علوم و تحقیقات بذر ایران
سال پنجم/ شماره دوم/ ۱۳۹۷ (۵۸ - ۴۷)

DOI: 10.22124/jms.2018.2910

تأثیر پرایمینگ با اسیدآسکوربیک بر شاخص‌های جوانه‌زنی و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت تنش شوری

فاطمه شیخ ابوالحسنی[۱]، پرتوروشندل[۲]*، سیف اله فلاح[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱/۲۸

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر پرایمینگ بذر با اسید آسکوربیک (صفر، ۴۰، ۶۰، ۸۰ میلی‌مولار) بر افزایش مقاومت به شوری (صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم) بادرشبویه در مرحله جوانه‌زنی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در دانشگاه شهرکرد (سال ۱۳۹۴) انجام گرفت. صفات مورد بررسی عبارت بود از درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک دانه‌رست، شاخص بنیه بذر و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز نتایج نشان داد که با افزایش درجه شوری به‌نحو معنی‌دار از میزان شاخص‌های جوانه‌زنی کاسته شد. با این وجود، پرایمینگ با اسیدآسکوربیک (۴۰ میلی‌مولار) از اثرات منفی کلریدسدیم بر جوانه‌زنی بادرشبویه کم کرد. در این سطح از پرایمینگ، شاخص بنیه بذر تحت تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار تا ۳۲ درصد و در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار تا ۲/۷ برابر افزایش یافت. از آنجایی که نحوه فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در راستای تأثیر غلظت بهینه اسید آسکوربیک تحت تنش شوری بود نتیجه‌گیری می‌شود پرایمینگ اسید آسکوربیک با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان باعث کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از کلرید سدیم در بافت‌های بادرشبویه شده و متعاقباً مقاومت این گیاه به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: بادرشبو، پرایمینگ با ویتامین، پیش‌تیمار بذر، تنش اکسیداتیو

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۲- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۳- استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
* نویسنده مسئول: p-roshandel@yahoo.com

مقدمه

استفاده از گیاهان دارویی به‌منظور درمان بیماری‌ها با تاریخ زندگی انسان همزمان بوده است. رویکرد جهانی در استفاده از گیاهان دارویی نیاز مبرم به تحقیقات گسترده کاربردی در این زمینه را نمایان می‌سازد. گیاه دارویی بادرشبویه با نام علمی *Dracocephalum moldavica* L. از تیره نعنائیان (Lamiaceae) می‌باشد که منشأ آن جنوب سیبری و دامنه‌های هیمالیا گزارش شده است. در طب سنتی از این گیاه به‌عنوان داروی آرام‌بخش، مدر، قابض، ضد تب و ضد نفخ استفاده می‌شود (Omid-beygi, 2005).

معمولاً گیاهانی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک تحت کشت قرار می‌گیرند، بالقوه در خطر رویارویی با تنش‌های آب و شوری قرار دارند. شوری با ایجاد پتانسیل اسمزی منفی‌تر، از نفوذ آب به داخل بذرها جلوگیری کرده و درنتیجه باعث کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه بذرها می‌شود. علاوه بر این، از اثرات ثانویه تنش شوری در گیاهان، تنش اکسیداتیو می‌باشد که ناشی از افزایش تولید انواع اکسیژن واکنش‌گر است. این ترکیبات سمی باعث تخریب ماکرومولکول‌های حیاتی از جمله اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها می‌شوند. در عین حال، گیاهان از سیستم آنتی‌اکسیدان خود (نظیر کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز) برای پاکروبی این ترکیبات استفاده می‌کند (Ozgur *et al.,* 2013). با این وجود، میزان فعالیت‌های آنتی‌اکسیدان گیاه بسته به نوع گونه و شدت تنش متغیر است.

گزارش شده است که گیاه بادرشبویه در مرحله جوانه‌زنی به تنش شوری نسبتاً حساس است به‌طوری که افزایش شوری از ۵۰ به ۲۰۰ میلی‌مولار باعث کاهش شدید شاخص‌های جوانه‌زنی در بادرشبویه می‌شود و در ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم دانه‌رستی تولید نمی‌شود (Alaei *et al.*, 2015). تاکنون از روش‌های گوناگونی برای تولید گیاهان مقاوم به شوری استفاده شده است. در سال‌های اخیر، پرایمینگ بذر به‌عنوان روشی مطلوب در این زمینه توسعه قابل توجهی یافته است. در این روش به‌وسیله تیمار بذر با مواد شیمیایی طبیعی یا مصنوعی حالت فیزیولوژیک خاصی در گیاهان القا و پایه‌ریزی می‌شود. به‌طور کلی، پرایمینگ بذر به‌عنوان پروسه‌ای فیزیولوژیک تعریف شده است که به‌وسیله آن یک گیاه برای پاسخگویی سریع‌تر یا قوی‌تر به تنش آماده می‌شود. تحقیقات نشان داده است گیاهان روییده از بذرهای پرایم شده پاسخ سلولی مؤثری در برابر تنش‌های غیرزیستی ابراز می‌دارند. دانه‌رست‌های ظاهر شده از چنین بذرهایی، جوانه‌زنی زودهنگام و یکنواختی داشته و رشد کلی گیاهان توسط تیمارهای پرایمینگ بذر تحریک می‌شود (Jisha *et al.*, 2013). در تحقیقی که بر روی بذر واریته‌های مختلف گیاه بادرشبویه صورت گرفت، تأثیر پرایمینگ با اسید اسکوربیک، اسید سالیسیلیک و هیدروپرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی در شرایط بدون تنش ارزیابی شد (Mohammadi *et al.*, 2014). نتایج حاکی از تأثیر مثبت اسید آسکوربیک بر درصد ظهور و وزن ریشه‌چه در برخی از واریته‌ها بود. پرایمینگ با ترکیبات شیمیایی مانند اسید آسکوربیک به‌عنوان یک روش ساده برای بهبود تحمل بذر به شوری تلقی می‌گردد. اسید آسکوربیک ویتامینی است که به‌صورت کوآنزیم در تنظیم مراحل فیزیولوژیک مشتمل بر تقسیم سلولی، تنظیم رشد، تمایز و متابولیسم گیاه در شرایط شوری و افزایش دسترسی فیزیولوژیک آب و مواد غذایی وارد عمل می‌شود (Khan, 2011). نقش ویتامین‌ها در ایجاد تغییر در محتوای اسموپروتکتانت‌ها تحت تنش شوری توسط برخی از محققین مورد بررسی قرار گرفته است (Dolatabadian *et al.*, 2008; Fercha *et al.*, 2011). گزارش شده است که ویتامین‌ها در تنظیم بیان ژن طی سازگاری به تنش‌های زیستی و غیرزیستی دخالت دارند (Ekmekçi and Karaman, 2012). گزارش‌های مختلفی مبنی بر تأثیر مثبت پرایمینگ با اسید آسکوربیک در افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی بیان شده است. به‌عنوان مثال، افزایش مقاومت به خشکی در گندم (Farooq *et al.*, 2013)، مقاومت به دمای پایین در ذرت (Ahmad *et al.*, 2012)؛ افزایش مقاومت به شوری در واریته‌های مختلف گندم (Afzal *et al.*, 2005; Afzal *et al.*, 2006; Athar *et al.*, 2008)، کدو (Rafique *et al.*, 2011) و باقلا (Azooz *et al.*, 2013). برخی معتقدند اسید آسکوربیک با تحریک رشد گیاه، از تأثیر نامطلوب تنش شوری می‌کاهد (Afzal *et al.,* 2005). دولت‌آبادیان و همکاران (Dolatabadian *et al.,* 2008) معتقدند کاربرد خارجی اسید آسکوربیک همراه با تحریک

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان باعث کاهش اثرات مضر شوری در گیاه *Brassica napus* می‌شود.

