نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و ششم، شماره دوم، ۱۳۹۸
۱۲۷-۱٤۱
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2019.14863.2327

اثر پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط تنش خشکی

حجت‌اله حیدری[۱]، یاسر علیزاده[۲] و *آرش فاضلی[۳]

[۱]دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران، [۲]استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران، [۳]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۰۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۱٤

چکیده

سابقه و هدف: ماش گیاهی از خانواده حبوبات و تابستانه بوده که در تناوب با غلاتی مانند گندم کشت می‌گردد. دوره رشد این گیاه ۷۵-۹۰ روز بوده و با نیاز آبی کم، قابلیت بالایی برای رشد در شرایط خشک و نیمه‌خشک دارد. تنش خشکی با از بین بردن رنگیزه‌های فتوسنتزی و اختلال در تبادل گازی، فتوسنتز گیاه را مختل کرده و رشد و تولید در گیاهان را به‌شدت پایین می‌آورد. اسید سالیسیلیک اثرات مختلفی بر فعالیت زیست- شیمیایی و فیزیولوژیکی گیاهان داشته و به‌عنوان یک پیام‌رسان در افزایش مقاومت در برابر تنش‌ها عمل می‌نماید. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر کاربرد اسید سالیسیلیک (به دو روش پیش‌تیمار و محلول‌پاشی) بر رشد و عملکرد دو رقم ماش در شرایط تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر اسید سالیسیلیک بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک دو رقم ماش در شرایط تنش خشکی، آزمایشی در سال ۱۳۹٦به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه آزمایشی جهاد کشاورزی کارزان استان ایلام انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو سطح آبیاری (آبیاری بعد از ٦۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) به‌عنوان کرت اصلی، دو رقم گوهر و مهر به‌عنوان کرت فرعی اول و سه سطح کاربرد اسید سالیسیلیک (شاهد، پیش تیمار بذر و محلول پاشی) به‌عنوان کرت فرعی دوم بود.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بر همکنش رقم، تنش خشکی و کاربرد اسید سالیسیلیک بر خصوصیات عملکرد دانه، عملکرد زیستی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته معنی‌دار بود. بالاترین میزان عملکرد دانه (۱۸۹٤ کیلوگرم در هکتار) و بالاترین عملکرد وزن خشک توده (٤۹۹۷ کیلوگرم در هکتار) در رقم گوهر در شرایط بدون تنش و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به‌دست آمد. همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی باعث افزایش محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید شد. بیش‌ترین (۹٦ درصد) و کم‌ترین (۷۱ درصد) میزان رطوبت نسبی به‌ترتیب در تیمار بدون تنش با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و تیمار تنش خشکی بدون اسید سالیسیلیک مشاهده شد.

* مسئول مکاتبه: a.fazeli@ilam.ac.ir

نتیجه‌گیری: کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاروتنوئید و رطوبت نسبی گیاه شد و در نهایت افزایش عملکرد در گیاه ماش را به‌دنبال داشت. عملکرد رقم گوهر در شرایط تنش خشکی و عدم تنش خشکی با کاربرد اسید سالیسیلیک بهبود یافت، ولی اختلاف بین تیمار شاهد و کاربرد اسید سالیسیلیک تحت شرایط تنش، بیش‌تر بود. در رقم مهر نیز کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی باعث بهبود ۷۰ درصدی عملکرد نسبت به تیمار عدم کاربرد سالیسیلیک گردید.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، کاروتنوئید، کلروفیل، محتوای رطوبت نسبی

مقدمه

ماش (*Vigna radiata* L.) گیاهی از خانواده حبوبات، تابستانه و با طول دوره رشد کوتاه می‌باشد. دانه‌های این گیاه با ۲۲-۲۵ درصد پروتئین از ارزش غذایی بالایی برخوردار است. توانایی تثبیت زیستی نیتروژن در این گیاه و تولید علوفه خوش خوراک با قابلیت هضم بالا از خصوصیات مهم آن جهت قرار گرفتن در تناوب زراعی مناطق مختلف محسوب می‌شود (۱۷).

کشور ایران دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک است و وقوع تنش خشکی در دوره رشد گیاهان امری اجتناب‌ناپذیر است. در حال حاضر نیز، تولید حبوبات در کشور بیش‌تر به‌صورت دیم بوده و تنش خشکی یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد حبوبات می‌باشد (۱۷). نیاز آبی گیاه ماش ۴۵۰۰-۲۰۰۰ مترمکعب است که یک گیاه نسبتاً کم‌توقع محسوب می‌گردد ولی در بسیاری مواقع، در نواحی دیمکاری، میزان بارش کم‌تر از نیاز آبی این گیاه بوده و این گیاه در شرایط تنش خشکی قرار می‌گیرد (۴۰). تنش خشکی باعث کاهش جذب عناصر ضروری و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود، درنتیجه باعث تخریب اکسیداتیو دی‌ان‌آ، پروتئین و لیپیدها شده و منجر به کاهش رشد و عملکرد می‌شود (۲۳). همچنین تنش کمبود آب، فرآیندهای متابولیسمی در گیاهان را تغییر می‌دهد به‌طوری‌که این تغییرات ممکن است در عرض چند ثانیه بعد از وقوع تنش و یا به‌تدریج در طول یک فصل رشد رخ دهد (۲۶). اثر تنش در طول دوره رشد رویشی منجر به کوچک شدن برگ‌ها شده و شاخص سطح برگ را در دوره رسیدن محصول و به تبع آن میزان جذب نور را کاهش داده که منجر به کاهش تولید گیاهان می‌شود (۲۷). بررسی اثرات تنش کمبود آب بر عملکرد دانه، به‌عنوان حاصل نهایی رشد و نمو، می‌تواند بیانگر عکس‌العمل کلی گیاه به این تنش باشد (۲۸). فربد و همکاران (۱۳۸۷) گزارش نمودند که بالاترین عملکرد دانه ماش در تیمار آبیاری کامل و کم‌ترین آن در تیمار حذف آبیاری در مرحله گل‌دهی به‌دست آمد (۵). ضابط و همکاران (۱۳۸۳) بیان داشتند که اجزا عملکرد در گیاه ماش، به یک اندازه تحت‌تأثیر تنش خشکی قرار نمی‌گیرد به‌طوری‌که وزن صد دانه این گیاه در معرض تنش کمبود آب، کم‌ترین کاهش را داشت (۴۱). ارزیابی تحمل گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی عامل مهمی در انتخاب آن‌ها برای کشت در شرایط مختلف جغرافیایی می‌باشد. عوامل محیطی به‌ویژه شرایط تنش‌زا، نقش عمده‌ای در کمّیت و کیفیت گیاهان زراعی و دارویی به عهده دارند (۳۹). هورمون‌های گیاهی به‌عنوان یک ابزار قوی و پایدار در کاهش اثرات نامطلوب تنش‌های زنده و غیرزنده در گیاهان شناخته شده‌اند. اسید سالیسیلیک یا اسیداورتوهیدروکسی بنزوئیک از ترکیبات فنلی است

