

بررسی اثر سدیم نیتروپروساید بر بهبود عمر پس از برداشت گل رز

رقم‌های Utopia و Dolce Vita

نازدار میرزایی اسگندیان، زهره جبارزاده*

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۳۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۷/۱۷)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سدیم نیتروپروساید بر عمر گلجایی گل رز بریدنی رقم‌های Utopia و Dolce Vita آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور و شش تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل دو رقم شاخه بریده رز، و فاکتور دوم چهار غلظت سدیم نیتروپروساید شامل صفر (شاهد)، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میکرومولار بود که به صورت تیمار پالسی اعمال شد. فاکتور سوم طول مدت اعمال تیمارها در دو زمان ۲۴ و ۴۸ ساعت بود. نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها در پژوهش حاضر نشان داد تیمار سدیم نیتروپروساید تأثیر معنی‌داری بر عمر گلجایی، فعالیت آنزیم کاتالاز، نشت یونی و قطر گل، در سطح احتمال ۱ درصد و بر وزن تر و خشک گل و ساقه، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز و میزان جذب آب در سطح احتمال ۵ درصد داشت. بیشترین عمر گلجایی در رقم Utopia مربوط به سدیم نیتروپروساید ۴۰ میکرومولار و زمان ۴۸ ساعت و در رقم Dolce Vita مربوط به غلظت ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و زمان ۴۸ ساعت بود. بیشترین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در غلظت‌های ۴۰ و ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید به دست آمد. در کل، نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد، استفاده از ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و زمان ۴۸ ساعت در رقم Utopia و غلظت ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و زمان ۴۸ ساعت در رقم Dolce Vita بهترین تیمارها بودند که توانستند صفات مورد بررسی را بهبود بخشند.

کلمات کلیدی: آنزیم آسکوربات پراکسیداز، تیمار پالسی، سدیم نیتروپروساید، رز، عمر گلجایی، نشت یونی

مقدمه

شاخه‌بریدنی تحت تأثیر سه عامل اصلی است: شرایط رشد قبل از برداشت گیاه، حضور اتیلن که باعث تشدید پیری بسیاری از گل‌ها می‌شود و میکروارگانسیم‌ها که باعث انسداد آوندی شده و عمر گل را کاهش می‌دهند (Abdolmaleki et al., 2015). پیری نتیجه یک سری تغییرات فیزیولوژیک و متابولیکی است که سرانجام به مرگ سلول، اندام یا موجود زنده می‌انجامد. انواع گونه‌های اکسیژن فعال برخلاف اکسیژن

رز (*Rosa hybrida* L.) متعلق به خانواده Rosaceae از با ارزش‌ترین گل‌های شاخه‌بریدنی در جهان است (Liao et al., 2012). از مشکلات اصلی گل‌های شاخه‌بریدنی عمر کوتاه پس از برداشت و پیری است که از دلایل اصلی آن تنش آبی است که موجب پیری زودرس، خمیدگی و پژمردگی گل می‌شود (Seyf et al., 2012). عمر گلجایی گل‌های

اتمسفری، از میل ترکیبی بسیار زیادی برای واکنش با تمامی ماکرومولکول‌های زیستی سلول برخوردارند، به طوری که این ترکیبات با پروتئین‌ها، لیپیدها و نوکلئوتیدهای موجود در سلول واکنش داده، باعث تخریب و غیرفعال شدن پروتئین، آسیب به غشا و تجزیه پلی‌ساکاریدها می‌شوند. سلول‌های گیاهی برای مقابله با اثرات مخرب انواع گونه‌های اکسیژن فعال، از یک سری مکانیسم‌های دفاعی برخوردارند که آنها را قادر می‌سازند تا با جمع‌آوری انواع اکسیژن فعال از آسیب به ساختارهای اساسی سلول پیشگیری نمایند. مکانیسم‌های دفاعی سلول شامل آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی مانند آسکوربات، گلوکاتینون، توکوفرول، کارتنوئیدها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز است (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۳).

اخیراً مواد شیمیایی مختلفی جهت بهبود عمر پس از برداشت گل‌های شاخه‌بریدنی استفاده شده‌اند. نیتریک اکسید (NO) ماده‌ای شیمیایی است که اخیراً برای افزایش عمر پس از برداشت تولیدات باغبانی به‌ویژه گل‌های شاخه‌بریدنی استفاده می‌شود (Seyf et al., 2012). نیتریک اکسید یک مولکول کوچک، نسبتاً پایدار، متحرک و یک رادیکال گازی با فعالیت زیستی زیاد است (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۳). این ماده نقش مهمی در برخی فرآیندهای گیاهی دارد از جمله: تأخیر پیری، بستن روزنه‌ها، تولید کلروفیل و آنتوسیانین، رشد، تنظیم کانال‌های یونی سلول‌های محافظ، عملکرد میتوکندری و کلروپلاست، جوانه‌زنی بذر، طول‌شدن هیپوکوتیل، تمایز آوند چوب و تنظیم فتوسنتز (Seyf et al., 2012). این گاز اثر متقابل با اتیلن دارد و بازدارنده فعالیت و سنتز آن در گیاهان عالی از طریق غیرفعال‌سازی آنزیم‌های ACC سنتتاز و ACC اکسیداز است. طبیعت گازی این ترکیب مانع استفاده تجاری از آن است. سدیم نیتروپروساید (SNP) از رایج‌ترین ترکیبات تجاری تولیدکننده نیتریک اکسید است (Ghadi, 2014; Seyf et al., 2012).

در آزمایشی، تأثیر سدیم نیتروپروساید در چهار غلظت صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میکرومول در لیتر در رز رقم سنسیرو

بررسی شد. نتایج نشان داد که غلظت ۴۰ میکرومول در لیتر سدیم نیتروپروساید، میزان پروتئین برگ‌ها و گلبرگ‌ها و میزان فعالیت پراکسیداز برگ‌ها و غلظت ۶۰ میکرومول در لیتر این ماده، میزان فعالیت کاتالاز گلبرگ‌ها را افزایش داد (طالبی و همکاران، ۱۳۹۲). کاربرد سدیم نیتروپروساید (SNP) بر گل شاخه‌بریدنی مریم در سه غلظت صفر، ۱ و ۱۰ میکرومولار موجب افزایش عمر گلجایی، افزایش درصد بازشدن گلچه، کاهش نشت یونی، افزایش فعالیت آنزیمی آنتی‌اکسیدانی گایاکول پراکسیداز (GPX) و آسکوربات پراکسیداز (APX) نسبت به شاهد شد (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۳). آزمایشی جهت بررسی اثر غلظت‌های صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بر درصد گلچه‌های باز، نیمه‌باز و پژمرده و عمر گلجایی گل گلابول انجام گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که سدیم نیتروپروساید سبب افزایش عمر گلجایی، درصد گلچه‌های باز و نیمه‌باز و کاهش درصد گلچه‌های پژمرده شد. مؤثرترین غلظت‌های سدیم نیتروپروساید بر گلچه‌های باز، نیمه‌باز و پژمرده و عمر گلجایی به ترتیب ۰/۵، ۱ و ۰/۵ میکرومولار بود (دهقان نیری و همکاران، ۱۳۹۳).

