# اثر متیل جاسمونات بر برخی پارامترهای فتوسنتزی گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) در شرایط شور

معصومه خالوندی[۱]، محمدرضا عامریان[۱]، همت‌اله پیردشتی[۲*]، مهدی برادران فیروزآبادی[۱] و احمد غلامی[۱]

[۱] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، [۲] گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۲۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۶/۰۲)

**چکیده**

**به منظور بررسی کاربرد متیل‌جاسمونات به عنوان راه‌حلی زیستی جهت ارزیابی تحمل گیاه دارویی نعناع فلفلی به شوری، آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال زراعی ۱۳۹۳ اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل محلول‌پاشی متیل‌جاسمونات (صفر، ۷۵ و۱۵۰ میکرومولار) و تنش شوری (صفر، ۳، ٦، ۹ دسی‌زیمنس بر متر) بود. نتایج نشان داد با افزایش شوری سرعت تعرق، کلروفیل a، کلروفیل b، وزن خشک برگ و بوته، Fv/Fm، Fm، Y(II)، ETR، محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای کاهش یافت و موجب افزایش صفات آنتوسیانین، Fo و NPQ شد. صفات مورد بررسی تحت تاثیر سطوح مختلف متیل‌جاسمونات قرارگرفتند. به‌طوریکه در شوری ۹ دسی زیمنس بر متر، کاربرد غلظت ۷۵ میکرومولار متیل‌جاسمونات، موجب افزایش هشت درصدی آنتوسیانین و کاهش ۳۵ درصدی نشت الکترولیت‌های غشا و از طرفی موجب کاهش اثرات منفی شوری بر هدایت روزنه‌ای (٥٤ درصد افزایش)، ETR (۱۰ درصد افزایش) و محتوای نسبی آب برگ (٦ درصد افزایش) شد. در سطح بالای متیل‌جاسمونات (غلظت ۱۵۰ میکرومولار) اثر بازدارندگی آن بر میزان هدایت روزنه‌ای، ETR و کلروفیل a مشاهده شد. در مجموع، کاربرد متیل‌جاسمونات با بهبود روابط آبی گیاه و افزایش هدایت روزنه‌ای، موجب افزایش سرعت انتقال الکترون و کارایی فتوسیستم II می‌شود که می‌تواند بیانگر نقش مثبت متیل‌جاسمونات در شرایط شور باشد. بنابراین به نظر می‌رسد کاربرد غلظت ۷۵ میکرومولار متیل‌جاسمونات بتواند با افزایش مقاومت به شوری تا حدود زیادی ویژگی‌های رشدی گیاه دارویی نعناع فلفلی را در چنین شرایطی بهبود بخشد.**

**کلمات کلیدی: فلورسانس، کلروفیل برگ، وزن خشک برگ، هدایت روزنه‌ای.**

**مقدمه**

تنش‌های محیطی از عوامل مهم کاهش عملکرد محصولات زراعی در سطح جهان به شمار می‌روند (Shannon, 1997). و بشر برای تأمین امنیت غذایی خود مجبور به استفاده از منابع آبی با کیفیت پایین و شور مانند آب دریا و رودخانه های شور در کشاورزی می‌باشد (سپهری و همکاران، ۱۳۸۸). شوری به عنوان یکی از این عوامل مهم محدود کننده تولید محصول بالغ بر ۳۲ میلیون هکتار از مساحت

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی:pirdasht@yahoo.com

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]

خاک‌های ایران را تحت تأثیر قرار داده‌است که نزدیک به ۲۰ درصد از سطح کل کشور و ۵۵ درصد اراضی قابل کشت را شامل می‌شود (فضائلی و همکاران، ۱۳۸۹). که این مسئله منجر به کاهش میزان تولید محصول از طریق کاهش رشد گیاه و کاهش توسعه فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مانند فعالیت فتوسنتز و محتوای کلروفیل می‌شود (Hajer *et al.*, 2006). تنش شوری با ایجاد تنش خشکی، منجر به بسته شدن روزنه‌ها در گیاه تحت تنش به دلیل مقابله با اتلاف بیشتر آب و کاهش پتانسیل آب بافت‌های تحت تأثیر شوری می‌شود (جوادی‌پور و همکاران ۱۳۹۲). همچنین میزان تجمع کلروفیل در برگ‌ها کاهش می‌یابد و باعث محدود شدن فلورسانس فتوسیستم II می‌شود و هم زمان نمو طبیعی کلروپلاست نیز مختل می‌شود (امیرجانی ۱۳۸۹). در چنین شرایطی، به دنبال کاهش فتوسنتز و کاهش مصرف فرآورده های انتقال الکترون یعنی ATP و NADPH در چرخه کالوین، عملکرد کوانتومی فتوسیستم II کاهش پیدا می‌کند یکی از روش‌های مطالعه این فرآیند، بررسی فلورسانس کلروفیل است. چرا که جریان الکترون در فتوسیستم شاخصی برای میزان کلی فتوسنتز می‌باشد و اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل تخمینی از نحوه عمل فتوسنتز را برای ما امکان‌پذیر می‌سازد (Maxwell and Johnson, 2005). در اثر کاهش جذب آب در شوری بالا میزان سطح برگ کاهش می‌یابد. تنش شوری علاوه بر کاهش سطح برگ موجب کاهش وزن خشک گیاه می‌شود که این امر دلیلی بر کاهش سطح فتوسنتز کننده و نیز بهم خوردن تعادل هورمونی درون گیاه است (سلیمی و همکاران ۱۳۹۳).

امروزه کاربرد جاسمونات‌ها به عنوان یکی از مهمترین تنظیم کننده‌های رشد گیاهی اثرات متفاوتی روی مورفولوژی، فیزیولوژی و فرایندهای بیوشیمیایی دارند (Rezai *et al.*, 2013) و به عنوان انتقال‌دهنده پیام در شرایط تنش (سلیمی و همکاران ۱۳۹۳) این ماده در پاسخ به تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، دمای پایین و شوری، مکانیسم دفاعی گیاه را فعال می‌کنند (Wasternack and Parthier, 1997) و ژن‌های دخیل در عکس‌العمل گیاهان به تنش‌های زنده و غیرزنده را القا می کنند (سلیمی و همکاران ۱۳۹۳)، و خسارت ناشی از کم آبی، سرما و شوری را کاهش می‌دهند (سلیمی و همکاران ۱۳۹۳). گزارش شده که کاربرد متیل جاسمونات در تنش شوری باعث کاهش اثر بازدارندگی NaCl روی رشد، محتوای کلروفیل، سرعت تثبیت $CO_2$، سرعت فتوسنتز و تعرق برگ در گیاه سویا شد (Yoon *et al.*, 2009). همچنین باعث افزایش تولید آنتی‌اکسیدان‌ها شده که می‌تواند مقاومت گیاه در برابر تنش‌های مختلف محیطی را بهبود بخشد (Jamalomidi *et al*, 2013). در برگ گندم و نخود نیز بسته شدن روزنه، کاهش سرعت تعرق و فتوسنتز در کاربرد محلول‌پاشی متیل‌جاسمونات گزارش شده‌است (Pospisilova, 2003). کاهش اثر تنش شوری در کاربرد جاسمونات‌ها توسط سایر پژوهشگران در گیاه فلفل (Rezai *et al.*, 2013)، نخود (Fedina and Tsonev, 1997) و گلرنگ(Ghassemi and Hosseinzadeh, 2015) نیز گزارش شده است.

گیاهان دارویی و معطر در زمینه‌های مختلف از جمله مواد غذایی، کشاورزی، عطر، صنایع دارویی و محصولات طبیعی آرایشی و بهداشتی مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند (Olfa *et al.*, 2009). گیاه دارویی نعناع فلفلی با نام علمی *Mentha piperita* و نام رایج *Peppermint* گیاهی علفی و چند ساله به عنوان یک گیاه دارویی و معطر در نظر گرفته شده‌است و به طور گسترده برای صنایع دارویی و محصولات غذایی تولید می‌شود (Roodbari *et al.*, 2013). از نظر مصارف داروئی نیز به عنوان اسپاسمولیتیک، ضد باکتری و کمک‌کننده هضم غذا می‌باشد (کاظم‌الوندی و همکاران، ۱۳۸۹). استفاده از فناوری های مختلف کشت و کار که افزایش راندمان و بهبود عملکرد گیاهان را موجب می‌شود اجتناب‌ناپذیر است. احتمالا بتوان از طریق یک مدیریت ایده‌آل با استفاده از آب شور در مسیر افزایش غذا گام جدی برداشت. استفاده از آب شور، برای آبیاری می‌تواند یک مدیریت ایده‌آل برای پاسخگویی به افزایش تقاضا برای مواد غذایی باشد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر متیل‌جاسمونات بر بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]

دارویی نعناع فلفلی درشرایط شور طراحی و اجرا شد.

