بررسی رخدادهای فیزیولوژیکی و آنزیمی در هنگام پیری گل مریم تحت تأثیر سالیسیلیک اسید و نیتروپروسایدسدیم

فرزانه کرمپور[۱]، محمدرضا صالحی‌سلمی[۱*]، سامان آبدانان مهدی‌زاده[۲] و خسرو مهدی‌خانلو[۳]

[۱]گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، [۲]گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، [۳]گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۳/۲۲)

چکیده

پژوهش‌های اخیر نشان دادند که اسید سالیسیلیک و نیتریک اکسید، به‌عنوان سیگنال‌های مولکولی درون گیاهی عمل می‌کنند. در این پژوهش، نقش تنظیمی نیتریک اکسید و اسید سالیسیلیک در حین پیری گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.) بررسی شد. کاربرد بیرونی نیتروپروساید سدیم به‌عنوان رهاکننده نیتریک اکسید و هم‌چنین کاربرد اسید سالیسیلیک می‌تواند فرایند پیری گل را به تأخیر می‌اندازد. گل‌های بریده شده مریم در محلول‌های اسید سالیسیلیک (۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و نیتروپروساید سدیم (۱۰ میلی‌مولار) جهت بررسی پیری و نمو گل، کاهش/افزایش، کربوهیدرات‌های محلول، میزان پروتئین، پراکسیداسیون لیپیدها، نگهداری شدند. تمامی این صفات توسط اسید سالیسیلیک و نیتروپروساید سدیم به صورت مثبت تحت تأثیر قرار گرفتند. محلول‌های حاوی اسید سالیسیلیک سبب کاهش معنی‌داری در تجزیه کربوهیدرات‌های محلول (۲۱٪) و افزایش معنی‌داری در فعالیت کاتالاز (۹٪) و آسکوربات پراکسیداز (۳۹٪) شدند. به‌طور کلی پراکسیداسیون لیپید در گل‌ها، در مدت زمان پیری گل‌ها (۳/۰۷ نانومول بر گرم وزن تر) افزایش یافت. گرچه نیتروپروساید سدیم سبب به تأخیر افتادن پراکسیداسیون لیپید (۲/۶۷ نانومول بر گرم وزن تر) در زمان پیری گل‌ها در مقایسه با نمونه‌های شاهد شد. به‌طور کلی مشخص گردید که کاربرد اسید سالیسیلیک و نیتروپروساید سدیم عمر گل‌های بریده مریم را از طریق بهبود توانایی حذف گونه‌های فعال اکسیژن (به‌واسطه فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات) و همچنین از طریق تنظیم بهتر کربوهیدرات‌های محلول و تجزیه پروتئین‌های کل، طولانی کرد.

واژگان کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پژمردگی، پراکسیداسیون لیپید، رادیکال‌های آزاد

مقدمه

واژه پیری از واژه‌ای لاتین به معنی رشد نکردن (Senescere) گرفته شده است و فرآیندهایی را که پس از بلوغ فیزیولوژیکی در سطح ماکروسکوپی منجر به مرگ یک گیاه کامل، اندام یا بافت می‌شود، را در برمی‌گیرد (Yamada *et al*., 2009). پیری گل به مجموعه‌ای از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند تجزیه پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، لیپیدهای غشاء، ریزش گل، تغییر رنگ، زرد شدن برگ یا کاهش وزن وابسته می‌باشد (Buchanan-Wollaston *et al*., 2003). گرچه پیری مرحله نهایی نموی است ولی می‌تواند توسط عوامل زنده و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mrsalehisalmi@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-10]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.20.1]

غیرزنده مانند نور، دما، مواد غذایی، اتیلن، عوامل بیماری‌زا، گرده‌افشانی و دیگر فاکتورها تسریع شود (van Doorn and Woltering *et al*., 2005). در بسیاری از گونه‌های گیاهی اتیلن پیری گل‌ها را تسریع می‌کند (Boller, 1991). استفاده از مواد ضدپیری یک روش متعارف برای به تأخیر انداختن پیری گل‌ها می‌باشد. این مواد سبب کنترل سنتز اتیلن، کنترل توسعه عوامل بیماری‌زا، حفظ تعادل آبی و تنفس و همچنین حفظ رنگ گل ها می‌شوند (Halevy and Mayak, 1981). محلول‌های ضدپیری قابل‌استفاده برای گل‌ها، به‌طورمعمول ترکیبی از ساکارز، یک ماده اسیدی‌کننده، یک ماده بازدارنده رشد میکروارگانیسم‌ها و همچنین یک بازدارنده فعالیت یا سنتز اتیلن می‌باشد (Vahdati *et al*., 2012). دو ماده رایج ضدپیری گل‌ها اسید سالیسیلیک و نیتروپروساید سدیم است.

اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی ساده است که به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد درونی در نظر گرفته می‌شود (Luo *et al*., 2011). این هورمون در تنظیم بسیاری از فرایندهای مرتبط با رشد و نمو گیاهان مشارکت دارد و می‌تواند از فعالیت ACC اکسیداز جلوگیری کند (Hassan and Ali, 2014). نقش آن در کاهش پیری جلوگیری از تنش اکسیداتیو است، که مانع از فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی می‌شود و سبب کاهش سرعت روند پیری می‌شود (Asghari and Soleimani aghdam, 2010). همچنین این ترکیب پراکسیداسیون لیپید را از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌دهد و بنابراین تحت تنش‌های مختلف، غشاء پایداری خود را حفظ می‌کند (Hassan and Ali, 2014).

نیتروپروساید سدیم یک مولکول پیام‌رسان حیاتی است و در بسیاری از فرایندهای مرتبط با رشد و نمو گیاه دخالت دارد (Ahmad *et al*., 2016). این ترکیب با محیط‌زیست سازگار است و برای جلوگیری از پیری گل‌های مختلف، مؤثر واقع شده است (Naing *et al*., 2017). این ماده شیمیایی سبب جلوگیری از فعالیت و سنتز اتیلن در گیاهان می‌شود (Dwivedi *et al*., 2016). به‌تازگی ادعا شده است که نیتروپروساید سدیم همان‌طور که با کاهش بیان ژن‌های وابسته به پیری می‌تواند عمر گل‌های گلایول را افزایش دهد، با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز می‌تواند به عمر آن‌ها بیافزاید (Naing *et al*., 2017). هم‌چنین مشاهده شده است نیتروپروساید سدیم با جلوگیری از فعالیت ACC اکسیداز، که در تولید اتیلن دخیل است، عمر گل‌های بریده رز را افزایش می‌دهد (Liao *et al*., 2013).