که در تعداد زیادی از گیاهان در سلول‌های ریشه تولید می‌شود و به‌عنوان ماده‌ای شبه هورمونی، نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند (۱۵). اسیدسالیسیلیک نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مانند رشد و نمو گیاه، جذب یون‌ها، فتوسنتز و جوانه‌زنی، رسیدگی و پاسخ‌های دفاعی ایفا می‌کند (۲٤). اسید سالیسیلیک ویژگی‌های فیزیولوژیکی و زیست- شیمیایی گیاهان تحت تنش‌های غیرزیستی را تنظیم نموده و نیز سبب مقاومت آن‌ها در برابر بیماری‌ها می‌شود (۱۲). اسیدسالیسیلیک به‌عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در نوسانات گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی شناخته شده است و در تنش‌های غیرزیستی به‌ویژه تنش خشکی در گیاهان افزایش پیدا می‌کند و سبب افزایش محتوای رنگیزه‌ها در شرایط تنش می‌شود. اسید سالیسیلیک اثر خود را بر فتوسنتز از طریق عوامل روزنه‌ای، رنگیزه‌ها و ساختار کلروپلاست و آنزیم‌های دخیل در مراحل فتوسنتز اعمال می‌کند (۷). گزارش شده است که اسیدسالیسیلیک فرایندهای فیزیولوژیکی در گیاهان را تنظیم و عوارض جانبی تنش را کاهش داده و می‌تواند اثر نامطلوب تنش را بهبود بخشد (٤۰). رجبی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اثر اسیدسالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم، نشان دادند که اثر اسید سالیسیلیک بر صفات تعداد غلاف در بوته، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده معنی‌دار بوده و باعث افزایش این شاخص‌ها شد (۲۹). سپهری و همکاران (۱۳۹٤) در آزمایشی اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک را بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که اثر متقابل تنش خشکی و کاربرد اسید سالیسیلیک بر ارتفاع ساقه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه لوبیا معنی‌دار بود، به‌طوری‌که اعمال تنش سبب کاهش عملکرد شد ولی کاربرد سالیسیلیک اسید سبب کاهش اثرات تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمزگردید (۳٤).

با توجه به مطالب عنوان شده شناخت روش‌های مناسب افزایش عملکرد در شرایط تنش با کاربرد شبه‌هورمون‌هایی مانند اسید سالیسیلیک و بررسی اثرات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک گیاهان تحت‌تأثیر کاربرد اسید سالیسیلیک بر روی حبوبات در منطقه دارای اهمیت می‌باشد. بر این اساس مطالعه حاضر به‌منظور بررسی اثر کاربرد اسید سالیسیلیک به دو صورت پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی بر عملکرد و خصوصیات رشدی دو رقم گیاه ماش در شرایط تنش خشکی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در سال زراعی ۱۳۹٦ در شهرستان سیروان در استان ایلام انجام گرفت. اقلیم منطقه آزمایش، نیمه‌خشک مدیترانه‌ای (معتدل و خنک کوهستانی) با مشخصات جغرافیایی ٤٦ درجه و ۲٦ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه عرض جغرافیایی با ارتفاع ۱۱۱٦ متر از سطح دریا و با بارش سالیانه ۵۱۲ میلی‌متر می‌باشد. دمای حداقل، حداکثر و میانگین سالیانه محل آزمایش به‌ترتیب ۰/۱، ٤۰ و ۱٦/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مشخصات خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش.

Table 1. Characteristics of soil physical and chemical properties of experimental site.

عمق خاک (سانتی‌متر) Sample depth (cm)	بافت Texture	وزن مخصوص ظاهری Bulk density ($g\ cm^{-3}$)	Ec ($ds.m^{-1}$)	اسیدیته pH	ازت (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (درصد) K (%)
0-30	لومی شنی رسی Loam sand clay	1.74	1.32	6.69	0.207	6.8	25.07

آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار و دوازده تیمار اجرا شد. عامل اصلی، آبیاری در دو سطح بدون تنش (آبیاری پس از تبخیر ٦٠ میلی‌متر از تشتک تبخیر) و تنش خشکی (آبیاری بعد از تبخیر ۱۱۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر)، رقم به‌عنوان عامل فرعی اول در دو سطح (گوهر و مهر) و نوع کاربرد هورمون اسید سالیسیلیک در سه سطح (شاهد یا بدون مصرف، پیش‌تیمار بذر و محلول‌پاشی هر کدام با غلظت ۱۰۰ واحد در میلیون) به‌عنوان عامل فرعی دوم در نظر گرفته شد. بذور مربوط به پیش‌تیمار در هر دو رقم به‌مدت ٤ ساعت در محلول ۱۰۰ واحد در میلیون اسید سالیسیلیک خیسانده و سپس بذرها در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ٢٤ ساعت خشک و برای کشت آماده شدند.

بعد از آماده‌سازی مزرعه با شخم و دیسک و فاروئر، کرت‌هایی به اندازه ۲ × ۲ مترمربع با ٤ ردیف به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از همدیگر ایجاد شد. در تاریخ ۹۶/۲/۲۶ بذور با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از همدیگر و در عمق ۲ سانتی‌متری در ردیف‌های کرت‌ها با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع کشت گردید (۱۷). پس از کشت محصول، مزرعه به‌میزان ظرفیت مزرعه آبیاری شدند. تیمار کم‌آبیاری (آبیاری بعد از تبخیر ۱۱۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر) ۲۰ روز بعد از سبزشدن و ۳ روز بعد از اولین محلول‌پاشی برگ انجام شد. محلول‌پاشی دوم با هورمون اسید سالیسیلیک در تیمارهای مربوطه در مرحله اوایل گلدهی انجام شد. نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی در مرحله گلدهی کامل انجام گردید. صفات فیزیولوژیک محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید به‌وسیله نمونه‌گیری در مرحله گلدهی با برداشت ۵ برگ جوان و کاملاً رشدیافته از قسمت‌های بالایی گیاه از هر کرت آزمایشی و انتقال به دانشگاه ایلام جهت اندازه‌گیری‌ها صورت گرفت. میزان محتوای آب نسبی برگ با استفاده از روش سانچز (۳۲) و با استفاده از رابطه ۱ (۲۰) اندازه‌گیری شد.

$$RWC(\%) = \frac{Wf-Wd}{Wt-Wd} \times 100 \quad (1)$$

که در آن، W_f وزن‌تر بافت گیاه، W_t وزن آماس‌یافته گیاه و W_d وزن خشک بافت گیاه است.