**مواد و روش‌ها**

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (تحت شرایط نور طبیعی و شرایط کنترل شده دمای روز و شب به ترتیب ۲±۲۸ و ۲±۱۵ درجه سانتیگراد و رطوبت حدود ۵±۷۰ ) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و دو فاکتور شامل محلول‌پاشی متیل‌جاسمونات (سطح صفر و ۷۵ و ۱۵۰ میکرو مولار) و چهار سطح شوری (آبیاری با آب شور حاوی مخلوط آب دریای خزر (جدول ۱) و آب معمول شامل چهار سطح صفر، سه، شش و نه دسی‌زیمنس بر متر ) اجرا شد. خاک گلدان‌ها از ماسه و خاک زراعی (به نسبت ۱: ۲) تشکیل شد. ریزوم‌ها در عمق یک سانتیمتری خاک در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۷ سانتیمتری و با گنجایش ۸ کیلو گرم خاک کاشته شد. پس از رشد برگ‌ها (در مرحله چهار برگی)، گلدان‌ها با محلول آماده شده متیل‌جاسمونات قبل از طلوع آفتاب محلول پاشی شدند و بلافاصله به منظور جذب سریعتر، گلدان‌ها آبیاری شدند. آبیاری گلدان‌ها تا مرحله شش برگی با آب مقطر انجام و پس از آن تنش شوری برای هر تیمار اعمال گردید. برای ایجاد زهکشی مناسب و جلوگیری از تجمع نمک، سوراخ‌هایی در ته هرکدام ازگلدان ها تعبیه و در بستر هرگلدان به ارتفاع ۳ سانتی‌متر سنگریزه ریخته شد. آبیاری گلدان ها به منظور رساندن میزان رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه هر سه روز یکبار صورت گرفت. به منظور جلوگیری از تنش ناگهانی به گیاهچه‌ها آبیاری با آب شور به صورت تدریجی با سطح ۲ دسی زیمنس بر متر صورت گرفت و در هر آبیاری به میزان یک دسی زیمنس بر متر به شوری آب افزوده شد تا به سطح نهایی مورد نظر رسید. برای آبیاری گلدان‌های شاهد، از آب مقطر استفاده شد. به منظور کنترل شوری با استفاده از دستگاه EC متر (CON 410، ساخت کشور سنگاپور) مقدار هدایت الکتریکی خاک گلدان‌ها کنترل گردید. پس از گذشت این مدت و اطمینان از اثربخشی تیمار شوری تا ابتدای مرحله گلدهی با آب شور آبیاری شدند، نمونه برداری‌ها برای صفات مورد نظر (در شروع مرحله گلدهی) آغاز شد.

پس از اعمال تنش شوری، اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای در آخرین برگ توسعه‌یافته با استفاده از دستگاه پرومتر (مدل ELE- انگلستان) بین ساعات ۱۰-۱۲ صبح صورت گرفت.

محاسبه غلظت کلروفیل‌ها و کاروتنوئید از برگ‌های کاملاً توسعه یافته با استفاده از روش لیچتن تالر و ولبرن (۱۹۹٤) انجام شد و میزان جذب نور توسط عصاره استخراج شده در طول موج‌های ٦٦٣، ٦٤٦ و ٤٧٠ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرا ئت شد.

میزان آنتوسیانین بر طبق روش کریزک و همکاران (۱۹۹۹) اندازه گیری شد، برای این منظور مقدار ۰/۲ گرم از بافت تازه برگی در هاون چینی با ۱۰ میلی لیتر متانول اسیدی (متیل الکل و کلریدریک اسید خالص با نسبت حجمی ۱:۹۹) کاملاً ساییده شد و پس از سانتریفیوژ، محلول روئی به مدت ۱ شب در تاریکی قرار دادهشد. با اندازه گیری میزان محلول بالایی در طول موج ۵۵۰ نانومتر و با استفاده از فرمول A=εbc مقدار آنتوسیانین قرائت، محاسبه و ثبت شد. در این رابطه، A: شدت جذب، b: عرض کوت برابر با ۱ سانتی متر، c: غلظت آنتوسیانین (mol/g) و ε: ضریب خاموشی برابر با $mol^{-1}\ cm^{-1}$ ۳۳۰۰۰ است.

به منظور اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل در آخرین برگ توسعه‌یافته با استفاده از دستگاه فلورومتر (PAM 2500-Walz, Germany) و بر اساس روش Genty و همکاران (۱۹۸۹) صورت گرفت. بدین منظور، برگ‌ها با استفاده از گیره‌های مخصوص برگ (2030-B, Walz) به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. سپس سرعت انتقال الکترون (ETR)، فلورسانس حداقل (Fo) با همه‌ی مراکز واکنشی باز فتوسیستم II و فلورسانس حداکثر (Fm) با همه‌ی مراکز واکنشی بسته فتوسیستم II در برگ‌های سازگار به تاریکی تعیین شد. با استفاده از پارامترهای تعیین شده در برگ‌های سازگار به تاریکی و روشنایی، میزان فلورسانس متغیر (Fv)، حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیتم II (Fv/Fm)، کارایی کوانتومی

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]

**جدول ۱- تجزیه شیمیایی آب دریا**

| پارامتر | هدایت الکتریکی (EC) | اسیدیته (pH) | سدیم | پتاسیم | کلسیم | منیزیم |
|---|---|---|---|---|---|---|
| واحد | * | | ** | ** | ** | ** |
| مقدار | ۱۵ | ۸/۲ | ۳۷٦۸/٤۸ | ۷۷/۱۱ | ۱۷ | ٥٤/٥ |

*دسی‌زیمنس بر متر ، ** میلی گرم در لیتر

**جدول ۲- مؤلفه‌های بیوفیزیکی اندازه‌گیری شده فلورسانس کلروفیل و معادلات مربوط به آن‌ها**

| | مؤلفه | شناسه | معادله |
|---|---|---|---|
| فلورسانس متغیر | Variable fluorescence | Fv | Fm-Fo |
| حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II | Maximum photochemical quantum yield of photosystem II | Fv/Fm | (Fm-Fo)/Fm |
| کارایی کوانتومی فتوشیمیایی مؤثر فتوسیستم II | Effective photochemical quantum yield of photosystem II | Y(II) | (Fm-Ft)/Fm´ |
| کارایی کوانتومی غیرفتوشیمیایی تنظیم شده فتوسیستم II | Quantum yield of regulated non-photochemical | Y(NPQ) | (Ft/Fm´) - (Ft/Fm) |
| کارایی کوانتومی غیرفتوشیمیایی تنظیم نشده فتوسیستم II | Quantum yield of non-regulated non-photochemical | Y(NO) | Ft/Fm |
| خاموشی غیرفتوشیمیایی | Non-photochemical quenching | NPQ | Fm-Fm'/Fm' |
| خاموشی فتوشیمیایی | Photochemical quenching | qP | (Fm′ - Fs′)/(Fm′ -$F_0$′) |

فتوشیمیایی مؤثر فتوسیستم II [Y(II)] و خاموشی غیرفتوشیمیایی (NPQ) بر اساس جدول ۲ محاسبه گردید.

برای اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ، شش دیسک برگی به قطر یک سانتی‌متر از قسمت میانی پهنک برگ تهیه و پس از توزین به لوله‌های درب‌دار حاوی آب مقطر منتقل و به مدت بیست و چهار ساعت در دمای چهار درجه سانتیگراد و در تاریکی قرار گرفتند. پس از آن دیسک‌های برگی از آب خارج و جهت حذف رطوبت اضافی بین دو لایه کاغذ صافی خشک و سپس وزن آماس آنها اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به آون ۷۰ درجه سانتیگراد منتقل و پس از گذشت ٤۸ ساعت وزن خشک آنها تعیین و در نهایت محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه شد.

RWC= (وزن خشک – وزن آماس) /(وزن خشک- وزن تر) ×۱۰۰

جهت اندازه‌گیری درصد نشت الکترولیت‌ها از سلول نمونه‌های برگ درون آب مقطر با حجم ۱۵ سی سی و به مدت ۲٤ ساعت در تاریکی قرار گرفت پس از آن هدایت الکتریکی اولیه به وسیله دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد اتوکلاو شد و سپس میزان هدایت الکتریکی به وسیله دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد.

درصد نشت یونی= $(EC_2/ EC_1)$ ×100

سپس با نرم افزار آماری SAS آنالیز آماری نتایج انجام شد و آزمون مقایسه میانگین‌ها نیز با روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. شکلها با استفاده از نرم‌افزار اکسل رسم شدند.

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]

**جدول ۳- جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای مورد بررسی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و صفات فیزیولوژیک گیاه نعناع فلفلی**

| منابع تغییر | بلوک | شوری (S) | متیل‌جاسمونات (MJ) | S×MJ | خطای آزمایشی | ضریب تغییرات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| درجه آزادی | ۲ | ۳ | ۲ | ٦ | ۳٦ | (درصد) |
| وزن خشک برگ | ۰/۱۹۵ | ۸/۵۵$^{**}$ | ۰/۹$^{**}$ | ۰/٤$^{ns}$ | ۰/۰۷ | ۹/۱ |
| وزن خشک بوته | ۲/۰۳ | ۱٤۰/۰۰۷$^{**}$ | ۵۲/۵۹$^{**}$ | ۰/۷۳$^{ns}$ | ۱/۰۲ | ۹/٤ |
| هدایت روزنه ای | ۱/۰۹ | ۱۵٤/۸$^{**}$ | ۱٦۲/۱۸$^{**}$ | ۷/٦٤$^{**}$ | ۰/۹۱ | ۱۳/۱ |
| تعرق | ۰/۰۰۲ | ۰/۰٤۲$^{**}$ | ۰/۰۳$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۷ | ۱/۱ |
| آنتوسیانین | ۰/۱۵ | ۲۸/۸٦$^{**}$ | ٤/۱۱$^{**}$ | ۰/۵۵$^{**}$ | ۰/۱٦ | ٦/۲ |
| کلروفیل *a* | ۰/۰٤۲ | ۹/۱٤$^{**}$ | ۳/۵۳$^{**}$ | ۰/۰۸$^{ns}$ | ۰/۰٤ | ٤ |
| کلروفیل *b* | ۰/۰۰٦ | ٤/۲٤$^{**}$ | ۱/٤۱$^{*}$ | ۰/۰٦$^{ns}$ | ۰/۱ | ۷ |
| کلروفیل کل | ۰/۰۸ | ۲۵/۹۵$^{**}$ | ۹/۳۱$^{**}$ | ۰/۲۸$^{ns}$ | ۰/۱۸ | ٤/٤ |
| کاروتنوئید | ۰/۰۰۲ | ۰/۱۱$^{**}$ | ۰/۰۳۲$^{ns}$ | ۰/۰۰٤$^{ns}$ | ۰/۰۱ | ۱٦/۲ |
| محتوای نسبی آب برگ | ۷/۸۸ | ۱۸۵٦/۱$^{**}$ | ۳۲۱/۱۵$^{**}$ | ۲۹/٦۱$^{**}$ | ۲/٤۲ | ۲ |
| نشت الکترولیت | ۱/۸۹۳ | ۸۷٤/٤۲$^{**}$ | ۸۳/۸$^{**}$ | ۲۳/۱۸$^{**}$ | ۳/۳۲ | ۷ |

