



به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۶
صفحه‌های ۷۶۷-۷۸۳

بررسی اثر اتیلن خارجی بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنزیمی مرتبط با فرایند پیری در دو اکوتیپ گل محمدی

غلامحسن موحد^۱، نیما احمدی^{۲*} و احمد معینی^۳

۱. کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳. دانشیار، گروه اصلاح نباتات، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۱۰

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۹/۰۵

چکیده

به‌منظور ارزیابی واکنش دو اکوتیپ گل محمدی (*Rosa damascena* Mill) به اتیلن خارجی، تحقیقی در قالب فاکتوریل بر پایه طراحی کاملاً تصادفی در آزمایشگاه پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۹۳-۱۳۹۲ انجام گرفت. برای این منظور چهار وضعیت گل یعنی غنچه منفرد و روی شاخه، گل باز منفرد و روی شاخه به مدت ۲۴ ساعت تحت تیمار با اتیلن خارجی به غلظت‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ میکرولیتر قرار گرفت و فعالیت‌های آنزیمی، بیوشیمیایی و خصوصیات موفولوژیکی اکوتیپ‌های کاشان و آذران بررسی شد. کمترین عمر گل در غلظت ۳ و ۴ میکرولیتر بر لیتر اتیلن و بیشترین ریزش نیز مربوط به اکوتیپ آذران در غلظت ۴ میکرولیتر بر لیتر اتیلن پس از چهار روز مشاهده شد. کمترین میزان آنتوسیانین، پرولین و فعالیت آنزیم کاتالاز (۴۸/۷۷) در دلتای جذب ۲۴۰ بر میلی‌گرم پروتئین) در هر دو اکوتیپ مورد مطالعه در غلظت ۴ میکرولیتر بر لیتر اتیلن مشاهده شد. بیشترین مقدار مالون‌دی‌آلدئید (MDA) (۳/۶۳ میکرومول) در تیمار با اتیلن (۴ میکرولیتر بر لیتر) در اکوتیپ آذران مشاهده شد. کمترین میزان فلاونوئید (۲/۱۹ میکرومول) مربوط به آذران بود. همچنین، کاهش پروتئین کل نیز در کاشان (۰/۳۲ میلی‌گرم در یک گرم وزن تر گلبرگ) نسبت به آذران (۰/۲۰ میلی‌گرم در یک گرم وزن تر گلبرگ) کمتر بوده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، اکوتیپ کاشان نسبت به آذران اکوتیبی متحمل‌تر به تنش اتیلن محسوب می‌شود که لازم است به استفاده از آن در برنامه‌های اصلاحی ورد توجه شود.

کلیدواژه‌ها: آذران، آنتی‌اکسیدان، پروتئین کل، پرولین، کاشان.

۱. مقدمه

[۲۴، ۲۱]. همچنين، آنتوسانين‌ها و فنوليك اسيدها راديكال‌هاي آزاد را حذف يا از تشكيل آن‌ها جلوگیری می‌کند و با جلوگیری از خسارت‌های اکسایشی سامانه دفاعی گیاه تکمیل می‌شود [۲۷، ۳۰].

در سلول‌های گیاهی اندامک‌هایی مانند کلروپلاست، میتوکندری و پراکسیزوم‌ها تولیدکننده اصلی راديكال‌هاي آزاد اکسیژن طی فرایند فتوسنتز و تنفس است. زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید مهم‌ترین منبع تولید گونه‌های فعال اکسیژن است [۱۷، ۳۲]. گونه‌های فعال اکسیژن تقریباً یک الکترون را از هر مولکولی نظیر DNA و RNA، پروتئین‌ها و لیپیدها در غشا برداشت می‌کند و با تداخل در اعمال آن‌ها سبب بروز واکنشی زنجیره‌ای از مولکول‌های ناپایدار می‌شود که با دیگر مولکول‌ها واکنش می‌دهد و موجب تشکیل راديكال‌هاي آزاد سمی جدید می‌شود [۲۵]. سامانه دفاعی آنتی‌اکسیدانی سبب خنثی‌سازی این راديكال‌ها می‌شود و از پیری زودهنگام و کاهش طول عمر گیاه جلوگیری می‌کند.

نخستین آنزیم پالاینده گونه‌های اکسیژن فعال سوپراکسید دیسموتاز است که سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن^۹ تبدیل می‌کند و پراکسید هیدروژن با آنزیم کاتالاز زوده می‌شود [۳۳]. اما، افزایش راديكال‌هاي آزاد با برهم‌زدن تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و سامانه دفاعی آنتی‌اکسیدانی موجب کاهش کارایی این سامانه و افزایش تنش اکسایشی در گیاه می‌شود. آسیب اکسایشی موجب موتاسیون در میتوکندری، تغییر در زنجیره انتقال الکترون و در نهایت اختلال در تولید ATP و مشکلات بیوانرژیکی در سلول‌ها می‌شود. بنابراین، گیاهان سامانه آنتی‌اکسیدانی قوی‌ای دارند با فعالیت بیشتر آنزیم‌هایی مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز با دفع بهتر راديكال‌هاي آزاد و کاهش مالون‌دی‌آلدئید

انتخاب گیاهان مستعد و متحمل به شرایط نامساعد محیطی برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی اهمیت خاصی دارد. تنش‌های زنده و غیرزنده به تولید راديكال‌هاي آزاد و تنش اکسایشی در گیاه انجامید. به‌طور کلی، انواع اکسیژن فعال^۱ یا واسطه‌های اکسیژن فعال^۲ در توسعه سیستم‌های پاسخگویی گیاهان و جانوران نقش مهمی دارد [۹، ۳۱]. تنش اکسایشی در صورت شدیدبودن باعث پراکسیدشدن ترکیبات غشای سلول، ازبیین‌بردن پلی‌ساکاریدها، غیرفعال کردن آنزیم‌ها و پارگی رشته‌های DNA و RNA می‌شود. انواع گونه‌های اکسیژن فعال مثل سوپراکسید^۳، پراکسید هیدروژن^۴ و راديكال‌هاي هیدروکسیل^۵ با آسیب به کلروپلاست برگ سبب زردی و پیری برگ می‌شود. فعالیت‌های آنزیمی آنتی‌اکسیدان در سلول‌های گیاهی غالباً در مواجهه با تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد و از این طریق گیاهان قادرند از خسارات ایجادشده راديكال‌هاي آزاد اکسیژن بکاهند.

