اثر متیل جاسمونات بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه گشنیز در شرایط تنش شوری

مرتضی اسکندری، صفورا سعادتی، شاداب پناهی، قاسم اخبارفر و سیروس قبادی*

گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰٦/۱٤، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٦/۱۰/۰۵)

چکیده

به منظور بررسی اثر متیل جاسمونات بر کاهش اثرات نامطلوب شوری کلرید سدیم در گیاهچه‌های گشنیز، پژوهشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه غلظت کلرید سدیم (۶، ۳ dS/m و صفر) و سه غلظت متیل جاسمونات (۰/۵ mM، ۰/۲۵ و صفر) انجام شد. نتایج نشان داد که تنش شوری، وزن تر و خشک اندام هوایی، پتاسیم اندام هوایی، نسبت K/Na، غلظت کارتنوئید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز را کاهش داد. صفاتی مانند نشت یونی و غلظت سدیم اندام هوایی تحت تأثیر شوری افزایش یافت. کاربرد متیل جاسمونات، میزان نشت یونی و غلظت سدیم اندام هوایی را کاهش داد و همچنین وزن تر و خشک اندام هوایی، نسبت K/Na، ظرفیت آنتی اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز را بهبود بخشید، اما محتوای نسبی آب برگ از کاربرد این ماده اثر نگرفت. در مجموع نتایج، بهبود نشانه‌های تنش و آسیب‌ها در گیاهان تیمار شده توسط متیل جاسمونات را نشان داد و مشخص شد که متیل جاسمونات می‌تواند پاسخ گیاه به تنش شوری را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، گشنیز، متیل جاسمونات، ویژگی‌های فیزیولوژیک

مقدمه

گیاه گشنیز با نام علمی *Coriandrum sativum* L. از خانواده چتریان گیاهی علفی و یکساله به ارتفاع ٦۰ تا ۱۰۰ سانتی متر و با طول دوره‌ی رشد ۱۰۰ تا ۱۲۰ روز و گرمادوست است که در انواع خاک‌ها می‌روید؛ اگرچه منشأ اصلی آن به نواحی جنوب غربی آسیا و مدیترانه نسبت داده می‌شود، ولی امروزه در سر تا سر دنیا یافت شده و پرورش می‌یابد (امید بیگی، ۱۳۷٦). سابقه کشت این گیاه در ایران بسیار طولانی است و عمدتاً اندام‌های هوایی آن به صورت تازه مصرف می‌گردد و حدود ۳۰۰۰ هکتار از آن نیز به برداشت بذر اختصاص می‌یابد (Akbarinia *et al.*, 2006). اسانس میوه گشنیز در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی و روغن میوهٔ آن در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارد. از این گیاه به عنوان هضم کننده غذا، ضد نفخ، اشتهاآور، برطرف کننده دردهای عضلانی و آرامش‌بخش نیز استفاده می‌شود (سفید کن، ۱۳۷۸).

شوری پس از خشکی یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است که مزارع را غیرحاصلخیز کرده و یکی از معضلات کشاورزی به خصوص در ایران به شمار می‌رود (شریعتمداری و همکاران، ۱۳۹۰). از مهم‌ترین آثار شوری می‌توان به تولید گونه‌های فعال اکسیژن، تغییر در متابولیسم نیتروژن و کربن، ناپایداری و تخریب غشاهای سلولی، سمیت متابولیکی، ممانعت از فتوسنتز و کاهش جذب مواد غذایی اشاره کرد که به رویدادهای نامطلوب در گیاه منتهی می‌شوند (Hasegava *et al.*,

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: cyrus@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

2000). شوری می‌تواند از طریق کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک، میزان آب قابل دسترس برای گیاهان را کاهش داده و در نتیجه گیاهان را با تنش خشکی نیز مواجه سازد. از طرفی، شوری از طریق افزایش غلظت یون‌های سمی به ویژه Na^+ و Cl^- در سیتوزول باعث مسمومیت گیاه و کاهش متابولیسم آن می‌شود (Sreenivasulu *et al.*, 2007). در بررسی تأثیر تنش شوری روی گشنیز مشاهده شد که افزایش شوری با کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه و ساقه، وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی و همچنین کاهش غلظت کلروفیل همراه بوده است (ستایش مهر و اسماعیل زاده بهابادی، ۱۳۹۲).

اثر مخرب ناشی از انواع تنش‌های زیستی و غیر زیستی نظیر شوری، کم آبی و سرما توسط برخی از هورمون‌های گیاهی نظیر متیل جاسمونات‌ها کاهش می‌یابد (Li *et al.*, 1998). جاسمونیک اسید و متیل جاسمونات، ترکیب‌هایی سیکلوپنتانونی (Cyclopentanone compounds) از مشتقات اسید لینولنیک (Linolenic acid) می‌باشند که از طریق مسیر اکتادکانوئید (Octadecanoid pathway) ساخته می‌شوند (Qian *et al.*, 2004). متیل جاسمونات فرآیندهای فیزیولوژیکی متعددی نظیر جوانه‌زنی و توسعه دانهال‌ها، توسعه گل، غده دهی، نحوه رشد پیچک، رشد ریشه، پیری برگ و رسیدن میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Choi *et al.*, 2005). علاوه بر این جاسمونات‌ها، با القاء فعالیت آنزیم‌های ویژه‌ای واکنش‌های بیوسنتزی مربوط به تولید ترکیب‌های دفاعی مانند پلی‌فنل‌ها، آلکالوییدها و ترپنوییدها را کاتالیز می‌کند؛ نتیجه این فرآیند، القاشدن پاسخ‌های دفاعی و محافظت گیاه در برابر تنش‌های مختلف است (Kozlowski *et al.*, 1999). متیل جاسمونات با توجه به غلظت استفاده شده، گونه گیاهی و مرحله رشد تأثیرهای متفاوتی بر رشد و نمو گیاهان دارد. این ماده به طور معمول در غلظت‌های بسیار پایین اثر مثبت دارد و در غلظت‌های بالا تنش‌زا می‌باشد (Lorenzo, 2003). در آزمایشی به منظور بررسی تعیین نقش متیل جاسمونات بر عملکرد فیزیولوژیک گیاه سویا مشخص شد متیل جاسمونات در غلظت‌های کم با افزایش توان دفاع آنتی‌اکسیدانی و کاهش تنش اکسیداتیو موجب بهبود رشد گیاه سویا شد، در حالی که غلظت‌های بالای آن موجب افزایش پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش رشد گیاه شد (کرامت و دانشمند، ۱۳۹۱). همچنین نشان داده شده است که متیل جاسمونات در شرایط تنش شوری باعث بهبود صفات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و رنگیزه‌های فتوسنتزی در ریحان شد (مقدم و طالبی، ۱۳۹۵). سلیمی و همکاران (۱۳۹۰ و ۱۳۹۳) در پژوهش‌هایی روی بابونه آلمانی گزارش کردند مصرف مقدار پایین متیل جاسمونات (۷۵ میکرومولار) در شرایط شوری ملایم (٦ دسی زیمنس بر متر) موجب بهبود سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، کارایی کربوکسیلاسیون، پایداری غشاء، K^+، Ca^{++}، نسبت K^+/Na^+ و عملکرد گل شد.

