[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-06-02]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.21.4.2]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.21.47]

اثر متیل جاسمونات در افزایش تحمل به سرمازدگی گیاهچه‌های خیار (*Cucumis sativus* L.)

فروغ صیدپور[۱] و محمد سیاری[۲*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۹)

چکیده

گیاه خیار محصول فصل گرم بوده و در دماهای پایین دچار سرمازدگی می‌شود. در سال‌های اخیر از جاسمونات‌ها جهت کاهش سرمازدگی در گیاهان بهره گرفته شده است. لذا در مطالعه حاضر، اثر متیل جاسمونات در ۴ غلظت ۰، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵ میلی‌مولار با دو روش کاربرد خیساندن بذری و محلول‌پاشی برگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمارهای متیل جاسمونات سبب کاهش درصد سرمازدگی، نشت یونی، محتوای مالون دی‌آلدهید و مقدار رادیکال آزاد پراکسید هیدروژن شده و شاخص‌های رشدی، میزان پرولین، میزان کلروفیل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند. هم‌چنین کاربرد بذری میتیل جاسمونات در مقایسه با کاربرد برگی مؤثرتر بوده است. بالاترین مقدار تحمل به سرمازدگی در غلظت ۰/۱۵ میلی‌مولار متیل جاسمونات و در هر دو روش کاربرد مشاهده شد که دارای کمترین میزان شاخص سرمازدگی (۱/۶۷)، محتوای مالون دی‌آلدهید (۰/۱۱ نانومول بر گرم وزن تر)، رادیکال آزاد پراکسید هیدروژن (۰/۲۲ نانومول بر گرم وزن تر) و نشت یونی (۳۲/۸۷ درصد) بودند. براساس نتایج حاصل از این آزمایش می‌توان بیان کرد که تیمار متیل جاسمونات می‌تواند به‌طور مؤثری سبب افزایش مقاومت به تنش سرمای گیاهچه‌های خیار در مراحل اولیه رشد شود.

واژه‌های کلیدی: پراکسید هیدروژن، شاخص سرمازدگی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای مالون دی‌آلدهید، نشت یونی

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۲. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.sayyari@basu.ac.ir

مقدمه

تنش سرما آسیب فراوانی بر رشدونمو گیاهان داشته و سبب محدودیت بهره‌وری (کاهش محصول) و پراکنش جغرافیایی می‌شود که دارای اهمیت خاصی است. بسیاری از گیاهان با منشاء گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، در نتیجه قرار گرفتن در معرض دماهای پایین (غیر یخ‌زدگی) دچار آسیب‌های فیزیولوژیک می‌شوند که سرمازدگی نامیده می‌شود (۷، ۱۲ و ۲۶). اثر اصلی تنش سرما بر غشاء سلولی وارد شده و آب از دست‌دهی سلول را افزایش می‌دهد. به‌طورکلی اثر سرما به دو صورت ظاهر می‌شود: اثر مستقیم که شامل نکروزه شدن، کاهش رشد و فقدان جوانه‌زنی می‌باشد که در این حالت اثر و پاسخ گیاه سریع است (۱۷، ۱۸ و ۱۹) و اثر غیر مستقیم که بیشتر روی فرآیندهای فیزیولوژیک مانند تنفس، فتوسنتز و سنتز پروتئین‌ها مؤثر است و در این حالت واکنش کند است (۳۲).

جاسمونات‌ها به‌عنوان هورمون تنش عمل کرده و نقش مهمی در انتقال سیگنال‌های درون سلولی دارند (۹ و ۳۲). متیل جاسمونات باعث فعال کردن مکانیسم‌های دفاعی گیاه در واکنش به زخم‌های ناشی از حشرات، عوامل بیماری‌زا و تنش‌های محیطی مختلفی از قبیل خشکی، سرما و شوری می‌شوند (۲۴، ۲۸ و ۳۳). کاربرد خارجی متیل جاسمونات صدمات ایجاد شده ناشی از تنش سرما در طول دوره پس از برداشت در میوه‌های تازه برداشت شده و سبزی‌ها را کاهش می‌دهد (۸، ۱۴، ۲۳ و ۳۴).

تیمار میوه‌های گوجه‌فرنگی با متیل سالیسیلات و متیل جاسمونات در مرحله سبز رسیده باعث مقاومت به سرما شده است (۱۱). تیمار با غلظت‌های کم متیل جاسمونات از خسارت سرما در تعدادی از میوه‌ها از جمله گریپ‌فروت محافظت می‌کند. کاربرد متیل جاسمونات فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی میوه‌های لوکوات تحت تنش سرما را افزایش می‌دهد و این افزایش در میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی با بهبود تنش سرما در میوه‌های تحت تنش در ارتباط است (۵). این تنظیم کننده رشد در بسیاری از موارد مشابه با اسید آبسیزیک عمل نموده و باعث کاهش خسارت سرمازدگی در گیاهان می‌شود (۳۱ و ۳۳). در آرابیدوپسیس، تیمار برگی با متیل جاسمونات ضمن تنظیم واکنش گیاهان به تنش سرما، به‌طور معنی‌داری باعث افزایش مقاومت به سرما شده است (۱۶). در پژوهشی تحمل به سرما در دانهال‌های برنج بعد از تیمار با متیل جاسمونات افزایش یافت که ممکن است به‌دلیل تجمع پوترسین در نتیجه کاربرد متیل جاسمونات باشد (۲۰). متیل جاسمونات با محافظت از ساختار میتوکندری و کلروپلاست صدمه سرمایی را کاهش داده و افزایش مقاومت به تنش سرمایی ایجاد می‌کند (۱۴ و ۲۵). متیل جاسمونات باعث افزایش مقاومت به سرمای دانهال‌های فلفل تحت تنش سرما شده و گیاهان تیمار شده نسبت به گیاهان شاهد مقاومت به سرمای بیشتری داشتند (۱۳ و ۱۷).

