به زراعی کشاورزی
دوره ۱۹ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۶
صفحه‌های ۹۷۷-۹۶۳

اثر تیمار بخار متیل‌جاسمونات بر ویژگی‌های فیزیکو-بیوشیمیایی و کیفیت پس از برداشت گل شاخه‌بریده ژربرا رقم پینک الگانس

مهدی صادقی‌راویز[۱]، نیما احمدی[۲]*، ناصر صفایی[۳]، ایمان رحمانی[۱]

۱. کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳. دانشیار گروه بیماری‌شناسی گیاهی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله:۱۳۹۵/۱۲/۲۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تیمار بخار متیل‌جاسمونات بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و عمر گلجایی گل بریده ژربرا (*Gerbera jamesonii*) رقم پینک الگانس، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در زمان بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۹۲ انجام شد. تیمارهای آزمایشی به‌صورت تیمار بخار به مدت ۲۴ ساعت و شامل غلظت‌های صفر، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ میکرولیتر بر لیتر متیل جاسمونات به همراه ۲۰ میکرولیتر بر لیتر اتانول و شاهد بود. شاخه‌های گل پس از برداشت و آماده‌سازی اولیه، در محلول نگهدارندهٔ حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ۸-هیدروکسی کینولین سولفات و ساکارز سه درصد قرار داده شدند و سپس تیمار بخار روی گل‌ها اعمال شد. نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات عمر گلجایی گل‌ها را به‌طور معناداری افزایش دادند. در مقایسه با شاهد و اتانول، بیشترین عمر گلجایی در گل‌های تیمار شده با ۰/۲ میکرولیتر بر لیتر (۱۵/۶۷ روز) به‌دست آمد. غلظت‌های مختلف متیل‌جاسمونات با تفاوت معناداری کمترین میزان پژمردگی گلبرگ را در مقایسه با شاهد و اتانول نشان دادند. تیمارهای متیل‌جاسمونات به‌طور معناداری از فعالیت آنزیمی آنتی‌اکسیدانی و میزان پروتئین بالاتر و میزان مالون دی‌آلدئید پایین‌تری نسبت به شاهد و اتانول برخوردار بودند.

کلیدواژه‌ها: پروتئین، تیمار بخار، شاخص‌های کیفی، عمر گلجایی، مالون دی‌آلدئید.

* نویسنده مسئول
Email: ahmadin@modares.ac.ir

۱. مقدمه

گیاه زینتی ژربرا با نام علمی *Gerbera jamesonii* متعلق به تیرهٔ کاسنی[1] است که حدود ۳۰ گونه دارد. این گیاه بومی آفریقای جنوبی، ماداگاسکار، آسیا و اندونزی است [۱۱]. گل‌های شاخه‌بریدهٔ ژربرا عمر گلجایی کوتاهی دارند و یکی از مهم‌ترین دلایل زوال گل‌های بریده عدم ذخیرهٔ مناسب کربوهیدرات در موقع برداشت است. قندها در فرایند تنظیم باز و بسته‌شدن روزنه ها و کاهش میزان ازدست رفتن آب در گل‌های شاخه‌بریده مؤثرند [۱۸].

پیری گل‌های بریده تغییر ویژگی‌های فیزیکی و زیست شیمیایی در اندامک‌ها و غشاء سلولی را سبب می‌شود که با کاهش خیلی سریع در مقدار فسفولیپیدها و پروتئین‌ها، افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده، از هم پاشیدگی درشت مولکول‌ها، افزایش فعالیت تنفسی و کاهش پایداری غشاء همراه است و در نتیجه باعث کاهش کنترل نشدهٔ مواد محلول و آب و در نهایت پژمردگی و مرگ گل می‌شود [۲]. یکی از دلایل شروع پیری در بافت‌های گیاه، دخالت گونه‌های اکسیژن فعال (ROS[2]) شامل پراکسید هیدروژن و هیدروکسیل است که باعث تولید رادیکال های آزاد و تخریب پروتئین‌ها، لیپیدها و اسید نوکلئیک و سرانجام پیری گل می‌شوند [۱۰ و ۲۱].

درگیاهان عالی، جاسمونات‌ها و استر متیلی آن، متیل‌جاسمونات، به‌عنوان هورمون‌هایی در نظر گرفته می شوند که علاوه بر تنظیم فرآیند گلدهی و پیری درگیاه، در مکانیسم دفاعی گیاه در شرایط تنش‌زا نقش مهمی ایفا می‌کند [۱۹]. این ترکیبات با تحریک واکنش‌های بیوسنتزی کاتالیز آنزیم ها، آنها را به شکل ترکیبات دفاعی مثل پلی‌فنل‌ها، آلکالوئیدها و پروتئین‌های مرتبط با مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا تبدیل می‌کنند [۲۵]. جاسمونات‌ها موجب فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها باعث از بین بردن رادیکال‌های آزاد می‌شوند [۱۴]. تقویت سیستم دفاعی گیاهان در اثر کاربرد ترکیبات هورمونی از قبیل جاسمونات‌ها و سالیسیلات‌ها می‌تواند جلوی آثار منفی رادیکال های آزاد را بگیرد و از این طریق موجب افزایش طول عمر گل ها شوند [۱۶ و ۲۲]. گزارش شده است که متیل‌جاسمونات عمر گلجایی چندین گل شاخه‌بریده مثل ورد، فریزیا و گل صدتومانی را به وسیلهٔ کنترل بوتریتیس تحریک می‌کند. همچنین، نشان داده شده است که تیمار بخار متیل‌جاسمونات با غلظت ۰/۱ میکرولیتر در گل شاخه بریده رز، عمر گلجایی گل و برگ را افزایش داد [۱۲]. کاربرد تیمار بخار متیل‌جاسمونات با غلظت ۰/۱ میکرولیتر بر لیتر در گل شاخه بریده فریزیا از رشد قارچ کپک خاکستری جلوگیری کرد و عمر گلجایی و کیفیت گل را بهبود بخشید [۸ و ۹]. با توجه به اینکه جاسمونات‌ها با تأثیر بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، کاتالاز و گلوتاتیون ردوکتاز) و تعدیل فعالیت آنها در از بین بردن رادیکال های آزاد نقش دارند، می تواند در تأخیر پیری در محصولات مؤثر باشند [۴، ۵، ۱۵ و ۲۴]. بر اساس همین فرضیه، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تیمار بخار متیل‌جاسمونات بر پراکسیداسیون لیپید، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و عمر گلجایی گل شاخه‌بریدهٔ ژربرا رقم پینک الگانس[3] است.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی آثار تیمار بخار متیل‌جاسمونات بر صفات فیزیولوژیکی و شیمیایی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و عمر گلجایی گل‌های شاخه‌بریده ژربرا در آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم

