اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی تربچه (*Raphanus sativus* L.) در شرایط تنش شوری

مژگان قنبری[1*]، علیرضا افتخاریان جهرمی[2]، شورانگیز جوانمردی[2] و محسن فرزانه[1]

چکیده

عدم جوانه‌زنی و استقرار مطلوب گیاه یکی از مشکلات کشاورزان در مناطق شور می‌باشد. پیش تیمار بذر به عنوان یک راهکار جهت افزایش استقرار گیاه به ویژه در شرایط نامطلوب مطرح است. به منظور بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر القای تحمل به تنش شوری در تربچه، آزمایشی طراحی و انجام شد. بذرهای تربچه، پس از خیساندن در محلول‌های ۰، ۱، ۲ و ۳ میلی مولار سالیسیلیک اسید به مدت ۲۴ ساعت، جهت جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری، به ظروف پتری حاوی ۱۰ میلی‌لیتر محلول کلرید سدیم با غلظت‌های ۰، ۴، ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر منتقل شدند. پس از جوانه‌زنی درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، نسبت طول و وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه و محتوای پرولین در ریشه‌چه و ساقه‌چه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت ۱۲ دسی‌زمینس بر متر نمک کلرید سدیم سبب کاهش درصد جوانه‌زنی بذرهای تربچه نسبت به شاهد شد. هم‌چنین سالیسیلیک اسید در تیمار شاهد و در تیمارهای تحت تنش شوری تأثیر مثبتی بر جوانه‌زنی داشته و سبب افزایش جوانه‌زنی گردید. استفاده از سالیسیلیک اسید موجب افزایش نسبت طول و وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه شد. کاربرد سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار بیشترین تأثیر را بر درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت. به علاوه، غلظت پرولین در شرایط تنش شوری افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: پرولین، تربچه، تنش شوری، جوانه‌زنی، سالیسیلیک اسید.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۱۹

۱- دانشجوی کارشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، گروه علوم باغبانی، باشگاه پژوهشگران جوان، شیراز، ایران.

۲- به‌ترتیب استادیار و محقق دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، گروه علوم باغبانی، شیراز، ایران.

مقدمه

تربچه (*Raphanus sativus*) متعلق به خانواده چلیپائیان[1]، از جمله سبزی‌های حساس به شوری بوده و جوانه‌زنی، یکی از بحرانی‌ترین مراحل رشد این گیاه در شرایط تنش شوری می‌باشد. عدم جوانه‌زنی گیاهان در خاک‌های شور، اغلب در اثر تجمع زیاد نمک در ناحیه کاشت بذر، به دلیل حرکت رو به بالای محلول خاک و متعاقب آن، وقوع تجمع نمک در سطح خاک می‌باشد (Valadiani *et al.*, 2006). در این شرایط، پیش تیمار بذر یکی از روش‌های بهبود جوانه‌زنی و رشد آن در شرایط تنش محیطی می‌باشد. تیمار بذر تکنیکی است که به واسطه آن بذرها پیش از قرارگرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست می‌آورند. این امر می‌تواند سبب بروز تظاهرات زیستی و فیزیولوژیکی متعددی در بذر تیمار شده و گیاه حاصل از آن گردد (Pill and Necker, 2001). گزارشی حاکی از بهبود رفتار جوانه‌زنی و شاخص‌های مربوط به آن اعم از متوسط زمان جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، نرخ جوانه‌زنی و استقرار اولیه در بذرهای تیمار شده، موجود می‌باشد (Lee and Kim, 2000). علت تسریع جوانه‌زنی در این بذرها می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده نظیر آلفا آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتز RNA و DNA، افزایش تعداد و در عین حال ارتقاء عملکرد میتوکندری‌ها باشد (Afzal *et al.*, 2004). بذرهای تیمار شده وضعیت مطلوب‌تری از نظر عملکرد و ساختار غشای سلولی در مقایسه با بذرهای شاهد دارا می‌باشند. این موضوع از طریق مطالعه هدایت الکتریکی عصاره بذری قابل بررسی است. به طوری که تراوش متابولیت‌های درون سلولی از غشای بذرهای تیمار شده کمتر بوده و به تبع آن هدایت الکتریکی عصاره این بذرها نیز کمتر می‌باشد. این امر در مورد بذر گراس‌ها به اثبات رسیده است (Pill and Necker, 2001).

