تأثیر پرایمینگ سالیسیلیک اسید بر تحرک ذخایر بذر و جوانه‌زنی بذر گندم در مقایسه با چاودار وحشی در شرایط تنش خشکی

اصغر گنجه[۱]، علی عبادی[۲]، سدابه جهانبخش[۳]، قاسم پرمون*[۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[۲]استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[۳]دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[۴]دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۱۱

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر تحرک ذخایر بذر و افزایش توان رقابتی گندم با چاودار وحشی تحت تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تنش خشکی شامل صفر (شاهد)، ۳- ، ۶- و ۹- بار و پیش تیمار با اسید سالیسلیک شامل صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار بود. نتایج نشان داد، جوانه‌زنی گندم تحت تأثیر تنش خشکی و پرایمینگ با سالیسیلیک اسید قرار گرفتند. تغییرات درصد جوانه‌زنی در اثر تنش به صورت خطی بوده ولی متوسط زمان جوانه‌زنی به‌صورت معادله درجه دوم بود. به ازای افزایش یک واحد تنش خشکی درصد جوانه‌زنی ۰/۱۲ واحد کاهش یافت. تغییرات درصد جوانه‌زنی در اثر مصرف سالیسیلیک اسید به صورت معادله پیک بود. این در حالی بود که تغییرات متوسط زمان جوانه‌زنی به‌صورت سیگموئیدی تنظیم گردید. بالاترین مقدار درصد جوانه‌زنی ۹۵/۳۸ درصد در غلظت ۲/۱۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بدست آمد و بالاترین متوسط زمان جوانه‌زنی با میانگین ۳/۷۳ بود. تنش خشکی بر میزان ذخایر، کارایی ذخایر و کسر ذخایر گندم معنی‌دار بود و تأثیر سالیسیلیک اسید تنها بر میزان ذخایر و برهم کنش تنش در سالیسیلیک اسید تنها بر میزان استفاده از ذخایر معنی‌دار شد. روند تغییرات کارایی ذخایر به صورت پیک و کسر ذخایر به صورت درجه دوم بود. برهم کنش تنش در سالیسیلیک اسید نیز نشان داد، در تمام سطوح سالیسیلیک اسید به جز غلظت ۱/۵ میلی‌مولار، روند تغییرات میزان ذخایر به صورت درجه دوم بود. همچنین درصد جوانه‌زنی چاودار وحشی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت به طوری که بالاترین درصد جوانه‌زنی با میانگین ۹۰/۳۸ مشاهده شد که با شیب تغییرات ۰/۸۹ و در پتانسیل ۷/۹۸- بار به ۵۰ درصد مقادیر خود رسید. روند تغییرات میزان ذخایرچاودار به صورت سیگموئیدی بود، به‌طوری که بالاترین میزان ذخایر با میانگین ۱۶/۶۸ و با شیب کاهش ۲/۶۶ مشاهده شد که در پتانسیل ۶/۶۷- بار به ۵۰ درصد مقدار خود رسید. به طور کلی مشاهده شد کاربرد سالیسیلیک اسید تنها توانست میزان استفاده از ذخایر را در شرایط تنش بهبود بخشد ولی بر توان تحمل گندم تحت تنش خشکی تأثیر چندانی نشان نداد.

واژه‌های کلیدی: پیش تیمار، چاودار، کارایی ذخایر بذر، پسابیدگی، گندم

*نویسنده مسئول: ghasem.parmoon@gmail.com

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) غذای اصلی انسان است که به‌طور مستقیم مورد مصرف قرار می‌گیرد. و سطح زیر کشت و تولید جهانی آن از سایر محصولات بیشتر است. گندم منبع اصلی کربوهیدرات غذای انسان را تشکیل داده و از لحاظ تهیه نان و ارزش نانوایی، ارزشمندترین آرد در بین آردهای غلات دیگر دارا می‌باشد. علاوه بر تغذیه مستقیم، گندم به شکل غیرمستقیم در مصرف دام و طیور و صنایع، نقش بسزایی در زندگی انسان‌ها ایفا می‌کند (Zamani, 2006).

علف‌های هرز از عوامل محدود کننده تولید گندم می‌باشند که می‌توانند با گندم بر سر منابع رقابت کنند و رشد و تولید این گیاه اختلال ایجاد کنند. همچنین به طور مستقیم برای کسب نور، مواد غذایی و رطوبت خاک با گیاهان زراعی رقابت می‌کنند و کاهش عملکرد را در پی دارند (Wenzm, 2000). چاودار وحشی (*Secale cereale*) یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز یکساله گندم در سطح جهان به‌شمار می‌رود و یکی از اولین گونه‌های باریک برگ گزارش شده در محصولات گندم و جو می‌باشد (Roberts *et al*., 2001؛ White *et al*., 2006؛ Stump *et al*., 2000). پژوهش‌ها نشان داده که در بسیاری از موارد حضور چاودار وحشی موجب کاهش بیش از ۵۰ درصد محصول گندم شده است (Dianat *et al*., 2006; Saadatian *et al*., 2011). میزان خسارت علف‌های هرز بر عملکرد بسته به نوع گیاه زراعی متفاوت بوده و گیاهانی که دارای توان رقابتی بالاتری هستند به نحو مطلوب‌تری می‌توانند بر علف‌های هرز غلبه کرده و افت عملکرد کمتری می‌بینند (Rastgo *et al*., 2005; Torabi *et al*., 2011) که با روش‌های به زراعی می‌توان خسارت علف‌های هرز را تا حد زیادی کاهش داد.