1. Asteraceae (Compositae)
2. Reactive oxygen species
3. Pink elegance

باغبانی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۹۲ انجام گرفت. برای انجام این پژوهش، آزمایشی در قالب اسپلیت پلات در زمان در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار اجرا شد. گل های ژربرا رقم پینک الگانس از گلخانهٔ تجاری واقع در شهرستان پاکدشت در صبح زود برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. به‌منظور آبگیری مجدد، ساقه های گل به مدت یک ساعت در داخل آب معمولی قرار گرفتند. سپس گل‌های سالم، هم اندازه و عاری از علائم پژمردگی به منظور اعمال تیمار انتخاب شدند. قبل از اعمال تیمار برای جلوگیری از انسداد آوندها توسط حباب‌های هوا، شاخه‌ها به طول ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شدند و ته آن‌ها به‌وسیلهٔ تیغی تیز و به صورت مورب در داخل آب بریده شدند. در نهایت گل‌ها در ظروف گلجای حاوی ۳۰۰ میلی لیتر محلول نگهدارنده دارای ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ۸- هیدروکسی کینولین سولفات و سه درصد ساکارز قرار گرفتند. در این آزمایش تعداد ۱۲۰ شاخه گل استفاده شد. ظروف گلجای به دو قسمت برای انجام ارزیابی صفات فیزیولوژیکی و اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی تقسیم شدند. در بخش فیزیولوژی هر تکرار شامل سه گل شاخه بریده و در بخش بیوشیمیایی هر تکرار شامل پنج گل شاخه‌بریده بود. نمونه‌گیری برای صفات بیوشیمیایی به فواصل هر سه روز از نمونه‌های قسمت بیوشیمیایی انجام گرفت و در هر نمونه‌گیری از یک گل جهت فریز کردن استفاده شد.

برای انجام تیمار بخار متیل جاسمونات، شاخه‌های گل درون ظرف گلجای به مدت ۲۴ ساعت داخل آکواریوم‌های شیشه‌ای ۲۰۰ لیتری قرار گرفتند. سپس متناسب با تیمار مورد نظر، مقدار مناسب متیل جاسمونات مایع با ۲۰ میکرولیتر بر لیتر اتانول مخلوط شد و داخل آکواریوم روی کاغذ صافی ریخته شد و بلافاصله درب آکواریوم ها مهر و موم شد. غلظت های استفاده شده در تیمار بخار شامل صفر، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ میکرولیتر بر لیتر متیل جاسمونات به همراه ۲۰ میکرولیتر بر لیتر اتانول و شاهد بود. تیمار شاهد بدون دریافت متیل جاسمونات و یا اتانول استفاده شد.

پس از باز کردن درب آکواریوم‌های شیشه‌ای، ظروف گلجای روی میز آزمایشگاه قرار گرفتند. تمامی مراحل انجام آزمایش در شرایط محیطی دارای دمای ۲ ±۲۰ درجه سانتی‌گراد، شدت نور ۱۵ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه، رطوبت نسبی ۶۰-۶۵ درصد و دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی انجام گرفت.

۱.۲. درصد پژمردگی گلبرگ

به‌منظور ارزیابی میزان پژمردگی گلبرگ گل بریده ژربرا (میزان پیچ خوردگی گلبرگ‌های شعاعی)، شدت پژمردگی گل‌ها براساس ارزیابی ظاهری در شش گروه جداگانه به‌صورت زیر طبقه‌بندی شد [۱]. صفر= بدون علائم پژمردگی، یک= ۲۰ درصد خسارت، دو= ۴۰ درصد خسارت، سه= ۶۰ درصد خسارت، چهار= ۸۰ درصد خسارت، پنج= ۱۰۰درصد خسارت.

۲.۲. عمر گلجایی

طول عمر گل بیان‌کنندهٔ مدت زمان دوام گل به‌صورت کاملاً شاداب در دست مصرف کننده است. معیار پایان عمر گل ها (عمر گلجایی) بسته به نوع رقم با پژمرده شدن گلبرگ، خم شدن گردن و ریزش گلبرگ‌ها همراه است. طول عمر گل‌ها به‌صورت فاصلهٔ زمانی بین پایان تیمار گل‌ها در آزمایشگاه تا زمانی که گل‌های بریده شادابی خود را از دست دادند، محاسبه و به‌صورت روز بیان شد [۱۷].

۳.۲. پراکسیداسیون لیپید[1]

میزان آسیب به غشاها با اندازه گیری مقدار مالون دی آلدئید (MDA) فرآوردهٔ نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء تعیین شد. به‌منظور اندازه‌گیری MDA، میزان ۲۰۰ میلی‌گرم از بافت منجمد شده گلبرگ در هاون سرد شده به‌وسیلهٔ ازت مایع پودر شد. سپس پودر حاصله به داخل لوله فالکون ۱۵ میلی لیتری انتقال یافت و ۳ میلی لیتر تری کلرواستیک اسید (TCA) ۱۰ درصد سرد به آن اضافه شد. نمونه ها پس از همگن سازی، بلافاصله داخل یخ قرار داده شدند و پس از آن سانتریفوژ (۱۲۰۰۰ rpm، به مدت ۱۵ دقیقه و دمای ۴درجهٔ سانتی گراد) شدند. پس از سانتریفوژ، ۱ میلی لیتر از نمونه های سانتریفوژ شده برداشته شد و درون لولهٔ آزمایش درب دار ریخته شد و به آن ۱ میلی‌لیتر تیوباربیتوریک اسید (TBA) ۰/۵ درصد سرد شده اضافه شد و پس از همگن‌سازی به مدت نیم ساعت در دمای ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از سرد شدن، میزان MDA با اندازه‌گیری جذب در طول موج‌های ۵۳۲ نانومتر و ۶۰۰ نانومتر با استفاده از ضریب ثابت ($mM^{-1}cm^{-}$ ε=۱۵۵ [1]) محاسبه شد [۲۳].

$$\Delta A = \varepsilon \times C \times L \qquad (۱)$$

ΔA: دلتای جذب (عدد دستگاه اسپکتروفتومتر)

C: غلظت (مقدار) ماده

L: عرض کووت (۱ سانتی‌متر)

۴.۲. استخراج و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز

برای استخراج پراکسیداز و کاتالاز، ۲۰۰ میلی گرم تودهٔ سلولی منجمد شده گلبرگ در هاون سرد شده به‌وسیلهٔ ازت مایع پودر شد. سپس پودر حاصله به داخل لوله فالکون ۱۵ میلی‌لیتری انتقال یافت و ۳ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم ۲۵ میلی مولار (pH ۶/۸) سرد به آن اضافه شد. نمونه ها پس از همگن سازی، بلافاصله داخل یخ قرار داده شدند و پس از آن، سانتریفوژ (۱۲۰۰۰ rpm، به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد) شدند. پس از سانتریفوژ، محلول رویی حاصل به درون میکروتیوب ۲ میلی‌لیتری انتقال یافت و بلافاصله در فریزر ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد [۶ و ۱۳].