غلظت کلروفیل‌ها و کاروتنوئید با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری (APEL-PD-D303U180) در طول موج‌های ٤٨٠، ٥١٠، ٦٤٥ و ٦٦٣ اندازه‌گیری‌شده و با استفاده از رابطه‌های ۲ تا ۵ محاسبه شد (۲۲).

$$\text{Cchl a}\left(\frac{\text{mg}}{\text{g}}.\text{f.w}\right) = 12.7(\text{A663}) - 2.69(\text{A645}) * \frac{\text{V}}{1000} * \text{W} \quad (۲)$$

$$\text{Cchl b}\left(\frac{\text{mg}}{\text{g}}.\text{f.w}\right) = 22.9(\text{A645}) - 4.68(\text{A663}) * \frac{\text{V}}{1000} * \text{W} \quad (۳)$$

$$\text{Cchl a.b}\left(\frac{\text{mg}}{\text{g}}.\text{f.w}\right) = 20.2(A645) + 8.02(A663) * \frac{V}{1000} * W \quad (٤)$$

$$\text{C کاروتنوئید}\left(\frac{\text{mg}}{\text{g}}.\text{f.w}\right) = 7.6(\text{A480}) - 1.49(\text{A510}) * \frac{\text{V}}{1000} * \text{W} \quad (۵)$$

در پایان فصل رشد و بعد از رسیدگی کامل گیاه با برداشت یک مترمربع از بوته‌های هر کرت و خشک‌کردن به‌مدت ۲٤ ساعت در آون دمای ۷۰ درجه خصوصیات ماده خشک، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف اندازه‌گیری شد و شاخص برداشت نیز با استفاده از رابطه ٦ محاسبه شد.

$$HI(\%) = \frac{sy}{by} \times 100 \quad (٦)$$

که در آن، sy عملکرد دانه گیاه ماش و by عملکرد زیستی گیاه ماش می‌باشد.

در این مطالعه پس از گردآوری نتایج پژوهش، داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS ver 9/1 تجزیه و تحلیل شد. رسم نمودار با نرم‌افزار اکسل و مقایسه میانگین‌ها به روش توکی در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

اثر تنش خشکی، اسید سالیسیلیک و رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ماش: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رقم و تنش خشکی بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صددانه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی معنی‌دار بود. کاربرد اسید سالیسیلیک نیز به غیر از تعداد دانه در بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد اثر معنی‌دار داشت (جدول ۲). همچنین بجز صفت تعداد غلاف در بوته، سایر اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ماش معنی‌دار بود. در این مطالعه شاخص برداشت تحت‌تأثیر هیچ‌یک از اثرات ساده و متقابل قرار نگرفت. شوقیان و روزبهانی (۲۰۱۷) نیز در بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر گیاه لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی مشاهده نمودند که تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن صددانه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی تحت‌تأثیر تنش و اسید سالیسیلیک قرار گرفت (۳۵).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و کاربرد اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزاء عملکرد ماش.

Table 2. Analysis of variance results of effect drought stress and salicylic acid application on yield and yield components of mung bean.

شاخص برداشت Harvest index	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن صددانه 100-seed weight	تعداد دانه در بوته No. of seed/plant	تعداد غلاف در بوته No. of pod/plant	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
میانگین مربعات Mean square							
10.71^{ns}	34214^{ns}	28163^{ns}	0.28*	35.90^{ns}	2.632^{ns}	2	تکرار Replication
39.5^{ns}	320167*	868624*	0.61**	4032.30**	18.77*	1	رقم Cultivar
6.58	107238	25918	0.05	2.10	0.43	2	خطای (a) Error (a)
33.2^{ns}	286528**	46843*	0.53**	10816**	136.11**	1	تنش خشکی Drought stress
31.4^{ns}	151970*	455621**	0.31**	2952.10**	16**	1	رقم × تنش Cultivar × Stress
8.7	11485	50033	0.08	93.60	0.34	2	خطای (b) Error (b)
32.3^{ns}	344588**	149862**	7.17**	110.10^{ns}	2.55*	2	اسید سالیسیلیک Salicylic acid
33.4^{ns}	315295**	52169*	1.04*	71.00*	0.09^{ns}	2	رقم × سالیسیلیک Cultivar × Salicylic
31.1^{ns}	371387**	83762*	1.18*	160.90*	1.38*	2	تنش × سالیسیلیک Stress × Salicylic
35.4^{ns}	159505**	27158*	1.59**	161.90*	0.81*	2	تنش × سالیسیلیک × رقم Stress × Salicylic × Cultivar
18.6	41638	18147	0.21	59.40	0.51	18	خطای (C) Error (C)
23.2	28.1	24.3	11.7	27.2	21.38	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

^{ns}، ** و * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

^{ns}, ** and * represent non significant at 1 and 5% level of probability, respectively.

مقایسه میانگین برهمکنش رقم، تنش خشکی و کاربرد اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش: به‌دلیل این‌که در تمامی خصوصیات عملکرد و اجزای عملکرد اندازه‌گیری‌شده در گیاه ماش اثر متقابل سه‌گانه معنی‌دار شد، بنابراین تنها به بیان برهمکنش سه‌گانه اکتفا نموده و از بیان اثرات ساده و دوگانه صرف‌نظر گردید.

مقایسه میانگین عملکرد دانه و زیستی نشان داد بالاترین میزان عملکرد دانه (۱۸۹٤ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد زیستی (٤۹۹۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار رقم گوهر در شرایط بدون تنش و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به‌دست آمد. همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری با کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت پیش‌تیمار بذر نداشت (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، تنش خشکی و کاربرد اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزاء عملکرد ماش.

Table 3. Means comparison of interaction effects between cultivar, drought stress and salicylic acid on yield and yield components of mung bean.