تأثیر غلظت‌های صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار SNP بر گل‌های شاخه‌بریدنی رز و گلابول بررسی شد و نتایج نشان‌دهنده افزایش پروتئین‌های محلول، افزایش میزان جذب محلول، افزایش عمر گلجایی و افزایش وزن تر نسبت به شاهد شد (Dwivedi et al., 2016; Seyf et al., 2012). اثر SNP بر سوسن شاخه بریده در غلظت‌های صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میکرومولار نیز موجب افزایش عمر گلجایی نسبت به شاهد شد (Dhiman and Parkash, 2013).

با توجه به موارد فوق، اثرات مفید سدیم نیتروپروساید در بهبود عمر پس از برداشت و تأخیر در پیری گل‌های بریدنی در برخی گل‌ها بررسی شده است ولی اینکه آیا تأثیر این ماده بسته به رقم متفاوت خواهد بود؟ و اینکه آیا در تیمارهای پالسی این ماده می‌توان با افزایش طول مدت تیمار، در عمر پس از برداشت گل‌ها تفاوتی ایجاد کرد؟ بررسی نشده بود که در پژوهش حاضر، تأثیر تیمار پالسی این ماده با مدت

به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه شیکر قرار داده شدند سپس EC1 خوانده شد. همان نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو و در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از خنک شدن محلول، EC2 نیز خوانده شد و میزان نشت یونی از فرمول $100 \times [EC1/EC2]$ محاسبه گردید.

به منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز گلبرگ، ابتدا عصاره گیاهی مطابق روش Kang و Saltveit (۲۰۰۲) تهیه شد. بدین منظور ۰/۵ گرم از بافت گیاهی همراه با بافر استخراج (pH=۷/۵) که حاوی یک میلی‌مولار Na-EDTA، ۳ میلی‌مولار منیزیم کلرید و ۵۰ میلی‌مولار Tris-Base بود با کمک ازت مایع روی یخ ساییده شدند. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز از روش Aebi (۱۹۸۴) استفاده شد. مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH=۷/۵ (تهیه بافر فسفات: محلول اول حاوی ۹/۶ گرم سیتریک اسید حل شده در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و محلول دوم شامل ۷/۰۹ گرم دی‌سدیم هیدروژن فسفات حل شده در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر است. سپس از محلول اول ۵/۲۲ میلی‌لیتر برداشته و ۶۹/۵ میلی‌لیتر از محلول دوم مخلوط و حجم محلول به ۲۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد)، ۰/۲ میلی‌لیتر هیدروژن پراکسید یک درصد و ۰/۳ میلی‌لیتر عصاره استخراجی بود. سپس فعالیت آنزیم کاتالاز به صورت کاهش در جذب طی یک دقیقه در طول موج ۲۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر محاسبه شد. برای سنجش فعالیت کاتالاز از ضریب خاموشی ($43.6 \text{ Mm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) استفاده شد. میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از رابطه ۱ به دست آمد.

رابطه ۱

$$\text{Unit} \left(\frac{\text{mM}}{\text{min}} \right) = \frac{\text{doD}/\text{min}(\text{slope}) \times \text{Vol. of assay} (0.0003)}{\text{Extinction Coefficient} (43.6)}$$

Extinction Coefficient = ضریب خاموشی

doD/min(slope) = اختلاف دو عدد خوانده شده در یک دقیقه

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در تمام تیمارها و تکرارها با استفاده از روش Nakano و Asada (۱۹۸۱) اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH=۷ (شامل ۰/۱ میلی‌مولار EDTA

زمان‌های مختلف بر عمر گلجایی شاخه بریدنی رز دو رقم Utopia و Dolce Vita مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام پژوهش، گل‌های رز دو رقم Dolce Vita و Utopia از گلخانه‌های تولیدی کاسپین گل پاریسیان در قزوین خریداری شدند. بلافاصله به گلخانه‌های تولیدی- پژوهشی دانشگاه ارومیه به صورت حمل در آب، منتقل شدند. ارتفاع و قطر همه گل‌ها یکسان و به ترتیب ۷۵ و ۲/۵-۲ سانتی‌متر بود. شرایط نگهداری گل‌ها دمای 20 ± 2 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۷۵ درصد و شدت نور ۱۱۰۰ لوکس بود. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تکرار و سه فاکتور شامل دو رقم شاخه‌بریدنی رز (Dolce Vita و Utopia) چهار غلظت سدیم نیتروپروساید (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میکرومولار) و در دو زمان (۲۴ و ۴۸ ساعت) به صورت تیمار پالسی اجرا شد. گیاه شاهد در آب مقطر قرار داده شد. بعد از تیماردهی، گل‌ها در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به همراه نیم گرم در لیتر ساکارز و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر سیتریک اسید قرار داده شدند.

در این پژوهش، شاخص‌های زیر مورد بررسی قرار گرفتند: میزان جذب آب (آب جذب شده از ۵۰۰ میلی‌لیتر اولیه با کمک استوانه مدرج اندازه‌گیری شد)، قطر گل (اندازه‌گیری از بالای محل اتصال غنچه گل به شاخه گل‌دهنده با کمک کولیس دیجیتالی)، وزن تر و خشک گل و ساقه گل‌دهنده (جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در آن ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند. لازم به ذکر است که وزن تر و خشک نمونه‌ها به کمک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد). عمر گلجایی (پایان عمر گلجایی، زمانی که گل‌ها خمیده شده و ارزش اقتصادی خود را از دست داده بودند، تعیین شد).

اندازه‌گیری نشت یونی به روش Lutts و همکاران (۱۹۹۶) (روش کار بدین صورت بود که با کمک یک شی مدور، قطعاتی از گلبرگ‌ها تهیه شدند و در ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر

دارد (Seyf et al., 2012). وجود اختلاف در عمر گلجایی و غلظت سدیم نیتروپروساید در آزمایش انجام شده می‌تواند به علت تفاوت در رقم باشد.

جذب اولیه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر متقابل رقم، سدیم نیتروپروساید و زمان در سطح احتمال ۵ درصد، تأثیر معنی‌داری بر میزان جذب اولیه داشت، بیشترین میزان جذب (۳۵۰ میلی‌لیتر) مربوط به تیمار ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و زمان ۴۸ ساعت در رقم Dolce Vita بود که نسبت به شاهد (۱۷۶ میلی‌لیتر) تقریباً دو برابر افزایش جذب نشان داد. در رقم Utopia نیز در تیمار ۴۸ ساعت، غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید تفاوت معنی‌داری با شاهد در میزان جذب داشتند اما این دو غلظت تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. در تیمار ۲۴ ساعت این رقم، تفاوت معنی‌داری در جذب اولیه دیده نشد (شکل ۲).

جذب ثانویه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۱ نشان داد که اثرات متقابل رقم، سدیم نیتروپروساید و زمان در سطح احتمال ۱ درصد، تأثیر معنی‌داری بر میزان جذب ثانویه داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان جذب (۱۲۰ میلی‌لیتر) مربوط به رقم Utopia در غلظت ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در زمان ۲۴ ساعت بود و کمترین میزان جذب این رقم در تیمار ۴۸ ساعت، مربوط به غلظت ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بود، غلظت‌های ۶۰ و ۲۰ میکرومولار تیمار ۴۸ ساعت این رقم تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند. در رقم Dolce Vita نیز سدیم نیتروپروساید در غلظت ۶۰ میکرومولار و تیمار ۴۸ ساعت در سطح ۵ درصد تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد بر جذب ثانویه داشت، البته این مقدار با تیمار ۴۰ و ۲۰ میکرومولار در تیمار ۴۸ ساعت تفاوت معنی‌داری با هم نداشته اما تفاوت معنی‌داری با شاهد داشت. در این رقم، کمترین میزان جذب (۳۵ میلی‌لیتر) در زمان ۲۴ ساعت در گیاه شاهد و تیمار ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بود (شکل ۳).