برای سنجش آنزیم پراکسیداز، عصارهٔ آنزیمی حاصل مربوط به استخراج پراکسیداز از فریزر خارج و روی یخ قرار داده شد تا به آرامی ذوب شود. ۳ میلی لیتر مخلوط واکنش شامل ۱۴۰۰ میکرولیتر بافر فسفات سدیم ۲۵ میلی‌مولار (pH ۶/۱)، ۸۰۰ میکرولیتر گایاکول ۲۸ میلی مولار، ۵۰۰ میکرولیتر هیدروژن پراکسید ۵ میلی مولار و ۳۰۰ میکرولیتر عصارهٔ آنزیمی بود. جذب نمونه ها در طول زمان یک دقیقه (ثانیه صفر و ثانیه ۶۰) در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شد. فعالیت آنزیم به صورت دلتای جذب بر میلی‌گرم پروتئین بیان شد [۱۳].

$$\text{POD activity} = [(\text{final Abs} - \text{Initial Abs}) \times 3333.33] / \text{protein} \qquad (۲)$$

عدد ۳۳۳۳/۳۳ ضریب رقت است و بسته به مقدار عصارهٔ استفاده شده، متغیر است.

برای سنجش آنزیم کاتالاز، عصاره آنزیمی حاصل مربوط به استخراج از فریزر خارج و روی یخ قرار داده شد تا به آرامی ذوب شود. ۳ میلی لیتر مخلوط واکنش شامل ۲۴۵۰ میکرولیتر بافر فسفات سدیم ۲۵ میلی‌مولار (۶/۱ pH)، ۵۰۰ میکرولیتر هیدروژن پراکسید (H_2O_2) ۱۰ میلی مولار و ۵۰ میکرولیتر عصارهٔ آنزیمی تهیه شد. فعالیت کاتالاز با توجه به روند تجزیهٔ H_2O_2 و در نتیجه کاهش جذب، در طول زمان ۳۰ ثانیه (ثانیه صفر و ثانیه ۳۰) در طول موج ۲۴۰ نانومتر سنجیده و به صورت دلتای جذب ۲۴۰ نانومتر به ازای میلی‌گرم پروتئین محاسبه شد [۶].

$$\text{CAT activity} = [(\text{Initial Abs} - \text{Final Abs}) \times 20000] / \text{protein} \qquad (۳)$$

[1] Lipid Peroxidation

عدد ۲۰۰۰۰ ضریب رقت است و بسته به مقدار عصاره استفاده شده، متغیر است.

۵.۲. استخراج و اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD)

به این منظور ۲۰۰ میلی گرم از تودهٔ سلولی منجمد شده گلبرگ در هاون سرد شده به وسیلهٔ ازت مایع پودر شد. سپس پودر حاصله به داخل لوله فالکون ۱۵ میلی لیتری انتقال یافت و ۳ میلی‌لیتر بافر HEPES-KOH ۵۰ میلی‌مولار (pH ۷/۸) حاوی EDTA سدیمی ۰/۱ میلی مولار سرد به آن اضافه شد. نمونه‌ها پس از همگن‌سازی، بلافاصله داخل یخ قرار داده شدند و پس از آن، سانتریفوژ (۱۲۰۰۰ rpm، به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴ درجهٔ سانتی گراد) شدند. پس از سانتریفوژ، محلول رویی حاصل به درون میکروتیوب ۲ میلی لیتری انتقال یافت و بلافاصله در فریزر ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد [۷].

برای سنجش آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، عصارهٔ آنزیمی مربوط به استخراج، از فریزر خارج و روی یخ قرار داده شد تا به آرامی ذوب شود. ترکیب مخلوط واکنش در حجم نهایی ۳ میلی‌لیتر به شکل زیر است:

بافر HEPES-KOH ۵۰ میلی مولار با pH ۷/۸ حاوی EDTA سدیمی ۰/۱ میلی‌مولار، Na_2CO_3 ۵۰ میلی‌مولار با pH ۱۰/۲، L-methionine ۱۲ میلی‌مولار، Nitro Blue Tetrazolium (NBT) ۷۵ میکرومولار، Riboflavin ۱ میکرومولار و عصارهٔ آنزیمی.

در کنار هر یک از لوله‌های آزمایش که دارای مخلوط واکنش بودند، یک لولهٔ آزمایش حاوی مخلوط واکنش به استثنای عصاره آنزیمی قرار گرفت. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در معرض نور شدید قرار داده شدند و سپس میزان جذب آنها در طول موج ۵۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف سنجی قرائت شد. از لولهٔ آزمایش بدون عصارهٔ آنزیمی به‌عنوان شاهد و یا مرجع مقایسه با لولهٔ آزمایش مقابل (دارای عصاره آنزیمی با شدت نور مشابه) استفاده شد. از مخلوط واکنش بدون تیمار نوری (نمونهٔ تاریکی) برای صفر کردن دستگاه استفاده شد. عصاره آنزیمی به مقدار مناسب یک واحد فعالیت SOD به‌عنوان مقدار آنزیمی در نظر گرفته شد که منجر به مهار ۵۰ درصدی نیتروبلو تترازولیوم (NBT) در ۵۶۰ نانومتر می‌شود. جذب مخلوط واکنش با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد [۷].

٪ of inhibition (IH) = (ΔA560 without enzyme - ΔA560 with enzyme) × 100/ΔA560 without enzyme (۴)

SOD activity = (IH × 1000) /50 × protein

IH: درصد مهار NBT

۶.۲. اندازه‌گیری میزان پروتئین

برای اندازه‌گیری پروتئین محلول کل از روش برادفورد[1] (۱۹۷۶) استفاده شد. به این منظور میزان جذب یک میلی لیتر از معرف برادفورد به همراه ۱۰۰ میکرولیتر عصارهٔ گیاهی پس از مخلوط شدن کامل در طول موج ۵۹۵ نانومتر ثبت شد. میزان پروتئین برحسب میلی گرم بر گرم بافت تازه با استفاده از منحنی درجه بندی سرم آلبومین گاوی (BSA[2]) محاسبه شد [۳].

۷.۲. تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای صفات اندازه گیری شده طی دورهٔ نگهداری با در نظر گرفتن زمان‌های مختلف اندازه‌گیری صفات به‌عنوان یک عامل، آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات و در مورد صفاتی که در انتهای آزمایش اندازه‌گیری شدند، به‌صورت کاملاً تصادفی تجزیه شد. توزیع نرمال خطاها به‌وسیلهٔ نرم‌افزار MINITAB بررسی شد. تجزیه و تحلیل آماری داده ها با

1. Bradford
2. Bovine serum albumin

استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C و مقایسهٔ میانگین ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت و رسم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت.