جوانه‌زنی بذر به‌عنوان یک عامل کلیدی در کشاورزی نوین اهمیت زیادی دارد. زیرا بذر یک واحد زایشی است که به عنوان رشته‌ی حیات، بقای گونه‌ها را تضمین می‌کند. علاوه بر این، به دلیل نقش بذر در استقرار بوته، جوانه‌زنی مرحله‌ی مهمی در دوره زندگی گیاه است و می‌تواند در رقابت گیاهان نقش کلیدی ایفا کند (Akram ghaderi *et al*., 2008). مرحله‌ی جوانه‌زنی بذر در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح اهمیت داشته و این تراکم مناسب زمانی به‌دست می‌آید که بذور کاشته شده دارای درصد و سرعت جوانه‌زنی مناسبی داشته باشند (Huang and Redman, 1995).

تنش خشکی از عواملی است که بر جوانه‌زنی بذر اثر می‌گذارد. این نوع تنش‌ها سرعت جوانه‌زنی را کاهش می‌دهند و در تنش‌هایی با شدت بالا علاوه بر جوانه‌زنی درصد جوانه‌زنی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. بعنوان مثال گزارش شده است که در گیاه اکالیپتوس در فشار اسموتیک ۰/۲۵- مگا پاسکال جوانه نزده است (Shah *et al*., 2002). هر یک از اجزاء عملکرد گیاه در مرحله خاصی از طول دوره رشد گیاه تعیین می‌شوند؛ بنابراین طبیعی است که وجود هر نوع تنش بسته به اینکه در چه مرحله یا مراحلی از نمو اتفاق افتد، موجب صدمه به یک یا تعدادی از اجزای عملکرد و درنتیجه صدمه به عملکرد نهایی دانه خواهد شد. میزان مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی، بستگی زیادی به حساسیت هر یک از اجزای عملکرد آن به تنش خشکی در زمان مواجهه با تنش و میزان شدت تنش دارد (Nam *et al*., 2001).

پیش تیمار بذر از استراتژی‌های پیش از کشت بذر است که نمو گیاهچه را از طریق تغییر دادن فعالیت‌های متابولیک پیش از ظهور ریشه‌چه و به طور کلی افزایش میزان جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Taylor and Harman 1990). پرایمینگ بذر، خسارت ناشی از جذب آب در دمای پایین را که به واسطه کاشت بذر

در خاک‌های سرد حاصل می‌شود، کاهش می‌دهد. همچنین، این روش منجر به کاهش رکود ثانویه ناشی از کاشت بذر گیاهان در خاک‌های بسیار گرم می‌شود (Valdes and Bradford, 1987). نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که پیش تیمار بذر موجب خروج سریع‌تر گیاهچه، تحمل بهتر گیاه به خشکی، گلدهی زودتر و افزایش عملکرد گیاهان نخود، ذرت و گندم در مناطق نیمه خشک می‌گردد (Moosavi *et al*., 2009). سالیسیلیک اسید[1] یا اورتوهیدروکسی بنزوئیک اسید و ترکیبات متعلق به آن از مشتقات فنل‌های گیاهی می‌باشد که معمولاً قابل‌حل در آب بوده و یک ترکیب آنتی‌اکسیدانتی و از جمله هورمون‌های گیاهی است (Zaki and Radwan, 2011) که نقش مهمی در مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی ایفا می‌کند و به‌عنوان یک مولکول مهم برای تعدیل پاسخ‌های گیاه به تنش‌های محیطی شناخته شده است (Senaratna *et al*., 2000). مشخص‌شده است که سالیسیلیک اسید بر رشد و نمو و ایجاد مقاومت در برابر تنش‌ها تأثیرگذار می‌باشد (Rafique *et al*., 2011). سالیسیلیک اسید با اثراتی که دارد و همچنین به دلیل ستز اتیلن باعث تعدیل اثرات تنش می‌شود. نتایج بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که سالیسیلیک اسید در گیاهانی که تحت تنش محیطی قرار دارند نقش حفاظتی دارد (Heidari *et al*., 2009)؛ بنابراین، هدف از این آزمایش بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر رقابت گندم بهاره با چاودار در شرایط کم‌آبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح تنش خشکی صفر، ۳-، ۶- و ۹- بار و پیش‌تیمار در محلول سالیسیلیک اسید صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار بودند. در این آزمایش ذخایر بذر و درصد و متوسط زمان جوانه‌زنی اندازه‌گیری شدند. برای این منظور بذور گندم پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۱٪ به مدت ۲ دقیقه و اتانول ۹۶ درصد به‌مدت ۳۰ ثانیه، به‌خوبی با آب مقطر شسته شدند و به‌مدت ۲۴ ساعت در محلول سالیسیلیک اسید به‌مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌طور جداگانه خیسانده شدند (Sedghi *et al*., 2010). پس از آن بذرهای خیس خورده به پتری دیش‌های استریل حاوی کاغذ صافی انتقال یافتند. همچنین برای ایجاد تنش خشکی از محلول پلی‌اتیلن گلایکول به میزان ۷ میلی‌لیتر در هر پتری دیش استفاده شد. سپس درب پتری دیش‌ها را با پارافیلم بسته و برای جوانه‌زنی در ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. شمارش بذور جوانه‌زده هر ۱۲ ساعت یک‌بار و به مدت ۷ روز انجام گرفت (ISTA, 2008). و جهت برآورد وزن خشک گیاهچه‌ها، ریشه‌چه و ساقه‌چه، ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند پس از آن توزین با استفاده از ترازوی دجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ صورت گرفت. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی بذور از رابطه‌های زیر استفاده شد. درصد جوانه‌زنی از رابطه ریز محاسبه شد.