$^{*}$ و $^{**}$ **به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد**

**جدول ٤- جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای مورد بررسی بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل در گیاه نعناع فلفلی**

| منابع تغییر | بلوک | شوری (S) | متیل جاسمونات (MJ) | S×MJ | خطای آزمایشی | ضریب تغییرات (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| درجه آزادی | | ۳ | ۲ | ٦ | ۳٦ | |
| Fo | ۰/۰۰۵ | ۰/۵۷$^{**}$ | ۰/۰٦$^{**}$ | ۰/۰۱$^{*}$ | ۰/۰۰۷ | ٦/۱ |
| ETR | ۰/٤٤ | ۲۷۳/٤$^{**}$ | ۲۸/۰۲$^{**}$ | ٦/٤۵$^{**}$ | ۱/٦۲ | ۸/۹۸ |
| Fm | ۰/٤۳ | ۹/٤۹$^{**}$ | ۰/٦٤$^{*}$ | ۰/۱ $^{ns}$ | ۰/۱۳ | ٦/٤۸ |
| Fv | ۰/۵۲ | ۱٤/۵٦$^{**}$ | ۱/۰۹$^{**}$ | ۰/۱$^{ns}$ | ۰/۱۳ | ۸/۷۱ |
| Fv/Fm | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۷٤$^{**}$ | ۰/۰۰٦$^{**}$ | ۰/۰۰۰۷$^{ns}$ | ۰/۰۰۰٤ | ۲/۷۸ |
| Y(II) | ۰/۰۰۰۰۷ | ۰/۰۲۳$^{**}$ | ۰/۰۱$^{**}$ | ۰/۰۰۰۱$^{**}$ | ۰/۰۰۰۰٤ | ۱/۲۸ |
| NPQ | ۰/۰۰۱ | ۰/۱۸$^{**}$ | ۰/۰۰۷$^{**}$ | ۰/۰۰۳$^{ns}$ | ۰/۰۰۱ | ٤/۱ |

$^{*}$ و $^{**}$ **به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد**

تنش شوری بر محتوای آنتوسانین، کاروتنوئید، غلظت کلروفیل (a، a+b)، وزن خشک برگ و بوته، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، هدایت روزنه‌ای و تعرق (جدول ۳) و پارامترهای فلورسانس (جدول ٤) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. سطوح متیل‌جاسمونات نیز بر تمام صفات مورد اندازه‌گیری بجز کاروتنوئید اختلاف معنی‌داری نشان داد. اثر متقابل سطوح متیل‌جاسمونات و شوری نیز در صفات هدایت-روزنه‌ای، Y(II)، Y(NPQ)، آنتوسیانین، محتوای نسبی آب برگ و نشت الکترولیت ($P$<۰/۰۱) و Fo ($P$<۰/۰۵) معنی‌دار شد.

تغییرات آنتوسیانین در سطوح مختلف تیمار متیل جاسمونات در پاسخ به افزایش شوری آب آبیاری به صورت

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]

افزایشی بود با این وجود، عکس‌العمل آنتوسیانین نسبت به تنش شوری در سطوح مختلف تیمار متیل‌جاسمونات به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) متفاوت بود. شکل ۱ نشان داد که بیشترین تغییرات میزان آنتوسیانین در کاربرد متیل‌جاسمونات (۷۵ میکرو مولار) در سطوح شوری شش و نه دسی‌زیمنس بر متر (به ترتیب حدود ۸/٦۳ و ۸/۱٤ میکرو مول بر گرم وزن تر) بود. روند تغییرات غلظت بالاتر متیل‌جاسمونات (۱۵۰ میکرو مولار) در سطوح شوری شش و نه دسی‌زیمنس بر متر تقریباً ثابت بوده در حالی که تفاوت معنی‌داری بین کاربرد غلظت ۱۵۰ میکرومولار متیل‌جاسمونات با عدم کاربرد متیل‌جاسمونات در سطوح صفر، شش و نه دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد، که نشان‌دهنده تحریک وابستگی به غلظت متیل‌جاسمونات می‌باشد. نتایج ارائه شده در پژوهش حاضر نشان می‌دهد که کاربرد متیل-جاسمونات (۷۵ میکرو مولار) در سطوح شوری مختلف سبب افزایش تجمع آنتوسیانین‌ها در گیاه شد.

متیل‌جاسمونات مولکول‌های سیگنال مطرحی هستند که بخشی از سیستم پاسخ‌های دفاعی گیاه را تشکیل می‌دهند و می‌توانند در گیاه بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه را از طریق مسیرهای سیگنالینگ مجزا تحریک کنند (اسمعیل‌زاده و همکاران، ۱۳۹٤) و باعث افزایش متابولیت‌های ثانویه مانند آنتوسیانین‌ها و فنل‌ها شود. آنتوسیانین‌ها خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند و از گیاه در برابر واکنش‌های فتودینامیک آسیب رساننده، با سرکوب کردن گونه‌های فعال اکسیژن، حفاظت می‌کنند (قناتی و همکاران، ۱۳۸۹) و در شرایط تنش آبی یا شوری به عنوان یک محلول سازگارکنندهٔ اسمزی عمل کنند (چاپارزاده و زرندی، ۱۳۹۰). تجمع آنتوسیانین در کاربرد متیل‌جاسمونات در توت فرنگی (Lolaei *et al.*, 2013) گزارش شده‌است و این می‌تواند در مطالعه حاضر کاربرد متیل‌جاسمونات را در افزایش میزان آنتوسیانین در شرایط شور در گیاه نعناع فلفلی را توضیح دهد.

مقدار کلروفیل و کاروتنوئید با افزایش شوری به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۵). به‌طوری که میزان کلروفیل a از ٦/۳۵ به ٤ و کلروفیلb از ۵/۵۲ به ۳/۹۲ و کلروفیل کل از ۱۱/۸۷ به ۷/۹٦ (میلی گرم بر گرم وزن تر) به ترتیب از تیمار شاهد به تیمار شوری نه دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت. نتایج نشان داد که بین میزان کلروفیل a و کلروفیلb (**۰/۹۲) و همینطور بین کلروفیل a و کاروتنوئید (**۰/۷۰) همبستگی وجود دارد. زیرا کلروفیل b و کاروتنوئیدها به عنوان رنگدانه-های کمکی و حفاظتی از کلروفیل a، واقع در فتوسیستم‌های کلروپلاست عمل کرده و در جذب و انتقال انرژی نورانی دریافتی به کلروفیل a نقش موثری دارند (آذری و همکاران، ۱۳۹۱). کاروتنوئیدها از طریق دفع انرژی به صورت گرما یا واکنش‌های شیمیایی بی ضرر از فتوسیتم (I) و (II) موجب حفظ غشاهای کلروپلاستی شده، و از طریق چرخه گزانتوفیل باعث مصرف اکسیژن و حفاظت از کلروفیل در مقابل فتواکسیداسیون می‌شوند (دانشمند و همکاران، ۱۳۹۳).

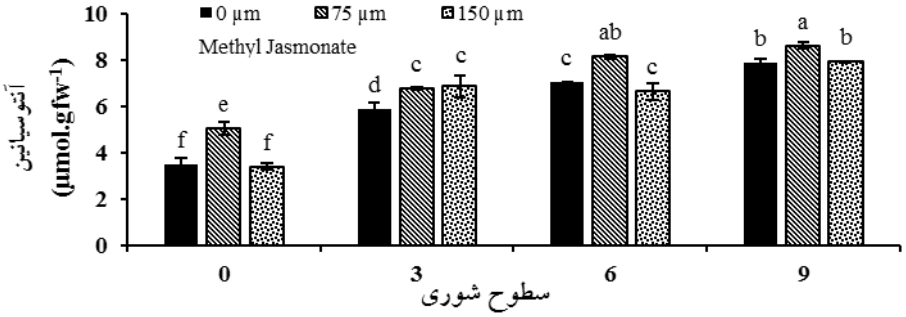
کاهش کلروفیل a و b در اثر تنش شوری توسط سایر پژوهشگران در پنبه (Saleh, 2012)، کلزا (آذری وهمکاران، ۱۳۹۱) و توتون (حاجی‌بلند و ابراهیمی، ۱۳۹۰) نیز گزارش شده است. طبق نتایج بدست آمده از محققین مهمترین علت کاهش میزان کلروفیل، به ویژه در شرایط تنش شدید، می‌توان به کاهش فعالیت آنزیم‌های موثر در سنتز کلروفیل (ALA-دهیدروژناز) (Viera Santo, 2004)، اکسیداسیون نوری سریع-تر کلروفیل نسبت به سنتز آن (امیرجانی، ۱۳۸۹) و تخریب رنگدانه‌های کمکی نسبت داد.

میزان کلروفیل به‌طور متفاوتی به کاربرد متیل‌جاسمونات واکنش نشان داد. با کاربرد سطوح پایین متیل‌جاسمونات (۷۵ میکرومولار)، میزان کلروفیل a به طور معنی‌داری افزایش یافت. اما در سطوح بالای متیل‌جاسمونات اثر بازدارندگی آن بر میزان کلروفیل a مشاهده شد. بطوریکه غلظت ۱۵۰ میکرومولار میزان کلروفیل a را نسبت به شاهد کاهش داد. سطوح بالای جاسمونات با بالابردن سطح اسید آبسیزیک برگ و نهایتا کاهش آنزیم روبیسکو و کلروفیل باعث اختلال در فتوسنتز می‌شود (صفاری و همکاران، ۱۳۹۱).

