نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دهم، شماره ۳(۳۹)، پاییز ۱۳۹۵، صفحه ۷۹۰-۷۷۹

مقاله کوتاه

اثر سالیسیلیک اسید و اتفن بر جوانه زنی بذر و رشد دانه‌رست گندم تحت تنش شوری

سهیلا شاکری[۱]، فاطمه سعید نعمت پور[۲]* و اکبر صفی‌پور افشار[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۲۵ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۴/۱۱/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲۳

چکیده

شوری آب یا خاک از مهم‌ترین عواملی است که باعث کاهش جوانه‌زنی بذور گیاهان می‌شود. اتفن می‌تواند خواب بذر را در انواعی از گیاهان مثل غلات بشکند و جوانه‌زنی را سرعت بخشد. در برخی گیاهان پیش تیمار بذرها با سالیسیلیک اسید سبب افزایش درصد جوانه‌زنی شده است. به‌منظور بررسی اثر سالیسیلیک اسید و اتفن بر جوانه‌زنی بذور و رشد دانه‌رست رقم سیوند گندم تحت تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در بهار سال ۱۳۹۰ و در آزمایشگاه تحقیقات گیاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور انجام شد. شوری با سطوح صفر، ۵۰، ۱۰۰و۱۵۰ میلی مولار NaCl، سالیسیلیک اسید در سطوح صفر، ۰/۵ و ۱ میلی مولار و اتفن در سطوح صفر، ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار استفاده شد. نتایج نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌ی اولیه و میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در شرایط شوری کاهش و میزان پرولین افزایش یافت و پیش‌تیمار بذور با سالیسیلیک اسید سبب افزایش درصد جوانه‌زنی، برخی صفات رشدی و میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و میزان پرولین در محیط شور گردید. همچنین، پیش‌تیمار بذور با اتفن در شرایط شور باعث کاهش برخی صفات رشدی و افزایش میزان پرولین شد ولی بر صفات جوانه‌زنی و میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بی‌تاثیر بود. به نظر می‌رسد سالیسیلیک اسید به عنوان یک تنظیم کننده رشد گیاهی و مؤثر در شرایط تنش شوری و اتفن از طریق تبدیل شدن به اتیلن، مکانیسم‌های تحمل گیاه را فعال و باعث بهبود خسارات ناشی از شوری بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست گندم شده‌اند.

واژگان کلیدی: اتفن، آلفا آمیلاز، پرولین، غلات، شوری.

۱- کارشناسی ارشد گروه زیست شناسی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران

۲- استادیار گروه زیست شناسی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران

* نگارنده‌ی مسئول fnematpour@yahoo.com

مقدمه

گندم گیاهی از تیره Poaceae و از جنس *Triticum* دارای گونه‌های مختلف است. گندم به دلیل ارزانی و فراوانی، در الگوی غذایی سه چهارم جمعیت جهان جایگاه مهمی دارد (Shakirova *et al*., 2003). جوانه‌زنی دانه در گیاهان با جذب آب و شروع واکنش‌های متابولیسمی در بافت‌های رویان آغاز می‌شود که در مراحل اولیه جوانه‌زنی، انرژی مورد نیاز از طریق گلیکولیز و متابولیت‌های مورد نیاز برای تولید ترکیبات جدید به‌وسیله مسیر پنتوز فسفات تأمین می‌شود (Lin *et al*., 2013). جوانه‌زنی تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. این عوامل شامل اندازه بذر، میزان کشت دانه در خاک، رطوبت خاک، میزان اکسیژن، دما و ژنتیک دانه است. در تنش‌های با شدت زیاد درصد و سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Zapata *et al*., 2004). شوری برتمام فرایندهای اصلی گیاه مانند رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین، متابولیسم لیپید و انرژی اثر می‌گذارد، در نتیجه تمام مراحل زندگی گیاه را از جوانه‌زنی تا تولید زیست توده و دانه تحت تأثیر قرار می‌دهد. امروزه از شوری به‌عنوان تنش غیرزیستی مهم یاد می‌شود که اثرات نامطلوبی روی محصول‌دهی گیاه و کیفیت آن دارد (Hassine and Lutts, 2010). سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنلی است که در طبیعت وجود دارد و در برخی از بافت‌های گیاهی به فراوانی یافت می‌شود (Dong *et al*., 2011). در تحقیقاتی که روی گیاهان جو و گندم بهاره صورت گرفت، مشخص شد که پیش تیمار بذرها با سالیسیلیک اسید سبب افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شود (Arfan *et al*., 2007). مطالعات نشان داده است که سالیسیلیک اسید منجر به افزایش رشد بخش میانی و افزایش وزن خشک ساقه اولیه و ریشه اولیه دانه‌رست‌های خیار می‌شود (Dong *et al*., 2011). شوری سبب کاهش درصد جوانه‌زنی در گیاه یونجه می‌شود. در حالی که اگر بذرها در محلول سالیسیلیک اسید خیسانده شود، باعث بهبود درصد جوانه‌زنی در نمونه شاهد و نمونه‌های تحت تنش می‌شود (Palma *et al*., 2013).

اتیلن طیف وسیعی از پاسخ‌های گیاهان از جمله جوانه‌زنی، رشد، گلدهی، پیری زودرس و ریزش برگ را تنظیم می‌کند (Lin *et al*., 2013). اتیلن قادر است خواب دانه را در انواعی از دانه‌ها مثل غلات بشکند و جوانه‌زنی را باعث شود. اتیلن می‌تواند ریشه نابجا را تحریک کند (Zapata *et al*., 2004). همچنین، در چند گونه نشان داده شده است که اتیلن به عنوان یک تنظیم کننده مثبت در تشکیل ریشه‌های نابجا عمل می‌کند و نیز اتیلن مانع طویل شدن و توسعه سریع ریشه می‌شود (Zapata *et al*., 2003). در آرابیدوسیس، اتیلن سبب ایجاد ریشه‌هایی کوتاه و ضخیم می‌شود. اعتقاد بر این است که علت اصلی تغییرات سلولی، تغییراتی است که اتیلن بر روی متابولیسم دیواره سلولی ریشه دارد (Yang *et al*., 2013).