با توجه به اینکه خیار در مقابل سرما حساس بوده و کشت آن بایستی در مناطقی با آب و هوای نسبتاً گرم صورت گیرد و چنانچه کشت آن در اوایل فصل رشد در هوای آزاد صورت بگیرد، به‌دلیل نوسانات دمایی و نزول دما به زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد گیاهچه‌ها دچار خسارت سرمازدگی می‌شوند و با لحاظ این موضوع که یکی از محصولات اصلی مورد کاشت در استان ایلام گیاه خیار می‌باشد و نیز زمان کاشت در منطقه به گونه‌ای است که در اوایل فصل دارای نوسان دمایی می‌باشد این پژوهش به‌منظور بررسی اثر کاربرد متیل جاسمونات بر مقاومت به سرمای گیاهچه‌های خیار انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۱ بر روی رقم مزرعه‌ای "سوپر دامینوس" و به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت. فاکتور اول شامل متیل جاسمونات در چهار غلظت ۰، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۱۵ میلی‌مولار و فاکتور دوم روش استفاده از هورمون بود که در برگیرنده خیساندن بذر در محلول و هورمون‌پاشی روی بوته‌ها تا حد آب چکه بود. پس از اعمال تیمارها گیاهچه‌ها تحت تنش سرمایی (دمای ۳ درجه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-06-02]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.21.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.21.47]

سانتی‌گراد روزی ۶ ساعت) به‌مدت ۶ روز نگهداری شدند. پس از آن گیاهچه‌ها دو روز دیگر در شرایط گلخانه نگهداری شدند و شاخص‌هایی نظیر علائم سرمازدگی، میزان کلروفیل، محتوای پرولین، میزان مالون دی‌آلدهید، پراکسید هیدروژن و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری گردیدند.

به‌منظور تعیین میزان علائم ظاهری سرمازدگی در گیاهان، تمامی گیاهچه‌های خیار با توجه به‌میزان خسارت‌های قابل رؤیت (پژمردگی، نکروزه شدن و سوختگی حاشیه برگ‌ها) بر مبنای اعداد ۱ تا ۵ طبقه‌بندی شدند. اعداد به‌عنوان درجه‌های سرمازدگی انتخاب شده‌اند که عدد ۵ بیانگر بیشترین آسیب و عدد ۱ بیانگر کمترین آسیب بودند. براساس میزان خسارتی که به گیاهچه‌ها وارد شده بود درجات مختلف به گیاهان اختصاص یافته و میانگین آسیب‌ها برای هر تیمار محاسبه گردید (۱۱). برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان از سطح خاک گلدان بریده شده، ریشه‌ها نیز با شستشو از خاک گلدان جدا و سپس درآون با دمای۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک و توزین شدند.

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل از روش لیشتانتلر (۱۹۸۷) استفاده شد (۲۱). ابتدا ۰/۱ گرم بافت برگی تازه را با استفاده از ۵ میلی‌لیتر از استون ۸۰ درصد در هاون چینی کاملاً ساییده تا توده یکنواختی به‌دست آید. پس از سانتریفیوژ محلول در ۴۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای آزمایشگاه، ۳ میلی‌لیتر از رو شناور برداشته و میزان جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر قرائت گردیده و میزان کلروفیل با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

$$\text{Chlorophyll a (mg/g F.W)} = 12.7\ (A_{663}) - 2.69(A_{645})$$

$$\text{Chlorophyll b (mg/g F.W)} = 22.9(A_{645}) - 4.68(A_{663})$$

$$\text{Chlorophyll a+b (mg/gF.W)} = 20.2(A_{645}) + 8.02(A_{663})$$

نشت یونی با استفاده از روش لوتس و همکاران اندازه‌گیری شد (۲۲). از قسمت میانی برگ‌های جوان و کاملاً توسعه‌یافته، ۶ تکه با چوب پنبه سوراخ‌کن برداشته شد. نمونه‌های برگی در داخل لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار گرفتند. پس از ۲۴ ساعت قرار گرفتن در روی شیکر با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه، هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) محلول توسط دستگاه سنجش هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شد. سپس محلول حاوی نمونه‌ها به‌مدت ۲۰ دقیقه در داخل حمام آب جوش قرار داده شدند و پس از قرارگیری در دمای محیط به‌مدت ۲۴ ساعت، هدایت الکتریکی ثانویه (EC_2) محلول اندازه‌گیری گردید. درصد نشت یونی با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$EL\% = \frac{EC_1}{EC_2} \times 100 \qquad (۱)$$

برای اندازه‌گیری پرولین از روش بیتس و همکاران استفاده شد (۳). بدین‌ترتیب که ۰/۵ گرم از بافت تازه برگی را با ۱۰ میلی‌لیتر از سولفو سالیسیلیک اسید ۳ درصد در داخل هاون به‌خوبی له کرده تا مخلوط یکنواختی به‌دست آید. پس از سانتریفیوژ محلول در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه، ۲ میلی‌لیتر از رو شناور به‌همراه ۲ میلی‌لیتر ناین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلایسیال مخلوط و به‌مدت یک ساعت در حمام آب جوش قرار گرفته و پس از خارج نمودن از حمام آب جوش بلافاصله جهت توقف واکنش، نمونه‌ها در یخ گذاشته شدند. سپس جذب محلول در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد.

اندازه‌گیری محتوی مالون دی‌آلدئید که بیانگر میزان پراکسیده شدن لیپیدهای غشاء سلولی است با استفاده از روش زانگ و همکاران و با ایجاد اندکی تغییرات انجام شد (۳۵). ابتدا ۰/۲۵گرم از بافت تازه برگی در ۵ میلی‌لیتر از تری‌کلرواستیک اسید ۰/۱٪ هموژنایز شد. پس از سانتریفیوژ، ۱ میلی‌لیتر از رو شناور به‌همراه ۴ میلی‌لیتر از تری کلرو استیک اسید ۲۰ درصد که حاوی ۰/۵ گرم تیوباربیتوریک اسید است مخلوط کرده، ۳۰ دقیقه در بن‌ماری در دمای ۹۵ درجه قرار داده و پس از آن در یخ گذاشته شده و در نهایت جذب در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر خوانده شد.