و یک میلی‌مولار آسکوربات سدیم)، ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره استخراجی و ۰/۲ میلی‌لیتر هیدروژن پراکسید یک درصد بود. سپس فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به صورت کاهش در جذب طی یک دقیقه در طول موج ۲۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر محاسبه شد. برای سنجش فعالیت آسکوربات پراکسیداز از ضریب خاموشی ($2/8 \text{ Mm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) استفاده شد. میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز با استفاده از رابطه ۲ بدست آمد.

رابطه ۲

$$\text{Unit} \left(\frac{\text{mM}}{\text{min}} \right) = \frac{\text{doD/min(slope)} \times \text{Vol.of assay (0.0001)}}{\text{Extinction Coefficient (2.8)}}$$

تجزیه واریانس داده‌های بدست آمده با نرم‌افزار SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده و نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

عمر گلجایی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سدیم نیتروپروساید بر عمر گلجایی دو رقم رز اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۱). در رقم Dolce Vita بیشترین عمر گلجایی (۱۵/۳۳ روز) مربوط به زمان ۴۸ ساعت و تیمار ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بود (شکل ۱)، کمترین عمر گلجایی نیز (۷ روز) مربوط به تیمار شاهد (بدون سدیم نیتروپروساید) در زمان ۲۴ ساعت بود. در رقم Utopia نیز بیشترین عمر گلجایی (۲۸ روز)، در زمان ۴۸ ساعت و غلظت ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بود که نسبت به شاهد و غلظت ۶۰ میکرومولار، ۱۵۰ درصد افزایش نشان داد. در کل با توجه به شکل ۱، تأثیر غلظت ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بر عمر گلجایی در رقم Utopia و در زمان ۴۸ ساعت مؤثرتر بود. سدیم نیتروپروساید به‌عنوان دهنده نیتریک اکسید در حفظ آب گیاه، عمل به‌عنوان آنتی‌اکسیدان و القای تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، سبب تأخیر در پیری و افزایش عمر گلجایی می‌شود. علاوه بر این، غلظت مؤثر سدیم نیتروپروساید بستگی به رقم و ژنوتیپ گیاه

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مورفولوژیکی در گل رز تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید در زمان‌های مختلف در ارقام Dolce Vita و Utopia

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|--------------------------------|------------|----------------|---------------------|------------|---------------------|
| | | عمر گلجایی | جذب اولیه | جذب ثانویه | قطر اولیه گل |
| رقم | ۱ | ۱۳۹۷/۵۲** | ۱۶۵۴/۰۴** | ۱۲۵۱۳/۰۲** | ۵۸۸/۴۹** |
| سدیم نیتروپروساید | ۳ | ۳۵/۳۴** | ۱۲۴/۱۶** | ۷۱۹/۹۶** | ۳۱/۱۳** |
| زمان | ۱ | ۱۶۱/۳۳** | ۱۴۹/۲۸** | ۸۱۳۸/۰۲** | ۲۴/۳۲* |
| رقم × سدیم نیتروپروساید | ۳ | ۳۲/۵۶** | ۶۷/۷۲** | ۵۱۵/۷۹** | ۱۱/۱۷ ^{ns} |
| رقم × زمان | ۱ | ۱۸/۷۵** | ۳۲/۲۲ ^{ns} | ۲۲۰/۰۵۱** | ۵۰/۴۹** |
| سدیم نیتروپروساید × زمان | ۳ | ۴/۷۳** | ۲۴/۲۸ ^{ns} | ۵۲۹/۶۸** | ۳/۲۲ ^{ns} |
| رقم × سدیم نیتروپروساید × زمان | ۳ | ۲/۳۷** | ۳۷۱۷/۱۸* | ۱۳۷۵/۵۲** | ۱/۶۴ ^{ns} |
| خطای آزمایشی | ۳۲ | ۰/۳۰ | ۹/۰۳ | ۸۹/۰۶ | ۳/۹۸ |
| ضریب تغییرات | | ۳/۴۴ | ۱۰/۸۰ | ۱۱/۷۸ | ۴/۴۶ |

ns, * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

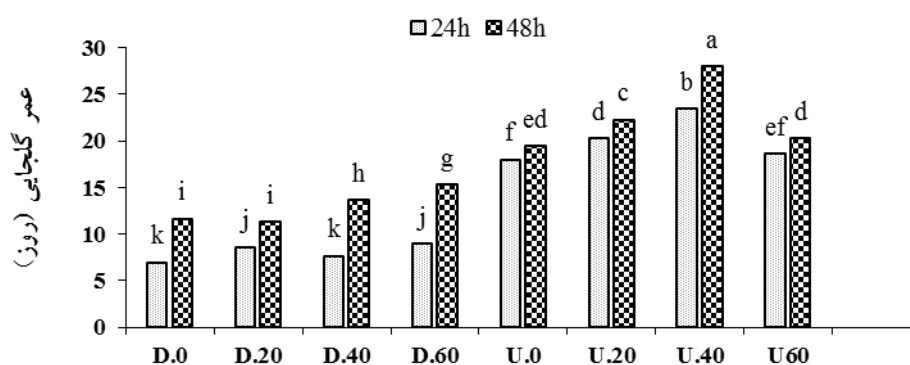
ادامه جدول ۱-

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | |
|--------------------------------|------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| | | وزن تر گل | وزن خشک گل | وزن تر شاخه گل‌دهنده |
| رقم | ۱ | ۱/۴۷* | ۲۵/۲۴** | ۶۷۹/۴۳** |
| سدیم نیتروپروساید | ۳ | ۳۳/۸۱** | ۰/۵۴* | ۶/۸۰ ^{ns} |
| زمان | ۱ | ۹/۴۷* | ۸/۳۷** | ۹/۹۶ ^{ns} |
| رقم × سدیم نیتروپروساید | ۳ | ۱/۷۳ ^{ns} | ۰/۳۰ ^{ns} | ۱۰/۸۰* |
| رقم × زمان | ۱ | ۶/۴۹ ^{ns} | ۲/۱۸* | ۳۹/۷۳** |
| سدیم نیتروپروساید × زمان | ۳ | ۳/۲۷* | ۰/۶۵* | ۱۰/۶۲* |
| رقم × سدیم نیتروپروساید × زمان | ۳ | ۱۸/۳۳** | ۲/۱۱* | ۳/۳۰* |
| خطای آزمایشی | ۳۲ | ۲/۲۴ | ۰/۴۳ | ۳/۴۶ |
| ضریب تغییرات | | ۱۰/۸۰ | ۱۹/۸۴ | ۱۲/۶۲ |

ns, * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

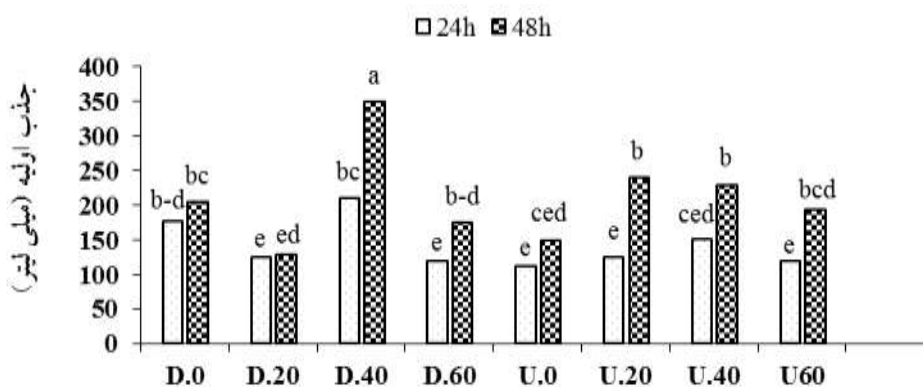
موجب افزایش غلظت اسمزی و در نتیجه باعث کشیده شدن آب به داخل سلول‌های جام گل شده و در نتیجه بهبود توانایی جذب آب را منجر می‌شوند (مستوفی و همکاران، ۱۳۸۹). نیتریک اکسید موجب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود و این بسته

