Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۷
۱۰۴۵-۱۰۵۷
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.937.1184

تأثیر متیل جاسمونات بر تحمل گیاهچه کدوی پوست‌کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) به تنش سرما

مریم مختاری[۱]، سینا فلاح[۲*]، اکرم رحیمی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد
۲. استاد گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد
۳. گروه شیمی و مهندسی شیمی، واحد دورود، دانشگاه آزاد اسلامی، دورود، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۰۷

چکیده

اگرچه کشت زودهنگام محصولات بهاره برای استفاده از شرایط معتدل بهاری و همچنین رشد رویشی مناسب اهمیت زیادی دارد ولی وجود دماهای پایین در ابتدای دوره رشد ممکن است رشد گیاه را با تنش سرما مواجه نماید. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل شامل شش غلظت متیل جاسمونات (صفر، ۱، ۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میکرومولار) و سه سطح دما (۸، ۱۱ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد) در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط کنترل‌شده در دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. در روز یازدهم صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشترین طول ریشه‌چه در غلظت ۵۰ میکرومولار متیل جاسمونات و دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد با ۵۵/۶ درصد افزایش نسبت به شاهد حاصل شد. در دمای ۸، ۱۱ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد بذرهایی که با متیل جاسمونات تیمار نشده بودند فاقد ساقه‌چه بودند. در دمای هشت درجه سانتی‌گراد، غلظت پنج میکرو مولار بیشترین طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه را داشت. در بین تیمارهای متیل جاسمونات، بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و کاتالاز نیز در غلظت پنج میکرومولار مشاهده شد. در دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد، غلظت پنج میکرومولار به علت افزایش طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نسبت به سایر غلظت‌ها برتری داشت و ازلحاظ طول ریشه‌چه و فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در رتبه دوم قرار گرفت. در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد، غلظت ۵۰ میکرومولار دارای بیشترین وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، گایاکول پراکسیداز و کاتالاز بود. در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد، بیشترین میزان طول ساقه‌چه و شاخص بنیه بذر در پنج میکرومولار مشاهده شد و از این لحاظ غلظت ۵۰ میکرومولار در رتبه دوم قرار گرفت. به‌طورکلی نتیجه‌گیری می‌شود که کاربرد متیل جاسمونات باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و در نتیجه تحمل گیاهچه کدوی پوست‌کاغذی به تنش دمای پایین می‌شود.

***واژه‌های کلیدی*: دمای پایین، سوپر اکسید دیسموتاز، گیاهچه، مالون دی آلدئید**

مقدمه

کدوی پوست‌کاغذی یا دانه برهنه با نام علمی *Cucurbita pepo* گیاهی علفی، یک‌ساله و متعلق به تیره کدوئیان است (Omid beigi, 2006). این گیاه عمدتاً به دلیل آثار سودمند در درمان بیماری غدد پروستات، فشارخون، درمان ناراحتی‌های مجاری ادراری، دیابت و کاهش کلسترول تولید می‌گردد (Caili et al., 2006). کدوی پوست‌کاغذی در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر جهان رویش دارد و منشأ آن اروپا و مناطق گرمسیر اروپا گزارش شده است. دوره رشد بسته به رقم و شرایط اقلیمی بین ۱۲۰ تا ۱۴۰ روز است. بذرها در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد جوانه می‌زنند اما دمای مطلوب برای رشد دانه ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. رشد این

* نگارنده پاسخگو: سینا فلاح. پست الکترونیک: falah1357@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه در دما ۱۴ درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود (Omid Beigi, 2006).

تنش سرما در مناطق معتدله و در مورد گیاهان بهاره، به‌خصوص درجایی که کشت زودهنگام از هر نظر مزیت دارد حائز اهمیت است (Mirmohammadi Meybodi and Torkesh Esfahani, 2004). در بیشتر گیاهان جوانه‌زنی بذر حساس‌ترین مرحله در برابر سرما است (Patade et al., 2011)، به‌طوری‌که جوانه‌زنی بذر در گونه‌های حساس به سرما در دماهای زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد آهسته شده یا کاهش‌یافته و درنتیجه استقرار ضعیف است و معمولاً در دماهای پایین‌تر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد از جوانه‌زنی ممانعت می‌شود (Parvaiz and Prasad, 2012).

یکی از تغییرات بیوشیمیایی که در گیاهان تحت شرایط تنش‌زای محیط احتمال وقوع آن وجود دارد، تولید انواع اکسیژن فعال (ROS) در کلروپلاست و میتوکندری سلول‌های گیاهان است (Davey et al., 2005). ROSها به‌شدت با مولکول‌های زیستی مانند، لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک واکنش داده و موجب پراکسیداسیون لیپید، دناتوره شدن پروتئین و ایجاد جهش شوند. این امر به مختل شدن متابولیسم طبیعی گیاه و درنهایت مرگ سلول خواهد شد (Kazemi et al., 2014). پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی باعث تولید آلدئیدهایی مثل مالون دی آلدئید و ترکیباتی مثل اتانول می‌شود (Pushpalatha et al., 2011).

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (مانند سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز) یکی از این مکانیسم‌های حفاظتی حذف یا کاهش ROS است (Mittle, 2002). آنزیم سوپر اکسید دسموتاز (SOD) به‌عنوان اولین خط دفاعی در برابر ROSها، O_2^- را در کلروپلاست و میتوکندری و سایر اندام‌ها به H_2O_2 تبدیل می‌کند (Vyas and Kumar, 2005; Ghanati and Rahmati, 2006) و سپس H_2O_2 حاصل را توسط آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز (POX) و کاتالاز (CAT) به آب تبدیل می‌شود (Erdal and Dumlupinar, 2011).

یکی از استراتژی‌های افزایش تحمل گیاه به تنش‌های محیطی استفاده از مواد تنظیم‌کننده‌های رشد است که سبب بهبود عوامل جوانه‌زنی و رشد گیاهچه تحت شرایط تنش‌های مختلف می‌شود (Abdul et al., 2007). دراین‌ارتباط گزارش‌شده که متیل جاسمونات به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد می‌تواند جوانه‌زنی، رشد و عملکرد محصول در گونه‌های مختلف گیاهان زراعی افزایش دهد (Lee et al., 1998). جاسمونات‌ها به‌طورمعمول در برگ‌های جوان، گل‌ها و میوه‌ها به‌وفور یافت می‌شوند و در پاسخ گیاه به تنش‌های محیطی نیز نقش مهمی ایفا کرده و موجب کاهش خسارت ناشی از این تنش‌ها می‌شوند (Creelman and Mullet., 1995).

گزارش‌شده که آماده‌سازی با متیل جاسمونات، تولید پلی‌آمین آزاد را در بافت‌های گیاهی تحریک می‌کند و بنابراین متیل جاسمونات و پلی‌آمین به‌صورت هم‌افزا عمل می‌کنند و جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه را افزایش می‌دهند (Kaya et al., 2002). گزارش‌هایی از اثر افزایشی درصد و سرعت جوانه‌زنی با متیل جاسمونات در بذرهای هندوانه (*Citrullus lanatus*) وجود دارد، هم‌چنین متیل جاسمونات با افزایش ترجمه ژن‌های درگیر در ساخت فلاونوئیدها و لیپواکسیژنازها گیاه را در محیط‌های پرتنش متحمل می‌کند (Korkmaz et al., 2005). گزارش‌های زیادی نشان می‌دهد که متیل جاسمونات سبب افزایش تحمل گیاه به تنش‌های محیطی و عملکرد گیاه سیر (*Allium sativum*) (Bideshki and Arvin, 2010) و لوبیا (*Phaseolus coccineus*) و پیاز (*Allium cepa*) شده است (Maksymiec, 2011).