در این پژوهش قابلیت تعدیل اثرات شوری بر جوانه‌زنی رقم سیوند گندم، با کاربرد پیش تیمار سالیسیلیک اسید و اتفن مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه تحقیقات گیاهی دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای انجام این آزمایش از بذر گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم سیوند تهیه شده از مرکز تحقیقات کشاورزی نیشابور استفاده شد. در ابتدا دانه‌های گندم برای مدت سه دقیقه در هیپوکلریت سدیم ۱۰٪ ضد عفونی شده و پس از شستشو با آب مقطر روی کاغذ واتمن خشک شدند.

بذرها برای مدت شش ساعت در محلول‌های سالیسیلیک اسید با غلظت صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار و به مدت ۱۲ ساعت در محلول‌های مختلف اتفون با غلظت صفر، ۰/۰۵ ، ۰/۱ و ۰/۲ میلی‌مولار خیسانده شدند. در تمام مدت به علت فرار بودن گاز اتیلن درب بشرها بسته نگاه داشته شد. بذور شاهد در زمان‌های مساوی در آب مقطر قرار گرفتند. سپس بذرهای هر بشر به طور جداگانه روی کاغذ واتمن خشک شدند. تعداد ۱۵ بذر پیش تیمار شده به روش بین کاغذی در درون هر پتری‌دیش قرار داده شد. برای هر تیمار سه پتری‌دیش در نظر گرفته شد. به‌منظور اعمال تیمار شوری از غلظت‌های صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار محلول NaCl یک بار و به‌صورت محلول آبیاری استفاده شد. پتریدیش‌ها در ژرمیناتور با شرایط ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی، رطوبت ۵۰٪ و دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پس از جوانه‌زنی اکثر بذرها (روز چهارم) تعداد ۵ بذر از هر پتریدیش برای سنجش آنزیم α- آمیلاز برداشته شد و سنجش میزان فعالیت آنزیم α- آمیلاز به روش ورتینگتون (Worthington, 1993) صورت گرفت. شمارش بذرهای جوانه‌زده هر روز انجام و از نرم افزار germin جهت تعیین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی استفاده شد. پس از رشد مناسب دانه‌رست‌ها (دانه‌رست‌های ده روزه)، آنها جمع‌آوری و جهت اندازه‌گیری طول اندام هوایی و طول ریشه اولیه، وزن‌تر اندام هوایی و وزن‌تر ریشه اولیه استفاده شدند. به منظور تعیین وزن‌خشک، نمونه‌ها داخل آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و پس از آن با ترازو وزن شدند. به‌منظور سنجش میزان پرولین، از روش بیتس و همکاران (Bates *et al*., 1973) استفاده شد.

تحلیل آماری نتایج حاصل با نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۱ و STATISTICS نسخه ۸ و مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده عوامل به‌جز در مورد اثر اتفن بر درصد جوانه‌زنی، بر صفات سرعت و درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود و در اثرات متقابل فاکتورها تنها اثر متقابل سالیسیلیک اسید و شوری بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار شد ($p\leq$ ۰/۰۱) (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطح شوری سرعت و درصد جوانه‌زنی کاهش یافته و با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید تا سطح ۰/۱ میلی‌مولار، سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد، اما در غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد مشاهده می‌شود. همچنین، با افزایش غلظت اتفن سرعت جوانه‌زنی افزایش یافته است (شکل ۱). در هر سطح شوری با افزایش مقدار سالیسیلیک اسید، درصد جوانه‌زنی افزایش می‌یابد (شکل ۲).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثرات ساده فاکتورها بر شاخص‌های رشدی به‌جز در مورد اثر اتفن بر وزن خشک ریشه اولیه معنی‌دار بود ($p\leq$ ۰/۰۱). اثرات متقابل تنها در مورد اثر متقابل سالیسیلیک اسید و شوری بر وزن خشک ریشه اولیه و اتفن و شوری بر طول ریشه، طول اندام هوایی و وزن خشک ریشه اولیه معنی‌دار شد ($p\leq$ ۰/۰۱) (جدول ۱). در مورد هر یک از شاخص‌های رشدی تیمار شوری سبب کاهش و استفاده همزمان سالیسیلیک اسید باعث افزایش مقادیر سنجش شده گردید. اما کاربرد اتفن همراه با شوری سبب گردید تا اثرات شوری تشدید شده و کاهش بیشتری در صفات مشاهده گردد. به‌طور مثال نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل اتفن و شوری نشان داد که با افزایش غلظت NaCl، طول اندام هوایی، طول ریشه اولیه و وزن

خشک ریشه کاهش یافته و در هر سطح شوری با افزایش مقدار اتفن، این صفات کاهش بیشتری را نشان داده است (شکل ۳ و ۴b). همچنین، نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و شوری بیانگر آن بود که با افزایش سطح شوری، وزن خشک ریشه اولیه کاهش یافته و در هر سطح شوری با افزایش مقدار سالیسیلیک اسید، وزن خشک ریشه اولیه افزایش نشان داده است (شکل 4a).