محتوی پراکسید هیدروژن براساس روش اردال که به تفصیل توسط دینگ و همکاران (۲۰۰۱) تشریح شده است اندازه‌گیری شد (۱۱). بر این اساس ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ با ۵ میلی لیتر از تری کلرو استیک اسید ۰/۱ درصد مخلوط و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-06-02]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.21.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.21.47]

کاملاً هم زده شد. در این زمان باید هاون در داخل یخ قرار داشته باشد. مخلوط حاصل هموژن شد و در مرحله بعد ۰/۵ میلی‌لیتر از رو شناور به نیم میلی‌لیتر از بافر پتاسیم فسفات (pH = ۷) و یک میلی‌لیتر یدور پتاسیم ۱ مولار اضافه شد. جذب محلول حاصل در ۳۹۰ نانومتر قرائت گردید.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل با غیر فعال کردن رادیکال‌های آزاد شده توسط ماده ۲،۲- دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) و بی‌رنگ کردن آن صورت پذیرفت و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (۱۷):

$$\%AA = \left[1 - \frac{A517(Sample)}{A517(Control)}\right] \times 100 \qquad (۲)$$

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C و رسم نمودارها هم توسط نرم‌افزار اکسل انجام شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

علائم ظاهری سرمازدگی که روی برگ‌ها ظاهر شد در اثر کاربرد متیل جاسمونات کاهش یافت. این نتیجه می‌تواند بیان‌کننده بهبود مقاومت به سرمازدگی در اثر کاربرد متیل جاسمونات باشد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که بیشترین علائم ظاهری سرمازدگی مربوط به شاهد و کمترین علائم ظاهری سرمازدگی مربوط به تیمار ۰/۱۵ میلی‌مولار متیل جاسمونات بود که با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۱). سایر تیمارها نیز به‌طور معنی‌داری علائم ظاهری سرمازدگی را کاهش داده‌اند. کاربرد متیل جاسمونات علایم تنش سرمازدگی را در گیاه گوجه‌فرنگی و هم‌چنین میوه‌های گوجه‌فرنگی کاهش داد (۱۰ و ۲۷). در تعدادی از گزارش‌ها نیز کاربرد متیل جاسمونات باعث تخفیف یا از بین رفتن علائم ناشی از تنش سرما در برخی از میوه‌ها از جمله آلبالو، آواکادو، گواوا و انبه شده است (۲۴ و ۳۴).

محتوای کلروفیل: بررسی تأثیر سطوح مختلف متیل جاسمونات بر محتوای کلروفیل گیاهچه‌های خیار نشان داد بیشترین میزان کلروفیل در غلظت ۰/۱۵ میلی‌مولار و کمترین میزان آن در غلظت صفر میلی‌مولار متیل جاسمونات به‌دست آمد. ضمن اینکه روش کاربرد بذری مؤثرتر از کاربرد برگی ظاهر شد (شکل ۲- الف و ب).

یکی از فرآیندهای حساس به کاهش دما در گیاهان، سنتز کلروفیل است. اختلال در تولید کلروفیل و از بین رفتن ساختار کلروپلاست‌ها ممکن است سبب کاهش فتوسنتز در گیاهان شود. با نزول بیشتر دما کل فرآیند کلروفیل‌سازی متوقف شده و رنگ برگ‌ها به زردی می‌گراید که نشان‌دهنده کمبود کلروفیل است (۱۱). در واقع تنش سرما و هر نوع تنش غیر زنده محیطی منجر به افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در کلروپلاست‌ها و سیتوپلاسم شده و در نتیجه غشاء کلروپلاستی و سیتوپلاسمی دچار آسیب می‌شود، اما نتایج این آزمایش نشان داد کاربرد خارجی متیل جاسمونات بر روی گیاهچه‌های خیار باعث افزایش میزان کلروفیل شده است. لذا به‌نظر می‌رسد متیل جاسمونات از ساختار کلروپلاست در برابر دماهای پایین محافظت کرده و محتوای کلروفیلی گیاه را حفظ می‌کند. با بررسی تأثیر متیل جاسمونات بر روی مقاومت به سرمای گیاهچه‌های فلفل مشخص شد با افزایش غلظت متیل جاسمونات میزان کلروفیل نسبی افزایش پیدا کرد (۲۵).

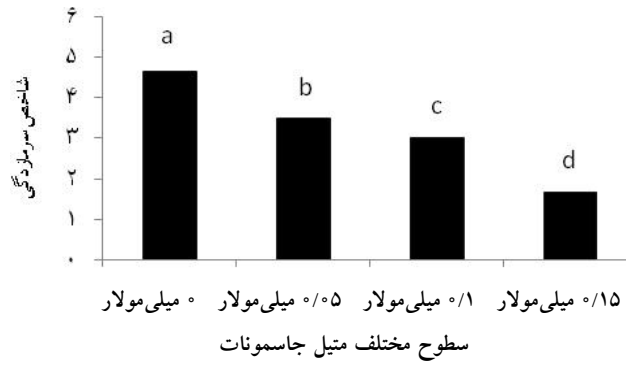
وزن خشک ریشه و اندام هوایی: برخی از اختلالات شناخته شده در نتیجه دمای پایین در گیاهان شامل کاهش کلروفیل، کاهش انتقال الکترون در فتوسنتز، کاهش فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای و کاهش جذب عناصر غذایی می‌باشد که همه این عوامل نقش مؤثری در کاهش رشد گیاهان در شرایط تنش سرمازدگی دارند (۱ و ۴). در این مطالعه برخی اثرات مثبت تیمار متیل جاسمونات در افزایش رشد دانهال‌ها، وزن خشک ریشه و اندام هوایی در شرایط تنش سرمازدگی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-06-02]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.21.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.21.47]

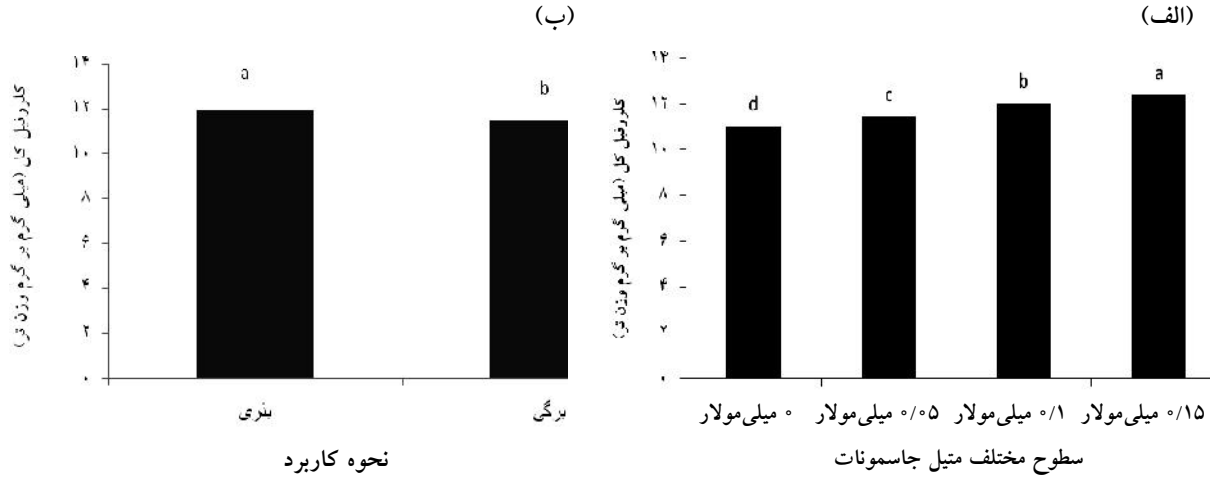
جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد متیل جاسمونات بر روی برخی صفات گیاهچه‌های خیار رقم سوپر دامینوس تحت تنش سرما