بنابراین، با توجه به اهمیت مصرف گشنیز به عنوان یک گیاه تغذیه‌ای و دارویی مهم و همچنین فراوانی منابع آب و خاک شور در کشور، این پژوهش به منظور بررسی تأثیر محلولپاشی با متیل جاسمونات تحت شرایط تنش شوری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گشنیز و امکان استفاده از آن جهت کاهش اثرات تنش شوری انجام گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش شوری کلرید سدیم و کاربرد متیل جاسمونات روی گیاه گشنیز، آزمایشی در مردادماه سال ۱۳۹۵ در شرایط کنترل شده گلخانه‌ای در دانشگاه صنعتی اصفهان، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل شوری NaCl در سه سطح ٦، ۳ و صفر dS/m و محلول‌پاشی با متیل جاسمونات در سه سطح ۰/۵ mM، ۰/۲۵ و ۰ بودند. بذور گشنیز در گلدان‌های پلاستیکی ۲۵×۲۰ سانتی‌متری با مخلوطی از خاک رس، کود دامی پوسیده و ماسه به نسبت ۲:۱:۱ کاشته شدند. تمام گلدان‌ها از کاشت بذر تا مرحله ٤-۳ برگی شدن بوته‌ها به صورت یکسان با آب معمولی آبیاری شدند؛ از این مرحله به بعد تیمارهای شوری به تدریج و به این صورت که هفته اول سه روز یکبار، هفته دوم دو روز یکبار و از هفته سوم به بعد به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

طور روزانه بر روی گیاهان اعمال شد. در پایان هر هفته به منظور جلوگیری از تجمع نمک، گلدان‌ها با آب معمولی آبیاری شدند. نحوه اعمال تیمار شوری به این صورت بود که پس از تعیین هدایت الکتریکی مخلوط خاک مورد استفاده، کمبود نمک برای دستیابی به تیمارهای مورد نظراز طریق رابطه ۱ (هاشمی‌نیا و همکاران، ۱۳۷۶) محاسبه و سپس میزان نمک مورد نیاز به آب آبیاری افزوده و با دستگاه سنجش هدایت الکتریکی مدل (Adventurer Pro AV114) مقدار هدایت الکتریکی خاک گلدان‌ها کنترل گردید.

رابطه (۱) $TDS\ (mg/lit) = EC \times 640$

محلول پاشی با متیل جاسمونات، یک هفته پس از اعمال تیمار شوری در ابتدای صبح، بر روی بوته‌های گشنیز انجام و پس از ۷ روز مجدداً تکرار شد. گیاهان پس از حدود یک ماه از اعمال تنش شوری برداشت شدند و صفاتی مانند درصد نشت یونی، محتوای نسبی آب برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم اندام هوایی، ظرفیت آنتی اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز اندازه گیری شد.

درصد نشت یونی: اندازه گیری نشت یونی به روش Lutts و همکاران (۱۹۹۶) انجام شد. به این منظور از برگ‌های جوان ۵ دیسک برگی تهیه و با آب مقطر شستشو داده شد و درون لوله‌های آزمایش حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه قرار داده شدند. سپس لوله‌های آزمایش بر روی یک تکان دهنده (Shaker) به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرار داده شدند و میزان هدایت الکتریکی اولیه محلول (EC_1) اندازه‌گیری شد. پس از آن نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی-گراد اتوکلاو شدند و در نهایت هدایت الکتریکی ثانویه محلول (EC_2) بعد از به تعادل رسیدن با دمای محیط مجدداً اندازه‌گیری شد. نشت یونی هر نمونه از طریق رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه (۲) درصد نشت یونی $= EC_1 / EC_2 \times 100$

محتوای نسبی آب برگ (Relative Water Content): محتوای نسبی آب برگ با استفاده از روش Weatherley (۱۹۵۰) اندازه‌گیری شد. ابتدا از هر تیمار ۳ عدد برگ انتخاب و با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد (وزن تر). سپس این برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار داده شد و دوباره توزین شدند (وزن اشباع). در نهایت نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آنها تعیین گردید. میزان محتوای نسبی آب از طریق رابطه (۳) اندازه‌گیری شد.

رابطه (۳) $RWC= (FW-DW) / (TW-DW) \times 100$

FW= وزن تر برگ

DW= وزن خشک برگ

TW= وزن اشباع برگ

وزن تر و خشک اندام هوایی: برای این منظور ابتدا اندام هوایی هر گیاه از ریشه جدا شده و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. وزن خشک اندام هوایی گیاه پس از انتقال نمونه‌ها به دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد.

رنگیزه‌های فتوسنتزی: استخراج و سنجش کلروفیل و کارتنوئید بر اساس روش Lichtenthaler و Wellburn (۱۹۸۳) انجام شد. به این منظور ۰/۵ گرم از نمونه برگ درون هاون تمیزی با ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد تا سبزینگی بافت برگ در استون حل شود. عصاره حاصل به مدت ۱۰ دقیقه، با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد، سپس جذب نوری محلول رویی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV160) در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد. در نهایت مقدار کلروفیل *a*، *b*، کل و کارتنوئید برحسب میلی‌گرم در گرم بافت تر برگ از طریق روابط (۷-۴) محاسبه شد.

رابطه (۴) $Chl.\ a = (19/3\ A663 - 0/86\ A645)\ V/100W$

رابطه (۵) $Chl.\ b = (19.3\ A645 - 3.6\ A663)\ V/100W$

رابطه (۶) $Chl.\ T = Chl.\ a + Chl.\ B$

رابطه (۷) $Car=100\ A470 - 3.27\ Chl.\ a - 104\ Chl.\ b\ /227$

غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم اندام هوایی: به منظور اندازه گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در برگ گیاه از روش Owen (۱۹۹۲) استفاده شد. ابتدا برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

پودر گردید. پس از آن یک گرم از پودر برگ در کوره الکتریکی با دمای ۵۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت چهار ساعت حرارت داده شدند. خاکستر به دست آمده با ۲۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال شستشو داده شد تا کاتیون‌ها آزاد شوند. به منظور اندازه گیری یون‌های سدیم و پتاسیم در محلول حاصله از دستگاه فلایم فتومتر و منحنی استاندارد استفاده شد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره برگی از روش خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲ و ۲ دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل) تعیین شد (Pang *et al.*, 2007). برای این منظور به ۱ میلی‌لیتر از عصاره گیاهی ۲ میلی‌لیتر محلول متانولی DPPH ۰/۱۵ میلی مولار اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شدند، سپس جذب نمونه گیاهی و شاهد (۲ میلی‌لیتر DPPH + ۱ میلی‌لیتر متانول) در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و به صورت درصد بازدارندگی DPPH با استفاده از رابطه (۸) محاسبه شد.