با توجه به اینکه جوانه‌زنی کدوی پوست‌کاغذی در اوایل بهار آهسته و گاه به دلیل سرما غیرممکن است (Omidbeigi, 2006)، از طرفی، تأخیر در کشت آن نیز به دلیل وقوع گرمای شدید اوایل تابستان موجب کوتاه شدن فصل رشد و کاهش شدید عملکرد می‌شود؛ بنابراین به‌منظور استفاده بیشتر از فصل رشد بهاری به‌ویژه استفاده از بارندگی‌های بهاره جهت کاهش مصرف آب، بهبود جوانه‌زنی این گیاه در دمای پایین‌تر از دمای مناسب اهمیت زیادی دارد. ازآنجاکه یکی از راه‌های کاهش خسارت دمای پایین ارتقا سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاهچه است لذا در این آزمایش اثر متیل جاسمونات بر جوانه‌زنی و سیستم آنتی‌اکسیدانی بذر گیاه کدوی پوست‌کاغذی تحت دماهای پایین موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کشت در پتری دیش در شرایط کنترل‌شده در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش شامل شش غلظت متیل جاسمونات (صفر، ۱، ۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میکرومولار) و سه سطح دما (۸، ۱۱ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد) بودند که به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در شش تکرار انجام شد. ابتدا بذور را با آب استریل و آب مقطر شست‌وشو شدند، سپس آن‌ها را به مدت ۱۰ ثانیه در اتانول ۷۰ درصد قرار داده و پس از شست‌وشو با آب استریل، به مدت ۵ دقیقه در محلول هیپوکلرید سدیم ۱ درصد قرار گرفتند و درنهایت سه مرتبه و هر بار به مدت ۵ دقیقه با آب استریل شست‌وشو داده شدند. بذور در ظروف حاوی محلول‌های با غلظت صفر، ۱، ۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میکرومولار قرار گرفت و به مدت ۲۴ ساعت در شرایط تاریکی و در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در اتاقک رشد قرار داده شدند. سپس شستشوی بذور انجام‌شده و در دماهای موردنظر قرار داده شدند. پس از هشت روز دما به‌تدریج افزایش یافت تا به دمای بهینه گیاه (۲۵ درجه سانتی‌گراد) رسید (Omidbeigi, 2006).

در روز یازدهم پس از جداسازی گیاهچه‌های طبیعی و غیرطبیعی تعداد ۲۰ گیاهچه طبیعی از هر پتری دیش انتخاب و سپس طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه اندازه‌گیری شد. سپس ریشه‌چه و ساقه‌چه جداسازی و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۵-۷۰ درجه سانتی‌گراد آون خشک و سپس با ترازوی ۰/۰۰۰۱ توزین شدند (Ya-Jing et al., 2009). علاوه بر ویژگی‌های مذکور صفات زیر نیز محاسبه گردیدند. با اندازه‌گیری وزن طول گیاهچه طبیعی، شاخص بنیه بذر با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Karta and Bekele, 2012).

$$VI = GS (\%) \times SL (mm) \quad [۱]$$

که در آن VI = شاخص بنیه بذر، GS = درصد جوانه‌زنی، SL = طول گیاهچه (سانتی‌متر).

اندازه‌گیری پروتئین محلول با روش بردفورد (Bradford, 1976)، میزان اکسیداسیون غشایی (مالون دی آلدئید) با استفاده از روش هیث و پاکر (Heath and Packer, 1968)، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با استفاده از روش گیانوپولایتس و ریس (Giannopolitis and Ries, 1977)، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز به روش ابی (Abei, 1984) و میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز به روش مک آدام (Mac Adam et al., 1992) انجام شد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS V9 تجزیه واریانس شدند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد استفاده شد.

نتایج

در شکل یک نشان می‌دهد که غلظت ۵۰ میکرومولار در دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد با ۵۶ میلی‌متر افزایش نسبت به شاهد بیشترین طول ریشه‌چه در بین سه دما را داشت و کمترین طول ریشه‌چه در تیمار شاهد تحت دمای هشت درجه سانتی‌گراد مشاهده شد.

در هر سه دما با افزایش غلظت متیل جاسمونات ابتدا طول ریشه‌چه افزایش‌یافته و سپس کاهش می‌یابد که این کاهش در دمای ۸ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد از غلظت پنج میکرومولار و در دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد از غلظت ۵۰ میکرومولار آغاز شد. در تمام غلظت‌های استفاده‌شده متیل جاسمونات اختلاف بین سطوح دمایی معنی‌دار بود و بیشترین طول ریشه‌چه در غلظت پنج میک‌رومولار متیل جاسمونات مشاهده شد (شکل ۱).

طول ساقه‌چه تحت تأثیر دما، متیل جاسمونات و اثر متقابل دما و متیل جاسمونات در سطح یک درصد قرار گرفت. در هر سه دما، بذور تیمار نشده با متیل جاسمونات فاقد ساقه‌چه بودند. کاربرد متیل جاسمونات باعث شد بیشترین طول ساقه‌چه در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد تولید شود (شکل ۲). با افزایش غلظت متیل جاسمونات تا پنج میکرومولار طول ساقه‌چه افزایش و پس‌ازآن طول شاخص کاهش یافت؛ بنابراین غلظت پنج میکرومولار متیل جاسمونات تحت سطوح مختلف دمایی مؤثرترین غلظت در افزایش طول ساقه‌چه بود. در تمام غلظت‌های به‌کاررفته متیل جاسمونات اختلاف بین دماها معنی‌دار بود و دماهای بالاتر دارای ساقه‌چه طویل‌تر بودند. غلظت پنج میکرومولار بهترین تیمار جهت افزایش طول ساقه‌چه بود (شکل ۲).

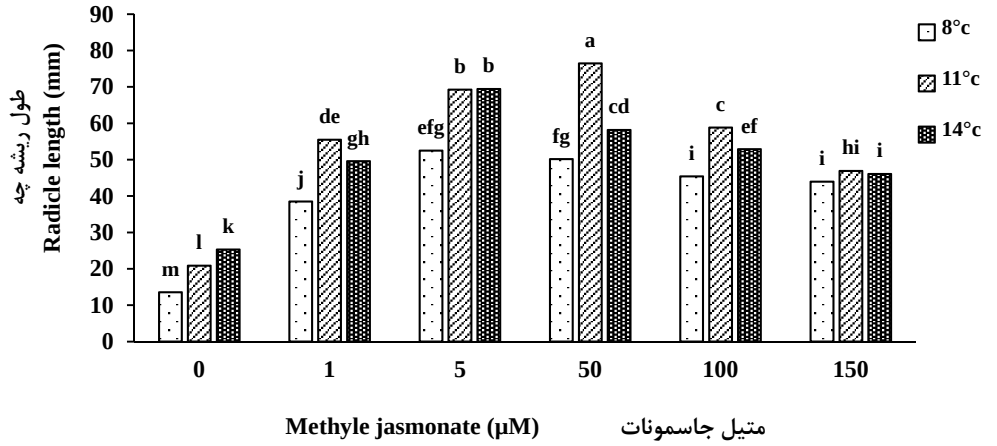
کاربرد متیل جاسمونات باعث شد تا وزن خشک ریشه‌چه افزایش یابد و بیشترین افزایش در دمای هشت درجه سانتی-گراد به میزان ۰/۰۴ میلی‌گرم مشاهده شد (شکل ۳). در هر سه سطح دما با افزایش غلظت متیل جاسمونات وزن خشک ریشه‌چه ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت که این افت در دمای ۸ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد در غلظت ۵۰ میکرومولار و در دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد در غلظت پنج میکرومولار رخ داد. در تمامی غلظت‌های به‌کاررفته متیل جاسمونات اختلاف