سوپراکسید دیسموتاز^۶، کاتالاز^۷ و پراکسیدازهای مختلف و گلو‌تاتیون‌ردوکتاز^۸ از جمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان‌اند که در متابولیزه کردن ترکیبات اکسیژن فعال و جلوگیری از خسارت ناشی از تنش اکسایشی نقش اساسی بر عهده دارند [۳، ۲۵]. در گیاهان مقاوم به شوری ترکیباتی نظیر کارتنوئیدها، آسکوربات، توکوفرول، گلو‌تاتیون، بتاکاروتن و فلاونوئیدها آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی محسوب می‌شود و به‌همراه آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از تنش‌های اکسایشی جلوگیری می‌کند

1. reactive oxygen species (ROS)
2. reactive oxygen intermediates (ROIs)
3. superoxide (O₂⁻)
4. H₂O₂
5. hydroxyl radical (OH⁻)
6. superoxide dismutase (SOD)
7. catalase
8. glutathione reductase (GR)

9. hydrogen peroxide (H₂O₂)

(MDA)^۱ که از سلامت و ماندگاری بیشتری برخوردار است [۳، ۱۰].

اتیلن هیدروکربن گازی و تنظیم‌کننده رشد گیاه است. این هورمون در فرایندهای مختلف رشد و نمو مانند رسیدگی میوه، ریزش برگ و غنچه، و پیری گل نقش دارد [۱]. مهم‌ترین آثار اتیلن خارجی و داخلی بر وردهای گلدانی ریزش برگ و گل، بلوغ زود هنگام و پیری گل، کاهش ماندگاری گل، افزایش ریزش گلبرگ و زرد شدن برگ‌هاست که سبب کاهش بازارپسندی محصولات می‌شود [۲]. گل محمدی از مهم‌ترین گونه‌های معطر ورد است که در ایران کشت می‌شود و از عملکرد تولید عطر مایه بالایی برای استفاده در صنعت عطرسازی برخوردار است [۲۲]. در برنامه اصلاحی بسیاری از ارقام گزینش بر اساس خواص ظاهری از جمله طول عمر، شکل گل، اندازه گل و تعداد گلبرگ بوده و توجه به صفت معطر بودن مغفول مانده است [۷].

تا به حال تحقیقات زیادی برای آگاهی از میزان مقاومت ارقام مختلف ورد به انواع تنش‌ها انجام پذیرفته است. در برخی مواقع تفاوت‌های چشمگیری از نظر میزان تحمل به تنش مطرح شده است. تنش‌های اکسایشی که اتیلن از عوامل مؤثر در ایجاد این گونه آسیب‌هاست شاخص شناسایی برای یافتن ارقام مقام محسوب می‌شود که تاکنون در گل محمدی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این هورمون معمولاً با ایجاد تنش اکسایشی سبب برهم‌زدن تعادل بین سامانه آنتی‌اکسیدانی و گونه‌های فعال اکسیژن باعث افزایش پراکسایش لیپید و در نهایت با تخریب غشا و اندامک‌ها پیری زود هنگام را حادث می‌شود [۱۵، ۲۶]. گل محمدی گونه‌ای با ارزش است که با داشتن صفات منحصر به فردی مانند معطر بودن در برنامه‌های اصلاحی برای بهبود عطر و رایحه وردهای فاقد عطر نیز استفاده

می‌شود. در این تحقیق سعی شد با اعمال اتیلن خارجی بر اکوتیپ‌های کاشان و آذران، اکوتیپ مقاوم‌تر به این هورمون و تنش اکسایشی انتخاب شود تا بتوان از آن به‌عنوان گزینه‌ای در برنامه‌های اصلاحی آینده استفاده کرد.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. محل آزمایش و مواد گیاهی

این آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایه طرحی کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه پس از برداشت علوم باغبانی دانشکده کشاورزی تربیت مدرس انجام گرفت. مواد گیاهی این تحقیق از مزرعه ده ساله گل محمدی واقع در دانشکده کشاورزی تهیه شد. در این تحقیق اثر دو عامل یعنی اتیلن خارجی با سطوح مختلف صفر، ۱، ۲، ۳ و ۴ میکرولیتر بر لیتر و وضعیت‌های مختلف گلدهی شامل ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ غنچه‌های گل جدا از شاخه، ۲. غنچه‌های گل روی شاخه، ۳. گل‌های کاملاً باز جدا از شاخه، و ۴. گل‌های کاملاً باز روی شاخه بریده گل محمدی، ارزیابی شد.

برای اعمال تیمارها شاخه‌های بریده با طول ۷۰ سانتی‌متر در ظروف گلجای به گنجایش ۵۰۰ میلی‌لیتر و حاوی ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار گرفت. غنچه و گل کاملاً باز بدون شاخه نیز در لوله آزمایش ۵۰ میلی‌لیتری گذاشته شد و در آکواریوم با حجم ۲۰۰ لیتر به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت. شرایط محیطی اتاق پس از برداشت شامل رطوبت نسبی ۶۰-۶۵ درصد، دما 20 ± 2 درجه سانتی‌گراد و تیمار نوری ۱۲ ساعت روشنایی ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$) (۱۵) و ۱۲ ساعت تاریکی اعمال شد.

برای ارزیابی غنچه گل و گل کاملاً باز بدون شاخه، این اندام‌ها به دقت با قیچی باغبانی از محل اتصال دمگل به شاخه جدا شد. در هر واحد آزمایش (آکواریوم) به‌طور جداگانه ۴۸ عدد غنچه منفرد و ۴۸ عدد گل باز منفرد قرار گرفت. برای غنچه و گل باز روی شاخه نیز در هر

1. malondialdehyde (MDA)

واحد آزمایش سه ظرف گلجا هر یک حاوی ۵ شاخه گل و مجموعاً ۴۸ عدد گل قرار داده شد. بنابراین، برای هر تیمار اتیلن با سه تکرار تعداد ۱۴۴ عدد غنچه گل منفرد، ۱۴۴ عدد گل کاملاً باز منفرد، ۱۴۴ عدد غنچه روی شاخه و ۱۴۴ عدد گل باز روی شاخه استفاده شد. پس از قراردادن ظروف حاوی اندام‌های گیاهی در آکواریوم‌ها و بستن در آن‌ها به‌طور غیرقابل نفوذ به تبادلات گازی، مقادیر متناسب اتیلن با استفاده از سرنگ از طریق سپتوم تعبیه شده روی در آکواریوم به درون آکواریوم‌ها تزریق شد. شرایط محیطی آزمایش مطابق گزارش دانشی و احمدی بود [۱۱]. شاخص‌هایی نظیر عمر گل، ریزش گلبرگ، میزان آنتوسیانین، فلاونوئید، کاتالاز، پراکسایش لیپید، پروتئین و پرولین گلبرگ اندازه‌گیری شد. تحلیل آماری با نرم‌افزار Minitab، مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد و رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

