تأثیر متیل ژاسمونات بر برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه کلزا تحت تیمار اتیلن

ندا حسیبی، خسرو منوچهری کلانتری، زهرا اسرار:
بخش زیست شناسی دانشگاه پیام نور کرمان

چکیده

ژاسمونات‌ها به تازگی به عنوان گروه جدیدی از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی محسوب شده‌اند که در بسیاری از مراحل مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه شرکت دارند و نقش دفاعی در گیاه ایفا می‌کنند. در این تحقیق اثر متیل ژاسمونات و اتیلن و برهمکنش آن‌ها بر پارامترهایی مانند وزن تر، وزن خشك و سطح برگ و همچنین اثر آن‌ها بر مقدار پروتئین، مالون دآلدئید و نشت یونی در برگ گیاه کلزا بررسی شد. بذرهای کلزا در گلدان‌های حاوی ماسه، رس و خاک برگ به نسبت (۱:۱: ۲) کاشته شدند. ۴۵ روز پس از سبز شدن دانه‌ها، گیاهان به مدت ۵ روز با ۱۰۰میکرومول متیل‌ژاسمونات محلول‌پاشی شدند و سپس به مدت ۲ روز تحت تیمار اتیلن(ppm ۱۰۰ و ۱۵۰) قرار گرفتند. گیاهان شاهد با آب مقطر محلول‌پاشی شدند. نتایج حاصل از بررسی نشان داد که مقدار وزن تر و خشك برگ در تیمار با اتیلن و متیل ژاسمونات کاهش یافت. سطح برگ نیز در سطوح تیمار با اتیلن کاهش یافت؛ مقدار پراکسیداسیون لیپیدها که در تیمار با اتیلن افزایش یافته بود در پیش تیمار با متیل‌ژاسمونات کاهش یافت که نشان دهندهٔ کاهش خسارت اکسیداتیو توسط متیل‌ژاسمونات است. همچنین مقدار پروتئین طی تیمار با اتیلن کاهش یافت اما تیمار با متیل‌ژاسمونات از کاهش این پارامتر در گیاهان تحت تیمار با اتیلن جلوگیری کرد. حاصل آن‌که متیل‌ژاسمونات موجب کاهش خسارت اکسیداتیو می‌شود.

مقدمه

ژاسمونات‌ها ترکیبات غیراشباع مشتق شده از سیکلوپنتان لینولنیك اسیدند و ساختمانی شبیه به ایکوزانوئیدها در پستانداران دارند [۳]. داموئل و همکاران در سال ۱۹۶۲ اولین کسانی بودند که متیل‌استر ژاسمونیك اسید را به عنوان ماده‌ای معطر از اسانس یاسمن[1] و چند گونه دیگر جدا ساختند [۳]،[۲۰]. در ابتدا ژاسمونات‌ها به عنوان بازدارندهٔ رشد شناخته شده بودند، اما امروزه به‌دلیل قابلیت آن در افزایش بروز ژن‌های اختصاصی در گیاهان مورد توجه واقع شده‌اند [۴]. گزارش شده است که این ترکیبات خسارات ناشی از سرما، کم آبی و سایر تنش‌های فیزیکی را کاهش می‌دهند[۱۲]،[۲۵].

دریافت ۸۶/۲/۲۵ پذیرش۸۷/۱/۳۱

۱-Jasmonium grandiflorum

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-09]