در این بررسی مقدار کلروفیل b با کاربرد غلظت ۷۵

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]




**شکل ۱- برهمکنش متیل جاسمونات و شوری بر میزان آنتوسیانین نعناع فلفلی. در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار (LSD) در سطح ۵ درصد می‌باشد.**

**جدول ۵- اثر متیل جاسمونات و تنش شوری در تعرق، کلروفیل، کاروتنوئید، وزن خشک برگ و بوته نعناع فلفلی**

| تیمار | سرعت تعرق | کلروفیل (mg.g$^{-1}$ FW) | | | کاروتنوئید (mg.g$^{-1}$ FW) | وزن خشک بوته (g) | وزن خشک برگ (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | a+b | b | a | | | |
| شوری (dS.m$^{-1}$) | | | | | | | |
| ۰ | ۰/۲۸$^{a}$ | ۱۱/۸۷$^{a}$ | ۵/۵۲$^{a}$ | ٦/۳۵$^{a}$ | ۰/٦۷$^{a}$ | ۱٤/۳۷$^{a}$ | ۳/۹۹$^{a}$ |
| ۳ | ۰/۲۳$^{b}$ | ۱۰/٤$^{b}$ | ٤/۸$^{b}$ | ۵/۵۲$^{b}$ | ۰/۵۹$^{ab}$ | ۱۲/۱۲$^{b}$ | ۳/٤۵$^{b}$ |
| ٦ | ۰/۱۸$^{c}$ | ۹/۰۰۱$^{c}$ | ٤/۳۳$^{c}$ | ٤/٦٦$^{c}$ | ۰/٤۸$^{bc}$ | ۸/۹$^{c}$ | ۲/۹٤$^{c}$ |
| ۹ | ۰/۱۲$^{d}$ | ۷/۹٦$^{d}$ | ۳/۹۲$^{d}$ | ٤/۰۳$^{d}$ | ۰/٤۲$^{c}$ | ۵/۳۱$^{d}$ | ۱/۷۱$^{d}$ |
| متیل‌جاسمونات (µM) | | | | | | | |
| ۰ | ۰/۱٦$^{c}$ | ۹/٦۵$^{b}$ | ٤/۵۵$^{b}$ | ۵/۱۰$^{b}$ | ۰/۵۸$^{a}$ | ۱۲/۱٦$^{a}$ | ۲/۷۸$^{b}$ |
| ۷۵ | ۰/۲٦$^{a}$ | ۱۰/۷٦$^{a}$ | ۵/۰۵$^{a}$ | ۵/۷$^{a}$ | ۰/۵٦$^{a}$ | ۷/۹۹$^{c}$ | ۳/۳۲$^{a}$ |

*** و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد**

میکرومولار متیل‌جاسمونات به طور معنی‌داری افزایش یافت اما در غلظت ۱۵۰ میکرومولار تفاوت معنی‌داری با شاهد مشاهده نشد. افزایش میزان کلروفیل a و b در کاربرد متیل جاسمونات به وسیله محققان دیگر در گیاه تربچه (دستجردی و همکاران، ۱۳۹۳)، بابونه آلمانی (سلیمی و همکاران، ۱۳۹۳) و توتون (Jamalomidi et al, 2013) گزارش شده است. در شرایط شوری بالا، کاهش میزان کلروفیل یک مکانیزم تطبیقی برای مقابله با تنش شوری است، چرا که منجر به کاهش بیشتر انتقال الکترون فتوسنتزی و کاهش تولید گونه‌های اکسیژن فعال شود. این امر باعث کاهش فتوسنتز و آسیمیلاسیون $CO_2$ می‌شود (Eisa *et al*., 2012). در واقع به نظر می‌رسد متیل‌جاسمونات با ممانعت از جذب سدیم و کلر توسط ریشه مانع انتقال سدیم به اندام هوایی شده و از آسیب این یون بر اندام هوایی ممانعت می‌کند (Kang *et al*., 2005; Fedina& Dimova, 2000)، و با بیان ژن آنزیم‌های کلیدی دخیل در بیوسنتز کلروفیل موجب تحریک تشکیل ۵- آمینو لوولنیک (دستجردی و همکاران، ۱۳۹۳) و تجمع رنگدانه‌های کلروفیل می‌شوند.

نتایج این آزمایش حاکی از روند کاهشی در پارامترهای ETR، Fv/Fm، Fv و Fm در سطوح مختلف شوری بود (جدول ٦). با بررسی جدول ٦ می‌توان مشاهده کرد که افزایش میزان شوری تا سطح نه دسی زیمنس بر متر، پارامترهای فلورسانس متغییر، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و فلورسانس حداکثر به ترتیب ۴۹/۸۲، ۲۵ و

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]

**جدول ٦- اثر متیل جاسمونات و تنش شوری در فلورسانس کلروفیل برگ نعناع فلفلی**

| تیمار | FV/Fm | Fm | FV | NPQ |
|---|---|---|---|---|
| شوری ($dS.m^{-1}$) | | | | |
| ۰ | ۰/۸٤$^{a}$ | ٦/۷۹$^{a}$ | ٥/۷۲$^{a}$ | ۰/۷۹$^{d}$ |
| ۳ | ۰/۷۷$^{b}$ | ٦/۰۷$^{b}$ | ٤/۷۲$^{b}$ | ۰/۸۷$^{c}$ |
| ٦ | ۰/۷$^{c}$ | ٤/۹۷$^{c}$ | ۳/٥$^{c}$ | ۰/۹٦$^{b}$ |
| ۹ | ۰/٦۳$^{d}$ | ٤/٥۳$^{d}$ | ۲/۸۷$^{d}$ | ۱/۱۲$^{a}$ |
| متیل‌جاسمونات (µM) | | | | |
| ۰ | ۰/۷۳$^{b}$ | ٥/٥$^{b}$ | ٤/۱۱$^{b}$ | ۰/۹۳$^{b}$ |
| ۷٥ | ۰/۷٦$^{a}$ | ٥/۸٥$^{a}$ | ٤/٥٤$^{a}$ | ۰/۹٦$^{a}$ |
| ۱٥۰ | ۰/۷۱$^{b}$ | ٥/٤۲$^{b}$ | ۳/۹٦$^{b}$ | ۰/۹۱$^{b}$ |

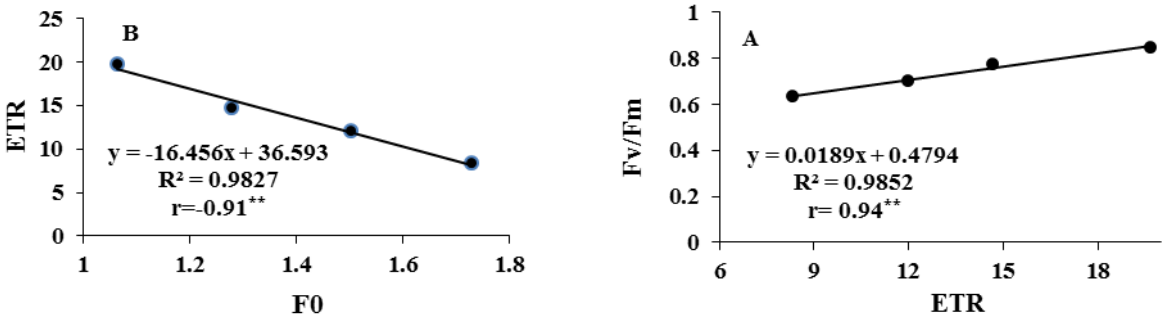
* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

۳۳/۱٦ درصد کاهش یافت. تنش شوری با تغییرات ساختاری در فتوسیستمII، به خصوص در پروتئین $D_1$، بازدارندگی نوری و کاهش پذیرنده‌های الکترون موجب افزایش تولید رادیکال آزاد می‌شود، که می‌تواند منجر به صدمات اکسیداتیو، تخریب کلروفیل، افزایش آسیب اجزای فتوسیستم II و غیر فعال شدن آنزیم کلروپلاست شود (Cui *et al*., 2006). می‌توان گفت آبیاری با سطوح بالای آب دریا از طریق آسیب به زنجیره انتقال الکترون منجر به اختلال و کاهش ظرفیت پذیرش و انتقال الکترون شده و فلورسانس متغیر را کاهش دهد. تنش شوری با تاثیر بر فتوسیستم (II) باعث کاهش Fv/ Fm می‌شود و این اشاره به کاهش سرعت انتقال الکترون در زنجیره انتقال الکترون کلروپلاستی و کاهش پذیرنده‌های الکترون دارد که ممکن است باعث افزایش احتمال تولید رادیکال‌های واکنش پذیر شود، این رادیکال‌های آزاد می‌توانند به اجزا فتوسیستم (II) آسیب وارد نماید (دانشمند و همکاران، ۱۳۹۳). در همین رابطه پژوهش‌ها نشان داد که تنش شوری در گیاه برنج (Moradi and Ismaili, 2007) و ارقام مختلف گندم (Cha-um *et al*., 2009) عملکرد کوانتومی فتوسیستم II را کاهش داد. همچنین تنش شوری موجب کاهش پارامتر فلورسانس حداکثر شد. این کاهش ممکن است با اکسیداسیون کمتر QA (Wilson and Greaves, 1993)، کاهش فعالیت کمپلکس آنزیم تجزیه‌کننده آب و همچنین چرخه انتقال الکترون در درون یا اطراف فتوسیستم II مرتبط باشد (Chaves *et al*., 2009) که موجب کاهش و اختلال در واکنش‌های فتوشیمیایی در شرایط تنش شوری شده‌است.

