



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۶
صفحه‌های ۶۶۹-۶۵۳

تأثیر متیل جاسمونات بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و محتوای عناصر غذایی لوبیاچشم‌بلبلی تحت تنش شوری

امید صادقی‌پور*

دانشیار، گروه زراعت، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۸/۱۸

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۲۱

چکیده

به‌منظور بررسی نقش متیل جاسمونات در تحمل به تنش شوری در لوبیاچشم‌بلبلی آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرحی کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ در شهرستان ری انجام شد. تیمارها شامل سه سطح خیساندن بذر در محلول متیل جاسمونات (صفر، ۲۵ و ۵۰ میکرو مولار) به مدت ۲۰ ساعت و سه سطح شوری آب آبیاری (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بود. نتایج نشان داد با افزایش سطح شوری، پراکسایش چربی‌ها، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، اسکوربات پراکسیداز و گلوکاتایون ردکتاز) و غلظت کلر در برگ افزایش می‌یابد، در حالی که غلظت نیتروژن، کلسیم و منیزیم، همچنین نسبت پتاسیم به سدیم کاهش یافت. این تغییرات در نهایت، به کاهش عملکرد دانه انجامید. از سوی دیگر، تیمار بذر با متیل جاسمونات در شرایط عدم تنش تأثیر معناداری بر صفات اندازه‌گیری شده نداشت، ولی کاربرد آن (به‌ویژه غلظت ۵۰ میکرومولار) تحت تنش شوری، موجب فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، کاهش پراکسایش چربی‌ها، کاهش غلظت کلر در برگ، افزایش غلظت نیتروژن، کلسیم و منیزیم، همچنین نسبت پتاسیم به سدیم شد. در نتیجه موجب بهبود عملکرد شد. براساس نتایج این پژوهش، متیل جاسمونات در القای تحمل به شوری از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و تغییر در ترکیب عناصر غذایی در لوبیاچشم‌بلبلی نقش مهمی ایفا می‌کند.

کلیدواژه‌ها: پراکسایش چربی‌ها، پیش‌تیمار بذر، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، عملکرد، کلرید سدیم.

۱. مقدمه

تنش شوری یکی از عوامل مهم محدودکننده تولید محصولات کشاورزی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، است. بیش از ۲۰ درصد زمین‌های قابل کشت دنیا تحت تأثیر شوری قرار دارد که روزه‌روز نیز به آن افزوده می‌شود [۱۷]. کشور ما به دلیل تکیه بر کشاورزی فاریاب در تولید محصولات کشاورزی به شدت در معرض شورشیدن اراضی است. حدود ۵۰ درصد از اراضی، تحت تأثیر انواع آثار شوری قرار دارد. تخمین زده شده است که در مناطق شور موجود، میانگین کاهش عملکرد به بیش از ۵۰ درصد برسد [۱].

لوبیاچشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L. Walp.) یکی از مهم‌ترین حبوبات در مناطق نیمه‌خشک و دارای سطح بالایی از پروتئین است. گیاهی است چند منظوره که علاوه بر دانه آن، به صورت غلاف سبز، علوفه، کود سبز و گیاه پوششی نیز استفاده می‌شود [۱۴]. لوبیاچشم‌بلبلی تحمل خوبی به گرما و خشکی دارد و از پتانسیل بالای تولید در زراعت فاریاب برخوردار است. این گیاه تحمل متوسطی نسبت به شوری دارد، به طوری که در مقایسه با ذرت (*Zea mays* L.) متحمل‌تر و در مقایسه با جو (*Hordeum vulgare* L.)، پنبه (*Gossypium herbaceum* L.)، نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) حساس‌تر است. بسیاری از ارقام لوبیاچشم‌بلبلی در نواحی گرمسیر و نیمه‌گرمسیر کشت می‌شود؛ یعنی، جایی که شوری خاک عامل محدودکننده عملکرد محسوب می‌شود [۳۱].

مهم‌ترین آثار مضر شوری بر رشد گیاه، به کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک، عدم تعادل یونی، سمیت یونی، عدم تعادل هورمونی و تنش اکسایشی نسبت داده می‌شود [۳۳]. غلظت سدیم و کلر در بافت‌های گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند افزایش می‌یابد، در حالی

که جذب عناصر غذایی مهمی نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در آن‌ها کاهش می‌یابد [۲۸، ۳۴، ۴۲]. در بیشتر مواقع، آثار منفی شوری به افزایش غلظت سدیم و کلر در گیاه نسبت داده می‌شود. این یون‌ها با اختلال در سازوکارهای مختلف گیاهی، شرایطی بحرانی برای بقای گیاه ایجاد می‌کنند. در شرایط شور، دلیل سمیت یونی، جایگزینی پتاسیم توسط سدیم و آثار متقابل غیرکووالانسی سدیم و کلر با اسیدهای آمینه پروتئین‌ها و آنزیم‌هاست [۲۲].

تحت شرایط شور، در سلول‌های گیاهی تولید گونه‌های فعال اکسیژن شامل رادیکال سوپراکسید ($O_2^{\cdot-}$) و اکسیژن نوزاد (O_2^1)، رادیکال هیدروکسیل ($\cdot OH$) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) افزایش می‌یابد. این امر موجب بروز خسارت اکسایشی به اجزای سلول، پراکسایش چربی‌ها، تخریب پروتئین‌ها و DNA، بازدارندگی آنزیمی و فعال شدن مسیر مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلول می‌شود [۲۹، ۳۳]. به منظور کاهش و احیای خسارت اکسایشی، سلول‌های گیاهی سازوکارهای آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی را در خود توسعه داده‌اند و قادرند گونه‌های فعال اکسیژن را پاکسازی کنند. این موارد شامل آنزیم‌هایی مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، اسکوربات پراکسیداز (APX) و گلوتاتیون ردکتاز (GR)، همچنین مواد غیر آنزیمی شامل اسید اسکوربیک، گلوتاتیون، فلاونوئیدها، کارتنوئیدها و آلفا توکوفرول است. هم‌بستگی زیادی بین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه و تحمل به تنش شوری در بسیاری از گیاهان مشاهده شده است [۲۳].

سازگاری به تنش‌های محیطی در گیاهان وابسته به فعال شدن به موقع شبکه‌های انتقال پیام است که برنامه مناسب را فعال و سوخت‌وساز را تنظیم کنند. بنابراین،

