زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال پنجم، شماره هجدهم، زمستان ۱۳۹۲، صفحه ۱۵-۳۶
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۹/۱۴
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۱/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۲/۰۶/۰۶

اثر پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و برخی صفات فیزیولوژیک گیاهچه عدس (*Lens culinaris* Medik.) در شرایط تنش شوری

راضیه کایدنظامی و حمیدرضا بلوچی *
گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

چکیده

به منظور بررسی اثر پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و برخی صفات فیزیولوژیک گیاهچه عدس در شرایط تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل پیش‌تیمار با آب مقطر و سالیسیلیک اسید در دو سطح (۰/۲ و ۰/۵ میلی‌مولار) به مدت ۴ ساعت و شاهد بدون پیش‌تیمار، سه رقم عدس (کرمانشاه، کیمیا و گچساران) و شوری که شامل پنج سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) معادل (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. پس از جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پلی فنل اکسیداز، پراکسیداز و میزان مالون‌دی‌آلدئید ارزیابی شد. نتایج نشان داد که تنش شوری باعث کاهش درصد جوانه‌زنی شد. همچنین، سالیسیلیک اسید تأثیر مثبتی بر جوانه‌زنی داشته، باعث افزایش همه عوامل جوانه‌زنی در شرایط تنش و بدون تنش شد. سنجش فعالیت آنزیمی نشان داد که فعالیت آنزیم‌ها در شرایط تنش شوری افزایش یافته، سالیسیلیک اسید با کاهش اثر تنش شوری باعث کاهش فعالیت این آنزیم‌ها می‌شود. رقم کرمانشاه نسبت به دو رقم دیگر در برابر شرایط تنش شوری مقاومت بیشتری از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: سالیسیلیک اسید، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پیش‌تیمار بذر، تنش اسمزی، جوانه‌زنی

مقدمه

شوری را می‌توان از عمده‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان زراعی در اغلب نقاط جهان از جمله ایران دانست. Jakab و همکاران (۲۰۰۵) تنش شوری را تجمع یون‌هایی نظیر: سدیم، پتاسیم، سولفات و کلر در محیط ریزوسفر می‌دانند، به نحوی که رشدونمو طبیعی گیاه را مختل می‌سازد. کاهش رشد در گیاهان تحت تنش شوری می‌تواند به علت کاهش ذخایر انرژی گیاه باشد، که این امر در اثر کاهش و اختلال فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی گیاه است (Kerepesi and

*نویسنده مسؤول: نشانی پست الکترونیک: balouchi@mail.yu.ac.ir، شماره تماس: ۰۷۴۱۲۲۲۴۸۴۰

(Galiba, 2000). پژوهشگران در جستجوی روش‌هایی برای افزایش استقرار گیاهچه‌ها در شرایط تنش هستند. شوری از طریق افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش جذب آب توسط بذرها و همچنین، از طریق آثار سمّی یون‌های سدیم و کلر، جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Borsanio *et al.*, 2001). وزن خشک گیاهچه‌ها به شدت با افزایش غلظت نمک کاهش می‌یابد. همچنین، تنش شوری سبب کاهش رشد اندام‌های هوایی و ریشه می‌شود (Ghoulam *et al.*, 2002). تنش شوری باعث کاهش یکپارچگی غشا سلولی و آزاد شدن الکترولیت‌ها و مواد درون سلول می‌شود. همچنین، تنش شوری به تجمع انواع اکسیژن فعال در سلول و آسیب رساندن به لیپیدهای غشا، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها منجر می‌شود و مواد آنتی‌اکسیدان موجود در گیاهان باعث خنثی شدن این رادیکال‌های آزاد می‌شوند. همچنین، برخی مواد از جمله سالیسیلیک اسید یا ارتو هیدروکسی بنزوئیک اسید و ترکیباتی مانند پرولین باعث کاهش آثار سوء تنش شوری در گیاهان می‌شوند (El-Tayeb, 2005). تحریک رشد پس از استفاده کامل از سالیسیلیک اسید در برخی از گیاهان نظیر: گندم (Shakirova and Sahabutdinova, 2003)، سویا (Gutierrez-Coronado *et al.*, 1998) و ذرت (Gunes *et al.*, 2007) گزارش شده است. Senaranta و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که سالیسیلیک اسید مولکول نشانگر مهمی برای میانجی‌گری پاسخ‌های گیاهان در برابر تنش‌های محیطی است. Rajasekaran و همکاران (۲۰۰۲) و Shakirova و Sahabutdinova (۲۰۰۳) نشان دادند که کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید باعث تحریک جوانه‌زنی می‌شود و بالاخره، El-Tayeb (۲۰۰۵) به اثر تحریک‌کننده‌گی سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی بذر جو پی برد. سایر پژوهشگران نیز بهبود آثار منفی تنش شوری روی وزن خشک و تر گیاه جو (El-Tayeb, 2005)، گوجه‌فرنگی (Szepesi *et al.*, 2005؛ Stevens *et al.*, 2006) و خیار (Yildirim *et al.*, 2008) را با کاربرد سالیسیلیک اسید گزارش کرده‌اند. تنش شوری رشد گیاهچه‌های عدس را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (Misra and Saxena, 2009). تیمار سالیسیلیک اسید آثار مخرب شوری روی رشد گیاه را کاهش می‌دهد (Shakirova and Sahabutdinova, 2003). بررسی‌ها نشان داده است که سالیسیلیک اسید باعث جلوگیری از صدمه به اسیدهای چرب غیر اشباع، کاهش نفوذپذیری غشا و حفاظت از غشا تیلاکوئیدی در زمان تنش شوری در گیاه آرابیدوپسیس شده است (Borsanio *et al.*, 2001). تحت تیمار شوری مقدار مالون‌دی‌آلدئید حاصل از تنش اکسیداتیو در گیاهچه گندم افزایش یافته، به طوری که با افزایش غلظت نمک محتوای مالون‌دی‌آلدئید افزایش پیدا کرده است (Doulatabadian *et al.*, 2008)؛ در حالی که مصرف سالیسیلیک اسید تولید مالون‌دی‌آلدئید تحت تنش شوری در عدسک آبی را کاهش داد (Panda and Upadhyay, 2004). پراکسیدازها از جمله آنزیم‌هایی هستند که نقش بسیار مهمی در پاسخ به تنش‌های غیر زیستی مانند شوری دارند. سالیسیلیک اسید به عنوان یک گوهرمایه دهنده الکترون برای کاتالاز و پراکسیداز عمل می‌کند. یکی از مکانیسم‌های گیاهان در برابر تنش شوری تجمع پرولین در سلول است. نقش پرولین در تنظیم اسمزی، تثبیت غشا و دفع مسمومیت یون‌های مضر در گیاهان تحت تنش شوری است

(Kavi *et al*., 2005 ؛Ashraf and Foolad, 2005). سالیسیلیک اسید تنش‌های ایجاد شده توسط NaCl را بهبود بخشیده و به کاهش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی منجر شده است (Yusuf *et al*., 2008). با افزایش پرولین و تجمع محلول‌های اسمولیت و گلایسین‌بتائین در پاسخ به شوری، تنظیم اسمزی انجام می‌شود (Misra and Gupta, 2005). با توجه به آثار مثبت سالیسیلیک اسید در شرایط تنش و حساسیت بالای حبوبات از جمله عدس به تنش شوری در زمان جوانه‌زنی و عدم شناخت کافی از واکنش متفاوت رقم‌های عدس، در پژوهش حاضر، تأثیر پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی، رشد، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، میزان مالون‌دی‌آلدئید و همچنین، میزان پرولین گیاهچه در سه رقم عدس بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۹ در آزمایشگاه زراعت دانشگاه یاسوج به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. عوامل آزمایشی شامل رقم‌های عدس (کرمانشاه، کیمیا و گچساران)، سطوح پیش‌تیمار (بدون پیش‌تیمار، پیش‌تیمار با آب مقطر، پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۲ و ۰/۵ میلی‌مولار) و سطوح شوری (غلظت‌های صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار محلول NaCl) بود. بدین منظور بذرهای عدس با محلول هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت ۳ دقیقه ضدعفونی و پس از آن چند بار با آب‌مقطر آبکشی شد. برای انجام پیش‌تیمار، بذرها به مدت ۴ ساعت در تاریکی و در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد درون محلول سالیسیلیک اسید با غلظت‌های یاد شده قرار گرفته و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق خشک شدند. ۳۰ عدد بذر در هر پتری‌دیش قرار گرفت و محلول‌های نمک طعام با غلظت‌های یاد شده به میزان ۱۰ میلی‌لیتر به آن اضافه شد. درب هر پتری‌دیش با پارافیلم کاملاً بسته و برای جوانه‌زنی در اتاق رشد با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قرار گرفت. شمارش بذرها به صورت روزانه انجام شد. پس از ۷ روز ۱۰ گیاهچه از هر پتری‌دیش به صورت تصادفی انتخاب و میانگین طول آنها تعیین شد. سپس، برای تعیین میانگین وزن خشک، گیاهچه به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه قرار داده شد. برای سنجش فعالیت آنزیم‌ها و تعیین میزان مالون‌دی‌آلدئید و پرولین، گیاهچه‌ها در نیتروژن مایع فریز و تا زمان انجام تحلیل‌های بیوشیمیایی در فریزر ۸۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

برای اندازه‌گیری پروتئین محلول و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، عصاره آنزیمی از روش Liu و Huang (۲۰۰۰) استخراج شد. در این روش مقدار ۰/۰۵ گرم از بافت تازه برگ در هاون چینی سرد و در ظرف یخ با ۲ میلی‌لیتر از بافر فسفات ۰/۱ مولار با اسیدیته ۶/۸ هموژن و سپس به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتیگراد سانتریفیوژ شد. مایع رویی عصاره به دست آمده برای اندازه‌گیری فعالیت ۳ آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز و همچنین، مقدار پروتئین محلول استفاده شد.