گل مریم با نام علمی *Polianthes tuberosa* L. گیاه زینتی، پیازی و بومی مکزیک می‌باشد (Kumar *et al*., 2010). این گیاه متعلق به تیره آگاواسه (Agavaceae) است و به‌دلیل رایحه خوشبوی آن، همواره مورد توجه در صنعت عطرسازی بوده است (Mohammadi *et al*., 2012). گل مریم یکی از گل‌های بریده عمده در ایران است و به‌صورت گسترده در بسیاری از مناطق گل‌کاری ایران کشت می‌شود و صادرات آن رو به افزایش است (Jowkar and Salehi, 2005). گرچه گل مریم به‌عنوان یک گل صادراتی مهم به شمار می‌آید، اما باز شدن ناقص گلچه‌ها در طول ساقه گل‌دهنده، ریزش پیش از موعد یا تکامل نیافتن گلچه‌های انتهایی و طول عمر کوتاه گلچه‌های باقی‌مانده، می‌تواند سبب جلوگیری از تولید تجاری آن شود (Hassanpour *et al*., 2011). درنتیجه تأخیر در پیری و باز شدن گلچه‌های باقی‌مانده روی خوشه، نقش مهمی در فیزیولوژی پس از برداشت و ارزش این گل دارا است. بنابراین راهکارهایی که قادرند پیری این گل را به تأخیر اندازند، از دیدگاه تجاری اهمیت والایی دارند (Ezhilmathi *et al*., 2007). هدف از این پژوهش بررسی فرآیندهای فیزیولوژیکی و آنزیمی در زمان پیری گل می‌باشد، همچنین سعی شده است اثر دو ماده ضدپیری اسید سالیسیلیک و نیتروپروساید سدیم در فرآیندهای فیزیولوژیکی این گیاه بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی رویدادهای فیزیولوژیکی در هنگام پیری گل مریم و اثرات تیمارهای اسید سالیسیلیک و نیتروپروساید سدیم آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار (٦ مشاهده‌ای) در سال ۱۳۹۵ در آزمایشگاه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-10]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.20.1]

فیزیولوژی گروه باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد.

برای این پژوهش گل‌های مریم از گلخانه تجاری تولید کننده گل مریم شاخه بریده تهیه شدند. گل‌هایی با ارتفاع یکسان که دارای دو گلچه پایینی باز بودند، به عنوان گل‌های مناسب انتخاب شد. به‌منظور سرعت بخشی بر پروسه پیری، گل‌ها از بوته جدا گردیده و به شرایط آزمایشگاهی با دمای ۲۵ درجه و رطوبت نسبی ۷۰٪ منتقل گردیدند. بی‌درنگ گل‌های بریده‌شده در سه نوع محلول (فاکتور اصلی) شامل اسید سالیسیلیک (۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، نیتروپروساید سدیم (۱۰ میکرومولار) و تیمار شاهد (بدون تنظیم‌کننده رشد) قرار گرفتند. به‌منظور مشابه بودن شرایط گل بریده با شرایط عادی در تمامی محلول‌های مورد استفاده از ساکارز ۵٪ استفاده گردید. لازم به ذکر است غلظت‌های بیان شده برای تنظیم کننده‌های رشدی، از پیش آزمایش انجام شده به‌دست آمده است. جهت بررسی روند رویدادهای فیزیولوژیکی در هنگام پیری گل مریم، اندازه‌گیری (فاکتور فرعی) در زمان‌های مختلف صورت گرفت. فاکتور فرعی شامل زمان‌های اندازه گیری (صفر، ۳، ٦، ۱۲ و ۲٤ ساعت پس از شروع آزمایش) بود.

کربوهیدرات‌های محلول: ۱۰۰ میلی‌گرم از نمونه درون لوله شیشه‌ای قرار داده شد. به نمونه ۵ میلی‌لیتر اسید کلریک ۲/۵ نرمال افزوده و در حمام آب جوش به مدت ۳ ساعت نگه داشته شد، تا هیدرولیز گردد. سپس برای خنثی‌سازی، در لوله کربنات سدیم جامد خنثی ریخته شد. در نهایت حجم محلول با آب مقطر به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و سانتریفیوژ گردید. محلول بلانک ۱ میلی‌لیتر آب مقطر در نظر گرفته شد. ۱ میلی لیتر محلول فنول به همه لوله‌ها اضافه گردید. سپس ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹٦٪ به هر لوله اضافه شد و خوب تکان داده شد. پس از گذشت ۱۰ دقیقه، محتویات لوله‌ها تکان داده شد و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب با دمای ۳۰-۲۵ درجه سلسیوس گذاشته شد، در طول موج ٤۹۰ نانومتر قرائت شدند و در نهایت با استفاده از نمودار استاندارد، مقدار کربوهیدارت های موجود در لوله به دست آمد (Dubois *et al*., 1965).

پراکسیداسیون لیپیدها: میزان پراکسیده شدن لیپیدها بر اساس غلظت مالون دی آلدئید تولیده شده مورد سنجش قرار گرفت. به ۰/۵ گرم بافت گلبرگ آسیاب شده ۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ درصد تری کلرواستیک اسید اضافه گردید. عصاره حاصل به مدت ۵ دقیقه با ۱۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. در مرحله بعد به ۱ میلی‌لیتر محلول حاصل از سانتریفیوژ، ٤ میلی‌لیتر محلول تری کلرواستیک اسید ۲۰ درصد، حاوی ۰/۵ درصد تیوبارتیوریک اسید، اضافه شد. سپس مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد در حمام آب گرم حرارت داده شد و سپس نمونه‌ها به سرعت سرد گردید. پس از این مرحله، مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در دمای محیط سانتریفیوژ شد. در نهایت جذب محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ در طول موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد و جذب سایر رنگیزه‌ها در ٦۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد و از این مقدار کم گردید. مقدار مالون‌دی‌آلدئید (با ضریب خاموشی ۱۵۵ میلی‌مول بر سانتی‌متر) که محصول پراکسیداسیون لیپیدهاست، محاسبه گردید (Heath and Packer, 1968).

میزان کاروتنوئید: ۰/۱ گرم بافت از نمونه گلبرگ جدا و به قطعات کوچک ۲ تا ۳ میلی‌متری تقسیم شد. قطعات در ظروف شیشه‌ای تیره حاوی ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ قرار گرفتند. ظروف حاوی نمونه در شرایط تاریکی و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت نگهداری شدند، تا کاروتنوئید بافت خارج گردد. میزان جذب در طول‌موج ٤۷۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Lichtenthaler and Wellburn, 1983).

میزان پروتئین: به این منظور ۲۰ میکرولیتر عصاره استخراج شده در ۸۰ میکرولیتر بافر استخراج رقیق شد و ۵ میلی‌لیتر معرف کوماسی بلو به آن اضافه شد و سپس ورتکس انجام و پس از گذشت ۵ دقیقه میزان جذب نوری آن در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت شد. از بافر استخراج به‌عنوان بلانک استفاده گردید. غلظت پروتئین در نمونه با توجه به جذب نمونه با استفاده از منحنی استاندارد به دست آمد (Bradford, 1976).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-10]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.20.1]

فعالیت آنزیم کاتالاز: مبنای این روش اندازه‌گیری کاهش از بین رفتن پراکسید هیدروژن در طول موج۲٤۰ نانومتر می‌باشد. مخلوط واکنش شامل بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی مولار (pH=۷)، هیدروژن پراکسید ۱۵ میلی مولار و عصاره پروتئینی به میزان ۲۰ میکرولیتر بود. کاهش سطح پراکسید هیدروژن با استفاده از ضریب خاموشی $36\ cm^{-1}M^{-1}$ اندازه گیری شد و نتایج بر حسب میکرومول پراکسید هیدروژن بر دقیقه بر میلی گرم پروتئین بیان شد (Aebi, 1974).