پژوهش حاضر در راستای مشخص نمودن نقش پرایمینگ بذر بادرشبویه با اسید آسکوربیک و تأثیر آن بر افزایش مقاومت به شوری این گیاه در مرحله جوانه‌زنی انجام گرفت. علاوه بر این، تأثیر اسید آسکوربیک در کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از کلرید سدیم نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر پرایمینگ اسیدآسکوربیک بر افزایش تحمل به شوری بادرشبویه (*Dracocephalum moldavica* L.) در مرحله جوانه‌زنی، پژوهش حاضر به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد (سال ۱۳۹۴) انجام گرفت. بذرهای بادرشبویه (توده اصفهان) (جمع‌آوری شده در سال ۱۳۹۳ توسط شرکت پاکان بذر اصفهان) از شرکت مذکور و اسید آسکوربیک (L-ascorbic acid با فرمول شیمیایی $C_6H_8O_6$، جرم مولی ۱۷۶/۱۲ g/mol^{-1}، چگالی ۱/۶۵ g/cm^3 و انحلال‌پذیری در آب ۳۳ g/100 ml) از شرکت سیگما خریداری شد. بذرهای بادرشبویه با اتانول ۷۰ درصد به مدت دو دقیقه ضدعفونی و پس از آن چند بار با آب مقطر استریل شسته شدند. پرایمینگ بذر در چهار سطح از اسید آسکوربیک (صفر، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌مولار) انجام شد. بدین منظور ابتدا بذرهای استریل با ترازوی حساس (±۰/۰۰۰۱) توزین و سپس به مدت ۲۴ ساعت (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و تاریکی) در محلول‌های فوق‌الذکر غوطه‌ور شدند. پس از آن، بذرها برای رسیدن به وزن اولیه خود در دمای اتاق و در شرایط تاریکی به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. شایان ذکر است در طرح اولیه این آزمایش برای ایجاد تنش شوری از پنج سطح کلریدسدیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و۲۰۰ میلی‌مولار) استفاده شد. ولی نتایج مقدماتی نشان داد در شوری ۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، جوانه‌زنی کامل صورت می‌گیرد در حالی که در ۲۰۰ میلی‌مولار، جوانه‌زنی انجام نشد. لذا در پژوهش اصلی سطوح صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم به‌عنوان عامل ایجاد تنش شوری به‌کار رفت. بذرها پس از انجام پرایمینگ، درون ظروف پتری به مدت ۱۰ روز در ژرمیناتور (۱۶ ساعت روشنایی، ۲۷ درجه سانتی‌گراد/۸ ساعت تاریکی، ۲۰ درجه سانتی‌گراد) رشد یافتند. در هر ظرف پتری تعداد ۲۵ عدد بذر قرار داده شد. معیار جوانه‌زنی، خروج دو میلی‌متر ریشه‌چه از پوسته بذر بود. برای ارزیابی درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر از طبق روابط زیر استفاده شد.

(۱) درصد جوانه‌زنی (Vashista and Nagarajan, 2010):

که در آن GP: درصد جوانه زنی؛ G: تعداد بذرهای جوانه زده؛ N: تعداد کل بذرهاست.

(۲) سرعت جوانه‌زنی (Vashista and Nagarajan, 2010):

که در آن GR: سرعت جوانه‌زنی؛ Gt: تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز اول؛ Dt: تعداد روزهای پس از کاشت می باشد.

(۳) شاخص طولی بنیه بذر (Ramak *et al.*, 2011):

$$Vi=Ls \times Pg/100$$

که در آن Vi: شاخص بنیه بذر؛ Ls: میانگین طول دانه‌رستها (mm)؛ Pg: درصد جوانه‌زنی می‌باشد.

طول دانه‌رستها با خط‌کش میلی‌متری مدرج اندازه‌گیری شد. وزن خشک دانه‌رستها (پس از استفاده از آون) با ترازوی حساس ±۰/۰۰۰۱ به‌دست آمد.

برای ارزیابی میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان ۲۴ ساعت پس از اعمال پرایمینگ، استخراج پروتئین از بذرهای بادرشبویه (Narwal *et al.*, 2009)، صورت پذیرفت. بدین‌منظور، یک گرم از بافت تازه بذرها درون هاون چینی با استفاده از نیتروژن مایع به صورت پودر نرمی ساییده و با بافر فسفات (۰/۱ مولار، ۶ pH) به‌خوبی مخلوط گردید. پس از صاف کردن مخلوط حاصل، عصاره به‌دست آمده به مدت ۲۰ دقیقه (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) سانتریفیوژ شد. محلول رویی برای استفاده در آزمایش‌های سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای سنجش فعالیت کاتالاز (Narwal *et al.*, 2009) در بذرهای بادرشبویه، محلول H_2O_2 با غلظت ۲۴۶ میلی‌مولار تهیه گردید. ۵۰ میکرولیتر عصاره با بافر فسفات (۰/۱ مولار، ۷ pH)، پراکسید هیدروژن (۲۶۴ میلی‌مولار) مخلوط شد. حجم نهایی مخلوط واکنش سه میلی‌لیتر بود. تنظیمات دستگاه به صورت کاینتیک در طول موج ۲۴۰ نانومتر بود.

برای اندازه‌گیری فعالیت آسکوربات پراکسیداز ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره پروتئینی بذر با بافر فسفات (۰/۱ مولار، pH ۷)، Na_2EDTA (۱/۲ میلی‌مولار)، H_2O_2 (۳۵ میلی‌مولار) و اسید آسکوربیک (۱۵ میلی‌مولار) مخلوط شد. حجم نهایی مخلوط واکنش سه میلی‌لیتر بود. پس از آن جذب نوری محلول در طول موج ۲۹۰ نانومتر قرائت شد (Narwal *et al.*, 2009). برای ارزیابی فعالیت گایاکول پراکسیداز ۵۰ میکرولیتر عصاره پروتئینی با بافر فسفات (۰/۱ مولار، pH ۷)، H_2O_2 (۴۴ میلی‌مولار) و گایاکول (۴۵ میلی‌مولار) به خوبی مخلوط شد (Narwal *et al.*, 2009). حجم نهایی مخلوط واکنش دو میلی‌لیتر بود. تغییرات کاینتیک جذب در ۴۷۰ نانومتر صورت گرفت.

تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS (۹/۴) و مقایسات میانگین داده‌ها نیز با آزمون LSD در سطح یک درصد انجام گرفت. رسم شکل و معادله‌های مربوطه از طریق نرم افزار Excel (۲۰۰۷) انجام گردید.

نتایج و بحث

بررسی نتایج تجزیه واریانس (جداول ۱ و ۲) نشان داد اعمال غلظت‌های مختلف کلریدسدیم به‌صورت معنی‌دار بر تمام صفات جوانه‌زنی مورد بررسی و نیز فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تأثیر منفی دارد ($p<0.01$). همچنین مشخص شد پرایمینگ اسید آسکوربیک دارای تأثیر معنی‌دار بر تمام صفات جوانه‌زنی مورد بررسی و نیز فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مورد بررسی است ($p<0.01$). علاوه بر این، اثر متقابل پرایمینگ اسید آسکوربیک و تنش شوری نیز دارای تأثیر معنی‌دار در سطح یک درصد بود.

تغییرات در درصد جوانه زنی بادرشبویه

نتایج نشان داد تنش شوری از درصد جوانه‌زنی بادرشبویه به‌نحو معنی‌دار می‌کاهد و با افزایش غلظت کلریدسدیم این کاهش شدیدتر بود (شکل ۱، الف). به‌صورتی که در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی ۲۰ درصد و در ۱۵۰ میلی‌مولار، بیش از ۵۲ درصد کاهش نشان داد. با این وجود، پرایمینگ با اسید آسکوربیک در سطح ۴۰ میلی‌مولار باعث افزایش معنی‌دار این صفت در هر دو شدت شوری شد. تحت شوری ۱۰۰ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی از ۶۷ به ۸۵ درصد (۲۷٪+) و تحت ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم از ۴۰ به ۷۳ درصد (۸۲٪+) رسید (شکل ۱، الف). تأثیر سطوح ۶۰ و ۸۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک اثر مثبتی به دنبال نداشت. علاوه بر این، در شرایط بدون تنش نیز پرایمینگ در سطح ۴۰ میلی‌مولار باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی از ۸۴ به ۹۵ درصد شد (شکل ۱، الف).

تغییرات در سرعت جوانه‌زنی بادرشبویه

نتایج معلوم کرد تنش شوری به‌نحو معنی‌دار از سرعت جوانه‌زنی بادرشبویه می‌کاهد (شکل ۱، ب). تحت شوری ۱۰۰ میلی‌مولار میزان این صفت از ۹/۵ به ۶/۵ (بذر جوانه زده در روز) (۳۱/۶٪-) و در غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید-سدیم به ۲/۵ رسید (۷۳/۷٪-). با این وجود، پرایمینگ با اسید آسکوربیک (سطح ۴۰ میلی‌مولار) توانست میزان این صفت را در شرایط شوری افزایش معنی‌دار دهد (شکل ۱، ب). پرایمینگ در سطح ۴۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک و تحت شوری ۱۰۰ میلی‌مولار باعث افزایش سرعت جوانه-زنی از ۶/۵ به ۷/۲ (بذر جوانه زده در روز) (۱۰/۸٪+) و در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار از ۲/۵ به ۳/۶ (بذر جوانه زده در روز) (۴۴٪+) شد. علاوه بر این، این سطح از پرایمینگ در شرایط عادی نیز باعث افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی از ۹/۵ به ۱۰/۶ (بذر جوانه‌زده در روز) (۱۱/۶٪+) شد (شکل ۱، ب). دیگر سطوح اسید آسکوربیک نتوانستند تأثیر مثبتی بر سرعت جوانه‌زنی بادرشبویه اعمال کنند.

تغییرات در وزن خشک دانه‌رست

نتایج نشان داد تنش شوری در غلظت‌های به‌کار رفته از کلریدسدیم به‌نحو معنی‌دار از میزان وزن خشک دانه-رست‌های ۱۰ روزه می‌کاهد؛ به‌طوری که تحت تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار وزن خشک دانه‌رست‌ها از ۰/۰۱۴ میلی‌گرم به ۰/۰۱۱ میلی‌گرم (۲۱٪-) و تحت شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به ۰/۰۰۱ (۹۳٪-) رسید (شکل ۲، الف). پرایمینگ با اسید آسکوربیک توانست باعث ارتقای وزن خشک دانه‌رست‌ها در شرایط شوری شود اما مؤثرترین سطح این پرایمینگ ۴۰ میلی‌مولار بود. پرایمینگ در سطوح ۶۰ و ۸۰ میلی‌مولار نتوانست باعث بهبود وضعیت این صفت تحت شرایط شوری شود. پرایمینگ با غلظت ۴۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک توانست وزن خشک دانه-رست‌های ۱۰ روزه را تحت شوری ۱۰۰ میلی‌مولار از ۰/۰۱۱ به ۰/۰۱۲ میلی‌گرم تغییر دهد که البته در این

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به شاخص‌های جوانه‌زنی در دانه‌رست‌های ۱۰ روزه بادرشبویه تحت تأثیر تنش شوری

Table 1. Analysis of variances (Mean squares) of germination indices in 10-day-old seedlings of moldavian balm under salt stress

S.O.V	منبع تغییرات	درجه آزادی Degrees of freedom	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول دانه‌رست Seedling length	وزن خشک دانه‌رست Seedling dry weight	شاخص بنیه بذر Seed vigor index
Salt stress	تنش شوری	2	41087.75**	366.99**	44.09**	0.001**	438.50**
Ascorbic acid Priming	پرایمینگ اسیدآسکوربیک	3	2884.08**	24.04**	2.69**	0.001**	36.31**
Stress × Priming	تنش× پرایمینگ	6	1423.08**	9.43**	1.16**	0.00001**	17.31**
Error	خطا	2	4.34	0.09	0.015	0.0001	0.15
CV (%)	ضریب تغییرات(٪)		5.14	9.60	11.88	14.16	9.08

** نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** Shows significant differences at levels of 1%.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ۲۴ ساعت پس از پرایمینگ در بذرهای بادرشبویه تحت تاثیر تنش شوری

Table 2. Analysis of variances (mean squares) of antioxidant enzymes activities 24h after priming in seeds of moldavian balm under salt stress

S.O.V	منبع تغییرات	درجه آزادی Degrees of freedom	فعالیت کاتالاز CAT activity	فعالیت آسکوربات پراکسیداز APX activity	فعالیت گایاکول پراکسیداز GPX activity
Salt stress	تنش شوری	2	0.00039**	0.00045**	0.00039**
Ascorbic acid×Priming	پرایمینگ× اسید آسکوربیک	3	0.0028**	0.000045**	0.0028**
Stress×Priming	تنش× پرایمینگ	6	0.00063**	0.000011**	0.00061**
Error	خطا	2	0.000025	0.000016	0.000025
CV (%)	ضریب تغییرات(٪)		16.5	15.2	16.5

** نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ** shows significant differences at levels of 1%.

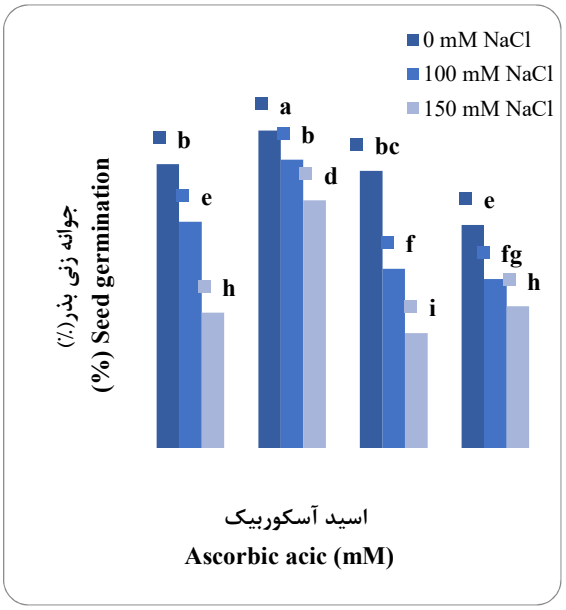
مورد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲، الف). تحت شوری ۱۵۰ میلی‌مولار، وزن خشک از ۰/۰۰۱ به ۰/۰۰۹ میلی‌گرم تغییر یافت (افزایش ۹ برابری). در شرایط عادی نیز پرایمینگ با ۴۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک سودمند بود به‌صورتی که موجب افزایش وزن خشک از ۰/۰۱۴ میلی‌گرم به ۰/۰۱۶ میلی‌گرم (۱۴/۳٪+) شد (شکل ۲، الف).

تغییرات در طول دانه‌رست

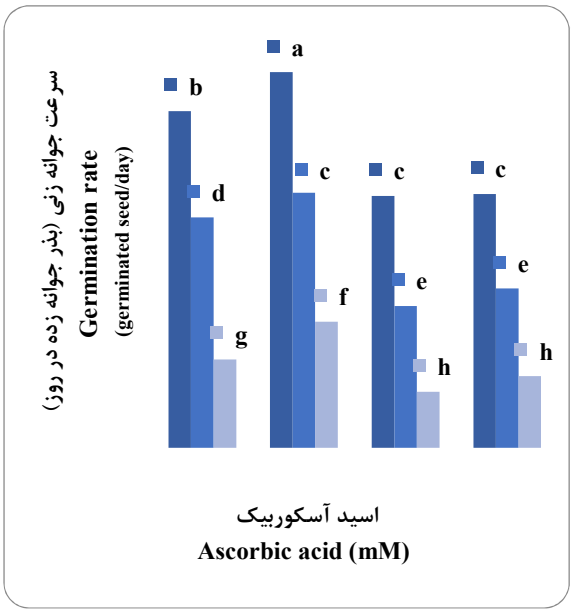
تنش شوری در هر دو غلظت ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار به‌نحو معنی‌دار از طول دانه‌رست‌های ۱۰ روزه کاست (شکل ۲، ب)؛ به‌صورتی که تحت شوری ۱۰۰ میلی‌مولار از ۲/۳۸ به ۲ میلی‌متر (۱۶٪-) و تحت شوری ۱۵۰ میلی-مولار به ۰/۸۶ میلی‌متر (۶۴٪-) رسید. در شرایط عادی، پرایمینگ با اسید آسکوربیک و در سطح ۴۰ میلی‌مولار توانست طول دانه‌رست‌های ۱۰ روزه را از ۲/۸۳ به ۳/۱۲ میلی‌متر (۳۱٪+) تغییر دهد، ولی در شرایط شوری (هر دو سطح به‌کار رفته) تغییر معنی‌داری در طول دانه‌رست ایجاد نشد (شکل ۲، ب). در شرایط شوری (۱۵۰ میلی-مولار کلریدسدیم) تنها پرایمینگ با اسید آسکوربیک در سطح ۶۰ میلی‌مولار بود که توانست باعث افزایش معنی‌دار طول دانه‌رست‌ها شود (افزایش از ۰/۸۶ به ۱/۰۲ میلی-متر).

در شرایط عادی، پرایمینگ با اسید آسکوربیک و در سطح ۴۰ میلی‌مولار توانست طول دانه‌رست‌های ۱۰ روزه را از ۲/۸۳ به ۳/۱۲ میلی‌متر (۳۱٪+) تغییر دهد، ولی در شرایط شوری (هر دو سطح به‌کار رفته) تغییر معنی‌داری در طول دانه‌رست ایجاد نشد (شکل ۲، ب). در شرایط شوری (۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم) تنها پرایمینگ با

الف (A)



ب (B)



شکل ۱- تأثیر پرایمینگ بذر با اسید آسکوربیک بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بادرشبویه تحت شوری. الف) درصد جوانه‌زنی؛ ب) سرعت جوانه‌زنی. میانگین‌های (از سه تکرار) دارای حروف یکسان در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

Figure 1. The effect of seed priming with ascorbic acid on germination traits of moldavian balm under salinity. A) Seed germination percentage; B) Germination rate. Means (three replicates) with the same letter are not significantly different at p<0.01.

اسید آسکوربیک در سطح ۶۰ میلی‌مولار بود که توانست باعث افزایش معنی‌دار طول دانه‌رست‌ها شود (افزایش از ۰/۸۶ به ۱/۰۲ میلی‌متر).

تغییر در شاخص بنیه بذر

تنش شوری در هر دو غلظت ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم توانست باعث کاهش معنی‌دار شاخص بنیه بذر شود (شکل ۲، ج). تحت شوری ۱۰۰ میلی‌مولار شاخص بنیه بذر از ۲/۳۸ به ۱/۳۵ (۳۵/۷٪-) و تحت شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به ۰/۲۵ (۸۹/۵٪-) رسید. پرایمینگ اسید آسکوربیک در سطح ۴۰ میلی‌مولار در هر دو شرایط عادی و تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار شاخص بنیه بذر شد (شکل ۲، ج). در شرایط عادی شاخص بنیه بذر از ۲/۸۳ به ۲/۶۷ (۱۶٪+) رسید. تحت شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، پرایمینگ در سطح مذکور از ۱/۳۵ به ۲/۰۲ (۳۲٪+) و در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار از ۰/۲۵ به ۰/۶۹ (۲/۸ برابر) رسید. سطوح ۶۰ و ۸۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک تأثیر مثبتی بر میزان این صفت نداشت (شکل ۲، ج).

