مقاله پژوهشی

بررسی برخی ویژگی‌های رشدی، زیست‌شیمیایی و پس از برداشتی گل بریدنی رز رقم آوالانچ با کاربرد همزمان سدیم نیتروپروساید و پوترسین

رقیه عبدی و زهره جبارزاده *

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

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

چکیده

گل رز با نام علمی *Rosa hybrida* یکی از گیاهان زینتی مهم و جز ۱۰ گل بریدنی برتر دنیا محسوب می‌شود. به‌منظور ارزیابی تأثیر محلول-پاشی برگی سدیم نیتروپروساید (به‌عنوان منبع نیتریک اکسید) و پوترسین بر برخی ویژگی‌های رشدی و گلدهی گل رز رقم آوالانچ، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل سدیم نیتروپروساید در چهار غلظت صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار و پوترسین در چهار غلظت صفر، ۱، ۲ و ۴ میلی‌مولار با سه تکرار به روش محلول‌پاشی برگی در شرایط کشت بدون خاک در گلخانه و در گلدان به‌مدت چهار ماه اجرا شد. نتایج نشان دادند که سدیم نیتروپروساید در غلظت ۵۰ میکرومولار، شاخص کلروفیل و آنزیم گایاکول پراکسیداز را (تا دو برابر) نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین غلظت ۵۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید همراه با پوترسین ۴ میلی‌مولار، طول ساقه گلدهنده و عمر گلجای را تا حدود ۲۰ درصد افزایش داد. غلظت ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید همراه با پوترسین ۱ میلی‌مولار باعث افزایش آنزیم آسکوربات پراکسیداز برگ و قطر ساقه گلدهنده شد. در بین غلظت‌های مختلف پوترسین، غلظت ۱ میلی‌مولار باعث افزایش آنتوسیانین برگ و گلبرگ شد. همچنین سدیم نیتروپروساید ۲۰۰ میکرومولار همراه با پوترسین ۱ و یا ۲ میلی-مولار باعث کاهش میزان نشت یونی و پراکسید هیدروژن در تمام روزهای نمونه‌برداری شد. بطورکلی مشخص شد که سدیم نیتروپروساید و پوترسین تأثیر مثبت و مطلوبی در بهبود شاخص‌های رشدی و پس از برداشتی گل داشتند ولی غلظت مؤثر بسته به نوع شاخص متفاوت بود.

کلمات کلیدی: آنتوسیانین، پلی‌آمین، رز، عمر گلجای، نیتریک اکسید

مقدمه

گلکاری بخشی از باغبانی در فعالیت‌های کشاورزی است که در طول دهه‌های گذشته توسعه یافته که نه تنها باعث افزایش درآمد و ایجاد اشتغال شده است بلکه گل‌ها به‌دلیل زیبایی و طراوتشان نقش مهمی در زندگی دارند (Vukajlovic *et al.*, 2017). گل رز یکی از مهمترین محصولات زینتی است که برای اهداف مختلفی مانند شاخه‌بریده، کشت در باغ‌ها و پارک‌ها، گیاه گلدانی و غیره در سراسر جهان کاشته می‌شود و حدوداً ۷۰-۶۰ درصد از کل تجارت گل‌های شاخه بریده در بازارهای جهانی را به خود اختصاص داده است (Sujatha *et al.*, 2020).

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]

نیتریک اکسید یک مولکول سیگنالینگ (پیام‌رسان) گازی شکل است که اثرات قابل‌توجهی بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاهان دارد، که هم بصورت یک آنتی‌اکسیدان و هم پراکسیدان در گیاهان عمل می‌کند (Ahmad *et al*., 2021; Wurm and Lindermayr, 2021). هم‌چنین پاسخ‌های مختلف به تنش‌های محیطی مانند دما، مواد شیمیایی، شوری و تنش‌های اکسیداتیو در گیاهان را می‌توان با این مولکول کنترل کرد (Shi *et al*., 2017).

پلی–آمین‌ها ترکیباتی با وزن مولکولی کم، آلیفاتیک حاوی دو یا چند گروه آمینه هستند و فعالیت بیولوژیکی زیادی دارند (Vuosku *et al*., 2018) پلی‌آمین‌ها به‌طور گسترده در سلول‌های یوکاریوتی و پروکاریوتی وجود دارند و در گیاهان عالی، به‌طور عمده به شکل آزاد وجود دارند. پوترسین، اسپرمین و اسپرمیدین از عمده ترکیبات در گیاهان هستند که در تنظیم فرآیندهای متنوع فیزیولوژیکی نقش مهمی دارند (Chen *et al*., 2019). پلی‌آمین‌ها می‌توانند در جوانه‌زنی بذر، رشدونمو گیاهان، به تأخیر انداختن پیری، پاسخ به تنش‌های زنده و غیرزنده نقش داشته باشند (Alcazar *et al*., 2010).

در آزمایشی که توسط رحیمیان و صالحی (۱۳۹۲) انجام گرفت، تأثیر محلول‌پاشی برگی نیتریک اکسید در غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار و دور آبیاری (۲، ۴، ۶ و ۸ روز) بر گل گلایول (*Gladiolus* spp) نشان داد که این دو تیمار، تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های مورد مطالعه داشتند. بر هم‌کنش این دو تیمار فقط بر طول ساقه گل‌دهنده، طول سنبله و نسبت طول سنبله به طول ساقه گل‌دهنده تأثیر معنی‌داری داشت. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که نیتریک اکسید در فرآیندهای متنوع نموی گیاه دخیل است اما اثر آن بر رشد رویشی گیاهان سالم کاملاً شناخته نشده است. در آزمایشی که در سوسن شرقی (*Lilium oriental*) رقم Siberia انجام شد، نتایج نشان داد که اثر نیتریک اکسید به‌شدت بستگی به غلظت این ماده دارد. در مقایسه با شاهد، غلظت‌های صفر، ۳۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۹۰۰۰ میکرومولار به‌صورت محلول‌پاشی، تیمار سدیم نیتروپروساید باعث افزایش ارتفاع و طول میان‌گره گیاه شد (Wang *et al*., 2015). در آزمایشی که به بررسی اثر محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید، بر رشد، عملکرد و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea*) در شرایط تنش خشکی انجام گرفت، نتایج نشان داد که غلظت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز شد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۸). در پژوهشی نشان دادند که استفاده از سدیم نیتروپروساید به‌عنوان ماده آزادکننده نیتریک اکسید می‌تواند میزان مالون دی‌آلدئید و کاهش وزن را در گل شاخه بریده میخک (*Dianthus caryophyllus*) نسبت به تیمار شاهد کاهش و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش دهد و از طریق حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژناز، از آسیب به غشاء جلوگیری کند (Zeng *et al*., 2011). در آزمایشی که روی محلول‌پاشی گل رز (*Rosa* Spp) شاخه بریده با اسید آبسیزیک و سدیم نیتروپروساید انجام شد، نتایج نشان دادند که اسید آبسیزیک و سدیم نیترپروساید باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز شدند (Deng *et al*., 2019).

تأثیر پوترسین و بستر رشد بر رشد رویشی و اجزاء شیمیایی صنوبر (*Populus*) نشان داد که بستر کشت حاوی ترکیبی از ماسه و رس به‌همراه محلول‌پاشی پوترسین در سطح ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تأثیر را در افزایش ارتفاع گیاه، قطر ساقه، طول ریشه و قطر ریشه، داشته است (Habba *et al*., 2016). طی آزمایشی که روی تأثیر کاربرد پوترسین بر آفتابگردان زینتی (*Helianthus annuus*) تحت تنش خشکی انجام شد نتایج نشان دادند که پوترسین در غلظت‌های ۷۵ و۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش قطر ساقه و ارتفاع گیاهان شد (Kahrobaiyan *et al*., 2019).

از آنجایی‌که نیتریک اکسید و پوترسین در فرآیندهای رشدونموی گیاهان اثرات مثبتی مانند افزایش فتوسنتز، افزایش جذب آب، افزایش کیفیت و عملکرد گیاه دارند و لذا با توجه به اثرمثبت نیتریک اکسید و پوترسین در بهبود ویژگی‌های کمی وکیفی گیاهان، در این پژوهش، به بررسی تأثیر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]

جدول ۱- میزان کودهای استفاده‌شده استوک یک (برحسب گرم)

نیترات پتاسیم	نیترات کلسیم	نیترات آمونیوم	کلات آهن
۶۲/۵	۴۹۰/۶۲۵	۶/۶۲۵	۲۰/۵

جدول ۲- میزان کودهای استفاده شده استوک دوم (بر حسب گرم)

نیترات پتاسیم	سولفات منیزیم	نیترات منیزیم	مونو پتاسیم فسفات	سولفات منگنز	سولفات مس	سولفات روی	براکس	مولیبدن
۱۶۷/۵	۲۳۱/۲۵	۳۶/۲۵	۱۳۸/۷۵	۱/۶۸	۰/۸۷	۱/۱۸	۰/۴۸	۰/۲۶

غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید به‌عنوان آزادکننده نیتریک اکسید و پوترسین به‌صورت محلول‌پاشی برگی در رز پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه آموزشی پژوهشی دانشگاه ارومیه و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام گرفت.

مواد گیاهی و تیمارهای مورد بررسی: به‌منظور انجام این پژوهش ابتدا پایه‌های پیوندی رز رقم آوالانچ از یک گلخانه تجاری تهیه شده و بعد به گلدان‌های مجزا منتقل شدند و پس از استقرار کافی، گیاهان برای محلول‌پاشی آماده شدند. لازم به ذکر است که رزهای استفاده‌شده در این پژوهش، دو ساله بودند که برای انجام آزمایش در هر گلدان، بعد از هرس، چهار شاخه به طول تقریبی ۵۰ سانتی‌متر نگه داشته شدند. گیاهان رز مورد استفاده در این پژوهش متعلق به سرده رزهای دورگه چای و رقم Avalanche بودند که گیاهان موجود در این رقم دارای گل‌های شاخه بریده و به رنگ سفید بودند و مقاومت به آفات و بیماری‌های متوسطی دارند. گیاهان این رقم دارای ساقه محکم، تعداد خار کم و عمر گلجایی ۷ تا ۱۵ روز هستند. بستر مورد استفاده در گلدان‌ها حاوی سه قسمت پیت‌ماس، یک قسمت کوکوپیت و یک قسمت پرلیت بود. به‌منظور تأمین مواد غذایی، برنامه غذایی برای گیاهان مورد استفاده از یک گلخانه تجاری با اندکی تغییرات استفاده شد (pH محلول غذایی در ۶/۲-۵/۸ تنظیم شد) که در جدول‌های ۱ و ۲ میزان کودهای مورد استفاده برای دو استوک x ۲۰ (استوک اول کودهای نیترات پتاسیم، نیترات کلسیم، نیترات آمونیوم و آهن و استوک دوم کودهای نیترات پتاسیم، سولفات منیزیم، نیترات منیزیم، مونوپتاسیم فسفات، سولفات منگنز، سولفات مس، سولفات روی، براکس و مولیبدن) تهیه و برای هر ۱۰۰ لیتر، از هر استوک یک و نیم لیتر استفاده گردید.