۳. نتایج و بحث

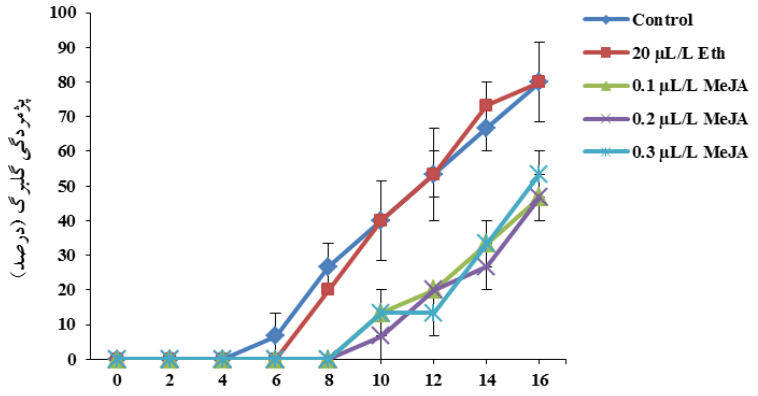
۱.۳. پژمردگی گلبرگ

پژمردگی گلبرگ در گل بریدهٔ ژربرا بر اساس لوله ای شدن و خشکیدگی حاشیهٔ گلبرگ های بیرونی ارزیابی شد. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر تیمار، دورهٔ نگهداری و اثر متقابل تیمار و دورهٔ نگهداری بر پژمردگی گلبرگ از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد معنادار شد (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین ها نشان داد که تا روز چهارم آزمایش هیچ نشانهٔ پژمردگی وجود نداشت. از روز چهارم به بعد برای شاهد، از روز ششم به بعد برای تیمار اتانول و از روز هشتم به بعد، علائم پژمردگی گلبرگ در گل‌ها پدیدار شد و طی دورهٔ نگهداری این پژمردگی افزایش یافت. در پایان دورهٔ نگهداری (روز شانزدهم) تیمارهای مختلف متیل‌جاسمونات با اختلاف معنادار آماری پژمردگی گلبرگ را در مقایسه با شاهد و اتانول کاهش دادند و سبب بهبود کیفیت گل‌ها شدند (شکل ۱).

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) تیمار بخار متیل‌جاسمونات بر پژمردگی گلبرگ گل شاخه‌بریدهٔ ژربرا

		بین تیمارها
منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	پژمردگی گلبرگ
تیمار	۴	۳۱۸۴/۰۰**
خطا	۱۰	۳۹۷/۳۳
		درون زمان‌ها
زمان	۸	۱۲۱۰۵/۴۸**
زمان× تیمار	۳۲	۲۴۶/۲۲**
خطا (زمان)	۸۰	۵۳/۶۳
ضریب تغییرات (درصد)	–	۲۹/۲۱

**، * و ns به‌ترتیب اختلاف معنادار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنادار



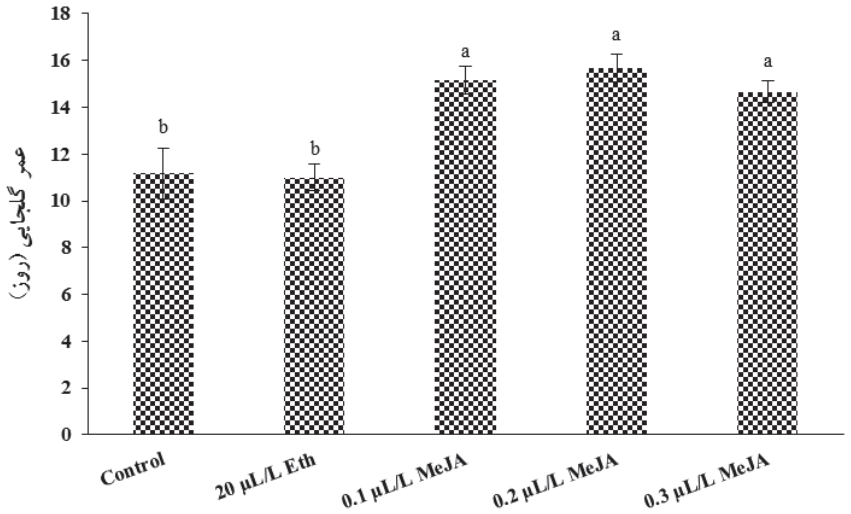
شکل ۱. اثر تیمارهای مختلف بر پژمردگی گلبرگ گل بریدهٔ ژربرا در طی دورهٔ نگهداری

Control: شاهد، Eth: اتانول، MeJA: متیل‌جاسمونات، منظور از زمان صفر، بلافاصله بعد از پایان تیمار است. ستون عمودی موجود در میانگین‌ها معرف خطای استاندارد (SE) است.

۲.۳. عمر گلجایی

نتایج نشان داد که عمر گلجایی در تیمارهای ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ میکرولیتر بر لیتر متیل جاسمونات تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و نسبت به شاهد و اتانول به‌طور معناداری افزایش یافت. بخار متیل‌جاسمونات با غلظت ۰/۲ میکرولیتر بر لیتر عمر گل را به (۱۵/۶۷ روز) در مقایسه با شاهد (۱۱/۱۷ روز) و اتانول (۱۱/۰۰ روز) توسعه داد، ولی بین غلظت‌های مختلف متیل‌جاسمونات از نظر آماری اختلاف معناداری مشاهده نشد. همچنین، بین تیمار اتانول و شاهد نیز اختلاف معناداری دیده نشد (شکل ۲).

عمر گلجایی گل‌های شاخه‌بریده یکی از فاکتورهای مهم برای تعیین کیفیت گل‌های بریده است. با توجه به شاخص پایان عمر گلجایی، بیش ترین عمر گلجایی مربوط به تیمار ۰/۲ میکرولیتر بر لیتر متیل جاسمونات بود که با نتایج مایر و همکاران همراستا است. این پژوهشگران گزارش کردند غلظت ۲۰۰ میکرومولار متیل جاسمونات در محلول نگهدارندهٔ شش رقم گل بریده رز با کاهش رشد کپک خاکستری عمر گلجایی گل را بهبود بخشید [۱۹]. همچنین کاربرد ۰/۱ میکرولیتر بر لیتر بخار متیل جاسمونات روی گل بریده فریزیا، عمر گلجایی و کیفیت گل را بهبود بخشید. این هورمون آثار مثبتی بر کاهش فعالیت بیماری کپک خاکستری نشان داد و سبب کاهش لکه دار شدن گلبرگ‌های گل بریدهٔ فریزیا شد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد [۸ و ۹]. تأثیر متیل جاسمونات در افزایش طول عمر گل های شاخه بریده بستگی به گونه گیاهی، غلظت متیل‌جاسمونات و روش کاربرد دارد. کاربرد متیل‌جاسمونات در گل‌های اطلسی و دندوربیوم عمر گلجایی را کوتاه‌تر کرد که با نتایج ما مغایر است [۲۰]، درحالی‌که در گل های ژربرا و رز سبب افزایش عمر گل شد که با نتایج این پژوهش همسو است [۱ و ۱۲]. احتمالاً متیل جاسمونات با کاهش گونه های فعال اکسیژن و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی و بیان ژن‌های درگیر در مقاومت به بیماری ها باعث افزایش عمر گلجایی شده است.