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سرمازدگی	وزن خشک شاخساره	وزن خشک ریشه	کلروفیل کل
بلوک	۲	۰/۵۴۱^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۲^{ns}	۰/۲۱^{ns}
روش کاربرد	۱	۰/۱۶^{ns}	۰/۰۱**	۰/۰۰۰۱^{ns}	۱/۳**
غلظت	۳	۱۰/۰۵**	۰/۰۳**	۰/۰۱**	۲/۱۱**
روش کاربرد × غلظت	۳	۰/۲۷^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۷^{ns}	۰/۱۳۱^{ns}
خطای آزمایشی	۱۴	۰/۳۹	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۷
ضریب تغییرات (٪)		۲۰/۴۸	۸/۷۴	۱۶/۶۲	۲/۳

ns: بدون اثر معنی‌دار، *، **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

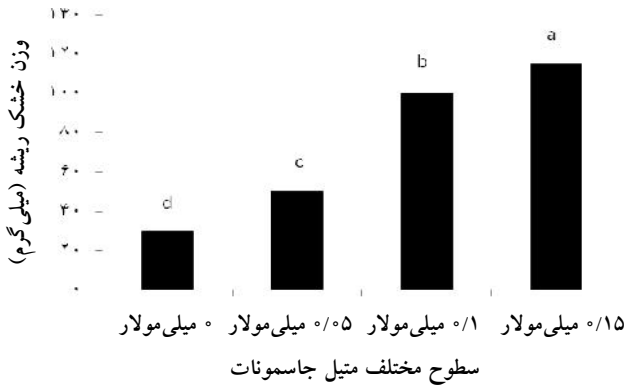


شکل ۱. اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر درصد سرمازدگی گیاهچه‌های خیار تحت تنش سرمایی.
ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

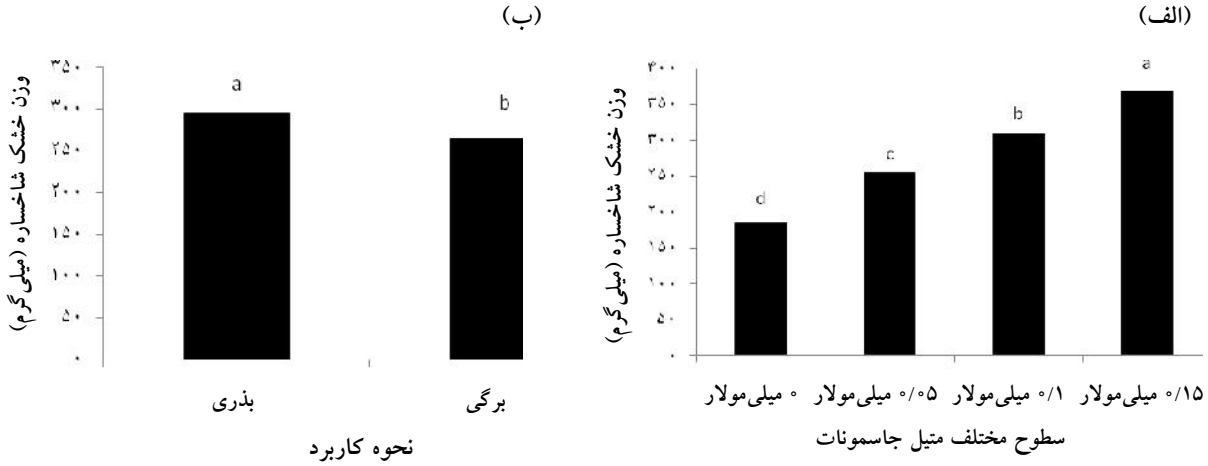


شکل ۲. اثر غلظت‌های مختلف (الف) و روش کاربرد (ب) متیل جاسمونات بر میزان کلروفیل گیاهچه‌های خیار تحت تنش سرمایی.
ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-06-02]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.21.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.21.47]



شکل ۳. اثر غلظت‌های مختلف متیل جاسمونات بر وزن خشک ریشه گیاهچه‌های خیار تحت تنش سرمایی. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.



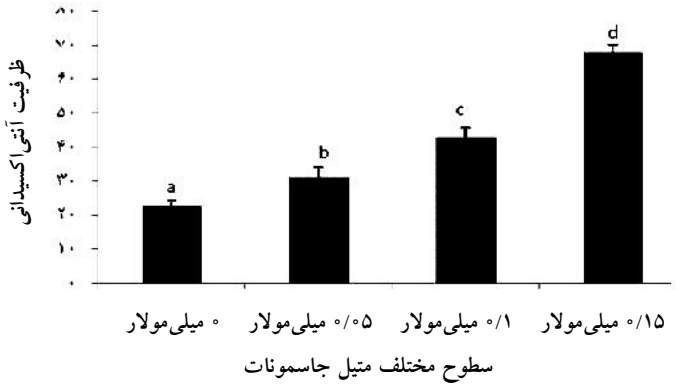
شکل ۴. اثر غلظت‌های مختلف (الف) و روش کاربرد (ب) متیل جاسمونات بر وزن خشک شاخساره گیاهچه‌های خیار تحت تنش سرمایی. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

مشاهده شد (شکل‌های ۳ و ۴- الف و ب). کاهش رشد ریشه در اثر کاهش دما باعث کم شدن ظرفیت جذب آب و مواد معدنی توسط ریشه و به‌دنبال آن ظهور اثرات ثانویه ناشی از کمبود مواد غذایی و اختلال در رشد گیاه می‌شود. در دمای پایین در انتقال مواد در گیاهان، شکل و مقدار مواد انتقال یافته تغییراتی رخ داده و باعث کاهش رشد ریشه می‌شود (۲). از طرفی در شرایط تنش روزنه قادر به بسته شدن نبوده که آب از دست‌دهی و پژمردگی گیاه را به‌دنبال خواهد داشت که کاهش رشد ریشه هم مزید بر علت خواهد شد، لذا به‌دنبال کاهش رشد ریشه میزان رشد کل اندام گیاهی کاهش می‌یابد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و میزان پراکسید هیدروژن: نتایج نشان داد با افزایش غلظت متیل جاسمونات ظرفیت سیستم آنتی‌اکسیدانی افزایش و میزان پراکسید هیدروژن کاهش یافت، بر این اساس بیشترین مقادیر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بالاترین سطح متیل جاسمونات به‌دست آمد (شکل ۵).