یکی از ترکیبات مؤثری که می‌تواند در تیمار بذر مورد استفاده قرارگیرد، سالیسیلیک اسید است. سالیسیلیک اسید، یک تنظیم کننده رشد درونی از گروه ترکیبات فنلی طبیعی می‌باشد که در تنظیم فرایندهای گیاه نقش دارد. این هورمون در بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه از جمله تأثیر بر آنزیم‌های آنتی اکسیدان، افزایش میزان آبسزیک اسید و ایندول استیک اسید، مهار سنتز اتیلن، افزایش تقسیم سلولی و تمایزیابی و ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی وپاتوژن مؤثر است (Wang *et al.*, 2006).

در این پژوهش تأثیر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و شاخص‌های مرتبط با آن، محتوای پرولین ریشه‌چه و ساقه‌چه تربچه در شرایط تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. ظروف پتری شیشه‌ای جهت ضدعفونی، با دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه به اتوکلاو منتقل شدند. بذرهای تربچه را به قارچ‌کش ویتاواکس با غلظت یک گرم در لیتر آغشته و سپس ۳-۲ مرتبه توسط آب مقطر سترون شسته شدند. بعد از تهیه غلظت‌های ۰، ۱، ۲ و ۳ میلی مولار سالیسیلیک اسید، بذرها به مدت ٢٤ ساعت در این محلول‌ها قرار گرفتند. پس از طی شدن دوره مورد نظر، بذرها با آب مقطر سترون شسته و روی کاغذ خشک کن کاملاً خشک شدند و تعداد ۵۰ عدد بذر به ظروف پتری حاوی کاغذ صافی سترون در کف آن، انتقال یافت. برای ایجاد تنش شوری از محلول کلرید سدیم با غلظت‌های ۰، ٤، ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر و به میزان ۱۰ میلی‌لیتر به ازای هر ظرف پتری استفاده شد. سپس درب آن‌ها با پارافیلم کاملاً مسدود و برای جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به ژرمیناتور منتقل شدند.

جوانه‌زنی در این آزمایش به صورت خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه حداقل به میزان ۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد. شمارش بذرهای جوانه زده هر روز پس از شروع آزمایش انجام شد. روز دهم طول و وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری و ثبت گردید. سایر شاخص‌های مرتبط با جوانه‌زنی بذر بصورت زیر محاسبه گردید (Khosh-Khui, 2005).

[1] *Brassicaceae*

درصد نهایی جوانه‌زنی (FGP)[1]:

تعداد کل بذرها / (۱۰۰ × تعداد بذرهای جوانه زده تا روز I) = FGP

سرعت جوانه زنی (GR)[2] از رابطه زیر استفاده شد:

GR = ∑ (تعداد بذرهای جوانه زده تا روز I / (۱۰۰ × I

I= شماره روزهای مورد نظر پس از شروع آزمایش

شاخص بنیه بذر (VI)[3]: طبق فرمول زیر محاسبه گردید (Abdul-Baki & Anderon, 1973):

VI = (طول ساقه‌چه میانگین × درصد جوانه‌زنی) / ۱۰۰ (mm)

برای اندازه‌گیری میزان پرولین ریشه‌چه و ساقه‌چه در روز دهم نمونه برداری انجام شد و طبق روش بتیس و همکاران (Bates *et al*., 1973) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (LABoMeD, INC. UVD-2960) ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری صورت پذیرفته و بر حسب نانومتر قرائت شد. با رسم منحنی استاندارد (r= 0.99) غلظت هر نمونه برآورد شد. از نرم‌افزار SAS برای تجزیه آماری داده‌ها استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

تنش شوری به طور معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی تأثیر گذاشته و تیمار سالیسیلیک اسید نیز سبب ایجاد تفاوت معنی‌داری در صفات مختلف گردید. اثر متقابل غلظت‌های مختلف شوری و پرایمینگ نیز بر روی تمامی صفات به جز نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه معنی دار شد (جدول ۱).

سرعت جوانه‌زنی: بررسی اثر متقابل سالیسیلک اسید و کلرید سدیم بر سرعت جوانه‌زنی بذر تربچه نشان داد که بذرهای پیش تیمار شده با غلظت دو میلی مولار سالیسیلک اسید شرایط شوری تا ٤ دسی زیمنس را تحمل کرده و بیشترین سرعت جوانه‌زنی را دارا بودند (جدول ۲).

درصد نهایی جوانه‌زنی: بررسی اثر تیمارهای مختلف سالیسیلیک اسید بر بذرهای تربچه نشان داد، تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با غلظت صفر و ٤ دسی زمینس بر متر کلرید سدیم بیشترین درصد جوانه‌زنی را دارا بوده و با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید به ۲ و ۳ میلی مولار، درصد جوانه‌زنی در حضور کلرید سدیم افزایش نیافت (جدول ۲).