شکل ۲. اثر تیمارهای مختلف بر عمر گلجایی گل بریده ژربرا در طی دورهٔ نگهداری

Control: شاهد، Eth: اتانول، MeJA: متیل‌جاسمونات

ستون عمودی موجود در میانگین‌ها معرف خطای استاندارد (SE) است.

۳.۳. پراکسیداسیون لیپید غشاء

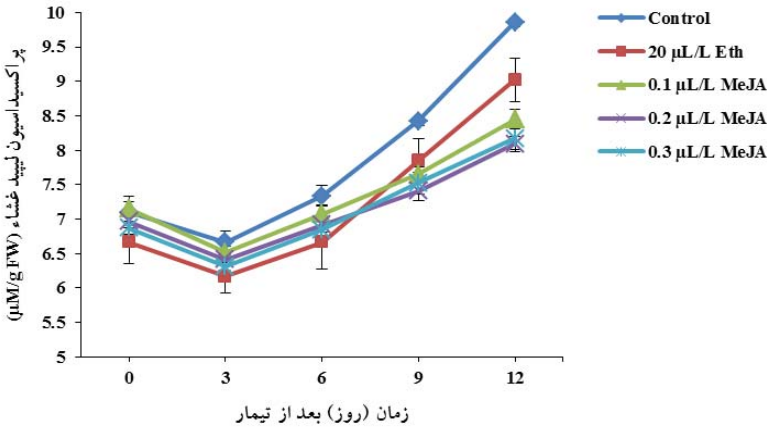
آثار تیمار، زمان و اثر متقابل تیمار در زمان بر میزان مالون دی‌آلدئید و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء در سطح احتمال پنج درصد معنادار بود (جدول ۲). نتایج بیانگر آن است که میزان مالون دی‌آلدئید در تمام تیمارها در طول دورهٔ نگهداری تا روز سوم کاهش و سپس در روزهای بعد افزایش پیدا کرد. اگرچه میزان پراکسیده شدن در تیمار اتانول از ابتدای آزمایش تا روز ششم از بقیهٔ تیمارها کمتر بود. ولی در روزهای نهم و دوازدهم این میزان از تیمارهای متیل‌جاسمونات بیشتر شد. تیمارهای متیل‌جاسمونات و اتانول طی دورهٔ آزمایش از میزان پراکسیداسیون لیپید پایین تری نسبت به شاهد برخوردار بودند. در پایان روز دوازدهم، تیمارهای متیل جاسمونات و اتانول به‌طور معناداری از میزان پراکسیداسیون لیپید پایین تری نسبت به شاهد برخوردار بودند. در میان تیمارها، تیمار ۰/۲ میکرولیتر بر لیتر با ۸/۰۹ میکرومول بر گرم وزن تر در مقایسه با شاهد (۹/۸۵ میکرومول بر گرم وزن تر) از میزان کمتری برخوردار بود. همچنین، بین غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۳ میکرولیتر متیل‌جاسمونات اختلاف معناداری مشاهده نشد (شکل ۳).

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان مالون دی‌آلدئید در طی دورهٔ نگهداری گل افزایش می یابد ولی تیمارهای متیل‌جاسمونات به‌طور معناداری پراکسیداسیون لیپید کمتری در مقایسه با شاهد و اتانول نشان دادند. مالون‌دی‌آلدئید (محصول پراکسیداسیون لیپید غشاء) شاخص مناسبی برای پراکسیداسیون لیپید غشاء محسوب می‌شود. در پژوهشی که بر روی میوهٔ هلو انجام گرفت مشاهده شد که میزان مالون دی‌آلدئید در میوهٔ هلو به تدریج در طول دورهٔ انبار افزایش یافت. تیمارهای متیل‌جاسمونات به‌طور معناداری از افزایش میزان مالون دی آلدئید جلوگیری کردند که با نتایج حاصل از این پژوهش همراستا است [۱۵].

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) تیمار بخار متیل‌جاسمونات بر صفات بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانتی گل شاخه‌بریده ژربرا

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	پراکسیداسیون لیپید	آنزیم کاتالاز	آنزیم سوپراکسید دیسموتاز	آنزیم پراکسیداز	پروتئین
			بین تیمارها			
تیمار	۴	۱/۴۱*	۱۰۷/۶۹*	۶۸/۶۸**	۱۱۹/۲۷**	۰/۰۰۲**
خطا	۱۰	۰/۴۵	۲۰/۹۳	۱۱/۷۶	۴/۵۷	۰/۰۰۰۱
			درون زمان‌ها			
زمان	۴	۱۱/۹۸**	۲۵۰۳/۲۴**	۳۴۶/۴۷**	۱۱۷۹/۴۹**	۰/۰۱۸**
زمان× تیمار	۱۶	۰/۲۸**	۱۴/۳۱**	۵/۹۲**	۴/۲۹*	۰/۰۰۰۱**
خطا (زمان)	۴۰	۰/۰۲۳	۰/۹۱	۰/۴۷	۱/۹۸	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	–	۲/۰۷	۲/۲۹	۳/۱۹	۷/۰۶	۰/۷۰

**، * و ns به‌ترتیب اختلاف معنادار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنادار



شکل ۳. اثر تیمارهای مختلف بر پراکسیداسیون لیپید غشاء گلبرگ گل بریده ژربرا در طی دورهٔ نگهداری
Control: شاهد، Eth: اتانول، MeJA: متیل‌جاسمونات، منظور از زمان صفر، بلافاصله بعد از پایان تیمار است.
ستون عمودی موجود در میانگین‌ها معرف خطای استاندارد (SE) است.

همچنین کاربرد متیل‌جاسمونات در میوهٔ سبز گوجه‌فرنگی غلظت لینولنیک اسید (اسید چرب غیراشباع) را افزایش و مقدار لینولئیک اسید (اسید چرب اشباع‌شده) را کاهش داد. بنابراین متیل‌جاسمونات با افزایش اسیدهای چرب غیراشباع نسبت به اسیدهای چرب اشباع موجب پایداری غشاء و کاهش پراکسیداسیون غشاء می‌شود. همچنین متیل‌جاسمونات در میوهٔ سبز گوجه‌فرنگی از فعالیت آنزیم لیپواکسی ژناز که پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع را بر عهده دارد جلوگیری کرد. این تأثیر متیل‌جاسمونات باعث حفظ سیالیت غشاء و کاهش نشت یون از غشاء شد [۲۴].