$$GP=\frac{n}{N}\times 100 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه GP درصد جوانه‌زنی، n تعداد بذور جوانه‌زده در هرروز و N تعداد روز شمارش بذر می‌باشد.

1- Salicylic Acid (SA)

متوسط زمان جوانه‌زنی که شاخصی از سرعت جوانه‌زنی می‌باشد بر اساس روش الیس و رابرتز (Ellis and Roberts, 1981) محاسبه شد. روش الیس و رابرتز طبق رابطه زیر می باشد:

رابطه (۲) $$MTG = \frac{\sum(nd)}{\sum n}$$

n = تعداد بذور جوانه‌زده در مدت d روز، d= تعداد روز، $\sum n$ =کل تعداد بذور جوانه‌زده

برای تعیین کارایی ذخایر بذر، بعد از پایان دوره جوانه‌زنی وزن خشک گیاهچه‌ها (SLDW) و وزن خشک باقی‌مانده بذرها (FSDW) محاسبه شدند. در نهایت، مقدار استفاده از ذخایر بذر (SRUR)، کارایی استفاده از ذخایر (SRUE) و کسر ذخایر بذر مصرف شده (پویا شده FMOB) بر اساس روابط زیر محاسبه شدند؛ ISDW که وزن اولیه بذرهای خشک است و با کم کردن رطوبت بذرها از وزن اولیه بذرها به دست می‌آید (Soltani *et al*., 2008).

رابطه (۳) وزن خشک باقی مانده بذرها – وزن اولیه بذرهای خشک = مقدار استفاده از ذخایر غذایی(میلی‌گرم بر گرم بذر)

رابطه (۴) مقدار استفاده از ذخایر /وزن خشک گیاهچه‌ها = کارایی استفاده از ذخایر بذر(میلی‌گرم بر گرم بذر)

رابطه (۵) مقدار استفاده از ذخایر غذایی /وزن خشک گیاهچه‌ها = کسر ذخایر مصرفی(میلی‌گرم بر گرم بذر)

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver 9/1) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. شکل‌ها با کمک نرم افزار Sigma Plot (ver 11.2) رسم گردید.

نتایج و بحث

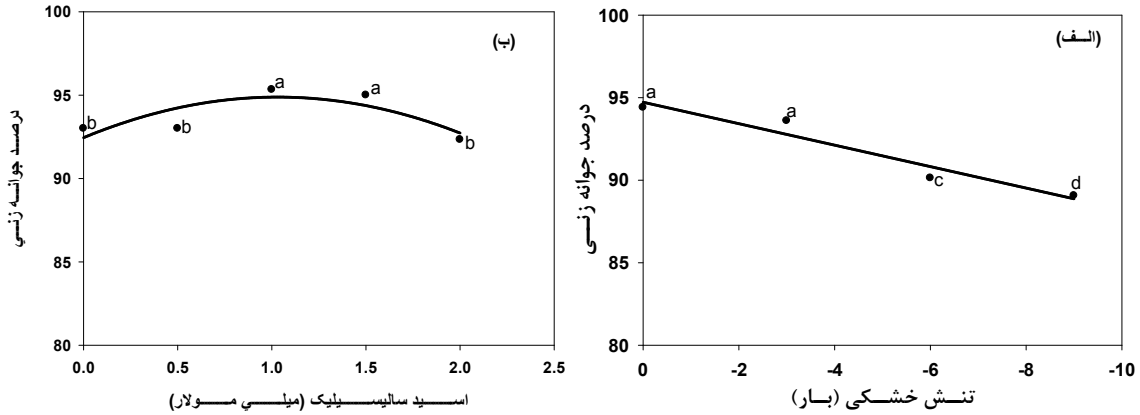
جوانه‌زنی و ذخایر بذر گندم: نتایج نشان داد، جوانه‌زنی گندم (درصد و متوسط زمان جوانه‌زنی) تحت تأثیر تنش خشکی و پرایمینگ با سالیسیلیک اسید در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند (جدول ۱). نتایج مربوط به روند تغییرات نشان داد، تغییرات درصد جوانه‌زنی در اثر تنش به صورت خطی (شکل ۱) ولی تغییرات متوسط زمان جوانه‌زنی به صورت معادله درجه دوم بود (شکل ۲). با توجه به پارامترهای تخمین شده در این معادلات به ازای افزایش یک واحد تنش خشکی درصد جوانه‌زنی ۰/۱۲ واحد کاهش ومتوسط زمان جوانه‌زنی ۰/۰۸ واحد افزایش یافت (جدول ۲). همچنین با توجه به پارامترهای تخمین شده مشاهده شده، پارامتر a برای متوسط زمان جوانه‌زنی ۰/۲۴ می‌باشد (جدول ۲).

