla = \frac{((19.3 \times A663) - (0.86 \times A645)) \times V}{100W}$$

رابطه ۲:

$$Chlb = \frac{(19.3 \times A645) - (3.60 \times A663) \times V}{100W}$$

رابطه ۳:

$$Chl\ total = Chla + Chlb$$

رابطه ۴:

$$Car = \frac{100\,(A470) - 3.27(mg\ chl\ a) - 104(mg\ chl\ b)}{227}$$

اندازه‌گیری قند محلول گلبرگ: ابتدا ۰/۵ گرم از بافت تازه گلبرگ با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد کاملاً ساییده شد، سپس محلول رویی جدا و به لوله‌های آزمایش به حجم ۲۵ میلی‌لیتر انتقال داده شدند. در مرحله بعد ۵ درصد اتانول ۷۰ درصد به بخش جامد باقیمانده اضافه شد، دوباره محلول رویی به لوله‌های آزمایش به حجم ۲۵ میلی‌لیتر انتقال داده شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره توسط میکروپیپت به داخل لوله آزمایش ریخته و میزان ۳ میلی‌لیتر آنترون به آن اضافه شد (طرز تهیه آنترون: ۱۵۰ میلی‌گرم آنترون در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد ریخته و به‌مدت ۸ ساعت روی هم‌زن مغناطیسی قرار داده شد تا کاملاً حل شود). لوله‌های آزمایش تا زمان تشکیل ماده رنگی به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب‌جوش قرارگرفتند. درنهایت بعد از سردشدن، میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد (Irigoyen *et al.*, 1992).

اندازه‌گیری آنتوسیانین کل برگ و گلبرگ: جهت اندازه‌گیری آنتوسیانین از روش Wagner (۱۹۷۹) استفاده شد. برای این منظور ابتدا ۰/۱ گرم از بافت تر برگ و یا گلبرگ، به کمک ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی کاملاً ساییده شد، سپس عصاره‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و تاریکی قرار داده شدند. در مرحله بعد سانتریفیوژکردن عصاره به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور انجام شد و درنهایت خواندن جذب محلول رویی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل HALO DB-20 در طول‌موج ۵۵۰ نانومتر انجام شد. برای محاسبه غلظت آنتوسیانین از ضریب خاموشی معادل (ε=33000 $mol^{-1}\ cm^{-2}$) استفاده گردید. A جذب نمونه، b عرض سل و c غلظت محلول مورد نظر است، درنهایت غلظت آنتوسیانین طبق رابطه ($A= \varepsilon bc$) برحسب میکرومول بر گرم وزن تازه حساب گردید.

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار و هر تکرار شامل دو گلدان و در هر گلدان یک گیاه انجام شد. واکاوی آماری داده‌ها با کمک نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و با آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد و رسم شکل‌ها با کمک نرم‌افزار (۲۰۱۶) Excel انجام شد.

نتایج و بحث

طول ساقه گلدهنده: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سدیم نیتروپروساید بر طول ساقه گلدهنده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که فقط کاربرد غلظت ۱۰۰ میکرومولار سدیم

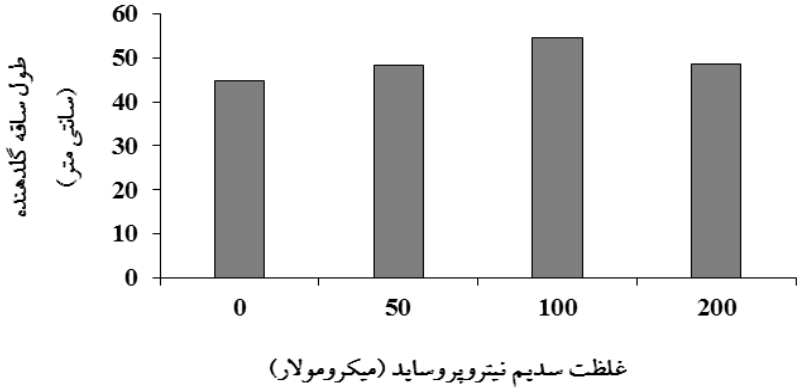
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مورفولوژیکی گل آلسترومریا در اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		طول ساقه گلدهنده	قطر ساقه گلدهنده	وزن تر ساقه گلدهنده	وزن خشک ساقه گلدهنده	طول غنچه	قطر غنچه	وزن تر گلچه	وزن خشک گلچه
سدیم نیتروپروساید	۳	۴۸/۱۳**	۰/۴۵۷*	۱۷/۰۹۱**	۰/۲۸۵**	۰/۶۵۱ *	۰/۶۱۵**	۰/۰۴۸۲**	۰/۰۰۰۳۲۲*
اشتباه آزمایشی	۸	۲/۵۶	۰/۰۶۷	۱/۲۰۰	۰/۰۱۲۵	۰/۰۷۳۱	۰/۰۶۳۵	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۰۰۴۸
ضریب تغییرات		۳/۲۶	۵/۲۹	۱۰/۷۵	۱۰/۰۸	۶/۹۲	۲/۲۹	۶/۰۸	۷/۳۱

ns * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد هستند.



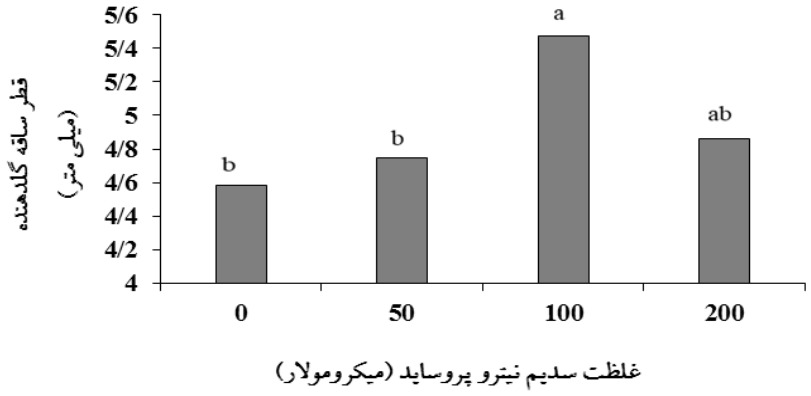
شکل ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر طول ساقه گلدهنده در گل آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.