www.SID.ir

Archive of SID

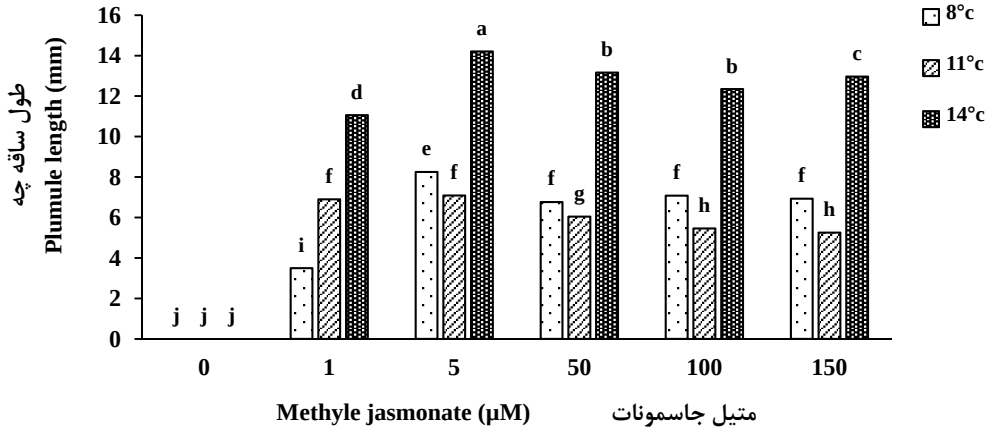
بین دماها معنی‌دار بود و غلظت ۵۰ میکرومولار در هر سه دما در راستای افزایش وزن خشک ریشه‌چه کارآمدتر بود.

نتایج نشان داد ساقه‌چه تیمار شاهد در هیچ‌کدام از سطوح دمایی رشدی نداشت ولی بیشترین وزن خشک ساقه-چه به غلظت ۵۰ میکرومولار در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد تعلق گرفت (شکل ۴). پس‌ازآن غلظت ۱۰۰ و ۱۵۰ میکرومولار در دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد و غلظت پنج میکرومولار در دمای هشت درجه سانتی‌گراد باعث شد تا وزن خشک ساقه‌چه نسبت به شاهد افزایش نشان دهد. اختلاف بین وزن ساقه‌چه در تمامی غلظت‌های به‌کاررفته متیل جاسمونات معنی‌دار بود.



شکل ۱. اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر طول ریشه‌چه کدو پوست‌کاغذی تحت تنش سرما. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

Fig. 1. Effect of different concentrations of methyl jasmonate on the radicle length of *cucurbita pepo* under chilling stress. Means followed by the same letters are not significantly different ($LSD_{0.05}$).

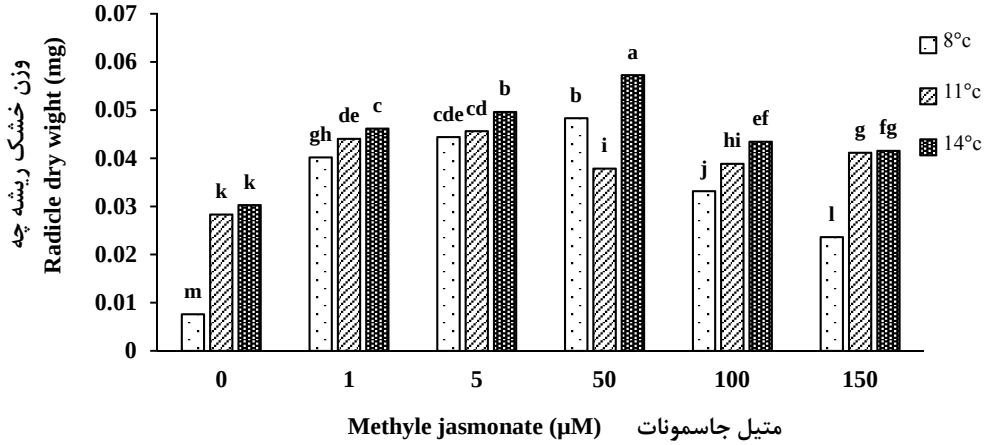


شکل ۲. اثر متیل جاسمونات بر طول ساقه‌چه کدو پوست‌کاغذی تحت تنش سرما. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

Fig. 2. The effect of methyl jasmonate on plumule length of *cucurbita pepo* under chilling stress. Means followed by the same letters are not significantly different ($LSD_{0.05}$).

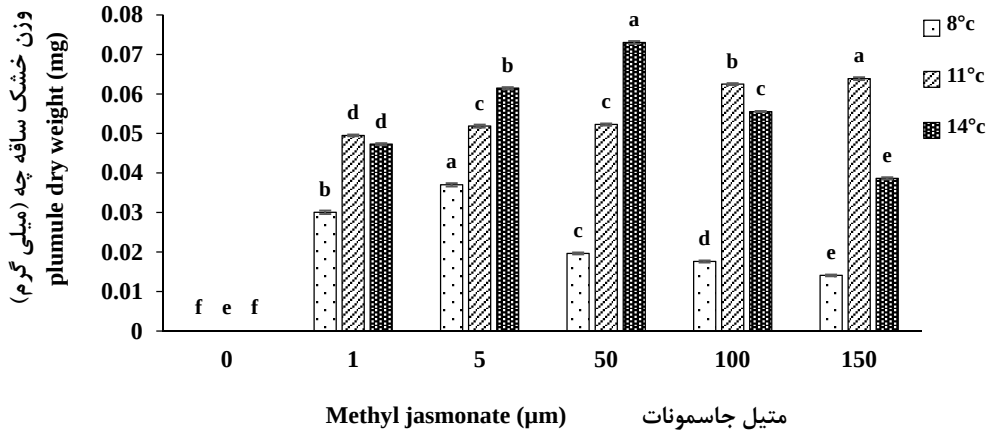
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. اثر متیل جاسمونات بر وزن خشک ریشه‌چه کدو پوست‌کاغذی تحت تنش سرما. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

Fig. 3. The effect of methyl jasmonate on radicle dry weight of *cucurbita pepo* under chilling stress. Means followed by the same letters are not significantly different ($LSD_{0.05}$).