میزان پروتئین محلول گیاهچه با روش Bradford (۱۹۷۶) اندازه‌گیری شد. ۵۰ میکرولیتر از عصاره به ۲/۵ میلی‌لیتر از معرف برادفورد اضافه شد و شدت جذب محلول در طول موج ۵۹۵ با دستگاه طیف‌سنج UV-vis مدل LAMBDA EZ210 خوانده شد. غلظت پروتئین بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بافت تازه با منحنی استاندارد محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز به ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۶۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۶/۱، ۰/۵ میلی‌لیتر گایاکول ۲۸ میلی‌مولار (به عنوان معرف که در حضور الکترون‌های ناشی از تجزیه H_2O_2 توسط آنزیم به تترا گایاکول تبدیل و رنگ قرمز تولید می‌کند) و ۰/۵ میلی‌لیتر H_2O_2 ۵ میلی‌مولار اضافه کرده و شدت جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. با اضافه کردن H_2O_2 به عنوان پذیرنده الکترون، واکنش در کووت آغاز و جذب بلافاصله در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و به مدت یک دقیقه (با فواصل ۲۰ ثانیه) خوانده شد. فعالیت آنزیمی به شکل افزایش جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین در عصاره آنزیمی محاسبه شد (Ghanati *et al*., 2002).

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی، ۵۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه ۵ میلی‌مولار، ۵۰۰ میکرولیتر متیل کاتکول ۰/۰۲ میلی‌مولار و ۱۹۰۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم ۶۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۶/۱ اضافه شد. افزایش فعالیت آنزیم بر اساس شدت رنگ نارنجی متیل کاتکول تولید شده و شدت جذب در طول موج ۴۱۰ نانومتر خوانده شد و فعالیت آنزیمی به ازای تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه بیان شد (Ghanati *et al*., 2002).

برای سنجش فعالیت کاتالاز، ۰/۱ گرم نمونه منجمد شده در ۳ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم ۲۵ میلی‌مولار با اسیدیته ۶/۸ عصاره‌گیری و همگنای حاصل در ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتیگراد سانتریفیوژ شد. از بخش شناور رویی برای سنجش فعالیت کاتالاز استفاده شد. سپس به ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم ۲۵ میلی‌مولار با اسیدیته ۶/۸، ۰/۵ میلی‌لیتر H_2O_2 ۱۰ میلی‌مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اضافه و شدت جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر خوانده شد. تجزیه H_2O_2 با کاهش جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر دنبال شد (Cakmak and Horst, 1991) و به ازای هر میلی‌گرم پروتئین در عصاره آنزیمی بیان شد.

برای اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید، ۰/۲ گرم از نمونه‌های منجمد شده در ۳ میلی‌لیتر TCA (تری کلرو استیک اسید) ۱۰ درصد عصاره‌گیری شد. سپس، به یک میلی‌لیتر از عصاره صاف شده یک میلی‌لیتر TBA (تیو باربی توریک اسید) ۰/۵ درصد اضافه شد و در حمام آب‌گرم با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت. پس از سرد شدن میزان مالون‌دی‌آلدئید با اندازه‌گیری جذب در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر و با استفاده از ضریب خاموشی $155\ mM^{-1}\ cm^{-1}$ محاسبه شد (Heath and Pacher, 1969).

MDA=((532nm/155)/0.2)-((600nm/155)/0.2)

برای اندازه‌گیری پرولین مطابق با روش Paquine و Lechasseur (۱۹۷۹)، نخست ۰/۵ گرم از بافت برگ با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد ساییده و سپس دو مرتبه و هر بار ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد به بخش جامد باقی‌مانده اضافه و کاملاً شستشو شد. همه مراحل فوق در حمام یخ و نور کم انجام شد. در نهایت، ۱۵ میلی‌لیتر از عصاره به دست آمده به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد (مدل 2-16K، شرکت Sigma، ساخت آلمان). به یک میلی‌لیتر از عصاره الکلی ۱۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر اضافه شد. سپس، ۵ میلی‌لیتر نین‌هیدرین و ۵ میلی‌لیتر استیک اسید گلاسیال ۹۹/۹ درصد به هر نمونه اضافه شد و نمونه‌ها

داخل حمام آب‌جوش به مدت ۴۵ دقیقه قرار داده شدند. پس از آن، به هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر بنزن اضافه و به شدت تکان داده شد تا پرولین وارد فاز بنزن شود. سپس میزان جذب نور نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر خوانده شد. سپس با رسم منحنی کالیبراسیون استاندارد پرولین، میزان پرولین آزاد نمونه‌ها بر اساس میکرومول بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد.

در پایان، برای تجزیه واریانس داده‌های خام از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین بین صفات مطالعه شده با روش LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نمودارها و شکل‌ها با نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری، پیش‌تیمار و رقم و همه برهم‌کنش‌های بین آنها بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه عدس بذرهای عدس معنی‌دار بود (جدول ۱). با توجه به نمودار مقایسه میانگین (شکل ۱) درصد جوانه‌زنی عدس به طور معنی‌داری در اثر تنش شوری کاهش یافت و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید و آب مقطر باعث تغییرات معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی بذر عدس شد. با توجه به نمودار مقایسه میانگین مشاهده شد که در تیمار شوری ۲۰۰ میلی‌مولار کمترین میزان درصد جوانه‌زنی با مقدار ۵ درصد مربوط به رقم کیمیا و بدون پیش‌تیمار بود که نسبت به همان سطح شوری و استفاده از پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار به میزان ۵۵ درصد کمتر بود (شکل ۱).

در شوری ۵۰ میلی‌مولار بیشترین سرعت جوانه‌زنی در رقم گچساران و تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار با میزان ۱۶/۴۴ بذر در روز مشاهده شد که نسبت به شاهد بدون استفاده از سالیسیلیک اسید در آن رقم ۲ واحد بیشتر بود. با افزایش غلظت نمک به ۱۰۰ میلی‌مولار نیز بیشترین مقدار سرعت جوانه‌زنی به رقم گچساران و تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار با میزن ۱۴/۷ بذر در روز تعلق داشت که نسبت به شاهد در آن رقم ۲ واحد بیشتر بود. کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی در این سطح از شوری به توده محلی کرمانشاه و تیمار با آب‌مقطر مربوط بود. در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار رقم گچساران و پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار بیشترین میزان سرعت جوانه‌زنی (۱۳/۴۸ بذر در روز) را داشت و کم‌ترین مقدار آن به رقم کیمیا و تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار مربوط بود. با افزایش شوری به سطح ۲۰۰ میلی‌مولار توده محلی کرمانشاه و تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار بیشترین سرعت جوانه‌زنی را داشت که نسبت به رقم گچساران در همان تیمار تفاوت معنی‌داری را ایجاد نکرد. در این سطح شوری کم‌ترین میزان سرعت جوانه‌زنی با ۰/۴۲ به رقم کیمیا و بدون پیش‌تیمار مربوط بود (شکل ۲).

بر اساس نمودار مقایسه میانگین داده‌ها، طول ریشه‌چه با افزایش غلظت یون سدیم و کلر کاهش یافت، به طوری که بیشترین کاهش در تیمارهای ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار در هر سه رقم مشاهده شد. در شرایط تنش شوری (۵۰ میلی‌مولار نمک) بیشترین مقدار این صفت به توده محلی کرمانشاه و شرایط بدون پیش‌تیمار با میزان ۵۴/۵ میلی‌متر مربوط بود. با رسیدن غلظت نمک به ۱۰۰ میلی‌مولار رقم کیمیا و پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار بیشترین طول ریشه‌چه

را با مقدار ۳۷ میلی‌متر داشت که نسبت به شاهد بدون پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید به میزان ۱۵ میلی‌متر بیشتر بود و کمترین میزان طول ریشه‌چه در این سطح شوری به توده محلی کرمانشاه و پیش‌تیمار با آب‌مقطر مربوط بود. در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار بیشترین طول ریشه‌چه به رقم گچساران و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار مربوط بود که نسبت به شاهد ۸ میلی‌متر بیشتر بود. در بالاترین سطح شوری (۲۰۰ میلی‌مولار) توده محلی کرمانشاه و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار نسبت به دیگر تیمارها بیشترین طول ریشه‌چه را (۱۴/۸۵ میلی‌متر) داشت (شکل ۳). با توجه به نمودار مقایسه میانگین داده‌ها، صفت طول ساقه‌چه نیز با افزایش غلظت نمک کاهش یافت، به گونه‌ای که در غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار در کم‌ترین مقدار خود در هر سه رقم رسید (شکل ۴). در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار از نمک بیشترین طول ساقه‌چه به ترتیب به رقم کیمیا با پیش‌تیمار با آب‌مقطر و رقم کرمانشاه با پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار مربوط بود. با رسیدن غلظت نمک به ۱۵۰ میلی‌مولار نیز توده محلی کرمانشاه بیشترین طول ساقه‌چه در تیمار بدون پیش‌تیمار را داشت. با افزایش غلظت نمک به ۲۰۰ میلی‌مولار به میزان زیادی از طول ساقه‌چه کاسته شد، به طوری که کم‌ترین میزان آن به رقم کیمیا و بدون استفاده از پیش‌تیمار مربوط بود و بیشترین میزان آن به رقم گچساران و پیش‌تیمار با آب‌مقطر مربوط بود (شکل ۴).