واحد آزمایش سه ظرف گلجا هر یک حاوی ۵ شاخه گل و مجموعاً ۴۸ عدد گل قرار داده شد. بنابراین، برای هر تیمار اتیلن با سه تکرار تعداد ۱۴۴ عدد غنچه گل منفرد، ۱۴۴ عدد گل کاملاً باز منفرد، ۱۴۴ عدد غنچه روی شاخه و ۱۴۴ عدد گل باز روی شاخه استفاده شد. پس از قراردادن ظروف حاوی اندام‌های گیاهی در آکواریوم‌ها و بستن در آن‌ها به‌طور غیرقابل نفوذ به تبادلات گازی، مقادیر متناسب اتیلن با استفاده از سرنگ از طریق سپتوم تعبیه شده روی در آکواریوم به درون آکواریوم‌ها تزریق شد. شرایط محیطی آزمایش مطابق گزارش دانشی و احمدی بود [۱۱]. شاخص‌هایی نظیر عمر گل، ریزش گلبرگ، میزان آنتوسیانین، فلاونوئید، کاتالاز، پراکسایش لیپید، پروتئین و پرولین گلبرگ اندازه‌گیری شد. تحلیل آماری با نرم‌افزار Minitab، مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد و رسم نمودارها با نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

میزان فعالیت کاتالاز: مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از توده سلولی منجمد شده در ۳ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم ۲۵ میلی‌مولار (پی‌اچ: ۶/۸) عصاره‌گیری و سانتریفیوژ شد. از محلول رویی شناور برای سنجش فعالیت آنزیمی استفاده شد. سپس، مخلوط واکنش شامل بافر فسفات سدیم ۲۵ میلی‌مولار (پی‌اچ: ۶/۱)، هیدروژن پراکسید ۱۰ میلی‌مولار و عصاره آنزیمی تهیه گردید. فعالیت کاتالاز در طول موج ۲۴۰ نانومتر سنجیده شد [۱۰].

۲.۲. اندازه‌گیری‌های بیوشیمیایی و آنزیمی

میزان پراکسایش (مالون‌دی‌آلدئید): میزان آسیب به غشاها با اندازه‌گیری مقدار مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان فرآورده نهایی پراکسایش لیپیدهای غشا تعیین شد. به‌منظور اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید، میزان ۲۰۰ میلی‌گرم از سلول‌های منجمد شده با ۳ میلی‌لیتر اسید تری‌کلرواستیک^۱ ۱۰ درصد ساییده و سانتریفیوژ شد. به ۱ میلی‌لیتر از نمونه‌ها ۱ میلی‌لیتر اسید تیوباریتوریک^۲ ۰/۵ درصد اضافه شد و نیم ساعت در دمای ۱۰۰ درجه قرار گرفت. میزان مالون‌دی‌آلدئید با اندازه‌گیری جذب در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر محاسبه شد [۱۳].

اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین. ۰/۲ گرم از بافت گلبرگ برداشته و در ۳ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول و اسیدکلریدریک به نسبت ۹۹ به ۱) به صورت کاملاً نرم ساییده شد. عصاره حاصل سانتریفیوژ شد (۱۲۰۰ rpm، به مدت ۲۰ دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد). محلول رویی به مدت یک شب در تاریکی و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. عصاره به دست آمده با اسپکتروفتومتر مدل (BIO-RAD SmartSpec Plus) در دو طول موج ۵۳۰ و ۶۵۷ نانومتر اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه (۱) میزان آنتوسیانین گلبرگ‌ها محاسبه شد [۲۰].

اندازه‌گیری محتوای پروتئین: برای اندازه‌گیری پروتئین محلول کل از روش برادفورد [۸] استفاده شد. برای این منظور میزان جذب ۱ میلی‌لیتر از معرف برادفورد

میزان آنتوسیانین $A = 530 - A_{1/4} \times 657$ (۱)

اندازه‌گیری میزان فلاونوئید. ۰/۲ گرم از گلبرگ را

برداشتند و به‌طور کامل در ۳ میلی‌لیتر اتانول اسیدی (اتانول

1. trichloroacetic acid (TCA)
2. thiobarbituric acid (TBA)
2. Bovine Serum Albumin (BSA)

۳. نتایج و بحث

نتایج نشان داد اتیلن در کاهش عمر گل و ریزش گلبرگ اثر معناداری دارد (جدول ۲ و ۳) و غلظت‌های ۳ و ۴ میکرولیتر بر لیتر بیشترین تأثیر را در کاهش عمر گل داشت (جدول ۱). همچنین، اکوتیپ آذران در غلظت ۴ میکرولیتر بر لیتر اتیلن از بیشترین میزان ریزش گلبرگ برخوردار بود که این حالت در روزهای سوم و چهارم مشاهده شد (جدول ۱). گزارش‌های مختلفی مبنی بر اثر منفی اتیلن بر عمر پس‌از برداشت گل شاخه‌بریدهٔ ورد و کاهش این آثار با استفاده از مواد ضد اتیلن وجود دارد که با مشاهدات این تحقیق همسوست [۱۱، ۲۸]. اتیلن عمدتاً با افزایش فعالیت سلولاز و پلی‌گالاکتروناز سبب افزایش هیدرولیز دیوارهٔ سلولی در منطقهٔ ریزش و تسریع سرعت ریزش اندام‌های گیاهی می‌شود [۲۳].

به‌همراه ۱۰۰ میکرولیتر عصارهٔ آنزیمی پس از مخلوط‌شدن کامل در طول موج ۵۹۵ نانومتر ثبت گردید. میزان پروتئین با استفاده از منحنی استاندارد سرم آلبومین گاوی محاسبه شد. **اندازه‌گیری محتوای پرولین.** برای این منظور ۵/۰ گرم گلبرگ با نیتروژن مایع در داخل هاون آسیاب و به آن ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۱۰ درصد اضافه شد. این مخلوط از کاغذ صافی واتمن شمارهٔ دو عبور داده شد. سپس، به ۲ میلی‌لیتر از محلول صاف‌شده ۲ میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین (حاوی ۱/۲۵ گرم ناین هیدرین در ۳۰ میلی لیتر اسید استیک و ۲۰ میلی لیتر اسید فسفریک شش مولار) و ۲ میلی لیتر اسید استیک اضافه شد. به مدت یک ساعت در حمام آب گرم ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد حرارت داده شد. سپس، واکنش با گذاشتن مخلوط داخل یخ خاتمه پذیرفت. ۴ میلی لیتر تولوئن به مخلوط واکنش اضافه و به مدت ۲۰-۱۵ ثانیه ورتکس شد. جذب نوری محلول قرمز رنگ فاز روئی در طول موج ۵۲۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر قرائت شد [۵].