کاربرد متیل‌جاسمونات به طور قابل توجهی با افزایش کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، موجب بهبود فلورسانس کلروفیل گیاه شد. کاربرد غلظت ۷٥ میکرومولار متیل جاسمونات میزان Fm را هفت درصد نسبت به شاهد افزایش داد در حالی که تفاوت معنی‌داری بین کاربرد غلظت ۱٥۰ میکرومولار متیل‌جاسمونات با شاهد مشاهده نشد. از جمله مطالعات انجام‌شده در این زمینه توسط دانشمندان می‌توان به گزارش‌های قاسمی و حسین‌زاده (۲۰۱٥) بر روی گیاه آفتابگردان اشاره نمود. افزایش راندمان فتوسیستم II ممکن است با اثرات متیل‌جاسمونات بر تراکم مراکز واکنش در هر آنتن کلروفیل فتوسیستم II، عملکرد کوانتومی برای انتقال الکترون و تغییرات ساختاری در پروتئین $D_1$ مرتبط باشد که موجب تغییرات در کارکرد و میزان راندمان الکترون فتوسیستم II می‌شود (Ghassemi and Hosseinzadeh, 2015). بنابراین، می‌توان چنین بیان کرد که کاربرد متیل‌جاسمونات می‌تواند موجب حفظ غلظت کلروفیل مراکز واکنش شود و از این طریق موجب بهبود سرعت انتقال الکترون و افزایش کارایی

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]




**شکل ۲ - رابطه بین سرعت انتقال الکترون با حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (A)، فلورسانس حداقل با سرعت انتقال الکترون (B) در برگ نعناع فلفلی.**

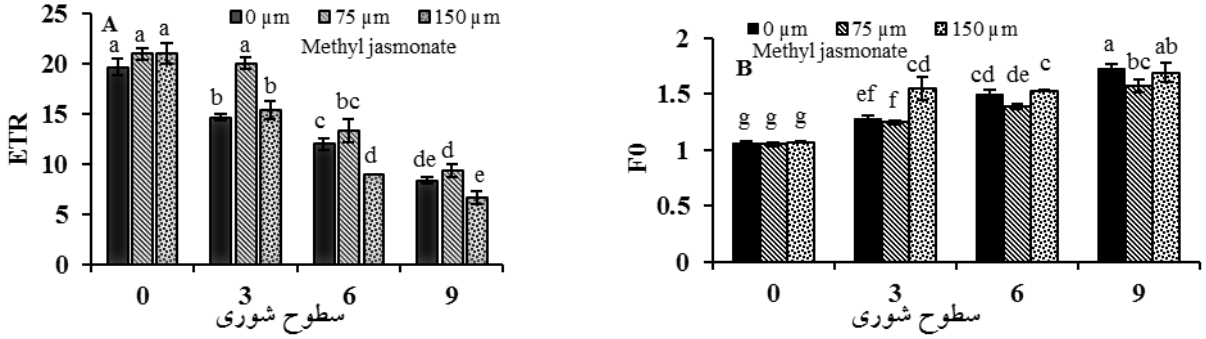
فتوسیستم II شود. شکل ۲ نشان داد که کاربرد متیل جاسمونات و شوری روی ETR موجب بهبود یا تعدیل شرایط تنش شوری شد، در این بررسی سرعت انتقال الکترون در کاربرد متیل‌جاسمونات با غلظت ۷۵ میکرومولار در تیمار شوری ۳ و ٦ دسی زیمنس بر متر به طور معنی‌داری بیشتر از سطوح دیگر این هورمون بود. در تنش شوری، یون‌ها از طریق تخریب لایه لیپید یا ترکیب لیپید- پروتئین روی غشای تیلاکوئید تأثیر گذاشته و از طریق آسیب به فتوسیستم II و سایر اجزای زنجیره انتقال الکترون موجب اختلال یا کاهش شدید انتقال الکترون فتوسنتزی می‌شود (Kanwal *et al.*, 2013). نتایجی نیز مبنی بر کاهش انتقال الکترون در فتوسیستم II در آرابیدوپسیس (Stepien and Johnson, 2009) و آفتابگردان (Ghassemi and Hosseinzadeh, 2015) در پاسخ به تنش شوری گزارش شده است. به طور مشابهی قاسمی و حسین‌زاده (۲۰۱۵) گزارش‌کردند که کاربرد جاسمونیک اسید منجر به افزایش ETR در گیاه آفتابگردان تحت تنش شوری شد.

همچنین همبستگی مثبت (**۰/۹٤) بین سرعت انتقال الکترون با حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (شکل ۲) شاید به این دلیل باشد که نسبت بالای Fv/Fm توانایی گیاه را در محافظت نوری در شرایط تنش افزایش می‌دهد. هرگاه شرایط لازم برای انتقال الکترون از فتوسیستم II مهیا باشد ظرفیت انتقال الکترون فتوسیستم II بالا خواهد رفت و سرعت انتقال الکترون در زنجیره انتقال الکترون کلروپلاستی افزایش می‌یابد. در مطالعه حاضر، به نظر می‌رسد که اثر متیل جاسمونات روی گیاه در سطوح تنش شوری با تخفیف تنش و بهبود سرعت انتقال الکترون بوده‌است.

نتایج داده‌ها (جدول ٤ و شکل ۲) نشان داد که افزایش سطوح شوری موجب افزایش حداقل فلورسانس، در سطح احتمال یک درصد شد. افزایش F در تنش شوری به دلیل افزایش بازدارندگی نوری فتوسیستم II (جوادی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲) و آسیب زنجیره انتقال الکترون فتوسیستم II در اثر کاهش ظرفیت کوئینون آ (QA) و عدم اکسیداسیون کامل آن به دلیل جریان کند الکترون در طول مسیر فتوسیستم II و در مجموع غیرفعال شدن فتوسیستم II می‌باشد (Zlatev and Yordanov, 2004). شکل ۲ بیانگر این است که استفاده از غلظت ۷۵ میکرومولار متیل‌جاسمونات در سطوح مختلف تیمار شوری موجب کاهش Fo شد. بر اساس نتایج آزمون همبستگی و روابط رگرسیونی (شکل ۳)، رابطه‌ی خطی منفی و بالایی (**۰/۹۱-) بین سرعت انتقال الکترون و حداقل فلورسانس کلروفیل مشاهده شد که بیانگر اختلال در زنجیره انتقال الکترون فتوسیستم II در شرایط شوری بالا می‌باشد. به نظر می‌رسد کاربرد محلول‌پاشی متیل‌جاسمونات در شرایط تنش از طریق کاهش Fo، موجب حفاظت مراکز فتوسیستم II شده‌است که این امر باعث افزایش سرعت انتقال و تحمل بیشتر در شرایط تنش شوری شود.

در پژوهش حاضر پارامتر خاموشی غیرفتوشیمیایی (NPQ) در گیاهان تیمار شده با آب شور (جدول ٦)، در تمام سطوح شوری نسبت به شاهد افزایش یافت به‌طوریکه بیشترین میزان

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]




**شکل ۳- برهمکنش متیل‌جاسمونات و شوری برسرعت انتقال الکترون (ETR) (A)، حداقل فلورسانس (Fo) (B) نعناع فلفلی. در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار (LSD) در سطح ۵ درصد می‌باشد.**

خاموشی فتوشیمیایی در سطح شوری نه دسی‌زیمنس برمتر (با ٤١ درصد افزایش نسبت به شاهد) مشاهده شد. در شرایط تنش میزان پارامتر خاموشی غیرفتوشیمیایی (NPQ) افزایش یافت به این دلیل که در شرایط تنش فعالیت چرخه گزانتوفیل سبب افزایش اتلاف انرژی به صورت گرما و افزایش NPQ می‌شود (Chaves *et al.*, 2009). این پارامتر از بیش برانگیختگی فتوسیستم II و خسارت به دستگاه فتوسنتزی ممانعت به عمل می‌آورد (اسدی و همکاران، ١٣٩٤). . بر اساس نتایج آزمون همبستگی و روابط رگرسیونی (شکل ٤)، رابطه خطی منفی و بالای بین پارامتر خاموشی غیرفتوشیمیایی و حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (**۰/۸۳-) بیانگر این است که افزایش NPQ (اتلاف انرژی به صورت گرما) برای مصرف انرژی مازاد و حفظ اکسیداسیون پذیرنده‌های الکترون فتوسیستم II ناکافی بوده (Ort and Baker, 2002) و این امر می‌تواند علت کاهش حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II را در شرایط تنش شوری در گیاه نعناع فلفلی توضیح دهد.

در گیاهان تیمار شده با سطوح مختلف متیل‌جاسمونات میزان پارامتر NPQ بطور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بیشتر از شاهد بود. بطوریکه بیشترین اثر مثبت متیل‌جاسمونات در غلظت ۷۵ میکرومولار (با ۳ درصد افزایش نسبت به شاهد) به‌دست آمد. از طرف دیگر کاهش معنی‌داری در میزان NPQ با کاربرد غلظت ۱۵۰ میکرومولار متیل‌جاسمونات با شاهد مشاهده شد، که نشان دهنده تحریک وابسته به غلظت متیل‌جاسمونات می باشد. افزایش NPQ در کاربرد متیل‌جاسمونات (۷۵ میکرومولار) را می‌توان به دلیل افزایش ظرفیت چرخه گزانتوفیل و توانایی گیاه در دفع تنش از طریق هدر دادن انرژی به صورت گرما دانست (Chaves *et al.*, 2009). و در نتیجه موجب افزایش عملکرد فلورسانس کلروفیل و بهبود حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در گیاه نعناع فلفلی شد.

بر اساس یافته‌ها، روند تغییرات کارایی کوانتومی فتوشیمیایی مؤثر فتوسیستم II [Y(II)]، بطور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) تحت تأثیر اثر متقابل متیل‌جاسمونات و شوری قرار گرفت (جدول ۵). میزان Y(II) در اثر تنش شوری کاهش یافت، و با افزایش میزان شوری از صفر به نه دسی‌زیمنس بر متر این کاهش، شدت یافت (شکل ۵). این کاهش احتمالاً بیانگر کاهش فرآیند فتوسنتزی و آسیمیلاسیون $CO_2$ در اثر تنش شوری می‌باشد. از سوی دیگر، کاربرد متیل‌جاسمونات بطور متفاوتی میزان Y(II) را تحت تاثیر قرار داد. غلظت بالای متیل‌جاسمونات نسبت به عدم کاربرد آن در سطوح شوری صفر تا شش دسی‌زیمنس بر متر به صورت کاهشی و سپس در سطح نه دسی زیمنس بر متر تقریباً ثابت بود. طبق نمودار (۵) بیشترین میزان Y(II) در تیمار متیل‌جاسمونات (۷۵ میکرومولار) در شرایط بدون تنش (۷ درصد نسبت به شاهد) مشاهده‌شد.