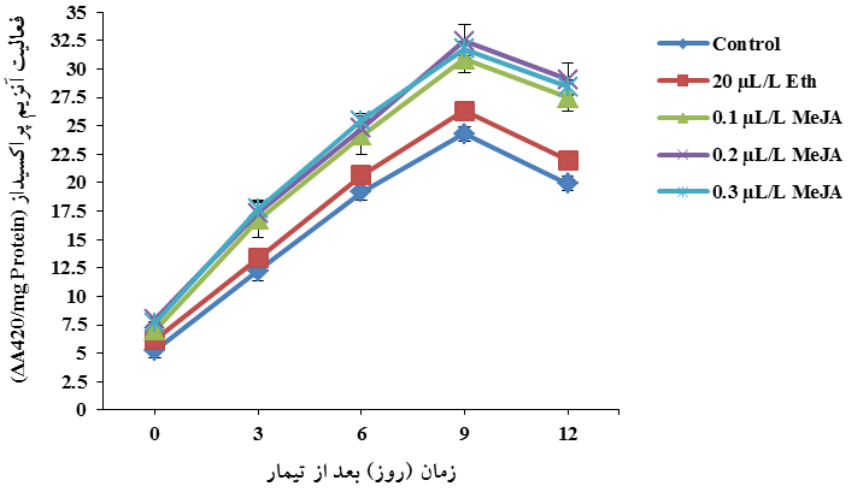
۴.۳. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

۱.۴.۳. فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز

تجزیهٔ واریانس داده‌ها مشخص کرد که آثار تیمار، زمان و اثر متقابل تیمار در زمان بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز در گلبرگ گل بریده ژربرا در سطح احتمال پنج درصد معنادار شد (جدول ۲). در پژوهش حاضر فعالیت آنزیم پراکسیداز گلبرگ با گذشت زمان از آغاز آزمایش تا روز نهم به تدریج افزایش و سپس در روز دوازدهم کاهش پیدا کرد. اثر تیمارهای مختلف بر این ویژگی نشان داد که تیمارهای متیل‌جاسمونات طی دورهٔ آزمایش با القا فعالیت این آنزیم به‌طور معناداری فعالیت آن را نسبت به شاهد و اتانول افزایش دادند. در پایان روز دوازدهم، تیمار ۰/۲ میکرولیتر بر لیتر با ۲۹/۰۹ دلتای جذب بر میلی گرم پروتئین در مقایسه با شاهد (۱۹/۹۲ دلتای جذب بر میلی‌گرم پروتئین) و اتانول (۲۱/۹۷ دلتای جذب بر میلی گرم پروتئین) از میزان بالاتری برخوردار بود؛ ولی بین غلظت های مختلف متیل جاسمونات اختلاف معناداری مشاهده نشد (شکل ۴).

مقایسهٔ میانگین برهمکنش تیمار و دورهٔ نگهداری بر فعالیت آنزیم کاتالاز نشان داد که فعالیت این آنزیم در طول دورهٔ نگهداری به تدریج کاهش پیدا کرد ولی از روز نهم این روند نزولی در تیمار اتانول و شاهد بیشتر بود.

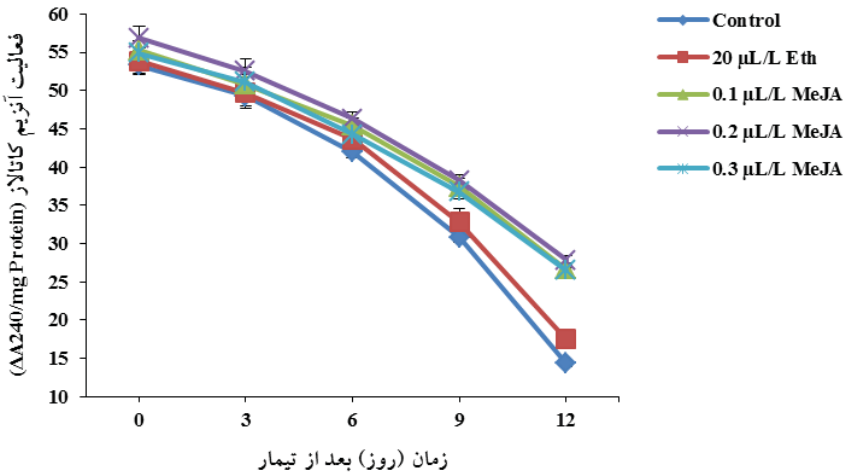
تیمارهای متیل‌جاسمونات طی دورهٔ آزمایش فعالیت کاتالاز بالاتری نسبت به شاهد و اتانول القاء کردند. در پایان روز دوازدهم، تیمار ۰/۲ میکرولیتر بر لیتر با ۲۷/۸۶ دلتای جذب بر میلی گرم پروتئین در مقایسه با شاهد (۱۴/۳۴ دلتای جذب بر میلی گرم پروتئین) و اتانول (۱۷/۵۳ دلتای جذب بر میلی‌گرم پروتئین) به‌طور معناداری از میزان فعالیت بالاتری برخوردار بود؛ ولی بین غلظت های مختلف متیل جاسمونات اختلاف معناداری مشاهده نشد (شکل ۵).



شکل ۴. اثر تیمارهای مختلف بر فعالیت آنزیم پراکسیداز گلبرگ گل بریدهٔ ژربرا در طی دورهٔ نگهداری

Control: شاهد، Eth: اتانول، MeJA: متیل‌جاسمونات، منظور از زمان صفر، بلافاصله بعد از پایان تیمار است.

ستون عمودی موجود در میانگین‌ها معرف خطای استاندارد (SE) است.



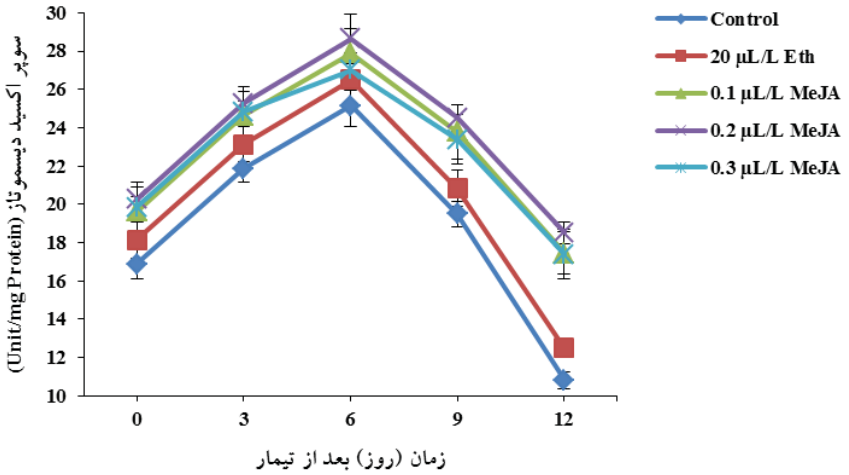
شکل ۵. اثر تیمارهای مختلف بر فعالیت آنزیم کاتالاز گلبرگ گل بریدهٔ ژربرا در طی دورهٔ نگهداری

Control: شاهد، Eth: اتانول، MeJA: متیل‌جاسمونات، منظور از زمان صفر، بلافاصله بعد از پایان تیمار است.

ستون عمودی موجود در میانگین‌ها معرف خطای استاندارد (SE) است.