تنش‌های محیطی همچون سرما، خشکی، استرس آبی منجر به ایجاد مجموعه‌ای پیامبر ثانویه می‌شوند که در نهایت در تولید اتیلن در گیاه نقش دارند [۱۰]. اتیلن باعث کاهش رشد، کاهش فتوسنتز، پیری زودرس و مرگ سلولی می‌شود [۲]،[۲۲]. گزارش شده است که تنش‌های محیطی باعث تشکیل گونه‌های اکسیژن فعال می‌شوند و تولید اتیلن را تحریك می‌کنند. اتیلن ایجاد شده نیز باعث افزایش تولید گونه‌های اکسیژن فعال می‌گردد که در نهایت باعث مرگ سلولی می‌شود. این در حالی است که متیل‌ژاسمونات از اثر اتیلن بر تشکیل گونه‌های اکسیژن فعال جلوگیری می‌کند [۱۱]. گزارش شده است که متیل‌ژاسمونات تجمع مالون دآلدئید حاصل از پراکسیداسیون لیپیدهای غشا را تحت شرایط تنش کاهش می‌دهد [۱۲]. تنش‌های محیطی باعث خسارت به گیاه و کاهش محصول می‌شوند. با توجه به این‌که همهٔ این تنش‌ها باعث ایجاد تنش اکسیداتیو و تولید اتیلن می‌شوند، برای روشن شدن تأثیر متیل‌ژاسمونات بر کاهش خسارت ایجاد شده توسط اتیلن و ایجاد مقاومت در گیاه کلزا، متیل‌ژاسمونات به صورت برون‌زا مورد استفاده قرار گرفت و پارامترهایی همچون صفات ریخت‌شناسی، مقدار پروتئین و پراکسیداسیون لیپیدها مورد سنجش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از گیاه کلزا(*Brassica napus* L.) استفاده شد. بذرهای این گیاه از مرکز تحقیقات کشاورزی کرج تهیه شد.

کشت و تیمار گیاه

در این پژوهش، از گلدان‌هایی با قطر۷ سانتی‌متر استفاده شد که با مخلوطی از ماسه، رس و خاک برگ به نسبت ۱:۱: ۲ پر شده بودند. چهار بذر سالم و یکسان برای هر گلدان انتخاب و کاشته شد. پس از رشد دانه‌رست‌ها تعداد گیاهان به یک عدد کاهش یافت. همچنین گلدان‌هاروزانه با آب مقطر آبیاری و تغذیه گیاهان هر هفته با محلول غذایی هوگلند[۷] با رقت نصف غلظت انجام شد. کاشت گیاه در گل‌خانه انجام شد و هنگامی که گیاه به مرحله چهار برگی رسید (هنگام ظهور برگ پنجم) تیمارهای مذکور بر روی آن اعمال شد. محلول متیل‌ژاسمونات با غلظت ۱۰۰μM تهیه شد و برگ‌های گیاهان با این محلول به مدت پنج روز متوالی محلول‌پاشی شد. گیاهان شاهد با آب مقطر محلول پاشی شدند. برای اعمال تیمار اتیلن گلدان‌هابه مخزن‌هایی به ابعاد ۴۵×۴۰×۹۰ سانتی‌متر از جنس PMMA (هوابندی شده) منتقل شدند. قبل از اعمال تیمار اتیلن، مخزن‌ها تعیین حجم شده و حجم گلدان‌هااز آن‌ها کسر شد. پس از بسته شدن در مخزن‌ها با سوباسیلی که در روی درب مخزن قرار داشت اتیلن در سه سطح ۰، ۱۰۰ و۱۵۰ پی‌پی‌ام با استفاده از سرنگ به درون مخزن‌ها تزریق شد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-09]

دو روز تیمار اتیلن اعمال شد و هر ۲۴ ساعت مخزن‌هابه مدت ۱۰ دقیقه به منظور هوادهی باز شدند و دو باره تیمار اتیلن با غلظت‌های ذکر شده اعمال شد.

اندازه‌گیری وزن تر برگ

برای اندازه‌گیری این پارامتر برگ سوم گیاهان پس از جدا شدن با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد و نتایج بر حسب میلی‌گرم گزارش شد.

اندازه‌گیری وزن خشک برگ

برای اندازه‌گیری این پارامتر برگ سوم هر گیاه پس از جدا شدن در فویل آلومینیومی پیچیده و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها و ثابت ماندن وزن، وزن خشک آن‌ها با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و نتایج بر حسب میلی‌گرم گزارش شد.

اندازه‌گیری سطح برگ در گیاه

برای اندازه‌گیری سطح برگ، سومین برگ از هر گیاه انتخاب شد. برگ‌های انتخاب شده از گیاه جدا شد و بر روی کاغذ قرار داده شد و از آن‌ها کپی کاغذی تهیه شد. پس از تهیهٔ کپی، مربعی که ابعاد آن ۱×۱ سانتی‌متر جدا و توزین شد. وزن این مربع یادداشت شد. سپس کپی برگ مورد نظر توزین شد و با رابطه تناسبی، سطح برگ بر اساس وزن آن مشخص شد.