جدول ۱. مقایسهٔ میانگین عمر گل و ریزش گلبرگ گل باز بدون شاخه و روی شاخهٔ دو اکوتیپ کاشان و آذران گل محمدی تحت اثر اتیلن خارجی با غلظت‌های ۱، ۲، ۳، ۴ میکرولیتر بر لیتر با فاصلهٔ زمانی یک، دو، سه و چهار روز

تیمار	اتیلن	عمر گل (روز)		ریزش گلبرگ			
		کاشان	آذران	اثر متقابل تعداد روز تحت تیمار× اتیلن			
		اول	دوم	سوم	چهارم		
شاهد	۵/۸۳a	۵/۱۲f	۵/۲۹f	۳/۳۳kl	۲/۹۱l	۶/۴۱ijkl	۸/۱۶hij
۱	۵/۰۸a	۷/۶۲ef	۹/۴۵de	۵/۴۱jkl	۷/۴۱ijk	۱۰/۳۳fghi	۱۱/۵۸efgh
۲	۵/۱۶a	۱۰/۴۵d	۱۱/۸۳cd	۷/۲۵ijk	۹/۱۶ghij	۱۳/۴۱def	۱۴/۷۵cde
۳	۳/۶۶b	۱۳/۱۲c	۱۴/۲۵bc	۹ghij	۱۲/۸۳defg	۱۵/۰۸cde	۱۷/۸۳bc
۴	۲/۵۸b	۱۵/۸۷b	۱۹/۳۷a	۹/۰۳ghij	۱۶/۶۶cd	۲۳a	۲۱/۷۵ab

میانگین‌های هر ستون با حروف مشترک فاقد اختلاف معنادار در سطح ۱ درصد است.

توسعه گل ثابت نیست و بیشترین میزان را در مرحله غنچه دارد و با رفتن به سمت پیری مقدار آن کم می‌شود [۲۷]. تیمار اتیلن در گلایول موجب کاهش محتوای آنتوسیانین در گلبرگ‌های آن شد. دلیل این امر ممکن است افزایش پی‌اچ واکوئل و افزایش آنزیم‌های پلی‌فنل‌اکسیداز و پروکسیداز باشد [۱۶]. اتیلن به‌طور قابل‌توجهی از تجمع آنتوسیانین‌ها در بافت‌ها می‌کاهد. بین اتیلن، کربوهیدرات‌ها و آنتوسیانین سامانه خودتنظیمی منفی وجود دارد. افزایش اتیلن با کاهش جذب کربوهیدرات سبب کاهش تجمع این رنگ‌دانه می‌شود [۱۲].

اتیلن موجب کاهش غلظت آنتوسیانین و فلاونوئید شد. در این بین برخی آثار دوگانه معنادار اما اثر سه‌گانه بی‌معنا تشخیص داده شد (جدول ۲). در اثر متقابل اتیلن و اکوتیپ بر میزان فلاونوئید کمترین میزان (۲/۱۹ میکرومول بر یک گرم وزن تر گلبرگ) در اکوتیپ آذران در غلظت ۴ میکرولیتر در لیتر (شکل ۱) و در اثر متقابل اتیلن و مرحله گلدهی بیشترین تأثیرپذیری مربوط به گل باز بدون شاخه با غلظت ۲/۲۰ میکرومول بر یک گرم وزن تر گلبرگ در غلظت ۴ میکرولیتر بر لیتر اتیلن بوده است (شکل ۲). بررسی‌ها در رزا هیبریدا^۱ نشان داد این ترکیبات طی مراحل

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر اتیلن خارجی با غلظت‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ میکرولیتر بر لیتر بر میزان آنتوسیانین، فلاونوئید و طول عمر گل اکوتیپ‌های کاشان و آذران گل محمدی

تیمار	درجه آزادی	عمر گل	آنتوسیانین (μmol/g)	فلاونوئید (μmol/g)
اتیلن	۴	۷۹**	۵/۱۳**	۱۵/۹۱**
وضعیت گلدهی	۱۲	۰/۴۱ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۱۷/۷۷**
اکوتیپ	۴	۰/۸۱ ^{ns}	۱۸/۸۷**	۱/۳**
اتیلن×وضعیت گلدهی	۳	۴/۶۶ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۶۰۰**
اتیلن×اکوتیپ	۱۲	۱/۹۳ ^{ns}	۰/۰۸۲ ^{ns}	۰/۲۷**
اکوتیپ×وضعیت گلدهی	۴۰	۰/۸ ^{ns}	۳/۴۵**	۰/۰۰۲ ^{ns}
اتیلن×وضعیت×اکوتیپ	۵۹	۲/۹۳ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
خطای آمایش	۸۰			
خطای نمونه‌برداری	۱۱۹			
درصد ضریب تغییرات		۵/۴۸	۶/۲۸	۱۷/۰۶

** معنادار در سطح ۱ درصد، * معنادار در سطح ۵ درصد و ns بی‌معنا

1. *Rosa hybrida*

به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۶

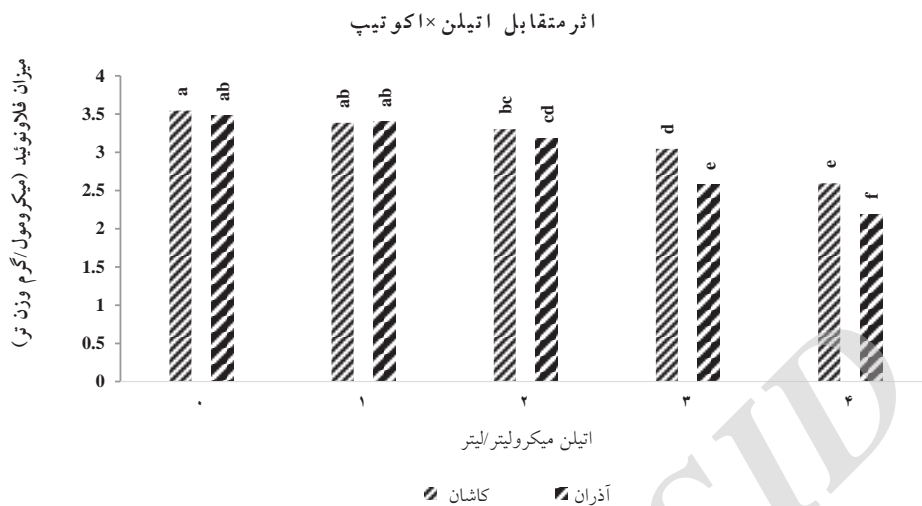
۷۷۲

بررسی اثر اتیلن خارجی بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنزیمی مرتبط با فرایند پیری در دو اکوتیپ گل محمدی

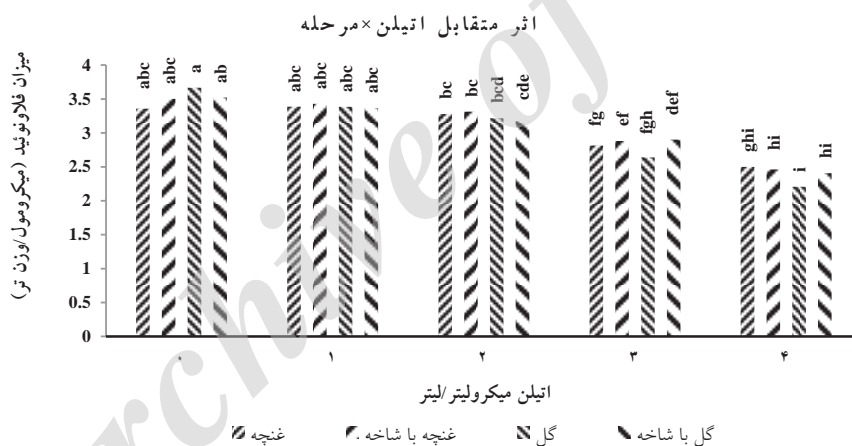
جدول ۳. تجزیه واریانس اثر اتیلن خارجی با غلظت‌های ۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ میکرولیتر بر لیتر بر میزان ریزش گلبرگ اکوتیپ‌های کاشان و آذران گل محمدی