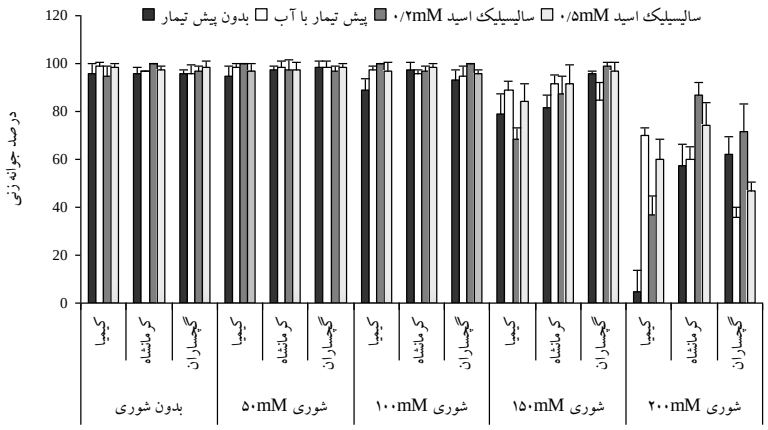
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری، پیش‌تیمار و رقم و همه برهمکنش‌های بین آنها بر وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه عدس در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با توجه به نمودار مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه به رقم گچساران و پیش‌تیمار با آب‌مقطر مربوط بود که اختلاف معنی‌داری را با رقم کرمانشاه در همین سطح از پیش‌تیمار نداشت. در سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه (۵/۵۹ میلی‌گرم) به رقم گچساران و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار مربوط بود. در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه به رقم گچساران و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار مربوط بود. در شرایط شوری ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه به رقم گچساران و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار به ترتیب به میزان (۵ و ۴/۴۷ میلی‌گرم) مربوط بود (شکل ۵).

در شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار بیشترین میزان وزن خشک ساقه‌چه (۵/۸۵ و ۶/۶۵ میلی‌گرم) به ترتیب به رقم گچساران و کیمیا در سطح پیش‌تیمار با آب مقطر مربوط بود. در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بیشترین میزان وزن خشک ساقه‌چه به رقم گچساران و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار تعلق داشت. غلظت ۰/۵ میلی‌مولار از سالیسیلیک اسید در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در رقم گچساران و کیمیا بالاترین و بدون پیش‌تیمار (شاهد) آن کمترین میزان وزن خشک ساقه‌چه را داشت. غلظت ۰/۵ میلی‌مولار از سالیسیلیک اسید در بالاترین سطح از شوری در هر دو رقم گچساران و کیمیا نسبت به عدم استفاده از آن، میزان وزن خشک ساقه‌چه را به ترتیب ۴/۱۸ و ۳ میلی‌گرم افزایش داد (شکل ۶).

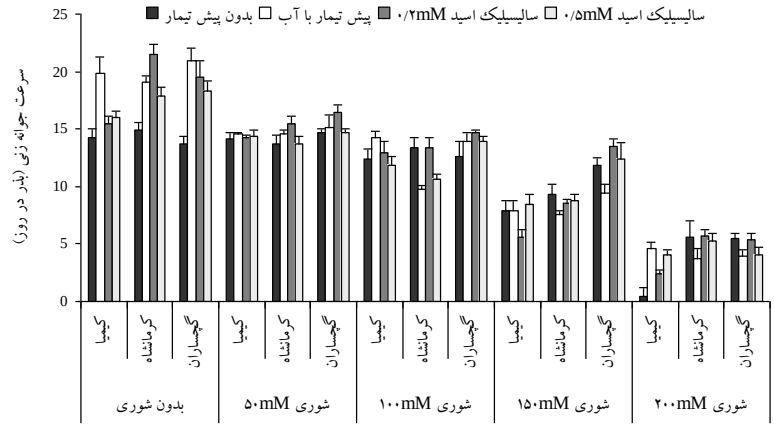
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری، پیش‌تیمار و رقم و همه برهمکنش‌های بین آنها بر میزان پرولین و مالون‌دی‌آلدئید گیاهچه‌های عدس در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۱ و ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تجمع پرولین در گیاهچه‌های تنش دیده به طور معنی‌داری افزایش یافت. در شرایط بدون تنش کم‌ترین میزان تجمع پرولین در هر سه رقم مطالعه شده مشاهده شد، با وجود این، در گیاهانی که علاوه بر اعمال تنش شوری، سالیسیلیک اسید نیز مصرف شده بود میزان پرولین کاهش یافت. استفاده از سالیسیلیک اسید در گیاهان شاهد یا بدون تنش شوری تأثیر زیادی بر محتوای پرولین نداشت (شکل ۷). در غلظت‌های پایین نمک (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) بیشترین مقدار پرولین به رقم گچساران در پیش‌تیمار با آب‌مقطر و شاهد مربوط بود. در این دو سطح از تنش شوری، کم‌ترین میزان تجمع پرولین به توده محلی کرمانشاه و استفاده از سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار مربوط بود که نسبت به شاهد بدون استفاده از سالیسیلیک اسید به ترتیب ۰/۰۶ و ۰/۱۳ میکرومول بر گرم بافت گیاهچه کمتر بود. در شوری‌های با غلظت بالاتر (۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) بیشترین تجمع پرولین به توده محلی کرمانشاه و بدون استفاده از پیش‌تیمار مربوط بود و کم‌ترین میزان تجمع پرولین در این دو سطح از شوری به رقم گچساران و استفاده از پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۲ و ۰/۵ میلی‌مولار تعلق داشت که نسبت به شاهد به ترتیب با میزان ۰/۰۷۹ و ۰/۱ میکرومول بر گرم بافت گیاهچه میزان تجمع پرولین کمتر بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی رقم‌های عدس تحت تأثیر تنش شوری و پیش‌تیمار. ns ، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱درصد است.

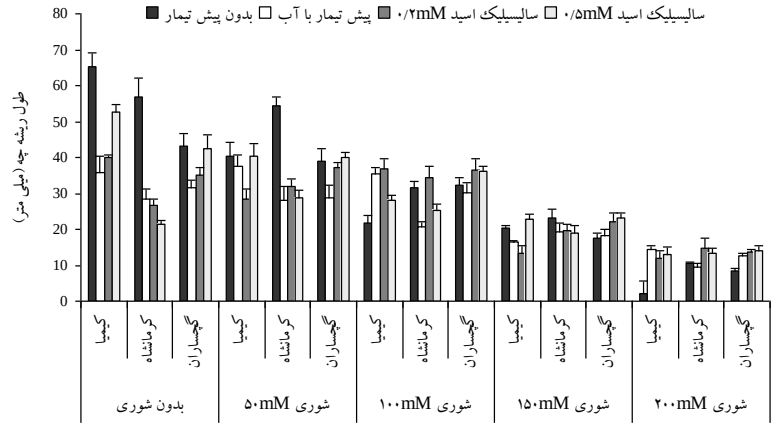
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	پرولین
شوری	۴	۱۵۵۶۷/۰۷**	۱۲۸۳/۸۸**	۶۷۱۹/۵۹**	۷۴۸۸/۴۶**	۳۶/۰۸**	۴۲/۱۴**	۰/۲۷**
رقم	۲	۱۱۴۷/۰۰۵**	۷۵/۸۲**	۱۸۸/۵۸**	۳۹۱/۲۴**	۱۴/۳۷**	۳/۰۰۳**	۰/۰۰۴*
پیش‌تیمار	۳	۵۱۱/۲۳**	۱۹/۶۶**	۴۵۹/۵۸**	۶۶۵/۳۵**	۴۱/۵۷**	۳۵/۱۲**	۰/۰۳**
شوری × رقم	۸	۶۴۹/۱۳**	۱۶/۳۱**	۲۳۴/۴۲**	۱۹۷/۵۸**	۳/۲۸**	۱/۳۸**	۰/۰۰۵**
شوری × پیش‌تیمار	۱۲	۲۱۷/۵۱**	۱۷/۰۰۰۸**	۳۹۸/۶۹۸**	۴۵۱/۶۳**	۳/۵۱**	۲/۷**	۰/۰۰۵**
رقم × پیش‌تیمار	۶	۷۱۲/۶۷**	۱۷/۸۷**	۳۴۲/۰۹**	۱۲۵/۶۶**	۱/۷۶۹**	۲/۹۸**	۰/۰۰۶**
شوری×رقم×پیش‌تیمار	۲۴	۳۷۷/۵۵**	۴/۵۹**	۸۵/۳۳**	۵۹/۳۵**	۲/۱۳**	۲/۶۹**	۰/۰۰۲**
خطای آزمایش	۱۸۰	۱۶/۳۸	۰/۷۴	۷/۶۳	۷/۵۹	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۰۰۰۷
ضریب تغییرات	٪	۴/۶۶	۷/۳۷	۱۰/۰۰۶	۹/۰۴	۱۱/۷۴	۱۱/۱۷	۱۱/۵۸



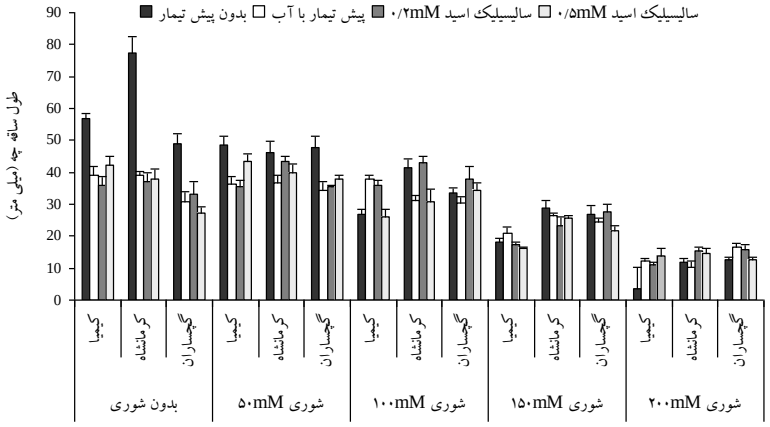
شکل ۱- اثر متقابل شوری، پیش‌تیمار و رقم بر درصد جوانه‌زنی (LSD=۵/۵۸). مقادیر میانگین ۴ تکرار ± انحراف معیار است که اختلاف بیش از حداقل اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند.