شکل‌های مربوط به تغییرات شاخص‌های جوانه‌زنی در اثر مصرف سالیسیلیک اسید نیز نشان داد که، درصد جوانه‌زنی در اثر مصرف سالیسیلیک اسید به صورت معادله پیک بود. این در حالی بود که تغییرات متوسط زمان جوانه‌زنی به صورت سیگموئیدی تنظیم گردید (شکل ۲). بالاترین مقدار درصد جوانه‌زنی ۹۵/۳۸ درصد که در غلظت ۲/۱۳ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بدست آمد، این در حالی بود که بالاترین متوسط زمان جوانه‌زنی با میانگین ۳/۷۳ روز بود که این مقادیر با شیب تغییرات ۰/۰۲ در غلظت ۲/۰۳ میلی‌مولار به ۵۰ درصد مقدار خود رسیدند (جدول ۳).

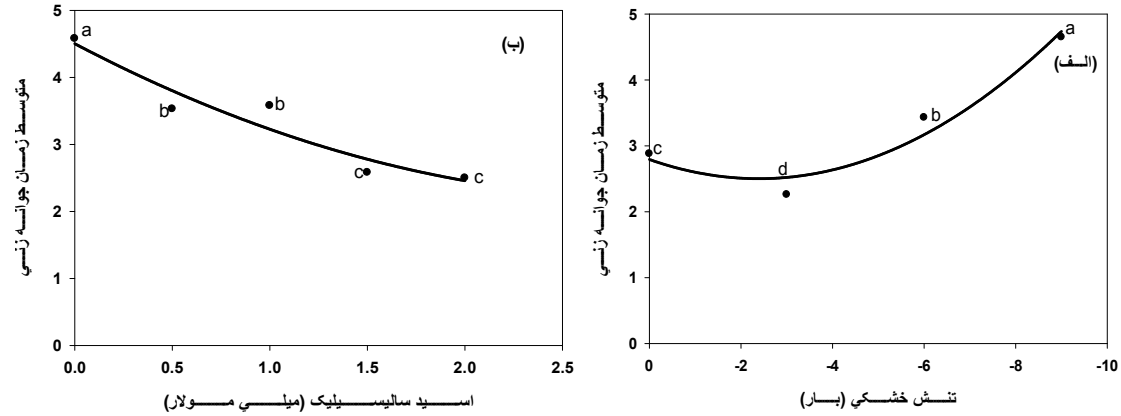
جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی و ذخایر بذر گندم تحت تأثیر تنش خشکی و سالیسیلیک اسید.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصد جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی	میزان ذخایر	کارایی ذخایر	کسر ذخایر
تنش خشکی	۳	۱۰۱/۲۴*	۸/۸۶**	۸۲۷/۱۷۵**	۰/۰۷**	۱/۴۰**
سالیسیلیک اسید	۴	۵۰۴/۴۰**	۲/۵۲**	۲۲/۴۳*	۰/۰۱^{ns}	۰/۱۶^{ns}
اثر متقابل	۱۲	۱۲/۱۳^{ns}	۰/۲۸^{ns}	۱۷/۱۸*	۰/۰۱^{ns}	۰/۲۰^{ns}
خطای آزمایشی	۴۰	۲۶/۶۶	۰/۴۲	۸/۴۰	۰/۰۱	۰/۲۱
ضریب تغییرات(درصد)	–	۵/۶۲	۱۸/۳۸	۱۳/۷۵	۱۸/۹۳	۱۹/۶۳

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.



شکل ۱: نمودار رگرسیونی اثر اصلی سطوح تنش خشکی (الف) و سطوح سالیسیلیک اسید (ب) بر درصد جوانه‌زنی گندم.



شکل ۲: نمودار رگرسیونی اثر اصلی سطوح تنش خشکی (الف) و سطوح سالیسیلیک اسید(ب) بر متوسط زمان جوانه‌زنی گندم.

جدول ۲: رگرسیون خطی اثر اصلی سطوح تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی گندم.