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز: ۰/۱ میلی‌لیتر مخلوط واکنش شامل بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی مولار (pH=۷)، ۰/۱ میلی مولار پراکسید هیدروژن، ۰/۵ میلی مولار آسکوربات و ۱۵ میکرولیتر عصاره پروتئینی بود. واکنش با اضافه کردن پراکسید هیدروژن شروع شد و اکسیداسیون آسکوربات در طول موج ۲۹۰ نانومتر به مدت ۱ دقیقه اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم با استفاده از ضریب خاموشی $2/8\ cm^{-1}mM^{-1}$ اندازه‌گیری شد (Jebara *et al.*, 2005)

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: برای اندازه‌گیری فعالیت این آنزیم به ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم که حاوی ۱۹ میلی گرم متیونین، ٦۱ میلی‌گرم نیتروبلوتترازولیوم، ۷۹ میلی‌گرم ریبوفلاوین و ۳/۳ میلی‌گرم EDTA بود، ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اضافه شد. واکنش با قرار دادن نمونه‌ها در معرض نور آغاز و پس از ۱۰ دقیقه بی‌درنگ جذب نمونه‌ها در ٥٦۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتورمتر قرائت شد. میزان فعالیت آنزیم برحسب یک واحد در دقیقه به ازای میلی گرم پروتئین محاسبه شد (Lin and Kao, 1999).

تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. نمودارها توسط نرم‌افزار Excel 2013 رسم گردید.

نتایج و بحث

کربوهیدرات‌های محلول بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر زمان و اثر نوع محلول بر میزان کربوهیدرات‌های گل مریم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود، ولی برهمکنش نوع محلول و زمان معنی‌دار نبود (جدول ۱). پس از قرارگیری گل‌های بریده در محلول‌ها، میزان کربوهیدرات‌های محلول روندی کاهشی داشت. به‌طوریکه ۳ ساعت پس از شروع آزمایش، میزان آن به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت و به کم‌ترین میزان خود (۳/٦٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) رسید، پس‌ازآن تا ٦ساعت پس از شروع آزمایش کمی افزایش یافت، که این افزایش اندک می‌تواند به سبب جذب ساکارز موجود در محلول باشد. اما از ٦ساعت پس از شروع آزمایش تا پایان ساعت ۲٤ام روند کاهشی خود را ادامه داد. با بررسی نوع محلول مشخص شد که بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در گلبرگ (٤/۸۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به ساعت صفر بود. بااین‌حال با میزان کربوهیدرات‌های محلول در ٦ و ۱۲ ساعت پس از شروع آزمایش ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱). مقایسه بین محلول‌های نشان داد که بیشترین افت میزان کربوهیدرات‌های محلول گلبرگ مربوط به تیمار شاهد (۳/۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود. تیمار با اسید سالیسیلیک به حفظ کربوهیدرات‌ها کمک نمود، به‌طوریکه بیش‌ترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در تیمار با اسید سالیسیلیک (٤/۷۹ میلی گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد. همچنین تیمار با نیتروپروساید سدیم نسبت به شاهد توانست محتوای کربوهیدرات‌ها را در گل‌ها به نحو مطلوبی حفظ نماید (جدول ۲).

از آنجایی که پیری فرایندی وابسته به شدت گرفتن تنفس و کاهش سوبسترای تنفسی محصول است، بنابراین تأخیر در پیری به‌منزله حفظ بیشتر سوبستراهای تنفسی به‌ویژه کربوهیدرات‌ها می‌باشد. پیری گل به تغییرات وضعیت کربوهیدرات‌ها در گلبرگ‌ها وابسته است و ارتباط مستقیمی میان غلظت قندها و ماندگاری گل وجود دارد (Ichimura *et al.*, 1999). با توجه به اینکه کربوهیدرات‌ها جهت انجام فعالیت‌های تنفسی گل‌ها موردنیاز می‌باشند. از طرف دیگر، کاهش آن‌ها موجب مصرف سایر مواد جایگزین مانند پروتئین های محلول و اسیدهای آمینه خواهد شد، که این امر فرایند پیری را تحریک می‌کند. تأثیر کربوهیدرات‌ها در تأخیر فرایند

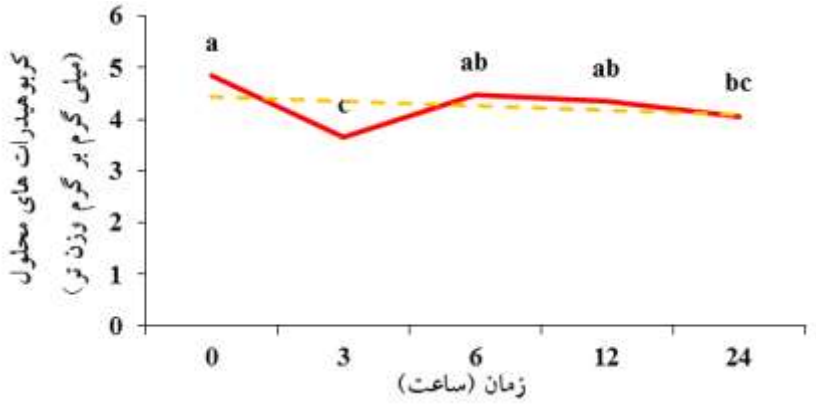
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-10]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.20.1]

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس اثر نوع محلول، زمان و برهم‌کنش آنها بر ویژگی‌های کربوهیدرات‌های محلول، پراکسیداسیون لیپیدها، کاروتنوئید، پروتئین کل، آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		کربوهیدرات‌های محلول	پراکسیداسیون لیپیدها	کاروتنوئید	پروتئین کل	کاتالاز	آسکوربات پراکسیداز	سوپراکسید دیسموتاز
زمان	٤	۱/۸۱**	۰/٤۲**	۰/۰۰۲**	۳/۵۳**	۲/۲۷^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}
محلول	۲	٤/۰۱**	۰/٤۰**	۰/۰۰۰۳**	۰/۱۸^{ns}	۲۰/۰۰۳*	۱/۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۲^{ns}
زمان × محلول	۸	۰/٤۲^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۰۰۱۵**	۰/۳۵^{ns}	۱/۸۲^{ns}	۰/۰۰۵۷^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}
خطا	۳۰	۰/۳٤	۰/۰٦	۰/۰۰۰۰۱۷	/٦۰	۳/۱۵	۰/۰۰٦	۰/۰۰۰۱٦
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/٦۱	۸/۸	۸/۰۳	۹/٦۱	۸/۷۰	۷/٤۸	۵/۷۸

ns، * و ** به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ۱ درصد را نشان می‌دهد.



شکل ۱- اثر پیری بر میزان کربوهیدرات‌های محلول در گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.). حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون مقایسه میانگین دانکن می‌باشند.

جدول ۲- جدول مقایسه میانگین اثر نوع محلول بر ویژگی‌های کربوهیدرات‌های محلول، پراکسیداسیون لیپیدها و کاروتنوئید، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز

نوع محلول	کربوهیدرات‌های محلول	پراکسیداسیون لیپیدها	کاروتنوئید	آسکوربات پراکسیداز	کاتالاز
اسید سالیسیلیک	٤/۷۹^{a}	۲/۵۹^{b}	۰/۰٤۸^{b}	۱/۲۲^{a}	۲۱/۱۳^{b}
نیتروپروساید سدیم	٤/۲٦^{b}	۲/٦۷^{b}	۰/۰۵۰^{b}	۱/۱۵^{b}	۲۱^{b}
شاهد	۳/۷۵^{c}	۲/۹۰^{a}	۰/۰۵٦^{a}	۰/۷٤^{c}	۱۹/۰۷^{a}

در هر ستون، اعدادی با حروف متفاوت بر اساس آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشند.