رابطه (۸) $\% \text{ DPPHsc} = (\text{Acont} - \text{Asamp}) / \text{Acont} \times 100$

فعالیت آنزیم کاتالاز: بررسی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) با بررسی کاهش مقدار پراکسید هیدروژن در طول موج ۲٤۰ نانومتر انجام شد. مخلوط واکنش شامل بافر فسفات ۵۰ میلی مولار (pH=۷) و پراکسید هیدروژن ۱۵ میلی مولار بود. واکنش با افزودن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی در حجم نهایی ۳ میلی لیتر آغاز شد. تغییرات جذب در ۲٤۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه ثبت شد. سپس فعالیت آنزیم به صورت µmol/g FW min محاسبه شد (Dazy *et al.*, 2008).

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز: برای سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX)، مخلوط واکنش شامل بافر فسفات ۲۵۰ میلی مولار(pH= ۷)، آب اکسیژنه ۱/۲ میلی مولار، اسید آسکوربیک ۰/۵ میلی مولار و EDTA ۰/۱ میلی مولار بود. با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش فعالیت آنزیمی شروع شد. کاهش جذب نور به علت پراکسیداسیون اسید آسکوربیک در طول موج ۲۹۰ نانومتر به مدت ۲ دقیقه با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Dazy *et al.*, 2008).

آنالیز آماری: این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد و داده‌های حاصل از آزمایش با کمک نرم افزار SAS آنالیز و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

نشت یونی برگ: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که، تیمار شوری و برهمکنش شوری و متیل جاسمونات در سطح احتمال ۱ درصد و تیمار متیل جاسمونات در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری بر درصد نشت یونی داشتند (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش شوری مقدار نشت یونی به طور معنی‌داری افزایش یافت، در صورتی که کاربرد متیل جاسمونات به طور معنی‌داری نشت یونی را کاهش داد. برهمکنش شوری و متیل جاسمونات نشان داد بیشترین میزان نشت یونی مربوط به سطح شوری ٦ dS/m و بدون کاربرد متیل جاسمونات بود در حالی‌که کمترین درصد نشت یونی در برهمکنش سطوح شوری ۳ dS/m و صفر با کاربرد ۰/۵ mM متیل جاسمونات مشاهده شد (جدول ۲).

با توجه به این که پیری برگ ناشی از تنش شوری، سبب تغییر نفوذپذیری غشا می‌گردد، نشت یونی غشا به عنوان عامل پیش بینی کننده صدمه وارده بر غشا مورد مطالعه قرار گرفت. در پژوهش‌هایی گزارش شده است که در شرایط تنش شوری، پایداری غشا سلولی کاهش یافته و درصد آسیب پذیری و میزان نشت الکترولیت‌های آن افزایش یافت (Parida and Das, 2005; Sairam *et al.*, 2002). در این پژوهش نیز با افزایش سطوح شوری، درصد نشت یونی افزایش یافت که با یافته‌های به دست آمده روی ریحان مطابقت داشت (مقدم و طالبی، ۱۳۹۵). کاربرد متیل جاسمونات در شرایط تنش شوری با بالا نگه داشتن سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای متیل جاسمونات و شوری بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه گشنیز.

منابع تغییرات	درجه آزادی	نشت یونی	محتوای نسبی آب	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	سدیم	پتاسیم	نسبت K/Na
شوری	۲	۶۱۷/۳۸**	۲۹/۶۳*	۱۱/۷۲**	۱/۶۸**	۰/۱۶**	۹/۱۳**	۴۲۲/۳۲**
متیل جاسمونات	۲	۶۷/۱۵*	۱۴/۹۱^{ns}	۸/۶۲**	۱/۵۳**	۰/۰۳**	۰/۱۱^{ns}	۵۵/۱۴**
شوری × متیل جاسمونات	۴	۲۱۶/۷۶**	۲۴/۵۵*	۹/۵۸**	۲/۰۳**	۰/۰۱**	۲/۹۱**	۶۱/۶۹**
خطا	۱۸	۱۶/۰۲	۱۰/۷۰	۰/۱۹	۰/۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۷۵	۲/۸۵
ضریب تغییرات		۶/۷۳	۵/۶۲	۵/۲۲	۱۳/۰۵	۹/۵۹	۶/۶۳	۱۲/۹۴

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و ns بیانگر عدم معنی‌داری می‌باشند.

جدول ۲- مقایسه میانگین برهمکنش متیل جاسمونات و شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه گشنیز.

شوری (dS/m)	متیل جاسمونات (mM)	نشت یونی (٪)	محتوای نسبی آب (٪)	وزن تر اندام هوایی (بوته/گرم)	وزن خشک اندام هوایی (بوته/گرم)	سدیم اندام هوایی (mg/g DW)	پتاسیم اندام هوایی (mg/g DW)	نسبت K/Na
۰	۰	۵۶/۱۹ ^{cde}	۵۷/۴۴ ^{b}	۶/۷۶ ^{e}	۱/۹۳ ^{de}	۰/۳۶ ^{cd}	۴/۱۰ ^{b}	۱۱/۳۶ ^{b}
	۰/۲۵	۵۴/۷۰ ^{cde}	۵۸/۳۹ ^{ab}	۱۰/۶۸ ^{b}	۳/۳۹ ^{ab}	۰/۲۴ ^{fg}	۵/۶۵ ^{a}	۲۳/۰۴ ^{a}
	۰/۵	۵۰/۴۲ ^{e}	۶۴/۷۹ ^{a}	۱۱/۵۵ ^{a}	۳/۷۱ ^{a}	۰/۲۳ ^{g}	۶/۰۶ ^{a}	۲۵/۹۲ ^{a}
۳	۰	۶۲/۲۴ ^{bc}	۵۸/۰۷ ^{ab}	۸/۵۶ ^{cd}	۱/۵۶ ^{e}	۰/۳۱ ^{def}	۳/۹۳ ^{b}	۱۲/۸۱ ^{b}
	۰/۲۵	۵۴/۲۱ ^{cde}	۵۸/۷۶ ^{ab}	۸/۹۲ ^{c}	۲/۶۶ ^{c}	۰/۲۷ ^{efg}	۳/۳۸ ^{c}	۱۲/۵۶ ^{b}
	۰/۵	۵۰/۳۴ ^{e}	۵۶/۴۰ ^{b}	۶/۳۰ ^{e}	۲/۳۴ ^{cd}	۰/۳۳ ^{cd}	۴/۱۰ ^{b}	۱۲/۴۹ ^{b}
۶	۰	۸۱/۱۴ ^{a}	۵۴/۷۷ ^{bc}	۶/۵۲ ^{e}	۱/۴۴ ^{e}	۰/۶۶ ^{a}	۴/۳۱ ^{b}	۶/۶۰ ^{c}
	۰/۲۵	۶۵/۹۰ ^{b}	۵۸/۷۱ ^{ab}	۷/۹۳ ^{d}	۲/۷۹ ^{bc}	۰/۵۰ ^{b}	۳/۰۹ ^{cd}	۶/۱۸ ^{c}
	۰/۵	۵۹/۷۸ ^{bcd}	۵۶/۵۲ ^{b}	۸/۰۸ ^{cd}	۲/۸۷ ^{bc}	۰/۴۰ ^{c}	۲/۶۱ ^{d}	۶/۵۰ ^{c}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

و سوپراکسید دیسموتاز، مانع اثر رادیکال‌های آزاد حاصل از تنش بر غشا می‌شوند (Wang, 1999). همچنین حسیبی و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی تأثیر متیل جاسمونات روی کلزا گزارش کردند که متیل جاسمونات، پراکسیداسیون لیپید را به طور معنی‌داری کاهش داد که نشان دهنده نقش متیل جاسمونات در کاهش خسارت اکسیداتیو می‌باشد. در تأیید نتایج این پژوهش، تیمار متیل جاسمونات باعث کاهش نشت یونی در گیاهچه‌های خیار در شرایط تنش سرمایی شد (صید پور و سیاری، ۱۳۹۵).