رقم Cultivar	تنش خشکی Drought stress	اسید سالیسیلیک Salicylic acid*	تعداد غلاف در بوته No. of pod/plant	تعداد دانه در بوته No. of seed/plant	وزن صددانه (گرم) 100-seed Weight (gr)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	عملکرد زیستی Biological yield (kg ha^{-1})
گوهر Gohar	تنش Stress	1	6^{f}	32.8^{bc}	7.4^{b}	520.3^{d}	2597^{c}
		2	7.2^{ef}	44.3^{bc}	9.5^{a}	844^{c}	2683^{c}
		3	7.5^{def}	38.5^{bc}	9.4^{a}	746.7^{cd}	2420^{c}
مهر Mehr	تنش Stress	1	5.5^{f}	30.0^{c}	7.5^{b}	446.7^{d}	2266^{c}
		2	7.3^{ef}	38.7^{bc}	10.0^{a}	792.3^{cd}	2481^{c}
		3	7.5^{def}	39.4^{bc}	7.7^{b}	615^{cd}	2446^{c}
گوهر Gohar	بدون تنش No stress	1	11.8^{ab}	84.2^{a}	8.1^{b}	1483^{b}	4246^{b}
		2	12.8^{a}	82.3^{a}	9.8^{a}	1573^{ab}	4183^{b}
		3	11.8^{ab}	92.2^{a}	9.4^{a}	1894.3^{a}	4997^{a}
مهر Mehr	بدون تنش No stress	1	9.8^{bc}	49.8^{bc}	9.9^{a}	1120.3^{b}	3810^{b}
		2	9.5^{cd}	54.8^{b}	10.2^{a}	1120.3^{b}	4427^{ab}
		3	8.7^{cde}	51.5^{bc}	10.2^{a}	1102.6^{b}	4249^{b}

- میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد می‌باشند.

- Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using Tukey test.

* سطوح تیمار سالیسیلیک اسید، ۱: شاهد (بدون کاربرد سالیسیلیک)، ۲: پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک و ۳: محلول پاشی اسید سالیسیلیک می‌باشد.

- Level of salicylic acid treatment, 1: control (without the application of salicylic), 2: seed priming with 100 ppm salicylic acid and 3: foliar application with 100 ppm salicylic acid.

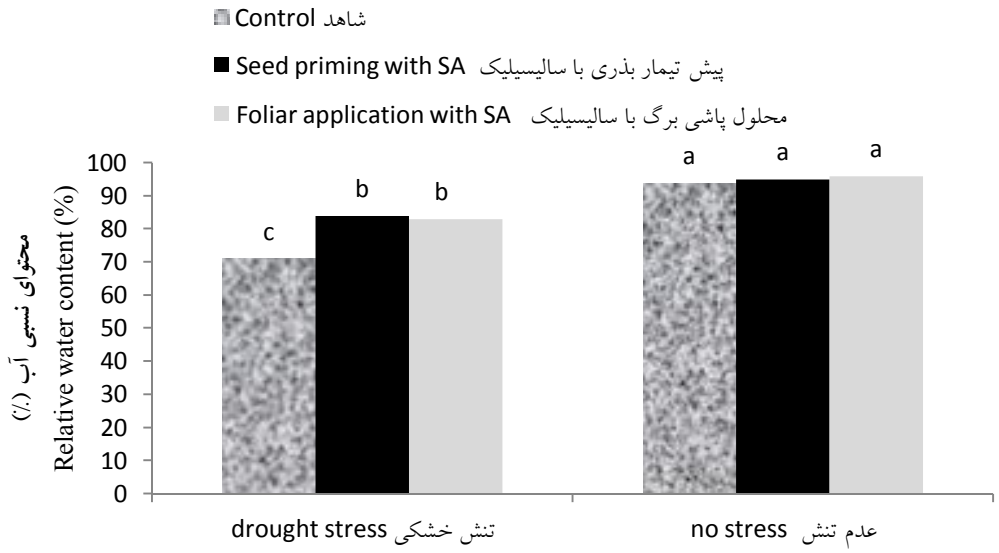
کم‌ترین میزان عملکرد زیستی و دانه به‌ترتیب با ۲۲٦٦ و ٤٤٦ کیلوگرم در هکتار در رقم مهر در شرایط تنش خشکی و بدون کاربرد اسید سالیسیلیک مشاهده شد. رقم گوهر در شرایط بدون تنش و پیش‌تیمار سالیسیلیک بالاترین میزان تعداد غلاف در بوته را با ۱۲/۸ غلاف دارا بود و کم‌ترین میزان غلاف در بوته (۵/۵) در رقم مهر در شرایط تنش و عدم کاربرد سالیسیلیک مشاهده گردید. بالاترین میزان وزن صددانه با ۱۰/۲ گرم در رقم مهر و در شرایط آبیاری کامل به‌دست آمد. نوع کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت محلول‌پاشی و یا پیش تیمار بر وزن صددانه گیاه ماش بی‌تأثیر بود. همچنین سایر نتایج آزمایش نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد رقم گوهر در شرایط تنش خشکی و عدم تنش خشکی با کاربرد اسید سالیسیلیک بهبود یافت. در رقم گوهر و شرایط بدون تنش، کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت محلول‌پاشی، بیش از ۲۷ درصد افزایش عملکرد دانه را نسبت به عدم کاربرد اسید سالیسیلیک به‌دنبال داشت و در همین رقم در شرایط تنش ٦۲ درصد بهبود عملکرد دانه در شرایط استفاده از اسید سالیسیلیک (پیش‌تیمار) مشاهده گردید (جدول ۳). در رقم مهر اگرچه کاربرد اسید سالیسیلیک (پیش‌تیمار بذر) در شرایط تنش خشکی باعث بهبود ۷۰ درصدی عملکرد نسبت به تیمار عدم کاربرد سالیسیلیک

گردید، ولی در شرایط بدون تنش هیچ اثر مثبتی از کاربرد اسید سالیسیلیک مشاهده نشد. به‌طورکلی هر دو رقم در هر دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش، تحت‌تأثیر نوع کاربرد اسید سالیسیلیک قرار نگرفتند. اگرچه در شرایط تنش خشکی، پیش‌تیمار سالیسیلیک تا حدودی بهتر از محلول‌پاشی بود ولی از نظر آماری این اختلاف معنی‌دار نشد. (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد کاربرد اسید سالیسیلیک از طریق تأثیر بر مریستم‌های زایشی، القاء گلدهی، افزایش تقسیم و تمایز سلولی موجب افزایش تعداد دانه در بوته و بهبود عملکرد گیاه ماش شده است. افزایش تعداد دانه و عملکرد دانه تحت کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاه لوبیا چیتی گزارش شده است (۳۳). همچنین در پژوهش دیگری گزارش شده است که محلول‌پاشی گیاه کلزا با اسید سالیسلیک، تعداد کپسول و عملکرد بذر را در حدود ۱٤ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. فریدودین و همکاران (۲۰۰۳) گزارش دادند که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در سویا، باعث افزایش تعداد غلاف و عملکرد شد (٦). که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. همچنین این پژوهشگران شرح دادند که این نتیجه در اثر نگهداری بیش‌تر آب و شکل‌گیری بهتر اندام‌های زایشی در شرایط کاربرد اسید سالیسیلیک حاصل گردیده است (٦). کائور و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که فعالیت مخزن در گیاهان نخود تحت‌تأثیر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک، به‌دلیل بالاتر بودن فعالیت آنزیم‌های درگیر در متابولیسم ساکارز مانند ساکارز سینتاز، اینورتازها و ساکارز فسفات سینتاز در مقایسه با شاهد بیش‌تر بود که در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه گردید (۱٦).