پیری با تأخیر در تجزیه پروتئین‌ها، ریبونوکلئیک اسیدها، نگهداری سلامت غشاء و وظایف میتوکندری‌ها است (Halevy and Mayak, 1981). کربوهیدرات‌های محلول در بستن روزنه‌ها و کاهش میزان از دست رفتن آب گل‌های شاخه بریده و حفظ آب، ایجاد تعادل آبی و حفظ تورژسانس گلبرگ‌ها مؤثر می‌باشند (Marousky, 1971). همچنین در گلبرگ‌ها

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-10]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.20.1]

اصلی‌ترین دلیل تولید فشار تورژسانس لازم جهت باز شدن کامل گل‌ها می‌باشند (گرایلو و همکاران، ۱۳۹۳). ازاین‌رو استفاده از تیمارهایی که به حفظ و افزایش کربوهیدرات‌ها کمک می‌کند، سبب تأخیر در پیری می‌گردد (van Doorn, 2001). تیمار اسید سالیسیلیک احتمالاً مانع فعالیت سیستم آنزیمی هیدرولیزکننده پلی‌ساکاریدها شده و از سوی دیگر تشکیل پلی‌ساکاریدها را تسهیل می‌کند (Khodary, 2004). تحقیقات نشان داده در گیاه گوجه‌فرنگی طی تنش اکسایشی، مقدار تجمع قندها با تیمار اسید سالیسیلیک افزایش یافت (Inze and van Montague, 1995). طبق نتایج حاصل از پژوهش فرهنگ‌مهر و همکاران (۱۳۹۲) تیمار گل‌های رز رقم 'گرند پریکس' با اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میکرومولار، افزایش ترکیبات قندی مشاهده شد، که با نتایج پژوهش کنونی مطابقت داشت. Bayat و Aminifard (۲۰۱۷) بیان داشتند که سالسیلیک اسید با جلوگیری از تجزیه کربوهیدرات‌ها در گل‌های بریده لیلیوم، ژربرا، استرومریا، رز و مریم توانست سبب افزایش عمر گل شود. طبق نظر van Doorn و Cruz (۲۰۰۰) تورژسانس عامل زنده‌مانی و فعالیت سلول‌هاست که خود نشان از جذب و دفع و فعالیت یک ارگانیسم یا سلول است. در این راستا مصرف اسید سالیسیلیک نیز موجب افزایش میزان کلروفیل از طریق افزایش فعالیت سلولی بوده است و افزایش کلروفیل دلیل بر فعال بودن سلول‌ها و افزایش تولید مواد قندی آنها می‌باشد. افزایش مواد قندی از طریق تنظیم تنفس و فشار اسمزی موجب کاهش پیری گل‌ها شده است (Lise *et al*., 2004).

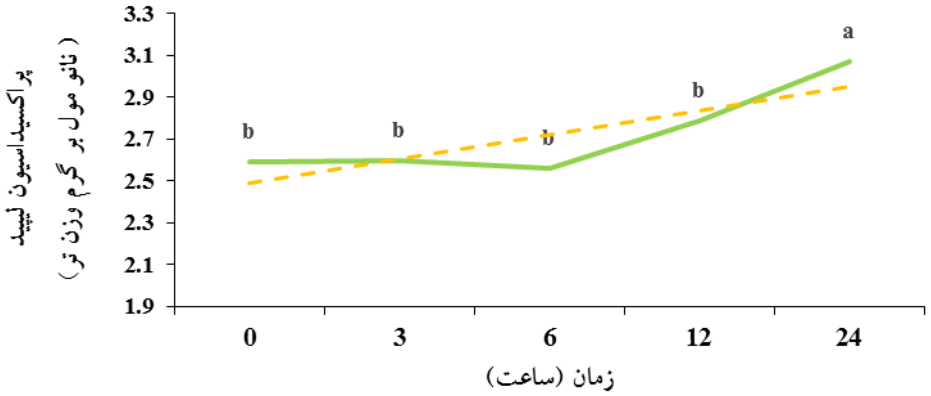
نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان محصول نهایی پراکسیداسیون لیپیدها نشان داد که اثر نوع محلول و اثر زمان در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است، اما برهمکنش نوع محلول و زمان بر پراکسیداسیون لیپیدها معنی‌دار نبود (جدول ۱). با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها، به‌طورکلی از زمان شروع آزمایش تا ٦ ساعت پس از شروع آزمایش میزان تغییرات پراکسیداسیون لیپیدها ناچیز بود و دارای روندی کاهش بود، پس‌ازآن تا پایان بیست‌وچهار ساعت به‌تدریج میزان پراکسیداسیون لیپیدها افزایش یافت. بیشترین میزان پراکسیداسیون لیپیدها (۳/۰۷ نانومول بر گرم وزن تر) در ۲٤ ساعت پس از شروع آزمایش مشاهده شد که با تمامی ساعات ازنظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری بود. (شکل ۲).

همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها مربوط به نوع محلول، بیشترین و کمترین میزان مالون‌دی‌آلدئید تولیدشده، به‌ترتیب در گل‌های شاهد (۲/۹۰ نانومول بر گرم وزن تر) و گل‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک (۲/۵۹ نانومول بر گرم وزن تر) مشاهده شد، که میان آنها ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود داشت. هم‌چنین تیمار گل‌ها با نیتروپروساید سدیم همانند تیمار با اسید سالیسیلیک سبب کاهش تجمع مالون‌دی‌آلدئید شد. میزان محصول تولیدی پراکسیداسیون لیپیدها در تیمار نیتروپروساید سدیم، ۲/٦۷ نانومول برگرم وزن تر بود که با تیمار اسید سالیسیلیک ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

پراکسیداسیون لیپیدها باعث افزایش نفوذپذیری غشاء و پژمردگی گل‌ها می‌شود، که به‌طور معنی‌داری در مرحله پیری گل‌ها افزایش می‌یابد. یکی از ترکیباتی که درنتیجه پراکسیداسیون غشای سیتوپلاسمی ایجاد می‌شود، مالون‌دی-آلدئید است. به‌طورمعمول از مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان شاخصی از پیری و مقاومت فیزیولوژیکی استفاده می‌کنند (حاتمی و همکاران، ۱۳۸۸). افزایش نفوذپذیری غشاء در مرحله پیری باعث از دست دادن بیشتر محتوای آب گلبرگ‌ها می‌شود. بنابراین، حفظ آب گلبرگ با تیمارهای مختلف نقش مهمی در جلوگیری از پیری دارد. نیتروپروساید سدیم سبب رهاسازی نیتریک اکسید می‌شود. نیتریک اکسید منجر به بهبود سیستم آنتی‌اکسیدانی در کاهش اثرات اکسیداسیون حاصل از تنش‌های زنده و غیرزنده در گیاهان می‌شود (Abuqamar *et al*., 2017). Shabanian و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که نیتروپروساید سدیم سبب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها و حفظ یکپارچگی غشای پلاسمایی در زمان نگهداری دو رقم از گل ژربرا شد، به‌گونه‌ای که میزان مالون‌دی‌آلدئید اندازه‌گیری شده آنها در مقایسه با نمونه‌های شاهد کمتر بود که با نتایج

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-10]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.20.1]