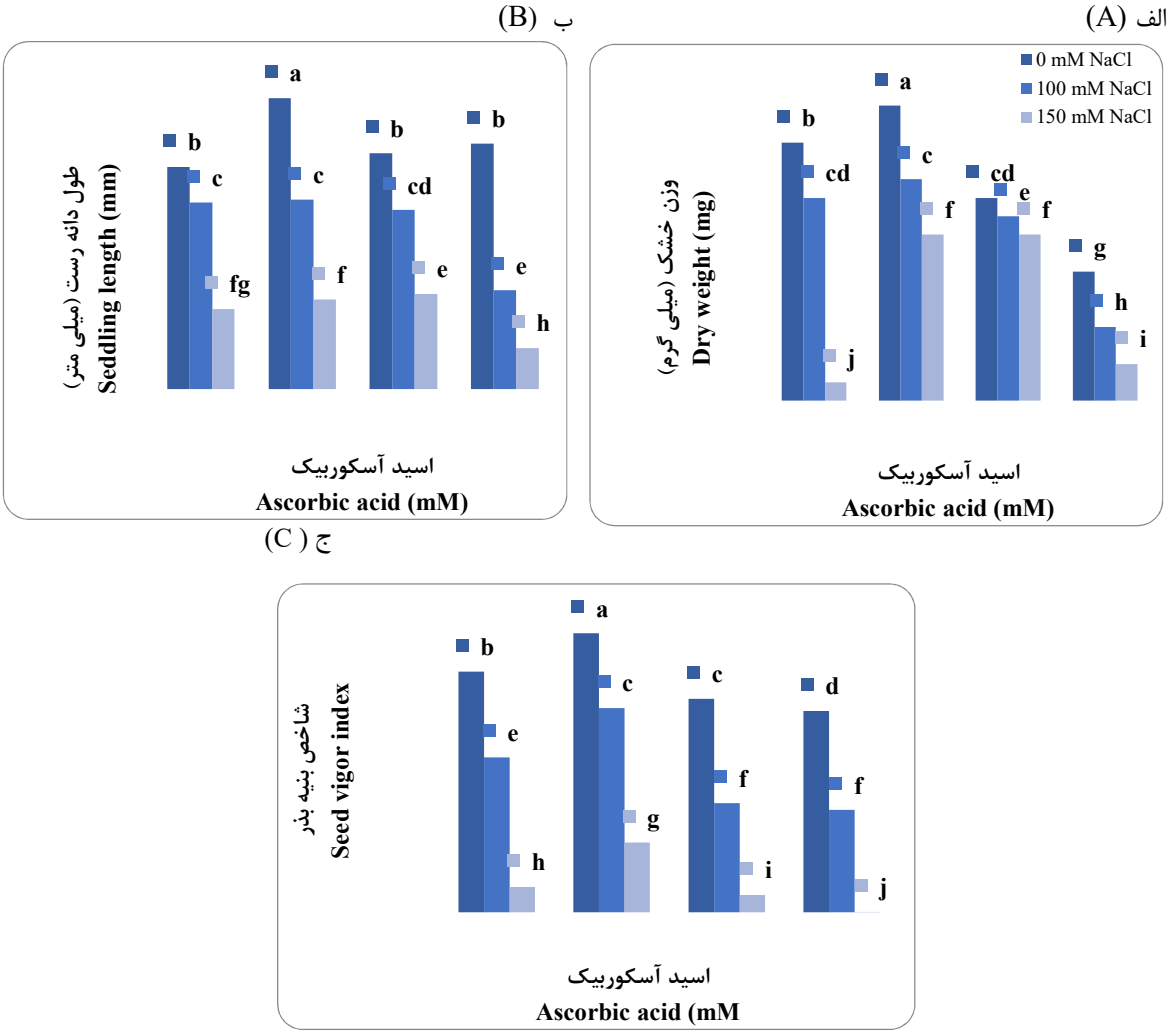
تغییر در فعالیت آنزیم کاتالاز

نتایج نشان داد تنش شوری به‌نحو معنی‌دار از میزان فعالیت آنزیم کاتالاز می‌کاهد (شکل ۳، الف). با افزایش شدت تنش این کاهش قوی‌تر بود. پرایمینگ با اسید آسکوربیک در سطح ۴۰ میلی‌مولار و تحت تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار فعالیت این آنزیم شد؛ تحت شوری ۱۰۰ میلی‌مولار این افزایش ۵۳/۶ درصد در مقایسه با شاهد شوری ۱۰۰ میلی‌مولار و تحت شوری ۱۵۰ میلی-مولار این افزایش تا سه برابر در مقایسه با شاهد شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بود. با این وجود، در شرایط بدون تنش و تحت این پرایمینگ، فعالیت کاتالاز به‌طور معنی‌دار کمتر از شاهد به‌دست آمد. پرایمینگ اسید آسکوربیک در سطح ۶۰ میلی‌مولار و تحت شوری ۱۰۰ میلی‌مولار تغییر معنی-داری با شاهد شوری (۱۰۰ میلی‌مولار) نداشت ولی تحت شوری ۱۵۰ میلی‌مولار این پرایمینگ باعث افزایش معنی-دار فعالیت کاتالاز شد (۱۰/۵٪+). در شرایط پرایمینگ با ۶۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک، فعالیت کاتالاز کمتر از شاهد ثبت شد. پرایمینگ در سطح ۸۰ میلی‌مولار در هیچ

یک از دو حالت تنش و بدون تنش تأثیر مثبتی بر افزایش فعالیت کاتالاز نداشت.

تغییر در فعالیت آنزیم آسکوربیک پراکسیداز

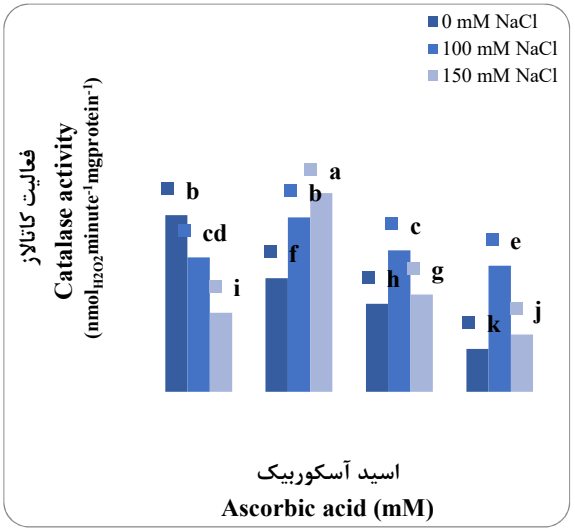
نتایج حاکی از افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز تحت غلظت‌های مختلف کلریدسدیم نسبت به شاهد بود (شکل ۳، ب). در شرایط شوری تنها، فعالیت آسکوربات‌پراکسیداز در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم ۱/۵ برابر و تحت تنش ۱۵۰ میلی‌مولار ۱/۴ برابر بیش از شاهد بود. پرایمینگ با اسید آسکوربیک در تمامی غلظت‌های به‌کار رفته در هر دو وضعیت عادی و تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار آسکوربات‌پراکسیداز شد (جدول ۲) (شکل۳، ب). در بذرهای پرایم شده با ۴۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک که دانه‌رست آنها در برابر شوری ۱۰۰ میلی‌مولار قرار گرفته بودند میزان فعالیت این آنزیم ۲/۷ برابر بیش از حالت بدون پرایمینگ + شوری ۱۰۰ میلی‌مولار بود. در حالت پرایمینگ ۴۰ میلی‌مولار+