اثر تنش خشکی، اسید سالیسیلیک و رقم بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه ماش: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که محتوای نسبی آب برگ فقط تحت‌تأثیر تنش خشکی، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل این دو قرار گرفته و اثر رقم و اثر متقابل سه‌گانه بر این صفت بی‌تأثیر بود (جدول ٤). کلروفیل a، b و کل نیز تحت‌تأثیر رقم قرار نگرفت اما اثر تنش و سالیسیلیک بر کلروفیل ماش در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر تمامی برهمکنش‌های دوگانه و سه‌گانه روی کلروفیل‌ها معنی‌دار شد. اثر اسید سالیسیلیک بر میزان کاروتنوئید معنی‌دار بود ولی تنش خشکی و رقم اثر معنی‌دار بر کاروتنوئید نداشت همچنین در بین اثرات متقابل، فقط برهمکنش سالیسیلیک در تنش بر کاروتنوئید معنی‌دار گردید (جدول ٤).

مقایسه میانگین اثرات رقم، تنش و کاربرد اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه ماش

اثر برهمکنش تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر رطوبت نسبی آب برگ در گیاه ماش: نتایج آزمایش نشان داد که اثر ساده تنش، کاربرد اسید سالیسیلیک و اثر متقابل این دو، بر رطوبت نسبی گیاه ماش معنی‌دار بود (جدول ٤). بیش‌ترین (۹٦ درصد) و کم‌ترین (۷۱ درصد) میزان رطوبت نسبی به‌ترتیب در تیمار بدون تنش با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و تیمار تنش خشکی بدون اسید سالیسیلیک مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ ماش تحت‌تأثیر تنش خشکی و کاربرد اسید سالیسیلیک (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها اختلاف معنی‌دار تیمارها بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد).

Fig. 1. Mean comparison of leaf relative water content of Mung bean affected by drought stress and application of salicylic acid (Different letters on the top of the bars indicate significant difference at P<0.05 by Tukey test).

کاهش محتوای نسبی آب و بسته شدن روزنه‌ها اولین تأثیر تنش خشکی بوده که در ساخت مواد فتوسنتزی ایجاد اختلال کرده و موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. آگروال و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک روی گیاه گندم، رطوبت نسبی برگ را بهبود بخشید (۱). سینگ و سینگ (۱۹۹۵) در بررسی اثر تنش خشکی بر سورگوم و ذرت در شرایط مزرعه‌ای گزارش کردند که افزایش شدت تنش خشکی سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌شود (۳۷). مهرابیان‌مقدم و همکاران (۱۳۹۰) بیان نمودند اسید سالسیلیک در شرایط تنش خشکی باعث افزایش محتوای آب نسبی می‌گردد (۲۵). به‌نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک از طریق تجمع اسمولیت‌ها در داخل سلول، بالا بردن نسبت ریشه به ساقه، تحریک تولید اسید آبسیزیک و کاهش هدایت روزنه‌ای، رطوبت نسبی گیاه را در شرایط تنش خشکی بهبود می‌بخشد (۱۳).

اثر برهمکنش رقم، تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر کلروفیل‌های گیاه ماش: بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر برهمکنش رقم، تنش و اسید سالیسیلیک بر کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل معنی‌دار شد (جدول ٤). بالاترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل به‌ترتیب با ۱۳/٤۹، ٤/۵۲ و ۱۸/۰٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، در رقم گوهر بدون تنش خشکی و پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک حاصل شد (جدول ٤). در هر دو رقم گوهر و مهر در شرایط بدون تنش، کاربرد اسید سالیسیلیک اگرچه باعث افزایش جزیی در میزان کلروفیل‌ها (a، b و کل) گردید اما اختلاف مشاهده شده معنی‌دار نبود. در شرایط تنش خشکی در هر دو رقم، کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل a و b گردید. کم‌ترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کل در هر دو رقم در شرایط تنش خشکی و بدون استفاده از اسید سالیسیلیک مشاهده گردید (جدول ٤). نتایج

آزمایش نشان داد که تیمارهایی که کم‌ترین میزان کلروفیل را داشتند کم‌ترین میزان عملکرد را نیز دارا بودند (جدول ۳) گزارش شده است که میزان کلروفیل در گیاهان، یکی از عوامل مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است و بین میزان کلروفیل و عملکرد همبستگی مثبت وجود دارد (۱۱).

یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی، تخریب آن‌ها توسط گونه‌های اکسیژن فعال می‌باشد. کاهش فعالیت فتوسیستم II، کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو و مهار سنتز ATP در شرایط تنش خشکی، تشکیل گونه‌های اکسیژن آزاد در کلروپلاست‌ها را افزایش می‌دهد (۱۹). از دیگر عوامل کاهنده میزان کلروفیل ها، رقابت بین آنزیم گلوتامیل کیناز (آنزیم کاتالیزکننده پرولین) و آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) در شرایط تنش خشکی می‌باشد که باعث می‌گردد تا پیش‌ساز گلوتامات، بیش‌تر به مصرف پرولین برسد و در نتیجه بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه شود (۱۹). بنابراین در شرایط تنش خشکی، هم ساخت کلروفیل با محدودیت مواجه می‌گردد و هم تخریب آن سرعت می‌یابد.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، تنش خشکی و کاربرد اسید سالیسیلیک بر کلروفیل گیاه ماش.

Table 4. Means comparison of interaction effects among cultivar, drought stress and salicylic acid on chlorophyll content of mung bean.