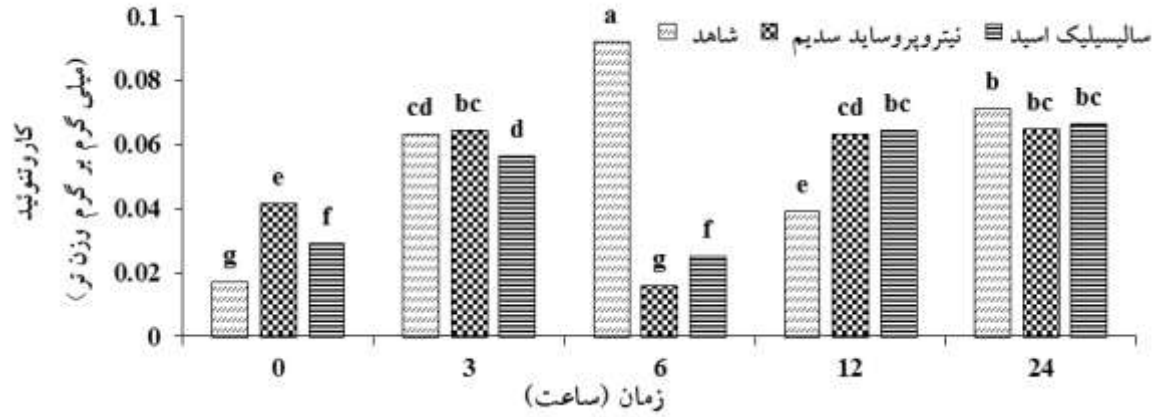
شکل ۲- اثر پیری بر میزان پراکسیداسیون لیپیدها در گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.). حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون مقایسه میانگین دانکن می‌باشند.

پژوهش کنونی مطابقت داشت. همچنین افزودن اسید سالیسیلیک به محلول نگهدارنده منجر به کاهش میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء می‌شود، که این امر می‌تواند به واسطه فعال کردن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و به‌دنبال آن خنثی کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن باشد، که به‌طورمعمول در زمان پیری افزایش می‌یابند. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج گرایلو و همکاران (۱۳۹۳) بر گل‌های بریده رز رقم 'یلو ایسلند' که با اسید سالیسیلیک (۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) تیمار شده بودند، مطابقت داشت.

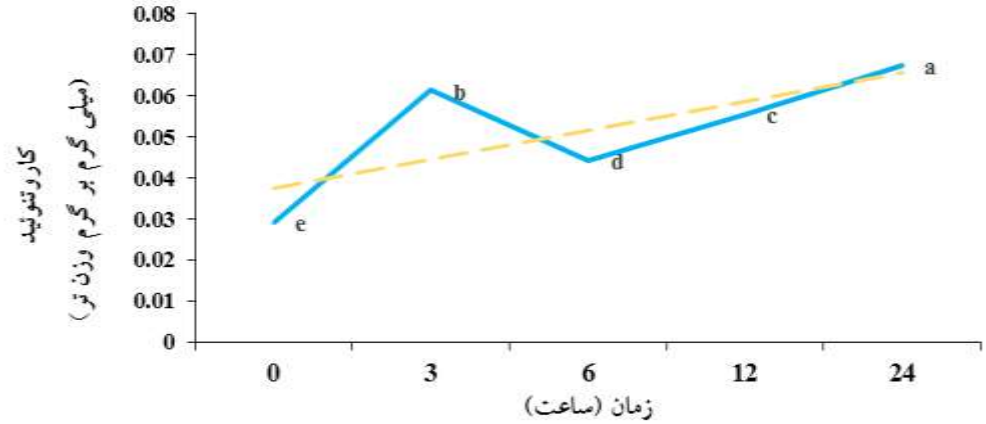
جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش نوع محلول و زمان بر میزان کاروتنوئید در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد. هم‌چنین اثرات ساده زمان و نوع محلول بر میزان کاروتنوئیدها نیز معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین میزان کاروتنوئید (۰/۰۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) پس از گذشت ٦ ساعت از شروع آزمایش در گل‌های شاهد بود. کمترین میزان کاروتنوئیدها باگذشت ٦ ساعت از شروع آزمایش در گل‌های مریم تحت تیمار نیتروپروساید سدیم مشاهده شد (شکل ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، در ساعت صفر کمترین میزان کاروتنوئید گل‌ها (۰/۰۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود و از ٦ ساعت پس از شروع آزمایش تا ٢٤ ساعت پس از شروع آزمایش به‌تدریج روندی صعودی را نشان داد، به‌گونه‌ای که در ساعت آخر به بیشترین میزان خود (۰/۰٦۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) رسید (شکل ٤). همچنین نتایج نشان داد که اسید سالیسیلیک و نیتروپروساید سدیم سبب افزایش میزان کاروتنوئیدها شدند (جدول ۲). کاروتنوئیدها به‌عنوان حامی رنگیزه‌های غیرفتوسنتزی و فتوسنتزی شناخته شده‌اند که می‌توانند اکسیژن یکتایی را به اکسیژن سه‌تایی تبدیل کرده و با گرفتن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده، نقش آنتی‌اکسیدانی از خود بروز دهند (Inze and van Montagu, 1995) و کمترین تأثیر را درحین پیری گل دارد. مشخص گردید در هنگام پیری گل سوسن، میزان کاروتنوئیدها تا روز پنجم ثابت باقی ماند (فرهودی و همکاران، ۱۳۹۷).

نتایج تجزیه واریانس مربوط به میزان پروتئین کل در جدول ۱ ارائه شده است. طبق نتایج به‌دست‌آمده، اثر زمان بر میزان پروتئین کل در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. اما اثر ساده نوع محلول و برهمکنش زمان و نوع محلول بر میزان پروتئین کل معنی‌دار نبود. بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان پروتئین کل (۹/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به ساعت صفر بود که با سایر زمان‌ها (۳، ٦، ۱۲ و ٢٤ ساعت پس از شروع آزمایش)، ازنظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری بود. میزان پروتئین کل از ابتدای آزمایش تا ساعت آخر اندازه‌گیری به‌تدریج کاهش یافت و در ٢٤ ساعت پس از شروع آزمایش به پایین‌ترین میزان خود (۷/۵۱ میلی‌گرم در

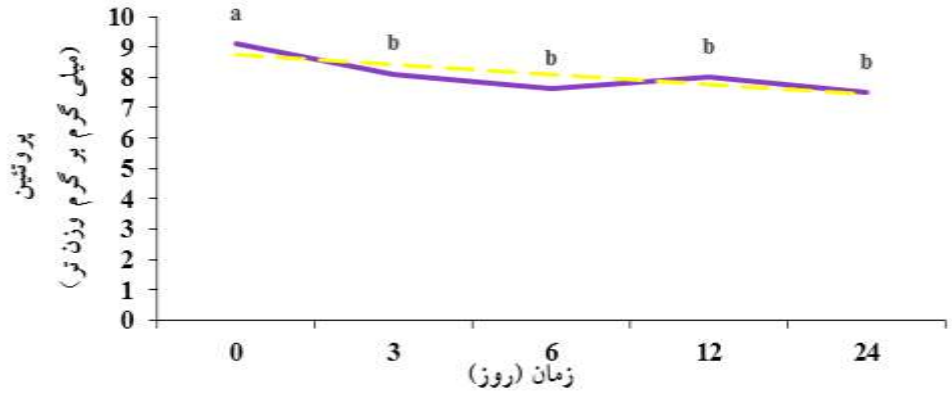
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-10]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.20.1]



شکل ۳- برهمکنش نوع محلول و زمان بر میزان کاروتنوئید در گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.). حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون مقایسه میانگین دانکن می‌باشند.