با تغییر خصوصیات غشاء در حین تنش سرمایی تعادل

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-06-02]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.21.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.21.47]



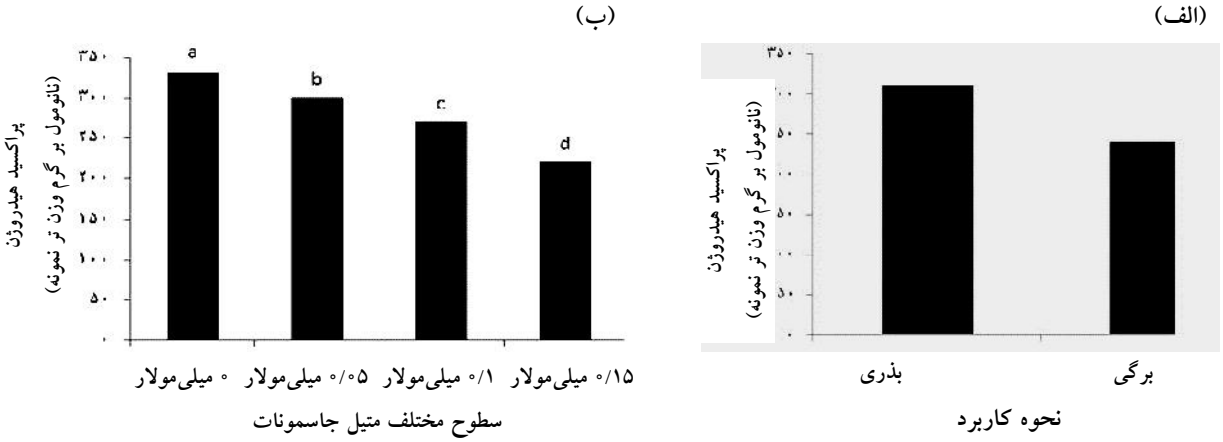
شکل ۵. غلظت های مختلف متیل جاسمونات بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاهچه‌های خیار تحت تنش سرمایی. ستون‌های کـه دارای حروف مشتـرک هستند، براساس آزمـون دانکن در سطـح احتمال ۵ درصد با یکـدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

متابولیسمی به‌هم خورده و با افـزایش متابولیـت‌هـای سـمی و افزایش رادیکال‌های فعال اکسیژن آسیب‌های ثانوی در گیاهـان ایجاد می‌شود. علت اصلی تشکیل رادیکال‌هـای آزاد در دمـای پایین عدم تعادل بین دریافت نور و فتوسنتز می‌باشد (۱۹). انواع رادیکال‌های فعال اکسیژن محل‌های اثر مختلفی ماننـد لیپیـدها، رنگدانه‌ها، پروتئین‌هـا و اسـیدهای نوکلئوئیـک در سـلول‌هـای گیاهی دارند که با تخریب آنهـا آسـیب جـدی بـه سـلول و در نهایت به گیـاه وارد مـی‌شـود (۷). در تـنش سـرمایی ظرفیـت جاروکنندگی رادیکال‌های آزاد توسط آنتی‌اکسیدان‌ها به مراتـب کمتر از غلظت گونه‌هـای واکنشـگر اکسـیژن بـوده و در واقـع ظرفیت سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه به‌هم خورده و میزان پراکسید هیدروژن و سوپر اکسید افزایش پیدا می‌کند (۱۱). رادیکال‌های آزاد از جمله پراکسید هیدروژن در گیاهان دارای نقـش دوگانـه هستند. در غلظت کم به‌عنوان مولکول انتقال دهنده سـیگنال در سیستم دفاعی در برابر تنش شناخته شـده‌انـد (۳۶) و حتـی بـا افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسـیدانی سـبب بهبـود ظرفیـت سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌شود که در غلظت‌های بـالا بـرای گیاه مضر بوده تا جایی‌که سیستم آنتی‌اکسیدانی اقدام بـه زدودن رادیکال‌های اضافه می‌کند (۱۶). در آزمـایش انجـام شـده نیـز کمتـرین میـزان پراکسـید هیـدروژن مربـوط بـه غلظـت ۰/۱۵ میلـی‌مـولار متیـل جاسـمونات و روش کـاربرد برگـی بـود (شکل ۶- الف و ب). جاسمونات‌ها در مسیر انتقال سیگنال در گیاهان و فعال کردن سیستم دفاعی گیاهان در برابر بسـیاری از فاکتورهای زیستی و غیر زیستی نقش مهمی بر عهـده دارنـد و شاید از این طریق در مقاوم‌سازی گیاهـان بـه تـنش‌هـای غیـر زیستی مهم به‌شمار می‌آیند (۸). بر این اساس به‌نظـر مـی‌رسـد متیل جاسمونات با فعال کردن سیستم آنتی‌اکسـیدانی بـه‌عنـوان یک مکانیسم دفاعی در مقابل تنش سرمایی مؤثر باشد.

نشت یونی و محتوای مالون دی‌آلدئید: تیمار متیل جاسمونات بر کاهش میزان نشت یونی و محتوای مالون دی‌آلدئید مؤثر بود (جدول ۲). نشت الکترولیت‌ها به‌عنوان یک شاخص نشان‌دهنده وسعت آسیب غشـاء سـلولی مطـرح اسـت و انـدازه‌گیـری آن می‌تواند آسیب به ساختار و کارکرد غشاءهای سلولی در شرایط تنش را نشان دهد. در این آزمایش مشاهده شد که غلظت‌هـای مختلف متیل جاسمونات سبب کاهش ایـن صـفت نسـبت بـه شاهد شده است (شکل ۷).