محتوای نسبی آب برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شوری و همچنین برهمکنش شوری و متیل جاسمونات تأثیر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر محتوای نسبی آب برگ گیاهان گشنیز داشتند، در صورتی که کاربرد متیل جاسمونات بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطوح شوری، محتوای نسبی آب برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت. برهمکنش شوری و متیل جاسمونات نیز نشان داد بیشترین محتوای نسبی آب برگ مربوط به تیمار شوری dS/m

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

صفر و کاربرد ۰/۵ mM متیل جاسمونات بود و کمترین محتوای نسبی آب برگ در برهمکنش شوری ٦ dS/m و بدون کاربرد متیل جاسمونات مشاهده شد (جدول ۲).

کاهش محتوای نسبی آب برگ، پاسخ عمومی گیاهان در معرض تنش اسمزی و ویژگی بسیار مناسبی از وضعیت آب در گیاه است (Aftab *et al.*, 2011). نتایج این پژوهش با یافته‌های پژوهشگران دیگر روی گیاهان بادام تلخ، اسفناج کوهی، صنوبر و ذرت در ارتباط با کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش شوری مطابقت داشت (امیری و بانی نسب، ۱۳۹۵؛ Cicek and Cakirlar, 2002; Yang *et al.*, 2009; Sai *et al.*, 2011).

وزن تر و خشک اندام هوایی: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای شوری، متیل جاسمونات و برهمکنش شوری و متیل جاسمونات اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن تر و خشک اندام هوایی داشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که شوری اثر منفی معنی‌داری بر وزن تر و خشک اندام هوایی داشت و کاربرد متیل جاسمونات موجب بهبود وزن تر و خشک اندام هوایی شد. مقایسه میانگین برهمکنش‌ها نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی در تیمار شوری dS/m صفر و غلظت mM ۰/۵ متیل جاسمونات مشاهده شد. کمترین وزن تر اندام هوایی در برهمکنش سطوح شوری dS/m صفر و ٦ و بدون کاربرد متیل جاسمونات و همچنین سطح شوری dS/m ۳ و غلظت mM ۰/۵ متیل جاسمونات به دست آمد. علاوه بر این کمترین وزن خشک اندام هوایی در برهمکنش شوری dS/m ٦ و ۳ و بدون کاربرد متیل جاسمونات مشاهده شد (جدول ۲).

سریع‌ترین واکنش گیاهان به تنش شوری، کاهش توسعه سطح برگ می‌باشد و با افزایش غلظت نمک توسعه برگ متوقف می‌شود (Ashraf and Bashir, 2003)؛ بنابراین کاهش سطح برگ متأثر از فرآیندهای اسمزی، مهم‌ترین دلیل کاهش رشد گیاه بر اثر شوری محسوب می‌شود (Wang *et al.*, 2001). از دلایل دیگر کاهش رشد و عملکرد گیاه در شرایط شور، می‌توان به صرف انرژی توسط گیاه برای خروج یون‌های سدیم مهاجم که در محیط به وفور یافت می‌شوند، اشاره کرد (Kerepesi and Galiba, 2000). کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی در شرایط تنش شوری در برخی گیاهان از جمله گشنیز، ریحان و توت فرنگی گزارش شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (ستایش مهر و اسماعیل زاده بهابادی، ۱۳۹۲؛ مقدم وطالبی، ۱۳۹۵؛ سیدلر فاطمی و همکاران، ۱۳۹۲).

متیل جاسمونات، از طریق تأثیر بر تقویت سیستم دفاعی و همچنین فتوسنتز باعث بهبود مقاومت گیاهان در شرایط تنش شوری می‌شود. در این پژوهش کاربرد متیل جاسمونات با غلظت mM ۰/۵ موجب افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی شد که با نتایج پژوهش سلیمی و شکاری (۱۳۹۱) روی گیاه بابونه مطابقت داشت.

محتوای سدیم و پتاسیم اندام هوایی: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شوری و برهمکنش شوری و متیل جاسمونات اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی داشت؛ در حالی که متیل جاسمونات اثر معنی‌داری بر غلظت پتاسیم اندام هوایی نداشت (جدول ۱).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش شوری، میزان غلظت سدیم برگ به طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج همچنین نشان داد کاربرد متیل جاسمونات باعث کاهش معنی‌دار غلظت سدیم نسبت به تیمار شاهد شد.

بر همکنش تیمارهای شوری و متیل جاسمونات نشان داد که کمترین غلظت سدیم در تیمار شوری dS/m صفر و کاربرد mM ۰/۵ متیل جاسمونات مشاهده شد و بیشترین غلظت سدیم در برهمکنش شوری dS/m ٦ و بدون کاربرد متیل جاسمونات به دست آمد (جدول ۲).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد اختلاف معنی‌داری بین غلظت پتاسیم برگ در سطوح مختلف شوری مشاهده شد. برهمکنش شوری و متیل جاسمونات نشان داد بیشترین غلظت پتاسیم برگ در تیمار شوری dS/m صفر با کاربرد mM ۰/۵ و ۰/۲۵ متیل جاسمونات به دست آمد. کمترین غلظت پتاسیم برگ در تیمار شوری dS/m ٦ و متیل جاسمونات mM ۰/۵

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

مشاهده شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به نسبت پتاسیم به سدیم نشان داد که بیشترین نسبت این شاخص در برهمکنش شوری dS/m صفر و غلظت‌های mM ۰/۲۵ و ۰/۵ متیل جاسمونات مشاهده شد. کمترین نسبت پتاسیم به سدیم نیز در برهمکنش تمام غلظت‌های متیل جاسمونات با تیمار شوری dS/m ٦ مشاهده شد (جدول ۲).

در شرایط شور، سطوح بالای یون سدیم به دلیل رقابت با یون پتاسیم از جذب یون پتاسیم توسط ریشه‌ها اختلال ایجاد می‌کند (Grattan and Grieve, 1999). بنابراین حفظ بالای محتوای پتاسیم در ژنوتیپ‌های متحمل به شوری ممکن است یکی از ساز و کارهای ایجاد کننده تحمل به شوری در گیاهان باشد (El-hendawy *et al.*, 2005). در این پژوهش نیز تنش شوری موجب افزایش غلظت سدیم و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه شد، که با یافته‌های سلیمی و همکاران (۱۳۹۰) در گیاه بابونه مطابقت داشت.