شکل ٤- اثر ساده زمان (ساعت) بر میزان کاروتنوئید در گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.). حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی-داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون مقایسه میانگین دانکن می‌باشند.



شکل ۵- اثر پیری بر میزان پروتئین کل در گل شاخه بریده مریم (*Polianthes tuberosa* L.). حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون مقایسه میانگین دانکن می‌باشند.

گرم وزن تر) رسید (شکل ۵). یکی از تغییرات مهم در زمان پیری گیاهان، تجزیه پروتئین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-10]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.20.1]

ها می‌باشد. تجزیه پروتئین گلبرگ در گیاهان زینتی تک‌لپه مانند آلسترومریا (Wagstaff *et al*., 2002)، گلایول (Pak *et al*., 2005) و زنبق (Azeez *et al*., 2007) مشاهده شده است. تجزیه پروتئین‌ها در بسیاری از گونه‌های گیاهی توسط فعالیت پروتئازهای خاصی صورت می‌پذیرد (Zhang, 2008). به‌علاوه گونه‌های فعال اکسیژن می‌توانند با پروتئین‌ها واکنش نشان داده و سبب تجزیه آنها شوند (Abri *et al*., 2013). یکی از نشانه های مهم تخریب غشاء، تجزیه پروتئین‌ها می‌باشد. تداوم ناپایداری غشاء که همراه با پیری است، ممکن است به‌دلیل کاهش عملکرد پروتئین‌های غشاء باشد. پیری گلبرگ با تجزیه بیوفیزیکی، بیوشیمیایی و مورفولوژیکی همراه می‌باشد. کاهش میزان پروتئین، سیالیت لیپید در غشاء و افزایش فعالیت پروتئاز سبب پیری و زوال می‌گردد (Arora *et al*., 2007). میزان بالای رادیکال‌های آزاد مانند سوپراکسید (O^{-2}) و هیدروکسیل (OH^{-}) در گیاهان باعث ایجاد تنش اکسایشی در بیومولکول‌هایی مانند پروتئین‌ها و لیپیدها می‌گردد و پیری را تشدید می‌کنند (Youwei *et al*., 2008). نتایج آزمایش کنونی که نشان‌دهنده کاهش میزان پروتئین پس از جداسازی از گیاه مادری است، با نتایج آزمایش انجام شده توسط Nikkhah Bahrami و همکاران (۲۰۱۳) هم‌خوانی داشت. بر اساس نتایج پژوهش ذکر شده که روی گل‌های لیزیانتوس صورت پذیرفت، در مدت زمان نگهداری گل‌ها، به‌تدریج میزان پروتئین‌ها کاهش یافت. با مصرف درونی کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌های نامحلول به‌تدریج به‌عنوان مواد تنفسی در پیری مورداستفاده قرار می‌گیرند (Olley *et al*., 1996).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نوع محلول بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. اما اثر ساده زمان و برهمکنش نوع محلول و زمان بر میزان فعالیت این آنزیم ازنظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، فعالیت آنزیم کاتالاز در گل‌های مریم که با اسید سالیسیلیک و نیتروپروساید سدیم تیمار شده بودند، نسبت به گل‌های شاهد افزایش یافت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۲۱/۱۳ میکرومول در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) مربوط به گل‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک بود، که با نمونه‌های شاهد ازنظر آماری دارای تفاوت معنی‌داری بود، درحالیکه با تیمار نیتروپروساید سدیم ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. به‌علاوه کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۱۹/۰۷ میکرومول در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) مربوط به نمونه‌های شاهد بود (جدول ۲).

طبق نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر ساده زمان و برهمکنش نوع محلول و زمان بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز معنی‌دار نبود. اما اثر ساده نوع محلول بر میزان فعالیت این آنزیم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. کمترین و بیشترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به‌ترتیب در تیمار شاهد (۰/۷٤ میکرومول در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) و تیمار اسید سالیسیلیک (۱/۲۲ میکرومول در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) مشاهده شد، که میان تیمار شاهد و تیمار اسید سالیسیلیک تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). همچنین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در تیمار نیتروپروساید سدیم (۱/۱٤ میکرومول در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) افزایش یافت، که ازنظر آماری با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. به‌طورکلی تیمار گل‌های مریم با اسید سالیسیلیک و نیتروپروساید سدیم منجر به جلوگیری از کاهش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز شد.

همچنین بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر ساده نوع محلول، زمان و برهم‌کنش آنها بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز معنی‌دار نبودند (جدول ۱).

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز یکی از کارآمدترین سیستم‌هایی حفاظت سلولی در برابر رادیکال‌های آزاد هستند (Bowler *et al*., 1992). این آنزیم‌ها به‌طور عمده در سیتوزول، میتوکندری و پراکسیزوم‌ها هستند و منجر به جاروب رادیکال‌های آزاد و درنتیجه بهبود مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده، که خود عامل تولید رادیکال‌های آزاد می‌باشند، می‌گردد. رادیکال‌های آزاد محصول متابولیسم هوازی‌اند و شامل ترکیباتی مانند

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-10]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.20.1]

سوپراکسیدها، پراکسید، اکسیژن اتمی و رادیکال‌های هیدروکسیل می‌باشند و طی واکنش‌های انتقال الکترون در میتوکندری، کلروپلاست و پراکسیزوم‌ها تولید می‌گردند و درصورتی‌که غلظت آنها تنظیم نگردد، موجب آسیب به پروتئین، غشاء و DNA می‌گردند (Davey *et al.*, 2005). بنابراین افزایش این آنزیم‌ها در گیاه موجب افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های زنده و غیرزنده می‌گردد (Dat *et al.*, 2000). با افزایش پیری، پراکسید هیدروژن در گلبرگ‌ها تجمع می‌یابد (Hossain *et al.*, 2006). آنزیم کاتالاز به‌علت داشتن ویژگی سم‌زدایی، میزان پراکسید هیدروژن را کنترل می‌کند (Kumar *et al.*, 2010). با توجه به گفته Hodges و Forney (۲۰۰۰)، بر اساس نوع پیری، کاهش یا افزایش در فعالیت آنزیم کاتالاز موجود در سلول انتظار می‌رود. به‌عنوان‌مثال در آزمایشی با توسعه فرایند پیری در گلبرگ‌های سوسن یک‌روزه فعالیت آنزیم کاتالاز کاهش یافت (Panavas and Rubinstein, 1998). همچنین در آزمایش منصوری و همکاران (۱۳۹٤)، کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۷۵ میکرومولار منجر به افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در گل‌های بریده ژربرا رقم 'پینک الگانس' گردید، که درنهایت سبب محافظت از سلول‌ها شد. همچنین Alaey و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند، تیمار گل‌های شاخه بریده رز با اسید سالیسیلیک میزان فعالیت این آنزیم را نسبت به گل‌های شاهد افزایش می‌دهد. آن‌ها پیشنهاد کردند که کاربرد پس از برداشت اسید سالیسیلیک از طریق بهبود ظرفیت حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن که به فعالیت آنزیم کاتالاز مرتبط است و همچنین با بهبود تنظیم تعادل آبی، عمر گل‌های رز طولانی‌تر خواهد شد. با توجه به اینکه فعالیت آنزیم کاتالاز تحت شرایط تنش نیز افزایش می‌یابد، Promyou و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک میزان فعالیت این آنزیم را در گل آنتوریوم تحت شرایط سرمازدگی افزایش داد. در پژوهشی دیگر علی پور و همکاران (۱۳۹۳) بیان داشتند که تیمار گل‌های مریم با نیتروپروساید سدیم باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز می‌شود. نقش نیتروپروساید سدیم در افزایش فعالیت و القا بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در بسیاری از تنش‌های غیرزنده نیز گزارش شده است (نصیبی و همکاران، ۱۳۹۰). در آزمایش انجام شده توسط Ataii و همکاران (۲۰۱۵)، در گل‌های لیزیانتوس تیمار شده با اسید سالیسیلیک، آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز فعالیت بیشتری بروز دادند که وابسته به تجمع پایین‌تر هیدروژن پراکسید در مدت زمان نگهداری آنها بود. تیمار اسید سالیسیلیک سبب افزایش تولید آنزیم‌های آنتی اکسیدانی می‌گردد که این امر رادیکال‌های آزاد اکسیژن را از بین می‌برد و این‌گونه سبب کاهش سطح مالون‌دی‌آلدئید شده، آسیب وارده به غشای سلول کم می‌شود و پیری به تأخیر می افتد.