نیتروپروساید باعث افزایش چشمگیری در طول ساقه گلدهنده شد و بین سایر غلظت‌های سدیم نیتروپروساید و شاهد اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده نشد. با توجه به شکل ۱، غلظت ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید مؤثرتر از سایر غلظت‌های سدیم نیتروپروساید در افزایش طول ساقه گلدهنده عمل کرد و طول ساقه گلدهنده در این غلظت، ۵۴/۵ سانتی‌متر بود.

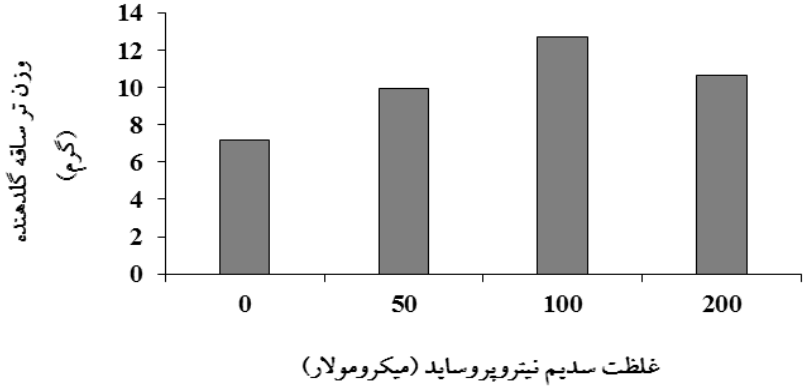
قطر ساقه گلدهنده: براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مشخص شد که تؤثیر کاربرد سدیم نیتروپروساید بر قطر ساقه گلدهنده در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که فقط تیمار ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید توانست قطر ساقه گلدهنده را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دهد که این میزان ۵/۴۷ میلی‌متر بود. کمترین قطر ساقه گلدهنده نیز با میزان ۴/۵۸ میلی‌متر در تیمار شاهد مشاهده شد هر چند که با غلظت‌های ۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲). با توجه به شکل ۲ مشاهده شد که غلظت ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید تأثیر بیشتری در افزایش قطر ساقه گلدهنده داشت.

وزن تر و خشک ساقه گلدهنده: براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مشخص شد که تأثیر کاربرد سدیم نیتروپروساید بر وزن تر و خشک ساقه گلدهنده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تمامی غلظت‌های سدیم نیتروپروساید در افزایش وزن تر ساقه گلدهنده مؤثر بودند که البته فقط تیمار ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید توانست وزن تر ساقه گلدهنده را نسبت به شاهد به‌طور مؤثرتری افزایش دهد و این میزان در مقایسه با شاهد افزایش ۷۵ درصدی نشان داد (شکل ۳). همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد تمامی غلظت‌های سدیم نیتروپروساید باعث افزایش معنی‌دار وزن

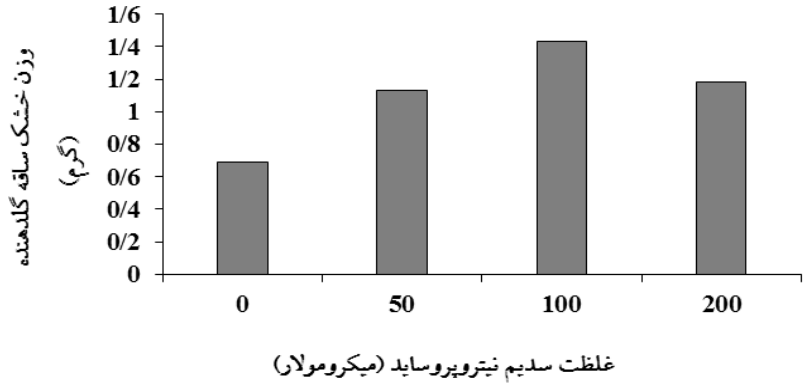
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]



شکل ۲- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر قطر ساقه گلدهنده آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.



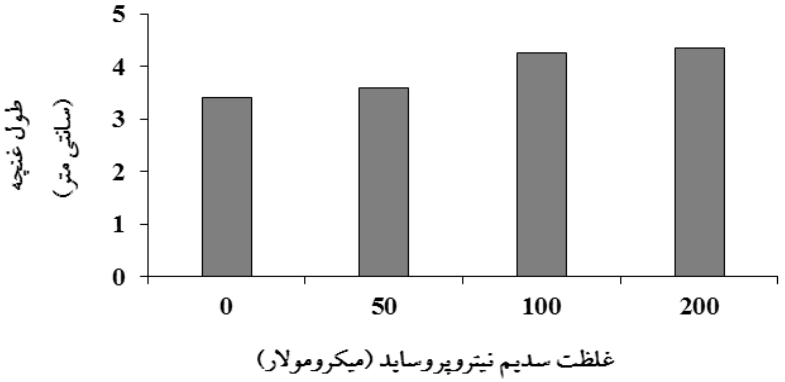
شکل ۳- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر وزن تر ساقه گلدهنده در گل آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.



شکل ۴- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر وزن خشک ساقه گلدهنده در گل آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]



شکل ۵- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر طول غنچه در گل آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.

خشک ساقه گلدهنده نسبت به شاهد شد. با توجه به شکل، مشاهده می‌شود که کاربرد سدیم نیتروپروساید در غلظت ۱۰۰ میکرومولار میزان وزن خشک ساقه گلدهنده را بیش از ۱۰۰ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد (شکل ۴).