از دیگر ویژگی های مورد بحث در این تحقیق هدایت روزنه‌ای است که بطور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) تحت تأثیر اثر متقابل متیل‌جاسمونات و شوری قرار گرفت (جدول ۳). در

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]

پژوهش حاضر، تحت تأثیر غلظت ۷۵ میکرومولار متیل جاسمونات، هدایت روزنه‌ای گیاهان تیمار شده با آب شور افزایش یافت و اثرات مخرب شوری بر هدایت روزنه‌ای به طور معنی‌داری کمتر بود (شکل ۵). به عنوان مثال هدایت روزنه‌ای گیاه تیمار شده با $MJ_2 \times S_0$ (۱۰ درصد نسبت به شاهد) و $MJ_2 \times S_4$ (۵۸ درصد نسبت به $MJ_0 \times S_4$) افزایش نشان داد. به طور کلی، می‌توان گفت که نسبت‌های بالای متیل‌جاسمونات اثرات معکوسی بر میزان هدایت روزنه‌ای داشت، به طوریکه کمترین میزان هدایت روزنه‌ای (۹۱ درصد کاهش نسبت به شاهد) در شوری نه دسی‌زیمنس بر متر و غلظت ۱۵۰ میکرومولار متیل‌جاسمونات دیده شد.

در مطالعه حاضر، به نظر می‌رسد که آبیاری با آب شور، با افزایش فشار اسمزی محلول اطراف ریشه موجب کاهش پتانسیل آب در اطراف ریشه و کاهش جذب آب توسط ریشه شده و کاهش جذب آب موجب القای پاسخ‌های روزنه‌ای می شود. کاهش هدایت روزنه‌ای در شرایط شور قبلا در آفتابگردان (Shahbaz *et al.*, 2011) برنج (Naheed *et al.*, 2007)، کلزا (Qasim *et al.*, 2003) گزارش شد.

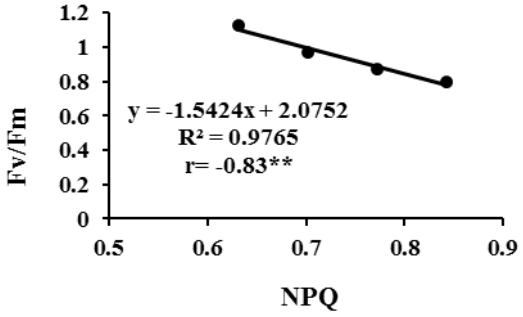
هماهنگ با این آزمایش نتایج کاربرد جاسمونیک اسید قبل از تیمار شوری در گیاه جو که موجب کاهش اثر بازدارندگی NaCl بر هدایت روزنه‌ای و سرعت تعرق می‌شود در آزمایش پوسپیسلووا قبلا گزارش شده‌است (Pospisilova, 2003) به نظر می‌رسد با شدت یافتن تنش، متیل‌جاسمونات برای تخفیف دادن به اثرات مضر شوری، باعث القای بسته‌شدن روزنه‌ها می‌گردد (سلیمی و همکاران ۱۳۹۳). مکانیسم احتمالی فعالیت متیل‌جاسمونات در باز کردن روزنه احتمالا شبیه به آبسزیک اسید در جلوگیری از خروج $H^+$ و نفوذ $K^+$ است (Pospisilova, 2003). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین هدایت روزنه‌ای و کارایی فتوسیستم II (**۰/۸۲)، محتوای نسبی آب برگ (**۰/۷۹) گیاه نعناع فلفلی می‌تواند به این دلیل باشد که گیاه با مساعدت متیل‌جاسمونات از سازوکارهای نظیر جلوگیری از ورود نمک و جذب ترجیحی $K^+$ در شوری‌های ملایم بهره گرفته‌باشد (سلیمی و همکاران، ۱۳۹۰) و با بهبود روابط آبی گیاه و افزایش هدایت روزنه‌ای، سرعت انتقال الکترون و کارایی فتوسیستم II افزایش می‌یابد در نتیجه میزان دی‌اکسید کربن برای استفاده در فتوسنتز، بیشتر می‌شود.

افزایش میزان شوری در این مطالعه موجب کاهش معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) سرعت تعرق در نعناع فلفلی شد به‌طوری که با افزایش شوری از صفر به نه دسی‌زیمنس بر متر سرعت تعرق برگ ۵۶/۴۹ درصد کاهش یافت (جدول ٤). می‌تواند بیان‌کننده این نکته باشد که با افزایش میزان شوری، گیاه جهت کاهش اثرات تنش شوری، و حفظ تعادل آب برگ، اقدام به بستن روزنه‌ها و کاهش خروج آب از گیاه به صورت تعرق نموده است. در مطالعه انجام شده روی ارقام کلزا در شرایط شور در محیط رشد ریشه، کاهش نسبت تعرق و هدایت روزنه‌ای مشاهده شد (Qasim *et al.*, 2003) با این وجود، در گیاهان تیمار شده با سطوح مختلف متیل‌جاسمونات میزان تعرق بطور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بیشتر بود. به‌طوریکه بیشترین اثر مثبت متیل‌جاسمونات در غلظت ۷۵ میکرومولار (با ۳۶ درصد افزایش نسبت به شاهد) به‌دست آمد. این حالت را میتوان به تأثیر متیل‌جاسمونات در روابط آبی و توان افزایش فشار اسمزی سلول‌ها و در نتیجه جذب آب از محیط مرتبط دانست (تنوری و همکاران، ۱۳۹۳).

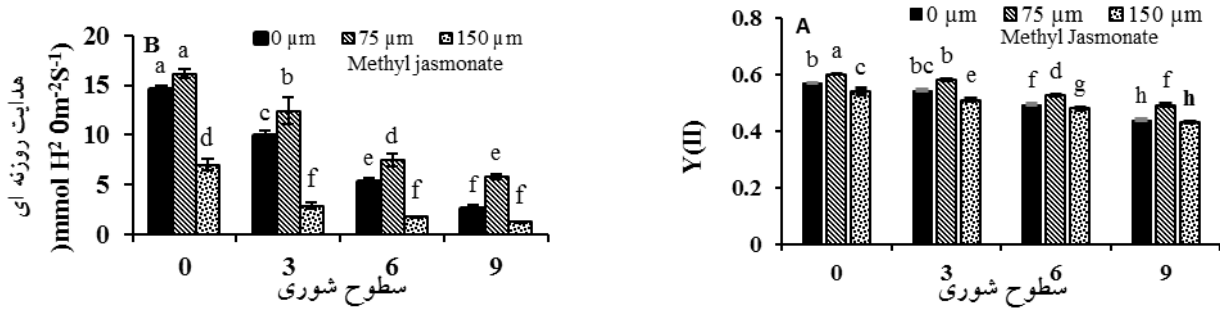
نتایج نشان داد با افزایش شوری محتوای نسبی آب برگ کاهش معنی‌داری در همه تیمارهای اعمال شده در گیاه نعناع فلفلی داشت (شکل ٦). این کاهش به طور عمده در ارتباط با کاهش میزان هدایت روزنه‌ای است و به دنبال آن، با بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تعرق، منجر به کاهش جذب آب از ریشه‌ها می‌شود. در نعناع فلفلی‌های تیمار شده با متیل-جاسمونات این کاهش شدت کمتری داشت به‌طوریکه بر اساس نتایج حاصل، بیشترین و کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ به ترتیب در تیمار $MJ_2 \times S_0$ (۹۹/۳٦ درصد) و $MJ_3 \times S_9$ (٦۰ درصد) به‌دست آمد. به این ترتیب، غلظت ۷۵ میکرومولار متیل جاسمونات در سطوح شوری مختلف عملکرد بهتری در مقایسه با غلظت‌های دیگر این هورمون از خود نشان داد و از طریق حفظ محتوای نسبی آب برگ موجب

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

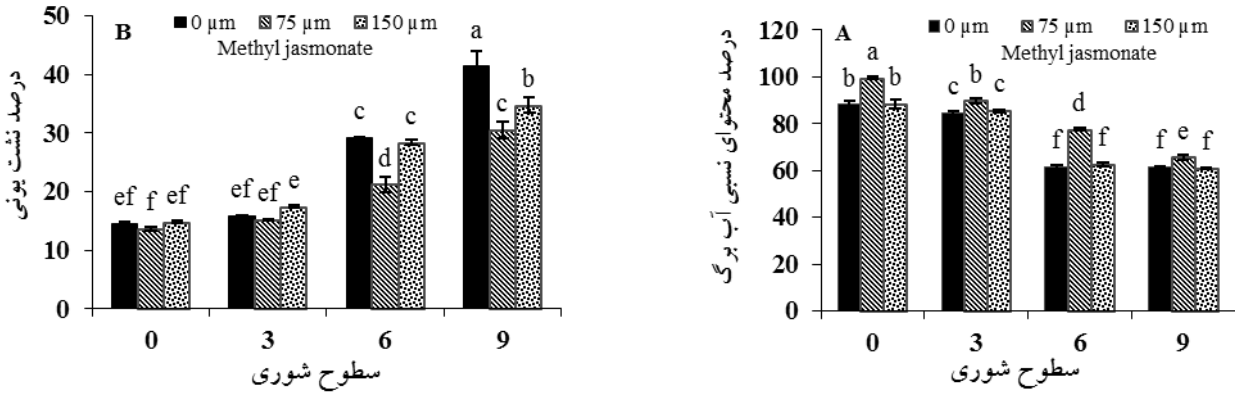
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]




**شکل ٤ - رابطه بین پارامتر خاموشی غیرفتوشیمیایی با حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در برگ نعناع فلفلی**




**شکل ٥- برهمکنش متیل جاسمونات و شوری بر (Y II) (A)، هدایت روزنه‌ای (B) نعناع فلفلی. در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار (LSD) در سطح ٥ درصد می‌باشد.**



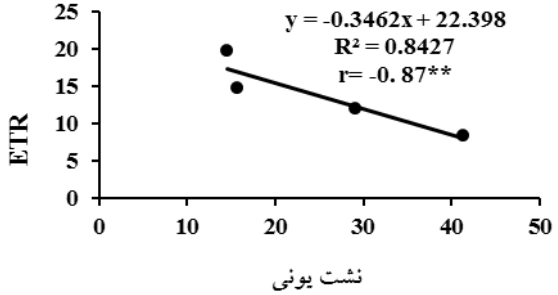

**شکل ٦- برهمکنش متیل جاسمونات و شوری بر محتوای نسبی آب برگ (A)، نشت یونی(B). در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار (LSD) در سطح ٥ درصد می‌باشد.**

تداوم رشد گیاه می‌شود.