شکل ۴. اثر متیل جاسمونات بر وزن خشک ساقه‌چه کدو تخمه‌کاغذی تحت تنش سرما. در هر دما میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

Fig. 4. The effect of methyl jasmonate on plumule dry weight of pumpkin under cold stress. In each temperature, means followed by the same letters are not significantly different (LSD test).

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود همبستگی بین طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه مثبت و معنی‌دار بود ($r^2 = ۰/۷۱^{**}$).

میزان شاخص بنیه بذر کدو پوست‌کاغذی تحت تأثیر دما، متیل جاسمونات و اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. با کاهش دما این ویژگی کاهش یافت (شکل ۵) و بیشترین میزان شاخص بنیه بذر در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد در غلظت پنج میکرومولار اتفاق افتاد که افزایش ۷۳۵۴/۲ نسبت به شاهد داشت و در دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد غلظت‌های ۱، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار باهم اختلاف معنی‌دار نداشتند و بیشترین تأثیر را در افزایش شاخص بنیه بذر در این دما داشتند.

www.SID.ir

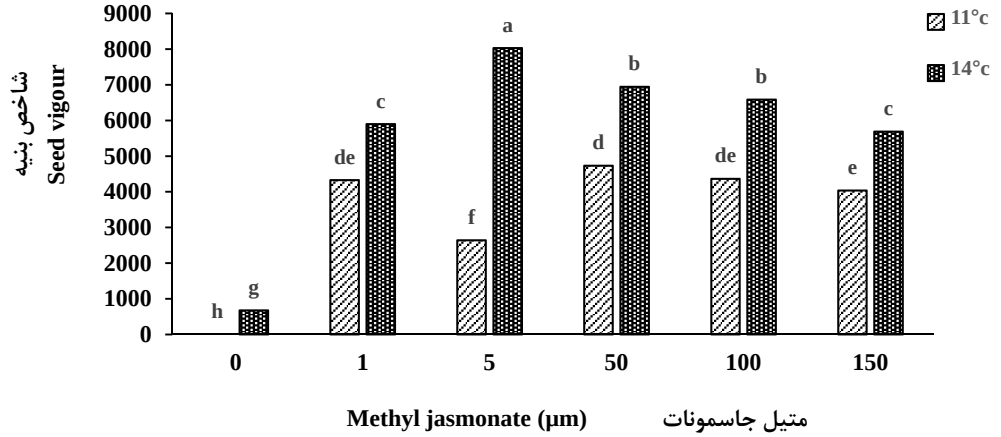
Archive of SID

جدول ۱. ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری شده در بذر گیاه کدو پوست‌کاغذی.

Table 1. Correlations coefficients between measured parameters in seeds of *cucurbita pepo*

		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	طول ریشه‌چه Radicle length	1								
2	طول ساقه‌چه Plumule length	0.66**	1							
3	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	0.71**	0.71**	1						
4	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight	0.80**	0.70**	0.75**	1					
5	پروتئین محلول Soluble protein	-0.42^{ns}	-0.53**	-0.57**	-0.40^{ns}	1				
6	مالون دی آلدئید Malondialdehyde	-0.66**	-0.68**	-0.78**	-0.67**	-0.57**	1			
7	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase	0.31^{ns}	0.45**	0.42^{ns}	0.26^{ns}	-0.56**	-0.34^{ns}	1		
8	گایاکول پراکسیداز Guaiacol peroxidase	.043^{ns}	-0.53**	-0.57**	-0.40^{ns}	1**	0.57**	-0.56**	1	
9	کاتالاز Catalase	-0.01^{ns}	0.26^{ns}	-0.01^{ns}	0.13^{ns}	-0.01^{ns}	0.04^{ns}	0.21^{ns}	0.01^{ns}	1

** and ^{ns}: significant at 1% probability. ** و ns معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.



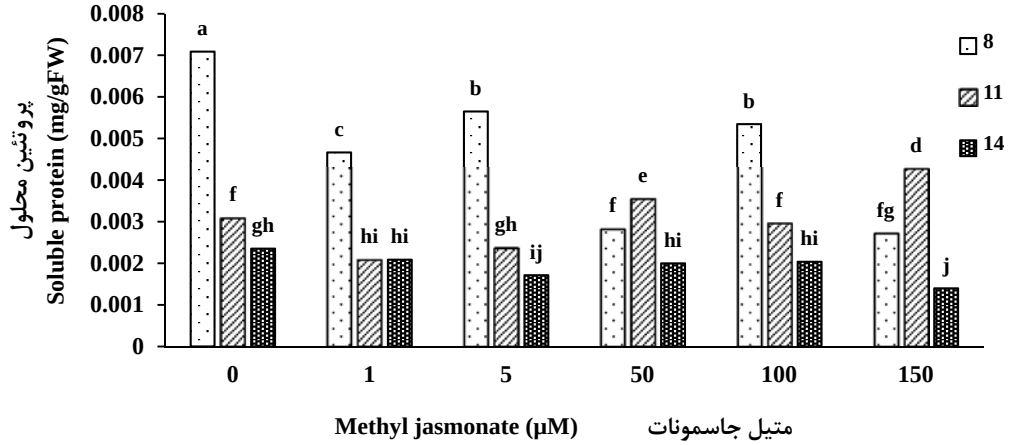
شکل ۵. اثر متیل جاسمونات بر بنیه بذر کدو پوست‌کاغذی تحت تنش سرما. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

Fig. 5. The effect of methyl jasmonate on seed vigour of *cucurbita pepo* under chilling stress. Means followed by the same letters are not significantly different ($LSD_{0.05}$).

میزان پروتئین محلول در دمای ۸، ۱۱ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد به ترتیب متعلق به بذور شاهد؛ غلظت ۱۵۰ میکرو مولار؛ و غلظت‌های ۱، ۵۰ و ۱۰۰ میکرو مولار و شاهد بود. بین پروتئین محلول و طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه رابطه همبستگی منفی و معنی‌داری (به ترتیب با ضرایب همبستگی r^2= -۰/۵۳** و r^2= -۰/۵۷**) در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. در دمای هشت و ۱۴ درجه سانتی‌گراد غلظت ۱۵۰ میکرومولار و در دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد غلظت‌های یک و پنج میکرومولار مؤثرترین تیمارها جهت بهبود این پارامتر بودند (شکل ۶).

www.SID.ir

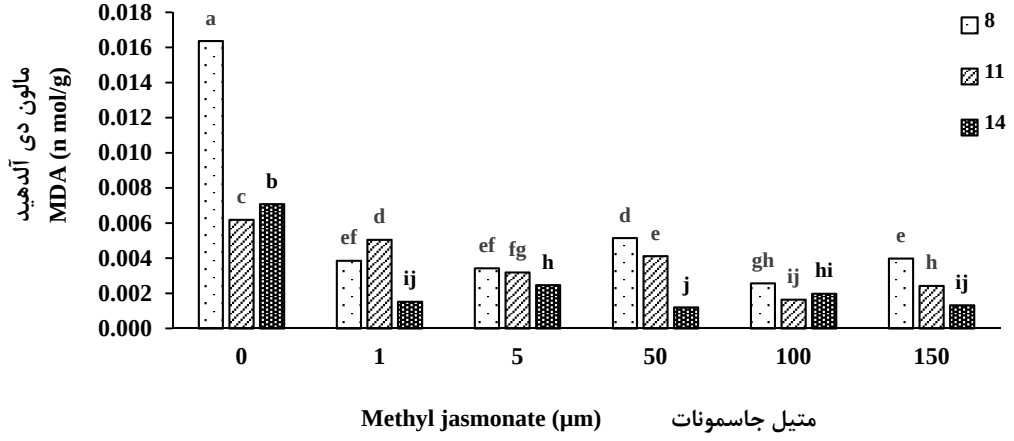
Archive of SID



شکل ۶. اثر متیل جاسمونات بر پروتئین محلول کدو پوست‌کاغذی تحت تنش سرما. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

Fig. 6. The effect of methyl jasmonate on the soluble protein of *cucurbita pepo* under chilling stress. Means followed by the same letters are not significantly different ($LSD_{0.05}$).