نتیجه گیری کلی

پیری گل‌ها مدلی جالب برای مطالعه در گیاهان به‌شمار می‌رود. پیری به سادگی قابل مشاهده می‌باشد، گاهی اوقات به صورت تغییر رنگ است و توسط محرک‌های ساده‌ای مانند گرده‌افشانی، اتیلن و دوره نوری تغییر می‌یابد. این فرآیند از مسائل مهمی است که صنعت گلکاری با آن مواجه می‌باشد. پیری گل بر تمامی فرایندهایی که بلوغ فیزیولوژیکی گیاه را دنبال می‌کنند و منجر به مرگ یک گیاه کامل، یک بافت یا یک سلول می‌شود، دلالت دارد و در واقع آخرین مرحله نمو گیاهی را نشان می‌دهد. الگوی پیری گل می‌تواند بر اساس تفاوت در مشارکت اتیلن طبقه‌بندی شود، برخی از گل‌ها مانند مریم، پیری وابسته به اتیلن را نشان می‌دهند. در این پژوهش مشخص شد با شروع فرآیند پیری، تجزیه پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها افزایش پیدا کرد و میزان آنها در گلبرگ کاسته شد. همچنین میزان پراکسیداسیون لیپیدها و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز افزایش پیدا کرد، با این وجود در میزان کاروتنوئیدها و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تغییر پیدا نکرد. همچنین مشخص گردید که تنظیم‌کننده‌های رشدی همانند اسید سالیسیلیک و نیتروپروساید سدیم می‌توانند در فرآیند پیری تأخیر ایجاد نمایند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-10]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.20.1]

منابع

حاتمی، م.، حاتم‌زاده، ع. و قاسم‌نژاد، م. (۱۳۸۸) نقش آسکوربیک اسید در کنترل پراکسیده شدن لیپیدها و به تأخیر انداختن پیری در گل‌های بریده رز رقم 'رویال کلاس'. مجله زیست‌شناسی ایران ٤: ٦٠٥-٥٩٩.

علی‌پور، س.، نصیبی، ف. و فرهمند، ه. (۱۳۹۳) بررسی اثر غلظت‌های متفاوت سدیم نیتروپروساید سدیم (SNP) بر صفات فیزیولوژیکی و افزایش عمر گلجایی گل شاخه بریده مریم (*Polianthes tuberosa* L.). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست-شناسی ایران) ۵: ٩١٤-٩٠٤.

فرهنگ‌مهر، ن.، نیاکان، م. و زارعی، ح. (۱۳۹۳) اثر اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات بر دوام گل و شاخص‌های فتوسنتز گل شاخه بریده رز رقم Grand prix. نشریه پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران ۹: ۵۸-٤٨.

فرهودی، ن.، صالحی سلمی، م. ر.، یاری، ف. و شهبازی، ا. (۱۳۹۷) بررسی اثر خشک و تر انبارمانی گل بریدنی سوسن دورگه در شزایط اتمسفر تغییر یافته. مجله فن آوری تولیدات گیاهی. در حال انتشار.

گرایلو، س.، قاسم‌نژاد، م. و شیری، م. ع. (۱۳۹۳) تأثیر تیمار کوتاه مدت سالیسیلیک اسید در به تأخیر انداختن پیری گل‌های شاخه بریده رز (*Rosa hybrida*) رقم یلوآیسلند. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) ۲: ۳۰۹-۲۹۹.

منصوری، م.، شور، م.، تهرانی‌فر، ع. و سلاح‌ورزی، ی. (١٣٩٤) بررسی تغییرات بیوشیمیایی ایجاد شده در اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و تیماین بر گل ژربرا رقم پینک الگانس. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) ۱: ۱۳۳-۱۲۷.

نصیبی، ف.، یعقوبی، م. م. و منوچهری کلانتری، خ. (۱۳۹۰) مقایسه اثر پیش تیمار نیتروپروساید سدیم و آرژنین بر برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum*) تحت تنش کم آبی. مجله زیست‌شناسی ایران ٦: ١٣٢-١٢١.

Abri, F., Ghasemnezhad, M., Hasansajedi, R. and Bakhshi, D. (2013) Effect of Ascorbic acid on vase life and petal senescence in cut rose flowers (*Rosa hybrid*) cv. royal class. Journal of Agricultural and Environmental Science 13: 38-43.

AbuQamar, S., Moustafa, K. and Tran, L. S. (2017) Mechanisms and strategies of plant defense against *Botrytis cinerea*. Critical Reviews in Biotechnology 37: 262-274.

Aebi, H. (1974) Catalases. In: Methods of Enzymatic Analysis II (ed. Bergmeyer H. U.) Pp. 673-684. Academic Press, New York.

Ahmad, P., Abdel Latef, A. A., Hashem, A., Abd Allah, E. F., Gucel, S. and Tran, L. S. (2016) Nitric oxide mitigates salt stress by regulating levels of osmolytes and antioxidant enzymes in chickpea. Frontiers in Plant Science 7: 347-353.

Alaey, M., Babalar, M., Naderi, R. and kafi, M. (2011) Effect of pre and postharvest salicylic acid treatment on physiochemical attributes in relation to vase life of Rose cut flowers. Postharvest Biology and Technology 61:91-94.

Arora, A.V., Singh, S. S., Sindhu, D. N. and Voleti, S. R. (2007) Oxidative stress mechanisms during flower senescence. Plant Stress Global Science Books, New Phytologist 165: 473-480.

Asghari, M. and Aghdam, M. S. (2010) Impact of salicylic acid on postharvest physiology of horticultural crops. Trends in Food Science and Technology 21: 502–509.

Ataii, D., Naderi, R. and Khandan-Mirkohi, A. (2015) Delaying of postharvest senescence of Lisianthus cut flowers by salicylic acid treatment. Journal of Ornamental Plants 5: 67-74.

Azeez, A., Sane, A. P., Bhatnagar, D. and Nath, P. (2007) Enhanced expression of serine proteases during floral senescence in Gladiolus. Journal of Phytochemistry 68: 1352-1357.

Bayat, H. and Aminifard, M. H. (2017) Salicylic acid treatment extends the vase life of five commercial cut flowers. electronic Journal of Biology 13: 67-72.

Boller, T. (1991) Ethylene in pathogenesis and disease resistance. In: The Plant Hormone Ethylene (eds. Mattoo, A. K., Suttle, J. C.) Pp.293–314. CRC Press.