جذب آب یکی از فاکتورهای مهم برای افزایش عمر گلجایی گل‌های شاخه‌بریده است (Ashouri Vajari and Naloussi, 2013). ساکارز منتقل شده از طریق ساقه در گلبرگ‌ها به قندهای ساده‌تر تجزیه شده و به عنوان مواد فعال اسمزی



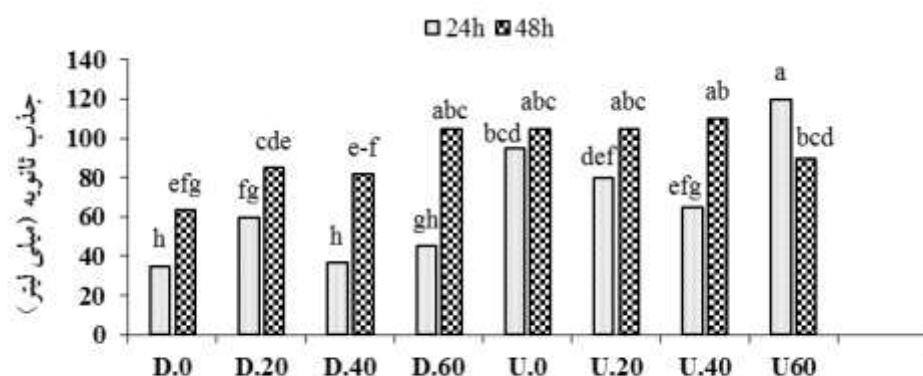
غلظت سدیم نیتروپروساید (میلی مولار)

شکل ۱- تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و مدت زمان تیمار بر عمر گلجایی دو رقم رز (D: Dolce Vita و U: Utopia). حروف غیرمشابه نشان‌دهنده عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد است.



غلظت سدیم نیتروپروساید (میلی مولار)

شکل ۲- تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و مدت زمان تیمار بر جذب اولیه دو رقم رز (D: Dolce Vita و U: Utopia). حروف غیرمشابه نشان‌دهنده عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد است.



غلظت سدیم نیتروپروساید (میلی مولار)

شکل ۳- تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و مدت زمان تیمار بر جذب ثانویه دو رقم رز (D: Dolce Vita و U: Utopia). حروف غیرمشابه نشان‌دهنده عدم‌اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد است.

شاخه‌بریده فرایندهای فیزیولوژیکی ادامه دارد و تنفس و فتوسنتز در آنها انجام می‌شود (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). دهنده‌های نیتریک اکسید به دلیل نقشی که در حفظ کلروفیل و عملکرد فتوسنتز دارند و نیز با تأثیر بر رادیکال‌های آزاد باعث حفظ کیفیت گل شده و با نقشی که در تنظیم فتوسنتز دارند، کربوهیدرات مورد نیاز برای بازشدن گل تأمین شده و قطر گل افزایش می‌یابد، در واقع گل به مرحله بازشدن کامل می‌رسد (Seyf et al., 2012).

وزن تر گل: براساس نتایج به دست آمده از جدول ۱، اثرات متقابل رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و زمان تیمار بر وزن تر گل، تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت. بیشترین وزن تر گل در رقم‌های Utopia و Dolce Vita به ترتیب در زمان‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت و در غلظت ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بود. کمترین وزن تر گل (۹/۶۷ گرم) نیز مربوط به رقم Dolce Vita در غلظت ۲۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و در زمان ۲۴ ساعت بود که تفاوت معنی‌داری با غلظت ۲۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در رقم Utopia نداشت (شکل ۶).

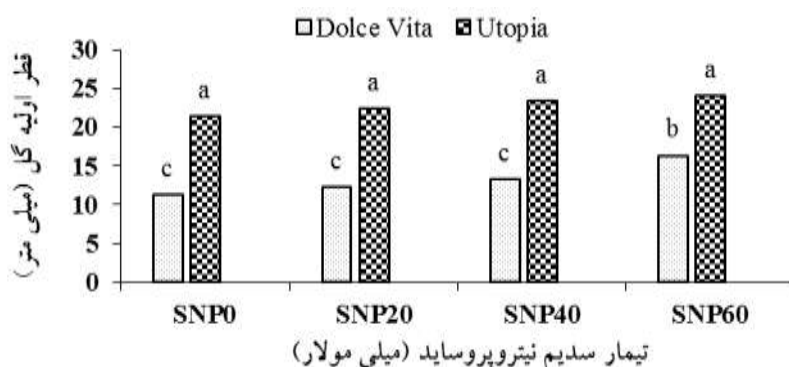
تأثیر مثبت دهنده‌های نیتریک اکسید بر وزن تر در پژوهش‌های دیگر نشان داده شده است. به عنوان مثال کاربرد DETA/NO در شاخه بریده رز رقم First Red سبب بهبود وزن تر شده بود (چمنی، ۱۳۸۳). نیتریک اکسید در تنظیم کانال‌های یونی سلول‌های نگهبان و بستن روزنه‌ها نقش دارد (Cevahir et al., 2007). کاربرد دهنده‌های نیتریک اکسید، بازشدن روزنه‌ها و تعرق را کاهش می‌دهد (Seyf et al., 2012). از طرف دیگر افزایش جذب آب توسط سدیم نیتروپروساید، باعث افزایش وزن تر گل و ساقه گل‌دهنده می‌شود. به‌طور کلی به دلیل اینکه افزایش وزن تر ناشی از جذب آب است، بیشترین جذب اولیه و ثانویه در هر دو رقم مربوط به غلظت‌های ۴۰ و ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید است و بیشترین وزن تر گل نیز مربوط به این غلظت‌ها است.