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر بعضی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی رز رقم Avalanche پژوهشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور سدیم نیتروپروساید در چهار غلظت صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرو مولار و پوترسین در چهار غلظت صفر، ۱، ۲ و ۴ میلی‌مولار با سه تکرار به روش محلول-پاشی برگی هر دو هفته یکبار روی رز به‌مدت چهار ماه اجرا شد. بنابراین در مجموع ۴۸ واحد آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت و هر واحد آزمایشی شامل یک گلدان و هر گلدان حاوی یک گیاه بود. از گلدان‌های پلاستیکی، با قطر دهانه ۲۴ و ارتفاع ۲۱ سانتی‌متر استفاده شد. دمای گلخانه در روز ۳۰-۲۸ درجه سانتی‌گراد و در شب ۲۳-۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۵۰ و شدت نور ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) ۴۰۰-۵۰۰ بود.

اندازه‌گیری شاخص‌های مورفولوژیکی: دو هفته پس از پایان محلول‌پاشی اندازه‌گیری طول و قطر ساقه گلدهنده انجام گرفت. در این پژوهش طول ساقه به‌وسیله خط‌کش از سطح بستر تا انتهایی‌ترین قسمت گیاه و قطر ساقه از قسمت یقه گیاه توسط کولیس دیجیتالی (مدلZ :22855NO) اندازه‌گیری شد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]

اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی: به‌منظور بررسی تأثیر سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی رز در شرایط قبل از برداشت نظیر آنتوسیانین برگ و گلبرگ و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز، دو هفته بعد از اتمام تیمارها نمونه‌برداری شروع شد و نمونه‌ها در فویل آلومینیومی بسته‌بندی و بلافاصله در ازت مایع منجمد شدند و سپس به فریزر ۷۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شدند.

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین برگ، دیسک‌های برگی تهیه شده از گیاه (۰/۱ گرم وزن تر) در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص با اسید کلریدریک خالص به نسبت حجم ۱:۹۹) کاملاً سائیده و عصاره در لوله‌های آزمایش ریخته شده و به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس عصاره به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده و جذب محلول رویی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (HALO DB-20 Dynamica) در طول-موج ۵۵۰ نانومتر خوانده شد. برای محاسبه غلظت آنتوسیانین از ضریب خاموشی معادل (ε = 3300 mol^{-1} cm^{-2}) استفاده گردید (Wagner, 1979). A جذب نمونه، b عرض سل و c غلظت محلول مورد نظر است. درنهایت غلظت آنتوسیانین طبق رابطه ۱ برحسب میکرومول بر گرم وزن تازه محاسبه شد.

رابطه ۱ $A= \varepsilon bc$

برای اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین گلبرگ، پنج گرم از بافت تازه گلبرگ با ۵۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی ۱ درصد سائیده شد و عصاره بدست آمده به‌مدت یک ساعت نگه‌داری شد و سپس عصاره با استفاده از کاغذی صافی با قطر ذرات ۱۱۰ نانومتر صاف شد و درنهایت جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (HALO DB-20 Dynamica) در طول‌موج ۵۰۵ نانومتر خوانده شد (Janna *et al.*, 2006).

برای تهیه عصاره گیاهی جهت تعیین میزان فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز از روش Kang و Saltveit (۲۰۰۲) با اندکی تغییرات انجام شد. نیم گرم بافت تر گیاهی (برگ و گلبرگ) از کلیه تیمارها توزین شده و سپس به داخل هاون سرد منتقل شد. سپس با استفاده از ۳ میلی‌لیتر محلول بافر تریس با pH=۷/۵، شامل اسید کلریدریک ۰/۰۵ مولار،کلرید منیزیم ۳ مولار و EDTA ۱ مولار سائیده شد. بافر استخراجی برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز ۰/۲ میلی‌مولار آسکوربات نیز بود. هموژنات حاصل در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. محلول رویی حاصله به‌عنوان عصاره خام برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار گرفت.

فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز با استفاده از روش (Upadhyaya *et al.*, 1985) انجام گرفت. سپس فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز به‌صورت افزایش جذب طی یک دقیقه در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (HALO DB-20 Dynamica) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز از ضریب خاموشی (۲۶/۶ $Mm^{-1}Cm^{-1}$) و از رابطه ۲ استفاده شد.

رابطه ۲

$$(\text{Units}\frac{mM}{Min}) = \frac{doD/Min(slope)\times Vol.of\ asay\ (0.0003)}{Extinction\ Coef\ ficient(26.6)}$$

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در تمام تیمارها و تکرارها با استفاده از روش (Nakano and Asada, 1981) با اندکی تغییرات اندازه‌گیری شد. سپس فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به‌صورت کاهش جذب طی یک دقیقه در طول‌موج ۲۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (HALO DB-20 Dynamica) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز از ضریب خاموشی (۲/۸ $Mm^{-1}Cm^{-1}$) و از رابطه ۳ استفاده شد.

رابطه ۳

$$(\text{Units}\frac{mM}{Min}) = \frac{doD/Min(slope)\times Vol.of\ asay\ (0.0003)}{Extinction\ Coef\ ficient(2.8)}$$

اندازه‌گیری شاخص‌های پس از برداشتی: جهت بررسی شاخص‌های پس از برداشتی، ساقه‌های گل به اندازه ۴۰ سانتی‌متر کوتاه شده و تمامی برگ‌ها، به‌جز سه برگ بالایی حذف گردیدند. گل‌ها در گلدان‌هایی که حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول حفاظت‌کننده شامل ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ۸-

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]

هیدروکسی کوئینولین سیترات (HQC) همراه با ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر ساکارز بود، قرار گرفتند. گل‌ها در داخل اتاقک رشد با دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد و طول دوره روشنایی ۱۲ ساعت با شدت نور ۱۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه نگهداری شدند. لازم به ذکر است که نمونه‌برداری از گل‌ها در این مرحله، هر چهار روز یکبار انجام شد. در این مرحله پارامترهایی نظیر عمر گلجای، شاخص کلروفیل، نشت یونی گلبرگ و پراکسید هیدروژن اندازه‌گیری شدند.

جهت اندازه‌گیری شاخص کلروفیل، میزان کلروفیل برگ‌های وسطی با دستگاه سنجش شاخص کلروفیل (SPAD) (مدل MINOLTA 502, Osaka Japan) اندازه‌گیری گردید و سپس از آن‌ها میانگین گرفته شد.

جهت اندازه‌گیری نشت یونی گلبرگ، ابتدا از هر گل گلبرگ‌هایی به مقدار ۰/۲ گرم تهیه شد و سپس خرد شده و سه بار با آب‌مقطر جهت حذف آلودگی سطح گلبرگ شستشو داده شدند، سپس نمونه‌ها در ۲۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه، در لوله‌های آزمایش دربدار قرار داده شدند ابتدا به‌مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس هدایت الکتریکی اولیه EC_1 محلول حاوی نمونه‌ها توسط دستگاه EC متر سنجیده شد.سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه در بن‌ماری در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته شد و هدایت الکتریکی دوم EC_2 محلول حاوی نمونه‌های گلبرگ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. مقدار نشت یونی از رابطه ۴ بدست آمد (Chakrabarty*et al*., 2009).

$$EL(\%) = (C_1/C_2) \times 100$$ رابطه ۴

برای اندازه‌گیری میزان پراکسید هیدروژن از روش Velikova و همکاران (۲۰۰۰) استفاده شد به این صورت که ۰/۵ گرم بافت تر گلبرگ با سه میلی‌لیتر محلول تری‌کلرو استیک اسید (TCA) ۰/۱ درصد (W/V) سائیده شد و در داخل لوله آزمایش ریخته شد. سپس عصاره گیاهی حاصل به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰ دور سانتریفیوژ شد. مخلوط واکنش که شامل ۰/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰ میلی‌مولار (pH =۷) ۱ میلی‌لیتر یدید پتاسیم (KI) یک مولار و ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره گیاهی بود، به‌مدت یک ساعت در تاریکی و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و سپس جذب نمونه‌ها در ۳۹۰ نانومتر خوانده شد و نتایج برحسب میکرومول بر گرم وزن تر ارائه شد.

ارزیابی ماندگاری یا عمر گلجای گل‌های شاخه بریده با استفاده از شاخص پلاسیدگی گلبرگ‌ها، تغییر رنگ گلبرگ‌ها، ریزش گلبرگ‌ها، خم‌شدن گردن گل‌ها و پژمردگی آن‌ها صورت گرفت (Lua *et al*., 2010).

برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، از نرم‌افزار SAS سری ۹/۲ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش توکی در سطح ۱ درصد انجام گرفت. همچنین برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel سری ۲۰۱۰ استفاده گردید.

نتایج و بحث

طول و قطر ساقه گلدهنده: براساس بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) اثرات متقابل غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر طول و قطر ساقه گلدهنده در سطح یک درصد معنی‌دار گردید.

نتایج مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر طول ساقه گلدهنده (شکل ۱) نشان داد که بیشترین طول ساقه گلدهنده مربوط به تیمار ۵۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و ۴ میلی‌مولار پوترسین (۵۴ سانتی‌متر) بوده است البته تفاوت معنی‌داری بین تیمارها با شاهد مشاهده نشد.

با توجه به نمودار مقایسه میانگین (شکل ۲) در بین غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و پوترسین هیچ کدام از تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان ندادند. با این حال بیشترین قطر ساقه (۷/۶۶ میلی‌متر) مربوط به تیمار ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و یک میلی‌مولار پوترسین بود و کمترین قطر ساقه (۴/۹ میلی‌متر) مربوط به تیمار ۴ میلی‌مولار پوترسین بود.