صفت	معادله	پارامترهای تخمین شده					
		a	b	x_0 or y_0	R^2	R_{Adj}	RMSR
درصد جوانه‌زنی	$f = y_0+b*x$	–	۰/۱۲±۰/۶۴	۰/۶۷±۹۴/۷۲	۰/۹۳	۰/۹۰	۰/۸۰
متوسط زمان جوانه‌زنی	$f=y_0+a*x+b*x^2$	۰/۲۴±۰/۲۰	۰۵۰±۰/۰۲	۲/۷۹±۰/۳۷	۰/۹۵	۰/۸۵	۰/۳۸
کارایی ذخایر	$f=a*exp(-.5*((x-x_0)/b)^2)$	۰/۶۰±۰/۰۴	۶/۴۰±۱/۴۴	-۴/۵۷±۰/۶۴	۰/۸۳	۰/۵۰	۰/۰۵
کسر ذخایر	$f=y_0+a*x+b*x^2$	۰/۲۳±۰/۰۸	۰/۰۲±۰/۰۰	۲/۱۶±۰/۱۵	۰/۹۰	۰/۷۲	۰/۱۵

a= بیشترین مقدار صفات اندازه‌گیری شده b= شیب تغییرات x_0= بالاترین مقدار پتانسیل.y_0= عرض از مبدا.

جدول ۳: رگرسیونی اثر اصلی سطوح سالیسیلیک اسید بر شاخص‌های جوانه‌زنی گندم.

صفت	معادله	پارامترهای تخمین شده					
		a	b	x_0	R^2	R_{Adj}	RMSR
درصد جوانه‌زنی	$f=a*exp(-.5*((x-x_0)/b)^2)$	۹۵/۳۸±۰/۹۵	۸/۹۶±۶/۴۹	۲/۱۳±۱/۶۹	۰/۷۸	۰/۵۷	۰/۷۹
متوسط زمان جوانه‌زنی	$f= a/(1+exp(-(x-x_0)/b))$	۳/۷۲±۰/۱۹	−۰/۰۲±۰/۰۱	۲/۰۳±۰/۰۰	۰/۶۵	۰/۳۰	۰/۳۸

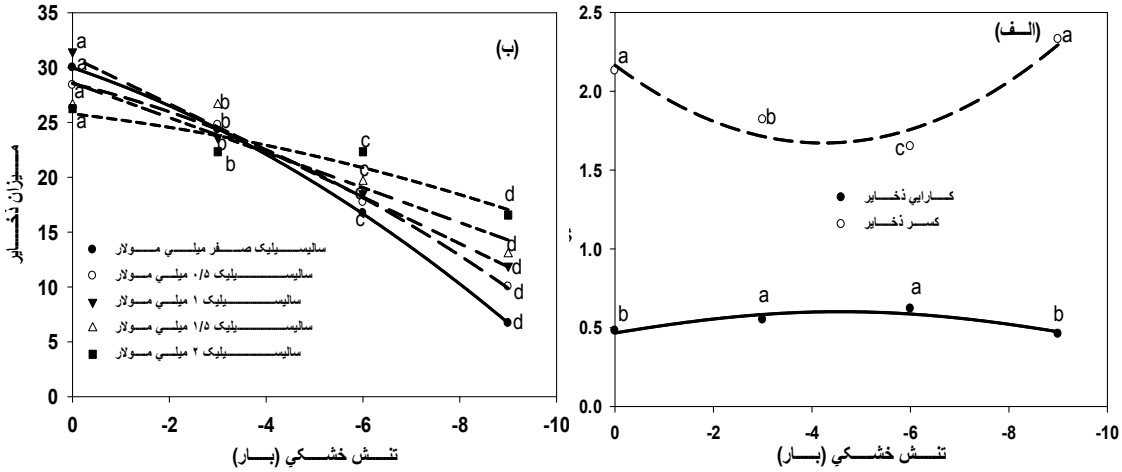
a= بیشترین مقدار صفات اندازه‌گیری شده b= شیب تغییرات x_0 = بالاترین مقدار پتانسیل.

تنش آب از مهم‌ترین عوامل ناتوانی بذور برای جوانه‌زنی بوده که با کاهش یا تأخیر در استقرار گیاه، عملکرد آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد و این موضوع ازنظر مدیریت زراعی از اهمیت خاصی برخودار است. کاهش پتانسیل اسمزی و ماتریک، باعث کاهش دسترسی بذر به آب می‌گردد؛ بنابراین، تأثیر مستقیمی بر سرعت جذب آب و جوانه‌زنی بذر می‌گذارد (Rahimiyan-Mashhadi *et al*., 1991). مطالعات مختلفی به تأثیر تنش خشکی بر جوانه‌زنی و استقرار بذور گندم تحت تأثیر تنش خشکی اشاره کرده‌اند. در بررسی اثر تنش خشکی بر روی سه گیاه ذرت، جو و کلزا مشخص شد که با افزایش شدت خشکی، کلیه مؤلفه‌های جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Gharoobi *et al*., 2012). در آزمایش دیگر با افزایش سطوح شوری و خشکی در عدس درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (Ul-Haq *et al*., 2010). همچنین در آزماشی بر روی گیاهچه‌های نخود نشان داد که تنش اسمزی ناشی از پلی اتیلن گلایکول بر روی توده‌های بذر مختلف منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی بذر شد؛ اما میانگین سرعت جوانه‌زنی روزانه، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زده افزایش یافت (dianat *et al*., 2017). در گزارشی که در مورد گیاه گندم و جو تحت تیمار سالیسیلیک اسید و شوری آمده است، درصد جوانه‌زنی افزایش یافته و این نشانه نقش سالیسیلیک اسید در بهبود شرایط تنش در گیاهان است (Hanan and Deef, 2007). محققان گزارش کردند پرایمینگ باعث افزایش درصد جوانه‌زنی در گیاه ماریتیغال شد (Parmoon *et al*., 2015).