شاخص بنیه بذر: اثر متقابل غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و کلرید سدیم نشان داد که بذرهای پرایم شده توسط غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید توانسته‌اند تا غلظت ٤ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم را تحمل کنند و شاخص بنیه بذر را در حد بالایی حفظ کنند، اما افزایش غلظت سالیسیلیک اسید به ۳ میلی‌مولار باعث افزایش شاخص بنیه بذر در حضور کلرید سدیم نشد (جدول ۲).

نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه: در بررسی نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه مشخص شد که آب مقطر کمترین نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه را دارا بوده و با استفاده از غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی مولار سالیسیلیک اسید جهت پرایمینگ بذرها بیشترین نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه مشاهده شد. بذرهای تیمار شده با غلظت‌های ٤ و ۸ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم، با بذرهایی که در آب مقطر قرار داشتند به لحاظ آماری از نظر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری نداشتند. اما با افزایش غلظت کلرید سدیم به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر کاهش قابل توجهی در نسبت طول‌ریشه چه به ساقه‌چه مشاهده شد. کاربرد سالیسیلیک اسید در مقایسه با عدم کاربرد آن سبب افزایش نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در تیمارهای بدون تنش گردید (جدول ۲).

نسبت وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه: قرار گرفتن بذرها در محلول ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش نسبت وزن ریشه چه به ساقه چه در شرایط شوری نشد. اما وقتی بذور توسط غلظت های ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید پرایم شدند، نسبت وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه در غلظت ٤ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار را دارا بود که غلظت ۸ دسی‌زیمنس بر متر نیز به لحاظ نسبت وزن ریشه‌چه به ساقه چه با آن تفاوت معنی‌داری نداشت. پیش تیمار بذرها با غلظت ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث شد بین غلظت‌های مختلف شوری تفاوت معنی‌داری از نظر نسبت وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه وجود نداشته باشد (جدول ۲).

---

[1] Final germination percent
[2] Germination Rate
[3] Vigor Index

محتوای پرولین در ساقه‌چه: پیش تیمار بذور توسط غلظت ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید باعث شد محتوای پرولین در غلظت ۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم بیشترین مقدار را دارا باشد. با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید به ۲ و ۳ میلی مولار محتوای پرولین در ساقه‌چه تربچه افزایش یافت. محتوای پرولین در ساقه‌چه بذرهای پرایم شده توسط غلظت ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، بیشترین مقدار را در غلظت ۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم دارا بود (جدول ۲).

محتوای پرولین در ریشه‌چه: بذرهایی که با سالیسیلیک اسید پیش تیمار نشده و در شرایط تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر قرار گرفتند حاوی بیشترین محتوای پرولین در ریشه‌چه بودند. هم‌چنین پیش تیمار بذرها با سالیسیلیک اسید ۱ میلی مولار باعث شد محتوای پرولین ریشه‌چه‌های موجود در محیط شور ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر بیشترین مقدار را دارا باشد. افزایش غلظت سالیسیلیک اسید به ۲ و ۳ میلی مولار باعث شد بین غلظت‌های مختلف کلرید سدیم از نظر محتوای پرولین ریشه‌چه تفاوت معنی‌داری وجود نداشته باشد (جدول ۲).

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش چنین استنباط می‌شود که، سالیسیلیک اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار از طریق کاهش اثر سمی و مخرب تنش شوری باعث افزایش درصد جوانه‌زنی در بذرهای تربچه شده است. غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشترین تأثیر را بر سرعت جوانه‌زنی داشت و با افزایش غلظت پیش تیمار سالیسیلیک اسید سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری افزایش نیافت (جدول ۲). طبق اظهارات وانگ و همکاران (Wang *et al*., 2006) سالیسیلیک اسید در رفع آسیب‌های اکسیداتیو طی جوانه‌زنی دخالت دارد و موجب بهبود جوانه‌زنی می‌شود. هم‌چنین سالیسیلیک اسید باعث افزایش بعضی از هورمون‌های گیاهی شامل اکسین‌ها و سیتوکنین‌ها می‌شود که این هورمون‌ها در تحریک جوانه‌زنی مؤثرند (Sahabutdinova and Shakirova, 2003). طبق اظهارات سهابوتدینووا و شاکیرووا (Sahabutdinova and Shakirova, 2003) غلظت‌های بالای اکسین مانع جوانه‌زنی می‌شود، اما غلظت‌های پایین معمولاً محرک است.