با کاربرد متیل جاسمونات از میزان مالون دی آلدئید کاسته شد و در هر سه سطح دما، تیمار شاهد بیشترین میزان مالون دی آلدئید را در سطح احتمال یک درصد داشت (شکل ۷). رابطه بین میزان مالون دی آلدئید و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه به ترتیب با ضرایب همبستگی**-۰/۶۶، r^2=**-۰/۶۸، r^2=**-۰/۷۸، r^2=**-۰/۶۷، r^2= معکوس و در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در دمای ۸ و ۱۱ درجه سانتی‌گراد غلظت ۱۰۰ میکرومولار و در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد غلظت ۵۰ میکرومولار دارای کمترین میزان مالون دی آلدئید بودند (شکل ۷).



شکل ۷. اثر متیل جاسمونات بر مالون دی آلدئید کدو پوست‌کاغذی تحت تنش سرما. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

Fig. 7. The effect of methyl jasmonate on MDA of *cucurbita pepo* under chilling stress. Means followed by the same letters are not significantly different ($LSD_{0.05}$).

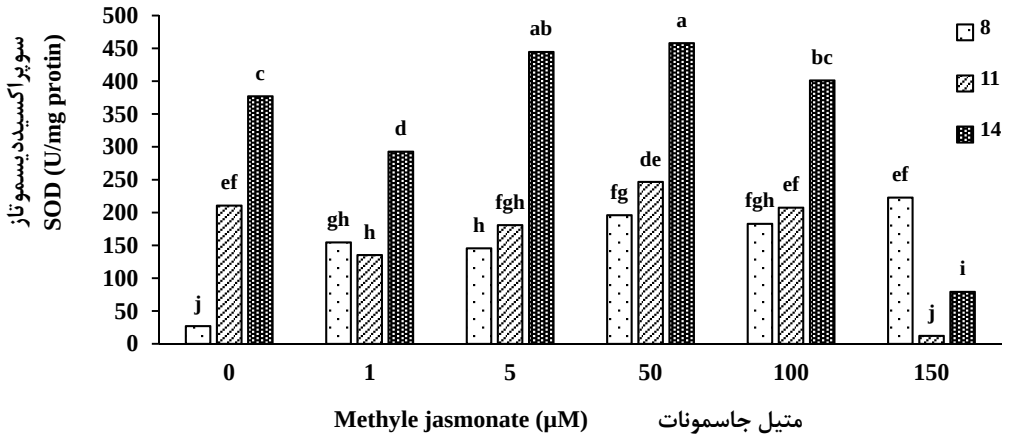
در دمای هشت درجه سانتی‌گراد استفاده از متیل جاسمونات باعث شد تا میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز از ۹۲/ ۲۶ واحد بر میلی‌گرم پروتئین در تیمار شاهد به ۲۲۲/۷ واحد بر میلی‌گرم پروتئین با غلظت ۱۵۰ میکرو مولار برسد و بیشترین میزان افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را در بین غلظت‌های به‌کاررفته متیل

www.SID.ir

Archive of SID

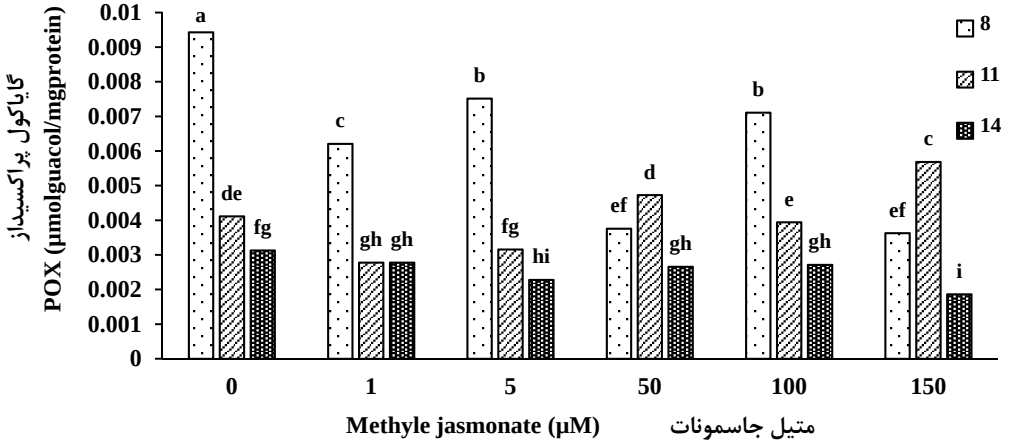
جاسمونات به خود اختصاص داد. در دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد غلظت ۵۰ میکرومولار متیل جاسمونات بیشترین افزایش را در میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نشان داد و در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد نیز غلظت‌های ۵ و ۵۰ میکرو مولار موجب افزایش میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شد (شکل ۸).

بیشترین میزان آنزیم گایاکول پراکسیداز مربوط به بذور تیمار نشده در دمای هشت درجه سانتی‌گراد بود. در دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد غلظت ۱۵۰ میکرومولار و در دمای ۱۴درجه سانتی‌گراد غلظت‌های ۱، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار متیل جاسمونات بیشترین میزان افزایش آنزیم را داشتند (شکل ۹). همچنین همبستگی بین میزان آنزیم گایاکول پراکسیداز با طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه منفی (r^2=-۰/۴۳**، r^2=-۰/۵۳**، r^2=-۰/۵۷**، r^2=-۰/۴۰**) است.



شکل ۸. اثر متیل جاسمونات بر آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز کدو پوست‌کاغذی تحت تنش سرما. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

Fig. 8. The effect of methyl jasmonate on SOD enzyme of *cucurbita pepo* under chilling stress. Means followed by the same letters are not significantly different ($LSD_{0.05}$).