اثر اصلی تنش خشکی در سطح یک درصد بر میزان ذخایر، کارایی ذخایر و کسر ذخایر گندم معنی‌ار بود، این در حالی بود که تأثیر سالیسیلیک اسید تنها بر میزان ذخایر در سطح پنج درصد و برهم کنش تنش در سالیسیلیک اسید تنها بر میزان استفاده از ذخایر معنی‌دار شد (جدول ۴). روند تغییرات کارایی ذخایر به صورت پیک و کسر ذخایر به صورت درجه دوم بود (شکل ۵). شیب تغییرات کارایی ذخایر ۱/۴۴ بوده که موجب شد کارایی ذخایر در ۴/۵۷− به بالاترین مقدار خود برسد. این در حالی است که شیب تغییرات کسر ذخایر ۰/۰۲ بود (جدول ۵). برهم کنش تنش در سالیسیلیک اسید نیز نشان داد، در تمام سطوح سالیسیلیک اسید به جز غلظت ۱/۵ میلی‌مولار، روند تغییرات میزان ذخایر به صورت درجه دوم بود. این در حالی بود که تغییرات غلظت ۱/۵ میلی‌مولار به صورت خطی مشاهده شد (جدول ۶).

گزارش‌ها حاکی از آن است که، در ارقام مختلف عدس با افزایش تنش خشکی مقدار ذخایر بذری پویا شده، درصد تخلیه ذخایر بذری و وزن خشک گیاهچه به‌طور خطی کاهش یافت که کاهش در این پارامترها سبب کاهش وزن خشک گیاهچه خواهد شد (Rassam and Dadkhah, 2013). در یافته‌های صدقی و همکاران (۲۰۱۰) نیز شوری موجب کاهش میزان استفاده از ذخایر بذر و افزایش کارایی و کسر ذخایر بذر شد. کاهش مقدار استفاده از ذخایر بذر و کاهش کسر انتقال یافته ذخایر بذر به گیاهچه در شرایط شوری می‌تواند به دلیل کاهش فعالیت هورمون جیبرلین و کاهش سنتز آنزیم‌های هیدرولیز کننده آلفا و بتا آمیلاز در فرآیند جوانه‌زنی باشد که درنتیجه کاهش قدرت بذر را به

همراه دارد (McDonald, 1999). کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش باعث کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و درنتیجه اختلال تحرک ذخایر بذر می‌شود (Kafi *et al*., 2009). کاهش فعالیت آمیلاز در بذور گیاهان تحت تنش به کاهش تشکیل گلوکز از نشاسته منجر شده است که حاصل آن کاهش سنتز ساکارز شده که این امر موجب کاهش کارایی ذخایر بذر می‌شود (Mehrabi *et al*., 2007). در آزمایشی که بر ماریتیغال و شکرتیغال انجام گرفت نتایج نشان داد که تنش کارایی استفاده از ذخایر را کاهش داد و بیشترین کارایی استفاده از ذخایر در شرایط شاهد حاصل شد (Parmoon *et al*., 2015).



شکل ۳: نمودار رگرسیونی اثر اصلی سطوح تنش خشکی بر ذخایر بذر (الف) و اثرات متقابل تنش خشکی و سالیسیلیک اسید بر میزان ذخایر بذر (میلی‌گرم بر گرم بذر) گندم

جدول ٤: رگرسیونی اثرات متقابل تنش خشکی و سطوح سالیسیلیک اسید بر ذخایر بذر گندم.

صفت	سالیسیلیک اسید (mM)	معادله	پارامترهای تخمین شده					
			a	b	x_0 or y_0	R^2	R_{Adj}	RMS R
میزان ذخایر	۰	$f=y_0+a*x+b*x^2$	۱/۴۸±۰/۰۴	-۰/۱۲±۰/۰۰	۲۹/۹۷±۰/۰۸	۱/۰۰	۰/۹۹	۰/۰۹
	۰/۵	$f=y_0+a*x+b*x^2$	۱/۰۵±۰/۳۱	-۰/۱۱±۰/۰۳	۰/۵۹±۲۸/۵۳	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۶۰
	۱	$f=y_0+a*x+b*x^2$	۲/۴۳±۰/۴۹	۰/۰۳±۰/۰۵	۳۱/۲۴±۰/۹۲	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۴
	۱/۵	$f = y_0+b*x$	-	۱/۵۹±۰/۳۸	۲۸/۶۲±۱۸/۲	۰/۸۹	۰/۸۴	۲/۶۱
	۲	$f=y_0+a*x+b*x^2$	۰/۵۱±۱/۱۳	-۰/۰۵±۰/۱۲	۲۵/۷۷±۲/۱۱	۰/۹۰	۰/۷۰	۲/۱۶

a= بیشترین مقدار صفات اندازه‌گیری شده b= شیب تغییرات y_0= عرض از مبدا.