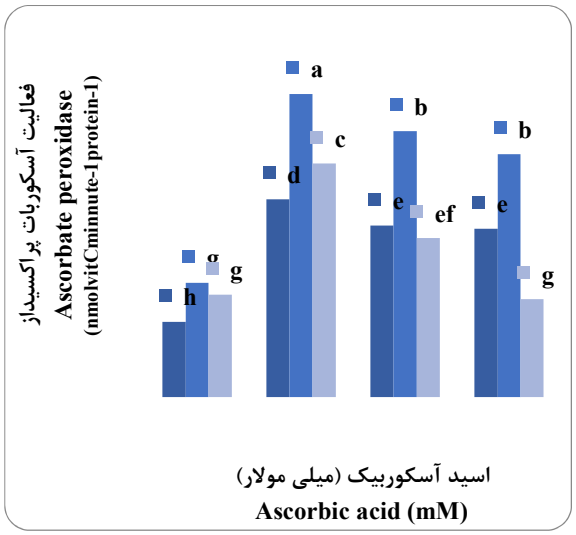
شکل۲- تأثیر پرایمینگ بذر با اسید آسکوربیک بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بادرشبویه تحت شوری. الف) وزن خشک دانه‌رست ؛ ب) طول دانه‌رست؛ ج) شاخص بنیه بذر در دانه‌رست‌های ۱۰ روزه. میانگین های (از سه تکرار) دارای حروف یکسان در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 2. The effect of seed priming with ascorbic acid on germination traits of moldavian balm under salinity. A) Seedling dry weight; B) Seedling length; C) Seed vigor of 10-day-old seedlings. Means (three replicates) with the same letter are not significantly different at p<0.01.

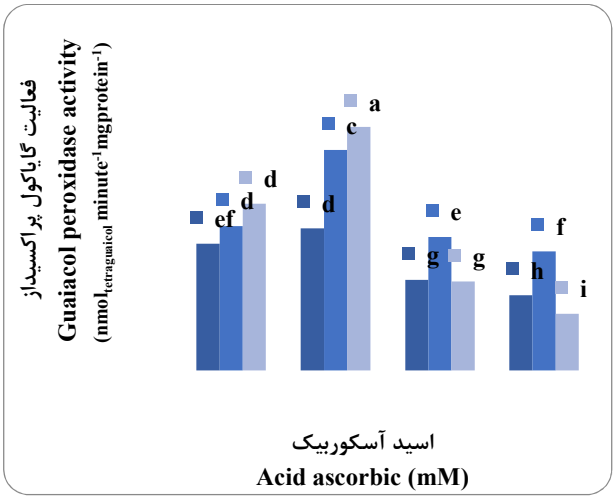
الف (A)



ب (B)



ج (C)



شکل ۳- تأثیر پرایمینگ بذر با اسید آسکوربیک بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان ۲۴ ساعت پس از پرایمینگ در بذرهای بادرشبویه تحت تنش شوری. الف) تغییرات در فعالیت آنزیم کاتالاز؛ ب) تغییرات در فعالیت آسکوربات پراکسیداز؛ ج) تغییرات در فعالیت گایاکول پراکسیداز. میانگین‌های (از سه تکرار) دارای حروف یکسان در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

Figure 3. The effect of seed priming by ascorbic acid on the activity of antioxidant enzymes 24 h after priming in seeds of moldavian balm under salt stress. A) Changes in catalase activity; B) changes in ascorbate peroxidase activity; C) Changes in guaiacol peroxidase activity. Means (three replicates) with the same letter are not significantly different at p<0.01.

شوری ۱۵۰ میلی‌مولار نیز فعالیت این آنزیم ۲/۳ برابر بیش از شرایط بدون پرایمینگ + شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل۳، ب). با این وجود، فعالیت آسکوربات پراکسیداز در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار به‌نحو معنی‌داری بیش از شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بود. در شرایط عادی نیز فعالیت این آنزیم ۲/۶ برابر بیش از شاهد ثبت شد. اگرچه پرایمینگ در هر دو سطح ۶۰ و ۸۰ میلی‌مولار باعث افزایش معنی‌دار فعالیت آسکوربات پراکسیداز در هر دو وضعیت عادی و تنش شوری شد ولی تأثیر پرایمینگ در

سطح ۴۰ میلی‌مولار به‌نحو معنی‌داری بیش از دو سطح ذکر شده بود (شکل۳، ب).

تغییر در فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز

در شرایط بدون پرایمینگ، فعالیت گایاکول پراکسیداز تحت شوری‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار افزایش معنی‌دار یافت (شکل ۳، ج). اما در نمونه‌های پرایم شده با ۴۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک افزایش فعالیت این آنزیم بیشتر بود. در شرایط عادی این افزایش ۱۲ درصد، تحت شوری ۱۰۰ میلی‌مولار ۵۳/۴ درصد و در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار ۷۱ درصد بود (شکل ۳، ج). در دیگر سطوح اسید آسکوربیک (۶۰ و ۸۰ میلی‌مولار)، فعالیت گایاکول پراکسیداز -در هیچیک از شرایط عادی یا تنش شوری- بیشتر از نمونه‌های شاهد مربوط به خود نشد (شکل ۳، ج).