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، وضعیت عناصر غذایی و عملکرد لوبیاچشم‌بلبلی تحت تنش شوری بود.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش گلدانی در تابستان سال ۱۳۹۴ در شرایط مزرعه و در شهرستان ری با مختصات طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۸ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه و ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا انجام شد. این منطقه دارای اقلیمی خشک با تابستانی گرم و خشک و زمستانی سرد و خشک است. براساس اطلاعات اداره هواشناسی تهران، میانگین درجه حرارت و بارندگی بلندمدت ۳۰ ساله آن به ترتیب ۲۰/۴ درجه سانتی‌گراد و ۲۰۱/۷ میلی‌متر است.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرحی کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه سطح متیل جاسمونات (صفر، ۲۵ و ۵۰ میکرومولار) و سه سطح شوری (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم با هدایت الکتریکی به ترتیب ۰/۱۷، ۵/۲۵ و ۱۰/۵۲ دسی‌زیمنس بر متر) بود [۲، ۱۴، ۳۱]. بذره‌های سالم و یکنواخت لوبیاچشم‌بلبلی (رقم کامران) به مدت پنج دقیقه با هیپوکلریت سدیم ۵ درصد ضدعفونی و سپس به خوبی با آب مقطر شستشو شد. پس از آن و به عنوان تیمار قبل از کشت، بذرها به طور جداگانه و به مدت ۲۰ ساعت در سه محلول صفر، ۲۵ و ۵۰ میکرومولار متیل جاسمونات (مایعی بی‌رنگ با وزن مولکولی ۲۲۴/۳ گرم بر مول) به کمک حلال واسطه اتانول خیسانده شد [۹، ۴۴]. سپس، تعداد ۱۵ بذر به عمق ۳ سانتی‌متر در گلدان‌هایی پلاستیکی به قطر ۴۰ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر (سطحی معادل ۰/۵ مترمربع) در اواخر خرداد ۱۳۹۴ کشت شد. هر گلدان حاوی ۱۵ کیلوگرم خاک به نسبت مساوی از خاک زراعی، کود دامی کاملاً پوسیده و خاک‌برگ بود. ویژگی‌های خاک گلدان‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

شناسایی مولکول‌های پیام‌رسان و تحمل‌کننده تنش شوری مرحله‌ای ضروری در درک بهتر واکنش‌های گیاه به این تنش مطرح است [۹].

اسید جاسمونیک و متیل جاسمونات که در مجموع جاسمونات‌ها گفته می‌شود از مشتقات چربی‌ها و جزء تنظیم‌کننده‌های مهم رشد گیاهی است که در فرایندهای مختلفی همچون جوانه‌زنی بذر، رشد ریشه، زمین‌گرایی، تشکیل کرک، نمو جنین، تعیین جنسیت، باروری، نمو گیاهچه، تشکیل غده، حرکت برگ، رسیدگی میوه و زوال برگ نقش دارد. این ترکیبات پیام‌رسان حیاتی، همچنین سازوکار دفاعی گیاه را در واکنش به تنش‌های زیستی و غیرزیستی تنظیم می‌کند [۱۲]. گزارش شده است که در ارقام متحمل به شوری گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L. در مقایسه با ارقام حساس، سطح جاسمونات‌ها بالاتری دارد [۳۵]. کاربرد اسید جاسمونیک آثار مضر شوری در گیاهچه‌های برنج (*Oryza sativa* L.) را از طریق کاهش تجمع سدیم و حفظ سطوح بالای عناصر غذایی کاهش داد [۲۵]. تیمار اسید جاسمونیک با بهبود وضعیت آبی گیاه، بیوسنتز محافظت‌کننده‌های اسمزی، ترکیب عناصر غذایی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان موجب افزایش تحمل به شوری در بوته‌های بامیه (*Hibiscus esculentus* L.) شد [۹]. کاربرد متیل جاسمونات با کاهش پراکسایش چربی‌ها و نشست غشا باعث بهبود تحمل به شوری در ارقام انگور (*Vitis vinifera* L.) شد [۳۷]. همچنین، تنش شوری غلظت سدیم در اندام هوایی گیاه جو را افزایش داد، با وجود این، تیمار اسید جاسمونیک غلظت این عنصر را کاهش داد [۴۳].

اطلاعات محدودی در مورد تأثیر کاربرد متیل جاسمونات در بهبود تحمل به شوری لوبیاچشم‌بلبلی در دسترس است. لذا، هدف از اجرای آزمایش حاضر بررسی نقش پیش تیمار بذر با متیل جاسمونات بر فعالیت

جدول ۱. ویژگی‌های خاک گلدان‌های آزمایشی

اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس/متر)	کربن آلی (درصد)	نیترژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم/کیلوگرم)	پتاس (میلی‌گرم/کیلوگرم)	بافت
۷/۸	۱/۲	۲/۸	۰/۲۵	۱۸/۵	۴۲۰	لومی شنی

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی استفاده شد [۲۷]. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز براساس سنجش مهار احیای نوری نیترو بلو تترازولیوم اندازه‌گیری شد [۱۰].

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز با پایش تجزیه H_2O_2 در طول موج ۲۴۰ نانومتر انجام گرفت. ۱ میلی‌لیتر کمپلکس واکنشی شامل بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۷، H_2O_2 ۱۰ میلی‌مولار و ۲۰ میکرولیتر محلول آنزیمی بود. واکنش با اضافه‌کردن H_2O_2 در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۳ دقیقه با ضریب خاموشی mm^{-1} $39/4 \text{ cm}^{-1}$ انجام شد. فعالیت آنزیم کاتالاز با کاهش جذب H_2O_2 در طول موج ۲۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. ۱ میکرومول H_2O_2 تجزیه‌شده در دقیقه واحد فعالیت آنزیم کاتالاز و بر حسب واحد بر میلی‌گرم پروتئین بیان شد [۴]. فعالیت آنزیم اسکوربات پراکسیداز با محاسبه کاهش جذب اسکوربات در طول موج ۲۹۰ نانومتر محاسبه شد [۳۲]. سنجش فعالیت آنزیم گلوکاتایون ردکتاز بر پایه کاهش جذب در طول موج ۳۴۰ نانومتر براساس اکسایش NADPH به NADP انجام شد [۱۶]. تعیین میزان مالون دی‌آلدئید یکی از آخرین فرآورده‌های پراکسایش چربی غشاها به روش هیث و پکر [۲۱] صورت گرفت.

نمونه‌های برگی به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرارگرفت و خشک شد. سپس، با آسیاب برقی پودر گردید. پس از آن پودر در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت پنج ساعت قرارگرفت و خاکستر به دست آمد. به خاکستر، پس از سردشدن، ۱۰ میلی‌لیتر

پس از کاشت، آبیاری گلدان‌ها به‌طور منظم و هر دو روز یکبار به میزان ۴ لیتر در هر گلدان با آب معمولی انجام گرفت. در مرحله دوبرگی، پس از تنک‌کردن، در هر گلدان شش بوته قوی و سالم حفظ شد. تیمار شوری شامل سه غلظت صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم از مرحله چهاربرگی و براساس نقشه طرح اعمال شد. به‌منظور جلوگیری از شوک اسمزی، سطح کلرید سدیم به تدریج و به میزان ۲۵ میلی‌مولار هر دو روز یکبار افزایش داده شد تا به غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار رسید. در شروع گلدهی، از سه بوته هر گلدان نمونه‌هایی از برگ‌های بالایی و کاملاً توسعه‌یافته جدا و در ظروف محتوای یخ جهت سنجش صفات بیوشیمیایی بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (اواسط شهریور ۱۳۹۴) نیز از سه بوته باقیمانده در هر گلدان پس از خشک‌کردن کامل، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و عملکرد دانه محاسبه شد.