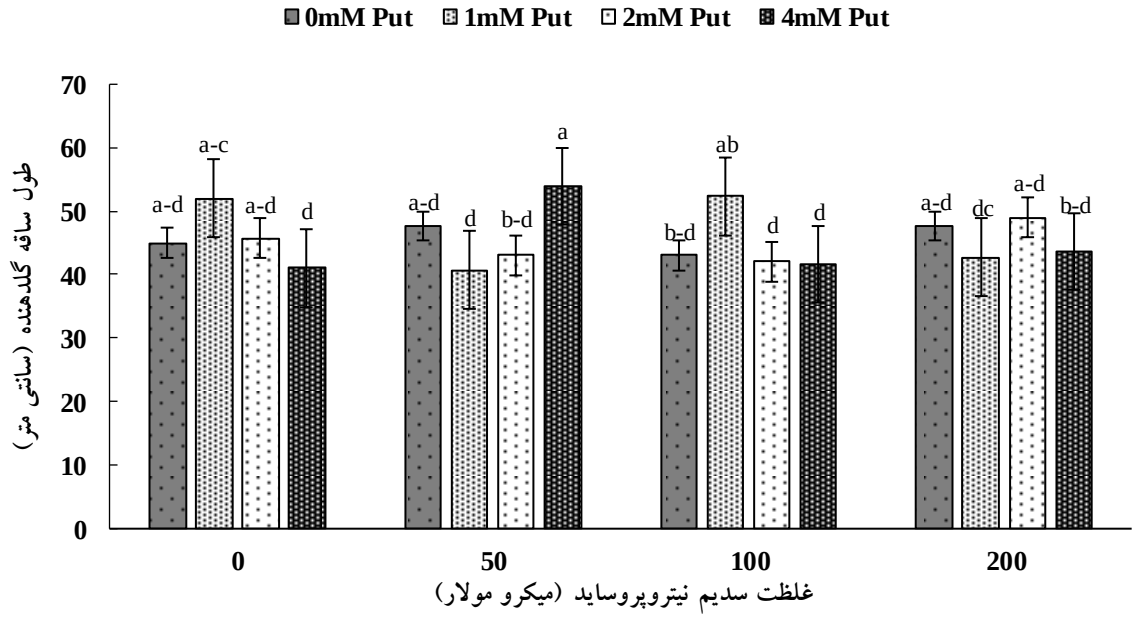
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات سدیم نیتروپروساید و پوترسین برشاخص‌های مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و عمر گلجای گل رز رقم آوالانچ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		طول ساقه گلدهنده	قطر ساقه گلدهنده	آنتوسیانین برگ	آنتوسیانین گلبرگ	گایاکول پراکسیداز	آسکوربات پراکسیداز	عمر گلجای
سدیم نیتروپروساید	۳	۵/۴۰۹^{ns}	۰/۵۱۴^{ns}	۷/۴۶۸**	۷۶/۰۷۳*	۱/۱۸۶**	۰/۰۰۴۶**	۲۱/۱۱**
پوترسین	۳	۹/۹۶۵^{ns}	۰/۶۴۹^{ns}	۳/۲۹۳*	۷۷/۲۵۸*	۰/۰۲۳**	۰/۰۰۰۶۴^{ns}	۷/۱۶۶^{ns}
سدیم نیتروپروساید×پوترسین	۹	۸۷/۲۰۶**	۳/۰۰۹**	۵/۶۵۲**	۱۴۷/۳۸۷**	۰/۱۰۷**	۰/۰۰۶۲**	۱۰/۸۷۰**
اشتباه آزمایشی	۳۲	۷/۱۶۶	۰/۴۰۸	۰/۸۳۴	۱۸/۵۲۱	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۰۵	۳/۴۱۶
ضریب تغییرات (٪)	–	۵/۸۵۹	۱۰/۵۰۶	۱۰/۷۱	۱۱/۲۰۴	۱۶/۳۲	۲۳/۶۱	۸/۵۹۷

****: معنی‌داری درسطح احتمال یک درصد، *: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ns: غیرمعنی‌دار**



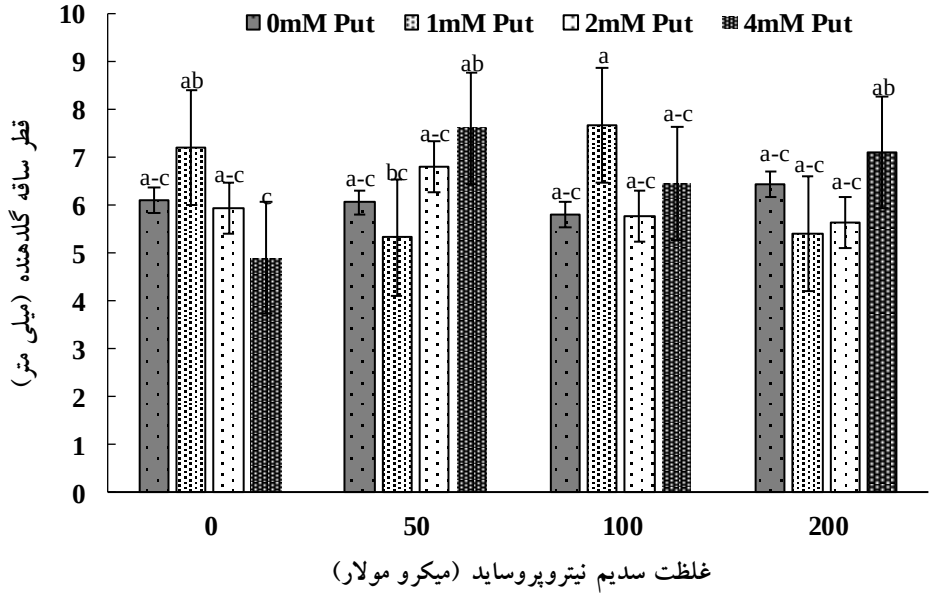
شکل ۱- اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر طول ساقه گلدهنده گل رز رقم آوالانچ. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد است.

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش مشخص شد که نیتریک اکسید نقش مثبتی در ارتفاع ساقه گلدهنده دارد. همان طور که می‌دانیم لیگنین یک پلی‌مر بسیار منشعب از سه الکل فنلی ساده است که در دیواره‌های سلولی، به‌ویژه در دیواره‌های ثانویه عناصر تراکئیدی آوند چوبی یافت می‌شود و موجب استحکام مکانیکی و سفتی ساقه‌های چوبی می‌گردد. معلوم شده است که افزایش لیگنین در دیواره‌های سلولی موجب افزایش وزن و ارتفاع ساقه می‌شود (Monzon *et al*., 2014). از سوی دیگر مشخص شده است که نیتریک اکسید باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های بیوسنتز لیگنین می‌شود (Gomez-Ros, 2012).

پلی‌آمین‌های سلولی باعث رشد گیاهان می‌شوند، مشخص

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]



شکل ۲- اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر قطر ساقه گلدهنده گل رز رقم آوالانچ. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد است.

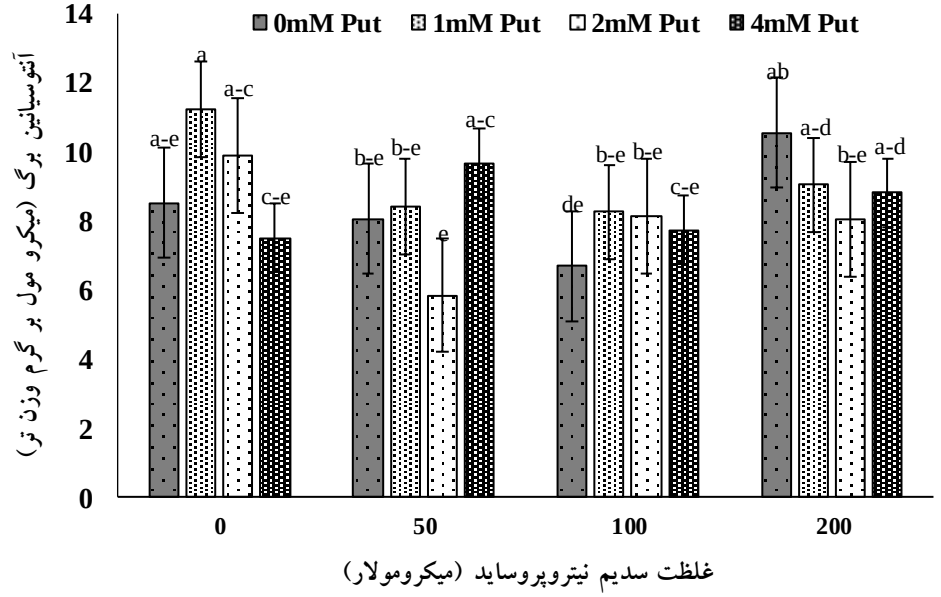
شده است که در نمونه‌های جهش یافته که توانایی تولید پلی‌آمین‌ها را ندارند توقف رشد در آن‌ها اتفاق می‌افتد و استفاده از پلی‌آمین‌ها در این نمونه‌ها توقف رشد را از بین می‌برد و رشد طبیعی صورت می‌گیرد (اثنی‌عشری و زکایی خسروشاهی، ۱۳۸۷).

نیتریک اکسید یک عامل اصلی در تنظیم تولید و فعالیت آنزیم سلولاز است که این آنزیم به‌واسطه سست‌نمودن دیواره اولیه به‌عنوان محرک اصلی در بزرگ‌شدن سلول به حساب می‌آید. همچنین نیتریک اکسید باعث تحریک تولید اکسین در شرایط عادی و طبیعی رشد گیاه و به‌ویژه در نقاط مریستمی می‌شود (اصغری، ۱۳۹۴). از طرفی پلی‌آمین‌ها در دامنه گسترده‌ای از فرآیندهای زیستی مانند رشدونمو، تقسیم یاخته‌ای و تمایزیابی نقش دارند و همچنین با افزایش جذب هیدروکربن در قسمت هوایی گیاهان مختلف، باعث افزایش طول و قطر ساقه می‌گردند (Abdel aziz *et al.*, 2009). از آن جایی که پلی‌آمین‌ها منجر به افزایش تولید نیتریک اکسید می‌گردند و متقابلاً نیتریک اکسید به‌واسطه تحریک ژن‌های آنزیم‌های سنتزکننده پلی‌آمین‌ها باعث تحریک تولید آن‌ها می‌شوند (اصغری، ۱۳۹۴). می‌توان گفت که در پژوهش حاضر نیتریک اکسید و پوترسین با اثر مثبت بر سنتز همدیگر باعث تحریک رشد شده‌اند و با تأثیر بر اکسین و سایتوکنین، و اثر آن‌ها بر رشد طولی ساقه و همچنین ارتباط بین لیگنین و دیواره‌های سلولی که باعث افزایش قطر ساقه و وزن آن می‌شود باعث افزایش ارتفاع و قطر و وزن ساقه گلدهنده شدند.

آنتوسیانین برگ: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) حاکی از آن است که اثرات اصلی غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر میزان آنتوسیانین برگ به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد و اثرات متقابل آن‌ها بر آنتوسیانین برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد (شکل ۳) که هیچ کدام از تیمارهای سدیم نیتروپروساید و پوترسین تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد در میزان آنتوسیانین برگ نشان ندادند. بیشترین مقدار آنتوسیانین برگ (۱۱/۲۳ میکرومول بر گرم وزن تر) مربوط به پوترسین یک میلی‌مولار بدون کاربرد سدیم نیتروپروساید و کمترین مقدار آنتوسیانین (۵/۸۵

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]



شکل ۳- اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و پوترسین برآنتوسیانین برگ رز رقم آوالانچ. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی درسطح احتمال یک درصد است.