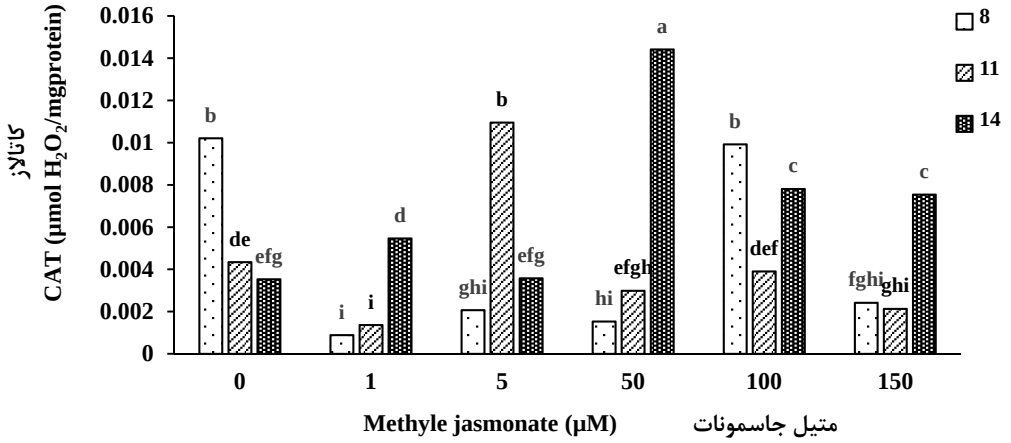
شکل ۹. اثر متیل جاسمونات بر آنزیم گایاکول پراکسیداز کدو پوست‌کاغذی تحت تنش سرما. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

Fig. 9. The effect of methyl jasmonate on POX enzyme of *cucurbita pepo* under chilling stress. Means followed by the same letters are not significantly different ($LSD_{0.05}$).

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین میزان افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در دمای ۸، ۱۱ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در بذور تیمار نشده، غلظت پنج میکرومولار و غلظت ۵۰ میکرومولار مشاهده شد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار ۵۰ میکرومولار دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. اثر متیل جاسمونات بر آنزیم کاتالاز کدو پوست‌کاغذی تحت تنش سرما. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

Fig. 10. The effect of methyl jasmonate on CAT enzyme of *cucurbita pepo* under chilling stress. Means followed by the same letters are not significantly different ($LSD_{0.05}$).

بحث

دمای مطلوب برای رویش دانه کدوی پوست‌کاغذی ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است و رویش این گیاه در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود (Omidbeigi, 2006). در دمای هشت درجه سانتی‌گراد میزان پروتئین محلول با طول ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه همبستگی منفی معنی‌دار (به ترتیب با ضرایب همبستگی r^2=-۰/۵۳** و r^2=-۰/۵۷**) و همچنین مالون دی آلدئید نیز با همین پارامترها همبستگی منفی معنی‌دار (به ترتیب با ضرایب همبستگی r^2=-۰/۶۶**، r^2=-۰/۶۸**، r^2= -۰/۷۸** و r^2=-۰/۶۷**) نشان دادند. بیشترین وزن خشک ریشه‌چه در غلظت ۵۰ میکرومولار متیل جاسمونات ثبت شد که پایین بودن میزان پروتئین محلول در این تیمار نیز حاکی از شرایط بهتر برای رشد بوده است. در دمای ۱۱ درجه سانتی‌گراد، غلظت‌های یک و پنج میکرومولار متیل جاسمونات دارای بیشترین طول ساقه‌چه و غلظت پنج میکرومولار این هورمون دارای بیشترین وزن خشک ریشه‌چه بودند. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین طول ساقه‌چه و آنزیم‌های SOD مثبت (r^2=۰/۴۵**) و همچنین همبستگی مثبت بین وزن خشک ریشه‌چه با آنزیم SOD می‌توان نتیجه گرفت که این آنزیم‌ها قادر به حذف اثرات مضر رادیکال‌های آزاد ناشی از تنش دمای پایین شده‌اند و با توجه همبستگی مثبت بین طول ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه (r^2=۰/۷۱**) و طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه (r^2=۰/۷۰**) علت افزایش این ویژگی‌ها در حضور متیل جاسمونات را می‌توان به افزایش این آنزیم نسبت داد. حداکثر میزان مالون دی آلدئید در بذور تیمار نشده نیز نشان‌دهنده خسارت تنش سرما در گیاه و به‌تبع کاهش ویژگی‌های رشدی گیاهچه حاصل از بذور تیمار نشده است، زیرا رابطه بین مالون دی آلدئید و صدمه به غشا سلولی در اثر تنش مستقیم است (Pushpalatha et al., 2011). در غلظت ۱۰۰ میکرومولار متیل جاسمونات نیز کمترین میزان MDA و بیشترین میزان آنزیم CAT مشاهده شد و به همین دلیل نیز بیشتر بودن وزن خشک ریشه‌چه نیز در این تیمار مشاهده شد. در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد، غلظت پنج میکرومولار متیل جاسمونات بیشترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه حاصل شد و علت اصلی آن می‌تواند افزایش میزان آنزیم‌های SOD و CATذکر نمود. در غلظت ۵۰ میکرومولار متیل جاسمونات نیز بیشترین وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه ثبت شد که

www.SID.ir

Archive of SID

برتری معنی‌دار نسبت به بذور تیمار نشده داشت. متیل جاسمونات نوعی پلی آمین است و بنابراین پیش‌تیمار بذور کدوی پوست‌کاغذی با این فیتوهورمون در تنظیم فرایندهای حیاتی ازجمله همانندسازی، رونویسی، تثبیت غشا و تعدیل فعالیت آنزیم‌ها (Martin-Tanguy, 2000) تحت شرایط تنش سرما مؤثر است. این نوع ترکیبات در pH فیزیولوژیکی می‌توانند به‌شدت به جایگاه آنیونی در اجزای سلولی بچسبند و باعث تثبیت غشاء شوند و به‌این‌ترتیب در پاسخ گیاه به تنش‌های محیطی دخیل باشند (Groppa and Benavides, 2008)؛ گزارش‌ها حاکی است که قرار گرفتن گیاهان در معرض دمای پایین باعث تجمع ترکیبات پلی-آمین‌ها شده و از این طریق حساسیت آن‌ها به خسارت سرما کاهش می‌یابد (Wang and Buta, 1994). به‌عنوان‌مثال در مطالعه روی میوه‌های گوجه گیلاسی (*Solanum lycopersicum* L. cv. Messina) نشان داده شد تیمار متیل جاسمونات مقدار پلی‌آمین‌ها را ازایش داد و از این طریق مقاومت به سرما را در گیاه را ایجاد نمود (Zhanga et al., 2012). علاوه بر این، در مطالعه پوسمیک و همکاران (Posmyk et al., 2005) روی ریشه سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) مشاهده گردید که در دمای یک درجه سانتی-گراد فعالیت CAT و SOD افزایش یافت. در این پژوهش میزان ترکیبات فنولیک نیز افزایش یافت که این ترکیبات باعث می‌شوند آنتی‌اکسیدان‌ها فعال شوند (Ma$gorzata et al., 2004).

متیل جاسمونات با کاهش تولید اتیلن و کاهش فعالیت و یا غلظت α-آمیلاز مانع از جوانه‌زنی و طویل شدن ریشه می-شود و درواقع رابطه بین غلظت متیل جاسمونات و جوانه‌زنی و رشد ریشه‌چه است (Norastehnia et al., 2007)، در این مطالعه نیز با در غلظت‌های زیاد غلظت متیل جاسمونات طول ریشه‌چه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ولی رشد ساقه‌چه چنین روندی را نشان نداد. در بررسی چغندرقند تیمار شده با متیل جاسمونات در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد غلظت بالای متیل جاسمونات موجب کاهش وزن خشک گیاهچه شد (Govahi et al., 2007). این نتایج حاکی است که تأثیر متیل جاسمونات بر ویژگی‌های گیاهچه و بسته به غلظت است.