در پژوهش‌های انجام شده بر روی برنج (Kang *et al.*, 2005) و نخود فرنگی (Fedina and Dimova 2000) مشخص شد که متیل جاسمونات با کاهش جذب سدیم و افزایش پتاسیم در مقایسه با گیاهان شاهد موجب بهبود مقاومت گیاه در شرایط شوری شد، که با یافته‌های این پژوهش مطابقت داشت. بنابراین به نظر می‌رسد متیل جاسمونات با استفاده از سازوکارهایی نظیر جلوگیری از ورود نمک و جذب ترجیحی یون پتاسیم موجب بهبود مقاومت گیاه گشنیز در شرایط شوری ملایم شد.

محتوای کلروفیل و کارتنوئید: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار شوری اثر معنی داری در سطح ۱ درصد بر غلظت کارتنوئید داشت. تیمارهای متیل جاسمونات و برهمکنش آن با شوری، اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر کلروفیل *b*، کلروفیل کل و کارتنوئید داشت. اثر هیچ کدام از تیمارها بر کلروفیل *a* معنی‌دار نشد (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار متیل جاسمونات باعث افزایش معنی داری بر کلروفیل *b* شد؛ به طوری که بیشترین میزان کلروفیل *b* در غلظت mM ۰/۲۵ متیل جاسمونات مشاهده شد. برهمکنش شوری و متیل جاسمونات نیز نشان داد که بیشترین غلظت کلروفیل *b* مربوط به برهمکنش سطوح شوری dS/m ٦ و صفر با تیمار mM ۰/۲۵ متیل جاسمونات بود؛ در حالی‌که کمترین غلظت کلروفیل *b* در برهمکنش سطح شوری dS/m ٦ و بدون کاربرد متیل جاسمونات مشاهده شد (جدول ٤).

مقایسه میانگین داده‌های کلروفیل کل نشان داد که متیل جاسمونات با غلظت mM ۰/۲۵ موجب افزایش و با غلظت mM ۰/۵ موجب کاهش کلروفیل کل نسبت به شاهد شد. در برهمکنش شوری و متیل جاسمونات مشاهده شد که بیشترین میزان کلروفیل کل در تیمار شوری dS/m صفر و غلظت mM ۰/۲۵ متیل جاسمونات و همچنین در تیمارهای شوری dS/m ۳ و ٦ با غلظت‌های mM صفر و ۰/۲۵ متیل جاسمونات مشاهده شد. کمترین میزان کلروفیل کل در سطح شوری dS/m صفر و بدون کاربرد متیل جاسمونات و همچنین در سطوح شوری dS/m ۳ و ٦ با کاربرد mM ۰/۵ متیل جاسمونات به دست آمد (جدول ٤).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که شوری باعث کاهش معنی‌داری در غلظت کارتنوئیدها شد. کاربرد متیل جاسمونات با غلظت پایین موجب افزایش غلظت کارتنوئیدها نسبت به شاهد شد. برهمکنش شوری و متیل جاسمونات نشان داد که بیشترین میزان کارتنوئید در سطح شوری dS/m صفر مربوط به غلظت‌های mM ۰/۲۵ و صفر متیل جاسمونات، در سطح شوری dS/m ۳ مربوط به غلظت‌های mM ۰/۲۵ و ۰/۵ متیل جاسمونات و در سطح شوری dS/m ٦ مربوط به غلظت mM ۰/۲۵ متیل جاسمونات بود. کمترین غلظت کارتنوئید در تیمار شوری dS/m ٦ و بدون کاربرد متیل جاسمونات مشاهده شد (جدول ٤).

افزایش جذب نمک و سمیت یونی، موجب ایجاد اختلال در کارکرد سلولی و آسیب رساندن به فرآیندهای فیزیولوژیک، از قبیل فتوسنتز و تنفس سلولی می‌شود (Munnes, 2002). نتایج متناقضی از پژوهش‌های محققین، در خصوص افزایش یا

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای متیل جاسمونات و شوری بر برخی صفات بیوشیمیایی گیاه گشنیز.

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل *a*	کلروفیل *b*	کلروفیل کل	کارتنوئید	ظرفیت آنتی اکسیدانی	کاتالاز	آسکوربات پراکسیداز
شوری	۲	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۵ ns	۰/۰۶ ns	۰/۰۱ **	۱۷۱/۰۸ **	٤/٥٤ *	۰/۰٤ ns
متیل جاسمونات	۲	۰/۰۰۱ ns	۰/٦۰ **	۰/٥۸ **	۰/۰٤ **	۱۳٤/۸۷ **	۰/۸٤ *	۰/۰۱ ns
شوری × متیل جاسمونات	٤	۰/۰۰۱ ns	۰/۱۸ **	۰/۱۹ **	۰/۰۱ **	۱۹۹/٥٤ **	۱۱/۰۲ **	۰/۰۱ ns
خطا	۱۸	۰/۰۰۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۱۸/۸۷	۲/۳۲	۰/۰۱
ضریب تغییرات		۰/٦۰	۲/۳٤	۱/۸٥	۲/۷۹	۱۹/۷	۱۸/۳	۲۲/٤۱

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و ns بیانگر عدم معنی‌داری می‌باشند.

جدول ٤- مقایسه میانگین برهمکنش متیل جاسمونات و شوری بر برخی صفات بیوشیمیایی گیاه گشنیز

شوری (dS/m)	متیل جاسمونات (mM)	کلروفیل *a*	کلروفیل *b*	کلروفیل کل	کارتنوئید	ظرفیت آنتی اکسیدانی (٪)	فعالیت آنزیم کاتالاز	فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز
		(mg/g FW)					(µmol/g FW min)	
۰	۰	۱/٦۳ a	۷/٤۱ abc	۸/۹٤ b	۱/۲۱ a	۳۰/۲۳ a	۳/۸٥ b	۰/۲۱ a
	۰/۲٥	۱/٦٤ a	۷/٦۹ a	۹/۳۳ a	۱/۲٤ a	۲۰/۹۳ bc	۷/۲۸ a	۰/۲۰ a
	۰/٥	۱/٦٥ a	۷/۲۹ bc	۹/۰٤ ab	۱/۱۰ bcd	۲۹/٦٥ ab	۲/۸۹ b	۰/۱۹ a
۳	۰	۱/٦٦ a	۷/۲۰ c	۹/۲٤ a	۱/۱۲ bc	۱۷/٤٤ cd	۳/۲۸ b	۰/۳۳ a
	۰/۲٥	۱/٦٦ a	۷/٥۸ ab	۹/۲٤ a	۱/۲٦ a	۲۸/۲۹ ab	٤/٤۲ ab	۰/۳۲ a
	۰/٥	۱/٦۷ a	۷/٥۷ ab	۸/۸٦ b	۱/۲۱ a	۱٥/۸۹ cd	۳/۷۸ b	۰/۳۳ a
٦	۰	۱/٦٥ a	٦/۷۷ d	۹/۲٤ a	۱/۰٦ d	۱۰/۸٥ d	۲/۷۱ b	۰/۳٤ a
	۰/۲٥	۱/٦٥ a	۷/٦۱ a	۹/۲٦ a	۱/۲٤ a	۱۰/۲۳ d	۲/۲۱ b	۰/٤۳ a
	۰/٥	۱/٦٥ a	۷/٥۹ ab	۸/٤۲ b	۱/۱٤ b	۱٤/۷۳ cd	٤/۸٦ ab	۰/۱۹ a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند

کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش شوری گزارش شده است. در پژوهشی روی یولاف مشخص شد که شوری سبب کاهش میزان کلروفیل برگ شد (Zhao *et al.*, 2007). در صورتی که Han و Lee (۲۰۰۵) افزایش میزان کلروفیل در کاهو را با افزایش غلظت شوری گزارش کردند. در پژوهش حاضر نیز شوری بر روی میزان کلروفیل تأثیری نداشت، اما باعث کاهش میزان کارتنوئیدها شد. کاهش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش شوری، به دلیل افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن و آسیب به غشا کلروپلاست می‌باشد (Zhang, 2003). از طرف دیگر کاهش محتوای کلروفیل ممکن است در اثر افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز و یا اثر مستقیم سمیت یونی ناشی از غلظت بالای سدیم نیز باشد (Zhang, 2007).

در مورد نقش متیل جاسمونات بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی نیز نتایج متفاوتی توسط پژوهشگران بدست آمده است. در گزارشی بیان شده که جاسمونیک اسید در گیاه صنوبر هیچ تأثیری بر مقدار کلروفیل و فتوسنتز گیاه نداشته است (Babst *et al.*, 2005). در حالی که در پژوهشی روی گیاه آرابیدوپسیس، ۷ روز پس از تیمار با متیل جاسمونات در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

غلظت ۱۰۰ میکرو مولار، مشخص شد که محتوای کلروفیل *a* و *b* کاهش یافت و میزان انتقال الکترون از فتوسیستم II نیز تحت تأثیر قرار گرفت (Jung, 2004). علاوه بر این، کاهش مقدار کلروفیل و آنزیم روبیسکو در برگ‌های جو تحت تیمار متیل جاسمونات، گزارش شده است (Weidhase *et al.*, 1987).

با وجود پژوهش‌های متعددی مبنی بر نقش متیل جاسمونات در تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی، Ueda و Saneiewski (۲۰۰۶) گزارش کردند که در گیاه لاله، در حضور نور و با استفاده از متیل جاسمونات تشکیل کلروفیل a و b تحریک شد؛ آن‌ها اظهار داشتند که متیل جاسمونات در بیان یک سری از ژن‌های آنزیم‌های کلیدی در مسیر بیوسنتز کلروفیل از طریق تشکیل آمینولوونیک اسید ایفای نقش می‌کند. در پژوهشی دیگر نیز گزارش شد که جاسمونات‌ها در غلظت ۰/۱ میکرو مولار باعث ترمیم رنگیزه‌های فتوسنتزی در عدسک آبی شد (Piotrowska *et al.*, 2009). متیل جاسمونات با فعال کردن آنزیم‌های آنتی اکسیدان در کلروپلاست از تخریب کلروفیل و کاهش فتوسنتز جلوگیری کرده و بدین ترتیب موجب بهبود رشد و فعالیت گیاه می‌شود (Popova *et al.*, 2003). در این پژوهش نیز متیل جاسمونات مخصوصاً با غلظت ۰/۲۵ mM موجب افزایش رنگیزه‌های کلروفیل *b*، کلروفیل کل و کارتنوئید شد.

ظرفیت آنتی اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز به طوری معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای شوری، متیل جاسمونات و برهمکنش شوری و متیل جاسمونات قرار گرفت. اثر هیچ کدام از تیمارها بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز معنی‌دار نشد (جدول ۳).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شوری، ظرفیت آنتی اکسیدانی برگ گشنیز کاهش یافت و کاربرد متیل جاسمونات موجب بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی شد. بر همکنش شوری و متیل جاسمونات نشان داد که بیشترین ظرفیت آنتی اکسیدانی مربوط به تیمار شوری dS/m صفر و بدون کاربرد متیل جاسمونات بود؛ در حالی‌که کمترین ظرفیت آنتی اکسیدانی در تیمار شوری ٦ dS/m با کاربرد متیل جاسمونات در غلظت‌های ۰/۲۵ mMو صفر مشاهده شد (جدول ٤).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که شوری باعث کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز شد؛ اما کاربرد متیل جاسمونات با غلظت پایین موجب افزایش فعالیت این آنزیم نسبت به شاهد شد. بر همکنش شوری و متیل جاسمونات نشان داد که بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار شوری dS/m صفر و کاربرد متیل جاسمونات با غلظت ۰/۲۵ mM مشاهده شد. کمترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در سطوح شوری dS/m ۳ و صفر مربوط به کاربرد غلظت‌های mM صفر و ۰/۵ متیل جاسمونات بود؛ در حالی‌که در سطح شوری ٦ dS/m کمترین فعالیت آنزیم کاتالاز مربوط به غلظت‌های mM صفر و ۰/۲۵ متیل جاسمونات بود (جدول ٤).

در پژوهش حاضر شوری موجب کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز شد. کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تأثیر تنش شوری در پژوهشی روی لوبیا چشم بلبلی نیز گزارش شده است (Cavalanti *et al.*, 2007). در حالی‌که برخی از پژوهشگران افزایش فعالیت این آنزیم تحت تأثیر تنش شوری را در گیاهان جو (Xu *et al.*, 2008)، عدس (Bandeoglu *et al.*, 2004) و کنجد (Koca *et al.*, 2007) گزارش کردند.

با توجه به اینکه متیل جاسمونات قادر است تولید گونه‌های فعال اکسیژن را در گیاهان القا کند، بنابراین یک سیستم آنتی‌اکسیدانتی قوی برای حفظ عملکردهای متابولیکی گیاه در این شرایط ضروری می‌باشد. برای مثال در پژوهش‌های انجام شده روی گیاهان آرابیدوپسیس (Jung, 2004)، کلزا (Comparot *et al.*, 2002)، بادام زمینی (Kumari *et al.*, 2006) و آفتابگردان (Parra-Lobato *et al.*, 2009) گزارش شده که کاربرد متیل جاسمونات موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شده است. در این پژوهش احتمالاً متیل جاسمونات محتوای H_2O_2 را افزایش داده و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

شرایط تنش را در گیاه القاء کرده است. از آنجا که H_2O_2 سوبسترای لازم برای آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز می‌باشد، می‌توان فرض کرد که بخشی از افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در نتیجه تولید H_2O_2 در گیاهان تیمار شده با متیل جاسمونات در مقایسه با شاهد باشد.

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی، با توجه به نتایج، تیمار شوری سبب کاهش صفات فیزیولوژیکی، غلظت یون پتاسیم اندام هوایی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاه گشنیز شد؛ در حالی‌که نشت یونی و غلظت یون سدیم اندام هوایی در اثر شوری افزایش یافت. کاربرد خارجی متیل جاسمونات، مخصوصاً با غلظت ۰/۲۵ mM با تأثیر قابل توجه روی وزن تر و خشک اندام هوایی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، ظرفیت آنتی اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز موجب کاهش آثار تنش شوری شد. متیل جاسمونات به عنوان یک تنظیم کننده جدید رشد گیاهی، قادر است با انگیزش پاسخ‌های آنتی اکسیدانی، از غشا و سایر ماکرومولکول‌ها در برابر آسیب‌های اکسیداتیو حفاظت کرده و از این طریق موجب بهبود رشد و فعالیت گیاه در شرایط تنش شود.