سنجش مقدار پروتئین محلول

مقدار پروتئین‌ها در برگ با استفاده از روش لوری اندازه‌گیری شد [۱۵]. در این روش در اولین مرحله واکنش، کمپلکس پروتئین-مس در محلول قلیایی تشکیل می‌شود. بقایای تیروزین، تریپتوفان و سیستئین این کمپلکس، در مرحلهٔ بعد معرف فسفو مولیبدیك- فسفوتنگستیك (معرف فولن) زرد رنگ را احیا می‌کنند. رنگ آبی تندی حاصل می شود. از آن‌جا که این معرف تنها در HP = ۱۰ صورت می‌گیرد لازم است پس از افزودن معرف فولن، مخلوط شدیداً به‌هم زده شود تا قبل از تخریب معرف فولن در محلول قلیایی مس-پروتئین، احیا صورت گیرد. برای اندازه‌گیری غلظت پروتئین‌ها از منحنی استاندارد(آلبومن گاوی) استفاده شد.

سنجش پراکسیداسیون لیپیدها

مقدار پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی بر اساس تشکیل کمپلکس مالون دآلدئید ایجاد شده با تیوباربیتوریك اسید(TBA) سنجش شد. غلظت مالون دآلدئید با استفاده از روش Heath & Packer [۶] در طول موج ۵۵۰

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-09]

نانومتر و با استفاده از اسپکتروفتومتر صورت گرفت. جذب بقیهٔ رنگیزه‌های غیر اختصاصی در ۶۰۰ نانومتر تعیین و از این مقدار کسر شد. برای محاسبه غلظت MDA از ضریب خاموشی معادل ۱۵۵ $mM^{-1}cm^{-1}$ در رابطه $A=\varepsilon bc$ استفاده شد.

اندازه‌گیری سایر آلدئیدها

بر اساس روش Meir و همکاران[۱۶] انجام شد. برای سنجش میزان این آلدئیدها مطابق روش قبل (Packer & Heath) عمل شد اما شدت جذب این محلول در طول موج ۴۵۵ نانومتر خوانده شد. جذب سایر رنگیزه‌های غیر اختصاصی در ۶۰۰ نانومتر خوانده شد و از این مقدار کسر شد. برای محاسبه غلظت این آلدئیدها از ضریب خاموشی معادل $mM^{-1}cm^{-1}$ ۰/۴۵۸ $\times 10^5$ استفاده شد. این ضریب خاموشی میانگین ضریب خاموشی برای پنج آلدئید مورد نظر است.

اندازه‌گیری مقدار نشت یونی در برگ از روش (Lutts et.al 1996) استفاده شد. ابتدا لوله‌های آزمایش در دار در آون با دمای۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد استریل شد، سپس از برگ‌های گیاه به مقدار ۲ گرم دیسك برگی(توسط چوب پنبه سوراخ کن با قطر داخلی۱ سانتی‌متر) تهیه شد. دیسك‌های برگی برای بر طرف شدن آلودگی‌های سطح برگ ۳ بار با آب مقطر شستشو شد، سپس در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر، در لوله‌های آزمایش در دار قرار داده شد. لوله‌های آزمایش حاوی نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند. بعد از گذشت ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی محلول حاوی نمونه‌ها(EC_1) با دستگاه EC سنجیده شد، سپس نمونه‌هابه مدت ۲۰ دقیقه در آون با دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند، بعد از سرد شدن نمونه‌ها برای دومین بار هدایت الکتریکی (EC_2) محلول حاوی دیسك‌های برگی سنجیده شد. برای به دست آوردن مقدار نشت یونی از این رابطه استفاده شد[۵]: رابطهٔ ۱

$$EL= EC_1/EC_2\times 100:$$

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل‌های آماری طبق طرح کامل تصادفی صورت گرفت. برای ارزیابی اثر دو تیمار روی صفت اندازه‌گیری شده همه داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزارSPSS version 9 تحت آنالیز واریانس (ANOVA) دو طرفه قرار گرفتند و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج

وزن تر و خشک برگ تحت تیمارهای مختلف اتیلن و تیمار توام اتیلن و متیل‌ژاسمونات کاهش معنی‌داری در سطح ۵ در صد نسبت به شاهد(که تنها با آب مقطر محلول پاشی شدند) نشان داد(جدول۱).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-09]

در تمام گیاهانی که با اتیلن تیمار شده بودند کاهش معنی‌داری در سطح برگ نسبت به گیاهان شاهد مشاهده شد(جدول۱). در تیمار توام اتیلن و متیل‌ژاسمونات افزایش نسبی سطح برگ نسبت به تیمارهای اتیلن مشاهده شد اما این افزایش در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود.