وزن خشک گل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل رقم، سدیم نیتروپروساید و زمان تیمار بر وزن

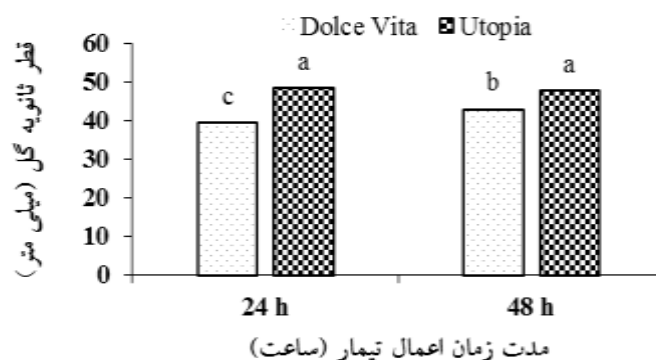
شدن روزنه به نوبه خود منجر به القا هورمون آبسزیک اسید که نقش کلیدی در پاسخ به تنش آبی دارد، می‌شود (Jiang, 2012). علاوه بر این، نیتریک اکسید منجر به بهبود کیفیت از طریق استحکام ساقه و حفظ کلروفیل می‌شود (Antoniou et al., 2013). با توجه به دلایل گفته شده می‌توان نتیجه گرفت، نیتریک اکسید به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در جذب آب مؤثر است. در پژوهش حاضر نیز غلظت ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بیشترین جذب آب را موجب شده است و این غلظت در دو رقم مورد آزمایش، عمر گلجایی بیشتری نیز داشت.

قطر اولیه گل: با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۱، اثرات متقابل رقم و غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید بر قطر اولیه گل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار هستند. مطابق شکل ۴، بیشترین قطر گل (۲۴ میلی‌متر) مربوط به رقم Utopia و غلظت ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید است. کمترین قطر گل (۱۱/۳۳ میلی‌متر) مربوط به شاهد در رقم Dolce Vita است. در رقم Utopia، بین شاهد و تیمارها از نظر قطر اولیه تفاوتی مشاهده نشد.

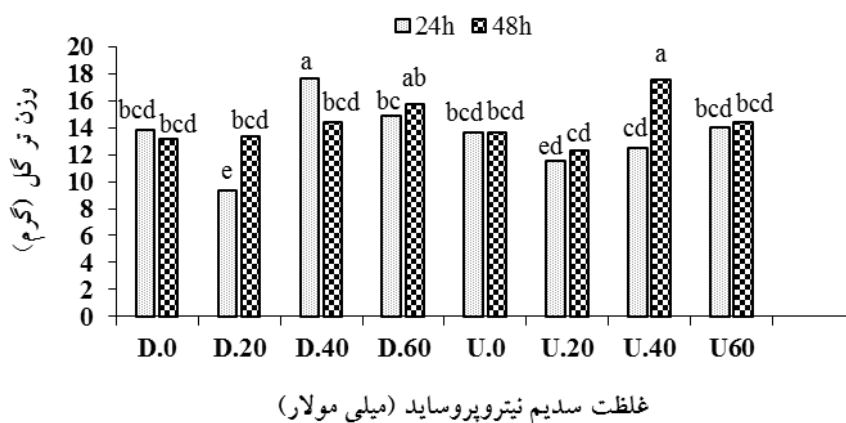
قطر ثانویه گل: با توجه به جدول ۱، اثر متقابل رقم و زمان تیمار در سطح احتمال ۱ درصد و اثر اصلی زمان تیمار در سطح احتمال ۵ درصد بر قطر ثانویه گل تفاوت معنی‌داری داشت. بیشترین قطر ثانویه مربوط به زمان ۴۸ ساعت رقم Utopia است و با قطر ثانویه این رقم در زمان ۲۴ ساعت اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین قطر گل نیز مربوط به رقم Dolce Vita و زمان ۲۴ ساعت است که با قطر ثانویه این رقم در زمان ۴۸ ساعت اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۵). در این پژوهش، با توجه به افزایش عمر گلجایی این رقم در غلظت ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و زمان ۴۸ ساعت، با گذشت زمان، میزان بازشدن گل افزایش یافت، در نتیجه قطر گل نیز بیشتر شد. در شرایط پس از برداشت، گلبرگ‌های گل‌های شاخه بریده با پدیده‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی همراه می‌شوند که نهایتاً منجر به پیری گلبرگ‌ها می‌شود (صادقی و همکاران، ۱۳۹۳). از طرف دیگر در گل‌های



شکل ۴- تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و مدت زمان تیمار بر قطر اولیه گل دو رقم رز (D: Dolce Vita و U: Utopia). حروف غیرمشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد است.



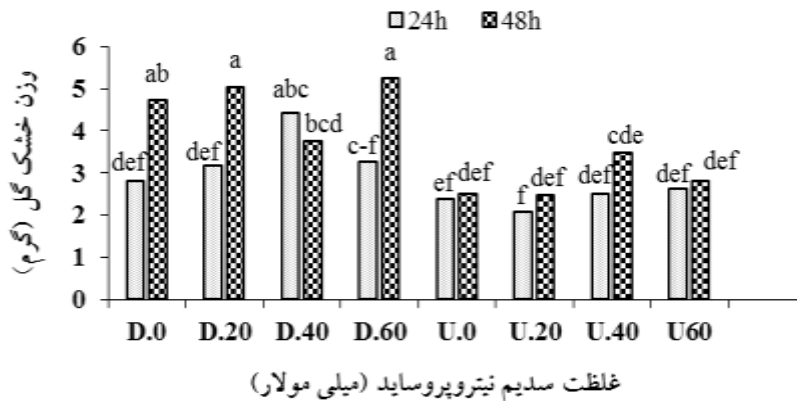
شکل ۵- تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و مدت زمان تیمار بر قطر ثانویه گل دو رقم رز (D: Dolce Vita و U: Utopia). حروف غیرمشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد است.



شکل ۶- تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و مدت زمان تیمار بر وزن تر گل دو رقم رز (D: Dolce Vita و U: Utopia). حروف غیرمشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد است.

ساعت و غلظت‌های ۲۰ و ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در رقم Dolce Vita بود. کمترین وزن خشک گل (۲/۰۸ گرم)

خشک گل تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد داشت (جدول ۱). بیشترین وزن خشک گل، مربوط به زمان ۴۸



شکل ۷- تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و مدت زمان تیمار بر وزن خشک گل دو رقم رز (D: Dolce Vita و U: Utopia). حروف غیرمشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد است.

تأثیر سدیم نیتروپروساید بر وزن تر شاخه گل‌دهنده، هم نوع رقم و هم مدت اعمال تیمار، دخالت داشتند. سدیم نیتروپروساید سبب افزایش جذب آب شده در نتیجه باعث افزایش وزن تر ساقه شده است. از طرفی، کاهش در وزن تر می‌تواند وابسته به کاهش جذب آب، افزایش از دست‌دادن آب و افزایش در میزان تنفس باشد (Mansoury, 2012). کاربرد تولیدکننده‌های نیتریک اکسید موجب حفظ وزن تر از طریق کاهش بازشدن روزنه‌ها و تنفس می‌شوند. علاوه بر این، جذب نیتریک اکسید از محلول گلجایی منجر به افزایش وزن تر نیز می‌شود (Ghadi, 2014). در این مطالعه نیز کاربرد سدیم نیتروپروساید موجب افزایش وزن تر شاخه گل‌دهنده نسبت به شاهد شد.