کلروفیل کل Total chlorophyll (mg gFW^{-1})	کلروفیل b Chlorophyll b (mg gFW^{-1})	کلروفیل a Chlorophyll a (mg gFW^{-1})	اسید سالیسیلیک Salicylic acid	تنش خشکی Drought stress	رقم Cultivar
11.92^{b}	3.01^{c}	8.9^{c}	1	تنش Stress	گوهر Gohar
15.20^{ab}	3.72^{bc}	11.48^{abc}	2		
14.28^{ab}	3.71^{bc}	10.57^{bc}	3		
11.77^{b}	3.09^{c}	8.68^{c}	1	تنش Stress	مهر Mehr
13.87^{b}	3.28^{bc}	10.59^{abc}	2		
14.81^{ab}	3.60^{bc}	11.21^{abc}	3		
14.74^{ab}	4.15^{ab}	10.88^{abc}	1	بدون تنش No stress	گوهر Gohar
18.04^{a}	4.52^{a}	13.49^{a}	2		
16.71^{a}	4.49^{a}	12.22^{ab}	3		
15.13^{ab}	4.20^{ab}	11.33^{abc}	1	بدون تنش No stress	مهر Mehr
17.41^{a}	4.26^{ab}	13.15^{ab}	2		
15.10^{ab}	4.15^{ab}	10.95^{abc}	3		

- میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد می‌باشند.

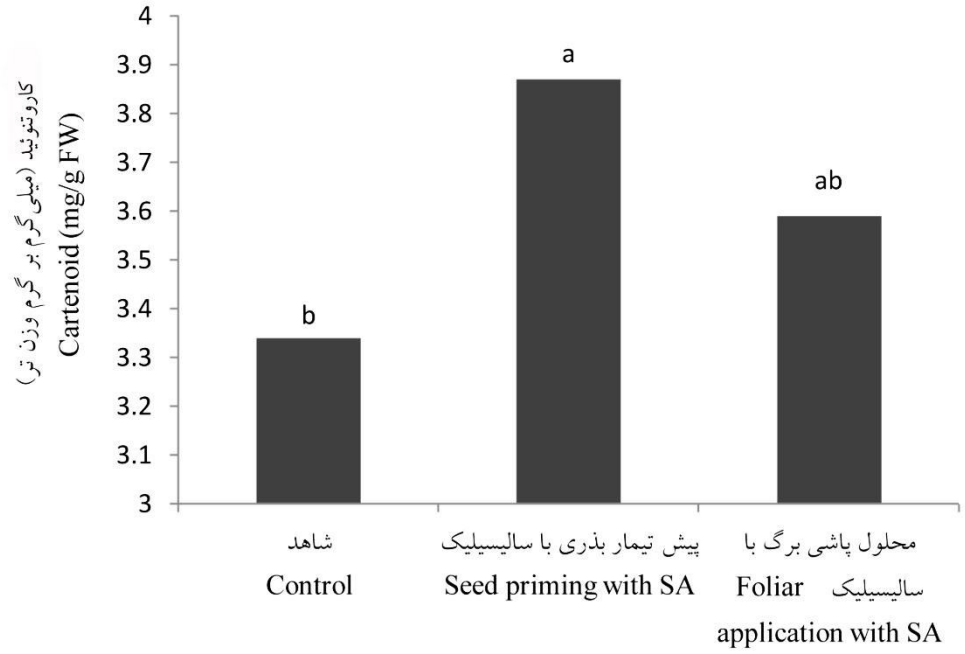
- Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using Tukey test.

- در تیمار سالیسیلیک اسید، ۱: شاهد (بدون کاربرد سالیسیلیک)، ۲: پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک و ۳: محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک می‌باشد.

- In salicylic acid treatment, 1: control (without the application of salicylic), 2: seed priming with salicylic acid and 3: foliar application with salicylic acid.

اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک پیام‌رسان منجر به بیان ژن‌های مسئول محافظت از گیاهان در برابر تنش‌های محیطی می‌گردد، از طرفی سالیسیلیک اسید با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های کلروفیل اکسیداز مانع تجزیه کلروفیل شده و از این طریق سبب افزایش در فتوسنتز می‌شود (۲). پژوهشگران در گیاهان مختلفی نشان دادند که کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به بالا رفتن کلروفیل و بهبود فتوسنتز می‌گردد (۱٤ و ۱۸). لی و همکاران (۱۹۹۲) عقیده دارند که اسید سالیسیلیک از فعالیت آنزیم ACC سنتتاز ممانعت کرده و به‌دنبال آن مانع از به‌وجود آمدن اتیلن شده و از کاهش کلروفیل جلوگیری می‌کند (۲۱). گویترز- کروناد و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که پیش‌تیمار بذور سویا با اسید سالیسیلیک موجب افزایش کلروفیل گیاه تحت شرایط تنش خشکی گردید (۹).

اثر تیمارهای آزمایش بر کاروتنوئید: نتیجه حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اسید سالیسیلیک و اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش بر میزان کاروتنوئید گیاه ماش معنی‌دار بود (جدول ٤). بالاترین میزان کاروتنوئید با ۳/۸۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک مشاهده گردید و کم‌ترین میزان کاروتنوئید (۳/۳٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار شاهد حاصل شد (شکل ۲).

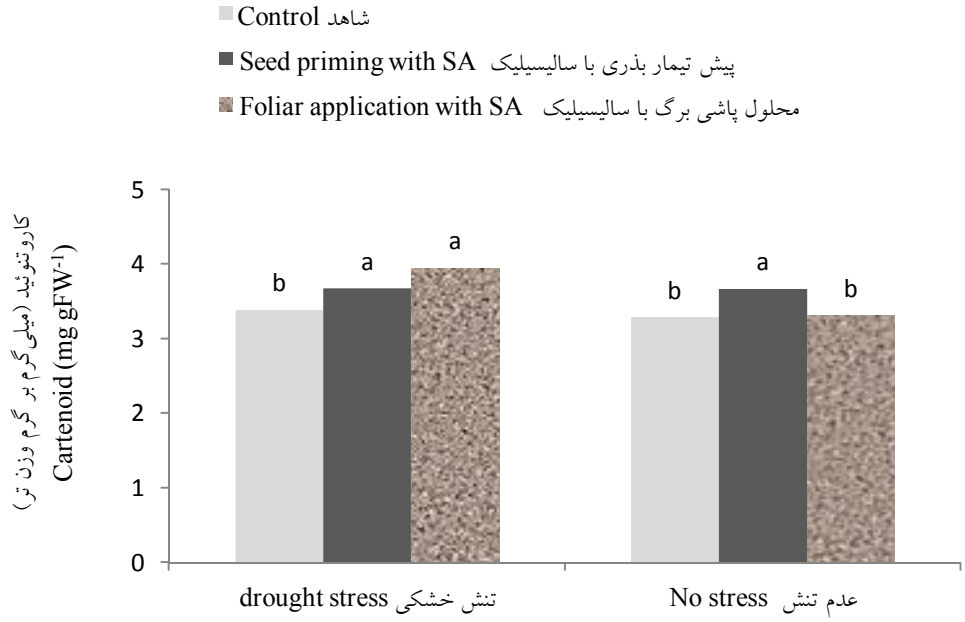


شکل ۲- مقایسه میانگین محتوای کاروتنوئید گیاه ماش تحت‌تأثیر کاربرد اسید سالیسیلیک (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها اختلاف معنی‌دار تیمارها بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد).