سپاسگزاری

امکانات مالی و تجهیزات لازم برای انجام این پژوهش توسط دانشگاه صنعتی اصفهان فراهم شده است که بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی اعلام می‌شود.

منابع

امیدبیگی، ر. (۱۳۷٦) رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد ۲، انتشارات طراحان نشر، تهران.

امیری، الف. و بانی نسب، ب. (۱۳۹۵) اثر سالیسیلیک اسید بر برخی ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی دانهال‌های بادام تلخ در شرایط تنش کلرید سدیم. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۱۷: ۱۲-۱.

حسیبی، ن.، منوچهری کلانتری، خ.، مظاهری، م. و احمدی موسوی ، ع. (۱۳۸۷) اثر متیل جاسمونات، اتیلن و برهمکنش آنها بر جوانه زنی بذر و برخی عامل‌های بیوشیمیایی دانه رست‌های کلزا (*Brassica napus* L.). زیست شناسی ایران ۲۱: ۲۱۵-۲۰٦.

ستایش مهر، ز. و اسماعیل زاده بهابادی، ص. (۱۳۹۲) اثر تنش شوری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.). نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی ۲۰ : ۱۲۸-۱۱۱.

سفیدکن، ف. (۱۳۷۸) بررسی اسانس اندام‌های هوایی ومیوه گشنیز. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۱۳: ۳۸-۳۲.

سلیمی، ف. و شکاری، ف. (۱۳۹۱) تأثیر متیل جاسمونات و تنش شوری روی برخی خصوصیات ریخت شناسی و عملکرد گل در بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilia* L.). زیست شناسی گیاهی ٤: ۳۸-۲۷.

سلیمی، ف.، شکاری، ف. و حمزه‌ئی، ج. (۱۳۹۳) تأثیر تنش شوری و محلول‌پاشی متیل جاسمونات بر سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، کارائی مصرف آب و عملکرد بابونه آلمانی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱۲: ۳۳٤-۳۲۸.

سلیمی، ف.، شکاری، ف.، عظیمی، م. ر. و زنگانی، الف. (۱۳۹۰) نقش متیل جاسمونات در بهبود مقاومت به شوری از طریق تأثیر بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک در گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷: ۷۱۱-۷۰۰.

سیدلر فاطمی، ل.، طباطبایی، ج. و فلاحی، الف. (۱۳۸۸) تأثیر سیلیسیوم بر شدت فتوسنتز و غلظت عناصر غذایی گیاه توت فرنگی در شرایط تنش شوری. دانش کشاورزی پایدار ۱۹: ۱۱۷-۱۰۷.

شریعتمداری، م. ح.، زمانی، غ. و سیاری، م. ح. (۱۳۹۰) اثرات شوری و محلولپاشی آهن بر شاخص سطح برگ، درصد جذب نور و رابطه آنها با عملکرد دانه آفتابگردان. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۹: ۲۹۳-۲۸۵.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

صید پور، ف. و سیاری، م. (۱۳۹۵) اثر متیل جاسمونات در افزایش تحمل به سرمازدگی گیاهچه‌های خیار (*Cucumis sativus* L.). نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ٦: ۵۹-٤۷.

کرامت، ب. و دانشمند، ف. (۱۳۹۱) نقش دوگانه متیل جاسمونات بر عملکردهای فیزیولوژیک در گیاه سویا (*Glycine max* L.). فرآیند و کارکرد گیاهی ۱: ۳۸-۲٦.

مقدم، م. و طالبی، م. (۱۳۹۵) اثر شوری و متیل جاسمونات بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی دو رقم ریحان. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۲: ۹۸-۸۱.

هاشمی نیا، س .م.، کوچکی، ع. و قهرمانی، ن. (۱۳۷٦) بهره برداری از آب های شور در کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

Aftab, T., Masroor, M., Khan, A., Teixeira, D., Ailva, J. A., Idrees, M. and Naeem, M. (2011) Role of salicylic acid in promoting salt stress tolerance and enhanced artemisinin production in *Artemisia annua* L. Journal of Plant Growth Regulation 30: 425-435.

Akbarinia, A., Daneshian, J. and Mohmmadbiegi, F. (2006) Effect of nitrogen fertilizer and plant density on seed yield, essential oil and oil content of *Coriandrum sativum* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22: 410–419.

Ashraf, M. and Bashir, A. (2003) Salt stress induced changes in some organic metabolites and ionic relations in nodules and other plant parts of two crop legumes differing in salt tolerance. Flora 198: 486-498.

Babst, B. A., Ferrieri, R. A., Gray, D. W., Lerdau, M., Schlyer, D. J., Schueller, M., Thrope, M. R. and Orians, C. M. (2005) Jasmonic acid induces rapid changes in carbon transport and partitioning in Populus. New Phytologist 167: 63-72.

Bandeoglu, E., Egidogan, F., Yucel, M. and Avni Oktem, H. (2004) Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl- salinity stress. Journal of Plant Growth Regulation 42: 69-77.

Cavalanti, F. R., Lima, J. P. M. S., Silva, S. L. F., Viegas, R. A. and Silveira, J. A. G. (2007) Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. Journal of Plant Physiology 164: 591-600.

Choi, D.W., Jung, J. D., Ha, Y. I., Park, H. W., In, D. S., Chung, H. J. and Liu, J. R. (2005) Analysis of transcripts in methyl jasmonate-treated ginseng hairy roots to identify genes involved in the biosynthesis of ginsenosides and other secondary metabolites. Plant Cell Reports 23: 557-566.

Cicek, N. and Cakirlar, H. (2002) The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Bulgarian Journal of Plant Physiology 28: 66-74.

Comparot, S. M., Graham, C. M. and Reid, D. M. (2002) Methyl jasmonate elicits a differential antioxidant response in light and dark grown canola (*Brassica napus*) roots and shoots. Journal of Plant Growth Regulation 38: 21-30.

Dazy, M., Jung, V., Ferard, J. and Masfaraud, J. (2008) Ecological recovery of vegetation on a coke-factory soil: Role of plant antioxidant enzymes and possible implication in site restoration. Chemosphere 74: 57-63.

El-hendawy, S. E., Hu, Y. and Schmidhalter, U. (2005) Growth, ion content, gas exchange and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerance. Australian Journal of Agricultural Research 56: 123-134.

Fedina, I. S. and Dimova, L. M. (2000) Methyl jasmonate-induced polypeptides in *Pisum sativum* roots soluble proteins. Physiol des plantes 53: 59-65.

Grattan, R. S. and Grieve, C. M. (1999) Salinity-mineral nutrient relation in horticultural crops. Scientia Horticulturae 78: 127-157.

Han, H. S. and Lee, K. D. (2005) Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1: 210-215.