Bowler, C., van Montague, M. and Inze, D., (1992) Superoxide dismutase and stress tolerance. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 43: 83-116.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-10]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.20.1]

Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of micro gram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248–254.

Buchanan-Wollaston, V., Earl, S., Harrison, E., Mathas, E., Navab-Pour, S., Page, T. and Pink, D. (2003) The molecular analysis of plant senescence genomics approach. Plant Biotechnology Journal 1: 3-22.

Dat, J., Vandenabeele, S., Vranova, E., van Montagu, M., Inze, D. and van Breusegem, F. (2000) Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. Cellular and Molecular Life Sciences 57: 779-795.

Davey, M. W., Stals, E., Panis, B., Keulemans, J. and Swennen, R. L. (2005) High-throughput determination of malondialdehyde in plant tissues. Analytical Biochemistry 347: 201-207.

Dubois, M., Giles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F. (1956) Calorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry 28: 350-356.

Dwivedi, S. K., Arora, A., Singh, V. P., Sairam, R. and Bhattacharya, R. C. (2016) Effect of sodium nitroprusside on differential activity of antioxidants and expression of SAGs in relation to vase life of gladiolus cut flowers. Scientia Horticulturae 210: 158-165.

Ezhilmathi, K., Singh, V. P., Arora, A. and Sairam, R. K. (2007) Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase life of *Gladiolus* cut flowers. Plant Growth Regulation 51: 99-108.

Halevy, A. H. and Mayak, M. (1981) Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Horticultural Review 3: 59-112.

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

Hassanpour Asil, M., Roein, Z. and Abbasi, J. (2011) Response of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) to gibberellic acid and benzyl adenine. Horticulture, Environment and Biotechnology 52: 46-51.

Heath, R. L. and Packer, L. (1968) Photo peroxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics 125: 189–198.

Hodges, D. M. and Forney, C. H. F. (2000) The effects of ethylene depressed oxygen and elevated carbon dioxide on antioxidant profiles of senescing spinach leaves. Journal of Experimental Botany 51: 645-655.

Hossain, Z., Mandal, A. K. A., Datta, S. K. and Biswas, A. K. (2006) Decline in ascorbate peroxidase activity- a prerequisite factor for tepal senescence in Gladiolus. Journal of Plant Physiology 163: 186–194.

Ichimura, K., Kojima, K. and Goto, R. (1999) Effect of temperature, 8-hydroxy quinoline sulphate and sucrose on the vase life of cut roses flowers. Postharvest Biology and Technology 15: 33-40.

Inze, D. and van Montague, M. (1995) Oxidative stress in plant. Current Opinion in Biotechnology 6:153-158.

Jebara, S., Jebara, M., Limam, F. and Elarbi Aouani, M. (2005) Changes in ascorbate peroxidase, catalase, guaiacol peroxidase and superoxide dismutase activities in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. Journal of Plant Physiology 162: 929-936.

Jowkar, M. M. and Salehi, H. (2005) Effects of different preservatives on the vase life of cut Tuberose (*Polianthes tuberose* L.) flowers at usual home conditions. Acta Horticulturae 669: 411-416.

Khodary, S. F. A. (2004) Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 6: 5-8.

Kumar, A., Kumar, S. and Chandra, S. (2010) Vase life studies in tuberose cv. Shringar as affected by postharvest handling treatments. Asian Journal of Horticulture 5: 7-10.

Liao, W. B., Zhang, M. L. and Yu, J. H. (2013) Role of nitric oxide in delaying senescence of cut rose flowers and its interaction with ethylene. Scientia Horticulturae 155: 30-38.

Lichtenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. (1983) Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions 11: 591–592.

Lin, C. C. and Kao, C. H. (1999) NaCl induced changes in ionically bounds peroxidase activity in roots of rice seedlings. Plant and Soil 216:147–53.

Lise, A., Michelle, H. and Serek, M. (2004) Reduced water availability improves drought tolerance of potted miniature roses: Is the ethylene pathway involved. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 99: 95-105.

Luo, Z., Chen, C. and Xie, J. (2011) Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of 'Qingnai' plum fruit. Postharvest Biology and Technology 62:115-120.

Marousky, F. J. (1971) Inhibition of vascular blockage and increased moisture retention in cut roses induced by pH, 8-hydroxyl quinolone citrate and sucrose. Journal of the American Society for Horticulture Science 96: 38-41.

Mohammadi, M., Hashem abadi, D. and Kaviani, B. (2012) Effect of cobalt chloride on vase life and postharvest quality of cut tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). European Journal of Experimental Biology 2: 2130-2133.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-10]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.20.1]

Naing, A. H., Lee, K., Arun, M., Lim, K. B. and Kim, C. K. (2017) Characterization of the role of sodium nitroprusside (SNP) involved in long vase life of different carnation cultivars. BMC Plant Biology 17:149.

Nikkhak Bahrami, S., Zakizadeh, H., Hamidoghli, Y. and Ghasemnezhad, M. (2013) Salicylic acid retards petal senescence in cut Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* 'Miarichi Grand White') flowers. Horticulture, Environment and Biotechnology 54: 519-523.

Olley, C. M., Joyce, D. C. and Irving, D. E. (1996) Changes in sugar, protein, respiration, and ethylene in developing and harvested geraldton waxflower (*Chamelaucium uncinatum*) flowers. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 24: 143-150.

Pak, C. and van Doorn, W. G. (2005) Delay of iris flower senescence by protease inhibitors. Journal of New Phytologist 165: 473-480.

Panavas, T. and Rubinstein, B. (1998) Oxidative events during programmed cell death of daylily petals. Plant Science 133: 125-138.

Promyou, S., Ketsa, S. and van Doorn, W. (2012) Salicylic acid alleviates chilling injury in anthurium (*Anthurium andraeanum* L.) flowers. Postharvest Biology and Technology 64: 104-110.

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

Vahdati Mashhadian, N., Tehranifar, A., Bayat, H. and Salehvarzi, Y. (2012) Salicylic acid and citric acid treatments improve the vase life of cut chrysanthemum flowers. Journal of Agricultural Science Technology 14: 879-887.

Van Doorn, W. G. (2001) Role of soluble carbohydrates in flower senescence: a survey. Acta Horticulturae 543: 179-183.

Van Doorn, W. G. and Woltering, E. J. (2005) Many ways to exit? Cell death categories in plants. Trends in Plant Science 10: 117-122.

Van Doorn, W. G. and Cruz, P. (2000) Evidence for a wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers. Postharvest Biology and Technology 19: 73-83.

Wagstaff, C., Leverentz, M. K., Griffiths, G., Thomas, B., Chanasut, U., Stead, A. D. and Rogers, H. J. (2002) Cysteine protease gene expression and proteolytic activity during senescence of *Alstroemeria* petals. Oxford Journals 53: 233-240.

Yamada, T., Ichimura, K., Kanekatsu, M. and van Doorn, W. G. (2009) Homologs of genes associated with programmed cell death in animal cells are differentially expressed during senescence of *Ipomoea nil* petals. Plant and Cell Physiology 50: 610–625.

Youwei, Z., Jinlian, Z. and Yonghong, P. (2008) A comparative study on the free radical scavenging activities of some fresh flowers in southern China. LWT-Food Science and Technology 41:1586-1591.

Zhang, S. H. (2008) Investigations into senescence and oxidative metabolism in gentian and petunia flowers. PhD. Thesis, Zanterbury University, New Zealand.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-10]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.20.1]