پرولین: تجزیه داده‌ها بیانگر آن است که تأثیر تیمارهای مختلف سالیسیلیک اسید، شوری و اثرات متقابل اتفن و شوری، سالیسیلیک اسید و شوری؛ سالیسیلیک اسید، اتفن و شوری بر میزان پرولین در سطح ۱٪≥α و تأثیر تیمارهای مختلف اتفن، اثرات متقابل سالیسیلیک اسید و اتفن در سطح ۵٪≥α معنی‌دار بوده است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر آن است که با افزایش مقدار شوری، میزان پرولین افزایش و در هر سطح شوری با افزایش مقدار سالیسیلیک اسید یا اتفن، این افزایش تشدید شده است. همچنین، با افزایش مقدار اتفن، میزان پرولین افزایش و در هر سطح اتفن با افزایش مقدار سالیسیلیک اسید نیز این افزایش تشدید شده است (شکل ۵).

فعالیت آنزیم α-آمیلاز: تجزیه داده‌ها نشان می‌دهد که تأثیر تیمارهای مختلف اتفن، شوری، اثرات متقابل سالیسیلیک اسید و اتفن و نیز سالیسیلیک اسید و شـــوری بر میزان فعالیت آنزیم α-آمیلاز در سطح ۱٪≥p معنی‌دار بوده است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر آن است که با افزایش مقدار شوری، میزان فعالیت آنزیم α-آمیلاز کاهش یافته است و بیشترین میـزان فعالیت آنزیم α-آمیلاز در تیمار ۰/۲ میلی‌مولار اتفن و کمترین آن درتیمار ۰/۰۵ میلی‌مولار اتفن است. همچنین، مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل شوری و سالیسیلیک اسید بیانگر آن است که با افزایش مقدار شوری، میزان فعالیت آنزیم α-آمیلاز کاهش و در هر سطح شوری با افزایش مقدار سالیسیلیک اسید، افزایش یافته است. با افزایش مقدار اتفن، تا غلظت ۰/۱ میلی‌مولار میزان فعالیت آنزیم α-آمیلاز کاهش و در غلظت ۰/۲ میلی‌مولار افزایش یافته است و در هر سطح اتفن با افزایش مقدار سالیسیلیک اسید، میزان فعالیت این آنزیم افزایش یافته است (شکل ۶).

نتایج نشان داد که شوری سبب کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی بذور گندم می‌گردد. شوری مانع آزادسازی اندوخته مواد غذایی جهت مصرف جوانه می‌گردد. تنش شوری عموماً باعث تأخیر در جوانه‌زنی، کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و کاهش رشد گیاهچه می‌شود (Horvath *et al*., 2015). شوری خاک یکی از تنش‌های غیرزنده و محدودکننده رشد و تولید در گیاهان زراعی است. گزارش شده است که تنش شوری میزان سرعت و درصد جوانه‌زنی کلزا را کاهش می‌دهد (Hayat *et al*., 2012). در این تحقیق اتفن سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد. گزارش‌های متعددی وجود دارد که اتیلن در جوانه‌زنی دانه نقش دارد. گزارش شده است که سرعت جوانه‌زنی در بذرهای کاهو تیمار شده با اتیلن افزایش می‌یابد (Serna *et al*., 2015). همچنین گزارش شده است که تیمار بذرهای آرابیدوپسیس با اتیلن، تنش ناشی از شوری را روی جوانه‌زنی کاملاً بهبود می‌بخشد (Lin *et al*., 2013). در این تحقیق سالیسیلیک اسید سرعت و درصد جوانه‌زنی را افزایش داد. غلظت بهینه، ۰/۵ میلی‌مولار بود و غلظت بیش از ۰/۵ میلی‌مولار باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌گردد. سالیسیلیک اسید محرک جوانه‌زنی می‌باشد (Gunes *et al*., 2007; Horvath *et al*., 2015). درصد جوانه‌زنی بذرهای برنج در محلول یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و در pH = 5.5± 0.2 افزایش معنی‌داری نسبت

به شاهد نشان می‌دهد (Sawada *et al*., 2006). سالیسیلیک اسید در غلظت‌های بالاتر از یک میلی‌مولار، در رفع آسیب‌های اکسیداتیو طی جوانه‌زنی دخالت دارد (Szepesi *et al*., 2009). در دانه‌رست‌های گندم، سالیسیلیک اسید از طریق افزایش مقدار آبسیزیک اسید (ABA) باعث پیش سازگاری نسبت به تنش‌های اکسیداتیو می‌شود. در این تحقیق با افزایش میزان شوری طول اندام هوایی و ریشه اولیه کاهش یافت. به عبارت بهتر با افزایش میزان شوری مقدار فعالیت‌های تجزیه لیپیدها و ساخت مواد در گیاه کاهش می‌یابد. سپس با کاهش فعالیت برخی آنزیم‌ها و اختلال در فتوسنتز (Wilson *et al*., 1994) باعث کاهش متابولیسم نیتروژن و کربن می‌شود. این موارد سبب کاهش در تقسیم سلولی شده و میزان رشد را کاهش می‌دهد (Poonam *et al*., 2015). کاهش وزن‌خشک که از شاخص‌های رشد است می‌تواند ناشی از اثرات بازدارنده شوری بر فتوسنتز و واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه و یا ناشی از اثرات بازدارنده شوری بر متابولیسم لیپیدها گیاه باشد (Dong *et al*., 2012). در مطالعه‌ای وزن خشک بخش هوایی و ریشه ذرت در پاسخ به شوری کاهش پیدا کرد (Gunes *et al*., 2007). به نظر می‌رسد تنش شوری از طریق افزایش سطح اتیلن، موجب کاهش رشد ریشه و رشد عمومی گیاه می‌گردد (Lin *et al*., 2013). هورمون اتیلن به عنوان بازدارنده رشد ریشه عمل نموده و باعث کاهش رشد گیاه می‌شود (Zapata *et al*., 2003). کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش مقدار هورمون‌های گیاهی را تغییر داده و مکانیسم‌های محافظت گیاهان در برابر تنش را فعال می‌کند (Fahad *et al*., 2015). گزارش‌ها در مورد گندم نشان می‌دهد که تیمار سالیسیلیک اسید، مقدار هورمون‌های ایندول استیک اسید و سیتوکینین را در شوری افزایش داده و در نتیجه باعث افزایش رشد می‌شود (Hu *et al*., 2012). افزایش تجمع ABA در گندم تحت تنش شوری که با سالیسیلیک اسید تیمار شده است، اثر محافظتی سالیسیلیک اسید را در برابر شوری ثابت می‌کند. در شروع جوانه‌زنی، سنتز آنزیم‌ها و تغییرات در الگوی متابولیک آغاز می‌شود. اما تنش شوری یا آن را تغییر می‌دهد و یا اجازه سنتز متابولیت خاص مورد نیاز برای جوانه‌زنی بذر را نمی‌دهد (Agami, 2013).