در اثر تنش سـرما میـزان رادیکـال‌هـای واکنشـگر اکسـیژن افزایش می‌یابد که این رادیکال‌های آزاد در غلظت‌هـای بـالای سلولی سمی بوده و باعث پراکسیده شدن لیپیدهای غیـر اشـباع غشای سلولی می‌شوند که نتیجـه آن ظهـور صـدمات ناشـی از تنش سرما در گیاهان می‌باشد. آلدئیدها که از جمله محصولات

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-06-02]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.21.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.21.47]



شکل ۶. اثر روش کاربرد (الف) و غلظت‌های مختلف (ب) متیل جاسمونات بر میزان پراکسید هیدروژن گیاهچه‌های خیار تحت تنش سرمایی. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس برخی صفات مورد بررسی در گیاهچه‌های خیار رقم سوپر دامینوس تحت تنش سرما در اثر کاربرد متیل جاسمونات با دو روش کاربرد برگی و بذری

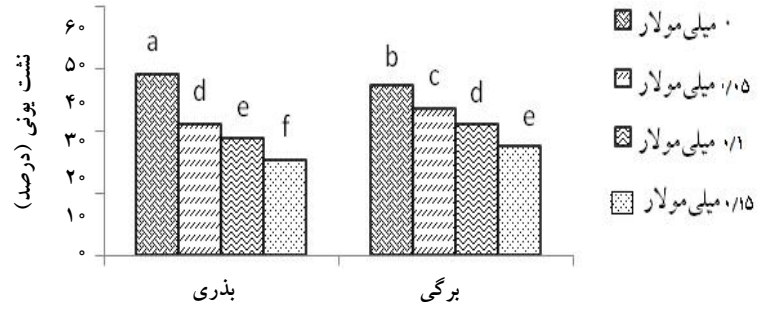
منابع تغییرات	درجه آزادی	پرولین	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	پراکسید هیدروژن	نشت یونی	مالون دی‌آلدئید
بلوک	۲	۱/۱۴ ns	۱۲/۷۳ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۱۳/۱۷ ns	۰/۰۰۸ ns
روش کاربرد	۱	۱۱۷/۹۴**	۰/۰۹۷ns	۰/۰۱۵**	۴۰/۶**	۰/۰۳**
غلظت متیل جاسمونات	۳	۱۱۱/۲۹*	۱۹۱۵/۸۴**	۰/۰۱۴**	۵۹۸/۶۲**	۰/۴۵**
روش کاربرد × غلظت	۳	۱۱/۳۱ *	۳۸/۴۱ns	۰/۰۰۰۱ns	۲۴/۸**	۰/۰۲۷**
خطای آزمایش	۱۴	۳/۰۷	۱۲/۴۷	۰/۰۰۰۱	۳/۲۴	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۷۹	۵/۸۶	۴/۴۶	۴/۱۴	۱۳/۸

ns: بدون اثر معنی‌دار، *،**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

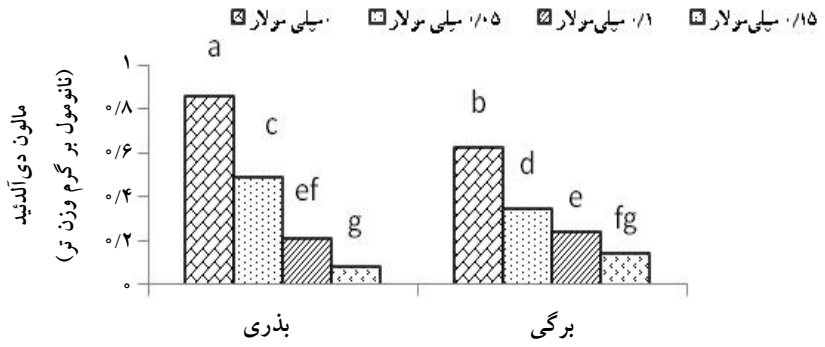
عمده پراکسیداسیون لیپیدها هستند به‌عنوان شاخص این واکنش‌ها اندازه‌گیری می‌شوند. از مهم‌ترین این آلدئیدها مالون دی‌آلدئید می‌باشد (۳۰). کمترین میزان تجمع مالون دی‌آلدئید در غلظت ۰/۱۵ میلی‌مولار متیل جاسمونات مشاهده شد (شکل ۸) که نشان‌دهنده کاهش آسیب ایجاد شده به گیاه خیار در شرایط تنش سرمایی به‌واسطه تیمار متیل جاسمونات می‌باشد. بنابراین به‌نظر می‌رسد تیمار متیل جاسمونات در این آزمایش توانسته است با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه در مقایسه با گیاهان شاهد به‌نحو مؤثرتری رادیکال‌های آزاد و مولکول‌های پراکسید هیدروژن را خنثی کرده و پایداری غشاء پلاسمایی را به‌وجود آورد.

پرولین: نتایج نشان داد همه تیمارهای هورمونی متیل جاسمونات میزان پرولین را به‌صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. بیشترین میزان پرولین در غلظت ۰/۱۵ میلی‌مولار متیل جاسمونات به‌دست آمد و به‌طور مؤثری میزان صدمه تنش کاهش یافت. روش محلول‌پاشی برگی نسبت به روش خیساندن بذور اثر بیشتری بر میزان پرولین داشت (شکل ۹). پرولین به‌عنوان یک اسید آمینه خاص در شرایط تنش نقش تنظیم کنندگی پتانسیل اسمزی را داشته و سبب پایداری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-06-02]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.21.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.21.47]



شکل ۷. اثر متقابل روش کاربرد و غلظت متیل جاسمونات بر نشت یونی گیاهچه‌های خیار تحت تنش سرمایی. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

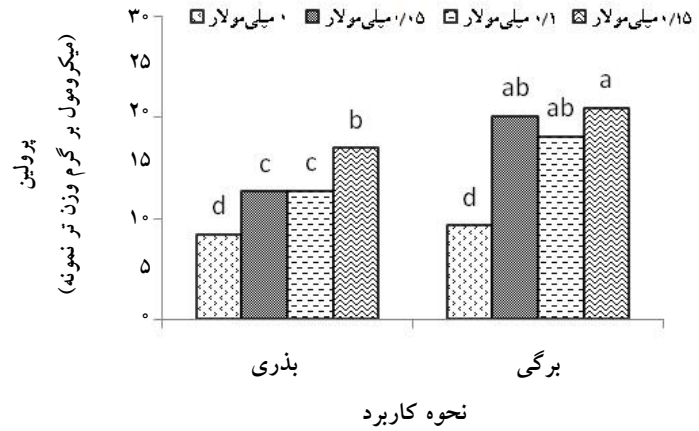


شکل ۸. اثر متقابل روش کاربرد و غلظت متیل جاسمونات بر محتوای مالون دی‌آلدئید گیاهچه‌های خیار تحت تنش سرمایی. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