در میان صفات مورد بررسی، در مرحله جوانه‌زنی به دلیل این که شاخص بنیه بذر از میانگین طول ساقه‌چه ضرب در درصد جوانه‌زنی تقسیم بر ۱۰۰ حاصل می‌شود می‌توان غلظت‌هایی از سالیسیلیک اسید که از نظر این شاخص بالاتر هستند را به‌عنوان پیش تیمار مناسب جهت تحمل شوری معرفی نمود. در میان غلظت‌های مورد بررسی سالیسیلیک اسید از نظر این شاخص غلظت ۱ و ۲ میلی مولار بیشترین مقدار را دارا بود. گزارش شده است که بذرهای پرایم شده، بنیه بالاتری را نشان داده‌اند که این مسئله باعث سریع‌تر سبز شدن ساقه‌چه‌ها می‌شود (Basra *et al.,* 2005). با توجه به نتایج این آزمایش مشخص می‌شود، سالیسیلیک اسید سبب افزایش نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه شده است.

به نظر می‌رسد افزایش نسبت وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه تحت تأثیر سالیسیلیک اسید می‌باشد. تیمار گیاه با سالیسیلیک اسید، میزان تقسیم سلولی مریستم رأسی ریشه‌های اولیه که منجر به افزایش رشد طولی می‌شوند را زیاد می‌کند (Shakirova and Sahabutdinova, 2003). سالیسیلیک اسید در سنتز پروتئین‌های خاصی به نام پروتئین کیناز نقش دارد (Fariduddin *et al.,* 2003). این پروتئین‌ها نقش مهمی در تنظیم تقسیم، تمایز و ریخت‌زایی سلول بازی می‌کنند. در این آزمایش مشاهده شد که محتوای پرولین با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید در ریشه‌چه و ساقه‌چه افزایش یافت، اسید سالسیلیک با اثر روی پیش‌ساز پرولین اِل- گلوتامات، باعث می‌شود ساخت پرولین در ساقه‌چه و ریشه‌چه افزایش پیدا کند که ممکن است این افزایش به کاهش اثرات شوری منجر گردد (Ruan *et al*., 2004). هم‌چنین این محققین اظهار داشتند که انباشتگی پرولین ممکن است برای تنظیم اسمزی در سطح سلولی ادامه پیدا کند. هم‌چنین ژائو و لی (Zhao and Liu, 2000) بیان کردند که پرولین به‌عنوان یک محافظ آنزیمی پایدار کننده ساختمان ماکرومولکول‌ها و منبع اصلی انرژی و نیتروژن در مقابل شوری به‌کار می‌رود. افزایش قدرت و سرعت جوانه‌زنی، رشد و استقرار ساقه‌چه از جمله عواملی هستند که باعث افزایش محصول می‌شود. شناخت تأثیر مواد شیمیایی مختلف بر جوانه‌زنی گیاهان حایز اهمیت است. به‌طوری که در تحقیق حاضر اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر افزایش جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری گیاه تربچه گذاشته است.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

Table 1. Variance analysis of the characteristics studied

S.O.V.	D.F.	Mean squares						
		Germination percentage	Germination rate	Radicle/ plumule length ratio	Radicle/ plumule weight ratio	Seed vigor index	Proline of plumule	Proline of radicle
Salicylic Acid (A)	3	1902.33**	47558.33**	0.11*	0.03**	292.76**	2.71**	0.63**
Salt stress (B)	3	2982.33**	74558.33**	0.28**	0.05**	378.11**	0.84^{ns}	0.14**
(A*B)	9	145.96**	3649.07**	0.06^{ns}	0.04**	98.29**	0.12^{ns}	0.18**
error	32	37.75	943.75	0.03	0.01	13.00	0.08	0.02
C.V.	-	8.85	8.85	15.49	22.14	17.07	23.89	25.92

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns, *, ** are non-significant and significant at 0.05 and 0.01 of probability level, respectively.

جدول ۲- اثر متقابل سالیسیلک اسید و کلرید سدیم بر صفات مورد بررسی

Table 2. Interaction effects of salicylic acid and sodium chloride on the traits evaluated