میکرومول بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار ۵۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید همراه با پوترسین ۲ میلی‌مولار بود.

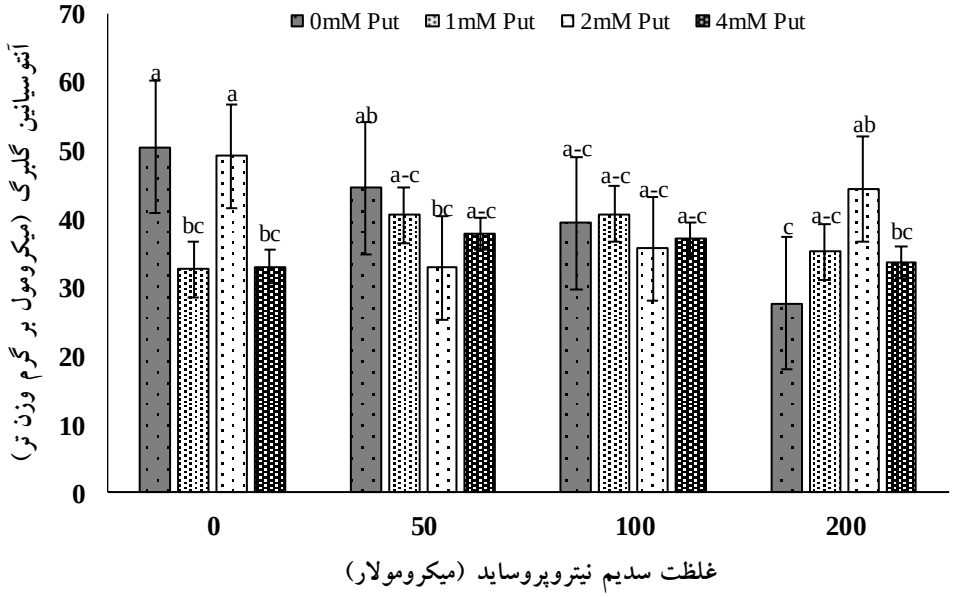
آنتوسیانین گلبرگ: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) مشاهده می‌شود که اثرات اصلی سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر آنتوسیانین گلبرگ در سطح پنج درصد معنی‌دار شدند و اثرات متقابل سدیم نیتروپروساید و پوترسین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۴) سدیم نیتروپروساید و پوترسین اثر معنی‌داری بر میزان آنتوسیانین گلبرگ نداشته و بیشترین میزان آنتوسیانین گلبرگ در پوترسین ۲ میلی‌مولار بدون کاربرد سدیم نیتروپروساید بود که با تیمار شاهد و غلظت‌های دیگر تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که سدیم نیتروپروساید تأثیر چندانی در افزایش میزان آنتوسیانین برگ و گلبرگ نداشت و حتی در مواردی باعث کاهش میزان آنتوسیانین نیز شده است. کاهش میزان آنتوسیانین در این آزمایش می‌تواند به این دلیل باشد که این پژوهش در شرایط بدون تنش انجام شده و آنتوسیانین‌ها به‌عنوان رنگیزه‌های محافظتی در شرایط تنش تولید می‌شوند. نتایج این پژوهش با نتایج نیک‌روش و همکاران (۱۳۹۵) که بیان کردند نیتریک اکسید در شرایط بدون تنش میزان آنتوسیانین را در کلزا کاهش داد مطابقت دارد. همچنین در آزمایش دیگری روی گلایول، نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نیتریک اکسید میزان آنتوسیانین نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (Meena and Afjal Ahmad, 2016).

نیتروژن می‌تواند تولید متابولیت‌های ثانویه مثل رنگدانه‌های فلاونوئیدی را کاهش دهد (آروین، ۱۳۹۸). مشخص شده است گیاهانی که تحت تنش نیتروژن بودند مقدار آنتوسیانین در آن‌ها زیاد شد (Liang and He, 2018). پلی‌آمین‌ها خود می‌توانند به‌عنوان منبع ازت برای گیاهان عمل کنند (Yousefi *et al.*, 2019). از طرف دیگر می‌توانند باعث افزایش جذب نیتروژن در گیاه شوند (Dastyaran, 2015). با توجه به پژوهش حاضر که پوترسین باعث کاهش مقدار آنتوسیانین شده و با افزایش غلظت آن میزان کاهش آنتوسیانین بیشتر شده می‌توان نتیجه گرفت که پلی‌آمین‌ها به‌دلیل اینکه در ساختار خود نیتروژن دارند و از طرفی باعث افزایش جذب نیتروژن در گیاه می‌شوند می‌توانند دلیل کاهش آنتوسیانین در گیاه باشند. از آن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]



شکل ۴- اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و پوترسین برآنتوسیانین گلبرگ گل رز رقم آوالانچ. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد است.

جایی که رنگ گل‌ها در رقم آوالانچ سفید است بنابراین، کاهش آنتوسیانین گلبرگ‌ها می‌تواند مهم باشد چرا که با کاهش آنتوسیانین، سفیدی گلبرگ‌ها بیشتر و خالص‌تر به نظر می‌رسد.

فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز برگ: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان‌دهنده این است که اثرات اصلی و متقابل غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید.

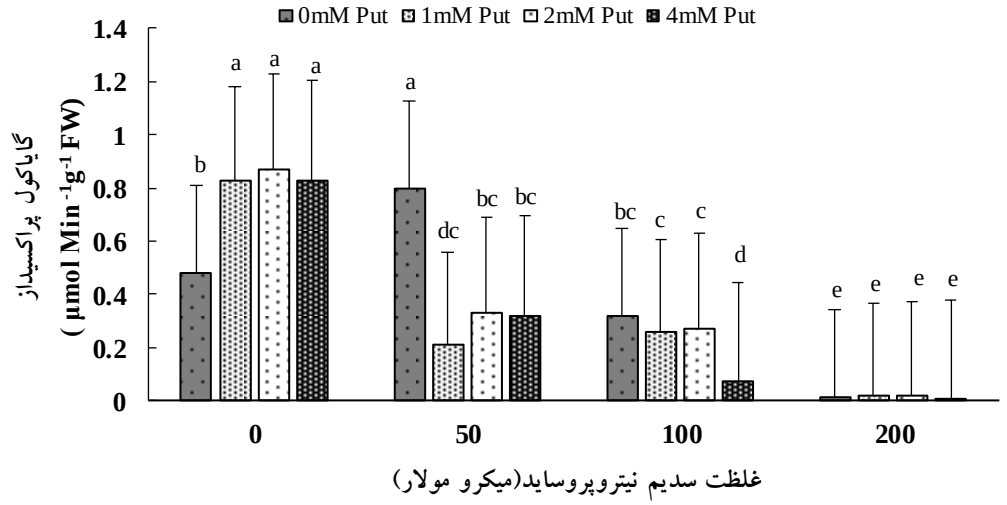
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۵) نشان داد که با افزایش غلظت سدیم نیتروپروساید و پوترسین میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز کاهش یافته به‌طوریکه کمترین میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (۰/۰۰۵ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تر) در تیمار ۲۰۰ میکرومولار نیتریک اکسید بود که اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان داد. کاربرد پوترسین بدون کاربرد سدیم نیتروپروساید باعث افزایش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز شد ولی غلظت‌های مختلف نسبت به هم اختلاف معنی‌داری نداشتند.

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز: همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) مشاهده می‌شود اثرات اصلی سدیم نیتروپروساید بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در سطح یک درصد معنی‌دار گردید ولی اثر اصلی پوترسین بر میزان فعالیت این آنزیم معنی‌دار نشد. اثرات متقابل آن‌ها بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در سطح یک درصد معنی‌دار گردید.

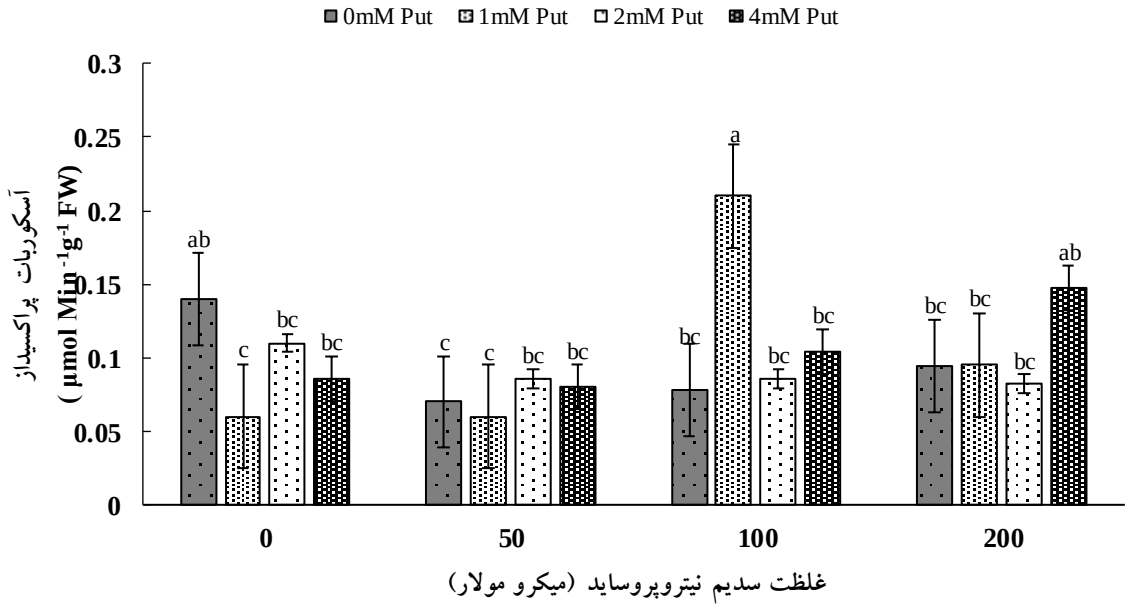
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۶) نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (۰/۲۱ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تر) مربوط به تیمار ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و یک میلی‌مولار پوترسین بود که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار نشان نداد و کمترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (۰/۰۶ میکرومول در دقیقه در گرم وزن تر) مربوط به تیمار یک میلی‌مولار پوترسین بود که با اغلب تیمارهای پوترسین و سدیم نیتروپروساید تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

گیاهان از طریق دو سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی (پراکسیدازها و کاتالاز) و غیرآنزیمی (کارتنوئیدها،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]