اتیلن باعث کاهش مقدار معنی‌دار پروتئین برگ گیاه نسبت به شاهد در سطح اطمینان۹۵ درصد شد. بیش‌ترین کاهش در مقدار پروتئین گیاه در سطح ppm ۱۵۰ اتیلن دیده شد. متیل‌ژاسمونات کاهش پروتئین ناشی از اتیلن را بهبود بخشید(جدول۱).

مالون دآلدئید به عنوان شاخصی از پراکسیداسیون لیپیدها در نظر گرفته می شود. در این آزمایش مقدار مالون دآلدئید تحت تیمار اتیلن افزایش معنی‌داری یافت. متیل‌ژاسمونات مقدار مالون دآلدئید در گیاهان تحت تیمار اتیلن را به طور چشم‌گیری کاهش داد؛ ولی متیل‌ژاسمونات به تنهایی و در حضور اتیلن ppm ۱۰۰ نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ایجاد نکرد(جدول۱). نتایج آنالیز واریانس حاصل از تیمار اتیلن بر مقدار آلدئیدها (پروپانال، بوتانال، هگزانال، هپتانال و پروپانال دی متیل استال) نشان داد که تیمار با اتیلن مقدار پنج آلدئید را به طور معنی‌داری افزایش داد، به طوری‌که بیش‌ترین مقدار آن در گیاه مربوط به گیاهان تحت تیمار با ppm ۱۵۰ اتیلن بود. همچنین متیل ژاسمونات باعث کاهش مقدار سایر آلدئیدها در گیاهان تحت تیمار با اتیلن شد ($p= ۰/۰۵$) (جدول۱).

بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار نشت یونی برگ گیاه کلزا تحت تیمارهای مختلف متیل‌ژاسمونات، اتیلن و اتیلن همراه با متیل‌ژاسمونات نشان داد که مقدار نشت یونی برگ گیاه کلزا در تیمارهای مختلف اتیلن به طور چشم‌گیری افزایش یافته و بیش‌ترین مقدار نشت یونی مربوط به گیاهانی بود که تحت تیمار ppm ۱۵۰ اتیلن قرار داشتند، به طوری‌که مقدار نشت یونی در تیمار ppm ۱۵۰ اتیلن افزایش زیادی نسبت به گیاهان شاهد و تیمار شده با ppm ۱۰۰ اتیلن نشان داد. در تیمار با متیل‌ژاسمونات به تنهایی نشت‌یونی افزایش معنی داری در سطح ۵ درصد نسبت به شاهد نداشت(جدول۱).

بحث

گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر تیمار اتیلن بر مهار رشد و کاهش سطح برگ وجود دارد و علت آن را کاهش فتوسنتز و ماده‌سازی، تخریب کلروفیل و عدم توسعه و تقسیم سلولی ذکر کرده‌اند[۱]،[۹]،[۱۴]،[۲۲]. همچنین گزارش شده است که ژاسمونات در شرایط کشت برون شیشه و درون شیشه اثر مهاری و یا تحریکی بر رشد داشته و غلظت‌های نانومولار تا میکرومولار در کشت سلولی موجب افزایش وزن خشک می‌شود. در حالی که در غلظت‌های بالاتر رشد را باز می‌دارد. همچنین ژاسمونات در دانه رست‌های سیب‌زمینی رشد ریشه را نسبت

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-09]

به رشد اندام هوایی بیشتر تحت تأثیر خود قرار داده است[۲۳]. در تحقیق انجام شده نیز متیل‌ژاسمونات از کاهش وزن برگ و سطح برگ به مقدار ناچیزی جلوگیری کرد(جدول۱).