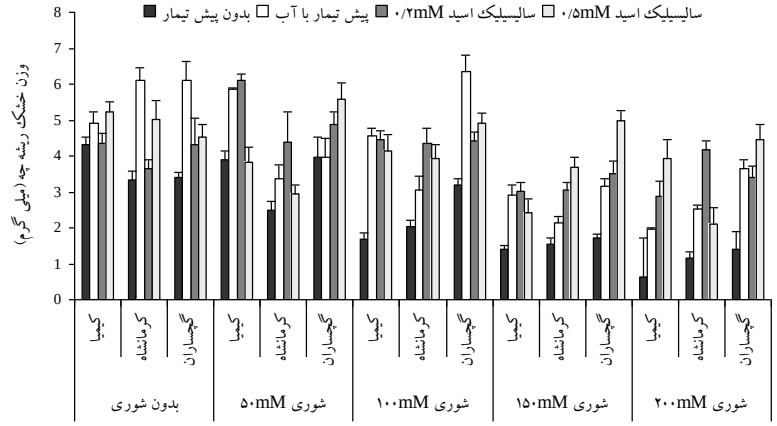
شکل ۲- اثر متقابل شوری، پیش‌تیمار و رقم بر سرعت جوانه‌زنی (LSD=۱/۲۰). مقادیر میانگین ۴ تکرار ± انحراف معیار است که اختلاف بیش از حداقل اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند.



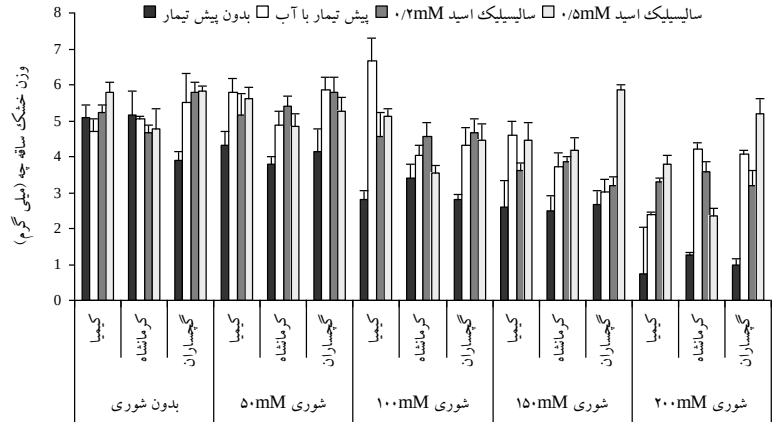
شکل ۳- اثر متقابل شوری، پیش‌تیمار و رقم بر طول ریشه‌چه (LSD=۳/۸۵). مقادیر میانگین ۴ تکرار ± انحراف معیار است که اختلاف بیش از حداقل اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند.



شکل ۴- تأثیر متقابل شوری، پیش‌تیمار و رقم بر طول ساقه‌چه (LSD=۳/۸۴). مقادیر میانگین ۴ تکرار ± انحراف معیار است که اختلاف بیش از حداقل اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند.



شکل ۵- تأثیر متقابل شوری، پیش‌تیمار و رقم بر وزن خشک ریشه‌چه (LSD=۰/۶۰). مقادیر میانگین ۴ تکرار ± انحراف معیار است که اختلاف بیش از حداقل اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند.



شکل ۶- تأثیر متقابل شوری، پیش‌تیمار و رقم بر وزن خشک ساقه‌چه (LSD=۰/۶۶). مقادیر میانگین ۴ تکرار ± انحراف معیار است که اختلاف بیش از حداقل اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند.

جدول ۲- تجزیه واریانس آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در رقم‌های عدس تحت تأثیر تنش شوری و پیش‌تیمار. ns، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد است.

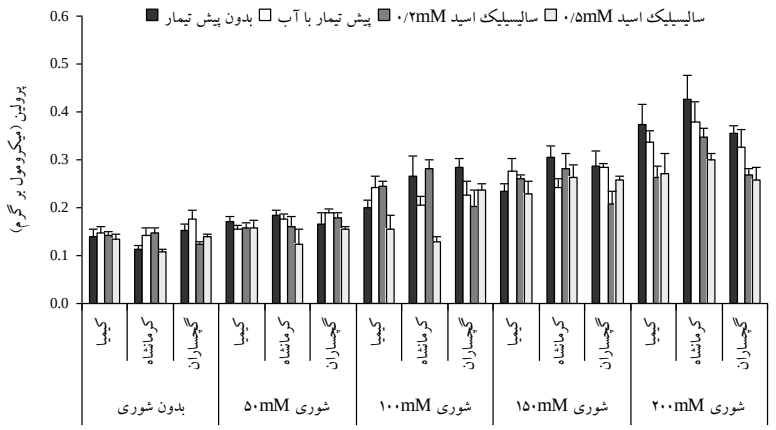
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		مالون‌دی‌آلدئید	پروتئین محلول	پلی فنل اکسیداز	کاتالاز	پراکسیداز
شوری	۴	۲۸۶/۹۴**	۳/۲۱**	۰/۰۵**	۰/۵۳**	۰/۷۷**
رقم	۲	۵۳/۸۱**	۰/۵۱**	۰/۰۰۴۶**	۰/۱۳**	۰/۱۳**
پیش‌تیمار	۳	۲۸۲/۴۹**	۰/۱۱**	۰/۰۰۲۵**	۰/۲۹**	۰/۲۴**
شوری × رقم	۸	۱۱/۶۵**	۰/۰۷۳**	۰/۰۰۰۲۲**	۰/۰۳۴**	۰/۰۲۹**
شوری × پیش‌تیمار	۱۲	۳۶/۸۸**	۰/۰۷۳**	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۱۶**	۰/۰۳۱**
رقم × پیش‌تیمار	۶	۱۵/۵۸**	۰/۳۸**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۶۴**	۰/۰۳۸**
شوری×رقم×پیش‌تیمار	۲۴	۷/۱۶**	۰/۰۵۶**	۰/۰۰۰۲۱**	۰/۰۱**	۰/۰۱**
خطای آزمایش	۱۸۰	۱/۹۳	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۰۴۳	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۶
ضریب تغییرات	٪	۱۰/۷۲	۱۵/۹۲	۱۳/۶۹۹	۱۴/۴۳	۱۴/۲۷

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط بدون تنش کم‌ترین میزان مالون‌دی‌آلدئید در هر سه رقم دیده شد. در سطوح شوری پایین همانند ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار بیشترین محتوای مالون‌دی‌آلدئید در رقم گچساران و بدون پیش‌تیمار (شاهد) مشاهده شد، در حالی که کم‌ترین محتوای مالون‌دی‌آلدئید در این دو سطح از تنش شوری به ترتیب به رقم گچساران و پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار و توده محلی کرمانشاه و تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار مربوط بودند که به ترتیب نسبت به شاهد بدون استفاده از سالیسیلیک اسید، ۷/۹۴ و ۴/۲۳ میکرومول بر گرم کمتر بود. با افزایش غلظت نمک (۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدئید به رقم گچساران و تیمار بدون پیش‌تیمار مربوط بود در حالی که کم‌ترین میزان مالون‌دی‌آلدئید در این دو سطح از شوری به توده محلی کرمانشاه و تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار مربوط بود و نسبت به شاهد به ترتیب ۶/۰۳ و ۹/۵۹ میکرومول بر گرم کمتر بود (شکل ۸).