تیما	اتیلن	وضعیت گلدهی	اکوتیپ	روز	اتیلن بوضعیت گلدهی	اتیلن بلاکوتیپ	اکوتیپ بوضعیت گلدهی	روز بلاکوتیپ	روز بلاکوتیپ	روز بلاکوتیپ	روز بلاکوتیپ	روز بلاکوتیپ	روز بلاکوتیپ
آزادی	۴	۲	۱	۳	۴	۲	۱	۳	۱۲	۳	۳	۳	
	۴۲/۶۲ ^{ns}	۱۷/۶۰ ^{ns}	۵۴ ^{ns}	۴۱/۱۷ ^{ns}	۶/۴۲ ^{ns}	۲۱/۳۲ ^{ns}	۱۳/۵۳ ^{ns}	۶/۱۷ ^{ns}	۵/۱۱ ^{ns}	۱۱/۶۸ ^{ns}			
تیما	روز بوضعیت بلاکوتیپ	روز بوضعیت بلاکوتیپ	روز بوضعیت بلاکوتیپ	روز بوضعیت بلاکوتیپ	روز بلاکوتیپ	روز بلاکوتیپ	روز بلاکوتیپ	روز بلاکوتیپ	روز بلاکوتیپ	روز بلاکوتیپ	روز بلاکوتیپ	روز بلاکوتیپ	
آزادی	۳	۱۲	۱۲	۱۲	۴	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	
	۱۳/۱۳ ^{ns}	۷/۰۴ ^{ns}	۷/۳۵ ^{ns}	۱۴/۶۷ ^{ns}									
	خطای آزمایش	خطای نمونه‌گیری	درصد ضریب تغییرات	خطای نمونه‌گیری									
	۱۶۰	۲۲۹	۱۱/۳۵	۲۲۹									

ns معنادار در سطح ۱ درصد، * معنادار در سطح ۵ درصد و ** غیرمعنادار



شکل ۱. اثر متقابل اتیلن × اکوتیپ بر میزان فلاونوئید گلبرگ



شکل ۲. اثر متقابل اتیلن × مرحله گلدهی بر میزان فلاونوئید

می‌شود. تنش‌های زنده و غیرزنده این کاهش را تشدید می‌کند [۱۸]. در گونه‌ای از لیلیوم^۱ بیان شد که گل‌ها با توسعه یافتگی بیشتر اتیلن بیشتری تولید می‌کنند که عوامل متعددی از جمله بلوغ پرچم‌ها را دلیل آن دانستند [۱۹]. تولید اتیلن در رزا هیبریدا گل‌ها با افزایش سن و تغییر مرحله نموی افزایش می‌یابد. این افزایش در غنچه‌ها کمتر

در آزمایش حاضر، وضعیت گلدهی و اتیلن به تنهایی بر محتوای کاتالاز تأثیرگذار بود و در سطح ۱ درصد معنادار شد (جدول ۴). غلظت ۴ میکرولیتر بر لیتر اتیلن (شکل ۳) و گل‌های منفرد (شکل ۴) بیشترین تأثیر را بر کاهش کاتالاز (به ترتیب ۳۹/۴۵ و ۴۸/۷۷ در دلتای جذب ۲۴۰ بر میلی‌گرم پروتئین) داشت. کاتالاز آنزیم تجزیه‌کننده پراکسید هیدروژن است و با گذشت زمان از مقدار آن کم

1. Asiatic hybrid lily

بررسی اثر اتیلن خارجی بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنزیمی مرتبط با فرایند پیری در دو اکوتیپ گل محمدی

است و با بیشتر شدن تولید اتیلن در مرحله بلوغ و پیری، ریزش تسریع می‌شود. همچنین، فعالیت آنزیمی نیز در مراحل توسعه تغییر می‌کند [7]. علت کاهش کاتالاز تحت

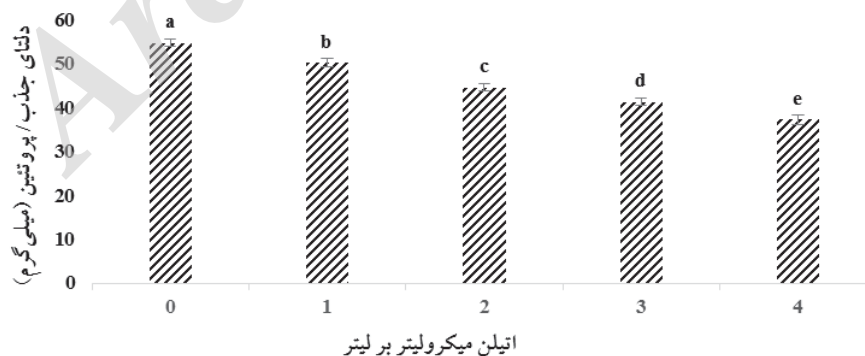
اثر اتیلن را می‌توان افزایش رادیکال‌های آزاد نسبت به آنزیم دانست.

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر اتیلن بر پرولین، پروتئین، پراکسیداسیون لیپید و کاتالاز گلبرگ برخی اکوتیپ‌های کاشان و آذران گل محمدی

کاتالاز (abs/min /mg protein)	پراکسیداسیون لیپید ($\mu\text{mol/g}$)	پروتئین (mg/g)	پرولین ($\mu\text{mol/g}$)	درجه آزادی	تیمار
۱۶۷/۴۵**	۰/۷۴**	۰/۶۵**	۰/۶۱**	۴	اتیلن
۷/۰۱ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۱۶**	۰/۰۳ ^{ns}	۱	اکوتیپ
۲۷/۶۸**	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۷۳ ^{ns}	۰/۰۳۵ ^{ns}	۳	وضعیت گلدهی
۱/۵۷ ^{ns}	۰/۵**	۰/۲۴**	۰/۳۶ ^{ns}	۴	اتیلن×اکوتیپ
۶/۷۸ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۳۷ ^{ns}	۱۲	اتیلن×وضعیت گلدهی
۶/۵۸ ^{ns}	۰/۶۳**	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۳	اکوتیپ×وضعیت گلدهی
۳/۶ ^{ns}	۰/۲۵*	۰/۳۶*	۰/۰۴ ^{ns}	۱۲	اتیلن×اکوتیپ×وضعیت گلدهی
				۸۰	خطای نمونه‌گیری
				۱۹	خطای آزمایش
۸/۳۳	۷/۰۴	۱۰/۲۶	۶/۲۵		درصد ضریب تغییرات