جدول۱. اثر تیمار اتیلن ومتیل‌ژاسمونات بر برگ گیاه کلزا

اتیلن	متیل ژاسمونات	وزن تر برگ (میلی گرم)	وزن خشک برگ (میلی گرم)	سطح برگ (سانتی متر مربع)	پروتئین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	مالون دآلدئید (میکرومول بر گرم وزن تر)	سایر آلدئیدها (میکرومول بر گرم وزن تر)	نشت یونی(%)
0	-	153.8353^{a}	13.38035^{a}	24.11^{a}	3.63881^{a}	1.1397^{d}	1.4512^{e}	15.06667^{e}
0	+	129.756^{ab}	10.43191^{ab}	21.44^{ab}	3.579286^{a}	1.258^{cd}	1.641^{de}	18.41102^{e}
100 ppm	-	120.3458^{b}	8.034577^{b}	18.42^{b}	2.83881^{c}	1.8172^{ab}	2.253^{b}	43.6230^{c}
100 ppm	+	121.1647^{b}	8.565362^{b}	19.26667^{ab}	3.314705^{ab}	1.3548^{cd}	1.8811^{cd}	30.73333^{d}
150 ppm	-	103.5039^{b}	7.692448^{b}	17.90667^{b}	2.057857^{d}	1.912^{a}	2.6301^{a}	73.73333^{a}
150 ppm	+	116.3409^{b}	7.763118^{b}	17.24667^{b}	3.062286^{bc}	1.511^{bc}	2.16102^{bc}	54.3102^{b}

برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد، مقایسه میانگین‌هابا آزمون LSD انجام گرفت و حروف غیرمشترک معرف تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

یکی از پاسخ‌های گیاهان به تنش‌های محیطی افزایش سنتز پپتیدها و پروتئین‌هاست. این گروه شامل فیتوشلاتین‌ها، هوموفیتوشلاتین‌ها، متالوپروتئین‌های گیاهی، پروتئین‌های مرتبط با پاتوژن، پروتئین‌های HSP و آنزیم‌های دخیل در دفاع آنتی‌اکسیدانی‌اند[۱۹]. در این پژوهش تیمار با اتیلن کاهش میزان پروتئین مشاهده شد(جدول۱). گزارش شده است که اتفون (یک ترکیب آزاد کنندهٔ اتیلن) باعث القای پروتئین‌های دخیل در دفاع پاتوژنی می‌شود؛ اما این تجمع باعث متلاشی شدن بسیار زیاد دیگر پروتئین‌های سلولی مخصوصاً روبیسکو شده و یا تخریب دیگر پروتئین‌های فعال گیاهی می‌شود[۲۴]. در نتیجه کاهش مشاهده شده در این تحقیق احتمالاً ناشی از تخریب و متلاشی شدن پروتئین‌های ضروری گیاه مخصوصاً روبیسکو است. در حالی که مقدار پروتئین‌های سنتز شده در مقابل میزان پروتئین‌های تخریب شده کم‌تر است. بنا بر این میزان پروتئین‌هادر نهایت کاهش یافته است. تیمار با متیل‌ژاسمونات کاهش پروتئین ناشی از تیمار با اتیلن را تخفیف می‌بخشد. گزارش شده است که متیل ژاسمونات باعث افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در توت فرنگی[۲۵] و گیاهچهٔ ذرت [۱۳] شده است. شاید متیل‌ژاسمونات با اثر بر روی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باعث کاهش تخریب روبیسکو و سایر پروتئین‌های ضروری گیاه شده است و بنا بر این میزان پروتئین‌ها افزایش یافته است.

مالون دآلدئید از جمله محصولات پراکسیداسیون لیپیدهاست و به عنوان شاخصی برای پراکسیداسیون در نظر گرفته می‌شود. گزارش شده است که هنگامی که گیاه جعفری و جو دوسر در معرض اتیلن برون‌زا قرار گرفتند، مالون دآلدئید و سایر آلدئیدها شامل پروپانول، بوتانول، هگزانال، هپتانال و پروپانال دی‌متیل استات

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-09]