برای استخراج آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگی در هاون چینی محتوای ۳ میلی‌لیتر بافر سولفات پتاسیم (pH=۷/۸) حاوی ۰/۱ میلی‌مولار EDTA، PVP ۱ درصد (وزنی-حجمی)، تریتون X-100 ۰/۵ درصد و گلیسرول ۲۰ درصد به‌خوبی ساییده شد. سپس، نمونه‌های هموزن‌شده با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. پس از آن، مایع شناور به‌دقت جدا و برای اندازه‌گیری

تأثیر متیل جاسمونات بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و محتوای عناصر غذایی لوبیاچشم‌بلبلی تحت تنش شوری

عدم تنش شوری، کاربرد متیل جاسمونات تأثیر معناداری بر غلظت عناصر غذایی و نسبت پتاسیم به سدیم نداشت. اما، در شرایط تنش، کاربرد آن موجب ایجاد تغییراتی معنادار در این صفات شد. در اثر تنش شوری، غلظت کلر در برگ‌های لوبیاچشم‌بلبلی نسبت به تیمار عدم تنش افزایش یافت. در تیمار ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار نمک، غلظت کلر در مقایسه با شاهد به ترتیب معادل ۳۶ و ۶۹ درصد بیشتر شد. از سوی دیگر، با افزایش شدت تنش، غلظت عناصر غذایی نیتروژن، کلسیم و منیزیم کاهش یافت. این کاهش در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار نمک در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب معادل ۴۰، ۶۳ و ۵۵ درصد بود. همچنین، نسبت پتاسیم به سدیم در اثر این تنش ۶۷ درصد کاهش یافت. پیش‌تیمار بذره‌های لوبیا چشم‌بلبلی با متیل جاسمونات، به‌ویژه غلظت ۵۰ میکرومولار آن تحت شرایط تنش شوری، غلظت کلر را کاهش داد، ولی غلظت عناصر غذایی نیتروژن، کلسیم و منیزیم، همچنین نسبت پتاسیم به سدیم را بالا برد (جدول ۳).

اسید کلریدریک دو نرمال اضافه شد و پس از انتقال به ظروف شیشه‌ای با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید [۱۱]. اندازه‌گیری نیتروژن کل به روش هضم و با دستگاه تمام‌خودکار کجلدال، سدیم و پتاسیم با دستگاه نشر شعله‌ای، کلسیم و منیزیم به کمک دستگاه جذب اتمی و کلر نیز به روش تیتراکردن با یون نقره صورت گرفت. در نهایت، تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار آماری MSTAT-C، مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار اکسل انجام شد.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. غلظت عناصر غذایی موجود در برگ

براساس نتایج جدول ۲، آثار اصلی و متقابل شوری و متیل جاسمونات بر غلظت عناصر غذایی موجود در برگ لوبیاچشم‌بلبلی، همچنین نسبت پتاسیم به سدیم معنادار بود. به‌عبارت دیگر، کاربرد متیل جاسمونات در سطوح مختلف شوری آثار متفاوتی بر این صفات داشت. همان‌گونه که اعداد جدول ۳ نشان می‌دهد، تحت شرایط

جدول ۲. خلاصه تجزیه واریانس غلظت عناصر غذایی برگ لوبیاچشم‌بلبلی تحت تأثیر شوری و کاربرد متیل جاسمونات

میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	کلر	نیتروژن	کلسیم	منیزیم	پتاسیم/سدیم
شوری	۲	۳/۰۴**	۲۴۳/۶۹**	۴۷/۲۲**	۴/۰۶**	۶۸/۴۱**
متیل جاسمونات	۲	۰/۲۳۳**	۲۸/۳۲**	۳/۹۳**	۰/۵۵۴**	۷/۲۹**
آثار متقابل	۴	۰/۰۸۸*	۶/۱۳*	۰/۷۷۴*	۰/۰۹۶*	۰/۹۴۵**
خطا	۱۸	۰/۰۰۹	۵/۹۷	۰/۲۹۷	۰/۰۴۰	۰/۰۲۶
ضریب تغییرات (%)	--	۳/۸۶	۹/۱۱	۸/۲۷	۸/۲۴	۲/۲۶

* و ** به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳. مقایسه میانگین غلظت عناصر غذایی برگ لوبیاچشم‌بلبلی (میلی گرم بر گرم وزن خشک) تحت تأثیر اثر متقابل شوری و کاربرد متیل جاسمونات

کلرید سدیم (میلی مولار)	متیل جاسمونات (میکرومولار)	کلر	نیتروژن	کلسیم	منیزیم	پتاسیم/سدیم
۰	۰	۱/۹۵g	۳۱/۴۴a	۸/۴۴a	۲/۹۸a	۹/۵۶b
۰	۲۵	۱/۹۳g	۳۱/۵۴a	۸/۵۰a	۳/۰۲a	۹/۷۰b
۰	۵۰	۱/۸۹g	۳۱/۶۹a	۸/۵۹a	۳/۰۸a	۱۰/۰۶a
۵۰	۰	۲/۶۵d	۲۵/۲۵c	۶/۳۵b	۲/۲۹bc	۶/۱۱e
۵۰	۲۵	۲/۴۷e	۲۷/۲۵b	۷/۱۱b	۲/۵۲b	۷/۱۳d
۵۰	۵۰	۲/۲۰f	۳۰/۳۲a	۸/۱۸a	۲/۸۸a	۸/۶۲c
۱۰۰	۰	۳/۳۰a	۱۸/۷۳d	۳/۱۱d	۱/۳۳d	۳/۱۹h
۱۰۰	۲۵	۳/۱۰b	۲۱/۰۰cd	۳/۹۸d	۱/۶۶d	۴/۰۹g
۱۰۰	۵۰	۲/۸۵c	۲۴/۰۰bc	۵/۰۸c	۲/۱۲c	۵/۵۳f

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارد.

افزایش غلظت کلر و کاهش غلظت نیتروژن، کلسیم و منیزیم در اثر تنش شوری که در آزمایش حاضر مشاهده شد را سایر محققان نیز گزارش کرده‌اند [۲۴، ۲۶، ۴۲]. تنش شوری، فشار اسمزی محلول خاک را افزایش می‌دهد. این امر جذب آب و مواد معدنی در ریشه‌ها را محدود می‌کند. کلرید سدیم اثری هم‌کاهشی با کلسیم و منیزیم دارد. کاهش غلظت پتاسیم و نیز تجمع سدیم به این امر نسبت داده می‌شود که یون‌های سدیم برای محل‌های ضروری اتصال در سلول با یون‌های پتاسیم رقابت می‌کند [۷]. نتایج آزمایش فوق نشان داد که در شرایط شور، کاربرد هر دو سطح متیل جاسمونات، غلظت کلر را در برگ‌های لوبیاچشم‌بلبلی کاهش داد، اما غلظت نیتروژن، کلسیم و منیزیم را افزایش داد. این امر به روشنی تأثیر مثبت کاربرد متیل جاسمونات در کاهش سمیت سدیم و کلر را نشان می‌دهد [۲۰].

برای تحمل گیاه به تنش‌های محیطی تعادل عناصر غذایی ضروری است. پتاسیم فعال‌کننده مهم آنزیمی و موجب تعادل یونی و افزایش تحمل گیاه می‌شود [۲۸]. کلسیم در حفظ ساختار و ثبات غشا و دیواره سلول و در نتیجه پایداری غشا و تحمل به تنش نقش مهمی ایفا می‌کند. این یون همچنین، پیام‌رسان درون‌سلولی در واکنش گیاهان به تنش‌های محیطی عمل می‌کند. کلسیم در بسیاری از سازوکارهای دفاع القایی در اثر تنش و حفظ نسبت بالای پتاسیم به سدیم دخالت دارد [۴۱]. یون کلسیم همچنین، موجب افزایش جذب انتخابی پتاسیم نسبت به سدیم در سلول می‌شود [۳۰]. در مورد اهمیت کلسیم در کاهش آثار شوری، گزارش شده که کاربرد کلسیم، جذب و انتقال یون‌های سدیم و کلر را در گیاه سنا (*Senna alexandrina* Mill.) کاهش داد [۶]. لذا، در آزمایش حاضر نیز، افزایش غلظت پتاسیم و کلسیم در اثر کاربرد

با وجود این، تیمار گیاهچه‌ها با اسید جاسمونیک باعث بهبود تحمل به شوری از طریق کاهش غلظت سدیم و کلر و افزایش غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزیم، همچنین نسبت پتاسیم به سدیم شد [۹].