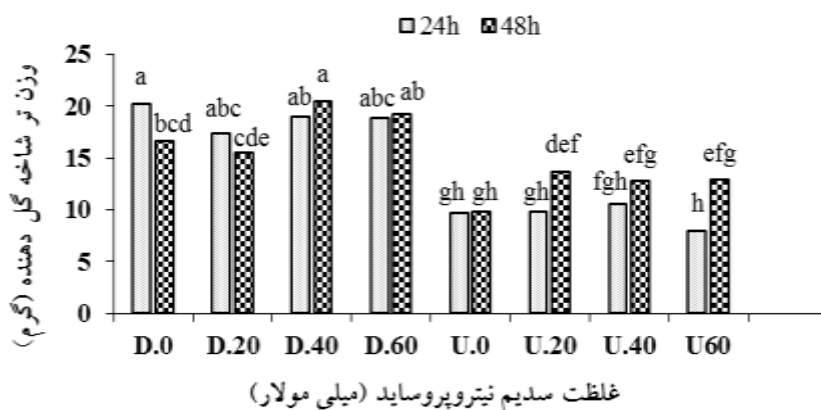
وزن خشک شاخه گل‌دهنده: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثرات ساده رقم، زمان و همچنین اثر متقابل رقم و سدیم نیتروپروساید در سطح احتمال ۱ درصد و اثر ساده سدیم نیتروپروساید در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن خشک ساقه گل‌دهنده اختلاف معنی‌داری داشتند. غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید، وزن خشک ساقه گل‌دهنده را در رقم Dolce Vita تحت تأثیر قرار نداد. در رقم Utopia نیز وزن خشک ساقه تحت تأثیر سدیم نیتروپروساید قرار نگرفت اما وزن خشک این دو رقم با هم اختلاف معنی‌داری داشتند (شکل ۹).

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز: نتایج تجزیه

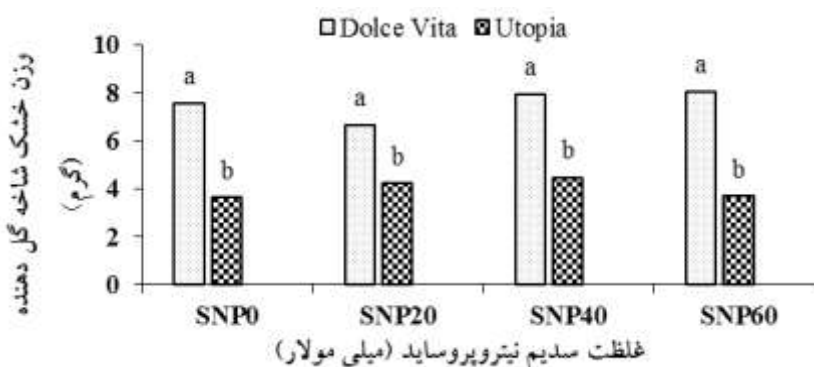
نیز مربوط به رقم Utopia در غلظت ۲۰ میکرومولار و مدت زمان ۲۴ ساعت بود که نسبت به شاهد و سایر تیمارها در زمان ۲۴ ساعت اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۷).

نیتریک اکسید در سنتز رنگیزه کلروفیل که برای فتوسنتز ضروری است، نقش دارد (Ashouri Vajari and Naloussi, 2013)، از آنجایی که محصول فتوسنتز، کربوهیدرات است؛ پس می‌توان نتیجه گرفت به‌دلیل دخالت نیتریک اکسید در سنتز کلروفیل، میزان ماده خشک نیز افزایش یافته است. علاوه بر این می‌توان گفت، وزن خشک گل با عمر گلجایی ارتباط دارد و به همان نسبت که وزن خشک افزایش یابد، عمر گلجایی نیز بیشتر خواهد شد که نتایج حاصل از وزن خشک گل با عمر گلجایی در این آزمایش مطابقت دارند.

وزن تر شاخه گل‌دهنده: براساس نتایج به‌دست آمده از جدول ۱، اثرات متقابل رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و زمان تیمار بر وزن تر شاخه گل‌دهنده، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد داشت. بیشترین وزن تر ساقه گل‌دهنده (۲۰/۰۵۲ گرم) در رقم Dolce Vita مربوط به تیمار ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در زمان ۴۸ ساعت بود. این میزان، با تیمار ۲۴ ساعت همان غلظت تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین وزن تر ساقه گل‌دهنده (۸/۰۶ گرم) مربوط به رقم Utopia و زمان ۲۴ ساعت تیمار ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بود که با شاهد و سایر غلظت‌های این زمان تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۸). به‌نظر می‌رسد در



شکل ۸- تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و مدت زمان تیمار بر وزن تر شاخه گل دهنده دو رقم رز (D: Dolce Vita و U: Utopia). حروف غیرمشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد است.



شکل ۹- تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و مدت زمان تیمار بر وزن خشک شاخه گل دهنده دو رقم رز (D: Dolce Vita و U: Utopia). حروف غیرمشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد است.

۱۰). در این شاخص نیز میزان تأثیر سدیم نیتروپروساید بسته به رقم و مدت اعمال تیمار متفاوت بود. طی فرآیند پیری میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژن افزایش می‌یابد، وجود آنتی‌اکسیدان‌ها سبب سرکوب این رادیکال‌های آزاد شده و پیری به تأخیر انداخته می‌شود، علاوه بر این سدیم نیتروپروساید در القا تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نقش دارد، در نتیجه می‌تواند سبب افزایش فعالیت آسکوربات پراکسیداز شود (Seyf et al., 2012) و به دلیل تأخیر در پیری، سبب افزایش عمر گلجایی می‌شود.

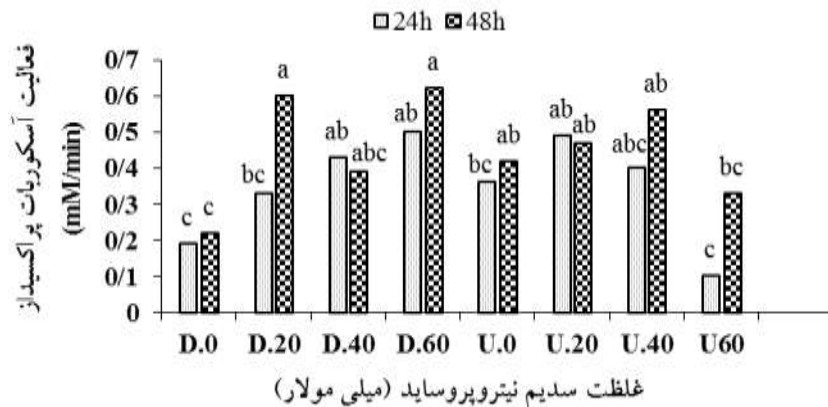
فعالیت آنزیم کاتالاز: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و زمان تیمار بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین

واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و زمان بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۲). بیشترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، مربوط به تیمار ۲۴ ساعت در رقم Dolce Vita و غلظت ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید بود که با شاهد تفاوت معنی‌داری داشت هر چند که با غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در زمان ۲۴ ساعت تفاوت معنی‌داری نداشت. در رقم Utopia بیشترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در تیمار ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و در زمان ۴۸ ساعت مشاهده شد، کمترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز مربوط به رقم Utopia و تیمار ۲۴ ساعت غلظت ۶۰ میکرومولار بود (شکل

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مورد بررسی در گل رز تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید در زمان‌های مختلف در ارقام Dolce Vita و Utopia