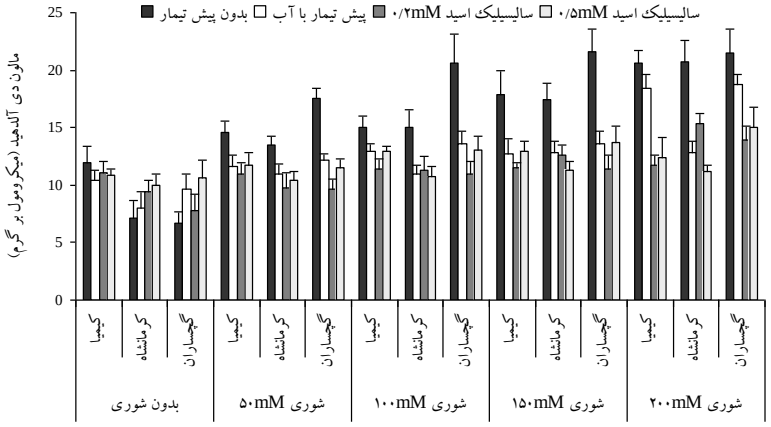
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری، پیش‌تیمار و رقم و همه برهمکنش‌های بین آنها بر میزان پروتئین محلول، فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز، فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز گیاهچه‌های عدس در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نمودار مقایسه میانگین مشاهده شد که در تیمار بدون تنش شوری بیشترین میزان پروتئین به رقم گچساران و بدون استفاده از سالیسیلیک اسید (شاهد) مربوط بود. با افزایش غلظت نمک از ۵۰ به ۲۰۰ میلی‌مولار، میزان پروتئین محلول

برگ کاهش درخور توجهی یافت. در غلظت ۵۰ میلی‌مولار نمک بیشترین مقدار پروتئین به رقم گچساران و پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار با مقدار ۱/۲۷ میکروگرم پروتئین در میلی‌گرم وزن تر گیاهچه تعلق داشت که نسبت به شاهد ۰/۰۷ میکروگرم بیشتر بود و کم‌ترین میزان آن به رقم کیمیا و پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار مربوط بود. با افزایش غلظت نمک به ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار بیشترین میزان پروتئین محلول برگ به رقم کیمیا و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار به ترتیب با میزان ۰/۹۹ و ۰/۹۶ میکروگرم پروتئین در گرم وزن تر گیاهچه مربوط بود که نسبت به شاهد (بدون استفاده از سالیسیلیک اسید) به ترتیب ۰/۴۶ و ۰/۵۸ میکروگرم بیشتر بود. با افزایش غلظت نمک در ۲۰۰ میلی‌مولار، بیشترین مقدار پروتئین به توده محلی کرمانشاه و تیمار بدون استفاده از سالیسیلیک اسید تعلق داشت (شکل ۹).

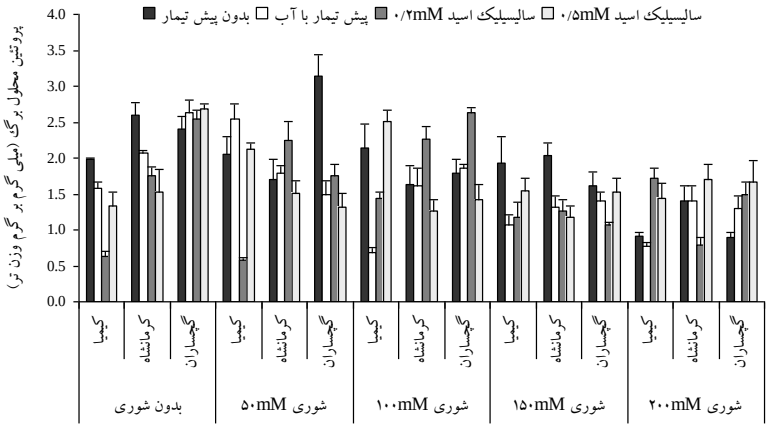
با توجه به نمودار مقایسه میانگین مشاهده شد که آنزیم پلی فنل اکسیداز بیشترین فعالیت خود را در تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار و بدون کاربرد سالیسیلیک اسید دارد. در شرایط بدون تنش کم‌ترین میزان فعالیت این آنزیم به رقم کیمیا و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار مربوط بود. در شرایط تنش‌های پایین (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) کم‌ترین فعالیت این آنزیم به ترتیب به توده محلی کرمانشاه و گچساران و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار مربوط بود که تغییرات جذب نسبت به شاهد ۰/۱۲ و ۰/۱۸ میکروگرم پروتئین در دقیقه کمتر بود. با افزایش سطح شوری میزان فعالیت این آنزیم نیز افزایش یافت، به طوری که در شوری‌های بالاتر (۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) کم‌ترین فعالیت این آنزیم به رقم کیمیا و تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار در هر دو سطح شوری مربوط بود که به ترتیب تغییرات جذب نسبت به شاهد ۰/۰۲۱ و ۰/۰۰۸ میکروگرم پروتئین کمتر بود (شکل ۱۰).



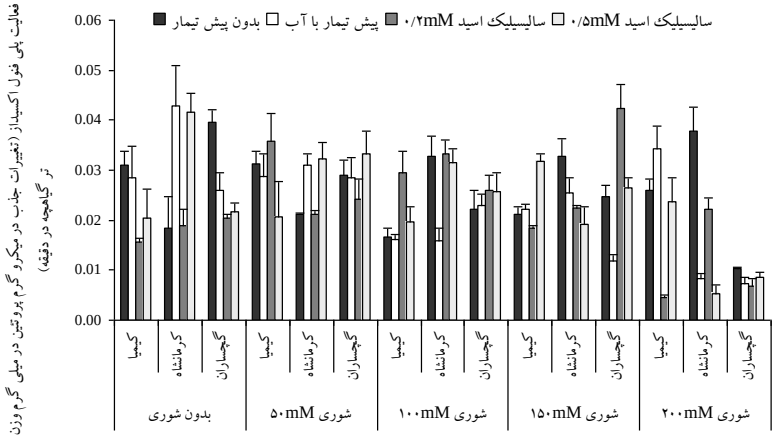
شکل ۷- تأثیر متقابل شوری، پیش‌تیمار و رقم بر میزان پرولین (LSD=۰/۰۳۵). مقادیر میانگین ۴ تکرار ± انحراف معیار است که اختلاف بیش از حداقل اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند.



شکل ۸- تأثیر متقابل شوری، پیش‌تیمار و رقم بر میزان مالون‌دی‌آلدهید (LSD=۱/۹۴). مقادیر میانگین ۴ تکرار ± انحراف معیار است که اختلاف بیش از حداقل اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند.



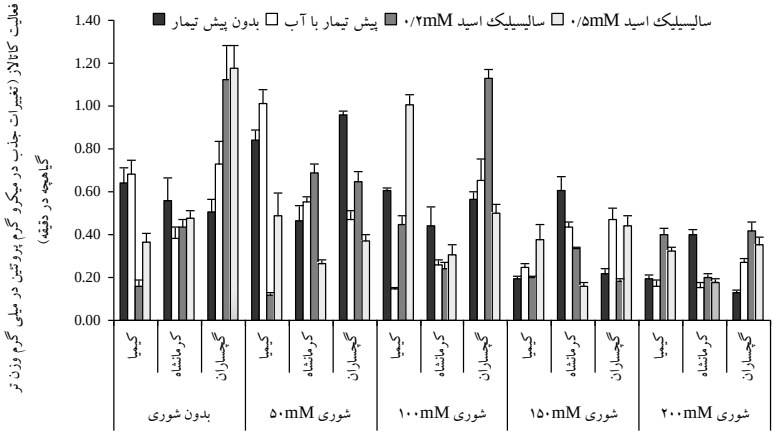
شکل ۹- تأثیر متقابل شوری، پیش‌تیمار و رقم بر پروتئین محلول برگ (LSD=۰/۲۹). مقادیر میانگین ۴ تکرار ± انحراف معیار است که اختلاف بیش از حداقل اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند.



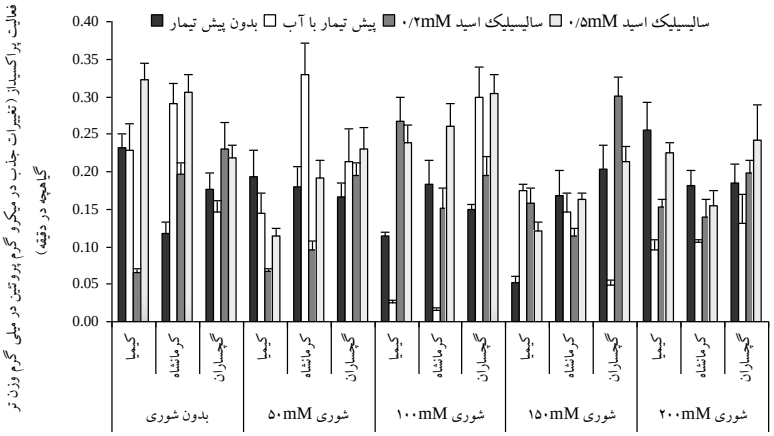
شکل ۱۰- تأثیر متقابل شوری، پیش‌تیمار و رقم بر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز (LSD=۰/۰۰۵۵). مقادیر میانگین ۴ تکرار ± انحراف معیار است که اختلاف بیش از حداقل اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند.

با توجه به نمودار مقایسه میانگین مشاهده شد که تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار میزان فعالیت آنزیم کاتالاز گیاهچه در مقایسه با شاهد می‌شود. در سطوح بدون تنش شوری در هر سه رقم استفاده از سالیسیلیک اسید باعث کاهش در مقدار آنزیم کاتالاز شد. در شوری‌های با غلظت پایین (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) کم‌ترین میزان فعالیت این آنزیم به ترتیب به توده محلی کرمانشاه و گچساران با استفاده از تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار مربوط بود که تغییرات جذب نسبت به شاهد بدون استفاده از سالیسیلیک اسید و این سطح از تیمار شوری، به ترتیب ۰/۱۲ و ۰/۱۸ میکروگرم پروتئین کمتر بود. با افزایش غلظت نمک به ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز به رقم کیمیا و استفاده از تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار مربوط بود که نسبت به شاهد به ترتیب ۰/۳۶ و ۰/۴۱ (تغییرات جذب به میکروگرم پروتئین در دقیقه) کمتر شده بود (شکل ۱۱).