کلروپلاست و میتوکندری مکان‌های اصلی برای فعالیت ROSها در شرایط تنش دمایی هستند به‌طوری‌که در شرایط تنش دمای پایین غشای میتوکندریایی آسیب می‌بیند (Xu et al., 2008). دراین‌ارتباط آنزیم SOD به‌عنوان اولین خط دفاعی در برابر ROSها، O_2^- را به H_2O_2 تبدیل می‌کند (Ghanati and Rahmati, 2006) و سپس H_2O_2 حاصل را توسط آنزیم‌های POX و CAT به آب تبدیل می‌شود (Gao et AL., 2010). در دمای پایین به دلیل آسیب غشای میتوکندری از فعالیت آنزیم SOD کاسته می‌شود (Pinhero et al., 1997) اما تیمار متیل جاسمونات در شرایط تنش سرما با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سبب تنظیم مقدار O_2^- و H_2O_2 شده و مقاومت در گیاه را القا می‌کند و درنتیجه از کاهش رشد گیاهچه جلوگیری می‌شود (Li et al., 2012). تیمار متیل جاسمونات در گیاهچه‌های تیمار شده خیار (Li et al., 2012) مقاومت به سرما را القاء نمود و همچنین فعالیت آنزیم SOD در این گیاهچه‌ها را افزایش داد و درنتیجه رادیکال‌های آزاد کمتری در گیاه تجمع یافت (Gao et al., 2010). در پژوهش حاضر نیز روند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در تیمارهای متیل جاسمونات و رشد خصوصیات گیاهچه کدوی پوست‌کاغذی با گزارش‌های فوق‌الذکر تطابق داشت. احتمالاً فعالیت SOD به دلیل سنتز دوباره پروتئین‌های آنزیمی و القای بیان ژن رمزگذاری سوپراکسیددیسموتاز است (Verma and Dubey, 2003). در گیاهچه‌های بادام‌زمینی کاربرد غلظت ۱۰۰ و ۲۵۰ میکرومولار (Kumari et al., 2006) و در گیاه آرابیدوپسیس و کلزا (Jung, 2004) تیمار با متیل جاسمونات سبب افزایش آنزیم‌های SOD، CAT و POX شد.

آنزیم گایاکول پراکسیداز می‌تواند مقدار H_2O_2 را در ساختارهای سلولی مثل کلروپلاست تنظیم کند (Djanaguiraman et al., 2005). در مطالعه بر روی خیار تیمار شده با متیل جاسمونات فعالیت گایاکول پراکسیداز گیاه تحت دمای پایین کاهش یافت (Li et al., 2012) اما در پژوهشی که روی ریشه گندم انجام شد کاهش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در دمای بالا نشان داده شد (Goyal and Asthir, 2010). در گیاه کدو پوست‌کاغذی مشاهده شد زمانی که گیاه با متیل جاسمونات تیمار شد کلروپلاست یک روز بعد از تیمار تخریب شد اما با گذشت دو روز از پرایمینگ ساختار کلروپلاست بهبود یافت و پس از پنج روز نرمال شد (Ananieva et al., 2004)، پس با توجه به این نتیجه می-توان گفت علت زیادشدن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در دمای ۱۴ درجه سانتی‌گراد بهبود ساختار سلول باشد. در پژوهشی با عنوان اثر متیل جاسمونات بر فعالیت آنزیم‌های

www.SID.ir

Archive of SID

آنتی‌اکسیدان، ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی در کشت سلول *Scrophularia straita Boiss* گزارش شده است فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز در طی ۱۲ ساعت اولیه دوره تیمار کاهش و پس‌ازآن تا پایان دوره آزمایش افزایش یافت. در حضور متیل جاسمونات فعالیت کاتالاز در کلیه تیمارها در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌داری داشت، درحالی‌که فعالیت پراکسیداز پس از ۱۲ ساعت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Khanpur Ardestani et al., 2013).

با توجه به همبستگی مثبت بین پروتئین محلول و MDA (r^2=۰/۵۷**) و همبستگی منفی پروتئین محلول با آنزیم‌های SOD (r^2=-۰/۵۶**) می‌توان گفت بهبود جوانه‌زنی بذور کدوی پوست‌کاغذی در دماهای کمتر از دمای بهینه در زمان جوانه‌زنی و سپس رفع تنش سرما به دلیل فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی در کاهش رادیکال‌های آزاد ناشی از تنش دمای پایین است و از این طریق با حفاظت از محتویات سلولی و غشاء موجب ایجاد گیاهچه نرمال شده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان اظهار داشت متیل جاسمونات به‌واسطه افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باعث از بین بردن آثار مخرب رادیکال‌های آزاد حاصل از تنش دمای پایین می‌شود و در بازیافت گیاهچه پس از رفع تنش سرمایی نقش مؤثری دارد. ازاین‌رو استفاده از متیل جاسمونات راهکار مناسبی برای جلوگیری از خطرات تنش سرمای اوایل فصل بهار در کشت کدوی پوست‌کاغذی است و از این طریق می‌توان اثر تنش دماهای پایین را در کشت زودهنگام این محصول مرتفع نمود.

منابع

Abdul, W., Mubaraka, P., Gelani, S., Basrab, S., 2007. Pretreatment of seed with H_2o_2 improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. Journal of Plant Physiology 164, 283-294.

Abei, H., 1984. Catalase *Invitro*. Methods in Enzymology. 105, 121-126.

Akram Ghaderi, A., Kamkar, B., Soltani, A., 2008. Science and Technology of Seeds (Translation). Mashhad University Press. [In Persian].

Ananieva, K., Malbeck, J., Kamínek, M., van Staden, J., 2004. Methyl jasmonate downregulates endogenous cytokinin levels in cotyledons of *Cucurbita pepo* (zucchini) seedlings. Journal of Plant Physiology 122, 496-503.

Bideshki, A.M., Arvin, M.J., 2010. Effect of salicylic acid (SA) and drought stress on growth, bulb yield and allicin content of Garlic (*Allium sativum*) in field. Plant Ecophysiology. 2(2), 73-81. [In Persian with English Summary].

Bradford, M., 1976. Arapid and sensitive method for thequantitation of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Review Biochemistry. 72, 248-254.

Caili, F., Huan, S., Quanhong, L., 2006. A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. Plant Foods for Human Nutrition. 61, 73-80.

Creelman, R.A., Mullet, J.E., 1995. Jasmonic acid distribution and action in plants: regulation during development and response to biotic and abiotic Stress. Proceedings of the National Academy of Sciences USA. 92, 4114-4119.

Davey, M.W., Stals, E., Panis, B. Keulemans, J., Swennen, R.I., 2005. High Throughput of Malondialdehyde in Plant. Analytical Biochemistry. 347, 201-207.

Djanaguiraman, M., Devi, D.D., Shanker, A.K., Sheeba, J.A., Bangarusamy, U., 2005. Selenium—an antioxidative protectant in soybean during senescence. Plant and Soil. 272, 77–86.

Erdal, S., Dumlupinar, R., 2011. Mammalian sex hormones stimulate antioxidant system and enhance growth of chickpea plants, Acta Physiologiae Plantarum. 33, 1011-1017.