** معنادار در سطح ۱ درصد، * معنادار در سطح ۵ درصد و ns بی‌معنا

کاتالاز (اثر اتیلن)



شکل ۳- اثر اتیلن بر میزان کاتالاز گلبرگ اکوتیپ‌های کاشان و آذران

کاتالاز (اثر مراحل)



شکل ۴. اثر مرحله گلدهی بر میزان کاتالاز گلبرگ

همچنین، اتیلن با تجمع رادیکال‌های آزاد از فعالیت آنزیم‌هایی نظیر کاتالاز، سوپراکسیداز و پراکسیداز جلوگیری می‌کند و سطح این آنزیم‌ها را کاهش می‌دهد. استفاده از 1-MCP از کاهش این آنزیم‌ها تحت تنش اتیلن جلوگیری می‌کند [۳، ۲۹]. در اسمانتوس فراگناس^۲ (گیاهی از تیره زیتون) اثر اتیلن در مراحل مختلف توسعه گل بررسی و نشان داده شد که گل‌ها در مراحل ابتدایی توسعه مقاومت بیشتری در برابر اتیلن خارجی از خود بروز می‌دهد. علت این امر ممکن است افزایش یا پایداری بیشتر آنزیم‌های تنشی باشد [۳۰].

اثر متقابل اتیلن، اکوتیپ و وضعیت گلدهی بر مقدار پروتئین گلبرگ در سطح ۵ درصد معنادار شد (جدول ۴) و آذران اثرپذیری بالاتری نسبت به کاشان داشت. کمترین میزان پروتئین در تیمار ۴ میکرولیتر بر لیتر اتیلن بر وضعیت‌های مختلف گلدهی آذران (۰/۲۰ میکرومول بر یک گرم وزن تر گلبرگ) مشاهده شد که نشان از تأثیر بیشتر تنش اکسایش بر این اکوتیپ است (جدول ۶). اتیلن با تولید گونه‌های فعال اکسیژن از تولید و پایداری پروتئین می‌کاهد.

مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان نشانگر زیستی برای پراکسایش لیپیدها در تنش‌های اکسایشی استفاده می‌شود. این ماده علاوه بر لیپیدها به DNA نیز آسیب می‌رساند و به تولید ترکیبات زائد مثل دئوکسی‌گوانوزین و دئوکسی‌آدنوزین منجر می‌شود [۸، ۱۰]. اندازه‌گیری میزان مالون‌دی‌آلدئید نشان داد که اثرهای متقابل اکوتیپ، وضعیت گلدهی و غلظت اتیلن در سطح ۵ درصد معنادار است (جدول ۴). اتیلن موجب افزایش مالون‌دی‌آلدئید شد و اکوتیپ‌های آذران و کاشان با گل‌های منفرد در غلظت ۴ میکرولیتر از بیشترین مقدار برخوردار بود. این افزایش در کاشان (۳/۵۱ میکرومول بر گرم وزن تر گلبرگ) نسبت به آذران (۳/۶۳ میکرومول بر گرم وزن تازه گلبرگ) کمتر بود (جدول ۵). نتایج به‌دست آمده با یافته‌های روی گیاهان مختلف از جمله ورد همخوانی دارد. استفاده از ضد اتیلن 1-MCP باعث افزایش فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی و کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود [۱۵]. زمانی تنش آسیب‌زاست که مقدار اکسیژن‌های فعال^۱ تولیدشده از محتوای آنزیمی گیاه بیشتر باشد. این رخداد با افزایش تنش ایجاد می‌شود [۳].

2. *Osmanthus fragrans*

1. Reactive oxygen species (ROS)

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اتیلن خارجی بر میزان پراکسایش لیپید گلبرگ دو اکتوتپ کاشان و آذران در مراحل مختلف (غنچه و گل باز) و وضعیت‌های متفاوت گلدهی (بدون شاخه و روی شاخه).

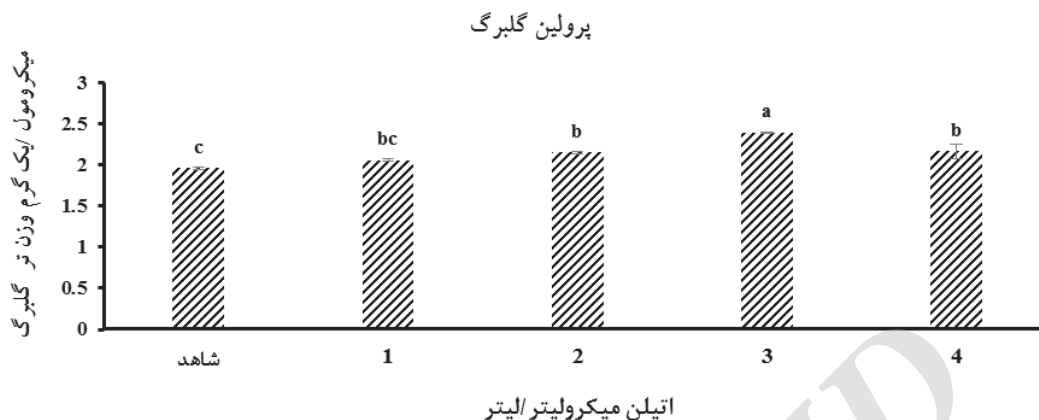
پراکسایش لیپید اکتوتپ آذران (مالوندی‌آلدئید، میکرومول بر یک گرم وزن تر گلبرگ)		پراکسایش لیپید اکتوتپ کاشان (مالوندی‌آلدئید، میکرومول بر یک گرم وزن تر گلبرگ)	
مرحله و وضعیت گل		مرحله و وضعیت گل	
گل باز روی شاخه	گل باز بدون شاخه	گل باز روی شاخه	گل باز بدون شاخه
۲/۸۸abcd	۲/۹۲abcdef	۲/۸۸abcd	۲/۹۲abcdef
۳/۱۷abcd	۲/۵۶abcdef	۲/۷۰۰abcd	۲/۷۰۰abcd
۳/۳۰abcd	۲/۹۹abcdef	۳/۰۲abcd	۳/۱۳abcde
۳/۲۰abcd	۳/۴۷abc	۳/۲۷abcd	۳/۱۴abcde
۳/۳۴abcd	۲/۲۴abcdef	۳/۵۱abc	۲/۳۰abcdef
شاهد	۳/۱۶abcd	۲/۷۰۰abcd	۲/۹۲abcdef
۱	۲/۸۷abcdef	۲/۸۹abcdef	۲/۹۶abcdef
۲	۳/۰۸abcdef	۳/۱۹abcd	۳/۱۳abcde
۳	۳/۳۸abcd	۳/۱۶abcd	۳/۱۴abcde
۴	۳/۶۳a	۳/۲۷abcd	۳/۳۰abcdef