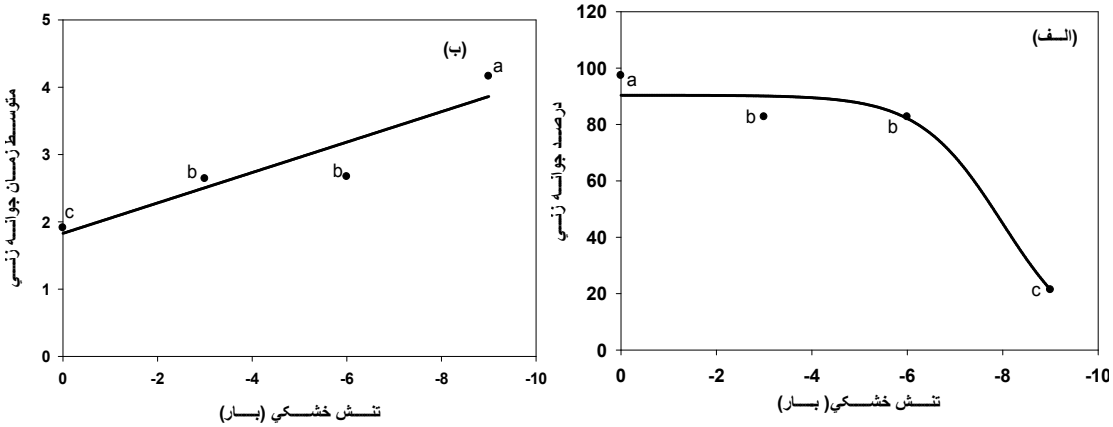
شاخص‌های جوانه‌زنی و ذخایر بذر چاودار وحشی: نتایج تجزیه واریانس مربوط به شاخص‌های جوانه‌زنی علف هرز چاودار در اثر تنش خشکی نشان داد، درصد جوانه‌زنی در سطح یک درصد تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند، ولی متوسط زمان جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش قرار نگرفت (جدول ۵). روند تغییرات درصد جوانه‌زنی به صورت سیگموئیدی و تغییرات متوسط زمان جوانه‌زنی به صورت خطی بود. بالاترین درصد جوانه‌زنی با میانگین ۹۰/۳۸ مشاهده شد که با شیب تغییرات ۰/۸۹ و در پتانسیل ۷/۹۸- بار به ۵۰ درصد مقادیر خود رسید. همچنین مشاهده شد شیب تغییرات متوسط زمان جوانه‌زنی برابر با ۰/۲۲- بود (جدول ۶). نتایج آزمایشی بر علف هرز سلمه تره نشان داد، سرعت و درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری که در پتانسیل ۱۵- بار خشکی سرعت و درصد

جوانه‌زنی به‌ترتیب به میزان ۹۳/۴ و ۴۸/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت و سرعت جوانه‌زنی در مقایسه با درصد جوانه‌زنی بیشتر تحت تنش خشکی قرار گرفت (Baratie mahmoudi *et al*., 2010).

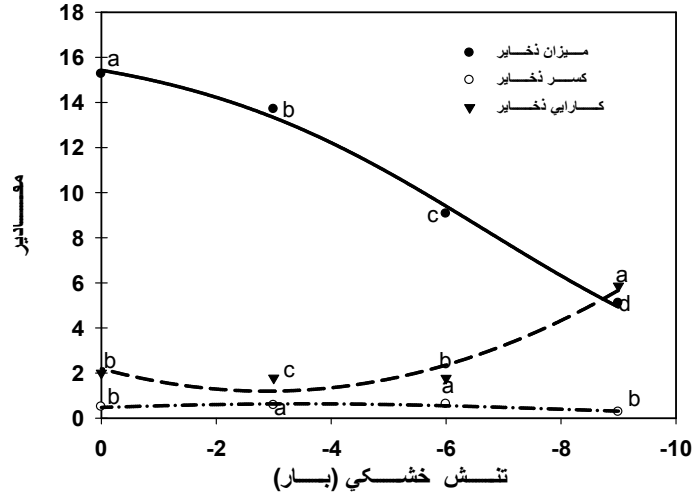
جدول ۵: نتایج تجزیه واریانس درصد، متوسط زمان جوانه‌زنی و ذخایر بذر چاودار وحشی تحت تأثیر تنش خشکی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصد جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی	میزان ذخایر	کارایی ذخایر	کسر ذخایر
تنش خشکی	۳	۳۴۳۲/۴۴**	۲/۶۷ns	۶۳/۸۵**	۰/۰۶۹ns	۱۲/۰۵ns
خطای آزمایشی	۸	۲۲۹/۳۳	۱/۳۳	۵/۲۵	۰/۰۳۱	۴/۳۷
ضریب تغییرات (درصد)	–	۲۱/۳۲	۴/۶۰	۲۱/۲۵	۱۵/۸۰	۱۳/۰۵

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.