Gao, Y., Guo, Y.K., Lin, S.H., Fang, Y.Y., Bai, J.G., 2010. Hydrogen peroxide pretreatment alters the activity of antioxidant enzymes and protects chloroplast ultrastructure in heat-stressed cucumber leaves. Scientia Horticulturae. 126, 20–26.

Ghanati, F., Rahmati, I.M., 2006. Improvement of antioxidant system and decrease of lignin by nickel treatmentin tea plant. Journal of Plant Nutrition. 29, 1649-1661.

www.SID.ir

Archive of SID

Giannopolitis, C.N., and Ries, S.K., 1977. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants. Plant Physiology. 59, 309- 314.

Govahi, M., Arvin, M.J., Saffari, G., 2007. Incorporation of plant growth regulators into the priming solution improves sugar beet germination, emergence and seedling growth at low-temperature. Pakistan Journal of Biological Sciences. 10, 3390-3394.

Goyal, M., Asthir, B., 2010. Polyamine catabolism influences antioxidative defense mechanism in shoots and roots of five wheat genotypes under high temperature stress. Plant Growth Regulation. 60, 13-25

Groppa, M.D., Benavides, M.P., 2008. Polyamines and abiotic stress: recent advances. Amino Acids. 34, 35–45.

Heath, R.L., Packer, L., 1968. Photopeoxidation in isolated chloroplasts. Archives of Briochemistry and Biophysics. 125, 189-198.

Jung, S., 2004. Effect of chlorophyll reduction in Arabidopsis thaliana by methyl jasmonate or norflurazon on antioxidant systems. Journal of Plant physiology and Biochemistry. 42, 231-255.

Karta, K.K., Bekele, A., 2012. Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of *Vicia villosa sp*. dasycarpa (Ten.). African Journal of Agricultural Research. 7, 3202-3208.

Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D., Saltli, K., 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at hight (NaCl) salinity. Scientia Horticultrea. 93,: 65-74.

Kazemi, M., Ma'ali Amiri, R., Sadequzadeh, B., Ramezanpour, S.S., 2014. Biochemical physiological changes induced by cold stress in two genotypes of chickpea. Journal of Genetics in the 3rd Millennium. 4, 3777- 3770. [In Persian with English Summary].

Khanpur Ardestani, N., Sharifi, M., Behmanesh, B., 2013. The effect of methyl jasmonate on the activity of antioxidant enzymes, phenolic compounds and flavonoids in the culture of *Scrophularia straita Boiss* cells. Journal of Plant Research. 27(5),835-840. [In Persian with English Summary].

Korkmaz, A., Tiryaki, I., Nas, M.N., 2005. Combining priming and plant growth regulators improves muskmelon germination and emergence at low temperatures. European Journal of Horticultural Science. 70, 29-34.

Kumari, G.J., Reddy, A.M., Naik, S.T., Kumar, S.G., Prasanthi, J., Sriranganayakulu, G., Reddy, P.C., Sudhakar, C., 2006. Jasmonic acid induced changes in protein pattern, antioxidative enzyme activities and peroxidase isozymes in peanut seedlings. Biologia Plantarum. 50, 219-226.

Lee, S. S., Kim, J. H., Hong, S. B., Yun, S. H., Park, E. H., 1998. Priming effect of rice seeds on seedling establishment under adverse soil conditions. Korean Journal of Crop Science. 43, 194-198.

Li., D.M., Guo, Y.K., Li, Q., Zhang, J., Wang, X.J., Bai, J.G., 2012. The pretreatment of cucumber with methyl jasmonate regulates antioxidant enzyme activities and protects chloroplast and mitochondrial ultrastructure in chilling-stressed leaves. Scientia Horticulturae. 143, 135-143.

Ma$gorzata, M. P., Baillyb, C., Szafran´skaa, K., Janasa, K. M., Corbineaub, F-O., 2004. Antioxidant enzymes and isoflavonoids in chilled soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seedlings. Journal of Plant Physiology. 162, 403-412.

Mac Adam J.W., Nelson C.J., Sharp R.E., 1992. Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tallfescue. Plant Physiology. 99, 872-878.

Maksymiec, W., 2011. Effects of jasmonate and some other signalling factors on bean and onion growth during the initial phase of cadmium action. Biologia Plantarum. 55(1), 112-118.

Martin-Tanguy, J., 2000. Metabolism and function of polyamines in plants: recent development (new approaches). Plant Growth Regulation .34,135-148.

Mirmohammadi Meybodi, S.A.M., Torkesh Esfahani, S., 2004. Physiological and Improvement Aspects of Cold and Freezing Stress in Crops. Gulben Press. [In Persian].

Mittle, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science. 7(9), 405-410.

Norastehni, A., Sajedi, R.H., Nojavan-Asghari, M., 2007. Inhibiyory effects of methyl jasmonats on seed germination in maize (*Zea mays*): Effect on α-amilase activity and ethylen poduction. Plant Physiology. 33, 13-23.

www.SID.ir

Archive of SID

Omidbeigi, R., 2006. Production and Processing of Medicinal Plants. Astan Quds Razavi Press. [In Persian].

Parvaiz, A., Prasad, M.N.V., 2012. Abiotic Stress Responses in Plants, Metabolism, Productivity and Sustainability. Springer Science+Business Media, LLC.

Patade, V.Y., Maya, K., Zakwan, A., 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. Research Journal of Seed Science. 4(3),125-136.

Pinhero, R.G., Rao, M.V., Paliyath, G., Murr, D.P., Fletcher, R.A., 1997. Changes in activities of antioxidant enzymes and their relationship to genetic and paclobutrazol-induced chilling tolerance of maize seedlings. Plant Physiology. 114, 695-704.

Posmyk, M.M., Bailly, C., Szafrańska, K., Janas, K.M., Corbineau, F., 2005. Antioxidant enzymes and isoflavonoids in chilled soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seedlings. Journal of Plant Physiology. 162, 403- 412.

Pushpalatha, H. G. Sudisha, J., Geetha, N. P., Amruthesh, K.N., Shekar Shetty, H., 2011. Thiamine seed treatment enhances LOX expression, promotes growth and induces downy mildew disease resistance in Pearl Millet. Biologia Plantarum. 55(3), 522-527.

Verma, S., Dubey, R. S., 2003. Lead toxicity induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants. Plant Science. 164, 645-655.

Vyas, D., Kumar, S., 2005. Purification and partial characterization of a low temperature responsive Mn-SOD from tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). Biochemical and Biophysical and Research. Communication 329, 831-838.

Wang, C.Y., Buta, J.G., 1994. Methyl jasmonate reduces chilling injury in Cucurbita pepo through its regulation of abscisic acid and polyamine levels. Environmental and Experimental Botany. 34, 427-432.

Xu, P.L., Guo, Y.K., Bai, J.G., Shang, L., Wang, X.J., 2008. Effects of long-term chilling on ultrastructure and antioxidant activity in leaves of two cucumber cultivars under low light. Physioligia Plantarum. 132, 467-478.

Ya-jing, G., Jin, H., Xian-ju, W., Chen-xia, S., 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. Journal of Zhejiang University Science B. 10(6), 427-433.

Zhanga, X., Shenga, J., Li, F., Menga, D., Shena, L., 2012. Methyl jasmonate alters arginine catabolism and improves postharvest chilling tolerance in cherry tomato fruit. Postharvest Biology and Technology. 64, 160-167.

www.SID.ir