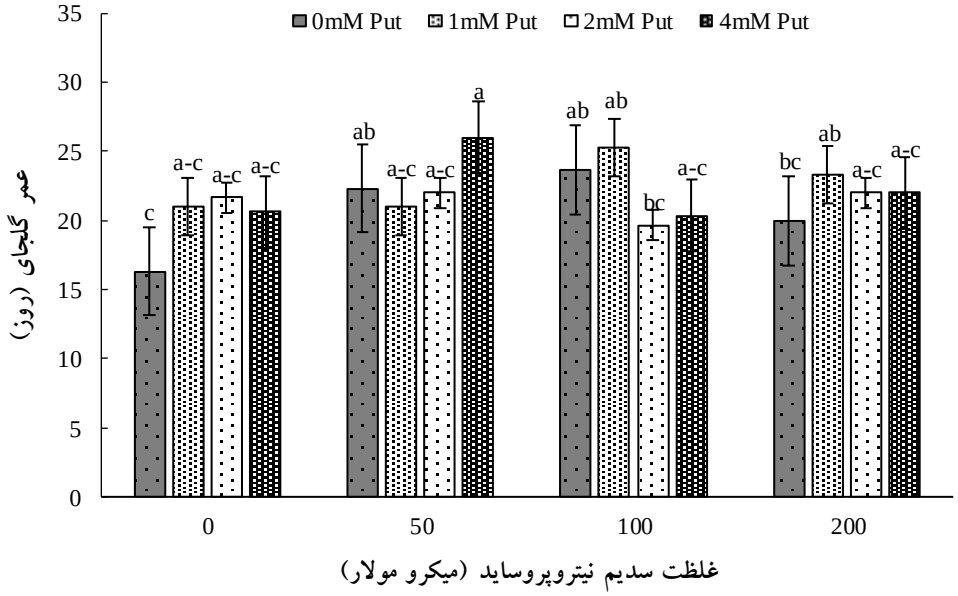
شکل ۵- اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز رز رقم آوالانچ. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد است.



شکل ۶- اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و پوترسین برآنزیم آسکوربات پراکسیداز رز رقم آوالانچ. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد است.

آلفاتوکوفرول، اسید آسکوربیک) سلول‌ها و سیستم‌های زیرسلولی را در برابر اثرات سمی رادیکال‌های فعال اکسیژن محافظت می‌کنند که مجموع این دو سیستم فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل را در بر می‌گیرد (کافی و همکاران، ۱۳۹۳). تیمار سدیم نیتروپروساید (به‌عنوان آزادکننده نیتریک اکسید) در این پژوهش باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز شد به‌طوریکه میزان فعالیت آنزیم‌ها در تیمار شاهد نسبت به اغلب تیمارهای به‌کار برده-شده در پژوهش حاضر بیشتر بود. این کاهش فعالیت آنزیم‌ها به عملکرد دو گانه نیتریک اکسید می‌تواند مربوط باشد چرا که

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]



شکل ۷- اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و پوترسین برآنزیم گایاکول پراکسیداز رز رقم آوالانچ. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد است.

این ماده در غلظت‌های کم خاصیت آنتی‌اکسیدانی داشته و در غلظت‌های زیاد، به‌عنوان یک اکسیدکننده قوی عمل می‌کند (اصغری، ۱۳۹۴). به‌نظر می‌رسد غلظت‌های زیاد سدیم نیتروپروساید در گیاه موجب کاهش فعالیت آنزیم‌ها شده است. این نتایج با نتایج بررسی نیتریک اکسید روی گیاه تنباکو مطابقت دارد که با کاربرد آن، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاهش یافت (Clark *et al.*, 2000).

در این پژوهش پوترسین تأثیر چندانی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نداشته مشابه نتایج مطالعه فوق، مطالعات انجام شده روی گیاهان مختلف نیز نشان داده است که پلی‌آمین‌های اگزوژن اثر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهان در شرایط بدون تنش نشان نمی‌دهند، در پژوهش‌هایی که روی نوعی چمن و خردل انجام گرفت نشان داد که در گیاهانی که هیچ گونه تنش دریافت نکردند پلی‌آمین‌ها تأثیری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نداشتند و حتی باعث کاهش در فعالیت آنزیم‌ها شدند (Mostafaei *et al.*, 2018; Sun *et al.*, 2019).

عمر گلجای: بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد که اثر اصلی سدیم نیتروپروساید بر عمر گلجای گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر اصلی پوترسین تأثیر معنی‌داری بر عمر گلجای گل نشان نداد و همچنین اثرات متقابل غلظت‌های مختلف نیتریک اکسید و پوترسین بر عمر گلجایی در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین دادها (شکل ۷) نشان داد که کاربرد توأم هر دو تیمار سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر عمرگلجای گل‌ها اثر مثبت داشت به‌طوریکه بیشترین عمر گلجای در غلظت ۵۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و چهار میلی‌مولار پوترسین مشاهده شد.

نیتریک اکسید می‌تواند باعث جلوگیری از تولید اتیلن و در نتیجه باعث کاهش سرعت شکسته‌شدن پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی شود. تولید گونه‌های فعال اکسیژن و پراکسید هیدروژن طی نگهداری محصولات به میزان زیادی اتفاق می‌افتد. اگرچه گونه‌های فعال اکسیژن می‌توانند به‌عنوان سیگنال‌ها و پیام‌های ثانویه برای فعال‌شدن مکانیسم‌های دفاعی سلول‌ها در مقابل شرایط نامناسب عمل کنند، اما تجمع زیاد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]

آن‌ها می‌تواند باعث افزایش اکسیداتیو در مولکول‌های زیستی و درنهایت موجب مرگ سلول شود. گفته می‌شود که نیتریک اکسید عامل تحریک تولید بسیاری از آنتی‌اکسیدان‌ها در محصولات برداشت‌شده است (اصغری، ۱۳۹۴). نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده این است که تیمار سدیم نیتروپروساید باعث افزایش عمر گلجای گل رز طی نگهداری در مرحله پس از برداشت‌شده که این افزایش عمر گلجای می‌تواند به اثر نیتریک اکسید در افزایش کربوهیدرات ذخیره‌ای گیاه در مرحله قبل از برداشت، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و اثر آن‌ها بر پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و پراکسید هیدروژن در مرحله پس از برداشت باشد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های انجام‌شده بر رز، سوسن شرقی، لاله و ژربرا که نشان می‌دهد نیتریک اکسید از طریق حفظ پروتئین‌های غشا باعث افزایش عمر گلجایی شد مطابقت دارد (Seyf *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2015; Salachna and Zawadzinska, 2018; Shabanian *et al.*, 2018).

با افزایش عمر سلول‌ها و بافت‌های گیاهی و طی پیری معمولاً غلظت پلی‌آمین‌ها کاهش می‌یابد که این منجر به تسریع در تولید اتیلن و درنتیجه افزایش فعالیت Acc سنتاز یا افزایش حساسیت بافت به فعالیت اتیلن می‌شود. پلی‌آمین‌ها با حذف رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از بیان ژن‌های کدکننده آنزیم‌های فوق و برخی آنزیم‌های تخریب‌کننده دیگر نظیر لیپوکسیژنازها، پراکسیدازها و لیپازها، عملاً باعث کاهش و یا جلوگیری از تولید اتیلن می‌شوند. همچنین پلی‌آمین‌ها با حفظ ساختارهای سلولی، کاهش تنفس و حفظ اسیدهای آلی در سلول‌ها باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده می‌شوند (اصغری، ۱۳۹۴). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که پوترسین تا حدودی توانسته باعث افزایش عمر گلجای شود که می‌تواند به‌دلیل خاصیت ضداتیلنی پلی‌آمین‌ها و اثر بر کاهش نشت یونی و محتوی مالون دی‌آلدئید باشد که با نتایج تحقیقات انجام‌گرفته در آلسترومریا، همیشه‌بهار، رز و آنتوریوم (البرز و همکاران، ۱۳۹۴؛ بنی‌اسدی و همکاران ۱۳۹۴؛ Hosseini Farahi *et al.*, 2013; Dastyaran, 2015) مطابقت دارد.

شاخص کلروفیل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که اثرات اصلی غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر اصلی زمان معنی‌دار نبود. همچنین اثرات متقابل سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر شاخص کلروفیل معنی‌دار شد ولی اثرات متقابل سدیم نیتروپروساید و زمان، پوترسین و زمان و همچنین اثر متقابل سه عامل سدیم نیتروپروساید، پوترسین و زمان بر همدیگر معنی‌دار نبودند.

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۸) در بین غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و پوترسین بیشترین میزان شاخص کلروفیل (SPAD ۵۷/۸۳) مربوط به تیمار ۵۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بدون کاربرد پوترسین است که تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت و کمترین میزان شاخص کلروفیل (به‌ترتیب با میزان ۴۱/۳۳ و SPAD ۴۱/۱۶) در تیمارهای یک میلی‌مولار پوترسین بدون کاربرد سدیم نیتروپروساید و ۵۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید همراه با ۴ میلی‌مولار پوترسین مشاهده شد.

رادیکال‌های آزاد اکسیژن اصلی‌ترین عامل در خسارت و تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی و پروتئین‌های ساختاری دستگاه فتوسنتزی هستند. نیتریک اکسید با از بین‌بردن رادیکال‌های آزاد و ممانعت از تولید ROS به‌عنوان مولکول حفاظتی از غشاهای کلروپلاست در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن عمل می‌کند و یا اینکه در مسیرهای متابولیکی کلروفیل به‌صورت مستقیم دخالت دارد (Hemati *et al.*, 2019). از طرفی، نیتریک اکسید باعث تحریک تولید ترکیبات فنلی مثل اسید سالسیلیک می‌شود (اصغری، ۱۳۹۴). اسید سالسیلیک با اثر آنتی‌اکسیدانی خود از کلروپلاست محافظت کرده و مانع از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های اکسیژن فعال می‌شود. با توجه به نتایج می‌توان گفت که نیتریک اکسید با از بین‌بردن اثرات سمی رادیکال‌های آزاد مانع از فعالیت آن‌ها و تخریب کلرفیل می‌شود که با نتایج گزارش‌ها در مورد سوسن شرقی، داوودی و ژربرا که نشان می‌دهد نیتریک اکسید مانع از تخریب