یافته‌های ما نشان داد که تحمل به تنش شوری در اثر کاربرد متیل جاسمونات در لوبیاچشم‌بلبلی نه تنها با افزایش جذب نیتروژن، کلسیم و منیزیم، بلکه با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم نیز در ارتباط است. همچنین، غلظت پایین کلر نشان می‌دهد که متیل جاسمونات سازوکار کاهش جذب نمک در لوبیاچشم‌بلبلی را فعال می‌کند. ممانعت از جذب نمک یکی از مهم‌ترین اجزای تحمل به شوری در گیاهان است [۴۳].

۲.۳. میزان مالون دی‌آلدئید

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴)، آثار اصلی و متقابل شوری و متیل جاسمونات بر محتوای مالون دی‌آلدئید برگ لوبیاچشم‌بلبلی معنادار بود. به عبارت دیگر، کاربرد متیل جاسمونات در سطوح مختلف شوری آثار مشابهی بر میزان مالون دی‌آلدئید نداشت. در شرایط عدم تنش شوری، کاربرد متیل جاسمونات تأثیر معناداری بر محتوای مالون دی‌آلدئید نداشت، ولی در شرایط تنش، کاربرد آن موجب کاهش معنادار این صفت شد (شکل ۱). میزان مالون دی‌آلدئید برگ در اثر تنش شوری افزایش یافت، به طوری که تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به ترتیب این صفت را معادل ۳۱ و ۷۹ درصد در مقایسه با تیمار عدم شوری افزایش داد. از سوی دیگر، پیش‌تیمار بذرهای لوبیاچشم‌بلبلی با متیل جاسمونات در هر دو سطح تنش شوری موجب کاهش میزان مالون دی‌آلدئید شد. تیمار ۵۰ میکرو مولار متیل جاسمونات (به‌ویژه در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار) مؤثرتر از ۲۵ میکرومولار آن بود (شکل ۱).

متیل جاسمونات موجب بهبود فعالیت آنزیمی و ثبات غشای سلولی و در نهایت افزایش تحمل به شوری در لوبیاچشم‌بلبلی شد.

منیزیم آنزیم روبیسکو را در فتوسنتز فعال می‌کند. این یون همچنین، در ساخت DNA، RNA و پروتئین شرکت دارد و نیز نقش مهمی در رشدونمو گیاه بازی می‌کند [۱۹]. نتایج ما نشان داد که کاربرد متیل جاسمونات به‌طور معناداری غلظت منیزیم را در بوته‌های لوبیاچشم‌بلبلی تحت تنش شوری افزایش داد که ممکن است باعث افزایش فتوسنتز، رشد و در نهایت عملکرد گیاه شود. این نتایج با یافته‌های سایر محققان مبنی بر بهبود تعادل عناصر غذایی گیاه در اثر کاربرد متیل جاسمونات تحت تنش شوری مطابقت دارد [۹، ۲۵، ۳۸].

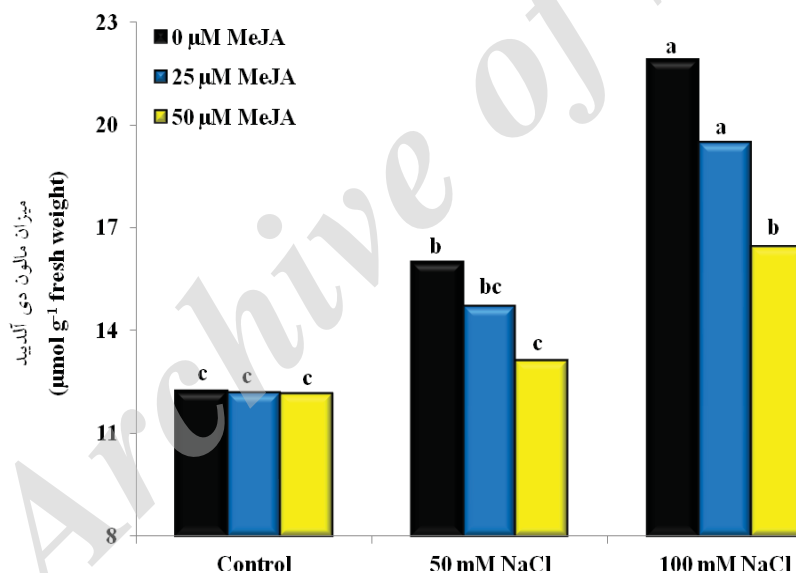
در آزمایش حاضر، نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط تنش نمک کاهش یافت. کاهش این نسبت را می‌توان به اثر رقابتی بین سدیم و پتاسیم در نواحی جذب سلول‌های ریشه نسبت داد [۳۴]. نسبت بالای پتاسیم به سدیم یکی از سازوکارها و شاخص‌های مهم در تحمل به شوری است. در خاک‌های شور، نسبت مناسب پتاسیم به سدیم در گیاه، در تنظیم اسمزی سلول، حفظ آماس سلول، حرکت روزنه‌ها، فعالیت آنزیم‌ها، ساخت پروتئین، سوخت‌وساز آنتی‌اکسیدان‌ها و فتوسنتز اهمیت زیادی دارد [۴۲].

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تأثیر مثبت متیل جاسمونات در جذب پتاسیم و تأثیر بازدارندگی آن بر جذب سدیم یکی از دلایل بهبود تحمل به شوری لوبیاچشم‌بلبلی است. پتاسیم برخی آنزیم‌ها را فعال می‌کند. همچنین، نقش مهمی در ساخت پروتئین و حرکت روزنه‌ها دارد. این اعمال توسط یون سدیم قابل انجام نیست [۹]. هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر، گزارش شده که آبیاری بوته‌های بامیه با آب شور به افزایش غلظت سدیم و کلر و کاهش غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزیم و همچنین نسبت پتاسیم به سدیم می‌انجامد.