Hasegava, P. M., Bressan, R. A., Kung Zhu, J. and Bohnert, H. J. (2000) Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 51: 463–99.

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.

Kang, D. J., Seo, Y. J., Lee, J. D., Ishii, R., Kim, K. U., Shin, D. H., Park, S. K., Jang, S. W. and Lee, I. J. (2005) Jasmonic acid differentially affects growth, ion uptake and abscisic acid concentration in salt-tolerant and salt-sesitive rice cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science 191: 273-282.

Kerepesi, H. and Galiba, G. (2000) Osmotic and salt stress induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedling. Crop Science 40: 482-487.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

Koca, H., Bor, M., Ozdemir, F. and Turkan, I. (2007) The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. Environmental and Experimental Botany 60: 344-351.

Kozlowski, G., Buchala, A. and M´etraux, J. P. (1999) Methyl jasmonate protects Norway spruce (*Picea* abies (L.) Karst.) seedlings against Pythium against *Pythium ultimum*Trow. Physiological and Molecular Plant Pathology 55: 53-58.

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

Li, L., van Staden, J. and Jager, A. K. (1998) Effect of plant growth regulators on the antioxidant system in seedling of two maize cultivars subjected to water stress. Plant Growth Regulation 25: 81-87.

Lichtenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. (1983) Determinations of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions 11: 591 - 592.

Lorenzo, O. (2003) Ethylene response factor 1 integrates signals from ethylene and jasmonate pathways in plant defense. Plant and Cell 15:165-178.

Lutts, S., Kinet J. M. and Bouharmon, J. (1996) NaCl-induced senescence in leave of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany 78: 389-398.

Munnes, R. (2002) Comprative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25: 239-250.

Owen, C. P. (1992) Plant analysis reference producers for the southern region of the United States. The University of Georgia, 33-45.

Pang, X. M., Zhang, Z. Y., Wen, X. P., Ban, Y. and Moriguchi, T. (2007) Polyamines, all-purpose players in response to environment stresses in plants. Plant Stress 1: 173-188.

Parida, A. K. and Das, A. B. (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.

Parra-Lobato, M. C., Fernandez-Garcia, N., Olmos, E., Alvares-Tinaut, M. C. and Gomez-Jimenez, S. (2009) Methyl jasmonate-induced antioxidant defence in root apoplast from sunflower seedlings. Environmental and Experimental Botany 66: 9-17.

Piotrowska, A., Bajguz, A., Godlewska Zylkiewicz, B. and Czerpak, R. (2009) Jasmonic acid modulator of lead toxicity in aquatic plant *Wolffia arrhiza* (Lemnaceae). Environmental and Experimental Botany 66: 507-513.

Popova, L., Ananieva, E., Hristova, V., Christov, K., Georgieva, K., Alexieva, V. and Stoinova, Z. H. (2003) Salicylic acid and methyl jasmonate induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. Bulgarian Journal of Plant Physiology 18: 133-152.

Qian, Z. G., Zhao, Z. J., Xu, Y., Qian, X. and Zhong, J. J. (2004) Novel chemically synthesized hydroxylcontaining jasmonates as powerful inducing signals for plant secondary metabolism. Biotechnology and Bioengineering 86: 809-816.

Sai Kachout, S., Ben Mansoura, A., Jaffel Hamza, K., Leclerc, J. C., Rejeb, M. N. and Ouerghi, Z. (2011) Leaf–water relations and ion concentrations of the halophyte *Atriplex hortensis* in response to salinity and water stress. Acta Physiologiae Plantarum 33: 335-342.

Sairam, R. J., Rao, K. V. and Srivastava, G. C. (2002) Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant science 163: 1037-1046.

Sreenivasulu, N., Sopory, S. K. and Kavi Kishor, P. B. (2007) Deciphering the regulatory mechanisms of abiotic stress tolerance in plants by genomic approaches. Gene 388: 1–13.

Ueda, J. and Saniewski, M. (2006) Methyl jasmonate–induced stimulation of chlorophyll formation in the basal part of tulip bulbs kept under natural light conditions. Journal of Fruit and Ornamental Plant Reserch 14: 199-210.

Wang, D., Shannon, M. C. and Grieve, C. M. (2001) Salinity reduces radiation absorption and use efficiency in soybean. Field Crops Research 69: 267-277.

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

Weatherley, P. (1950) Studies in the water relations of the cotton plant. The field measurement of water deficit in leaves. New Phytologist 49: 81-97.

Weidhase, R., Kramell, H. M., Lehmann, J., Liebisch, H. W., Lerbs, W. and Parthier, B. (1987) Methyl jasmonate-induced changes in the polypeptide pattern of senescing barley leaf segments. Plant Science 51: 177-186.

Xu, Q., Xu, X., Zhao, Y., Jiao, K., Herbert, S. J. and Hao, L. (2008) Salicylic acid, hydrogen peroxide and calcium induced saline tolerance associated with endogenous hydrogen peroxide homeostasis in naked oat seedlings. Journal of Plant Growth Regulation 54: 249-259.

Yang, F., Xiao, X., Zhang, S., Korpelainen, H. and Li, C. (2009) Salt stress responses in *Populus cathayana* Rehder. Plant Science 176: 669-677.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

Zhang, F., Wang, Y. and Wang, D. (2007) Role of nitric oxide and hydrogen peroxide during the salt resistance response. Plant Signaling and Behavior 2: 473– 474.

Zhang, S., Weng, J., Pan, J., Tu, T., Yao, S. and Xu, C. (2003) Study on the photogeneration of superoxide radicals in Photosystem II with EPR spin trapping techniques. Photosynthesis Research 75:41–48.

Zhao, G. Q., Ma, B. L. and Ren, C. Z. (2007) Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of naked oat in response to salinity. Crop Science 47: 123-131.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

Effect of Methyl Jasmonate on some Biochemical and Physiological Parameters of *Coriandrum sativum* L. under Salinity Stress

Morteza Eskandari, Safoora Saadati, Shadab Panahi, Ghasem Akhbarfar, Cyrus Ghobadi*
Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
(Received: 05/09/2017, Accepted: 26/12/2017)

Abstract

An experiment was conducted to study the effect of methyl jasmonate (MJ) on salinity stress alleviation of coriander plantlet. The experiment was set up as factorial experiment in completely randomized design with two factors including NaCl concentration (0, 3 and 6 dS/m) and MJ at three levels (0, 0.25 or 0.5 mM). The results showed that salt stress decreased fresh and dry weight of aerial, concentation of potassium, K/Na ratio, carotenoid, antioxidant capacity and catalase. Parameters such as ion leakage and concentation of aerial sodium were increased by salinity stress. Application of MJ decreased ion leakage and sodium of aerial, but improved fresh and dry weight of aerial, K/Na ratio, antioxidant capacity and catalase. Improved stress indexes in MJ-treated plantlets showed that applied of MJ ameliorated the adverse effects of injury caused by salt stress.

Key Words: Salinity Stress, Coriander, Methyl Jasmonate, Physiological Parameters.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-11-09]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.30.15.9]

Corresponding author, Email: cyrus@cc.iut.ac.ir