ساختارهای سلولی (از جمله غشاءها سلولی و پروتئین‌ها)، از بین بردن رادیکال‌های آزاد و خنثی کردن پتانسیل اکسیداسیون احیاء سلولی تحت شرایط تنش می‌شود (۱۵). گیاهان سازگار به سرما محتوای پرولین بالاتری نسبت به گیاهان غیر سازگار داشته‌اند و این گیاهان وقتی در معرض سرمازدگی قرار گرفتند سریع‌تر بهبود یافته‌اند. کوک و همکاران نشان دادند محتوای پرولین درساقه و برگ گیاهان فلفل نیز به‌وسیله تنش سرما افزایش یافته است و همبستگی مثبتی بین تحمل به یخزدگی وافزایش غلظت پرولین در ساقه و برگ فلفل پس از قرار گرفتن در دمای پایین مشاهده شده است (۱۷).

پرولین به‌عنوان ماده محافظت کننده غیر سمی جهت تنظیم اسمزی در برابر تنش‌های محیطی مطرح است (۶). با توجه به اینکه میزان پرولین با کاربرد متیل جاسمونات افزایش یافته و از سوی دیگر تجمع پرولین در گیاهان باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و از بین بردن رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل می‌شود (۲۹). لذا تجمع اسید آمینه پرولین در اثر کاربرد متیل جاسمونات بر روی گیاهچه‌های خیار می‌تواند به‌عنوان سازوکاری مؤثر جهت کاهش غلظت رادیکال‌های آزاد اکسیژن تحت شرایط تنش سرمایی مطرح باشد. کاربرد متیل جاسمونات تنش سرمایی را در دانهال‌های گیاهان مختلف بهبود می‌دهد. به‌عنوان مثال تحمل سرما در دانهال‌های برنج بعد از تیمار با متیل جاسمونات افزایش یافت (۲۰). جاسمونات‌ها ممکن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-06-02]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.21.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.21.47]



شکل ۹. اثر متقابل کاربرد و غلظت متیل جاسمونات بر محتوای پرولین گیاهچه‌های خیار تحت تنش سرمایی. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

است با تأثیری که بر تنظیم میزان پلی‌آمین‌ها می‌گذارند از صدمات ناشی از تنش سرمایی جلوگیری کنند که اثر محافظت‌کنندگی آنها بیشتر از طریق حفظ ساختار غشای سلولی و جلوگیری از اثر رادیکال‌های آزاد اعمال می‌گردد (۳۱ و ۳۳).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده در این آزمایش می‌توان بیان کرد که با کاربرد متیل جاسمونات، به‌ویژه با روش بذری، از بروز اثر سوء سرما بر پارامترهای رشدی کاسته شده و مقاومت به سرمازدگی افزایش یافته است. آثار مثبت کاربرد متیل جاسمونات همراه با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش نشت یونی، محتوای مالون دی‌آلدهید و پراکسید هیدروژن بود. با توجه به نتایج حاصل از انجام آزمایش می‌توان بیان کرد که متیل جاسمونات با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و تحریک تولید برخی آنزیم‌ها در گیاهچه‌ها باعث می‌شود صدمه تنش در گیاه کاهش یابد. هر سه غلظت به‌کار رفته در این تحقیق مؤثر بود، ولیکن با افزایش غلظت، اثر بخشی آن نیز افزایش یافت به‌طوری‌که بالاترین اثر در غلظت ۰/۱۵ میلی‌مولار با روش کاربرد بذری مشاهده شد.

منابع مورد استفاده

1. Akbari, S., M. Sayyary and F. Ghanbari. 2015. Increasing chilling resistance of cucumber seedlings by some plant growth regulators. *Journal of Crop Production and Processing* 5: 25-36. (In Farsi).
2. Ashraf, M. and M. A. Foolad. 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline. *Environmental and Experimental Botany* 59: 206-216.
3. Bates, L. S., R. P. Waldren and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 29:205-207.
4. Berova, M., Z. Zlatev and N. Stoeva. 2002. Effect of paclobutrazol on wheat seedlings under low temperature stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 28: 75-84.
5. Cao, S., Y. Zheng, K. Wang, P. Jin and H. Rui. 2009. Methyl jasmonate reduces chilling injury and enhances antioxidant enzyme activity in postharvest loquat fruit. *Food Chemistry* 115:1458-1463.
6. Cayley, S., B. A. Lewis and M. T. Record. 1992. Origins of the osmoprotective properties of betaine and proline in *Escherichia coli* K-12. *Journal of Bacteriology* 174: 1586-1595.
7. Chinnsamy, V., J. Zhu and J. K. Zhu. 2007. Cold stress regulation of gene expression in plants. *Trends in Plant*

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-06-02]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.21.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.21.47]