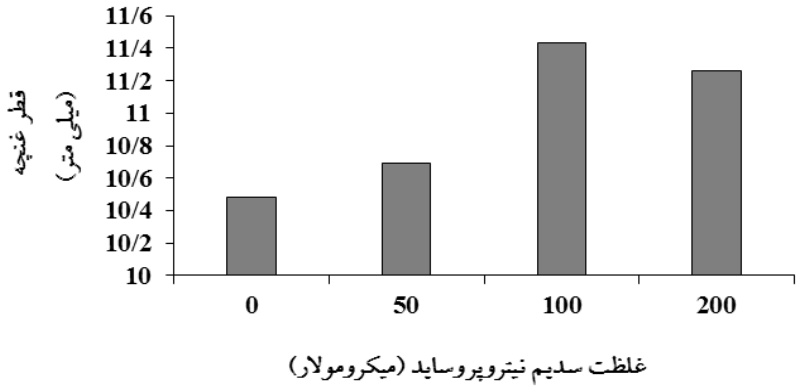
طول غنچه: با توجه به نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) طول غنچه نیز تحت تأثیر کاربرد غلظت‌های مختلف قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سدیم نیتروپروساید باعث افزایش طول غنچه در آلسترومریا شد به‌طوری‌که با افزایش غلظت سدیم نیتروپروساید، طول غنچه نیز افزایش یافت و در غلظت ۲۰۰ میکرومولار، بیشترین طول غنچه را باعث شد هر چند که با غلظت ۱۰۰ میکرومولار اختلاف معنی‌داری نداشت. بنابراین می‌توان گفت غلظت مؤثر جهت افزایش طول غنچه در آلسترومریا غلظت‌های ۱۰۰ تا ۲۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید هستند. لازم به ذکر است که در تیمار ۲۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید طول غنچه به ۴/۳۵ میلی‌متر رسید درحالی‌که در گیاهان شاهد، متوسط طول غنچه ۳/۴۱ میلی‌متر بود (شکل ۵).

قطر غنچه: با توجه به نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مشخص شد که تاثیر سدیم نیتروپروساید بر قطر غنچه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سدیم نیتروپروساید باعث افزایش قطر غنچه شد که البته این افزایش، فقط در غلظت ۱۰۰ میکرومولار نسبت به شاهد معنی‌دار بود به‌طوری‌که بیشترین قطر غنچه (۱۱/۴۳ میلی‌متر) در تیمار ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید مشاهده شد و کمترین قطر غنچه (۱۰/۴۸ میلی‌متر) در تیمار بدون کاربرد سدیم نیتروپروساید مشاهده شد (شکل ۶). همانطور که شکل ۶ نشان داد غلظت ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید نقش موثرتری در افزایش قطر غنچه در آلسترومریا داشت.

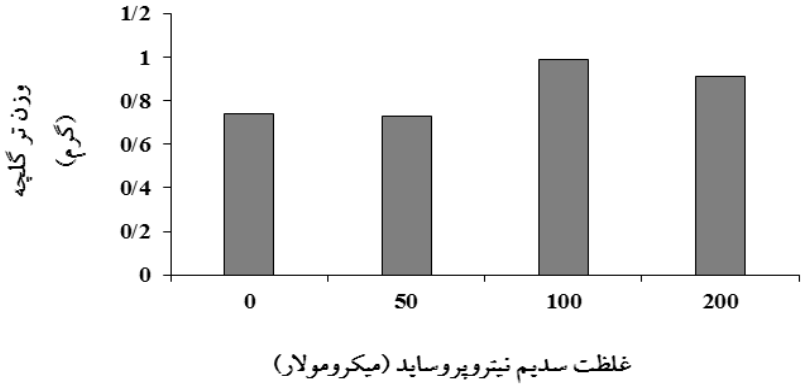
وزن تر گلچه: با توجه به نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مشخص شد که تاثیر سدیم نیتروپروساید بر وزن تر گلچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد غلظت ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید باعث افزایش معنی‌دار وزن تر گلچه‌ها نسبت به شاهد شد به‌طوری‌که بیشترین وزن تر گلچه در تیمار ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید افزایش ۲۶ درصدی در مقایسه با شاهد نشان داد و بین غلظت‌های ۲۰۰ و ۵۰ و شاهد اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت (شکل ۷). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غلظت ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید نقش مؤثرتری در بهبود شاخص وزن تر گلچه داشت.

وزن خشک گلچه: با توجه به نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مشخص شد که اثر سدیم نیتروپروساید بر وزن خشک گلچه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سدیم

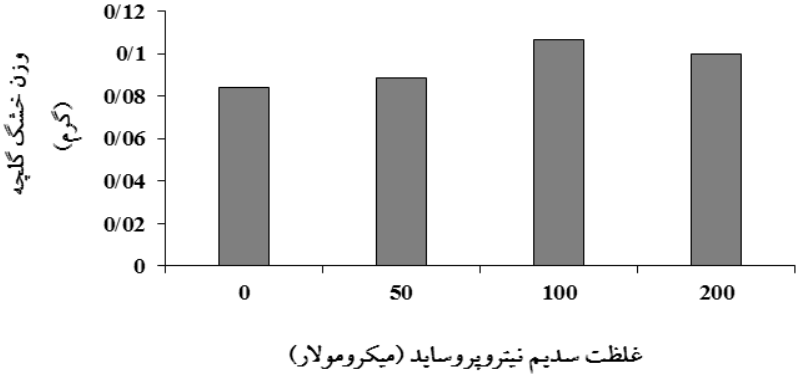
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]



شکل ۶- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر قطر غنچه در گل آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.



شکل ۷- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر وزن تر گلچه در گل آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان-دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.



شکل ۸- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر وزن خشک گلچه در گل آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]

نیتروپروساید در غلظت ۱۰۰ میکرومولار منجر به افزایش ۴۵ درصد در میزان وزن خشک گلچه در مقایسه با شاهد شد هر چند که این مقدار افزایش با غلظت‌های ۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت (شکل ۸).