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | |
|--------------------------------|------------|------------------------|---------------------------|
| | | فعالیت کاتالاز | فعالیت آسکوربات پراکسیداز |
| نشت یونی | | | |
| رقم | ۱ | ۰/۰۰۲۹** | ۰/۰۰۴ ^{ns} |
| سدیم نیتروپروساید | ۳ | ۰/۰۰۲۳** | ۰/۰۰۶* |
| زمان | ۱ | ۰/۰۰۰۰۱۷* | ۰/۰۰۰۰۸ ^{ns} |
| رقم × سدیم نیتروپروساید | ۳ | ۰/۰۰۰۰۵۹** | ۰/۰۰۰۰۹ ^{ns} |
| رقم × زمان | ۱ | ۰/۰۰۰۰۷۲ ^{ns} | ۰/۰۰۱* |
| سدیم نیتروپروساید × زمان | ۳ | ۰/۰۰۰۰۱۹** | ۰/۰۰۳ ^{ns} |
| رقم × سدیم نیتروپروساید × زمان | ۳ | ۰/۰۰۰۰۲۱** | ۰/۰۰۱* |
| خطای آزمایشی | ۳۲ | ۰/۰۰۰۰۲۹ | ۰/۰۰۱ |
| ضریب تغییرات | | ۳۰/۸۷ | ۲۷/۳۲ |

ns. * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

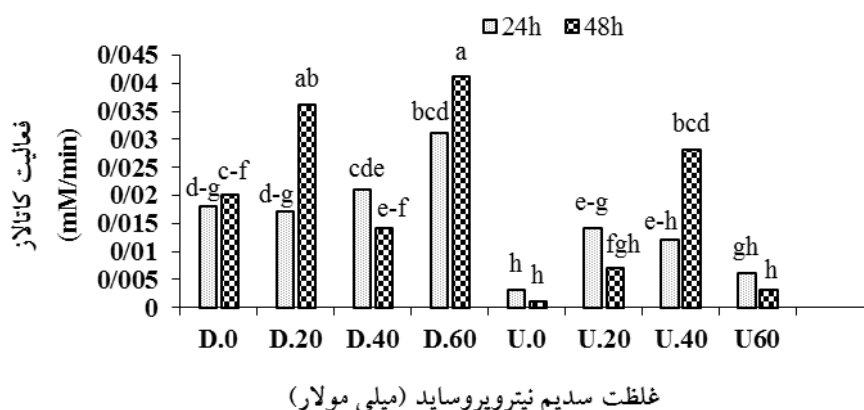


شکل ۱۰- تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و مدت زمان تیمار بر فعالیت آسکوربات پراکسیداز دو رقم رز (D: Dolce Vita و U: Utopia). حروف غیرمشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد است.

شاهد بود (شکل ۱۱).

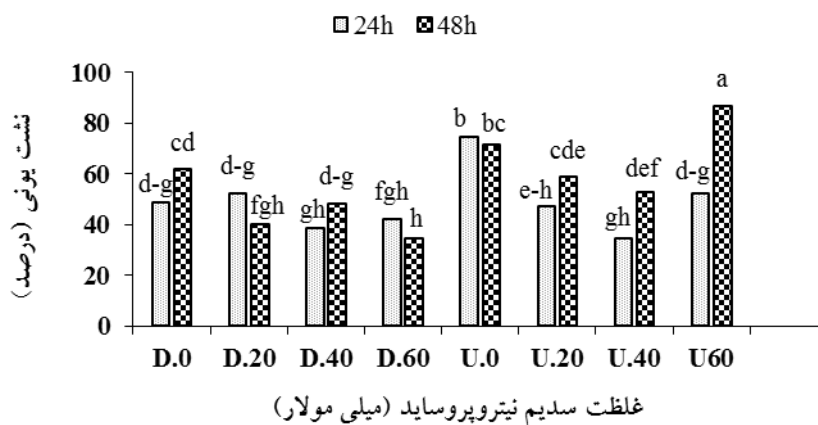
گیاه با مکانیسم‌های مختلفی با تنش اکسیداتیو مقابله می‌کند. سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی شامل دفاع آنزیمی و غیرآنزیمی در سلول‌های گیاهی است. دفاع آنزیمی آنتی‌اکسیدانی شامل آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز است (Dwivedi et al., 2016). عمل کردن نیتریک اکسید به‌عنوان آنتی‌اکسیدان (seyf et al., 2012) و نقش سیتوتوکسیک آن به‌دلیل واکنش با رادیکال‌های

میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، مربوط به رقم Dolce Vita در غلظت ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در زمان ۴۸ ساعت مشاهده شد که نسبت به شاهد و سایر غلظت‌ها اختلاف معنی‌دار بود. در رقم Utopia بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز مربوط به غلظت ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید و زمان ۴۸ ساعت بود که نسبت به شاهد و سایر غلظت‌ها تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین فعالیت آنزیم کاتالاز نیز مربوط به تیمار ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در رقم Utopia و



غلظت سدیم نیتروپروساید (میلی مولار)

شکل ۱۱- تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و مدت زمان تیمار بر فعالیت کاتالاز دو رقم رز (D: Dolce Vita و U: Utopia). حروف غیرمشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد است.



غلظت سدیم نیتروپروساید (میلی مولار)

شکل ۱۲- تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و مدت زمان تیمار بر نشت یونی دو رقم رز (D: Dolce Vita و U: Utopia). حروف غیرمشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح یک درصد است.

زمان بر میزان نشت یونی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۲). بیشترین میزان نشت یونی (۸۷ درصد) مربوط به تیمار ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در رقم Utopia بود و کمترین میزان نشت یونی (۵۲/۵۴ درصد) مربوط به تیمار ۴۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در زمان ۲۴ ساعت در رقم Utopia و تیمار ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید در زمان ۴۸ ساعت در رقم Dolce Vita بود. در رقم Dolce Vita بیشترین نشت یونی (۶۱/۷۴ درصد) مربوط به شاهد بود (شکل ۱۲).

فرآیند پیری با افزایش نشت یونی همراه است. طی پیری فعالیت آنزیم‌های لیپواکسیژناز که سبب تخریب غشا سلولی

آزاد مورد توجه قرار گرفته است (Dwivedi, et al., 2016). علاوه بر این نیتریک اکسید منجر به القا تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود و از این طریق موجب سرکوب رادیکال‌های آزاد و تأخیر در پیری می‌شود (Seyf et al., 2012). نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نیز نشان می‌دهد که کاربرد سدیم نیتروپروساید منجر به افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و افزایش عمر گلجایی دو رقم رز شده است و تیماری که بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز را دارد عمر گلجایی بیشتری نیز دارد.

نشت یونی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل رقم، غلظت‌های مختلف سدیم نیتروپروساید و

نتیجه گیری

به طور کلی می توان گفت، سدیم نیترو پروساید به طور چشم-گیری عمر گلجایی و ویژگی های پس از برداشت (از جمله جذب اولیه و ثانویه و وزن تر و خشک گل و شاخه گل دهنده) شاخه بریدنی رز را بهبود می بخشد، البته غلظت مورد استفاده بسته به رقم نتایج متفاوتی نشان داد. در کل غلظت ۴۰ میکرومولار برای رقم Utopia و ۶۰ میکرومولار در رقم Dolce Vita و زمان ۴۸ ساعت مؤثرتر عمل کردند. همچنین نتایج نشان داد که تیمار ۶۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید روی رقم Utopia تأثیر کمتری داشت در حالی که روی رقم Dolce Vita بیشترین عمر گلجایی را سبب شد.