در این پژوهش در تنش شوری و تیمارهای اتفن و سالیسیلیک اسید، میزان پرولین برگ افزایش پیدا کرد. پرولین به عنوان یک مولکول تنظیم کننده علامتی قادر به فعال‌سازی پاسخ‌های چندگانه مربوط به سازگاری به تنش‌های محیطی از قبیل تنش شوری است (Iqbal *et al*., 2014). افزایش پرولین در بسیاری از گیاهان در پاسخ به تنش شوری گزارش شده است. نقش پرولین به‌عنوان محافظت کننده اسمزی که در هنگام تنش در گیاه افزایش پیدا می‌کند و به پایداری غشاء کمک می‌کند، شناخته شده است و اثرات NaCl بر تخریب غشای سلولی را کاهش می‌دهد (Misra and Saxena, 2009). در گزارشی تایید شده است که اسپری برگی سالیسیلیک اسید مقدار کربوهیدرات، پروتئین، آمینو اسیدهای آزاد و پرولین را در گیاه ریحان به یک نسبت افزایش می‌دهد (Manaa *et al*., 2014).

α-آمیلاز نقش مهمی در هیدرولیز نشاسته موجود در آندوسپرم و تبدیل آن به قند دارد و انرژی لازم برای رشد ریشه اولیه و اندام هوایی را تأمین می‌نماید (Poor *et al*., 2013). احتمالاً شوری باعث کاهش سطوح اتیلن و جیبرلین در دانه‌های گیاه می‌شود، در حالی که حضور اتیلن و جیبرلین برای جوانه‌زنی لازم است. اثر تحریکی و مؤثر اتیلن و جیبرلین بر α-آمیلاز فعال در طی جوانه‌زنی، درگیر بودن این فیتوهورمون‌ها در آنزیم‌های کلیدی در

تخریب نشاسته را نشان می‌دهد (Rashad and Hussien, 2014).

افزایش فعالیت α-آمیلاز در حضور اتیلن و جیبرلین در دانه‌های*Amaranthus caudatus* برای غلبه بر اثرات مهار کنندگی شوری است. گزارش شده است که تحمل شوری در دانه‌های پرایم شده با PPM ۵۰ سالیسیلیک اسید افزایش پیدا کرده است که این پرایمینگ منجر به افزایش فعالیت α–آمیلاز و پروتئاز در آندوسپرم و افزایش قند محلول، پروتئین و آمینو اسیدهای آزاد تحت شرایط تنش می‌گردد (Yang *et al*., 2014).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، این آزمایش نشان داد که با افزایش شـدت تنش شوری، جـوانه‌زنی گیاه با مشکل روبرو می‌گردد و استفاده همزمان از سالیسیلیک اسید و اتفن می‌تواند جوانه‌زنی درحد مطلوبی را برای بذور این گیاه ارزشمند فراهم نماید. استفاده همزمان از اتفن و سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی شد اما تأثیری بر درصد آن نداشت ولی با تأثیر بر مقدار پرولین و فعالیت α–آمیلاز باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری گردید.

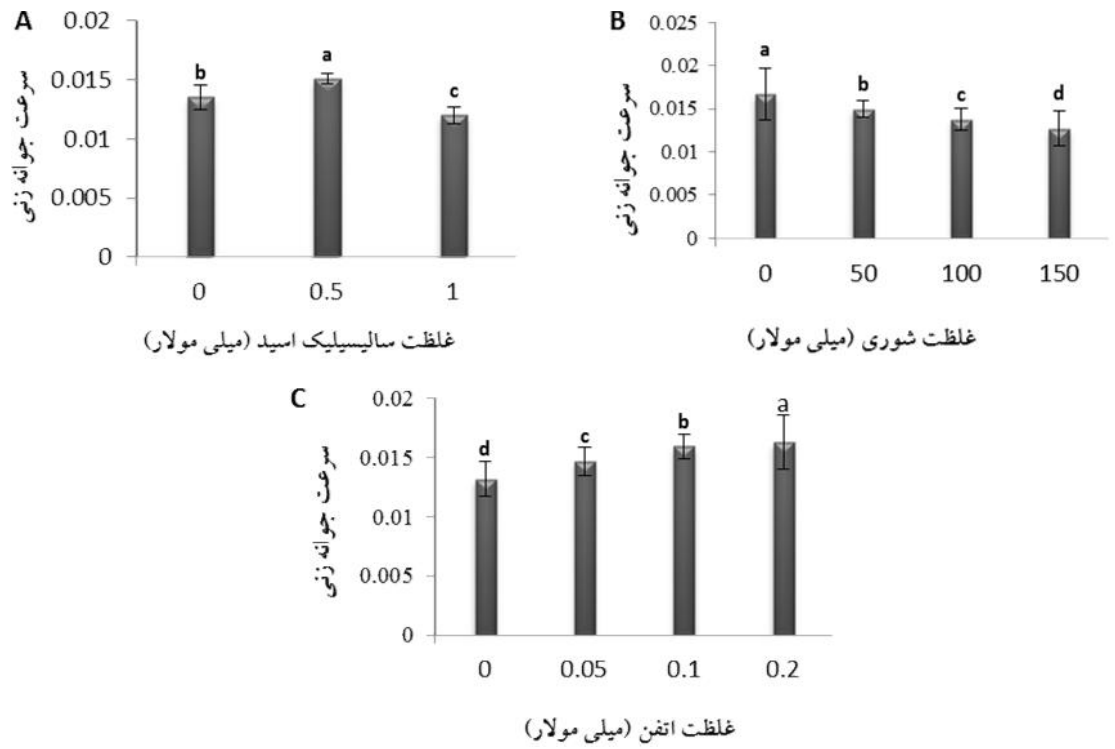
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مطالعه شده در بذور و دانه‌رست‌های گیاه گندم تیمار شده با سالیسیلیک اسید، اتفن و شوری