۲.۴.۳. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

آثار تیمار، زمان و اثر متقابل تیمار در زمان بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گلبرگ گل بریدهٔ ژربرا در سطح احتمال یک درصد معنادار شد (جدول ۲). فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تا روز ششم روندی افزایشی و از روز ششم تا روز دوازدهم (پایان دورهٔ نگهداری) روندی کاهشی نشان داد. تیمارهای متیل‌جاسمونات در تمام روزها فعالیت سوپراکسید دیسموتاز بالاتری نسبت به شاهد و اتانول نشان دادند. میزان فعالیت این آنزیم در تیمار ۰/۲ میکرولیتر بر لیتر متیل‌جاسمونات در روز ششم به اوج خود و به میزان ۲۸/۶۳ واحد آنزیمی بر میلی گرم پروتئین رسید. در پایان دورهٔ نگهداری نیز تیمار ۰/۲ میکرولیتر بر لیتر با ۱۸/۵۲ واحد آنزیمی بر میلی گرم پروتئین در مقایسه با شاهد (۱۰/۸۲ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین) و اتانول (۱۲/۴۹ واحد آنزیمی بر میلی گرم پروتئین) به‌طور معناداری از میزان فعالیت بالاتری برخوردار بود؛ ولی بین غلظت‌های مختلف متیل‌جاسمونات اختلاف معناداری مشاهده نشد (شکل ۶).



شکل ۶. اثر تیمارهای مختلف بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز گلبرگ گل بریدهٔ ژربرا در طی دورهٔ نگهداری

Control: **شاهد**، Eth: **اتانول**، MeJA: **متیل‌جاسمونات**، **منظور از زمان صفر، بلافاصله بعد از پایان تیمار است.**

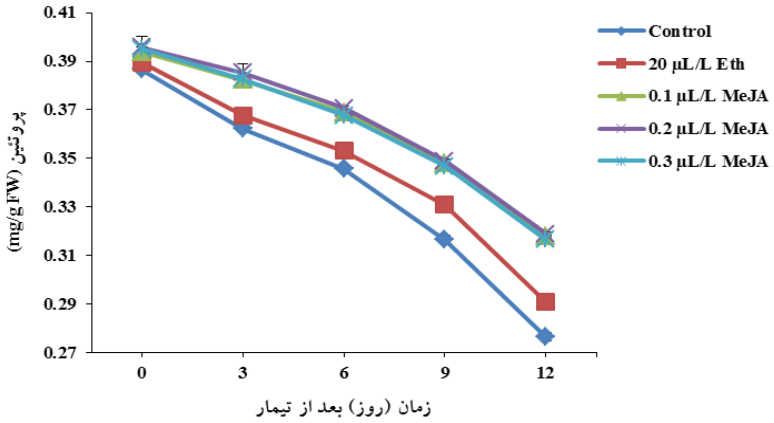
ستون عمودی موجود در میانگین‌ها معرف خطای استاندارد (SE) است.

نتایج پژوهش نشان داد که تیمارهای متیل جاسمونات به‌طور معناداری سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی نسبت به شاهد و اتانول شدند. این نتایج نشان داد که تقریباً در تمام تیمارهایی که عمر گلجایی نسبت به شاهد افزایش یافته بود، فعالیت این آنزیم‌های آنتی اکسیدان نیز بیشتر بود و این مؤید نقش این ترکیبات در القاء فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و جلوگیری از صدمات اکسیداتیو ناشی از تولید رادیکال های آزاد تحت این شرایط است. آنزیم های درون سلولی سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز توانایی از بین بردن رادیکال های آزاد اضافی را دارا هستند که منجر به حفظ تعادل در تولید رادیکال آزاد شده و در نتیجه باعث پایان

یافتن و یا کاهش خسارت می شوند. در میوه های ازگیل که در معرض تنش سرمایی قرار گرفتند، تیمار متیل‌جاسمونات میزان آنیون سوپراکسید و پراکسید هیدروژن را کاهش و به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای فعالیت آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز را افزایش داد [۴]. در میوه های هلو تحت تنش بیماری‌های پس از برداشت، متیل‌جاسمونات آنزیم‌های متابولیسم‌کننده پراکسید هیدروژن از قبیل سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز را تحت تأثیر قرار داد و سطح بالایی از پراکسید هیدروژن را القاء کرد که ممکن است به عنوان سیگنالی برای القای مقاومت علیه بیماری‌ها عمل کند [۱۵]. همچنین کاربرد متیل‌جاسمونات به‌طور مؤثری از خسارت پوسیدگی خاکستری در میوه‌های گوجه‌فرنگی جلوگیری کرد. تیمار متیل‌جاسمونات باعث بیان ژن کاتالاز وآسکوربات پراکسیداز، مهار گونه‌های فعال اکسیژن و کاهش خسارت‌های اکسیداتیو به پروتئین‌ها شد [۲۶]. گزارش شده است که تیمار گیاهان توت فرنگی با متیل‌جاسمونات تحت تنش خشکی به طور محسوسی فعالیت کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز و میزان آسکوربیک اسید را افزایش و فعالیت پراکسیداز را کاهش داد که نشان‌دهندهٔ فعال شدن سیستم آنتی‌اکسیدانی در تیمار با متیل‌جاسمونات است [۲۴].

۵.۳. میزان پروتئین گلبرگ

آثار تیمار، زمان و اثر متقابل تیمار در زمان بر میزان پروتئین در گلبرگ گل بریده ژربرا در سطح احتمال یک درصد معنادار شد (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین ها نشان داد که میزان پروتئین به تدریج در طول دورهٔ نگهداری کاهش پیدا کرد. روند کاهشی در تیمارهای متیل جاسمونات در مقایسه با شاهد و اتانول کمتر بود. تیمارهای متیل‌جاسمونات در طی دورهٔ آزمایش به‌طور معناداری میزان پروتئین بالاتری نسبت به شاهد و اتانول داشتند. در پایان روز دوازدهم، تیمار ۰/۲ میکرولیتر بر لیتر با ۰/۳۱۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در مقایسه با شاهد (۰/۲۷۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و اتانول (۰/۲۹۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از میزان بالاتری برخوردار بود؛ ولی بین غلظت‌های مختلف متیل‌جاسمونات اختلاف معناداری مشاهده نشد (شکل ۷).



شکل ۷. اثر تیمارهای مختلف بر میزان پروتئین گلبرگ گل بریده ژربرا در طی دورهٔ نگهداری

Control: شاهد، Eth: اتانول، MeJA: متیل‌جاسمونات، منظور از زمان صفر، بلافاصله بعد از پایان تیمار است.

ستون عمودی موجود در میانگین‌ها معرف خطای استاندارد (SE) است.

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش، متیل جاسمونات با کاهش پراکسیداسیون لیپید، القای فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز و افزایش پروتئین باعث حفظ کیفیت گلچه‌ها و کاهش پژمردگی و افزایش عمر گلجایی گل‌های شاخه‌بریده ژربرا شد. همچنین بهترین غلظت متیل جاسمونات، غلظت ۰/۲ میکرولیتر بر لیتر بود که بیش‌ترین کیفیت ظاهری و عمر گلجایی را باعث شد.