در پژوهش حاضر، کاربرد سدیم نیتروپروساید (به‌ویژه در غلظت ۱۰۰ میکرومولار) منجر به افزایش وزن تر و خشک گلچه، قطر و طول غنچه گردید. نیتریک اکسید به‌عنوان یک مولکول زیستی فعال، در بسیاری از فرآیندهای مختلف رشدی از جمله فتوسنتز، رشد و تقسیم سلولی نقش دارد (Salachna and Zawadzinska, 2018). تأثیر سدیم نیتروپروساید در تقسیم سلولی می‌تواند دلیل احتمالی در افزایش تعداد و طول گلچه، وزن تر و خشک گلچه، قطر و طول غنچه در پژوهش حاضر باشد. لازم به ذکر است که کاربرد نیتریک اکسید و ترکیبات رهاکننده آن در گیاهان مختلف بسته به گونه، رقم و غلظت مورد استفاده، نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد به‌طور مثال در برخی از گیاهان زینتی از جمله لاله و سوسن شرقی، کاربرد نیتریک اکسید در غلظت-های کم، منجر به افزایش شاخص‌های گلدهی از جمله طول و قطر غنچه می‌شود اما افزایش غلظت نیتریک اکسید منجر به کاهش این پارامترها می‌شود (Salachna and Zawadzinska, 2018). طی پژوهش‌های مختلف ثابت شده است که نیتریک اکسید یک عامل کلیدی در تنظیم تولید و فعالیت آنزیم سلولاز (محرک سست نمودن دیواره سلولی) می‌شود که از این طریق منجر به بزرگ‌شدن سلول‌ها می‌شود (اصغری، ۱۳۹۴). احتمال می‌رود که نیتریک اکسید از طریق تأثیر در فرآیند رشد رویشی و زایشی و تأثیر بر فعالیت هورمون‌های رشد توانسته است در افزایش شاخص‌های گلدهی از جمله طول و قطر غنچه و در-نتیجه تولید گل‌هایی با کیفیت در پژوهش حاضر مؤثر واقع شود. همان‌طور که گزارش شد تأثیر سدیم نیتروپروساید بر اندازه گل در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار تأثیر بهتری نسبت به ۵۰ میکرومولار داشت. در تأیید نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، افزایش اندازه و بهبود شاخص‌های گلدهی در اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید و سایر ترکیبات آزادکننده نیتریک اکسید در گلایول (Mittal *et al*., 2021) و ژربرا (Shabanian *et al*., 2018) نیز گزارش گردید. در بسیاری از پژوهش‌ها تأثیر نیتریک اکسید در افزایش قطر و درنتیجه افزایش استحکام ساقه مربوط به تأثیر ضداتیلنی سدیم نیتروپروساید دانسته شده است، زیرا نیتریک اکسید بازدارنده فعالیت و سنتز اتیلن در گیاهان عالی از طریق غیرفعال‌سازی اکسیداتیو ACC سنتتاز و ACC اکسیداز است (Misra *et al*., 2011). نیتریک اکسید منجر به افزایش تقسیم سلولی می‌شود (Arun *et al*., 2017). به‌نظر می‌رسد که کاربرد سدیم نیتروپروساید از این طریق توانسته منجر به افزایش قطر ساقه گلدهنده شود.

شاخص کلروفیل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سدیم نیتروپروساید بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سدیم نیتروپروساید باعث افزایش شاخص کلروفیل شد که البته این افزایش، فقط در غلظت ۱۰۰ میکرومولار، اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت. با توجه به شکل ۹، در غلظت ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید، شاخص کلروفیل به میزان SPAD ۴۴/۳۵ و در تیمار بدون کاربرد سدیم نیتروپروساید یعنی گیاه شاهد، میزان شاخص کلروفیل SPAD ۳۸/۹۱ بود (شکل ۹).

میزان کلروفیل a: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که تأثیر سدیم نیتروپروساید بر میزان کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت سدیم نیتروپروساید، میزان کلروفیل a افزایش یافت که البته این افزایش، فقط در غلظت ۲۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید، اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت با توجه به شکل ۱۰، با کاربرد ۲۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید، میزان کلروفیل a به حدود ۱/۴۲ برابر گیاه شاهد رسیده است (شکل ۱۰).

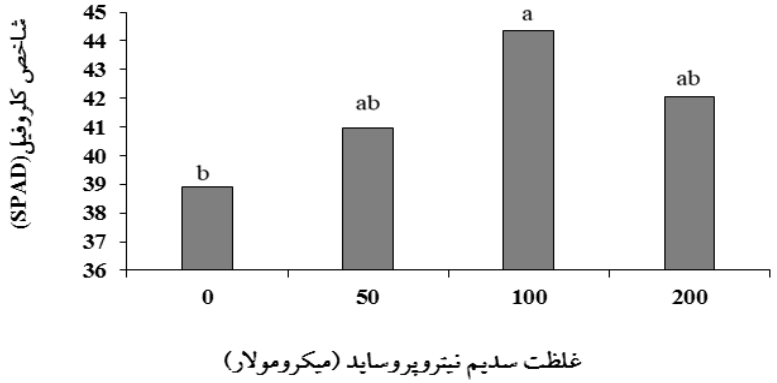
میزان کلروفیل b: براساس جدول تجزیه واریانس مشخص شد که کاربرد سدیم نیتروپروساید بر میزان کلروفیل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]

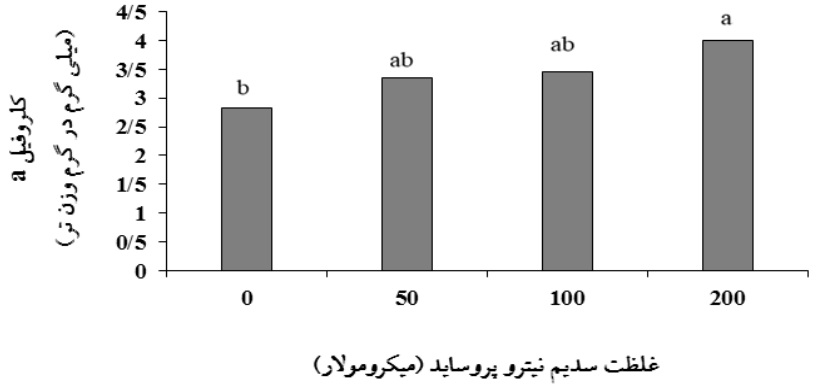
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های بیوشیمیایی گل آلسترومریا در اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		شاخص کلروفیل	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	قند محلول کل	آنتوسیانین برگ	آنتوسیانین گلبرگ
سدیم نیتروپروساید	۳	۱۵/۳۲**	۰/۷۶۸**	۰/۸۰۵*	۲/۸۳۰**	۰/۹۸۰ns	۱۳۹۵۱/۵۸**	۳/۰۲۳ **	۰/۷۸۶**
اشتباه آزمایشی	۸	۱/۷۷	۰/۰۹۹۱	۰/۱۵	۰/۳۶۳	۰/۳۹	۱۱۹/۳۵	۰/۱۰۲	۰/۰۱۳
ضریب تغییرات		۳/۲۰	۹/۱۷	۲۲/۵۷	۱۱/۶۹	۱۸/۶۶	۳/۶۸۸	۶/۰۹	۵/۶۷

ns * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد هستند.