افزایش یافت[۸]،[۱۶]. همچنین اتیلن باعث افزایش مالون دآلدئید در گیاهان تحت تیمار تنش خشکی و دما شده است[۱۷]. اتیلن از طریق اثر بر گونه‌های اکسیژن فعال و کاهش دفاع آنتی‌اکسیدانی باعث افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌گردد، و در نتیجه باعث افزایش پراکسیداسیون لیپیدها و در نهایت مرگ سلولی می‌شود[۱۷]. در این تحقیق تیمار توام متیل ژاسمونات و اتیلن، متیل ژاسمونات خسارت ناشی از تیمار اتیلن را بر روی غشا تخفیف داد(جدول۱). بررسی‌های انجام شده نشان داده است که بعضی از تنظیم کننده‌های رشد از جمله متیل ژاسمونات روی سیستم آنتی‌اکسیدانی تأثیر می‌گذارند[۲۵]. نشان داده شده است که در شرایط تنش کم‌آبی اگر گیاه توت فرنگی با متیل‌ژاسمونات تیمار شود، به طور محسوسی فعالیت کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز افزایش و فعالیت پراکسیداز کاهش می‌یابد. در ضمن گزارش شده است که تیمار با متیل ژاسمونات پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی را کاهش می‌دهد[۲۵]. در بررسی اثر متیل ژاسمونات بر روی گیاهچه‌های ذرت، دو واریته مقاوم و حساس تحت تنش کم‌آبی مشاهده شده است که در واریته مقاوم، متیل ژاسمونات، مقدار اسید آسکوربیک را افزایش داده است؛ اما در واریته حساس تغییری مشاهده نشده است[۱۳]. به نظر می‌رسد که افزایش تحمل در واریته مقاوم به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به وسیله متیل ژاسمونات باشد. گزارش شده است که در گیاهچه‌های برنج که تحت شرایط سرما قرار گرفته بودند، متیل‌ژاسمونات باعث بقای بیش‌تر گیاهچه‌ها شده و صدمات ناشی از سرما بر روی غشا و همچنین نشت یونی را کاهش داده است[۱۲]. گزارش شده است که در تیمار با پاراکوآت پراکسید هیدروژن و در نتیجه پراکسیداسیون لیپیدها و نشت یونی افزایش می‌یابد، اما در پیش تیمار با متیل‌ژاسمونات این پارامترها نسبت به تیمار پاراکوآت کاهش می‌یابند[۱۸]. در تحقیق انجام شده نیز متیل‌ژاسمونات نشت یونی را کاهش داد(جدول۱).

بنا بر این می‌توان نتیجه گرفت که متیل ژاسمونات ممکن است با القای مجموعه‌ای از پروتئین‌های خاص، غشا را در مقابل تنش‌ها محافظت کند. از آن‌جا که پیش تیمار گیاه با متیل‌ژامونات توانسته است پروتئین، نشت یونی و پراکسیداسیون ناشی از تیمار با اتیلن را کاهش دهد، به احتمال زیاد می‌تواند در تنش‌های محیطی که باتفاق باعث افزایش تولید اتیلن می‌شوند نقش بزرگی ایفا کند و در مقابل تنش مقاومت ایجاد کند. با تحقیقات و بررسی‌های بیش‌تر کاربرد احتمالی متیل ژاسمونات در کشاورزی مشخص خواهد شد.

منابع

1.J. Ayala-Zavala, Sh.Y. Wang, Ch.Y. Wang and A.G Gonzalez-Aguilar, Methyl jasmonate in conjunction with ethanol treatment increases antioxidant capacity, volatile compounds and post harvest life of strawberry fruit. *Eur Food Technol*. 221 (2005) 731-738.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-09]

2. M. Costa, P. Civello, G. Chaves and G. Martinez, Effect of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica Oleraceae* L.). *Postharvest Biology and Technology*. 35 (2005) 191-199.

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

4. R. Creelman and J.E. Mullet, Biosynthesis and action of Jasmonate in plant Annu. Rev. Plant physiol. *Plant Mol. Biol*. 48 (1997) 355- 381.

5.M.A. El-Tayab, Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*. 45 (2005) 215-224.

6.R.L. Heath and L. Packer, Photoperoxidation in isolated chloroplast. I Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Arch, *Biochem Biophys*. 125 (1968) 189-198.

7.D.R. Hoagland and D.I. Arnon, The water culture method of growing plants without soil. University of California Berkeley Coll. Agric. Cir. 347.