جدول ۴. خلاصه تجزیه واریانس مالون دی آلدئید، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و عملکرد دانه لوبیاچشم‌بلبلی تحت تأثیر شوری و متیل جاسمونات

میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	مالون دی آلدئید	سوپر اکسید دیسموتاز	کاتالاز	اسکوربات پراکسیداز	گلوتاتیون ردکتاز	عملکرد دانه
شوری	۲	۱۱۶/۱۷**	۱۲۰۵/۷۴**	۸۰۳/۴۱**	۷۵۸/۰۹**	۸۱/۷۲**	۱۵۳۳/۹۹**
متیل جاسمونات	۲	۱۷/۷۹**	۵۵۰/۵۰**	۳۴۸/۷۳**	۳۸۸/۱۸**	۳۳/۶۱**	۵۷/۷۱*
آثار متقابل	۴	۵/۴۲*	۱۵۴/۳۱**	۹۶/۹۸**	۱۰۴/۶۱**	۱۰/۶۷**	۱۶/۵۷*
خطا	۱۸	۲/۴۵	۲/۲۲	۱/۶۸	۴/۳۳	۰/۲۱	۱۳/۵۴
ضریب تغییرات (%)	--	۹/۱۹	۴/۸۳	۵/۶۲	۶/۳۳	۴/۷۳	۱۰/۴۵

* و ** به ترتیب غیر معنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ۱. تأثیر کاربرد متیل جاسمونات بر میزان مالون دی آلدئید برگ لوبیاچشم‌بلبلی تحت تنش شوری

به تنش اکسایشی است که شاخصی در تعیین تحمل به تنش استفاده می‌شود. تنش شوری با القای خسارت اکسایشی، به غشاهای سلولی آسیب می‌زند. در نتیجه، موجب افزایش محتوای مالون دی آلدئید می‌شود [۱۴، ۲۸]. کاربرد جاسمونات‌ها در شرایط تنش شوری با پاکسازی

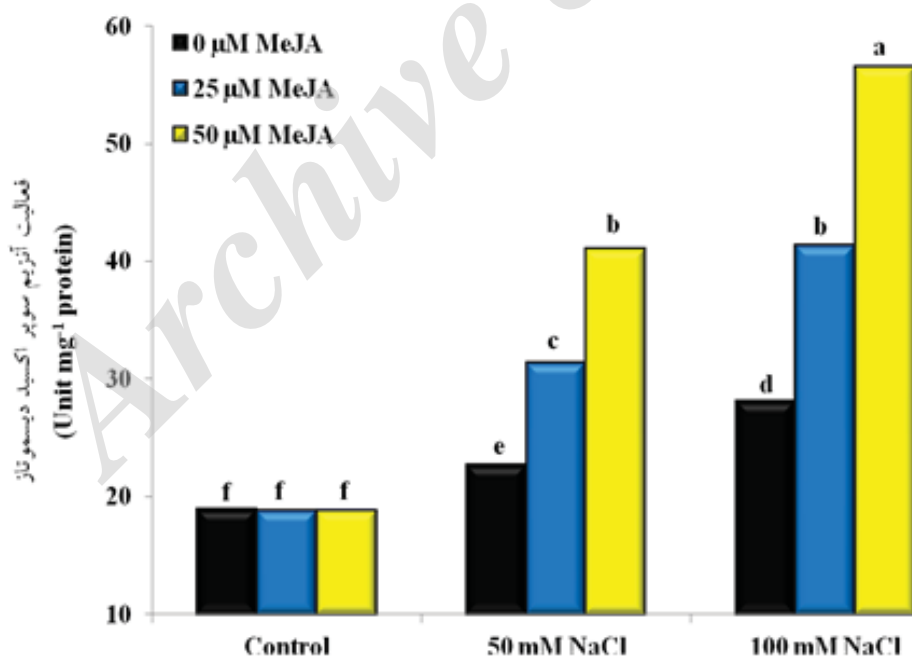
پراکسایش چربی‌ها توسط رادیکال‌های آزاد نقش مهمی در تخریب غشاهای زیستی ایفا می‌کند. میزان پراکسایش چربی‌ها توسط محتوای مالون دی آلدئید اندازه‌گیری می‌شود که یکی از تولیدات نهایی این فرایند است. میزان پایین مالون دی آلدئید نشان‌دهنده تحمل بالاتر

بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نداشت اما در شرایط تنش، کاربرد آن موجب افزایش فعالیت این آنزیم‌ها شد (شکل ۲ تا ۵). فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش شوری افزایش یافت. این افزایش فعالیت، در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار برای آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، اسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردکتاز به ترتیب معادل ۴۸، ۵۹، ۲۸ و ۳۳ درصد در مقایسه با تیمار عدم شوری بود. با وجود این، تیمار بذرها قبل از کاشت با متیل جاسمونات موجب افزایش بیشتر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تحت شرایط تنش شوری شد. تیمار ۵۰ میکرومولار متیل جاسمونات مؤثرتر از ۲۵ میکرومولار آن بود (شکل ۲ تا ۵).

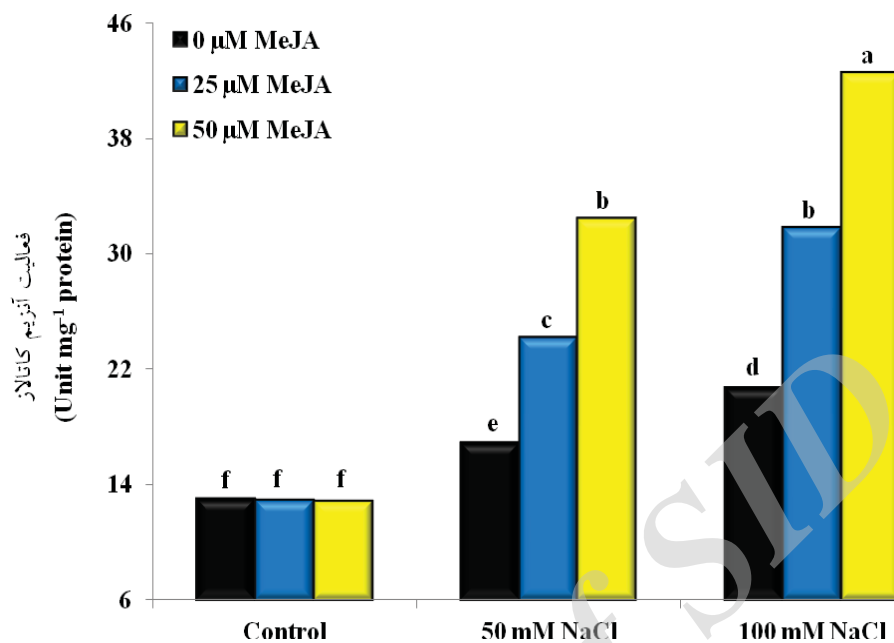
رادیکال‌های آزاد و کاهش پراکسایش چربی‌های غشا، از افزایش میزان مالون دی‌آلدئید می‌کاهد [۹، ۳۷]. کاهش پراکسایش چربی‌ها و حفظ یکپارچگی غشاهای زیستی یکی از دلایل بهبود تحمل به تنش شوری در اثر کاربرد متیل جاسمونات است.