با توجه به نمودار مقایسه میانگین مشاهده شد که میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز که آنزیمی مؤثر در تجزیه پراکسید هیدروژن است تحت تنش شوری در برگ‌ها افزایش پیدا کرد. در شرایط بدون تنش شوری کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز (۰/۳۱ تغییرات جذب به میکروگرم پروتئین در دقیقه) به رقم کرمانشاه و استفاده از پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار مربوط بود. در شرایط شوری اندک (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) به ترتیب کم‌ترین میزان فعالیت این آنزیم به رقم کیمیا و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار و توده محلی کرمانشاه و پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار مربوط است که تغییرات جذب نسبت به بدون پیش‌تیمار (شاهد) به میزان ۰/۱۱ و ۰/۰۹۵ میکروگرم پروتئین کمتر بود. در این دو سطح از شوری یاد شده بیشترین میزان فعالیت آنزیم به رقم گچساران و بدون پیش‌تیمار مربوط بود. در سطوح شوری بالاتر (۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) کم‌ترین میزان فعالیت این آنزیم به توده محلی کرمانشاه و به ترتیب استفاده از سالیسیلیک اسید ۰/۲ و ۰/۵ میلی‌مولار مربوط بود که تغییرات جذب نسبت به شاهد ۰/۲۲۱ و ۰/۲۵ میکروگرم پروتئین کمتر بود و بیشترین میزان فعالیت آنزیم در این دو سطح از شوری نیز به توده محلی کرمانشاه و پیش‌تیمار با آب‌مقطر مربوط بود (شکل ۱۲).



شکل ۱۱- تأثیر متقابل شوری، پیش‌تیمار و رقم بر فعالیت آنزیم کاتالاز (LSD۰/۰۸۳=). مقادیر میانگین ۴ تکرار ± انحراف معیار است که اختلاف بیش از حداقل اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند.



شکل ۱۲- تأثیر متقابل شوری، پیش‌تیمار و رقم بر فعالیت آنزیم پراکسیداز (LSD=۰/۰۳۸). مقادیر میانگین ۴ تکرار ± انحراف معیار است که اختلاف بیش از حداقل اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند.

بحث

تنش شوری باعث کاهش چشم‌گیری در درصد جوانه‌زنی بذرهای تحت تنش می‌شود. با افزایش غلظت نمک درصد جوانه‌زنی بذر کاهش یافته، در حالی که سالیسیلیک اسید باعث افزایش جوانه‌زنی در تیمارهای شوری شد که این نتایج با گزارش‌های Rajasekaran و همکاران (۲۰۰۲) و Doulatabadian و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد.

کاهش جوانه‌زنی گیاهان در محیط‌های شور می‌تواند به علت کاهش جذب مؤثر آب به علت بر هم خوردن تعادل اسمزی و نیز به علت ایجاد سمیّت یونی و در نهایت، به علت ایجاد اختلال در جذب عناصر ایجاد شود. به علت فعالیت بهتر برخی از آنزیم‌ها در بذر (Farooq *et al*., 2006؛ Kaur *et al*., 2006) قابلیت دسترسی به مواد غذایی در طول جوانه‌زنی در دانه‌های پیش‌تیمار شده آسانتر شده، این دانه‌ها توانایی بیشتری در کامل کردن فرآیند جوانه‌زنی در زمان کوتاه دارند و تنش‌های محیطی نظیر شوری را بهتر تحمل می‌کنند (Kant *et al*., 2006).

در بین صفات اندازه‌گیری شده طول ساقه‌چه از حساسیت بیشتری نسبت به تنش برخوردار است (Kafi *et al*., 2009). یکی از علت‌های کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین است. علاوه بر آن، کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش باعث کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه (ساقه‌چه و ریشه‌چه) می‌شود (Kafi *et al*., 2009). Hanan (۲۰۰۷) گزارش کرد که تیمار با سالیسیلیک اسید باعث افزایش طول ریشه‌چه در گیاه گندم و جو می‌شود. در غیاب سالیسیلیک اسید اثر شوری باعث کاهش طول ریشه‌های ذرت شد که در مقایسه با طول ساقه افزایش داشت، در حالی که در حضور سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار، اثر نمک روی طول ریشه و ساقه به طور معنی‌داری کم شده بود (Gautam and Singh, 2009). افزایش در شاخص‌های رشد گیاهان که در معرض تنش شوری هستند در پاسخ به سالیسیلیک اسید شاید به ویژگی‌های رشد و نقش حفاظتی سالیسیلیک اسید از غشا وابسته

باشد که باعث افزایش تحمل گیاهان به آسیب می‌شود (Wang *et al*., 2007).

El-Tayeb (۲۰۰۵) در بررسی پیش‌تیمار جو با سالیسیلیک اسید به این نشان داد که پیش‌تیمار باعث افزایش میزان وزن خشک ریشه‌چه در شرایط تنش شوری می‌شود و از کاهش زیاد وزن ریشه‌چه در شرایط تنش شوری می‌کاهد. Hanan (۲۰۰۷) گزارش کرد که پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید میزان وزن خشک جو و گندم را در هر دو شرایط وجود و عدم وجود تنش شوری افزایش می‌دهد. پژوهش‌های متعدد افزایش وزن خشک ساقه‌چه را در شرایط پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید را تأیید کرده است. افزایش میزان غلظت نمک باعث کاهش معنی‌داری در وزن خشک ساقه‌چه شد (شکل ۶) که به نظر می‌رسد یکی از علل کاهش وزن ساقه‌چه در پتانسیل‌های آب پایین، تحرک کم مواد غذایی و انتقال کمتر آنها از لپه‌ها به محور جنینی باشد. شایان توجه است که عواملی که سرعت رشد محور جنینی را تحت تأثیر قرار می‌دهند می‌توانند بر تحرک مواد غذایی و انتقال آنها از لپه‌ها به محور جنینی تأثیر گذارند (Zhang *et al*., 2003). سالیسیلیک اسید باعث افزایش وزن خشک گیاهچه‌های گندم (Singh and Usha, 2003) و ذرت (Khodary, 2004) در شرایط تنش شوری شده است. سازوکاری که سالیسیلیک اسید رشد ریشه و بخش هوایی را در برخی گیاهان افزایش می‌دهد به خوبی شناخته نشده است؛ با وجود این، احتمال دارد که طویل شدن و تقسیم سلولی را به همراه مواد دیگری از قبیل اکسین تنظیم نماید (Singh and Usha, 2003). Erdal و Demirtas (۲۰۱۰) بیان کردند که وزن خشک و تر گیاهچه‌های گندم به طور معنی‌داری با در معرض قرار گرفتن تنش شوری کاهش یافته، کاهش بیشتر در تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار از نمک بدون استفاده از سالیسیلیک اسید هم در ریشه و هم در ساقه مشاهده شد و همچنین، تیمار سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار وزن تر و خشک در هر دو شرایط شوری و بدون شوری در مقایسه با شاهد، افزایش داد، سالیسیلیک اسید در شرایط بدون تنش شوری نیز وزن تر و خشک گیاه را افزایش داد.

پرولین، پروتئین‌ها و غشاهای سلول را از آسیب غلظت‌های زیاد یون‌ها حفظ می‌کند. سالیسیلیک اسید با پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن باعث کاهش خسارت به اسیدهای چرب و پروتئین‌ها شده و در نتیجه اثر مخرب تنش را کاهش می‌دهد. بنابراین، سنتز و تجمع پرولین به عنوان یکی از واکنش‌های گیاه به تنش کاهش می‌یابد. علایم بروز تنش‌های اکسیداتیو در گیاهان شامل: کاهش پروتئین‌ها، کاهش محتوای کلروفیل و نفوذپذیری غشاست که به کاهش فتوسنتز و در نتیجه رشد گیاه منجر می‌شود (Tompson *et al*., 1987). مطالعه‌ای که به تجمع پرولین مربوط بود، افزایش تدریجی آن با افزایش سطوح شوری را نشان داد. افزایش غلظت محلول‌های سازگار می‌تواند باعث کاهش آثار بازدارندگی از یون‌ها را روی فعالیت آنزیم شود (Matysik *et al*., 2002). کاهش در تجمع پرولین در گیاهچه‌های تیمار شده با سالیسیلیک اسید شاید در رابطه با هر دو آنزیم چرخه بیوسنتز پرولین و یا تنظیم آنزیم‌های کاهش دهنده پرولین باشد.

گونه‌های فعال اکسیژن عامل اصلی پراکسیداسیون لیپیدی هستند (Panda and Upadhyay, 2004). پراکسیداسیون لیپیدی و تولید مالون‌دی‌آلدئید به عنوان

شاخصی برای میزان خسارت ناشی از تنش‌های اکسیداتیو به کار می‌رود (Jagtap and Bhargava, 1995). پراکسیداسیون لیپیدی از طریق اندازه‌گیری محتوای مالون‌دی‌آلدئید (به عنوان محصول نهایی پراکسیداسیون لیپیدی غشا) در اثر تنش شوری مشاهده شد. نتایج نشان داد که مصرف سالیسیلیک اسید باعث کاهش اکسیداسیون چربی‌های غشا سلولی و کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدئید در برگ‌ها شده است. مصرف سالیسیلیک اسید باعث کاهش غلظت مالون‌دی‌آلدئید شد؛ به طوری که غلظت ۰/۵ میلی‌مولار از سالیسیلیک اسید باعث کاهش بیشتری در محتوای مالون‌دی‌آلدئید در بذرهای تنش دیده شد. اسیدهای چرب و لیپیدها حساسیت زیادی به اکسیژن دارند و به سرعت اکسید می‌شوند. با توجه به این که غشای سلول، فسفولیپیدی است، واکنش اکسیژن با آن سبب تخریب غشا سلولی و ترشح الکترولیت‌ها به بیرون سلول می‌شود. سالیسیلیک اسید با پاک‌سازی اکسیژن فعال باعث کاهش اکسیداسیون چربی‌های غشا سلولی و کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدئید می‌شود. کاهش آسیب غشا سلولی در پاسخ به تیمار سالیسیلیک اسید که با افزایش وزن خشک گیاهچه‌های تنش دیده همراه است، می‌تواند نمایانگر القا سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی توسط سالیسیلیک اسید، با از بین بردن رادیکال‌های آزاد به طور مستقیم و یا توسط آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان باشد که خسارت ناشی از این گونه‌های فعال را کاهش می‌دهد و که در نتیجه آن، پراکسیداسیون لیپیدی غشا کاهش یافته است. به نظر می‌رسد که سالیسیلیک اسید با پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری کرده، مانع افزایش مالون‌دی‌آلدئید می‌شود. همچنین، رادیکال‌های آزاد می‌توانند به ساختار پروتئین‌های آسیب بزنند و از بین رفتن پروتئین‌ها را در پی داشته باشند (Gautam and Singh, 2009).