می شوند، افزایش می یابد، در نتیجه نفوذپذیری غشا افزایش یافته و عمر پس از برداشت کاهش می یابد، نیتریک اکسید از طریق حفظ pH محلول گلجایی، حفاظت از غشا، جلوگیری از فعالیت لیپواکسیژناز و از بین بردن رادیکال های آزاد که به غشا حمله کرده اند باعث حفظ ثبات غشا و کاهش نشت یونی می شود (Dwivedi et al., 2016). کاربرد غلظت زیاد تولیدکننده های نیتریک اکسید بسته به ژنوتیپ گیاه می تواند سمیت ایجاد کند (Mortazavi et al., 2011). که علت آن واکنش نیتریک اکسید با آنیون سوپراکسید و رهاسازی سیانید است (Seyf et al., 2012). در این مطالعه غلظت زیاد سدیم نیتروپروساید بر دو رقم اثرات متفاوتی داشت، به گونه ای که بر رقم Dolce Vita موجب بهبود عمر گلجایی شد در حالی که بر رقم Utopia اثر سو داشت.

منابع

- چمنی، الف. (۱۳۸۳) تأثیر تیدیا زورون، ۱- متیل سیکلوپروپان، نیتریک اکسید و اتیلن بر ویژگی های فیزیولوژیکی گل بریدنی رز. پایان نامه دکتری، دانشگاه تهران.
- دهقان نیری، ف.، صادقی، الف. و صادقی، ج. (۱۳۹۳) بررسی اثر غلظت های متفاوت سدیم نیتروپروساید بر کیفیت پس از برداشت گل شاخه بریده گلابول (*Gladiolus spp. L.*). اولین کنگره ملی گل و گیاهان زینتی ایران، کرج، پژوهشکده ملی گل و گیاهان زینتی ایران.
- علی پور، س.، نصیبی، ف. و فرهمند، ه. (۱۳۹۳) بررسی اثر غلظت های متفاوت سدیم نیتروپروساید (SNP) بر صفات فیزیولوژیکی و افزایش عمر گلجایی گل شاخه بریده مریم (*Polianthes tuberosa L.*). مجله پژوهش های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران) ۲۷: ۹۱۴-۹۰۴.
- صادقی، ج.، نصیبی، ف.، فرهمند، ه. و صادقی، الف. (۱۳۹۳) اثر سدیم نیتروپروساید بر کیفیت و عمر گلجایی گل شاخه بریده ژربرا زرد (*Gerbera jamesonii*). اولین کنگره ملی گل و گیاهان زینتی ایران، کرج.
- طالبی، س. ف.، مرتضوی، س. ن. و نادری، ر. (۱۳۹۲) بررسی فعالیت میزان آنزیم های آنتی اکسیدانت و میزان پروتئین در گل رز شاخه بریده رقم سنسیرو. مجله علوم باغبانی ایران ۴۴: ۳۶۶-۳۵۹.
- مستوفی، ی.، رسولی، پ.، نادری، ر.، باقری مرندی، غ. و شفیع، م. ر. (۱۳۸۹) بررسی اثر اکسید نیتریک و تیدیا زورون بر طول عمر و برخی صفات کیفی گل بریده میخک (*Dianthus caryophyllus cv. Nelson*). مجله علوم باغبانی ایران ۴۱: ۳۰۸-۳۰۱.
- Abdolmaleki, M., Khosh-Khui, M., Eshghi, S. and Ramezani, A. (2015) Improvement in vase life of cut rose cv. Dolce Vita by preharvest foliar application of calcium chloride and salicylic acid. International Journal of Horticultural Science and Technology 2: 55-66.
- Aebi, H. (1984) Catalase in vitro. Methods in Enzymology 105: 121-126.
- Antoniou, Ch., filippou, P., Mylona, Ph., Fasoula, D., Loannides, L., Polidoros, A. and Fotopoulos, V. (2013) Developmental stage and concentration-specific sodium nitroprusside application results in nitrate reductase regulation and the modification of nitrate metabolism in leaves of *Medicago truncatula* plants. Plant Signaling and Behavior 8: 1-10.

- Ashouri Vajari, M. and Nalouisi, A. M. (2013) Effect of nitric oxide on postharvest quality and vase life of cut carnation flower. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants* 3: 183-190.
- Cevahir, G., Aytamka, E. and Erol, C. (2007) The role of nitric oxide in plants. *Biotechnology and Biotechnological Equipment* 21: 13-17.
- Dhiman, M. R. and Parkash, Ch. (2013) Role of nitric oxide donor compound to extend the vase life of liliun cut flower. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* 2: 258-262.
- Dwivedi, K. Sh., Arora, A., Singh, P. V. and Sariam, R. (2016) Effect of sodium nitroprusside on differential activity of SAGS in relation to vase life of gladiolus cut flowers. *Scientia Horticulturae* 210: 158-165.
- Ghadi, N. A. (2014) Invest age of effects of sodium nitroprusside on plant (Review). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 7: 610-615.
- Jiang, C. Zh. (2012) Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants. *Horticultural Reviews* 40: 1-54.
- 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.
- Liao, W. B., Zhang, M. L. and Yu, J. H. (2012) Role of nitric oxide in delaying senescence of cut rose flower and its interaction with ethylene. *Scientia Horticulturae* 155: 30-38.
- Lutts, S., Kinet, J. M. and Bouharmont, J. (1996) NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annual Botany* 78: 389-398.
- Mansoury, H. (2012) Salicylic acid and sodium nitroprusside improve postharvest life of chrysantemums. *Scientia Horticulturae* 145: 29-33.
- Mortazavi, S. N., Talebi, S. F., Naderi, R. A. and Sharafi, Y. (2011) Regulation of ethylene biosynthesis by nitric oxide and thidiazuron during postharvest of rose. *Journal of Medicinal Plants Research* 5: 5177-5183.
- 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.
- Seyf, M., Khalighi, 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.

Effects of sodium nitroprusside on improving the vase life of *Rosa hybrida* cvs. Utopia and Dolce Vita

Nazdar Mirzaie Esgandian and Zohreh Jabbarzadeh*
Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Urmia University
(Received: 20/04/2019, Accepted: 09/10/2019)

Abstract

In order to investigate the postharvest effect of sodium nitroprusside on vase life of cut rose, Utopia and Dolce Vita cultivars, an experiment was conducted as factorial in a completely randomized design with three factors and six replications. The first factor included two cultivars of cut flowers of rose. The second factor was four concentrations of sodium nitroprusside 0 (control) 20, 40 and 60 μM , which was applied by pulse treatment. The third factor was the time of application at 24 and 48 hours. The results of this research showed that sodium nitroprusside treatment had a significant effect on vase life, catalase activity, ion leakage and flower diameter at 1% probability level and for fresh and dry weight of flower and stem, Ascorbate peroxidase activity and water absorption rate had a significant effect at 5% probability level. The highest vase life of Utopia cultivar was in 40 μM sodium nitroprusside in 48 hours and with respect to Dolce Vita, it was related to sodium nitroprusside concentration of 60 μM in 48 hours. The most antioxidant enzymes activity such as catalase and ascorbate peroxidase was obtained at concentrations of 40 and 60 μM sodium nitroprusside. In general, the results of this study showed that in Utopia using 40 μM sodium nitroprusside for 48 hours and in Dolce Vita 60 μM sodium nitroprusside for 48 hours were the best treatments that could improve the traits studied.

Keywords: Ascorbate peroxidase enzyme, Ion leakage, Pulse treatment, Rosa, Sodium nitroprusside, Vase life