جوانه‌زنی و استقرار ضعیف دانه‌رست‌ها وکاهش رشد گیاهان تحت تنش شوری، رخدادی قابل انتظار و عمومی است (Munns and Giliham, 2015). نتایج تحقیق حاضر نشان داد بادرشبویه نیز از این قاعده مستثنی نیست و تحت تنش شوری، رشد دانه‌رست‌های آن کاهش معنی‌دار می‌یابد. گفته می‌شود کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی تحت تنش شوری ناشی از کاهش پتانسیل آب است که منجر به کند شدن سرعت جذب آب توسط بذر و آماس آن می‌شود (Afzal *et al.*, 2006). نتایج تحقیق حاضر نشان داد پرایمینگ بذرهای بادرشبویه باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی آن در شرایط شوری می‌شود. تسریع در ظهور دانه‌رست‌هایی که بذرشان پرایم شده بود ممکن است ناشی از القای فرآیندهای فیزیولوژیک نظیر هیدرولیز، آماس بذر، فعال شدن آنزیم‌ها و خروج ریشه‌چه باشد که نهایتاً منجر به افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی می‌شود (Ahmad *et al.*, 2012). طی پرایمینگ به‌دلیل تغییر در مراحل هیدرولیز طی مرحله تأخیر جوانه‌زنی (Brocklehurst and Dearman, 1983)، افزایش متابولیت‌های محرک جوانه‌زنی (Farooq *et al.*, 2006)، ترمیم متابولیکی طی جذب آب (Bray *et al.*, 1989) و تنظیم اسمزی (Bradford 1986)، بذرهای پرایم شده دارای جوانه‌زنی بالاتر و هم‌زمان هستند. نتیجه این امر استقرار زودهنگام و یکنواخت دانه‌رست‌ها خواهد بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد پرایمینگ با اسید آسکوربیک باعث افزایش طول دانه‌رست‌ها شد. این امر می‌تواند ناشی از افزایش تقسیم سلولی در مریستم انتهایی ریشه دانه‌رست‌ها باشد که نهایتاً منجر به افزایش رشد گیاه خواهد شد. گزارش شده است که تیمارهای هورمونی باعث بالا نگهداشت سطوح اکسین و سیتوکینین در بافت‌های گیاهی و درنتیجه باعث تحریک تقسیم سلولی می‌شود (Sakhabutdinova *et al.*, 2003). همسو با نتایج تحقیق حاضر، گزارش شده است پرایمینگ با اسید آسکوربیک (۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر) باعث افزایش وزن تر و خشک دانه‌رست‌های کدو *Cucurbita pepo* تحت تنش شوری می‌شود (Rafique *et al.*, 2011). علاوه بر این، پرایمینگ مذکور بر فعالیت پروتئاز و نیترات ردوکتاز نیز تأثیر مثبت داشت. در تحقیقی دیگر نیز مشخص شد پرایمینگ با اسید آسکوربیک به‌عنوان یک اسموپرایمینگ عمل کرده و همگام با افزایش پرولین بافت‌ها، به‌طور معنی‌دار محتوای آب برگ واریته‌های گندم را در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی بهبود بخشیده است (Farooq *et al.*, 2013). همچنین، گزارش شده است استفاده از اسید آسکوربیک با افزایش سطح برگ، بهبود محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها و تجمع پرولین می‌تواند موجب افزایش تحمل به تنش شوری در گندم شود (Azzedine *et al.*, 2011).

علاوه براین، در شرایط شوری حتی پس از جوانه‌زنی نیز همچنان اثرات منفی کلریدسدیم، دانه‌رست در حال رشد را مورد آسیب قرار می‌دهد زیرا افزایش یون‌های کلر و سدیم در بافت‌های گیاه منجر به سمیت یونی و اختلال در متابولیسم طبیعی گیاه شده و متعاقب آن کاهش در بیوماس گیاه رخ می‌دهد (Roshandel and Flowers, 2009). از جمله اختلالات متابولیسمی ناشی از تنش شوری که منجر به کاهش رشد در گیاه می‌شود، افزایش تولید انواع اکسیژن واکنش‌گر (نظیر رادیکال‌های سوپراکسید، هیدروکسیل و پراکسیدهیدروژن) است که ماکرومولکول‌های حیاتی، ساختارهای سلولی، غشاءهای سیتوپلاسمی و ماشین فتوسنتزی را مورد آسیب قرار می‌دهد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد پرایمینگ بذر با اسید آسکوربیک می‌تواند از طریق تحریک آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از اثرات سوء کلریدسدیم بکاهد و در استقرار دانه‌رست‌های بادرشبویه تحت تنش شوری مفید باشد. اسید آسکوربیک از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌هاست که حفاظت از گیاه را در برابر تنش اکسیداتیو برعهده

دارد (Ahmad *et al.*, 2012). این عملکرد به‌ویژه از این نظر حائز اهمیت است که کلروپلاست‌ها فاقد کاتالاز هستند. با این وجود، سطح بالایی از اسید آسکوربیک در سلول لازم است تا باعث کاهش رادیکال‌های آزاد اکسیژن شود. تحقیقات نشان داده است کاربرد خارجی اسید آسکوربیک (مانند پرایمینگ) می‌تواند باعث افزایش تولید این ماده در گیاه شود (Chen and Gallie, 2004). در تحقیق حاضر، پرایمینگ با اسید آسکوربیک فعالیت آنزیم‌های پاکروبی رادیکال‌های اکسیژن (کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و گایاکول پراکسیداز) را افزایش داد. آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز از آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی مهم هستند که این رادیکال‌ها را غیرفعال کرده و غشاءهای سیتوپلاسمی را از آسیب انواع اکسیژن واکنش‌گر محافظت می‌نمایند (Athar *et al.*, 2008). مؤافق با نتایج حاضر، گزارش شده است کاربرد خارجی اسید آسکوربیک با تحریک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، باعث کاهش اثرات مضر شوری در کلزا *Brassica napus* می‌شود (Dolatabadian *et al.,* 2008). همسو با این تئوری، نشان داده شده است پرایمینگ بذر با اسید آسکوربیک به کاهش سطح انواع اکسیژن واکنش‌گر کمک می‌کند (Farooq *et al.*, 2013). متعاقب این رخداد، کاهش در محتوای مالون‌دآلدئید ناشی از پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی و افزایش پایداری غشاء در شرایط تنش بود. تحقیقات تأیید کرده است که غلظت بالای کلریدسدیم باعث آسیب دیدن غشاءهای سیتوپلاسمی و از دست رفتن نفوذپذیری آنها می‌شود (Dkhil and Denden, 2012).

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر نقش پرایمینگ با اسید آسکوربیک بر افزایش مقاومت به شوری گیاه بادرشبویه (توده اصفهان) در مرحله جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که پرایمینگ با اسید آسکوربیک به‌ویژه در غلظت ۴۰ میلی‌مولار می‌تواند باعث ارتقای شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای بادرشبویه در شرایط شوری شود. علاوه بر این، روشن شد فعال شدن سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه (به‌ویژه آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان) در ۲۴ ساعت اولیه پس از اعمال پرایمینگ می‌تواند با کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از کلریدسدیم، اثرات منفی تنش شوری را حین جوانه‌زنی بادرشبویه کاهش دهد.

منابع

Afzal, I., Basra, S. M. A., Ahmad, N. and Farooq, M. 2005. Optimization of hormonal priming techniques for alleviation of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). Caderno de Pesquisa, série Biologia, 17(1): 95-109. **(Journal)**

Afzal, I., Basra, S. M., Farooq, M. and Nawaz, A. 2006. Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, salicylic acid and ascorbic acid. International Journal of Agriculture and Biology, 8(1): 23-28. **(Journal)**

Ahmad, I., Ahmad, T. K. A., Basra, S. M., Hasnain, Z. and Ali, A. 2012. Effect of seed priming with ascorbic acid, salicylic acid and hydrogen peroxide on emergence, vigor and antioxidant activities of maize. African Journal of Biotechnology, 11(5): 1127-1137. **(Journal)**

Alaei, S., Khibary, Z. M. and Rad, A. A. 2015. Effect of different concentration of salt and PEG solution on *Dracocephalum moldavica* seed germination and seedling early growth. Biological Forum, 7(1): 1755. (In Persian)**(Journal)**

Athar, H. R., Khan, A. and Ashraf, M. 2008. Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt induced oxidative stress in wheat. Environmental and Experimental Botany, 63: 224-231. **(Journal)**