Table 1- Analysis of variance of studied traits of wheat seeds and seedlings treated by salicylic acid, ethephon and salinity

		میانگین مربعات							
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سرعت جوانه زنی Germination speed	درصد جوانه زنی Germination percentage	طول اندام هوایی Shoot length	طول ریشه Root length	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه اولیه Root dry weight	پرولین proline	α- آمیلاز α-amylase
سالیسیلیک اسید	2	35.45**	28.26**	57.80**	18.74**	0.002**	0.00005**	0.59**	0.0001^{ns}
اتفن	3	33.53**	1370.07^{ns}	50.39**	130.35**	0.001**	0.00009^{ns}	0.39*	0.19**
شوری	3	70.13**	2496.55**	128.43**	310.04**	0.007**	0.0004**	4.11**	0.27**
سالیسیلیک اسید* اتفن	6	7.28^{ns}	4.002^{ns}	0.26^{ns}	0.12^{ns}	0.0003^{ns}	0.00001^{ns}	0.27*	0.37*
سالیسیلیک اسید*شوری	6	11.36^{ns}	0.64**	0.21^{ns}	0.20^{ns}	0.0005^{ns}	0.00007**	0.38**	0.25**
اتفن * شوری	9	12.6^{ns}	35.4^{ns}	1.72**	5.63**	0.0006^{ns}	0.00006**	0.32**	0.002^{ns}
سالیسیلیک اسید*اتفن*شوری	18	13.56^{ns}	0.80^{ns}	0.05^{ns}	0.005^{ns}	0.00001^{ns}	0.00002^{ns}	0.45**	0.003^{ns}
خطا	96	6.47	2.02	0.20	0.26	0.00001	46.284	0.12	0.004
ضریب تغییرات		14	15.05	19.11	17.65	12.26	7.02	16.93	12.26

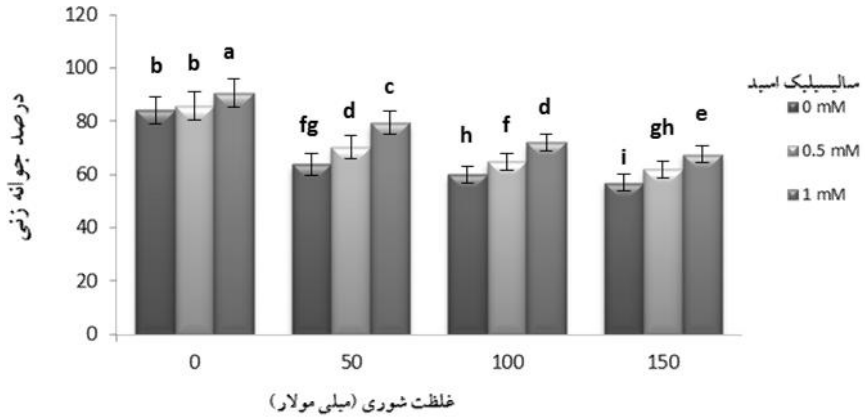
ns عدم معنی‌داری، * و ** معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: non-significant, * and ** significant at 5 and 1% probability levels, respectively.



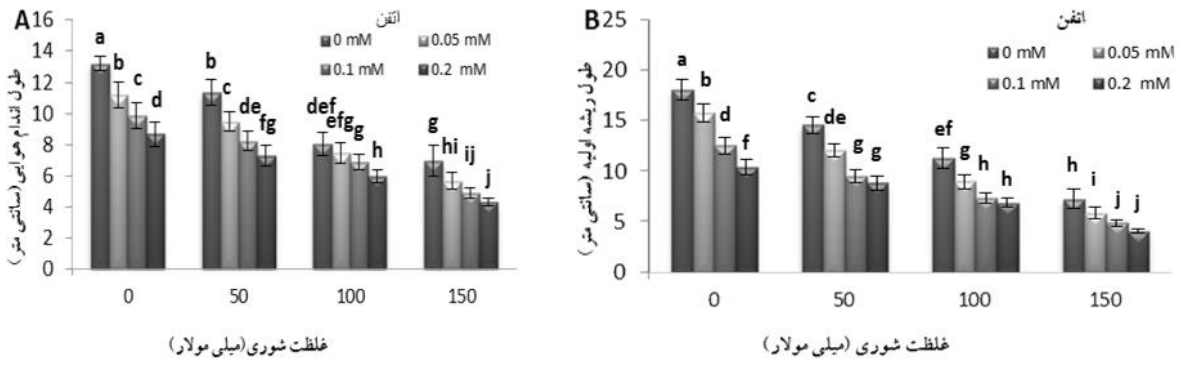
شکل ۱ - اثر سالیسیلیک اسید (A)، شوری (B) و اتفن (C) بر سرعت جوانه‌زنی بذورگندم رقم سیوند