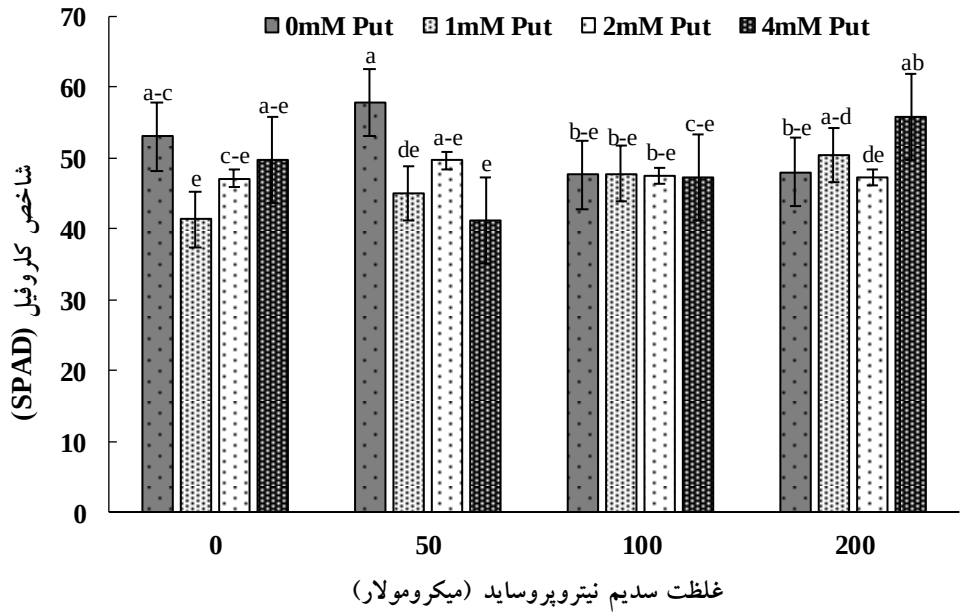
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]

جدول ۴- تجزیه واریانس اثرات سدیم نیتروپروساید، پوترسین و زمان بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک گل رز شاخه بریده رقم آوالانچ در دوره پس از برداشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		شاخص کلروفیل	پراکسید هیدروژن	نشت یونی
سدیم نیتروپروساید	۳	۷۲/۹۸۴**	۰/۶۳۹**	۱۲۰/۹۶**
پوترسین	۳	۱۰۹/۲۲۳**	۱/۳۶۲**	۶۵/۴۸^{ns}
زمان	۳	۴۵/۰۳۳^{ns}	۶۱/۲۴۵**	۵۰۱۰/۰۴۲**
سدیم نیتروپروساید × پوترسین	۹	۸۳/۱۹۴**	۸/۵۴۶**	۷۸/۲۶۳**
سدیم نیتروپروساید × زمان	۹	۲۳۰/۵۴۱^{ns}	۹/۷۹۷**	۶۱/۷۸۳*
پوترسین × زمان	۹	۹/۷۵۳^{ns}	۱/۲۴۶**	۳۷/۸۳ ^{ns}
سدیم نیتروپروساید × پوترسین × زمان	۲۷	۲۷/۶۹۷^{ns}	۵/۵۲۱**	۵۰/۵۱**
خطای آزمایشی	۱۲۸	۱۷/۸۸۲	۰/۱۳۱	۲۶/۴۹
ضریب تغییرات (٪)	–	۸/۵۱۰	۷/۱۴	۱۱

****: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌داری درسطح احتمال ۵ درصد، ns: غیرمعنی‌دار**



شکل ۸- اثر متقابل سدیم نیتروپروساید و پوترسین بر شاخص کلروفیل رز رقم آوالانچ. حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی-دار با آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد است.

کلروفیل در مرحله پس از برداشت می‌شود مطابقت دارد (Salachna *et al*., 2016; Yang *et al*., 2011; Hemati *et al*., 2019).

پلی‌آمین‌ها با اتصال به پروتئین‌ها، کلروفیل و سایر مولکول‌های مفید از تجزیه آن‌ها جلوگیری می‌کنند و باعث حفظ مقادیر پایه‌ای اکسین‌ها، سایتوکنین‌ها و جیبرلین‌ها و براسینواستروئید-

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]

ها می‌شود و از طرف دیگر با کاهش تولید اتیلن و عوامل تحریک‌کننده تخریب سلول باعث کاهش قدرت تخریب-کنندگی آن‌ها می‌شوند (اصغری، ۱۳۹۴). مطابق پژوهش حاضر در آزمایش‌هایی، که روی رز و داوودی انجام شد نشان داد که پوترسین مانع از تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی در مرحله پس از برداشت می‌شود (Mahros *et al*., 2013; Rubinowska *et al*., 2012).

پراکسید هیدروژن: همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) مشاهده می‌شود اثرات اصلی غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید، پوترسین و زمان و همچنین اثرات متقابل سدیم نیتروپروساید با پوترسین، سدیم نیتروپروساید با زمان، پوترسین با زمان و همچنین اثر متقابل سه عامل سدیم نیتروپروساید، پوترسین و زمان بر میزان پراکسید هیدروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۹) حاکی از آن است که بیشترین میزان پراکسید هیدروژن (به‌ترتیب با میزان ۱۰/۰۷ و ۱۰/۱۷ میکرومول بر گرم وزن تر) در تیمار ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید همراه با پوترسین ۴ میلی‌مولار در روز ۸ و ۱۲ بود که دارای تفاوت معنی‌داری با شاهد بود و کمترین میزان پراکسید هیدروژن (۲/۵۵ میکرومول بر گرم وزن تر) در تیمار ۲۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بدون کاربرد پوترسین در روز صفر بود.

پراکسید تشکیل‌شده طی پیری ممکن است باعث آغاز مرگ سلولی شود و به‌عنوان یک سیگنال قابل انتشار جهت القای ژن‌های مرتبط با دفاع در سلول‌های مجاور عمل کند. غلظت‌های کم رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) به خصوص H_2O_2 به‌عنوان مولکول‌های سیگنال آغازکننده چندین مکانیسم مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، تنش گرما و سرما شناخته شده‌اند. شواهد قابل‌توجهی وجود دارد که H_2O_2 نقش گسترده‌ای در واکنش‌های مقاومت ایفا می‌کند (Del Rio *et al*., 2018). همچنین برای اتصال عرضی به اجزای دیواره سلولی گیاهی (لیگنین و سوبرین) به‌عنوان بخشی از واکنش‌های دفاعی ساختاری نیاز است، همچنین ممکن است بیان ژن را در ارتباط با دفاع آنتی‌اکسیدانی و بیوسنتز فیتوالکسین تنظیم کند. با این حال، اگر تجمع ROS بیش از حد باشد تنش اکسیداتیو به‌صورت جدی می‌تواند رخ دهد و خسارت به غشاء غیرقابل بازگشت خواهد بود (Gupta *et al*.,2019). در این آزمایش، با نگهداری گل‌ها طی دوره پس از برداشت، غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید باعث کاهش پراکسید هیدروژن شده که این کاهش طی روند پیری و با گذشت زمان نیز مشاهده می‌شود، به‌طوریکه مانع از افزایش بیش از حد پراکسید هیدروژن شده است. از آن‌جا که پلی‌آمین‌ها ماهیت چند وجهی دارند و به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی از ساختارهای غشایی محافظت می‌کنند، در پژوهش حاضر، با افزایش غلظت پوترسین، کاهش در روند افزایشی پراکسید هیدروژن مشاهده شد. آزمایشی که روی لیزیانتوس انجام شد نشان داد که پوترسین با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانع از افزایش پراکسید هیدروژن می‌شود (Ataii *et al*., 2015).

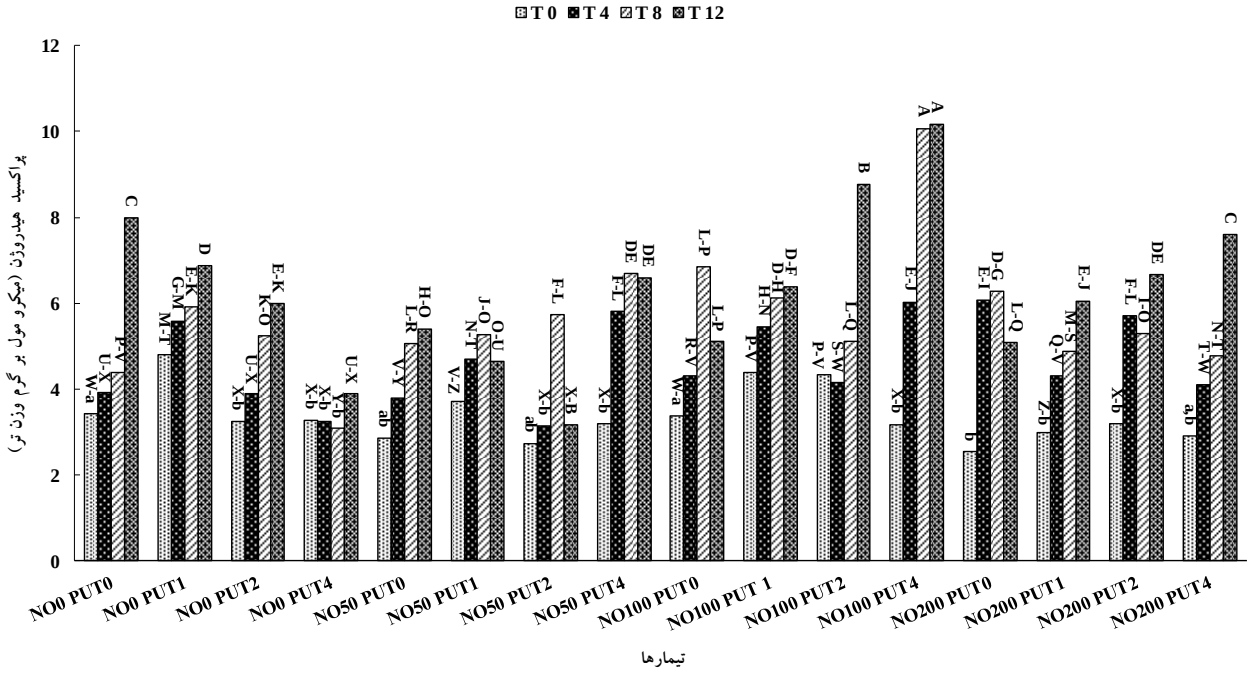
نشت یونی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان دهنده این بود که اثرات اصلی سدیم نیتروپروساید و زمان بر میزان نشت یونی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر اصلی پوترسین معنی‌دار نبود. اثرات متقابل سدیم نیتروپروساید با پوترسین و سدیم نیتروپروساید و زمان معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل پوترسین با زمان معنی‌دار نشد و همچنین اثرات متقابل سدیم نیتروپروساید، پوترسین و زمان در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱۰) نشان می‌دهد که بیشترین میزان نشت یونی (۶۷/۶۷ درصد) در تیمار شاهد روز ۱۲ بود. کمترین میزان نشت یونی (۲۵/۵۵ درصد) در تیمار۲۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بدون کاربرد پوترسین در روز صفر مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد.