میانگین‌های هر ستون با حروف مشترک فاقد اختلاف معنادار در سطح ۱ درصد است.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اتلین خارجی بر میزان پروتئین گلبرگ دو اکتوپ کاشان و آذران در مراحل مختلف (غنچه و گل باز) و وضعیت‌های متفاوت گلدهی (بدون شاخه و روی شاخه)

پروتئین گلبرگ آذران (میلی گرم بر گرم وزن تر گلبرگ)		پروتئین گلبرگ کاشان (میلی گرم بر گرم وزن تر گلبرگ)	
مرحله و وضعیت گل		مرحله و وضعیت گل	
گل باز روی شاخه	گل باز بدون شاخه	گل باز روی شاخه	گل باز بدون شاخه
۰/۶۵bc	۰/۶۷ab	۰/۶۷ab	۰/۶۷ab
۰/۶۴bc	۰/۶۳bc	۰/۶۴bc	۰/۶۵bc
۰/۴۴j	۰/۴۳j	۰/۵۶def	۰/۵۵efg
۰/۳۵k	۰/۳۴k	۰/۴۸hij	۰/۴۷ij
۰/۲۱l	۰/۲۰l	۰/۳۴k	۰/۳۴k
		۰/۶۷ab	۰/۶۷ab
		۰/۶۴bc	۰/۶۵bc
		۰/۵۶def	۰/۵۴fgh
		۰/۴۸hij	۰/۳۹ghij
		۰/۳۴k	۰/۳۴k

میانگین‌های هر ستون با حروف مشترک فاقد اختلاف معنادار در سطح ۱ درصد است.



شکل ۵- اثر غلظت‌های مختلف اتیلن خارجی بر محتوای پرولین گلبرگ اکتوتیپ‌های کاشان و آذران

می‌شود. افزایش پرولین در شرایط تنش ممکن است ناشی از سنتز پرولین، کاهش اکسایش پرولین به گلوتامات یا کاهش مصرف آن در سنتز پروتئین یا افزایش تجزیه پروتئین‌ها باشد [۴، ۱۴، ۲۹]، اما آثار متقابل معنادار نبود (جدول ۴).

۴. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، می‌توان گفت اکتوتیپ کاشان مقاومت بیشتری به تنش اکسایشی نسبت به اکتوتیپ آذران دارد. اتیلن خارجی سبب کاهش عمر پس‌از برداشت گل، افزایش ریزش میزان گلبرگ، محتوای پرولین، آنتوسیانین، فعالیت آنزیم کاتالاز، فلاونوئید، پروتئین گلبرگ و افزایش مالون‌دی‌آلدئید در مراحل مختلف گلدهی در دو اکتوتیپ کاشان و آذران شد. اثرپذیری کاشان کمتر بوده است. با توجه به اینکه ارقام اصلاحی، به‌ویژه گل‌های شاخه‌بریده، همواره در محیط‌های مسکونی و سایر مکان‌ها در معرض اتیلن خارجی متصاعدشده از مواد سوختی و پلی‌اتیلنی قرار دارد، استفاده از ارقام مقاوم به اتیلن در برنامه‌های اصلاحی در تولید نتاج با ماندگاری بیشتر دور از انتظار نیست. علاوه بر این، گل محمدی خواص منحصر به فردی مانند معطر بودن دارد که در بهبود صفات ارقام فاقد رایحه

محتوای پروتئین گلبرگ از غنچه بسته تا گل کاملاً باز تا زمانی که روی گیاه مادر قرارداد تفاوت چندانی با هم ندارد، اما پس از برداشت و با آغاز پیری شروع به کاهش می‌کند. با پیری گل میزان پروتئین کاهش و آسیب‌های غشایی افزایش می‌یابد، درحالی‌که MCP-1 ریزش گلبرگ را به تأخیر می‌اندازد و پایداری پروتئین را افزایش می‌دهد [۲۶]. زمانی که میان انواع واکنشگرهای اکسیژن^۱ و سیستم آنتی‌اکسیدانی تعادل برقرار نباشد، مقدار زیاد این ترکیبات سوخت‌وساز طبیعی و تعادل سلولی را برهم می‌زند و سبب صدمات اکسایشی به لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شوند. همچنین، صدمه مسیره‌های سنتز پروتئین و یا تخریب RNA و DNA ممکن است علت کاهش میزان پروتئین و تولید آن باشد [۲۵].

اثر اتیلن بر محتوای پرولین در سطح ۱ درصد معنادار شد (جدول ۴). اتیلن نخست، موجب افزایش شد (۲/۴۶ میکرومول بر یک گرم وزن تر گلبرگ)، ولی در نهایت غلظت ۴ میکرولیتر بر لیتر میزان پرولین گلبرگ را به ۲/۳ میکرومول بر یک گرم وزن تر گلبرگ کاهش داد (شکل ۵). تجمع پرولین در سلول باعث کاهش رادیکال‌های آزاد

1. reactive oxygen species

The relationship between fragrance and vase life. *Postharvest Biology and Technology*. 59(3): 245-252.

8. Bradford MM (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Annual Review of Biochemistry*. 72: 248-254.
9. Bestwick CS, Brown IR and Mansfield JW (1998) Localized changes in peroxidase activity accompany hydrogen peroxide generation during the development of a nonhost hypersensitive reaction in lettuce. *Plant Physiology*. 118(3): 1067-1078.
10. Cakmak I and Horst JH (1991) Effects of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). *Physiologia Plantarum*. 83: 463-468.
11. Daneshi Nergi MA and Ahmadi N (2013) Effects of 1-MCP and ethylene on postharvest quality and expression of senescence-associated genes in cut rose cv. Sparkle. *Scientia Horticulturae*. 166: 78-83.
12. Das PK, Geul B, Choi SB, Yoo SD and Park YI (2011) Photosynthesis-dependent anthocyanin pigmentation in arabidopsis. *Plant Signaling & Behavior*. 61: 23.
13. De Vos C, Schat HM, De Waal MA, Vooijs R, Ernst W (1991) Increased to copper-induced damage of the root plasma membrane in copper tolerant silene cucubalus. *Plant Physiology*. 82: 523-528.
14. Desingh R and Kauagaraj G (2007) Influence of salt stress on photosynthesis and antioxidative systems in two cotton varieties. *General and Applied Plant Physiology*. 33(3): 221-234.

مد نظر قرار می‌گیرد. اکوتیپ‌های گل محمدی و ارقام مختلف ورد واکنش‌های متفاوتی به اتیلن خارجی در مراحل مختلف گلدهی از خود نشان می‌دهند. تحقیق حاضر نمونه‌ای برای شناسایی ژنوتیپ نسبتاً مقاوم محسوب می‌شود.