Figure 1- Effect of salicylic acid (A), salinity (B) and ethephon (C) on seed germination speed of wheat (Sivand cultivar)



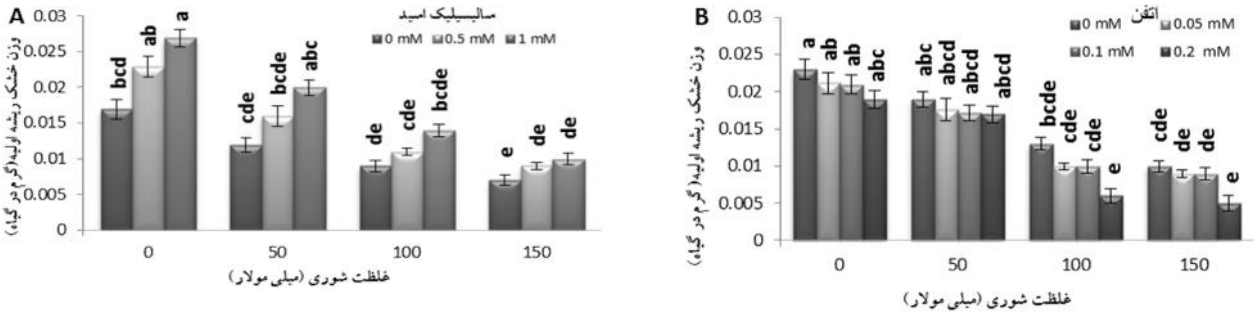
شکل ۲ – ترکیب تیماری سالیسیلیک اسید و شوری بر درصد جوانه‌زنی بذورگندم رقم سیوند

Figure 2- Combined effects of salicylic acid and salinity on seed germination percentage of wheat (Sivand cultivar)



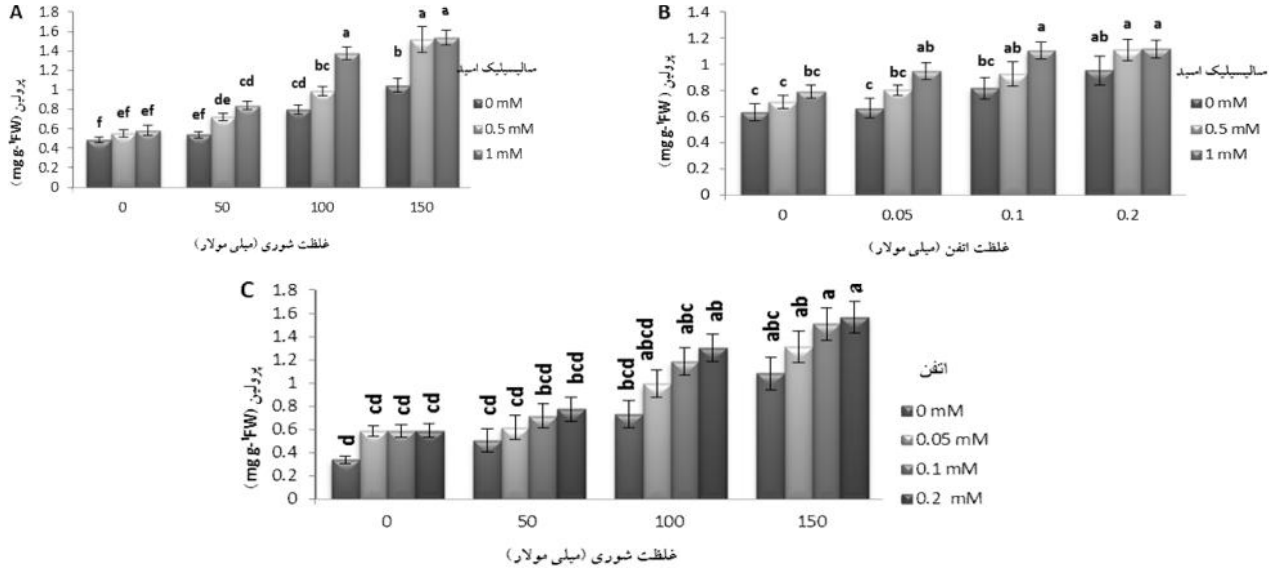
شکل ۳ - ترکیب تیماری سطوح شوری و اتفن بر طول اندام هوایی(A) طول ریشه اولیه(B) گیاهچه گندم رقم سیوند

Figure 3- Combined Effects of ethephon and salinity on seedling shoot length (A) and root length (B) of wheat (Sivand cultivar)