شکل ۹- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر شاخص کلروفیل آلسترومریا رقم'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.

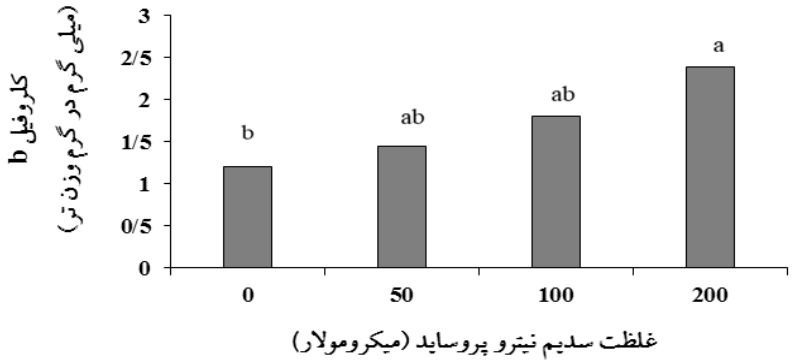


شکل ۱۰- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر میزان کلروفیل a آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.

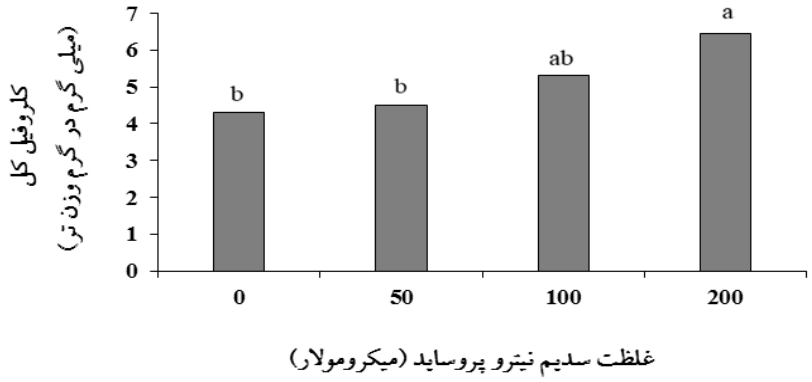
b برگ گیاه آلسترومریا در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در کلروفیل b نیز همانند کلروفیل a فقط کاربرد سدیم نیتروپروساید در غلظت ۲۰۰ میکرومولار اختلاف معنی‌داری با شاهد ایجاد کرد و توانست میزان کلروفیل b را تا دو برابر نسبت به شاهد افزایش دهد (شکل ۱۱).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]



شکل ۱۱- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر میزان کلروفیل b آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.



شکل ۱۲- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر میزان کلروفیل کل آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان-دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.

میزان کلروفیل کل: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که تأثیر سدیم نیتروپروساید بر میزان کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که فقط کاربرد سدیم نیتروپروساید در غلظت ۲۰۰ میکرومولار با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۱۲). میزان کلروفیل کل در غلظت ۲۰۰ میکرومولار سدیم پروساید ۶/۴۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر بود که این غلظت، اختلاف معنی‌داری با شاهد (۴/۲۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و سایر تیمارها داشت.

کاروتنوئید: براساس جدول تجزیه واریانس مشخص شد که کاربرد سدیم نیتروپروساید تأثیری بر میزان کاروتنوئید در آلسترومریا نداشت (جدول ۳).

همان‌طور که در شکل‌ها مشاهده می‌شود کاربرد سدیم نیتروپروساید منجر به افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله میزان کلروفیل a، b، کل و میزان شاخص کلروفیل شد و در بین غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید، غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار تأثیر بهتری داشتند. گزارش‌های مختلف نشان‌دهنده این است که نیتریک اکسید به‌عنوان مولکول حفاظتی از غشای کلروپلاست عمل می‌کند. علاوه بر این، نیتریک اکسید در مسیرهای متابولیکی سنتز کلروفیل نیز دخیل است (Hemati *et al*., 2019). اصغری (۱۳۹۴) اذعان داشت که نیتریک اکسید از طریق تولید ترکیبات فنلی از جمله اسید سالیسیلیک منجر به حفاظت از کلروپلاست و جلوگیری از تخریب پروتئین و افزایش عمر بافت‌های فتوسنتزکننده می‌شود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]

که به‌نظر می‌رسد از جمله دلایل افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در پژوهش حاضر نیز باشد. علاوه بر این، در پژوهشی دیگر نیز گزارش شد که نیتریک اکسید در فرآیندهایی از جمله تقسیم سلولی، فتوسنتز و افزایش میزان کلروفیل برگ از طریق حفاظت و جلوگیری از تخریب آن دخالت دارد و این افزایش در میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی را به عنصر آهن نسبت دادند که در حضور نیتریک اکسید میزان دسترسی به عنصر آهن (مورد نیاز در حلقه پیرول کلروفیل) افزایش پیدا کرده و از این طریق منجر به افزایش میزان کلروفیل می‌شود (Fan *et al.*, 2014). می‌توان احتمال داد که در پژوهش حاضر نیز کاربرد سدیم نیتروپروساید به‌ویژه در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار نیز از این طریق منجر به افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی شود. تأثیر مثبت نیتریک اکسید در افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه رز توسط Salachna و Zawadzinska (۲۰۱۸) نیز گزارش شد که نتایج پژوهش حاضر نیز مطابق آن است.

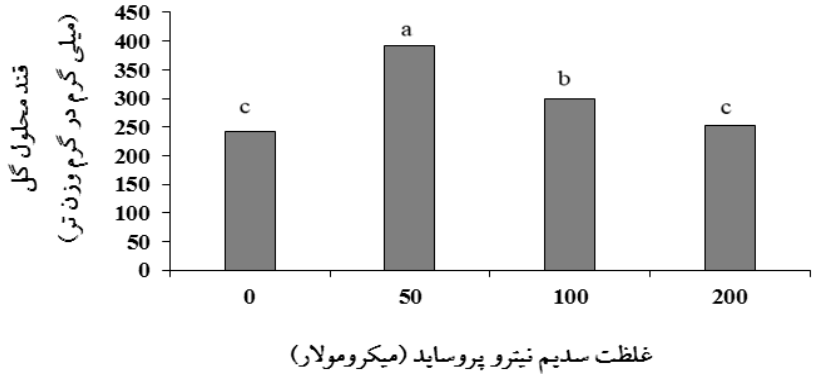
در این پژوهش، سدیم نیتروپروساید تأثیر معنی‌داری بر کاروتنوئید نداشت. کاروتنویید دارای دو وظیفه اساسی است الف) دریافت نور و ب) محافظت نوری در فتوسنتز (پیرزاد و محمدزاده، ۱۳۹۷). نقش کاروتنوئیدها در رابطه با محافظت نوری در طی فتوسنتز و جلوگیری از اکسیداسیون نوری در بحث تنش مطرح است با توجه به اینکه پژوهش حاضر در شرایط گلخانه و بدون تنش انجام گرفته است، احتمال دارد به این دلیل تأثیری بر میزان کاروتنوئید به‌عنوان مولکولی در حفاظت نوری نداشته باشد.