Science 12: 444-451.
8. Claus Wasternack, C. and B. Hause. 2002. Jasmonates and octadecanoids: Signals in plant stress responses and development. *Progress in Nucleic Acid Research and Molecular Biology* 72: 165-221.
9. Creelman, R. and G. E. Mullet. 1997. Biosynthesis and action of Jasmonate in plant. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 48: 355-381.
10. Ding, C. K. and C. Wang. 2003. The dual effects of methyl salicylate on ripening and expression of ethylene biosynthetic genes in tomato fruit. *Plant Science* 164: 589-596.
11. Ding, C. K., K. Chachin, Y. Uda and Y. Imahori. 2001. Reduction of chilling injury and transcript accumulation of heat shock protein genes in tomatoes by methyl jasmonate and methyl salicylate. *Plant Science* 161: 1153-1159.
12. Erdal, S. 2012. Androsterone-induced molecular and physiological changes in maize seedlings in response to chilling stress. *Plant Physiology and Biology* 57: 1-7.
13. Fung, R. W., C. Y. Wang, D. L. Smith, K. C. Gross and M. Tian. 2004. MeSA and MeJA increase steady-state transcript levels of alternative oxidize and resistance against chilling injury in sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). *Plant Science* 166: 711-719.
14. Gonzalez-Aguilar, G., M. Tiznado-Hernandez and C. Y. Wang. 2006. Physiological and biochemical responses of horticultural products to methyl jasmonate. *Stewart Postharvest Review* 2: 1-9.
15. Hayat, S., S. A. Hasan, Q. Fariduddin and A. Ahmad. 2008. Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in response to salicylic acid under water stress. *Journal of Plant Interactions* 3: 297-304.
16. Hu, Y., L. Jiang, F. Wang and D. Yu. 2013. Jasmonate regulates the inducer of CBF expression-C-repeat binding factor/DRE binding factor1 cascade and freezing tolerance in Arabidopsis. *Plant Cell* 25: 2907-2924.
17. Koc, E., C. Islek and A. S. Ustun. 2010. Effect of Cold on Protein, Proline, Phenolic Compounds and chlorophyll Content of Two Pepper (*Capsicum annuum* L.) Varieties. *Gazi University Journal of Science* 23: 1-6.
18. Korkmaz, A., Y. Korkmaz and A. R. Demirkiran. 2010. Enhancing chilling stress tolerance of pepper seedling by exogenous application of 5-aminolevolinic acid. *Environmental and Experimental Botany* 67: 495-501.
19. Lee, D. and C. B. Lee. 2000. Chilling stress-induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber in gel enzyme activity assays. *Plant Science* 159:75-87.
20. Lee, T. M., H. S. Lur. Y. H. Lin and C. Chu. 1996. Physiological and biochemical changes related methyl jasmonate-induced chilling tolerance of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *Plant, Cell and Environment* 19: 65-74.
21. Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomemranes. *Methods in Enzymology* 148: 350−382.
22. Lutts, S., J. M. Kinet and J. Bouharmont. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa*) varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany* 46: 1843-1852.
23. Meir, S., S. Philison-Hadas, S. Lurie, S. Droby, M. Akerman, and G. Zauberman. 1996. Reduction chilling injury in stored avocado, grape fruit and bell pepper by methyl jasmonate. *Canadian Journal of Botany* 74: 807-847.
24. Meir, S., S. Droby, H. Davidson, S. L. Alsevia, L. Cohen and B. Horev. 2006. Suppression of Botrytis rot in cut rose flowers by postharvest application of methyl jasmonate. *Postharvest Biology and Technology* 13: 235-243.
25. Moradmand, Y., M. Mobli and A. A. Ramin. 2011. Effects of methyl jasmonate and salicylic acid on increasing cold tolerance of bell pepper young seedlings. *In:* Proceeding of the 7th Iranian Horticultural Sciences Congress. Isfahan, Iran. pp. 171-176. (In Farsi).
26. Rab, A. and M. E. Saltveit. 1996. Differential chilling sensitivity in cucumber seedling. *Plant Physiology* 96: 375-382.
27. Raymond, W., M. Funga, Y. Chien, L. David, C. Kenneth and Y. Taob. 2006. Characterization of alternative oxidase (AOX) gene expression in response to methyl salicylate and methyl jasmonate pre-treatment and low temperature in tomatoes. *Journal of Plant Physiology* 163: 1049-1060.
28. Seo, S., H. Sano and D. Ohashi. 1997. Jasmonic acid in wound signal transduction pathway. *Physiologiae Plantarum* 101: 740-745.
29. Smirnoff, N. 2005. Ascorbate, Tocopherol and Carotenoids: Metabolism, Pathway Engineering and Functions in Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.
30. Stevens, J., T. Senaratna and K. Sivasithamparam. 2006. Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): Associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilization. *Journal of Plant Growth Regulation* 49: 77-83.
31. Wang, C. Y. and J. G. Buta. 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.
32. Wasternack, C. 2007. Jasmonates: An Update on biosynthesis, signal transduction and action in plant stress response, growth and development. *Annals of Botany* 100: 681-697.
33. Wasternack, C. and B. Hause. 2002. Jasmonates and octadecanoids: signals in plant stress responses and development. *Progress in Nucleic Acid Research and Molecular Biology* 72: 165–221.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-06-02]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.21.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.21.47]

34. Yao, H. and S. Tian. 2005. Effects of pre and post harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry in fruit strong. *Postharvest Biology and Technology* 35: 254-262.
35. Zhang, J. Z., R. A. Creelman and J. K. Zhu. 2004. From laboratory to field Using information from Arabidopsis to engineer salt, cold and drought tolerance in crops. *Plant Physiology* 135: 615-621.
36. Zhou, J., J. Wang, K. Shi, X. J. Xia, Y. H. Zhou and J. Q. Yu. 2012. Hydrogen peroxide is involved in the cold acclimation-induced chilling tolerance of tomato plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 60: 141-149.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-06-02]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.21.4.2]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.21.47]

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-06-02]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1395.6.21.4.2]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.6.21.47]

Impact of Methyl Jasmonate on Enhancing Chilling Tolerance of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Seedlings

F. Saydpour[1] and M. Sayyari[2*]

(Received: October 7-2014; Accepted: January 19-2016)

Abstract

Cucumber is a warm season crop that suffers from chilling injury at temperatures below 10°C. In recent years, jasmonates have been used for reduction of chilling injuries in plants. An experiment was, therefore, conducted to test whether methyl jasmonate (MeJA) application at various concentrations (0, 0.05, 0.1 and 0.15 mM) through seed soaking or foliar spray would protect cucumber seedlings, subjected to chilling stress. Results showed that MeJA application decreased chilling index, ion leakage, malondialdehyde content and hydrogen peroxide free radical and increased growth parameters, proline contents, chlorophylls contents and antioxidant activity. Although, seed soaking method provided better protection compared to foliar spray method, the highest cold tolerance was obtained with 0.15mM MeJA application in both application methods that caused low level of chilling index (1.67), malondialdehyde content (0.11 nm g^{-1} FW), hydrogen peroxide free radical (0.22 nm g^{-1} FW) and ion leakage (32.87%). In general, it may be concluded that MeJA could be used effectively to protect cucumber seedling from damaging effects of chilling stress at the early stages of growth.

Keywords: Hydrogen peroxide, Chilling Index, Antioxidant Activity, Malondialdehyde Content, Ion Leakage

1. Former MSc. Student, Department of Horticultural Science, College of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Horticultural Science, College of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran.
*. Corresponding Author, Email: m.sayyari@basu.ac.ir