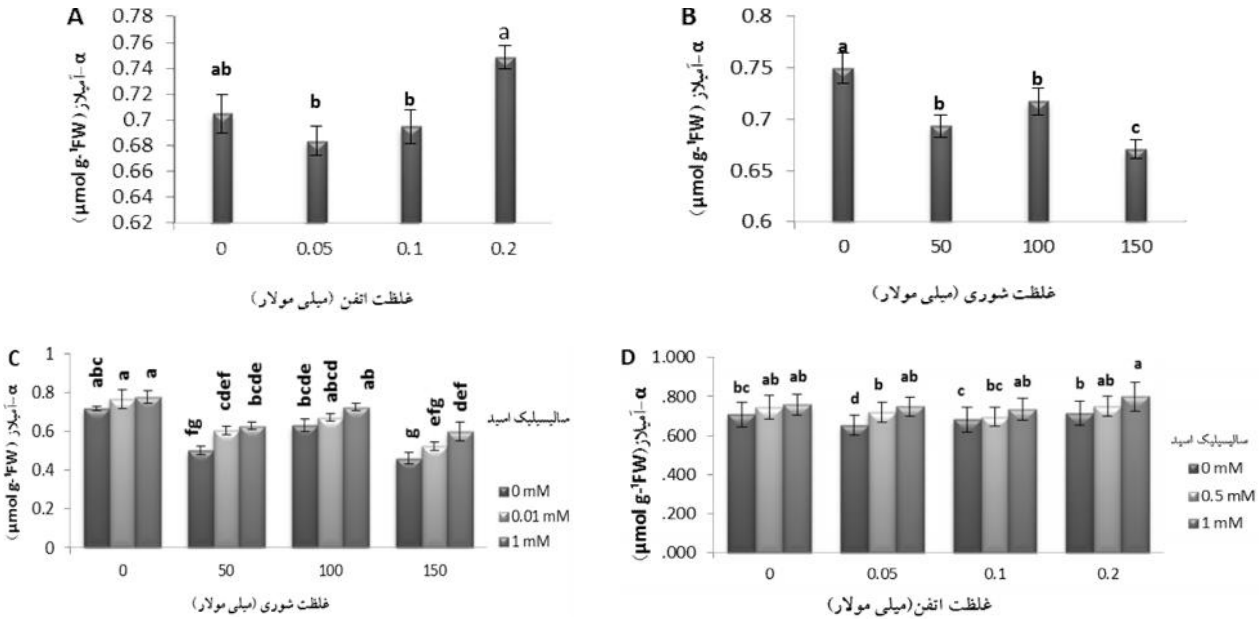
شکل ۴- ترکیب تیماری سالیسیلیک اسید وشوری (A) و اتفن وشوری (B) بر وزن خشک ریشه اولیه دانه‌رست گندم رقم سیوند

Figure 4- Combined Effects of salicylic acid and salinity (A) and ethephon and salinity (B) on seedling root dry weight of wheat (Sivand cultivar)



شکل ۵- ترکیب تیماری سالیسیلیک اسید و شوری(A)، سالیسیلیک اسید و اتفن (B) و اتفن و شوری (C) بر میزان پرولین گیاهچه گندم رقم سیوند

Figure 5- Combined effects of salicylic acid and salinity (A), salicylic acid and ethephon (B) and ethephon and salinity (C) on proline content of wheat (Sivand cultivar).



شکل ۶- اثر اتفن (A)، شوری (B)، ترکیب سالیسیلیک اسید و شوری (C) و ترکیب سالیسیلیک اسید و اتفن (D) بر میزان فعالیت آنزیم α-آمیلاز دانه‌رست گندم رقم سیوند

Figure 6- Effect of ethephon (A), salinity (B), combination of salicylic acid and salinity (C), combination of salicylic acid and ethephon (D) on α-amylase activity of wheat seedling (Sivand cultivar)

References منابع مورد استفاده

- Agami, R.A. 2013. Alleviating the adverse effects of NaCl stress in maize seedlings by pretreating seeds with salicylic acid and 24-epibrassinolide. *South African Journal of Botany*. 88(0):171-177.
- Arfan, M., H.R. Athar, and M. Ashraf. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? *Journal of Plant Physiol*ogy. 164(6): 685-694.
- Bates, I.S., R.P. Waldern, and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*. 39: 205-207.
- Dong, C.J., X.L. Wang, and Q.M. Shang. 2011. Salicylic acid regulates sugar metabolism that confers tolerance to salinity stress in cucumber seedlings. *Scientia Horticulturae*. 129(4): 629-636.
- Dong, W., X. Ai, F. Xu, T. Quan, S. Liu, and G. Xia. 2012. Isolation and characterization of a bread wheat salinity responsive ERF transcription factor. *Gene*. 511(1): 38-45.
- Fahad, S., S. Hussain, A. Bano, S. Saud, S. Hassan, D. Shan, and J. Huang. 2015. Potential role of phytohormones and plant growth-promoting rhizobacteria in abiotic stresses: consequences for changing environment. *Environmental Science and Pollution Research International.* 22(7): 4907-4921.
- Gunes, A., A. Inal, M. Alpaslan, F. Eraslan, E.G. Bagci, and N. Cicek. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology*. 164(6): 728-736.
- Hassine, A.B., and S. Lutts. 2010. Differential responses of saltbush *Atriplex halimus* L. exposed to salinity and water stress in relation to senescing hormones abscisic acid and ethylene. *Journal of Plant Physiology*. 167(17): 1448-1456.
- Hayat, S., P. Maheshwari, A.S. Wani, M. Irfan, M.N. Alyemeni, and A. Ahmad. 2012. Comparative effect of 28 homobrassinolide and salicylic acid in the amelioration of NaCl stress in *Brassica juncea* L. *Plant Physiology and Biochemistry*. 53(0): 61-68.
- Horvath, E., J. Csiszar, A. Galle, P. Poor, A. Szepesi, and I. Tari. 2015. Hardening with salicylic acid induces concentration-dependent changes in abscisic acid biosynthesis of tomato under salt stress. *Journal of Plant Physiology*. 183: 54-63.
- Hu, L., H. Hi, H. Pang, and J. Fu. 2012. Responses of antioxidant gene, protein and enzymes to salinity stress in two genotypes of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) differing in salt tolerance. *Journal of Plant Physiology*. 169(2): 146-156.
- Iqbal, N., S. Umar, N.A. Khan, and M.I.R. Khan. 2014. A new perspective of phytohormones in salinity tolerance: Regulation of proline metabolism. *Environmental and Experimental Botany*. 100: 34-42