۳.۳. فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

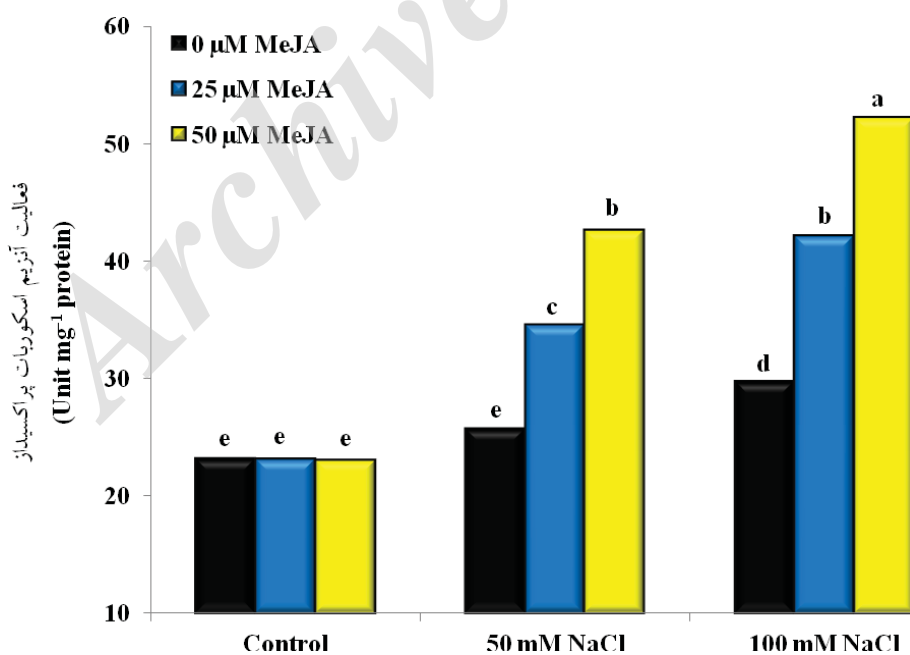
جدول ۴ نشان می‌دهد که آثار اصلی و متقابل شوری و متیل جاسمونات بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان برگ لوبیاچشم‌بلبلی معنادار بود. به عبارت دیگر، کاربرد متیل جاسمونات در هر سه سطح نمک، آثار متفاوتی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان داشت، به طوری که در شرایط عدم تنش شوری، کاربرد متیل جاسمونات تأثیر معناداری



شکل ۲. تأثیر کاربرد متیل جاسمونات بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز برگ لوبیاچشم‌بلبلی تحت تنش شوری

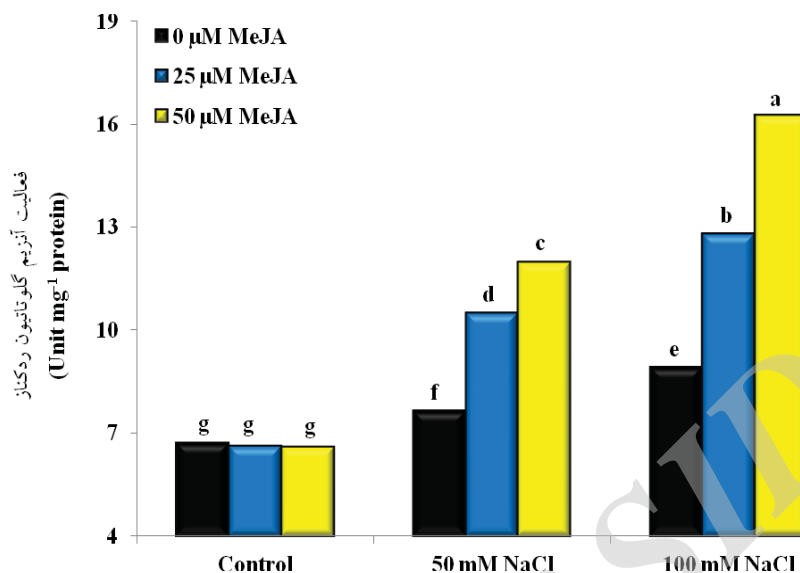


شکل ۳. تأثیر کاربرد متیل جاسمونات بر فعالیت آنزیم کاتالاز برگ لوبیاچشم‌بلبلی تحت تنش شوری



شکل ۴. تأثیر کاربرد متیل جاسمونات بر فعالیت آنزیم اسکوربات پراکسیداز برگ لوبیاچشم‌بلبلی تحت تنش شوری

تأثیر متیل جاسمونات بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و محتوای عناصر غذایی لوبیاچشم‌بلیلی تحت تنش شوری



شکل ۵. تأثیر کاربرد متیل جاسمونات بر فعالیت آنزیم گلوکوتایون ردکتاز برگ لوبیاچشم‌بلیلی تحت تنش شوری

تحقیق حاضر با یافته‌های سایر محققان کاملاً مطابقت دارد [۵، ۸، ۳۶].

در آزمایش حاضر، با وجود افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در اثر شوری، این افزایش فعالیت در برطرف کردن آثار مضر شوری کافی نبود، چون نتوانست از پراکسایش چربی غشاها جلوگیری کند. اما تیمار بذرها با متیل جاسمونات فعالیت این آنزیم‌ها را در شرایط تنش افزایش بیشتری داد و توانست آثار مخرب شوری را کاهش دهد و از میزان پراکسایش چربی‌ها بکاهد.

مشابه با این نتایج در مورد تأثیر متیل جاسمونات بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، گزارش شده است که در تنش کادمیم نیز، تیمار متیل جاسمونات موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و بهبود تحمل به تنش می‌شود [۳۹]. همچنین، تحت تنش خشکی، پیش‌تیمار بذرها ذرت با متیل جاسمونات با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پرکسیداز موجب بهبود تحمل به تنش شد [۳]. لذا، به‌نظر

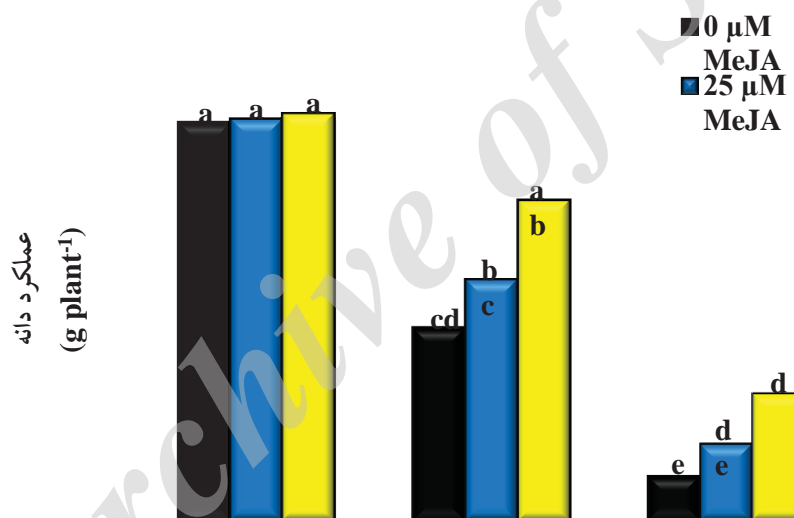
در شرایط بدون تنش، تعادل بین تولید و حذف گونه‌های فعال اکسیژن در گیاهان به‌خوبی حفظ می‌شود. اما، در صورت وجود عوامل تنش‌زا، از جمله شوری، این تعادل از بین می‌رود و گونه‌های فعال اکسیژن در سلول به میزان زیادی انباشته می‌شود. این امر به بروز تنش اکسایشی می‌انجامد. بنابراین، توانایی دفاع آنتی‌اکسیدانی در گیاهان تحت تنش بسیار ضروری است [۲۸]. آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نخستین سد دفاع سلولی است و یون‌های سوپر اکسید را با اکسید و احیا تبدیل به H_2O_2 و O_2 می‌کند. تجمع H_2O_2 در اثر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و اسکوربات پراکسیداز محدود می‌شود، چون این آنزیم‌ها H_2O_2 را به H_2O تبدیل می‌کنند. آنزیم گلوکوتایون ردکتاز نیز گلوکوتایون اکسیدشده (GSSG) را به گلوکوتایون (GSH) تبدیل می‌کند و موجب حفظ نسبت GSH به GSSG می‌شود. یکی از اجزای اصلی مسیر اسکوربات-گلوکوتایون است که در حذف H_2O_2 مازاد از سلول‌های گیاهی نقش دارد [۴۱]. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در اثر شوری در

معناداری بر این صفت نداشت، اما در شرایط تنش، کاربرد آن موجب افزایش عملکرد شد (شکل ۶). در اثر تنش شوری، عملکرد دانه لوبیاچشم‌بلبلی به‌طور چشمگیری کاهش یافت، به‌طوری‌که در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، عملکرد دانه در مقایسه با تیمار عدم تنش به ترتیب معادل ۵۰ و ۸۹ درصد کاهش یافت. از طرف دیگر، تیمار بذر با متیل جاسمونات، به‌ویژه با غلظت ۵۰ میکرومولار، موجب بهبود عملکرد دانه لوبیاچشم‌بلبلی تحت شرایط شور شد (شکل ۶).