8.Y. Hoon, Y. Jae, R.E. James and T.Ch. Hyung. Effects of ethylene inhibitors on the ordered lipid peroxidation, lipoxygenase activities in Oat leaves and chloroplasts in vitro and its relevance to senescence. *American Society of Plant Biologists meeting*. (1997). USA.

9.A. Hussain, C. Ramsay, B. Taylor and J. Roberts, Soil compaction. A role for Ethylene in regulating leaf expansion and shoot growth in Tomato. *Plant physiology*. 121 (1999) 1227-1237.

10. W. Jordan, P. Morgan, and T. Davenport, Water stress enhances Ethylene-mediated leaf abscission in Cotton. *Plant physiol*. 50 (1972) 756-758.

11. K. L.C Wang, H. Li, and J.R. Ecker, Ethylene biosynthesis and signaling networks. *The plant cell*. 14 (Special issue) (2002) 131-151.

12. T. Lee, H. Lur, Y. Lin and C. Chu, Physiological and biochemical changes related to methyl jasmonate induced chilling tolerance of rice (*Oryza sativa L.*) seedling. *Plant, Cell and Environment*. 19 (1996) 65-74.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-09]

13. Li, L., Van Staden, J. and Jager, A.K. Effects of plant growth regulators on the antioxidant system in seedlings oftwo maize cultivars subjected to water stress. *Plant Growth Regulation*. 25(1998) 81-87.
14. M. Locke, J. H. Bryce and P. Morris, Contrasting effects of ethylene perception and biosynthesis inhibitors on germination and seedling growth of barley (*Hordeum vulgare*). *Journal of Experimental Botany*. 51 (352) (2000) 1843-1849.
15. O.H. Lowry, N.J. Roseberough, A.L. Farr and R.J. Randall. Protein measurement with folin - phenol reagent. *Journal of Biology Chemistry*. 193 (1951) 265-275.
16. S. Meirs, S. Philosophhadas and N. Aharoni, Ethylene increased accumulation of fluorescent lipid–peroxidation products detected during senescence Parsley by a newly developed method. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 117 (1992) 128-132.
17. S. Munne-Bosch, J. Penuelas, D. Asensio and J. Llusia, Airborne ethylene may alter antioxidant protection and Reduce tolerance of Holm Oak to heat and drought Stress. *Plant Physiology*. 136 (2004) 2937-2947.
18. L. Popova, V. Ananieva, V. Hristova, K. Christov, K. Georgieva, V. Alexieva and Zh. Stoinova, J. Salicylic acid-and Methyl jasmonate–induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. Plant Physiol. *Special issue* (2003) 133–152.
19. R. przymusinski, R. Rucinska and E. Gwozdz, Increased accumulation of pathogenesis-related proteins in response of lupin roots to various abiotic stresses. *Enviromental and Experimental Botany*. 52 (2004) 53-61.
20. G. Sembdner and B. Parthier. The biochemistry and the physiological molecular action of jasmonate. Annu. Rev. Plant physiol. *Plant mol. Boil*. 44 (1993) 569-589.
21. D. Tang, K. M.Christiasen and W. Innes. Regulation of plant disease resistance, stress responses, cell death and ethylene signaling in Arabidopsis by the EDR1 protein kinase. *Plant physiology*. 138 (2005) 1018-1026.
22. D. Tholen, L. Voesenek and H. poorter. Ethylene insensitivity does not increase leaf area or relative growth rate in Arabidopsis, *Nicotiana tabacum* and *Petunia x hybrida*. Plant physiology. 134 (2004) 1803-1812.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-09]

23. F.J. Toro, L. Martin-closas and A.M. Pelacho, Jasmonate promote cabbage (*Brassica oleracea* L. var *Capitana L.*) root and shoot development. Plant and Soil. 255 (2003) 77-83. P. Vera and V. Conejero, Effect of ethephon on protein degradation and the accumulation of 'Pathogenesis-Related' (PR) proteins in tomato leaf discs. *Plant Physiology*. 92 (1990) 227-233.

24. S.Y. Wang, Methyl jasmonate reduces water stress in strawberry. *Journal of plant growth regulation*. 18 (1999) 127-134.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-01-09]