سالیسیلیک اسید از اکسید شدن و تخریب ساختار پروتئین‌ها جلوگیری می‌کند. محتوای پروتئین به میزان اختلاف بین سنتز و تجزیه آن بستگی دارد. پژوهشگران متعددی کاهش مقدار پروتئین و افزایش نیترات، آمونیوم و آمینو اسیدهای آزاد را تحت شرایط شوری گزارش کرده‌اند (Tari *et al*., 2002). رادیکال‌های آزاد اکسیژن تولید شده طی تنش شوری به علت میل ترکیبی زیادی که با پروتئین‌ها و لیپیدها دارند باعث تخریب غشای سلولی، نوکلئیک اسید و پروتئین‌های سلول می‌شوند. استفاده از سالیسیلیک اسید باعث افزایش محتوای پروتئین اندام هوایی می‌شود (Peltzer *et al*., 2002).

Yamane و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در بافت‌های برگ و ریشه با افزایش غلظت نمک افزایش می‌یابد. در همه غلظت‌های نمک، برگ‌ها افزایش بیشتری از نظر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز نسبت به ریشه‌ها نشان دادند. همچنین، این پژوهشگران معتقدندکه آنزیم‌های آنتی اکسیدان گیاهان را در برابر شوری و تنش‌های اکسیداتیو ناشی از آن بهتر محافظت می‌نمایند؛ بنابراین، چنین استدلال شد که افزایش سطوح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تحت تنش شوری یک تأثیر راهبردی برای تحمل به شوری در گیاهان حساس به شوری است. Dey و همکاران (۲۰۰۷) بیان داشتند که پراکسیداز نقش معنی‌دارتری را نسبت به کاتالاز در رفع مسمومیت ایجاد شده توسط H_2O_2 ایفا می‌کند، هنگامی که فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در مقابله با

آنزیم کاتالاز افزایش یابد. Zhang و همکاران (۲۰۰۳)، Mutlu و همکاران (۲۰۰۹) و Kose و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که آنزیم پلی فنل اکسیداز نیز همانند پراکسیداز در شرایط تنش افزایش می‌یابد و افزایش آن در برنج و تحت موقعیت‌های تنش نیز گزارش شده است. فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز تحت تأثیر افزایش غلظت نمک افزایش یافت و بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در تیماری مشاهده شد که بیشترین غلظت نمک را داشت و تحت تأثیر پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید قرار نگرفته بود. پیش‌تیمار بذر گندم با سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار باعث کاهش در میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز شد (Doulatabadian *et al.*, 2009) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

سالیسیلیک اسید، ترکیب فنولی شبه هورمون است که به عنوان تنظیم کننده داخلی نقش مهمی را در مکانیسم‌های دفاعی در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی بازی می‌کند. همچنین، سالیسیلیک اسید بازدارنده فعالیت آنزیم کاتالاز است که آنزیم جاروب‌کننده پراکسید هیدروژن است (Horvath *et al.*, 2002). اگر چه پراکسید هیدروژن در غلظت‌های بالا سمّی است و توسط آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز چرخه آنتی‌اکسیدانی آسکوربات-گلوتاتیون از بین می‌رود؛ اما در غلظت‌های پایین می‌تواند نقش پیام را در فرآیندهای انتقال پیام بازی کند و ژن‌های وابسته به مقاومت را در گیاه فعال کند (Foyer *et al.*, 1997). همچنین، گزارش‌هایی مبنی بر تغییر در الگوی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش عناصر سنگین و دیگر تنش‌های غیر زیستی تحت تیمارهای سالیسیلیک اسید و بدون آن وجود دارد (Meatewally *et al.*, 2003). سالیسیلیک اسید با پیوند به آنزیم کاتالاز باعث کاهش فعالیت آن در *Nicotiana tabacum* شده است (Chen *et al.*, 1993). آنزیم کاتالاز این مولکول را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کند و در طی این واکنش آسکوربات به عنوان دهنده هیدروژن عمل می‌کند (Hegedus *et al.*, 2001). سالیسیلیک اسید به علت داشتن اکسیژن گروه هیدروکسیل آزاد روی حلقه بنزوئیک قادر به کلات کردن آهن موجود در کاتالاز است (Qinghua and Zhujun, 2008)، بنابراین، سالیسیلیک اسید باعث بازدارندگی فعالیت آنزیم کاتالاز می‌شود که آنزیم جاروب‌کننده پراکسید هیدروژن است و در نتیجه با کاهش فعالیت این آنزیم باعث افزایش پراکسید هیدروژن در گیاه می‌شود (Qinghua and Zhujun, 2008).

در شرایط تنش افزایش میزان گونه‌های فعال اکسیژن باعث خسارت به اساسی‌ترین ماکروملکول‌های سلول نظیر پروتئین، چربی، نوکلئیک اسید و رنگدانه‌ها می‌شود (Enferad *et al.*, 2004). پراکسیدازها ایزوزیم‌های مختلفی دارند که هر کدام از آنها وظایف مختلفی مانند مقاومت به خشکی، گرما، شوری و عوامل بیماری‌زا دارند (Mika and Sabine, 2003). بنابراین، نتایج نشان می‌دهد که کاربرد سالیسیلیک اسید تا حدی باعث برطرف شدن برخی آثار سمّی و مخرب تنش ناشی از کلرور سدیم در گیاه می‌شود.

جمع‌بندی

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک باعث بهبود سرعت و

درصد سبز شدن و رشد گیاهچه‌های عدس می‌شود. جوانه‌زنی بذرهای پیش‌تیمار شده نسبت به بذرهای شاهد زودتر آغاز شده، در نتیجه این بذرها سریع‌تر رشد می‌کنند. در سطوح شوری پایین (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار) استفاده از غلظت ۰/۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و در شوری‌های بالاتر (۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اثر بیشتری بر صفات اندازه‌گیری شده داشته، با تأثیر بر سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه باعث افزایش مقاومت گیاهچه‌های عدس تحت تنش شوری می‌شود. رقم کرمانشاه در مقایسه با دو رقم دیگر نسبت به شرایط تنش شوری مقاومت بیشتری از خود نشان داد.

سپاسگزاری

نگارندگان از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه یاسوج به خاطر حمایت مالی از این طرح که بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است، سپاسگزاری می‌کنند. همچنین،از آقای دکتر علیرضا یدوی برای مشاوره و آقای مهندس اکبر شعبانی کارشناس مرکز تحقیقات دیم سرارود کرمانشاه به خاطر در اختیار گذاشتن بذر ارقام استفاده شده، قدردانی می‌شود.

منابع

Ashraf, M. and Foolad, M. R. (2005) Pre sowing seed treatment-ashotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non saline conditions. Advances in Agronomy 88: 223-265.

Borsanio, O., Valpuesta, V. and Botella, M. A. (2001) Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedlings. Plant Physiology 126: 1024-1030.

Bradford, M. (1976) Arapid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Review of Biochemistry 72: 248-254.

Cakmak, I. and Horst, W. (1991) Effect of aluminum on lipid per oxidation, superoxide dismutase, catalos and peroxides activities in root tip of soybean (*Glysin max*). Plant Physiology 83: 463-468.

Chen, Z., Ricigliano, J. R. and Klessig, D. F. (1993) Purification and characterization of a soluble salicylic acid binding protein from tobacco. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 90: 9533-9537.

Dey, S. K., Jayashree, D., Sanjukta, P. and Debasmita, P. (2007) Changes in the ant oxidative enzyme activities and lipid per oxidation in wheat seedlings exposed to cadmium and lead stress. Plant Physiology 19(1): 53-60.

Dolatabadian, A., Modares Sanavi, A. and Sharifi, M. (2009) Effect of ascorbic acid (vitamin c) leaf feeding on antioxidant enzymes activity, proline accumulation and lipid peroxidation of Canola (*Brassica napus* L.) under salt stress condition. Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Recourses, Water and Soil Science 13(47): 611-620 (in Persian).

Doulatabadian, A., Modarres Sanavy, S. A. M. and Etemadi F. (2008) Effect of pretreatment of salicylic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed germination under salt stress. Iranian Journal of Biology 21(4):692-702 (in Persian).

El-Tayeb, M. A. (2005) Response of barley gains to the interactive effect of salinity and

salicylic acid. Plant Growth Regulation 45: 215-225.

Enferad, A., Poustini, K., Majnoon Hosseini, N. and Khajeh-Ahmad-Attari, A. A. (2004) Physiological responses of rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties to salinity. Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Recourses, Water and Soil Science 7(4): 103-113 (in Persian).

Erdal, S. and Demirtas, A. (2010) Effects of cement flue dust from a cement factory on stress parameters and diversity of aquatic plants. Toxicology and Industrial Health 26: 339-343.

Farooq, M., Basra, S. M. A., Tabassum, R. and Afzal, I. (2006) Enhancing the performance of direct seeded fine rice by seed priming. Plant Production Science 9: 446-456.