Fig. 2. Mean comparison of carotenoid content of mung bean affected by application of salicylic acid (Different letters on the top of the bars indicate significant difference at P<0.05 by Tukey).

نتایج آزمایش نشان داد که اثر اسید سالیسیلیک بر کاروتنوئید در شرایط تنش، بیش‌تر می‌باشد به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان کاروتنوئید با ۳/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک تحت شرایط تنش به‌دست آمد (شکل ۳). کم‌ترین میزان کاروتنوئید با ۳/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در تیمار

بدون تنش و عدم کاربرد سالیسیلیک مشاهده گردید. البته در شرایط بدون تنش محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری روی میزان کاروتنوئید نداشت و به‌طورکلی تنش نقش افزایش‌دهنده در میزان کاروتنوئید داشت (شکل ۳). به‌نظر می‌رسد در گیاه ماش، تنش خشکی نقش تحریک‌کنندگی در تولید کاروتنوئید ایفا کرده و البته اثر تنش به همراه کاربرد اسیدسالیسیلیک بیش‌ترین اثر را بر افزایش میزان کاروتنوئید نشان داد. گیاهان تحت تنش با ساخت آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند آسکوربات، کاروتنوئیدها و فلاونوئید از خود دفاع می‌کنند (٤). واکنش دفاعی گیاهان در برابر تنش، با افزایش کاروتنوئید در برخی گیاهان مانند گندم (۳٦)، سورگم و گلرنگ (٤۲) مشخص شده است. به اعتقاد اج و همکاران (۱۹۹۷) کاروتنوئیدها، یک آنتی‌اکسیدان مهم در شرایط تنش می‌باشند (۳). اگرت و توینی (۲۰۰۲) در بررسی اثر تنش خشکی بر گیاه تره بیان نمودند که در شرایط تنش خشکی نه تنها میزان کاروتنوئید کاهش نیافت بلکه یک افزایش جزیی نیز در محتوای کاروتنوئید گیاه مشاهده گردید این پژوهشگران دلیل این افزایش را نقش محافظتی کاروتنوئید در گیاه تره عنوان کردند (٤). همچنین گزارش شده است که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان کاروتنوئیدها در شرایط تنش خشکی می‌شود (۱۰). اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک پیام‌رسان در گیاه عمل کرده و گیاه را به واکنش تدافعی وادار می‌نماید که یکی از این واکنش‌ها، به‌خصوص در شرایط تنش، تولید کاروتنوئید می‌باشد (۳۰).



شکل ۳- مقایسه میانگین محتوای کاروتنوئید در گیاه ماش تحت‌تأثیر تنش خشکی و کاربرد اسید سالیسیلیک (حروف متفاوت در بالای ستون‌ها اختلاف معنی‌دار تیمارها بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد).

Fig. 3. Mean comparison of carotenoid content of Mung bean affected by drought stress and application of salicylic acid (Different letters on the top of the bars indicate significant difference at P<0.05 by Tukey).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج آزمایش نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد رقم گوهر در شرایط تنش خشکی و عدم تنش خشکی با کاربرد اسید سالیسیلیک بهبود یافت، ولی اختلاف بین تیمار شاهد و کاربرد اسید سالیسیلیک تحت شرایط تنش، بیش‌تر بود. در رقم مهر اگرچه کاربرد اسید سالیسیلیک (پیش‌تیمار بذر) در شرایط تنش خشکی باعث بهبود ۷۰ درصدی عملکرد نسبت به تیمار عدم کاربرد سالیسیلیک گردید، ولی در شرایط بدون تنش هیچ اثر مثبتی از کاربرد اسید سالیسیلیک مشاهده نشد. بین کاربرد اسید سالیسیلیک به‌صورت پیش‌تیمار و محلول‌پاشی، اگرچه اختلافات جزیی مشاهده شد ولی هرگز اختلاف بین این دو بر عملکرد دانه ماش معنی‌دار نبود بنابراین به‌نظر می‌رسد هم از نظر هزینه و هم از لحاظ قابل‌کنترل نبودن زمان وقوع تنش در شرایط مزرعه، روش پیش‌تیمار بذر بهتر از محلول‌پاشی باشد.

منابع

1. Agarwal, S., Sairam, R.K., Srivastava, G.C. and Meena, R.C. 2005. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. Biol. Plant. 49: 541-550.
2. Dat, J.F., Foyer, C.H. and Scott, I.M. 1998. Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermo tolerance in mustard seedlings. Plant Physiol. 118: 1455-1461.
3. Edge, R., McGarvey, D.J. and Truscott, T.G. 1997. The carotenoids as antioxidants-a review. J. Photochem. Photobiol. B. 41: 189-200.
4. Egert, M. and Tevini, M. 2002. Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). Enviro. Ex. Bot. 48: 43-49.
5. Farbod, N., Bakhshandeh, A. and Aineband, A. 2008. Effect of row spacing and irrigation remowal on yield and yield component of mung bean. 10th congress of agronomy science and breeding. Seed plant Improvement Research Institute, Karaj, Iran. Pp: 472-473. (In Persian)
6. Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences the net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynth. 41: 281-284.
7. Ghai, N., Setia, R.C. and Setia, N. 2002. Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brescia napus* L. (cv. GSL-1) Phytomorphol. 52: 83-87.
8. Gonzalez, L. and Gonzalez-Vilar, M. 2001. Determination of relative water content. In: Roger, M.J.R. (ed) Handbook of plant ecophysiology techniques. Springer, Netherlands. Pp: 207-212.
9. Gutierrez-Coronad, M., Trejo, C.L. and Larque-Saaverda, A. 1998. Effect of salicylic acid on the growth of root and shoots in soybean. Plant. Physiol. Biochem. 36: 563-565.
10. Idrees, M., Khan, M.M., Naeem, M., Aftab, T., Hashmi, N. and Alam, N. 2011. Modulation of defense responses by improving photosynthetic activity, antioxidative metabolism and vincristine and vinblastine accumulation in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don through salicylic acid under water stress. Russ. Agr. Sci. 37: 474-482.
11. Jiang, Y. and N. Huang. 2001. Drough and heat stress injury to two cool-season turf grasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidase. Crop. Sci. 41:436-442.
12. Hashempour, A., Ghasemzhad, M., Fotouhi, G. and Sohani, M.M. 2014. The physiological and biochemical response to freezing stress olive plants treated with salicylic acid. Russ. J. Plant. Physiol. 61: 4. 443-450.