می‌رسد که متیل جاسمونات با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، در مسیر انتقال پیام در تنش اکسایشی حاصل از شوری نقش مهمی ایفا می‌کند.

۴.۳. عملکرد دانه

براساس نتایج جدول ۴، آثار اصلی و متقابل شوری و متیل جاسمونات بر عملکرد دانه لوبیاچشم‌بلبلی معنادار بود. به عبارت دیگر، کاربرد متیل جاسمونات در سطوح مختلف شوری، آثار متفاوتی بر عملکرد داشت، به‌طوری‌که در شرایط عدم تنش شوری، کاربرد متیل جاسمونات تأثیر



شکل ۶. تأثیر کاربرد متیل جاسمونات بر عملکرد دانه لوبیاچشم‌بلبلی تحت تنش شوری

شوری موجب بهبود عملکرد دانه لوبیاچشم‌بلبلی شد. به عبارت دیگر، در این شرایط متیل جاسمونات با بهبود صفات مرتبط با رشد شامل سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و حفظ تعادل یونی موجب بهبود رشد و در نهایت عملکرد دانه لوبیاچشم‌بلبلی شد. همان‌گونه که شکل ۶ نشان می‌دهد تحت شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم،

در آزمایش حاضر، تنش شوری موجب برهم‌خوردن تعادل یونی در گیاه و خسارت اکسایشی شد. این عوامل در نهایت به کاهش عملکرد دانه لوبیاچشم‌بلبلی انجامید. کاهش عملکرد دانه لوبیاچشم‌بلبلی در اثر تنش شوری را سایر محققان نیز گزارش کرده‌اند [۲، ۱۳، ۱۸]. در پژوهش حاضر مشخص شد که کاربرد متیل جاسمونات تحت تنش

3. Abdelgawad ZA, Khalafaallah AA and Abdallah MM (2014) Impact of methyl jasmonate on antioxidant activity and some biochemical aspects of maize plant grown under water stress condition. *Agricultural Sciences*. 5: 1077-1088.
4. Aebi H (1984) Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*. 105: 121-126.
5. Aftab T, Khan MMA, Teixeira da Silva JA, Idrees M and Moinuddin MN (2011) Role of salicylic acid in promoting salt stress tolerance and enhanced artemisinin production in *Artemisia annua* L. *Journal of Plant Growth Regulation*. 30(4): 425-435.
6. Arshi A, Abdin MZ and Iqbal M (2005) Ameliorative effect of CaCl_2 on growth, ionic relations and proline content of senna under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*. 28: 101-125.
7. Asik BB, Turanm A, Celik H and Katkat AV (2009) Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salihi) under conditions of salinity. *Asian Journal of Crop Science*. 1(2): 87-95.
8. Azooz MM (2009). Salt stress mitigation by seed priming with salicylic acid in two faba bean genotypes differing in salt tolerance. *International Journal of Agriculture and Biology*. 11: 343-350.
9. Azooz MM, Metwally A and Abou-Elhamd MF (2015) Jasmonate-induced tolerance of Hassawi okra seedlings to salinity in brackish water. *Acta Physiologiae Plantarum*. 37: 77.
10. Beyer WF and Fridovich I (1987) Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in conditions. *Analytical Biochemistry*. 161(2): 559-566.
11. Chapman HD and Pratt PF (1961) *Methods of analysis for soils, plants and water*. University of California, Berkeley, CA, USA. 309 p.

کاربرد ۵۰ میکرومولار متیل جاسمونات در مقایسه با عدم‌کاربرد آن میزان عملکرد دانه لوبیاچشم‌بلبلی را به ترتیب معادل ۶۶ و ۱۸۴ درصد افزایش داد. به‌طور مشابه، در تحقیق دیگری، مشخص شد که تنش شوری موجب کاهش رشد و عملکرد سویا (*Glycine max* L. Merr.) شد. اما، کاربرد اسید جاسمونیک آثار مضر شوری را کاهش داد، به‌طوری که در غلظت ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک عملکرد گیاه را معادل ۱۴۶ درصد نسبت به تیمار عدم‌کاربرد آن بالا برد [۳۸]. کاهش عملکرد در اثر شوری و بهبود آن با کاربرد اسید جاسمونیک در برنج [۴۰] و زیتون (*Olea europaea* L.) [۱۵] نیز گزارش شده است.

۴. نتیجه‌گیری

پیش‌تیمار بذر با متیل جاسمونات آثار نامطلوب تنش شوری بر عملکرد لوبیاچشم‌بلبلی را کاهش داد. بیشترین تأثیر را غلظت ۵۰ میکرومولار آن داشت. این تیمار از طریق افزایش غلظت درشت‌مغذی‌ها، کاهش غلظت سدیم و کلر، بالا بردن نسبت پتاسیم به سدیم، همچنین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان آثار مضر تنش شوری را کاهش داد. لذا، در صورت تأیید نتایج حاضر در آزمایش‌های تکمیلی، می‌توان کاربرد متیل جاسمونات را روشی مفید در بهبود تحمل به شوری در لوبیاچشم‌بلبلی استفاده کرد.

منابع

۱. کافی م، برزویی ا، صالحی م، کمندی ع، معصومی ع و نباتی ج (۱۳۸۸) فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۰۲ ص.
2. Abdelgawad ZA (2014) Improving growth and yield of salt-stressed cowpea plants by exogenous application of ascobin. *Life Science Journal*. 11: 43-51.