منابع

1. Ahmadi N, Mibus H and Serek M (2008) Isolation of an ethylene induced putative nucleotide laccase in miniature roses (*Rosa hybrida* L.). *Plant Growth Regulation*. 27: 320-330.
2. Ahmadi N, Mibus H and Serek M (2009) Characterization of ethylene-induced organ abscission in F1 breeding lines of miniature roses (*Rosa hybrida* L.). *Postharvest Biology and Technology*. 52: 260-266.
3. Apel K and Hirt H (2004) Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*. 55: 373-399.
4. Ashraf M and Foolad MR (2007) Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*. 59: 206-216.
5. Bates LS, Waldren RP and Teare LD (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*. 39: 205-208.
6. Ben Amor N, Ben Hamed K, Ranieri A and Abdelly C (2006) Kinetics of the antioxidant response to salinity in *Crithmum maritimum*. In: Öztürk M., Waisel Y., Khan M.A., Görk G. (eds) *Biosaline Agriculture and Salinity Tolerance in Plants*. Birkhäuser Basel.
7. Borda, AM, David G, Donald J, Huberb B, Weltc A and Terril A (2011) Effects of ethylene on volatile emission and fragrance in cut roses:

15. Djanaguiraman M, Prasad PVV and Al-Khatib K (2011) Ethylene perception inhibitor 1-MCP decreases oxidative damage of leaves through enhanced antioxidant defense mechanisms in soybean plants grown under high temperature stress. *Environmental and experimental botany*, 71: 215-222.
16. Ezhilmathi K, Singh VP, Arora A and Sairam RK (2007) Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase life of gladiolus cut flowers. *Plant Growth Regulation*. 5(12): 99-108.
17. Galeshi S, Torabi B, Resam GH, RahemiKarizaki A and Barzegar A (2009). Stress management in plants. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources press. 307 p. [translated in Persian]
18. Gill SS and Tuteja N (2010) Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerant in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 48: 909-930.
19. Hwang SA, Lee PO, Lee HS, Lee JS, Roh M and Choi M (2012) Flower bud abscission triggered by the anther in the Asiatic hybrid lily. *Postharvest Biology and Technology*. 64(1): 31-39.
20. Krizek DT, Kramer GF, Upadhyaya A and Mirecki RM (1993) UV-B response of cucumber seedlings grown under metal halide and high pressure sodium/deluxe lamps. *Physiologia Plantarum*. 88(2): 350-358.
21. Li V (2008) Kinetics of the antioxidant response to salinity in the halophyte *Limonium bicolor*. *Plant Soil and Environment*. 54: 493-497.
22. Mirzaei M, Sefidkon F, Ahmadi N, Shojaeiyan A and Hosseini H (2016) Damask rose (*Rosa damascena* Mill.) essential oil is affected by short-and long-term handling. *Industrial Crops and Products*, 79: 219-224.
23. Mishra S, Khare PK, Trivedi P and Nath A (2008) Effect of ethylene, 1-MCP, ABA and IAA on break strength, cellulase and polygalacturonase activities during cotton leaf abscission. *South African Journal of Botany*. 74: 282-287.
24. Nakabayashi R and Saito K (2015) Integrated metabolomics for abiotic stress responses in plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 24: 10-16.
25. Nikitaki Z, Hellweg CE, Georgakilas AG and Ravanat JL (2015) Stress-induced DNA damage biomarkers: applications and limitations. *Frontiers in Chemistry*. 3: 35. doi: 10.3389/fchem.2015.00035.
26. Ranjbar A and Ahmadi N (2015) Effects of 1-MCP and Ethylene on Antioxidant Enzymes Activity and Postharvest Physio-Biochemical Characteristics of Cut Carnation Flower cv. 'Fortune'. *Advances in Horticultural Science*, 29(4): 192-198.
27. Schmitzer V, Veberic R, Osterc G and Stampar F (2009) Changes in the phenolic concentration during flower development of rose 'KORcrisett'. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 134(5): 491-496.
28. Serek M, Sisles E and Reid M (1995) Effects of 1-MCP on the vase life and ethylene response of cut flowers. *Plant Growth Regulation*. 16: 93-91.
29. Sivaramakrishnan S, Pattel V, Flower G and Paleg LG (1988) Proline accumulation and nitrate reductase activity in contrasting sorghum lines during mid-season drought stress. *Plant Physiology*. 74: 418-426.
30. Sofo A, Dichio B, Xiloyannis C and Masia A (2005) Antioxidant defences in olive trees during drought stress: changes in activity of some antioxidant enzymes. *Functional Plant Biology*. 32: 45-53.
31. Stocker R (1990) Induction of haem oxygenase

- as a defence against oxidative stress. Free Radical Research Communications. 9: 101-112.
32. Taylor NL, Day DA and Harvey Millar A (2004) Targets of stress-induced oxidative damage in plant mitochondria and their impact on cell carbon/ nitrogen metabolism. Journal of Experimental Botany. 55(394): 1-10.
33. Tyagi S, Sharma S, Taneja M, Shumayla, Kumar R, Sembi JK and Upadhyay SK (2017) Superoxide dismutases in bread wheat (*Triticum aestivum* L.): Comprehensive characterization and expression analysis during development and, biotic and abiotic stresses. Agri Gene. 6: 1-13.

Archive of SID



Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 19 ■ No. 3 ■ Autumn 2017

The effects of exogenous ethylene on biochemical characteristics and enzymatic activity associated with aging of two ecotypes of Damask rose

Gholamhasan Movahed¹, Nima Ahmad^{2*} and Ahmad Moieni³

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 Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: November 26, 2016

Accepted: October 1, 2016

Abstract

In order to evaluate the responses of two ecotypes of Damask rose (*Rosa damascena*) to exogenous ethylene, an experiment was conducted based on a completely randomized design (CRD) at the laboratory of Postharvest Physiology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Damask rose cut stems containing flower buds and/or open flowers, single buds, or multiple flowers were exposed to exogenous ethylene for 24 h. Plant organs were placed into hermetically sealed glass chambers, where ethylene was injected, to achieve 0, 1, 2, 3, and 4 $\mu\text{l/l}$ concentrations. Biochemical characteristics, enzyme activities and morphological characteristics including flower life, contents of anthocyanin, flavonoids, and proline were determined in Kashan and Azaran ecotypes of Damask rose. The lowest postharvest life was observed at 3 and 4 μl concentration of ethylene and the highest abscission was observed in Azaran ecotypes at a concentration of 4 $\mu\text{l/l}$ of ethylene after four days. Anthocyanin and proline content and catalase activity reduced in both ecotypes studied. For both ecotypes, the lowest content of anthocyanin, proline and the lowest catalase activity (48/77 ΔA 240/mg protein) were observed in those treated with ethylene at 4 $\mu\text{l/l}$. The highest malondialdehyde (3.63 $\mu\text{mol/g}$ petal fresh weight) was found in Azaran ecotype flowers treated with 4 $\mu\text{l/l}$ ethylene concentration. Decrease of total protein in Kashan flowers (0.32 mg/g fresh petal) was much less than that in Azaran flowers (0.2 mg/g fresh petal). Based on these results, Kashan could be recommended as a tolerant ecotype to be used in breeding programs.

Keywords: antioxidants, Azaran, Kashan, proline, total protein.