13. Kadioglu, A., Saruhan, N., Saglam, A., Terzi, R. and Acet, T. 2011. Exogenous salicylic acid alleviates effects of long term drought stress and delays leaf rolling by inducing drought stress and delays leaf rolling by inducing antioxidant system. Plant. Growth. Regul. 64: 27-37.
14. Khan, W., Prithiviraj, B. and Smith, D. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. J. Plant. Physiol. 160: 485-492.
15. Khan, M.I., Fatma, M., Per, T.S., Anjum, N.A. and Khan, N.A. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. Plant. Sci. J. 6: 462.
16. Kaur, S., Gupta, A.K. and Kaur, N. 2005. Seed priming increases crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. J. Agron. Crop. Sci. 191: 81-87.
17. Keikha, M., Nori, M. and Koshtehgar, A. 2017. Study of salicylic acid and gibberellic on yield and yield components of mung bean. Iran. J. Pul. Res. 7: 2. 138-151. (In Persian with English Abstract)
18. Khodary, S.E. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. Int. J. Agric. Biol. 6: 5-8.
19. Lawlor, D.W. and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants affected by N fertilization. Agron. J. 73: 583-587.
20. Levitt, J. 1980. Response of plants to environmental stress: Water, radiation, salt and other stresses. Academic Press, New York, U.S.A. 650p.
21. Li, N., Parsons, B.L., Liu, D.R. and Mattoo, A.K. 1992. Accumulation of wound-inducible ACC synthase transcript in tomato fruit is inhibited by salicylic acid and polyamines. Plant. Mol. Biol. 18: 477-487.
22. Lichtenthaler, H.K. and Wellburn, A.R. 1983. Determinations of total carotenoida and cholorophylls a and b of leaf extracts in different soivents. Biol. Socie. Trans. 11: 591-603.
23. Majd, A., Madah, S.M., Fallahian, F., Sabaghpour, S.H. and Chalbyan, F. 2006. Effect of salicylic acid on operation, operation components and resistance of two susceptible and resistant cultivars of chickpea. Biol. Sci. Promo. 19: 324-314. (In Persian with English Abstract)
24. Miura, K. and Tada, Y. 2014. Regulation of water, salinity and cold stress responses by salicylic acid. Plant. Sci. 5: 410.
25. Mehrabian, N., Arvin, M., Khajavinejad, R. and Maghsoodi, K. 2011. Effect of salicylic acid on growth and forage and grain yield under drought stress. Seed. Plant. Improv. J. 27: 41-55. (In Persian with English Abstract)
26. Naderi, S., Khajeh, H. and Ahmadi, H. 2016. Effect of Salicylic Acid on Some Physiological Properties of Coriander Plant. Sci. J. Plant. Ecophysiol. 7: 4. 287-305. (In Persian with English Abstract)
27. Nagizzadeh, M. and Gholami, M. 2014. Effect of pre-treatment of salicylic acid on yield and yield components of wheat under drought stress. J. Agro. 6: 1. 162-170. (In Persian)
28. Pinheiro, C.J., Passarinhoa, A. and Ricardo, C.P. 2004. Effect of drought and rewatering on the metabolism of Lupinus albus organs. J. Plant. Physiol. 161: 1203-1210.
29. Rajabi, L., Sajedi, N.A. and Roshandel, M. 2012. Response of yield and yield components of dried peas to salicylic acid and superabsorbent polymers. J. Crop Prod. Res. 4: 343-354. (In Persian)
30. Rao, M.V., Paliyath, G., Ormrod, D., Murr, D. and Watkins, C. 1997. Influence of salicylic acid on H_2O_2 production, oxidative stress and H_2O_2 metabolizing enzymes. Plant. Physiol. 115: 137-149.
31. Sairam, R.K. and Srivastava, G.C. 2001. Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. J. Agron. Crop. Sci. 186: 63-70.
32. Sanchez, S.R. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar

and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field. Crop. Res. 59: 225-235.
33. Senaranta, T., Teuchell, D., Bumm, E. and Dixon, K. 2002. Acetyl salicylic acid and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant. Growth. Regul. 30: 157-161.
34. Sepehri, A., Abbasi, R. and Karami, A. 2014. Effect of drought stress and salicylic acid on yield and yield component in bean genotype. Agri. Crop. Manag. 17: 503-516. (In Persian with English Abstract)
35. Shoghian, M. and Rozbehani, A. 2017. Effect of foliar application of salicylic acid on yield and yield components of kidney bean under drought stress. Crop. Physiol. J. 34: 131-147. (In Persian with English Abstract)
36. Sgherri, C.L.M., Maffei, M. and Navari-Izzo, F. 2000. Antioxidative enzymes in wheat subjected to increasing water deficit and rewatering. J. Plant Physiol. 157: 273-279.
37. Singh, B.R. and Singh, B.P. 1995. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. Field. Crop. Res. 42: 57-67.
38. Vafabakhash, J., Nasiri Mahallati, M. and Kochaki, A. 2009. Effect of drought stress on yield and radiation use efficiency of canola cultivars. Iran. J. Agric. Res. 6: 193-208. (In Persian)
39. Xu, L., Han, L. and Huang, B. 2011. Antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves of kentucky bluegrass in response to drought and post-drought recovery. J. Am. Soc. Hort. Sci. 136: 4. 247-259.
40. Yavas, I. and Unay, A. 2016. Effects of zinc and salicylic acid on wheat under drought stress. J. Anim. Plant Sci. 26: 4. 1012-101.
41. Zabet, M., Hoseinzadeh, A., Ahmadi, A. and Khialparast, F. 2003. Determination of the most important traits affecting yield under two irrigation conditions using multivariate methods in mungbean genotypes. J. Iran. Agri. Sci. 35: 839-849. (In Persian)
42. Zhang, J. and Kirkham, M.B. 1996. Enzymatic responses of the ascorbate-glutathione cycle to drought in sorghum and sunflower plants. Plant Sci. 113: 139-147.