- Lin, Y., L. Yang, M. Paul, Y. Zu, and Z. Tang. 2013. Ethylene promotes germination of Arabidopsis seed under salinity by decreasing reactive oxygen species: Evidence for the involvement of nitric oxide simulated by sodium nitroprusside. *Plant Physiology and Biochemistry*. 73: 211-218.
- Manaa, A., E. Gharbi, H. Mimouni, S. Wasti, S. Aschi-Smiti, S. Lutts,and H. Ben Ahmed. 2014. Simultaneous application of salicylic acid and calcium improves salt tolerance in two contrasting tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivars. *South African Journal of Botany*. 95(0): 32-39.
- Misra, N., and P. Saxena. 2009. Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. *Plant Science*. 177(3): 181-189.
- Palma, F., M. Lopez-Gomez, N.A. Tejera, and C. Lluch. 2013. Salicylic acid improves the salinity tolerance of *Medicago sativa* in symbiosis with *Sinorhizobium meliloti* by preventing nitrogen fixation inhibition. *Plant Sci*. 208: 75-82.
- Poonam Bhardwaj, R., R. Kaur, S. Bali, P. Kaur, G. Sirhindi, and A.P. Vig. 2015. Role of various hormones in photosynthetic responses of green plants under environmental stresses. *Current Protein and Peptide Science.* 16(5): 435-449.
- Poor, P., J. Kovacs, D. Szopko, and I. Tari. 2013. Ethylene signaling in salt stress- and salicylic acid-induced programmed cell death in tomato suspension cells. *Protoplasma*. 250(1): 273-284.
- Rashad, R.T., and R.A. Hussien. 2014. A comparison study on the effect of some growth regulators on the nutrients content of maize plant under salinity conditions. *Annals of Agricultural Sciences*. 59(1): 89-94.
- Sawada, H., I.S. Shim, and K. Usui. 2006. Induction of benzoic acid 2-hydroxylase and salicylic acid biosynthesis modulation by salt stress in rice seedlings. *Plant Science*. 171(2): 263-270.
- Serna, M., Y. Coll, P.J. Zapata, M.A. Botella, M.T. Pretel, and A. Amorós. 2015. A brassinosteroid analogue prevented the effect of salt stress on ethylene synthesis and polyamines in lettuce plants. *Scientia Horticulturae*. 185: 105-112.
- Shakirova, F.M., A.R. Sakhabutdinova, M.V. Bezrukova, R.A. Fatkhutdinova, and D.R. Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*. 164(3): 317-322.
- Szepesi, Á., J. Csiszár, K. Gémes, E. Horváth, F. Horváth, M.L. Simon, and I. Tari. 2009. Salicylic acid improves acclimation to salt stress by stimulating abscisic aldehyde oxidase activity and abscisic acid accumulation, and increases Na+ content in leaves without toxicity symptoms in *Solanum lycopersicum* L. (0176-1617). Retrieved from *Journal of Plant Physiology*. 166(9):914-925.
- Wilson, C., R.A. Clark, and G.C. Shearer. 1994. Effect of salinity on the plasma membrane ATPase from tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) leaves. *Plant Science.* 103(1): 1-9.

- Worthington, V. 1993 Alpha amylase. In: V. Worthington (Eds.), Worthington Enzyme Manual. Freehold, pp. 36–41.
- Yang, L., Y.G. Zu, and Z.H. Tang. 2013. Ethylene improves Arabidopsis salt tolerance mainly via retaining K+ in shoots and roots rather than decreasing tissue Na+ content . *Environmental and Experimental Botany*. 86(0): 60-69.
- Yang, R., T. Yang, H. Zhang, Y. Qi, Y. Xing, N. Zhang, and Y.D. Guo. 2014. Hormone profiling and transcription analysis reveal a major role of ABA in tomato salt tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*. 77(0): 23-34.
- Zapata, P.J., M. Serrano, M.T. Pretel, A. Amorós, and M.A. Botella. 2004. Polyamines and ethylene changes during germination of different plant species under salinity. *Plant Science*. 167(4): 781-788.
- Zapata, P.J., M. Serrano, X. Amp, M.T. Pretel, A. Amorós, and M.A. Botella. 2003. Changes in ethylene evolution and polyamine profiles of seedlings of nine cultivars of *Lactuca sativa* L. in response to salt stress during germination. *Plant Science*. 164(4): 557-563.

Short Article

Effect of Salicylic Acid and Ethephon on Seed Germination and Seedling Growth of Wheat under Salt Stress

Soheyla Shakeri[1], Fatemeh Saeid Nematpour[2*], and Akbar Safipour Afshar[2]

Received: August 2015, Revised: 22 February 2016, Accepted: 13 September 2016

Abstract

Water or soil salinities are the most important factors that reduce the seed germination of plants. Ethephon can break seed dormancy in a variety of plants, such as cereals and speeds up germination. In some plants pretreatment of seeds with salicylic acid has increased the germination percentage. To study effect of salicylic acid and ethephon on seed germination of wheat (Seivand cultivar) under salinity condition a factorial experiment in a completely randomized design with three replications was conducted at the Plant Research Laboratory of Neyshabur Branch of Islamic Azad University in 2011. Four salinity levels (0, 50, 100, 150 mM), three salicylic acid levels (0, 0.5, 1 mM) and four ethephon levels (0, 0.5, 1, 2 mM) were used. The results showed that at salinity condition seed germination rate and percentage, shoot and root length, their dry weight and α-amylase activity decreased and proline content increased. Pretreatment of seeds by salicylic acid increased seed germination percentage, some growth parameters, α-amylase activity and proline content under salinity condition. Moreover, pretreatment of seeds by ethephon decreased some growth parameters and increased proline content but its effect on germination and α-amylase activity were not significant. It seems that Salicylic acid as a plant growth regulator under salinity condition and ethephon convertion to ethylene, activated plant tolerance mechanisms to salinity condition and decrease damaging effect of salinity on seed germination and seedling growth of wheat.

Key words: α-amylase, Cereals, Ethylene, Germination, Proline, Salinity.

1- Graduate Student, Department of Biology, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran.
2- Assistant professor, Department of Biology, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran.
** Corresponding Author: fnematpour@yahoo.com*