12. Dar TA, Uddin M, Khan MMA, Hakeem KR and Jaleel H (2015) Jasmonates counter plant stress: A Review. *Environmental and Experimental Botany*. 115: 49-57.
13. Dhaka BR, Pathan ARK and Dhayal RS (2013) Response of cowpea to organic manures and soil salinity. *Crop Research*. 45: 192-195.
14. El-Beltagi HS, Mohamed HI, Mohammed AHMA, Zaki LM and Mogazy AM (2013) Physiological and biochemical effects of γ -irradiation on cowpea plants (*Vigna sinensis*) under salt stress. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 41(1): 104-114.
15. El-Sayed OM, El-Gammal OHM and Salama ASM (2014) Effect of ascorbic acid, proline and jasmonic acid foliar spraying on fruit set and yield of manzanillo olive trees under salt stress. *Scientia Horticulturae*. 176: 32-37.
16. Foyer CH and Halliwell B (1976) Presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplasts: a proposed role on ascorbic acid metabolism. *Planta*. 133: 21-25.
17. Gupta B and Huang B (2014) Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical and molecular characterization. *International Journal of Genomics*, Volume 2014, Article ID 701596, 18 pp.
18. Hadi F, Hussain F and Arif M (2012) Growth performance and comparison of cowpea varieties under different NaCl salinity stresses. *Greener Journal of Physical Sciences*. 2(1): 44-49.
19. Hassan MY, Gregorio W and John B (1983) Activity and conformational changes in chloroplast coupling factor induced by ion binding: formation of magnesium-enzyme-phosphate-complex. *Biochemistry*. 22: 2502-2512.
20. Hasanuzzaman M, Nahar K and Fujita M (2013) Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. In: Ahmad P, Azooz MM and Prasad MNV (Eds.). *Ecophysiology and responses of plants under salt stress*. Springer, New York, USA, pp 25-87.
21. Heath RL and Packer L (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 125(1): 189-198.
22. Hozayn M, Abd El-Monem AA, Ebtihal MAEM and Amira MSA (2013) Amelioration of salinity stress in mungbean (*Vigna radiate* L) plant by soaking in arginine. *Journal of Applied Sciences Research*. 9(1): 393-401.
23. Jain V, Vart S, Verma E and Malhotra SP (2015) Spermine reduces salinity-induced oxidative damage by enhancing antioxidative system and decreasing lipid peroxidation in rice seedlings. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*. 24(3): 316-323.
24. Kamiab F, Talaie A, Khezri M and Javanshah A (2014) Exogenous application of free polyamines enhance salt tolerance of pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation*. 72: 257-268.
25. Kang DJ, Seo YJ, Lee JD, Ishii R, Kim KU, Shin DH, Park SK, Jang SW and Lee IJ (2005). Jasmonic acid differentially affects growth, ion uptake and abscisic acid concentration in salt-tolerant and salt-sensitive rice cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 191: 273-282.
26. Khan NA, Syeed S, Masood A, Nazar R and Iqbal N (2010) Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mung bean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology*. 1: 1-8.

27. Kumari A, Sheokand S and Swaraj K (2010) Nitric oxide induced alleviation of toxic effects of short term and long term Cd stress on growth, oxidative metabolism and Cd accumulation in chickpea. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 22: 271-284.
28. Li H, Zhu Y, Hu Y, Han W and Gong H (2015) Beneficial effects of silicon in alleviating salinity stress of tomato seedlings grown under sand culture. *Acta Physiologiae Plantarum*. 37: 71.
29. Miller G, Suzuki N, Ciftci-Yilmazi N and Mittler R (2010) Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. *Plant, Cell and Environment*. 33: 453-467.
30. Munns R and Tester M (2008) Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. 59: 651-681.
31. Murillo-Amador B, Troyo-Die'guez E, Garc'ia-Hern'andez JL, Lopez-Aguilar R, Avila-Serrano NY, Zamora-Salgado S, Rueda-Puente EO and Kaya C (2006). Effect of NaCl salinity in the genotypic variation of cowpea (*Vigna unguiculata*) during early vegetative growth. *Scientia Horticulturae*. 108: 423-431.
32. Nakano Y and Asada K (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*. 22(5): 867-880.
33. Parida AK and Das AB (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 60: 324-349.
34. Patel PR, Kajal SS, Patel VR, Patel VJ and Khristi SM (2010) Impact of salt stress on nutrient uptake and growth of cowpea. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 22(1): 43-48.
35. Pedranzani H, Racagni G, Alemano S, Miersch O and Pena-cortes H (2003) Salt tolerant tomato plants show increased levels of jasmonic acid. *Journal of Plant Growth Regulation*. 14: 149-158.
36. Sadak MS and Abdelhamid MT (2015). Influence of amino acids mixture application on some biochemical aspects, antioxidant enzymes and endogenous polyamines of *Vicia faba* plant grown under seawater salinity stress. *Gesunde Pflanzen*. 67: 119-129.
37. Seif SN, Tafazzoli E, Talaii AR, Aboutalebi A and Abdosi V (2014) Evaluation of two grape cultivars (*Vitis vinifera* L.) against salinity stress and surveying the effect of methyl jasmonate and epibrassinolide on alleviation the salinity stress. *International Journal of Biosciences*. 5(7): 116-125.
38. Sheteawi SA (2007) Improving growth and yield of salt-stressed soybean by exogenous application of jasmonic acid and ascorbin. *International Journal of Agriculture and Biology*. 9(3): 473-478.
39. Singh I and Shah K (2014) Exogenous application of methyl jasmonate lowers the effect of cadmium-induced oxidative injury in rice seedlings. *Phytochemistry*. 108: 57-66.
40. Sultana N, Ikeda T and Kashem MA (2001) Effect of foliar spray of nutrient solutions on photosynthesis, dry matter accumulation and yield in seawater-stressed rice. *Environmental and Experimental Botany*. 46: 129-140.
41. Syeed S, Anjum NA, Nazar R, Iqbal N, Masood A and Khan NA (2011) Salicylic acid-mediated changes in photosynthesis, nutrients content and antioxidant metabolism in two mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars differing in salt tolerance. *Acta Physiologiae Plantarum*. 33: 877-886.
42. Tartoura KAH, Youssef SA and Tartoura EAA (2014) Compost alleviates the negative effects of salinity via upregulation of antioxidants in

- Solanum lycopersicum* L. plants. Journal of Plant Growth Regulation. 74: 299-310.
43. Walia H, Wilson C, Condamine P, Liu X, Ismail AM and Close TJ (2007) Large-scale expression profiling and physiological characterization of jasmonic acid-mediated adaptation of barley to salinity stress. Plant, Cell and Environment. 30: 410-421.
44. Yoon JY, Hamayun M, Lee SK and Lee IJ (2009) Methyl jasmonate alleviated salinity stress in soybean. Journal of Crop Science and Biotechnology. 12(2): 63-68.

Archive of SID



Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 19 ■ No. 3 ■ Autumn 2017

Effect of methyl jasmonate on antioxidant enzymes activity and nutrients content of cowpea under salinity stress

*Omid Sadeghipour**

1. Associate Professor, Department of Agronomy, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre Rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: September 11, 2016

Accepted: November 8, 2016

Abstract

In order to investigate the role of methyl jasmonate on salinity tolerance of cowpea, a factorial pot experiment was conducted in the basis of completely randomized design with three replications in the Rey region in 2015. Treatments included three levels of seed soaking in methyl jasmonate solution (0, 25 and 50 μM) for 20 hours and three levels of salinity (0, 50 and 100 mM NaCl). The results showed that by increasing salinity levels, lipids peroxidation, antioxidant enzymes activity (superoxide dismutase, catalase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase) and Cl^- concentration in the leaves increased, while the concentration of N, Ca^{2+} and Mg^{2+} decreased as well as K^+/Na^+ ratio. These changes eventually led to decreasing seed yield. Seed treatment with methyl jasmonate had not significantly effect on any measured traits under normal conditions, however this treatment (especially 50 μM) under salinity stress conditions caused further activity of antioxidant enzymes, declining lipids peroxidation, reducing the concentration of Cl^- in the leaves, increasing the concentration of N, Ca^{2+} and Mg^{2+} as well as K^+/Na^+ ratio, and finally improved seed yield. These findings suggest that methyl jasmonate plays a pivotal role in inducing salinity tolerance of cowpea plants via enhancing antioxidant enzymes activity and altering nutrients composition.

Keywords: lipids peroxidation, plant growth regulators, seed pre-treatment, sodium chloride, yield.