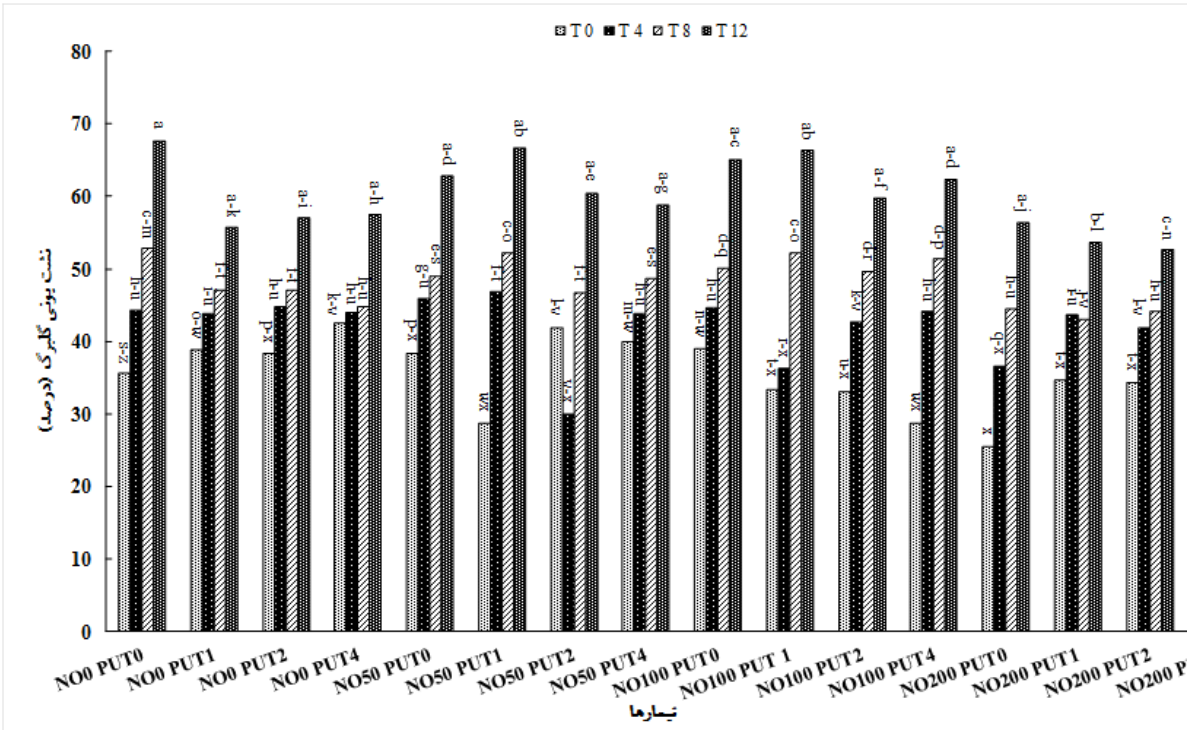
پیری معمولاً باعث اختلال در نفوذپذیری غشاء و افزایش نشت یونی با تحریک مسیرهای سیگنالینک گونه‌های اکسیژن فعال می‌شود. تخریب در گیاه باعث پراکسیداسیون لیپید از طریق تولید ROS می‌شود. بنابراین نشت غشا شاهدی بر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]



شکل ۹- اثر سه گانه سدیم نیتروپروساید، پوترسین و زمان بر میزان پراکسید هیدروژن گل رز رقم آوالانچ. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی دار با آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد است. (NO: سدیم نیتروپروساید (میکرومولار)، PUT: پوترسین (میلی-مولار)، T: زمان (روز)).



شکل ۱۰- اثر سه‌گانه سدیم نیتروپروساید، پوترسین و زمان بر میزان نشت یونی گلبرگ گل رز رقم آوالانچ. حروف غیرمشابه نشاندهنده وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد است. (NO: سدیم نیتروپروساید (میکرومولار)، PUT: پوترسین (میلی-مولار)، T: زمان (روز)).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]

افزایش نشت الکترولیت شناخته شده است. کاربرد نیتریک اکسیدیک اثر محافظتی در آسیب غشا القا می‌کند. نیتریک اکسید از طریق دو مکانیسم بسیار مهم، صدمات اکسیدی گیاهان را کاهش می‌دهد. در مکانیسم اول، نیتریک اکسید با رادیکال سوپراکسید ترکیب شده و تولید پروکسی نیتریت (ONOO) می‌نماید، سپس پروکسی نیتریت با پراکسید هیدروژن واکنش داده (حذف پراکسید هیدروژن) و باعث تولید یون نیتریت و اکسیژن می‌شود. در مکانیسم دوم، نیتریک اکسید به‌عنوان مولکول سیگنال‌دهنده عمل نموده و باعث افزایش فعالیت سیستم های آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌گردد (Shi *et al*., 2006). گزارش شده است که واکنش نیتریک اکسید با رادیکال‌های لیپید آلکوکسیل و پروکسیل سریع است و بنابراین می‌تواند از انتشار رادیکال‌های وابسته به اکسیداسیون لیپید با یک روش مستقیم جلوگیری کند. همچنین اثر حفاظتی نیتریک اکسید بر آسیب غشا در زوال و پیری نیز دیده شده است (Sheokand *et al*., 2008). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تیمار نیتریک اکسید تأثیر معنی‌داری در کاهش میزان نشت یونی نسبت به شاهد نشان داد.

پلی‌آمین‌ها به‌عنوان غیرفعال‌کننده‌های رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند و مانع از اکسیدشدن غشاهای سلولی می‌شوند بدین ترتیب مقاومت غشا را افزایش می‌دهند (Kukavica and Veljovic, 2004). اثرات کمکی پلی‌آمین‌ها ممکن است به علت اثرات آنتی‌اکسیدانی آن‌ها باشد که مانع از تخریب غشا سلولی شده و نشت یونی را کاهش می‌دهند (Velikova *et al*., 2000). همچنین پلی‌آمین‌ها از پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب ماکرومولکول‌ها جلوگیری می‌کنند و مشخص شده است که پلی‌آمین‌ها توانایی حفظ سیالیت غشا را به‌وسیله حذف رادیکال‌های آزاد دارند (Tang and Newton, 2005). با توجه به پژوهش حاضر کمترین میزان نشت یونی در مرحله برداشت مربوط به تیمار شاهد بود ولی طی دوره نگه‌داری، با تیمار پوترسین ۲ و ۴ میلی‌مولار نشت یونی روند افزایشی کمی داشته و مانع از تخریب در گیاه شدند که با پژوهش انجام گرفته روی لیزیانتوس که نشان داد پوترسین تا حدی موجب کاهش نشت یونی می‌شود مطابقت دارد. (Ataii *et al*., 2015).

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که سدیم نیتروپروساید (به‌عنوان منبع نیتریک اکسید) و پوترسین موجب بهبود برخی شاخص‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و پس از برداشتی گل رز رقم آوالانچ می‌شوند. نتایج نشان داد که بیشترین طول ساقه گل‌دهنده و عمر گلجای گل در تیمار ترکیبی سدیم نیتروپروساید ۵۰ میکرومولار و پوترسین ۴ میلی‌مولار حاصل شد و شاخص کلروفیل در دوره پس از برداشت، در تیمار سدیم نیتروپروساید ۵۰ میکرومولار بدون کاربرد پوترسین بیشترین مقدار را داشت. همچنین بیشترین قطر ساقه گلدهنده و آنزیم آسکوربات پراکسیداز در تیمار ترکیبی سدیم نیتروپروساید ۱۰۰ میکرومولار همراه با پوترسین ۱ میلی‌مولار به‌دست آمد. در بین غلظت‌های مختلف پوترسین، غلظت ۱ میلی‌مولار باعث افزایش آنتوسیانین برگ و گلبرگ شد. همچنین سدیم نیتروپروساید ۲۰۰ میکرومولار همراه با پوترسین ۱ و یا ۲ میلی‌مولار باعث کاهش میزان نشت یونی و پراکسید هیدروژن در تمام روزهای نمونه‌برداری شد. به‌طورکلی می‌توان گفت سدیم نیتروپروساید و پوترسین تأثیر مثبت و مطلوبی در بهبود شاخص‌های رشدی و پس از برداشتی گل رز داشتند ولی غلظت مؤثر بسته به نوع شاخص متفاوت بود.

منابع

آروین، پ. (۱۳۹۸) مطالعه سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر پارامترهای فیزیولوژیکی، مرفولوژیکی و محتوای اسانس در گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) ۳۲: ۴۷۳-۴۶۴.

اثنی‌عشری، م. و زکایی خسروشاهی، م.(۱۳۸۷) پلی‌آمین‌ها و علوم باغبانی. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا.

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]

البرز، ز.، حبیبی، ف. و مرتضوی، س. ن. (۱۳۹۴) اثر محلول‌پاشی پوترسین و اسپرمین بر افزایش عمر گلجایی آلسترومریا رقم سوکاری. به‌زراعی کشاورزی ۱۷: ۲۵۵-۲۴۱.

بنی‌اسدی، ف.، صفاری، و. ر. و مقصودی مود، ع. ا. (۱۳۹۴) تأثیر پوترسین و شوری بر ویژگی‌های مورفولوژیک، بیوشیمیایی و رنگیزه‌های گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.). علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۶: ۱۳۳-۱۲۵.

رحیمیان بوگر، ع. و صالحی، ح. (۱۳۹۲) تأثیر نیتریک اکساید و دور آبیاری بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل بریدنی گلایول. اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار.

کافی، م.، برزوئی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ج. (۱۳۹۳) فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. چاپ سوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

موسوی، ش.، اسدی‌صنم، س. و پژمان‌مهر، م. (۱۳۹۸) تغییرات ویژگی‌های مورفوفیزیولوژی و عملکرد اسانس برگ و گل سرخارگل (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) با کاربرد برگی سدیم نیتروپروساید (SNP) تحت تنش خشکی. علوم باغبانی ایران ۵۰: ۳۹۱-۳۷۵.

نیک‌روش، م.، خلدبرین، ب.، نژادستاری، ط. و نجفی، ف. (۱۳۹۵) اثر سدیم نیتروپروساید (SNP) بر برخی عوامل فیزیولوژیکی گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) تحت تنش خشکی. مجله پژوهش‌های گیاهی ۲۹: ۶۶۴-۶۵۸.

Abdel Aziz, N. G., Taha Lobna, S. and Ibrahim Soad, M. M. (2009) Some studies on the effect of putrescine, ascorbic acid and thiamine on growth, flowering and some chemical constituent of Gladiolus plants at Nuberia. Ozean Journal of Applied Sciences 2: 169-179.

Ahmad, A., Khan, W. U., Shah, A. A., Yasin, N. A., Naz, S., Ali, A., Tahir, A. and Batool, A. I. (2021) Synergistic effects of nitric oxide and silicon on promoting plant growth, oxidative stress tolerance and reduction of arsenic uptake in *Brassica juncea*. Chemosphere 262: 128384.

Alcazar, R., Altabella, T., Marco, F., Bortolotti, C., Reymond, M., Koncz, C., Carrasco, P. and Tiburcio, A. F. (2010) Polyamines: Molecules with regulatory functions in plant abiotic stress tolerance. Planta 231: 1237-1249.