Foyer, C. H., Lopez-Delgado, H., Dat, J. F. and Scott, I. M. (1997) Hydrogen peroxide- and glutathioneassociated mechanisms of acclamatory stress tolerance and signaling. Plant Physiology 100: 241-254.

Gautam, S. and Singh, P. K. (2009) Salicylic acid induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. Acta Physiologiae Plantarum 31: 1185-1190.

Ghanati, F. Morita, A. and Yokota, H. (2002) Induction of suberin and increase of liginin content by exess boron in tabacco cell. Plant Nutrition 48: 357-364.

Ghoulam, C., Foursy, A. and Fares, K. (2002) Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Experimental Botany 47: 39-50.

Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E. G. and Cicek, N. (2007) Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. Plant Physiology 164: 728-736.

Gutierrez-Coronado, M. A., Trejo-Lopez, C. and Larque Saavedra, A. (1998) Effects of salicylic acid on growth of roots and shoots in soybean. Plant Physiology and Biochemistry 36: 653-665.

Hanan, E. D. (2007) Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*. Biological Research 1(1-2): 40-48.

Heath, R. L. and Pacher, L. (1969) Photo per oxidation in isolated chloroplast. I. kinetics and stoichiometry of fatty acid per oxidation. Archives of Biochemical and Biophysics 125: 189-198.

Hegedus, A., Erdei, S. and Horvath, G. (2001) Comparative studies of H_2O_2 detoxifying enzymes in green and greening barley seedlings under cadmium stress. Plant Science 160: 1085-1093.

Horvath, E. Janda, T. Szalai, G. and Paldi, E. (2002) *In vitro* salicylic acid inhibition of catalase activity in maize: differences between this enzymes and a possible role in the induction of chilling tolerance. Plant Science 163: 1129-1135.

Jagtap, V. and Bhargava, S. (1995) Variation in the antioxidant metabolism of drought tolerant and drought susceptible varieties of *Sorghum bicolor* L. Moench. exposed to high light, low water and high temperature stress. Plant Physiology 145: 195-197.

Jakab, G., Ton, J., Flors, V., Zimmerli, L., Metraux, J. P. and Mauch-Mani, B. (2005) Enhancing *Arabidopsis* salt and drought stress tolerance by chemical priming for its ABA response. Plant Physiology 139: 267-274.

Kafi, M., Nezami, A., Hoseyni, H. and Masoomi, A. (2009) Physiological effects of drought stress by polyethylene glycol on germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes. Journal of Iranian Field Crop Research 1(3): 69-79 (in Persian).

Kant, S., Pahuja, S. S. and Pannu, R. K. (2006) Effect of seed priming on growth and phonology of wheat under late-sown conditions. Tropical Science 44: 9-15.

Kaur, S., Gupta, A. K. and Kaur, N. (2006) Effect of hydro-and osmo priming of

chickpea (*Cicer orietinum* L.) seeds on enzymes of sucrose and nitrogen metabolism in nodules. Plant Growth Regulation 49: 177-182.

Kavi, K. P. B., Sangam, S., Amrutha, R. N., Laxmi, P. S., Naidu, K. R., Rao, K. R. S. S., Rao, S., Reddy, K. J., Theriappan, P. and Sreenivasulu, N. (2005) Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and a biotic stress tolerance. Current Science 88: 424-438.

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

Khodary, S. E. A. (2004) Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology 6: 5-8.

Kose, C., Erdal, S., Kaya, O. and Atici, O. (2011) Comparative evaluation of oxidative enzyme activities during adventitious rooting in the cuttings of grapevine rootstocks. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 738-741.

Liu, X. and Huang, B. (2000) Heat stress injury in relation to membrane lipid peroxidation in creeping. Crop Science 40: 503-510.

Matysik, J., Alia, B. B. and Mohanty, P. (2002) Molecular mechanisms of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants. Current Science 82: 525-531.

Meatewally, A., Finkemeir, I., Georgi, M., and Dietz, K. J. M. (2003) Salicylic acid alleviates cadmium toxicity in barley seedlings. Plant Physiology 132: 272-281.

Mika, A., and Sabine, L. U. (2003) Properties of guaciacol peroxides activities isolated from corn root plasma membranes. Plant Physiology 132: 1489-1498.

Misra, N. and Gupta, A. K. (2005) Effect of salt stress on proline metabolism in two high yielding genotypes of green gram. Plant Science 169: 331-339.

Misra, N. and Saxena, P. (2009) Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. Journal of Plant Science 177: 181-189.

Mutlu, S. Atici, O. and Kaya, Y. (2009) Effect of cement dust on diversity and antioxidant enzyme activities of plants growing around a cement factory. Fresenius Environmental Bulletin 18(10): 1823-1827.

Panda, S. K. and Upadhyay, R. K. (2004) Salt stress induces oxidative alterations and ant oxidative defense in the roots of *Lemna minor*. Biology of Plant 48(2): 249-253.

Paquine, R. and Lechasseur, P. (1979) Observations sur one method dosage la Libra dans les de planets. Canadian Journal of Botany 57: 1851-1854.

Peltzer, D., Dreyer, E. and Polle, A. (2002) Differential temperature dependencies of ant oxidative enzymes in two contrasting species. Plant Physiology and Biochemistry 40: 141-150.

Qinghua, S. H. and Zhujun, Z. (2008) Effect of exogenous salicylic acid on manganese's toxicity, element contents and ant oxidative system in cucumber. Environmental and Experimental Botany 63: 317-326.

Rajasekaran, L. R., Stiles, A., Surette, M. A., Sturz, A. V., Blake, T. J., Caldwell, C. and Nowak, J. (2002) Stand establishment technologies for processing carrots: effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. Canadian Journal of Plant Science 82: 443-450.

Senaranta, T., Touchell, D., Bumm, E. and Dixon, K. (2002) Acetylsalicylic (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation 30: 157-161.

Shakirova, F. M. and Sahabutdinova, D. R. (2003) Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164: 317-322.

Singh, B. and Usha, K. (2003) Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation 39: 137-141.

Stevens, J., Senaratna, T. and Sivasithamparam, K. (2006) Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relation and membrane stabilization. Plant Growth Regulation 49: 77-83.

Szepesi, A., Csiszar, J., Bajkan, S., Gemes, K., Horvath, F., Erdei, L., Deer, A. K., Simon, M. L. and Tari, I. (2005) Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt- and osmotic stress. Acta Scientiarum Biological Sciences 49: 123-125.

Tari, I., Csiszar, J., Szalai, G., Horvath, F., Pecsvaradi, A. and Kiss, G. (2002) Acclimation of tomato plants to salinity after a salicylic acid pre-treatment. Acta Scientiarum Biological Sciences 46: 55-66.

Thompson, J. E., Ledge, R. L. and Barber, R. F. (1987) The role of free radicals in senescence and wounding. The New Physiologist 105: 317-344.

Wang, X., Wang, H., Wu, F. and Liu, B. (2007) Effects of cinnamic acid on the physiological characteristics of cucumber seedling under salt stress. Frontiers of Agriculture in China 1: 58-61.

Yamane, K., Rahman, M. S., Kawasaki, M., Taniguchi, M. and Miyake, H. (2004) Pretreatment with a low concentration of methyl viologen decreases the effects of salt stress on chloroplast ultra structure in rice leaves (*Oryza sativa* L.). Plant Production Science 7(4): 435-441.

Yildirim, E., Turan, M. and Guveng, I. (2008) Effect of foliar salicylic acid application on growth, chlorophyll and mineral content of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under salt stress. Journal of Plant Nutrition 31: 593-612.

Yusuf, M., Hasan, S. A., Barket, A., Hayat, S., Fariduddin, Q. and Ahmad, A. (2008) Effect of salicylic acid on salinity-induced changes in *Brassica juncea*. Journal of Integrative Plant Biology 50: 1096-1102.

Zhang, S., Weng, J., Pan, J., Tu, T., Yao, S. and Xu, C. (2003) Study on the photo generation of super oxide radicals in photo system II with EPR spin trapping techniques. Photosynthesis Research 75: 41-48.

Effect of salicylic acid priming on lens cultivars (*Lens culinaris* Medik.) germination and some physiological traits under salinity conditions

Raziyeh Kayednezami and Hamidreza Balouchi *

Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Yasouj, Iran

Abstract

In order to evalouate salicylic acid (SA) priming effects on lentil seed germination (*Lens culinaris* Medik.), antioxidant enzyme activity and some physiological traites in salt stress condition, a factorial experiment was conducted at the Seed Technology Laboratory of Yasouj University in a completely randomized design with four replications. The first factor was hydropriming by distilled water and two levels of salicylic acid (0.2 and 0.5 mM) for 4 hr and the control without priming. The second was five levels of salinities (0, 50, 100, 150 and 200 mM NaCl) equal to (0, 5, 10, 15 and 20 $ds.m^{-1}$) and the last one three cultivars of lens (Ghachsaran, Kermanshah and Kimiya). After germination, germination persentage, root and shoot length, dry weight, catalas, polyphenoloxidas and peroxidas activity, MDA and proline were measured. The results showed that the salinity decreased seed germination. Influence of SA was signification and increased percent of germination in the stressed and control treatments. Enzymes activity assay showed that enzyme activity was increased under salt stress conditions and SA reduced activity of antioxidant enzyme by decreasing the salinity effects. Kermanshah cultivar had more tolerance than other cultivars with respect to salinity stress.

Key words: Salicylic acid, Antioxidant enzymes, Seed priming, Osmotic stress, Germination

* Corresponding Author: balouchi@yu.ac.ir