Azooz, M. M., Alzahrani, A. M. and Youssef, M. M. 2013. The potential role of seed priming with ascorbic acid and nicotinamide and their interactions to enhance salt tolerance in broad bean (*Vicia faba* L.). Australian Journal of Crop Science, 7(13): 2091-2100. **(Journal)**

Azzedine, F., Gherroucha, H. and Baka, M. 2011. Improvement of salt tolerance in durum wheat by ascorbic acid application. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 7(1): 27-37. **(Journal)**

Bradford, K. J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Horticulture Science, 21: 1105–1112. **(Journal)**

Bray, C. M., Davision, P. A., Ashraf, M. and Taylor, R. M. 1989. Biochemical changes during osmopriming of leak seeds. Annals of Botany, 6: 185–193. **(Journal)**

Brocklehurst, P. A. and Dearman, J. 1983. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. I. Laboratory germination. Annals of Applied Biology, 102(3): 577-584. **(Journal)**

Chen, Z. and Gallie, D. R. 2004. The ascorbic acid redox state controls guard cell signaling and stomatal movement. Plant Cell, 16: 1143–1162. **(Journal)**

Dkhil, B. B. and Denden, M. 2012. Effect of salt stress on growth, anthocyanins, membrane permeability and chlorophyll fluorescence of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedlings. American Journal of Plant Physiology, 7: 174-183. **(Journal)**

Dolatabadian, A., Sanavy, S. A. M. M. and Chashmi, N. A. 2008. The effects of foliar application of ascorbic acid (vitamin C) on antioxidant enzymes activities, lipid peroxidation and proline accumulation of canola (*Brassica napus* L.) under conditions of salt stress. Journal of Agronomy and Crop Science, 194: 206-213. **(Journal)**

Ekmekçi, B. A. and Karaman, M. 2012. Exogenous ascorbic acid increases resistance to salt of *Silybum marianum* (L.). African Journal of Biotechnology, 11: 9932-9940. **(Journal)**

Farooq, M., Basra, S. M. A., Khalid, M., Tabassum, R. and Mahmood, T. 2006. Nutrient homeostasis, metabolism of reserves, and seedling vigor as affected by seed priming in coarse rice. Canadian Journal of Botany, 84(8): 1196-1202. **(Journal)**

Farooq, M., Irfan, M., Aziz, T., Ahmad, I. and Cheema, S. A. 2013. Seed priming with ascorbic acid improves drought resistance of wheat. Journal of Agronomy and Crop Science, 199(1): 12-22. **(Journal)**

Fercha, A., Gherroucha, H. and Baka, M. 2011. Improvement of salt tolerance in durum wheat by vitamin C application. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 7: 27-37. **(Journal)**

Jisha, K. C., Vijayakumari, K. and Puthur, J. T. 2013. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. Acta Physiologiae Plantarum, 35(5): 381-1396. **(Journal)**

Khan, T. A., Mazi, M. and Mohammad, F. 2011. A review of ascorbic acid potentialities against oxidative stress induced in plants. Journal of Agrobiology, 28: 97–111. **(Journal)**

Mohammadi, K., Moghadam, A. K., Aghaalikhani, M. and Vaziri, M. 2014. Effect of hydro-priming and priming with ascorbic and salicylic acid on germination traits of *Dracocephalum moldavica* L. varieties. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 17(5): 936-943. (In Persian)**(Journal)**

Munns, R. and Gilliham, M. 2015. Salinity tolerance of crops–what is the cost? New Phytologist, 208(3): 668-673. **(Journal)**

Narwal, S., Bogatek, Z., Sampietre, A. and Vattnone, M. 2009. Plant Biochemistry. Studium Press Lcc, Texas. **(Book)**

Omid-beygi, R. 2005. Production and processing of medicinal plants. Astan-Ghods-Razavi publication, Tehran, pp: 397. (In Persian)**(Book)**

Ozgur, R., Uzilday, B., Sekmen, A. H. and Turkan, I. 2013. Reactive oxygen species regulation and antioxidant defence in halophytes. Functional Plant Biology, 40: 832-847. **(Journal)**

Rafique, N., Raza, S. H., Qasim, M. and Iqbal, N. A. E. E. M. 2011. Pre-sowing application of ascorbic acid and salicylic acid to seed of pumpkin and seedling response to salt. Pakistan Journal of Botany, 43(6): 2677-2682. **(Journal)**

Ramak, P., Sharifi, M., Osaloo, S. K., Ebrahimzadeh, H. and Behmanesh, M. 2011. Studies on seed germination and in vitro shoot multiplication of *Satureja khuzistanica* Jamzad, an important medicinal plant. African Journal of Biotechnology, 10(83): 19407-19414. **(Journal)**

Roshandel, P. and Flowers, T. 2009. The ionic effects of NaCl on physiology and gene expression in rice genotypes differing in salt tolerance. Plant and Soil, 315(1-2): 135-147. **(Journal)**

Sakhabutdinova, A. R., Fatkhutdinova, D. R., Bezrukova, M. V. and Shakirova, F. M. 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special Issue: 314–319. **(Journal)**

Vashista, A. and Nagarajan, S. 2010. Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. Journal of Plant Physiology, 167: 149-156. **(Journal)**

The effect of seed priming by ascorbic acid on germination traits and activity of some antioxidant enzymes in Moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica* L.) under salt stress

Fatemeh Sheykh-abolhasani[1], Parto Roshandel[2*], Seyfollah Fallah[3]

Received: October 24, 2016 Accepted: April 17, 2017

Abstract

In order to study the effects of seed priming by ascorbic acid (0, 40, 60 and 80 mM) to increase salt tolerance (0, 100, 150 and 200 mM NaCl) in moldavian balm at germination stage, an experiment was conducted as factorial in a completely randomized design with three replicates at Shahrekord University (2015 year). Evaluated parameters consisted of germination indices (germination percentage and rate, length and dry weight of seedlings and seed vigor index) and the activity of catalase, ascorbate peroxidase and guaiacol peroxidase. Results showed the values of germination indices significantly decreased with increasing salinity degree. However, seed priming by ascorbic acid (40 mM) decreased the negative effects of NaCl on germination of moldavian balm. At this level of priming and under 100 mM NaCl, seed vigor index increased by 32% and at 150 mM NaCl it increased by 2.7 folds. Since the activity of antioxidant enzymes was in coordinate with the effect of optimal concentration of ascorbic acid under salt stress, it is concluded that priming with ascorbic acid decreases oxidative stress due to NaCl by enhancing the activity of antioxidant enzymes in the tissues of moldavian balm and consequently salt tolerance increases in this plant at seed germination.

Key words: Moldavian dragon head; Oxidative stress; Seed pretreatment; Vitamin priming

How to cite this article

Sheykh-abolhasani, F., Roshandel, P. and Fallah, S. 2018. The effect of seed priming by ascorbic acid on germination traits and activity of some antioxidant enzymes in Moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica* L.) under salt stress. Iranian Journal of Seed Science and Research, 5(2): 47-58. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2018.2910

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. MSc. student of Seed Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
2. Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
3. Professor, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
* Corresponding author: p-roshandel@yahoo.com