Ataii, D., Khandan-Mirkohi, A. and Naderi, R. (2015) Exogenous putrescine delays senescence of Lisianthus cut flowers. Journal of Ornamental Plants 3: 167-174.

Chakrabarty, D., Verma, A. K. and 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.

Chen, D., Shao, Q., Yin, L., Younis, A. and Zheng, B. (2019) Polyamine function in plants: Metabolism, regulation on development, and roles in abiotic stress responses. Frontiers in Plant Science 9: 1945.

Clark, D., Durner, J., Navarre, D. A. and Klessig, D. F. (2000) Nitric oxide inhibition of tobacco catalase and ascorbate peroxidase. Molecular Plant-Microbe Interactions 13: 1380-1384.

Dastyaran, M. (2015) Effect of humic acid and exogenous putrescine on vase life and leaf macro elements status of hydroponic cultured Rose. Agricultural Communication 3: 43-49.

Del Rio, L. A., Corpas, F. J., Lopez-Huertas, E. and Palma, J. M. (2018) Plant superoxide dismutase: Function under abiotic stress conditions. In: Antioxidants and Antioxidant Enzymes in Higher Plants. (eds. Gupta, D. K., Palma, J. M. and Corpas, F. J.) Pp.1-26. Springer, Cham,

Deng, Y., Wang, C., Huo, J., Hu, W. and Liao, W. (2019) The involvement of NO in ABA-delayed the senescence of cut roses by maintaining water content and antioxidant enzymes activity. Scientia Horticulturae 247: 35-41.

Gomez-Ros, L. V., Gabaldon, C., Nunez-Flores, M. J. L., Gutierrez, J., Herrero, J., Zapata, J. M., Sottomayor, M., Cuello, J. and Barcelo, A. R. (2012) The promoter region of the *Zinnia elegans* basic peroxidase isoenzyme gene contains cis-elements responsive to nitric oxide and hydrogen peroxide. Planta 236: 327-342.

Gupta, D. K., Palma, J. M. and Corpas, F. J. (2019) Nitric oxide and hydrogen peroxide signaling in higher plants. Springer.

Habba, E. E., Abdel Aziz, N. G., Sarhan, A. M. Z., Arafa, A. M. S. and Youssefi, N. M. (2016) Effect of putrescine and growing media on vegetative growth and chemical constituents of *Populus euramericana* plants. Journal of Innovations in Pharmaceuticals and Biological Sciences 3: 61-73.

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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]

Hosseini Farahi, M., Khalighi, A., Kholdbarin, B., Mashhadi Akbar-Boojar, M. and Eshghi, S. (2013) Morphological responses and vase life of *Rosa hybrida* cv. Dolce Vita to polyamines spray in hydroponic system. World Applied Sciences Journal 21: 1681-1686.

Janna, O. A., Khairul, A., Maziah, M. and Mohd, Y. (2006) Flower pigment analysis of *Melastoma malabathricum.* African Journal of Biotechnology 5: 170-174.

Kahrobaiyan, M., Nemati, S. H., Rahemi, M., Kholdebarin, B. and Tehranifar, A. (2019) Morphological responses of ornamental sunflower to putrescine treatment under drought conditions. Applied Ecology and Environmental Research 17: 6117-6127.

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

Kukavica, B. and Veljovic-Jovanovic, S. (2004) Senescence-related changes in the antioxidant status of ginkgo and birch leaves during autumn yellowing. Physioliologia Plantarum 122: 321-327.

Liang, J. and He, J. (2018) Protective role of anthocyanins in plants under low nitrogen stress. Biochemical and Biophysical Research Communications 498: 946-953.

Lua, P., He, S., Li, H., Cao, J. and Xu, H. (2010) Effects of nano-silver treatment on vase life of cut flower rose cv. Movie Star flowers. Journal Food Agriculture and Environment 8: 1118-1122.

Mahros, K. M., El-saady, M. B., Mahgoub, M. H., Afaf, M. H. and El-Sayed, M. L. (2013) Effect of putreseine and uniconazole treatments on flower character and photosynthetic pigments of (*Chrysanthemum indicum* L.). Plant Journal of American Science 7: 399-408.

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

Monzon, G. C., Pinedo, M., Di Rienzo, J., Novo-Uzal, E., Pomar, F., Lamattina, L. and de la Canal, L. (2014) Nitric oxide is required for determining root architecture and lignin composition in sunflower. Supporting evidence from microarray analyses. Nitric Oxide 39: 20-28.

Mostafaei, E., Zehtab-Salmasi, S., Salehi-Lisar, Y. and Ghassemi-Golezani, K. (2018) Changes in photosynthetic pigments, osmolytes and antioxidants of Indian Mustard by drought and exogenous polyamines. Acta Biologica Hungarica 69: 313-324.

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

Rubinowska, K., Pogroszewska, E. and Michalek, W. (2012) The effect of polyamines on physiological parameters of post-harvest quality of cut stems of Rosa 'Red Berlin'. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 11:81-96.

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

Salachna, P., Zawadzinska, A., Wierzbinski, L. and Senderek, W. (2016) Enhancing growth in *Eucomis autumnalis* (Mill.) Chitt. seedlings with exogenous application of nitric oxide. Journal of Horticultural Research 24: 13-17.

Seyf, M., Khaligh, A., Mostofi, Y. and Naderi, R. (2012) Effect of sodium nitroprusside on vase life and postharvest quality of a cut rose cultivar (*Rosa hybrida* Utopia). Journal of Agricultural Science 4: 174-181.

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.

Sheokand, S., Kumari, A. and Sawhney, V. (2008) Effect of nitric oxide and putrescine on antioxidative responses under NaCl stress in chickpea plants. Physiology and Molecular Biology of Plants 14: 335-362.

Shi, H., Liu, W., Wei, Y. and Ye, T. (2017) Integration of auxin/indole-3-acetic acid 17 and RGA-LIKE3 confers salt stress resistance through stabilization by nitric oxide in Arabidopsis. Journal of Experimental Botany 68: 1239-1249.

Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q. and Qian, Q. (2006) Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. Plant Growth Regulation 48: 127-135.

Sujatha, S., Tejaswini, P. and Laxman, R. H. (2020) Biomass, carbon and nutrient stocks in different categories of rose (*Rosa* spp.) for optimizing input use. Journal of Plant Nutrition 43: 2425-2444.

Sun, X., Xie, L. and Han, L. (2019) Effects of exogenous spermidine and spermine on antioxidant metabolism associated with cold-induced leaf senescence in Zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud.). Horticulture, Environment, and Biotechnology 60: 295-302.

Tang, W. and Newton, J. R. (2005) Polyamines reduced salt induced oxidative damage by increasing the activities of antioxidant enzymes and decreasing lipid peroxidation in *Virginia pine*. Plant Growth Regulation 46: 31-43.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]

Upadhyaya, A., Sankhla, D., Davis, T. D., Sankhla, N. and Smith, B. N. (1985) Effect of paclobutrazol on the activities of some enzymes of activated oxygen metabolism and lipid peroxidation in senescing soybean leaves. Journal of Plant Physiology 121: 453-461.

Velikova, V., Yordanov, I. and Edreva, A. (2000) Oxidative stress and some antioxidant system in acid-rain treated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. Plant Science 151: 59-66.

Vukajlovic, D., van Veghel, H. and Durovic, S. (2017) Economic justification for floriculture development in Serbia. Economics of Agriculture 64: 687-699.

Vuosku, J., Karppinen, K., Muilu-Makela, R., Kusano, T., Sagor, G. H. M. and Avia, K. (2018) Scots pine aminopropyltransferases shed new light on evolution of the polyamine biosynthesis pathway in seed plants. Annals of Botany 121: 1243-1256.

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.

Wang, M., Li, B., Zhu, Y. C., Niu, L. J., Jin, X., Xu, Q. Q. and Liao, W. B. (2015) Effect of exogenous nitric oxide on vegetative and reproductive growth of oriental lily 'Siberia'. Horticulture, Environment and Biotechnology 56: 677-686.

Wurm, C. J. and Lindermayr, C. (2021) Nitric oxide signaling in the plant nucleus: The function of nitric oxide in chromatin modulation and transcription. Journal of Experimental Botany 72: 808-818.

Yang, W., Sun, Y., Chen, S., Jiang, J., Chen, F., Fang, W. and Liu, Z. (2011) The effect of exogenously applied nitric oxide on photosynthesis and antioxidant activity in heat stressed chrysanthemum. Biologia Plantarum 55: 737-740.

Yousefi, F., Jabbarzadeh, Z., Amiri, J. and Rasouli-Sadaghiani, M. H. (2019) Response of Roses (*Rosa hybrida* L.'Herbert Stevens') to foliar application of polyamines on root development, flowering, photosynthetic pigments, antioxidant enzymes activity and NPK. Scientific Reports 9: 1-11.

Zeng, C. L., Liu, L. and Xu, G. Q. (2011) The physiological responses of carnation cut flowers to exogenous nitric oxide. Scientia Horticulturae 127: 424-430.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]

Investigation of some growth and biochemical and post-harvest characteristics of *Rosa hybrida* cv. Avalanche cut flower using combined application of sodium nitroprusside and putrescine

Roghayeh Abdi and Zohreh Jabbarzadeh*

Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia
(Received: 09/12/2021, Accepted: 31/01/2022)

Abstract

Rose with scientific name *Rosa hybrida* is one of the important ornamental plants and one of the 10 top cut flowers in the world. To investigate the effects of foliar application of sodium nitroprusside (as nitric oxide source) and putrescine on some growth and flowering characteristics of Rose 'Avalanche', an experiment was conducted as a factorial trial in a completely randomized design with two factors including: sodium nitroprusside in four concentrations of control, 50, 100 and 200 µM and putrescine in four concentrations of control, 1, 2 and 4 Mm with 3 replications under soilless conditions in the greenhouse as well as in pots for 4 months. The results showed that 50 µM sodium nitroprusside ramped up chlorophyll index and guaiacol peroxidase activity (to 2 times). Also, with concomitant use of 50 µM sodium nitroprusside together with 4 mM putrescine, it increased the flowering stem length and vase life up to 20%. Also, application of 100 µM sodium nitroprusside together with 1 mM putrescine caused an increase in hydrogen peroxide activity and diameter of flowering scape. Among different concentrations of putrescine, a concentration of 1 mM caused an increase in anthocyanin content of leaf and flower. Also, 200 µM sodium nitroprusside along with 1 and/or 2 mM putrescine decreased ion leakage and hydrogen peroxide content in all of the sampling days. In general, it was found that sodium nitroprusside and putrescine had a positive and favorable effect on the improvement of growth and post-harvest indices, but the effective concentration varied depending on the type of index.

Keywords: Anthocyanin, Nitric oxide, Polyamine, Rose, Vase life

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.3.8]