مقایسه میانگین اثرات متقابل متیل‌جاسمونات و شوری در صفت نشت یونی دارای اختلاف معنی‌داری بود. به‌طور کلی با اعمال تنش، میزان نشت یونی در تمام تیمارها افزایش پیدا کرد به طوریکه بیشترین میزان نشت یونی (شکل ٦) مربوط به تیمار $MJ_0 \times S_9$ (٤١/٤ درصد) و کمترین آن هم مربوط به تیمار $MJ_2 \times S_0$ (١٣/٥٩ درصد) بود. که بیانگر اثر مثبت متیل جاسمونات در کاهش آسیب به غشای سلول و کاهش میزان نشت یونی بود. در این بین غلظت ٧٥ میکرومولار متیل جاسمونات برتری قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با سطوح دیگر این هورمون در شرایط تنش شوری و عدم تنش از خود نشان داد. بر اساس نتایج آزمون همبستگی و روابط رگرسیونی

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]




**شکل ۷ – رابطه بین سرعت انتقال الکترون با نشت یونی در برگ نعناع فلفلی**

(شکل ۷)، رابطه‌ی خطی منفی و بالایی (**۰/۸۷-) بین سرعت انتقال الکترون و نشت یونی مشاهده شد. به نظر می رسد که تیمار متیل‌جاسمونات با افزایش توان آنتی‌اکسیدانی سلول از جمله آنتوسیانین‌ها موجب افزایش میزان محتوای آب نسبی و کاهش مقدار نشت یونی شده و موجب حفاظت بیشتر از غشاهای سلولی شده و از تخریب کلروفیل ممانعت می‌کند، و شرایط مناسب را برای انتقال الکترون فراهم می‌کند.

با توجه به نتایج، وزن خشک برگ و بوته تحت تاثیر اثر متقابل شوری و متیل‌جاسمونات قرار نگرفت (جدول ۳ و جدول ۵) و روند تغییرات وزن خشک برگ و بوته به شوری، به طور معنی‌داری ($P$<۰/۰۱) کاهشی بود. به‌طوری که با افزایش میزان شوری این کاهش شدت یافت و به حداکثر میزان خود (به ترتیب ٥٥/١٤ و ٦٣ درصد نسبت به شاهد) رسید. آبیاری با آب دریا منجر به اختلال در جذب مواد معدنی، کاهش فتوسنتز، سنتز پروتئین و یا متابولیسم کربوهیدرات می‌شود. تنش شوری از طریق کاهش هدایت روزنه-ای موجب افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن درون روزنه‌ای می‌شود و با جلوگیری از فرآیندهای بیوشیمیایی و سنتز ساکاروز، موجب تقلیل وزن خشک گیاه می‌شود (سلیمی و همکاران ۱۳۹۳) این نتایج با کاهش وزن خشک برگ و بوته در تنش شوری در گیاه کلزا (Ashraf and McNeilly, 2004)، گندم Munns and James, (2003) و سویا (Sharifi *et al*., 2007) همخوانی داشت.

وزن خشک برگ و بوته گیاه نعناع فلفلی تحت تاثیر کاربرد متیل‌جاسمونات قرارگرفت که به میزان غلظت متیل‌جاسمونات بستگی داشت. و در وزن خشک برگ تنها غلظت ۷۵ میکرومولار متیل‌جاسمونات دارای تفاوت معنی‌داری با شاهد بود و میزان وزن خشک را ١٦ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. اما وزن خشک کل بوته در کاربرد متیل‌جاسمونات کاهش یافت. همبستگی مثبت بین میزان وزن خشک برگ و محتوای نسبی آب برگ (**۰/۷۲) و همبستگی مثبت بین وزن خشک برگ و سرعت انتقال الکترون (**۰/۷۷) وجود داشت. زیرا متیل‌جاسمونات از طریق افزایش میزان فتوسنتز موجب افزایش وزن خشک می‌شود. این حالت را می‌توان به توانایی متیل‌جاسمونات در ارتباط با تعادل آبی سلول و افزایش تورژسانس سلول‌ها (تنوری و همکاران، ۱۳۹۳) و در نهایت افزایش رشد برگ مرتبط دانست. کاربرد متیل‌جاسمونات از طریق افزایش سطح برگ و دریافت نور بیشتر و حفظ میزان کلروفیل موجب افزایش فتوسنتز و افزایش وزن خشک می شود.

## نتیجه‌گیری کلی

سطوح مختلف شوری باعث ایجاد آثار منفی بر کلیه صفات مؤثر بر رشد گیاه نعناع فلفلی شد. با این وجود، کاربرد غلظت ۷۵ میکرومولار متیل‌جاسمونات تاثیر مثبتی بر صفات فلورسانس، آنتوسیانین و میزان کلروفیل گیاه نعناع فلفلی داشت. چنین به نظر می‌رسد متیل‌جاسمونات از طریق پایداری بیشتر غشاهای فتوسنتزی، حفظ کلروفیل و افزایش کارایی فتوسیستم II موجب افزایش فتوسنتز و توسعه رشد گیاهی و در نهایت موجب تحمل در برابر شوری می‌شود.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]

## منابع


اسدی صنم، س.، زواره، م. پیردشتی، ه. ا. سفیدکن، ف. و نعمت زاده، ق. (۱۳۹٤). بررسی پاسخ‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea* (L) *Moench*) به تنش دمای پایین. فرآیند و کارکرد گیاهی ۱۲: ۱۱– ۲۸.

اسمعیل‌زاده بهابادی، ص.، رضایی نودهی، آ. و نجفی، ش. (۱۳۹٤). اثر نیتریک اکساید بر میزان رشد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک گیاهچه‌های بادرنجبویه کشت شده در شرایط *In vitro*. مجله سلول و بافت ۲: ۱۹۵– ۲۰۳.

امیرجانی، م. ر. (۱۳۹۱). بررسی مقایسه‌ای بردباری دو واریته گندم (*Triticum aestivum*) در تولید کلروفیل انتقال الکترون نسبت به تنش شوری، مجله علمی پژوهشی سلول و بافت ۲: ۵۷– ٦۷.

آذری، آ.، مدرس ثانوی، س. ع. م، عسکری، ح. قناتی، ف. ناجی، ا. م. و علیزاده، ب. (۱۳۹۱). اثر تنش شوری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دو گونه کلزا و شلغم روغنی (*Brassica napus and B. Rapa*)، مجله علوم زراعی ایران ۲: ۱۲۱–۱۳۵.

تنوری، آ.، قاسم‌نژاد، ع. و علیزاده، م. (۱۳۹۳) تأثیر متیل‌جاسمونات و اسید سالیسیلیک بر صفات مورفولوژیکی و رنگدانه‌های درونی کالوس کنگر فرنگی. به زراعی کشاورزی. ۱٦ (٤): ۸۵۷– ۸٦۹.

جوادی‌پور، ز.، موحدی‌دهنوی، م. بلوچی، ح. ر. (۱۳۹۲) ارزیابی پارامترهای فتوسنتزی، محتوا و فلورسانس کلروفیل برگ ارقام گلرنگ تحت تنش شوری، مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۲: ۳۵– ۳٦.

چاپارزاده، ن. و زرندی میاندوآب، ل. (۱۳۹۰). اثر شوری بر محتوای رنگدانه‌های و رشد دو رقم گیاه کلزا(*Brassica napus*)، زیست شناسی گیاهی ۹: ۱۳–۲٦.

حاجی‌بلند، ر. و ابراهیمی، ن. (۱۳۹۰). تأثیر پلی‌آمین‌های اگزوژن بر رشد، فتوسنتز و متابولیسم فنل‌ها در گیاه توتون تحت تنش شوری، زیست شناسی گیاهی ۸: صفحه ۱۳– ۲٦.

دستجردی، ز.، صفی‌پور افشار، ا. و سعید نعمت پور، ف. (۱۳۹٤) اثر متیل جاسمونات بر جذب و تجمع سرب در گیاه تربچه (*Raphanus sativus*. L)، فرآیند و کارکرد گیاهی ۱۱: ۵۹– ٦۵.

سپهری، م.، صالح راستین، ن. حسینی سالکده، ق. خیام نکویی، م. (۱۳۸۸). بررسی تأثیر قارچ اندوفیت *Piriformospora indica* بر بهبود رشد و افزایش مقاومت گیاه جو (*Hordeum vulgare* L) به تنش شوری، مجله علمی پژوهشی مرتع ۳: ۵۰۸ –۵۱۸.

سلیمی، ف.، شکاری، ف. حمزهئی، ج. (۱۳۹۳). تاثیر تنش شوری و محلول‌پاشی متیل‌جاسمونات بر سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه-ای، کارائی مصرف آب و عملکرد بابونه آلمانی، نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۲: ۳۲۸ – ۳۳٤.

سلیمی، ف.، شکاری، ف. عظیمی، م. ح. زنگانی، ا. (۱۳۹۰). نقش متیل‌جاسمونات در بهبود مقاومت به شوری از طریق تأثیر بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک در گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L)، ٤: ۷۱۱ – ۷۰۰.

صفاری، ر.، مقصودی مود، ع. ا. و صفاری، و. ر. (۱۳۹۲). اثر تنش شوری بر فلورسانس کلروفیل و عملکرد دانه برخی ارقام آفتابگردان (*Helianthus annus* L.)، مجله به‌زراعی نهال و بذر ۱: ۱۰۹–۱۳۰.

دانشمند، ف.، آروین، م. ج. کرامت، ب. (۱۳۹۳). تغییرات ایجاد شده توسط سالیسیلیک اسید در گیاهان گلرنگ *Carthamus tinctorius* L. تحت تنش شوری، مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران) ۲: ۲۰٤– ۲۱۵.

صفاری، غ.، اله‌دادی، ا. آروین، س. م. ج. (۱۳۹۱). تأثیر برخی تنظیم کننده‌های رشد بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه کلزا (*Brassica napus* L.)، نشریه علوم و فناوری بذر ایران ۲: ۱۸۵– ۱۹۲.

فضائلی، ع.، بشارتی، ح. و پیرولی بیرانوند، ن. (۱۳۸۹). تأثیر شوری بر کارایی همزیستی سینوریزوبیوممیلوتی با ارقام مختلف یونجه، مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) ۳: ۲۵۳– ۲٦۳.