قند محلول گلبرگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سدیم نیتروپروساید بر قند محلول گلبرگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان قند محلول گلبرگ (۳۹۱/۶۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) با کاربرد غلظت ۵۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید مشاهده شد. این در حالی است که کمترین مقدار قند محلول گلبرگ در شاهد و تیمار ۲۰۰ میکرومولار، غلظت قند محلول به حدی کاهش یافت که اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل ۱۳).

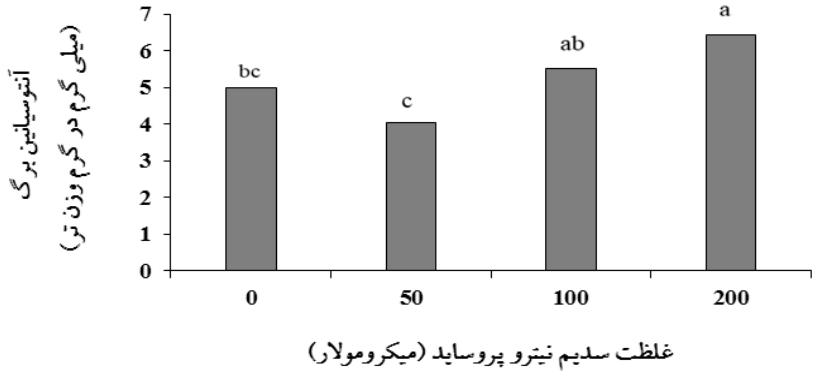
در شکل ۱۳ مشاهده شد که کاربرد سدیم نیتروپروساید منجر به افزایش قند محلول گلبرگ شد، و میزان قند گلبرگ در غلظت ۲۰۰ میکرومولار از لحاظ آماری مشابه شاهد بود که می‌تواند به این دلیل باشد که گلبرگ‌ها معمولاً به‌عنوان سینک قوی عمل می‌کنند و مواد قندی را صرف کیفیت و افزایش تعداد گلچه‌های خود می‌کنند. احتمال می‌رود که کاهش قند محلول در پژوهش حاضر به‌دلیل عمل گلبرگ‌ها به‌عنوان مصرف‌کننده قوی در جهت بهبود صفات گلدهی در آلسترومریا باشد. قندهای محلول در بافت‌های گیاهی از جمله فراوان‌ترین ترکیبات هستند و در گیاهان به‌عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Ruan, 2014). علاوه بر این، قندهای محلول به‌عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی در تنظیم اسمزی سلول نقش دارند و در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع پیدا می‌کنند (Pagter *et al.*, 2005). با استناد به گزارش‌های مختلف می‌توان گفت که قندها با ممانعت از اتصالات جانبی بین غشاهای مجاور هم، منجر به نگهداری لیپیدها و پایداری پروتئین‌ها از طریق ایجاد پیوند هیدروژنی با دنباله‌های خطی، بیان ژن و تنظیم اسمزی می‌شوند (Ho *et al.*, 2001). در مباحث قبل ذکر گردید که کاربرد سدیم نیتروپروساید منجر به افزایش میزان کلروفیل برگ می‌شود، با توجه به اینکه قندها طی فتوسنتز تولید می‌شوند و درنهایت به مصرف گیاه می‌رسند یا به‌عنوان نشاسته در کلروپلاست ذخیره می‌شوند، پس می‌توان یک همبستگی مثبت بین افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان قند محلول تصور کرد و بیان نمود که افزایش میزان کلروفیل در اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید منجر به افزایش میزان قند محلول شده است. در تأیید نتایج پژوهش حاضر، افزایش میزان قند محلول در اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید را Savvas و Ntatsi (۲۰۱۵) در محصولات باغبانی گزارش کردند که نتایج پژوهش حاضر نیز مطابق آن است.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]



شکل ۱۳- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر میزان قند محلول گل آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان-دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.

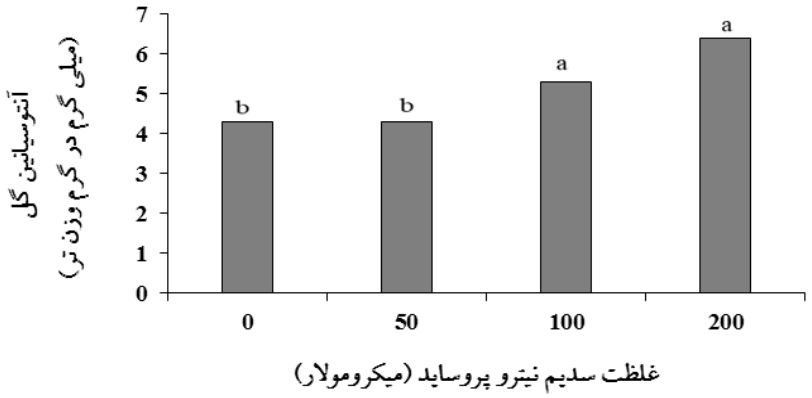


شکل ۱۴- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر میزان آنتوسیانین برگ آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان-دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.

میزان آنتوسیانین برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر سدیم نیتروپروساید بر میزان آنتوسیانین برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سدیم نیتروپروساید باعث افزایش میزان آنتوسیانین برگ به‌ویژه در غلظت‌های بیشتر شد که این افزایش، در غلظت ۲۰۰ میکرومولار در بیشترین مقدار خود (۶/۴۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بود و هر چند که با غلظت ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت. کمترین میزان آنتوسیانین برگ (۴/۰۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در غلظت ۵۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید مشاهده شد که با تیمار بدون کاربرد سدیم نیتروپروساید (شاهد) اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت (شکل ۱۴).