Salicylic acid	Sodium chloride	Adjective						
		Germination Percentage	Seed vigor index	Radicle/ plumule length ratio	Radicle/ plumule weight ratio	Proline of radicle	Proline of plumule	Germination rate
0	0	85.33^{abc}	21.55^{c}	0.94^{d}	0.64^{ab}	0.64^{bcd}	0.64^{de}	426.70^{a}
	4 dS/m	79.33^{cd}	34.10^{a}	1.37^{abc}	0.43^{cd}	0.48^{cde}	0.48^{de}	396.70^{a}
	8 dS/m	64.00^{e}	21.72^{c}	1.15^{cd}	0.37^{cd}	0.84^{b}	0.84^{d}	320.00^{b}
	12 dS/m	47.33^{fg}	9.27^{ef}	0.93^{d}	0.35^{d}	1.48^{a}	1.48^{b}	236.70^{c}
1 mM	0	94.67^{a}	21.91^{c}	1.51^{a}	0.53^{bc}	0.41^{defg}	0.78^{d}	473.30^{a}
	4 dS/m	85.33^{abc}	29.84^{ab}	1.22^{abcd}	0.30^{d}	0.24^{fg}	0.73^{de}	426.70^{ab}
	8 dS/m	82.00^{bcd}	25.15^{bc}	1.42^{abc}	0.38^{cd}	0.48^{cde}	0.27^{e}	410.00^{bc}
	12 dS/m	72.00^{de}	26.82^{bc}	0.98^{d}	0.29^{d}	0.22^{gh}	0.89^{cd}	360.00^{c}
2 mM	0	92.00^{ab}	22.93^{c}	1.43^{abc}	0.39^{cd}	0.25^{efg}	1.70^{ab}	460.00^{a}
	4 dS/m	83.33^{bc}	29.61^{ab}	1.32^{abc}	0.70^{a}	0.44^{defg}	1.34^{bc}	416.70^{a}
	8 dS/m	64.67^{e}	25.49^{bc}	1.37^{abc}	0.45^{cd}	0.49^{cde}	1.34^{bc}	323.30^{b}
	12 dS/m	48.67^{fg}	12.60^{de}	1.17^{bcd}	0.31^{d}	0.49^{cde}	1.76^{ab}	243.30^{c}
3 mM	0	81.33^{cd}	24.18^{bc}	1.30^{abc}	0.36^{d}	0.46^{cdef}	1.59^{ab}	406.70^{a}
	4 dS/m	51.33^{f}	15.51^{d}	1.48^{ab}	0.41^{cd}	0.69^{bc}	1.41^{b}	256.70^{b}
	8 dS/m	40.67^{g}	10.97^{def}	1.19^{abcd}	0.38^{cd}	0.48^{cde}	1.43^{b}	203.30^{c}
	12 dS/m	38.67^{g}	6.29^{f}	0.97^{d}	0.34^{d}	0.00^{h}	2.02^{a}	193.30^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with the same letters in each column are not significantly different at 5% of probability level.

References

Abdul-Baki AA, Anderon JD (1973) Vigor determination in soybean by multiple criteria. Crop Science 13: 630-633.

Afzal I, Aslam N, Mahmood F, Hameed A, Irfan S, and Ahmad G (2004) Enhancement of germination and emergence of canola seeds by different priming techniques. Caderno de Pesquisa Sér. Biological, Santa Cruz do Sul 16 (1): 19-34.

Bates IS, Waldern RP, Teare I D (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Basra SMA, Afzal I, Rashid RA, Hameed A (2005) Inducing salt tolerance in soybean by seed vigor enhancement techniques. Journal of Biotechnology and Biochemical 1: 173-179.

Fariduddin Q, Hayat S, Ahmad A (2003) Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosyntsis 41 (2): 281-284.

Khosh-Khui M (2005) Plant propagation: Principle and practices. Shiraz University Press, 378 pp. [In Persian with English Abstract].

Lee SS, Kim JH (2000) Morphological change, sugar content and α-amylase activity of rice seeds under various priming conditions. Korean Journal of Crop Science 4: 1-5.

Popova L, Pancheva T, Uzunova A (1997) Salicylic acid: Properties, biosynthesis and physiological role. Plant Physioloy 23: 85- 93.

Pill W G, Necker AD (2001) The effect of seed treatment on germination and establishment of Kentucky blue grass (*Poa pretenses* L.). Seed Science and Technology 29: 65-72.

Ruan H, Shen W, Xu L (2004) Nitric oxide involved in the abscisic acid induced proline accumulation in wheat seedling leaves under salt stress. Acta Science 46: 1307- 1315.

Shakirova FM, Sahabutdinova DR (2003) Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic aicd and salinity. Plant Science 164: 317-322.

Valdiani AR, Hassanzadeh A, Tajbakhsh M (2006) Study on the effects of salt stress in germination and embryo growth stages of the four prolific and new cultivars of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Pajohesh and Sazandegi 66: 23-32. [In Persian with English Abstract].

Wang L, Chen S, Kong W, Li S, Archbold DD (2006) Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. Postharvest Biology and Technology 41: 244-251.

Zhao F, Liu Y (2000) The biosynthesis of polyamines is more sensitive than that of proline to salt stress in barley seedlings. Acta Scientia 26: 343-349.