[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]

قناتی، ف.، بختیاریان، س. و عبدالمالکی، پ. (۱۳۸۹). تأثیر متیل‌جاسمونات بر متابولیت‌های ثانویه گیاه همیشه بهار *(Calendula officinalis* L.*)*. علوم و فناوری زیستی مدرس ۱: ۲۱- ۳۳.

کاظم‌الوندی، ر.، شریفان، ا. آقازاده مشگی، م. (۱۳۸۹). بررسی ترکیب شیمیایی و اثر ضدمیکروبی اسانس گیاه نعناع فلفلی *(Mentha piperita)*، مجله علمی پژوهشی پاتوبیولوژی مقایسه‌ای ٤: ۳۵۵-۳٦٤.

کرمی، ع. و زارع، م. ج. (۱۳۹۳). پاسخ فیزیولوژیک و تغذیه‌ای گیاه یونجه *(Medicago sativa. cv hamedani)* در تلقیح با قارچ درون‌زی *Piriformospora indica* و باکتری *Azospirillum Spp* تحت تنش شوری، نشریه تولید گیاهان زراعی ۱: ۱۰۹ -۱۲۹.

Ashraf, M., and McNeilly, T. (2004) Salinity tolerance in Brassica oilseeds. Critical Review of Plant Science. 2: 157-174.

Cui, L., Li, J. Fan, Y. Xu, S. and Zhang, Z. (2006) High temperature effects on photosynthesis, PSII functionality and antioxidant activity of two Festuca arundinacea cultivars with different heat susceptibility. Botanical Studies. 47: 61-69.

Eisa, S., Hussin, S. Geissler, N. Koyro, H.W. (2012). Effect of NaCl salinity on water relations, photosynthesis and chemical composition of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a potential cash crop halophyte. Australian Journal of Crop Sciences. 2:357-368.

Cha-Um, S., Supaibulwattana, K. and Kirdmanee, C. (2009) Comparative effect of salt stress and extreme pH stress combined on glycinebetaine accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of two rice genotypes. Rice Science 16(4): 247-282.

Chaves, M., Flaxes, J. and Pinheiro, C. (2009) Photosynthesis under drought and salt stress regulation mechanism from whole plant to cell. Annals of Botany 103: 551-556.

Fedina, I.S., and Dimova, L .M. (2000) Methyl jasmonate-induced polypeptides in *Pisum sativum* roots soluble proteins. Physiol des plantes, 10: 59-65.

Fedina, I. S., and Tsonev, T. D. (1997) Effect of Pretreatment with Methyl Jasmonate on the Response of Pisum sativum to Salt Stress. Journal of Plant Physiology. 151: 735-740.

Ghassemi-Golezani, K., Hosseinzadeh-Mahootchi, A. (2015) Improving physiological performance of safflower under salt stress by application of salicylic acid and jasmonic acid. WALIA. S1: 104-109.

Hajer, A. S., Malibari, A. A. Al-Zahrani, H. S. and Almaghrabi, O. A. (2006) Responses of three tomato cultivars to sea water salinity. Effect of salinity on the seedling growth. African Journal of Biotechnology. 5: 855-861.

Jamalomidi, F. Sarmad, J, Jamalomidi, M. (2013) Changes caused by Methyl Jasmonate in Cocker 347- a cultivar of tobacco (*Nicotine tabacum* L.) under salinity stress. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 5: 1139-1145.

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, 4: 273-282.

Kanwal, S., Ashraf, M. Shahbaz, M. and Yasir Iqbal, M. (2013). Influence of saline stress on growth, gas exchange, mineral nutrients and non-enzymatic antioxidants in Mungbean [(*Vigna Radiata* (L.) WILCZEK]. Pakistan Journal of Botany. 3: 763-771.

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

Lolaei, A., Zamani, S. Ahmadian, E. and Mobasheri, S. (2013). Effect of Methyl Jasmonate on the Composition of Yield and Growth of Strawberry (Selva and Queen Elisa). International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 3: 200-206.

Maxwell, K. and Johnson, G. N. (2005) Chlorophyll fluorescence-a practical guide. Journal of Experimental Botany 51(345): 659-668.

Moradi, F. and Ismaeil M. (2007) Responses of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ROS-scavenging systems to salt stress during seedling and reproductive stages in rice. Annals of Botany 99: 1161-1173.

Munns, R., and James, R. A. (2003) Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil. 253: 201-218.

Naheed, G., Shahbaz, M. Latif, A. and Rha, E. S. (2007) Alleviation of the adverse effects of salt stress on rice (*Oryza sativa* L.) by phosphorus applied through rooting medium: growth and gas exchange characteristics. Pakistan Journal of Botany. 39: 729-737.

Olfa Baatour, R., Kaddour, W. Aidi Wannes, M. and Lachaal Marzouk, B. (2009) Salt Effects on the Growth, Mineral Nutrition, Essential oil Yield and Composition of Marjoram (*Origanum majorana*). Acta Physiologiae Plantarum. 10: 0374.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]

Ort, D. R. and Baker, N. R. (2002) A photoprotective role for O2 as an alternative electron sink in photosynthesis. Current Opinion in Plant Biology 5: 193–198.

Pospisilova, J. (2003) Participation of phytohormones in the stomatal regulation of gas exchange during water stress. Biologia Plantarum. 4: 491-506.

Qasim, M, Ashraf M, Jamil M A, Ashraf M Y, Rehman S U and Rha E S (2003) Water relations and leaf gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus* L.) lines under salt stress. Annual Application of Biology. 142: 307-316.

Rezai, S., Orojloo, M. Shirani Bidabadi, S., Soleimanzadeh, M. (2013) Possible Role of Methyl Jasmonate in Protection to NaCl – Induced Salt Stress in Pepper cv. "Green Hashemi". International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 17: 1235-1238.

Roodbari, N., Roodbari, S. Ganjali, A. and Ansarifar, M. (2013) The Effect of Salinity Stress on Growth Parameters and Essential oil percentage of Peppermint (*Mentha piperita* L.). International Journal of Basic and Applied Science. 1: 294-299.

Saleh, B. (2012) Salt stress alters physiological indicators in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Journal of Soil Environment. 2: 113-118.

Shahbaz, M., Ashraf, M. Akram, N. A. Hanif, A. Hameed, S. Joham, S. and Rehman, R. (2011) Salt-induced modulation in growth, photosynthetic capacity, proline content and ion accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Acta Physiologiae Plantarum. 33: 1113-1122.

Shannon, MC. (1997) Adaptation of plants to salinity. Advances in Agronomy. 60: 75–120

Sharifi, M., Ghorbanli, M. Ebrahimzadeh, H. (2007) Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal fungi. Journal of Plant Physiology. 9: 144-151.

Stepien, P., and Johnson, G. N. (2009). Contrasting Responses of Photosynthesis to Salt Stress in the Glycophyte Arabidopsis and the Halophyte Thellungiella: Role of the Plastid Terminal Oxidase as an Alternative Electron Sink. Journal of Plant Physiology. 149: 1154–1165.

Viera Santo, C. (2004) Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. Scientia Horticulturae. 1: 93-99.

Wasternack, C. and Parthier, B. (1997) Jasmonate-signalled plant gene expression. Trends Plant Sci. 2: 302–307.

Wilson, J.M., Greaves, J. A. (1993) Development of fluorescence based screening programs for temperature and water stress in crop plant. In: Adaptation of food crop to temperature and water stress. Pp.389-398.

Yoon, J. Y., Hamayun, M. Lee, S. K. Lee, I. J. (2009) methyl jasmonate alleviated salinity stress in soybean. Journal of Crop Science and Biotechnology. 2: 63 – 68.

Zlatev, Z. and Yordanov, T. (2004) Effect of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology 30(3-4): 3-18.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]

# Effects of methyl jasmonate on some photosynthetic parameters of peppermint (*Mentha piperita*) in saline conditions

**Masome khalvandi[1], Mohamad reza Amerian[1], *Hematollah Pirdashti[2], Mahdi baradaran[1], Ahmad Gholami[1]**

**[1]Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Shahroud University of Technology, [2]Department of Agronomy, Genetic and Agricultural Biotechnology Institude Tabarestan, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari.**

**(Received: 11/04/2016, Accepted: 23/08/2016)**

**Abstract**

The present study was aimed to evaluate a biological solution to improve peppermint plant growth and production in the salt-affected soil. The experiment was arranged in a factorial experiment based on completely randomized design with three replications in the greenhouse under controlled conditions (28/15 $^{o}$C in day/night). Three levels of methyl jasmonate (0, 75 and 150 µM) and four levels of sea water (0, 3, 6, 9 dS/m) were the treatments. After nine weeks, ETR, Fv/ Fm, Fm, transpiration, RWC, chlorophyll a, chlorophyll b, stomatal conductance and leaf dry weight were measured. The results showed that salinity decreased ETR, Fv/ Fm, Fm, transpiration, RWC, chlorophyll a, chlorophyll b, stomatal conductance and leaf dry weight while increased anthocyanins, Fo and NPQ. The measured traits were influenced by the different levels of methyl jasmonate. Where plants grown at salinity of 9 dS/m and sprayed with 75 µM of methyl jasmonate, anthocyanin increased up to 8% while the membrane electrolyte leakage decreased by 35%. Methyl jasmonate also ameliorate the negative effects of salinity on stomatal conductance (54%), ETR (10%) and leaf relative water content (6%). Higher levels of methyl jasmonate (150 µM), however, had an inhibitory effect on stomatal conductance, chlorophyll a and ETR. Overall, it seems that methyl jasmonat had a positive role under salt conditions due in particular to improving plant water relations, stomatal conductance and therfore, increasing electron transfer rate and the photosystem II efficiency. In conclusion, spraying of methyl jasmonate at the rate of 75 µM improved growth parameters of peppermint medicinal plant under salt cnditions.

**Keywords:** Leaf dry weight, Leaf chlorophyll, Fluorescence parameters, Stomatal conductance.

*Corresponding Author, Email: pirdasht@yahoo.com

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.23.5.8 ]