میزان آنتوسیانین گلبرگ: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که تأثیر سدیم نیتروپروساید بر میزان آنتوسیانین گلبرگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که فقط کاربرد غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید اختلاف معنی‌داری در میزان آنتوسیانین گلبرگ ایجاد کرد. کمترین میزان آنتوسیانین گل با میزان ۲/۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمارهای بدون کاربرد سدیم نیتروپروساید و غلظت ۵۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید مشاهده شد (شکل ۱۵).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]



شکل ۱۵- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر میزان آنتوسیانین گل آلسترومریا رقم 'Orange Queen'. حروف غیرمشابه نشان-دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد در بین میانگین‌ها با آزمون توکی است.

همان‌طور که در شکل‌ها مشاهده می‌شود کاربرد غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید باعث بهبود میزان آنتوسیانین برگ و گلبرگ نسبت به شاهد شدند. آنتوسیانین‌ها از جمله مهم‌ترین گروه فلاونوئیدها و از مهم‌ترین رنگیزه‌های محلول در آب و قابل‌روئیت با چشم انسان هستند (Kong *et al*., 2008). به‌طورکلی تولید آنتوسیانین‌ها در گیاهان تحت تأثیر عوامل مختلف داخلی و خارجی مانند نور، دما، کربوهیدرات، هورمون‌های گیاهی و تنش آبی قرار می‌گیرد (Kim *et al*., 2006). آنتوسیانین‌ها از جمله ترکیبات رنگی در گیاهان هستند که از ترکیب آنتوسیانیدین‌ها با قند تشکیل می‌شوند و به‌طور عمده در واکوئل ذخیره می‌شوند (جلیلی مرندی، ۱۳۸۹). همان‌طور که در مباحث قبل ذکر شد در پژوهش حاضر کاربرد سدیم نیتروپروساید منجر به افزایش قندهای محلول گردید، همچنین ثابت شده که آنتوسیانین‌ها از طریق ترکیب با قندها و آنتوسیانیدین‌ها به وجود می‌آیند، از آنجایی که در پژوهش حاضر کاربرد سدیم نیتروپروساید منجر به افزایش قند شد بنابراین می‌توان انتظار داشت که میزان آنتوسیانین نیز افزایش یابد. در تأیید نتایج پژوهش حاضر، در پژوهشی Mansouri (۲۰۱۲) گزارش کرد که کاربرد سدیم نیتروپروساید در داوودی (*Chrysanthemum morifolium*) منجر به افزایش میزان آنتوسیانین گلبرگ شد و با نتایج پژوهش حاضر نیز همخوانی دارد. همبستگی بین کاربرد سدیم نیتروپروساید در افزایش قند و درنتیجه افزایش آنتوسیانین در گل گلایول (*Gladiolus hybrida*) توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Meena *et al*., 2016) که نتایج پژوهش حاضر نیز مطابق آن است.

نتیجه‌گیری

کاربرد سدیم نیتروپروساید به‌عنوان ترکیب زیستی رهاکننده نیتریک اکسید، به‌صورت محلول‌پاشی از طریق تأثیر بر تقسیم سلولی، ممانعت از سنتز اتیلن و تأثیر بر میزان فتوسنتز به‌طور چشمگیری توانست برخی ویژگی‌های مورفولوژیک از جمله وزن تر و خشک گلچه (افزایش ۷۵ درصدی در مقایسه با شاهد) و ساقه گلدهنده، قطر و طول غنچه و ویژگی‌های بیوشیمایی از جمله کلروفیل a، b و کل و آنتوسیانین برگ و گلبرگ را در آلسترومریا رقم 'Orange Queen' بهبود بخشد و کاربرد غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار بیشترین تأثیر را در بهبود شاخص‌های وزن تر و خشک ساقه و گلچه و قطر و طول ساقه و غنچه، کلروفیل a، b و کل و آنتوسیانین برگ و گلبرگ داشتند.

منابع

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]

اصغری، م. (۱۳۹۴) هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی جدید (غیرکلاسیک). انتشارات دانشگاه ارومیه.

پیرزاد، ع. ر. و محمدزاده، س. (۱۳۹۷) فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه ارومیه.

جلیلی مرندی، ر. (۱۳۸۹) فیزیولوژی تنش‌های محیطی و مکانیسم‌های مقاومت در گیاهان باغی (درختان میوه، سبزی‌ها، گیاهان زینتی و گیاهان دارویی). جهاد دانشگاهی ارومیه.

عبدی، ر. (۱۳۹۸) تأثیر نیتریک اکسید و پوترسین بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گل رز (*Rosa hybrida*) رقم "Avalanche". پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه.

غایی، س. (۱۳۹۶) ارزیابی پیش از برداشت اکسید نیتریک بر خصوصیات کیفی و کمی و عمرگلجایی ژربرا (*Gerbera jamesonii*) رقم Stanza. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان.

قاسمی قهساره، م. و کافی، م. (۱۳۹۷) گلکاری علمی و عملی. انتشارات مؤلف اصفهان.

مکوندی، م.، رامین، ع. و مبلی، م. (۱۳۹۰) بررسی اثر تیمارهای مختلف شیمیایی بر بهبود کیفیت پس از برداشت و ماندگاری گل بریده آلسترومریا. هفتمین کنگره علوم باغبانی. دانشگاه صنعتی اصفهان.

ناصری، م. ت. و ابراهیمی گروی، م. (۱۳۸۹) فیزیولوژی گل‌های پیازی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

Arun, M., Naing, A. H., Jeon, S. M., Ai, T. N., Aye, T. and Kim, C. K. (2017) Sodium nitroprusside stimulates growth and shoot regeneration in chrysanthemum. Horticulture, Environment and Biotechnology 58: 78-84.

Azizi, I., Esmaielpour, B. and Fatemi, H. (2021) Exogenous nitric oxide on morphological, biochemical and antioxidant enzyme activity on savory (*Satureja hortensis* L.) plants under cadmium stress. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 20: 417-423.