منابع

۱. هاشمی م.، میردهقان س.ح.، فرهمند ه. و دشتی ح. (۱۳۹۱) اثر اسید سالیسیلیک و متیل‌جاسمونات بر کیفیت و عمر گلجایی گل بریدهٔ ژربرا (Gerbera jamesonii) رقم سازو. نشریهٔ علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۶ (۳): ۳۱۱-۳۲۰.

2. Borochov A. and Woodson R. (1989) Physiology and biochemistry of flower petal senescence. Horticultural Reviews. 11: 15-43.

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

4. Cao S., Zheng Y., Wang K., Jin P. and Rui H. (2009) Methyl jasmonate reduces chilling injury and enhances antioxidant enzyme activity in postharvest loquat fruit. Food Chemistry. 115: 1458-1463.

5. Cao S., Zheng Y., Yang Z., Tang S., Jin P., Wang K. and Wang X. (2008) Effect of methyl jasmonate on the inhibition of Colletotrichum acutatum infection in loquat fruit and the possible mechanisms. Postharvest Biology and Technology. 49: 301-307.

6. Cakmak I. and Horst W.J. (1991) Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (Glycine max). Physiologia Plantarum. 83: 463-468.

7. Chance B. and Maehly A. (1955) Methods in enzymology. In: Colowick SP and Kaplan NO (Eds.), Biochemistry. Academic Press. pp. 764-775.

8. Darras A.I., Joyce D.C. and Terry L.A. (2011) Methyl jasmonate and acibenzolar-S-methyl protect cut Freesia hybrida inflorescences against Botrytis cinerea, but do not act synergistically. The Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 86: 74-78.

9. Darras A.I., Terry L.A. and Joyce D.C. (2005) Methyl jasmonate vapour treatment suppresses specking caused by Botrytis cinerea on cut Freesia hybrida L. flowers. Postharvest Biology and Technology. 38: 175-182.

10. Dhindsa R.S., Plumb-Dhindsa P. and Thorpe T.A. (1981) Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. Journal of Experimental Botany. 32: 93-101.

11. Dole J.M. and Wilknis H.F. (2005) Floriculture, Principles and Species. Prentice Hall, Inc., USA, 1023 p.

12. Foukaraki S., Terry L., Pompodakis N., Papadimitriou M., Lydakis D., Ottosen C., Grout B. and Mueller R. (2009) Effect of methyl jasmonate vapour treatment and sucrose solutions on vase life and non-structural carbohydrate concentration in petals of cut 'First Red' roses. Acta Horticulturae. 847:179-184.

13. Foyer C.H., Lelandais M. and Kunert K.J. (1994) Photooxidative stress in plants. Physiologia Plantarum. 92: 696–717.

14. Hasegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J.K. and Bohnert H.J. (2000) Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual review of Plant Biology. 51: 463-499.

15. Jin P., Zheng Y., Tang S., Rui H. and Wang C.Y. (2009) Enhancing disease resistance in peach fruit with methyl jasmonate. Journal of the Science of Food and Agriculture. 89: 802-808.

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

17. Lü P., Cao J., He S., Liu J., Li H., Cheng G., Ding Y. and Joyce D.C. (2010) Nano-silver pulse treatments improve water relations of cut rose cv. Movie Star flowers. Postharvest Biology and Technology. 57: 196-202.

18. Marousky F. (1971) Inhibition of vascular blockage and increased moisture retention in cut roses induced by pH, 8-hydroxyquinoline citrate, and sucrose. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 38-41.

19. Meir S.h., Droby S., Davidson H., Alsevia S., Cohen L., Horev B. and Philosoph-Hadas S. (1998) Suppression of Botrytis rot in cut rose flowers by postharvest application of methyl jasmonate. Postharvest Biology and Technology. 13: 235-243.

20. Porat R., Borochov A. and Halevy A.H. (1993) Enhancement of petunia and dendrobium flower senescence by jasmonic acid methyl ester is via the promotion of ethylene production. Plant Growth Regulation. 13: 297-301.

21. Prochazkova D. and Wilhelmova N. (2007) Leaf senescence and activities of the antioxidant enzymes. Biologia plantarum. 51: 401-406.

22. Rahmani I., Ahmadi N., Ghanati F. and Sadeghi M. (2015) Effects of salicylic acid applied pre- or post-transport on post-harvest characteristics and antioxidant enzyme activity of gladiolus cut flower spikes. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 43(4): 294-305.

23. Vos C.D., Schat H., Waal M., Vooijs R. and Ernst W. (1991) Increased resistance to copper induced damage of the root cell plasmalemma in copper tolerant Silene cucubalus. Physiologia Plantarum. 82: 523-528.

24. Wang S. (1999) Methyl jasmonate reduces water stress in strawberry. Plant Growth Regulation. 18: 127-134.

25. Yao H. and Tian S. (2005) Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. Postharvest Biology and Technology. 35: 253-262.

26. Zhu Z. and Tian S. (2012) Resistant responses of tomato fruit treated with exogenous methyl jasmonate to Botrytis cinerea infection. Scientia Horticulturae. 142: 38-43.

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)
Vol. 19 ■ No. 4 ■ Winter 2017

Effect of methyl jasmonate fumigation on physio-biochemical characteristics and postharvest quality of gerbera cut flowers cv. Pink Elegance

Mehdi Sadeghi[1], *Nima Ahmadi*[2*], *Naser Safaei*[3], *Iman Rahmani*[1]

1. M.Sc., Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: January 12, 2017 **Accepted: March 12, 2017**

Abstract

The effect of methyl jasmonate (MeJA) vapor treatment on antioxidant enzymes activities and vase life of gerbera cut flower was investigated in this experiment. This research was conducted as a split-plot experiment based on completely randomized design with three replications at the laboratory of the postharvest physiology, College of Agriculture, Tarbiat Modares University in 2013. Gerbera flowers were harvested at early morning from a commercial greenhouse and cut flower stems were put in a preservative solution containing 200 mg/L 8- hydroxyquinoline sulfate and sucrose 3%, exposed to 0, 0.1, 0.2 and 0.3 $\mu l L^{-1}$ MeJA with 20 $\mu l L^{-1}$ ethanol and control for 24 h. The results showed that MeJA significantly increased vase life and improved postharvest characteristics of cut gerbera flowers. MeJA 0.2 $\mu l L^{-1}$ treatment extended the vase life to 15.67 days, compared to the control and ethanol treatments. Minimum of petal wilting symptoms were revealed in samples treated with MeJA. The lowest malondialdehyde and lipid peroxidation rates were also observed in MeJA treatments that they had a significant difference with ethanol and control. MeJA treatments resulted in increasing antioxidant enzymes activity and protein content compared with ethanol or control.

Keywords: malondialdehyde, protein, quality characteristics, vapor treatment, vase life.

Corresponding Author: ahmadin@modares.ac.ir