Bowyer, M. C., Wills, R. B. H., Badiyan, D. and Ku, V. V. V. (2003) Extending the postharvest life of carnations with nitric oxide comparison of fumigation and in vivo delivery. Postharvest Biology and Technology 30: 281-286.

Crawford, N. M. and Guo, F. Q. (2005) New insights into nitric oxide metabolism and functions. Trends in Plant Science 259: 1360-1385.

Fan, H. F., Du, C. X., Ding, L. and Xu, Y. L. (2014) Exogenous nitric oxide promotes waterlogging tolerance as related to the activities of antioxidant enzymes in cucumber seedlings. Russian Journal of Plant Physiology 61: 366-373.

Faust, J. E. and Dole, J. M. (2021) Cut flower and foliage. Centre for Agriculture and Bioscience International.

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

Ghadi, N. A. (2014) Invest age of effects of sodium nitroprusside on plant (Review). International Journal of Agriculture and Crop Sciences 7: 610-615.

Hemati, E., Daneshvar, M. H. and Heidari, M. (2019) The roles of sodium nitroprusside, salicylic acid, and methyl jasmonate as hold solutions on vase life of *Gerbera jamesonii* 'Sun Spot'. Advances in Horticultural Science 33: 187-195.

Ho, S., Chao, Y., Tong, W. and Yu, S. (2001) Sugar coordinately and differentially regulates growth and stress-related gene expression via a complex signal transduction network and multiple control mechanisms. Plant Physiology 46: 281-285.

Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Diaz, M. (1992) Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Plant Physiology 84: 55-60.

Kim, J. S., Lee, B. H., Kim, S. H., Ok, K. H. and Cho, K. Y. (2006) Response to environmental and chemical signals for anthocyanin biosynthesis in non-chlorophyllous corn (*Zea mays* L.) leaf. Journal of Plant Biology 49: 16-25.

Kong, J. M., Chia, L. S., Goh, N. K., Chia, T. F. and Brouillard, R. (2008) Analysis and biological activities of anthocyanins. Phytochemistry 64: 923-933.

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

Mansouri, H. (2012) Salicylic acid and sodium nitroprusside improve postharvest life of Chrysanthemums. Scientia Horticulturae 145: 29-33.

Meena, H. S. and Afjal Ahmad, M. (2016) Effect of sodium nitroprusside (NO Donor) on postharvest. Environment and Ecology 34: 502-505.

Misra, A. N., Misra, M. and Singh, R. (2011) Nitric oxide ameliorates stress responses in plants. Plant, Soil and Environment 57: 95-100.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]

Mittal, I., Jhanji, Sh. and Dhatt, K. K. (2021) Efficacy of sodium nitroprusside, a nitric oxide donor, on vase life and postharvest attributes of gladiolus spikes. Acta Physiologiae Plantarum 43: 1-12.

Moazam Babasheikhali, M., Jabbarzadeh, Z., Amiri, J., Barin, B. and Razavi, M. (2021) Foliar application of sodium nitroprusside and salicylic acid alleviates the adverse effects of alkaline soil on roses. European Journal of Horticultural Science 86: 78-87.

Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H. (2005) Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. Aquatic Botany 81: 285-299.

Ruan, Y. L. (2014) Sucrose metabolism: Gateway to diverse carbon use and sugar signaling. Plant Biology 65: 33-67.

Salachna, P. and Zawadzinska, A. (2018) Effect of nitric oxide on growth, flowering and bulb yield of *Eucomis autumnalis*. VII International Conference on Managing Quality in Chains (MQUIC2017) and II International Symposium on Ornamentals in 1201: 635-640.

Savvas, D. and Ntatsi, G. (2015) Biostimulant activity of silicon in horticulture. Scientia Horticulturae 196: 66-81.

Shabanian, S., Esfahani, M. N., Karamian, R. and Tran, L. S. P. (2018) Physiological and biochemical modifications by postharvest treatment with sodium nitroprusside extend vase life of cut flowers of two gerbera cultivars. Postharvest Biology and Technology 137: 1-8.

Tian, X. R. and Lei, Y. B. (2007) Physiological responses of wheat seedling to drought and UV-B Radiation. Effect of exogenous sodium nitroprusside application. Russian Journal of Plant Physiology 54: 763-769.

Wagner, G. J. (1979) Content and vacuole/ extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanin in protoplasts. Plant Physiology 64: 88-93.

Wills, R. B. H., Bowyer, M. C. and Badiyan, D. (2004) Use of nitric oxide donor compound to extend the vase life of cut flowers. Horticulture Science 39: 1371-1382.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]

Effect of foliar application of sodium nitroprusside on some morphophysiological characteristics of *Alstroemeria aurea* 'Orange Queen' under hydroponic conditions

Soheila Sadeghi and Zohreh Jabbarzadeh*

Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
(Received: 09/12/2021, Accepted: 13/01/2022)

Abstract

In order to evaluate the foliar application of sodium nitroprusside on some morphological and biochemical properties of Alstroemeria cultivar Orange Queen, a research was conducted in a completely randomized design with 3 replications under hydroponic cultivation in the research greenhouse of Urmia University. Sodium nitroprusside was sprayed at concentrations of 0, 50, 100 and 200 µM. At the end of the study, indicators such as fresh and dry weight of florets and flowering stems, diameter of buds and flowering stems, bud length and some biochemical parameters including photosynthetic pigments (chlorophyll a, b and total), chlorophyll index, carotenoid content, soluble sugars and anthocyanin of leaves and petals were measured. The results showed that the application of sodium nitroprusside at concentrations of 100 and 200 µM, led to an increase in morphological parameters including fresh and dry weight of florets (75% increase compared to the control) as well as flowering stem, bud diameter and length and increasing of photosynthetic pigments such as chlorophyll a, b and total (33% increasing compared to the control. Also, sodium nitroprusside increased the amount of soluble sugar in the petals (38% increasing compared to the control and other treatments) and also the amount of leaf and petal anthocyanin compared to the control. In this study, 100 and 200 were more effective compare to the other treats. In general, the results showed that the application of sodium nitroprusside could have a significant effect on improving some biochemical properties in Alstroemeria due to its important role in cell division, development and growth.

Keywords: Alstroemeria, Anthocyanin, Nitric oxide, Photosynthesis, Soilless culture

Corresponding author, Email: Z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.3.0]