شکل ٤: نمودار رگرسیونی درصد جوانه‌زنی (الف) و متوسط زمان جوانه‌زنی (ب) چاودار وحشی تحت تاثیر تنش خشکی.



شکل ۵: نمودار رگرسیونی اثر اصلی سطوح تنش خشکی بر ذخایر بذر چاودار وحشی.

جدول ٦: رگرسیونی اثرات اصلی سطوح تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر چاودار وحشی.

صفت	معادله	پارامترهای تخمین شده					
		a	b	x_0 or y_0	R^2	R_{Adj}	RMSR
درصد جوانه‌زنی	$f= a/(1+exp(-(x-x_0)/b))$	۹۰/۳۸±۷/۴۷	۰/۸۶±۰/۴۳	−۷/۹۸±۰/۶۳	۰/۹۶	۰/۹۰	۱۰/۱۹
متوسط‌زمان‌جوانه‌زنی	$f = y_0+b*x$	-	−۰/۲۲±۰/۰۶	۱/۸۲±۰/۳۶	۰/۸۵	۰/۷۸	۰/۴۳
میزان ذخایر	$f= a/(1+exp(-(x-x_0)/b))$	۱۶/۶۸±۱/۲۲	۲/۶۶±۰/۵۰	−۶/۶۷±۰/۵۴	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۵۵
کارایی ذخایر	$f=y_0+a*x+b*x^2$	۰/۶۹±۰/۴۵	۰/۱۱±۰/۰۴	۲/۱۹±۰/۸۴	۰/۹۳	۰/۸۱	۰/۸۶
کسر ذخایر	$f=a*exp(-.5*((x-x_0)/b)^2)$	۰/۶۳±۰/۰۸	۴/۵۸±۱/۲۵	−۳/۵۲±۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۵۳	۰/۱۰

a= بیشترین مقدار صفات اندازه‌گیری شده b= شیب تغییرات x_0= مقدار پتانسیل که به ۵۰ درصد صفت می رسیم، y_0= عرض از مبدا

کارایی ذخایر چاودار نیز همانند گندم تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند. در بین کارایی ذخایر تنها میزان استفاده از ذخایر تحت تأثیر تنش تغییرات معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). روند تغییرات میزان ذخایر به صورت سیگموئیدی بود به‌طوری که بالاترین میزان ذخایر با میانگین ۱۶/۶۸ و با شیب کاهش ۲/۶۶ مشاهده شد که در پتانسیل ۶/۶۷- بار به ۵۰ درصد مقدار خود رسید (جدول ۶).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد، جوانه‌زنی و کارایی ذخایر بذر گندم در مقایسه با چاودار وحشی بیشتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند و کاربرد سالیسیلیک اسید موجب بهبود جوانه‌زنی و کارایی ذخایر گندم شد. همچنین کاربرد سالیسیلیک اسید تنها توانست میزان استفاده از ذخایر را در شرایط تنش بهبود بخشد، ولی بر توان رقابتی گندم تحت تنش خشکی تأثیر چندانی نشان نداد.

References

Akram Ghaderi, F., Kamkar, B. and Soltani, A. 2008. Seed science and technology (translation). First Edition. Publications University of Mashhad. 564 pp. (In Persian).

Asadpour, S., Madani, H., Clarence Lab, K. and Mohammadi, AS. 2006. Effect of Drought Stress on Yield and Yield Components of Four Triticum Durum L. Varieties. New findings in agriculture, 1 (2) . 93-102. (In Persian).

Bagestani Meybodi, M., Akbari, Gh, Atri, A.S. and Mokhtari, M. 2003. Effect of rye weed competition on growth indices, yield and yield components of wheat. Research and Development in Agriculture and Horticulture, 61: 1-2. (In Persian).

Bayat, P., Ghobadi, M., Iqbal Ghobadi, M. and Mohammadi, Gh. 2017. Evaluation of osmotic stress test ability for predicting the emergence and establishment of chickpea seedlings (*Cicer arietinum* L.) in the field. Environmental stresses in crop science. 10 (1). 79-89. (In Persian).

Dianat, M., Rahimian Mashhadi, H., Baghestani M., Alizadeh, H. and zand, A. 2006. Study of Important Traits in Wheat Competitive Power (*Triticum aestivum* L.) against Rice (*Secale cereale*). Research and Development in Agriculture and Horticulture. 71: 58-66. (In Persian).

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of aging and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9: 373-409.

Fischr, R.A. and Wood, J.T. 2008. Drought resistance in spring wheat cultivar, yield associations with morfo-phisiological traits. Journal Agricultuer. 30: 1001- 1020.

Gharoobi, B., Ghorbani, M. and Ghasemi Nezhad, M. 2012. Effects of different levels of osmotic potential on germination percentage and germination rate of barley, corn and canola. Iranian Journal of Plant Physiology. 2 (2), 413-417. [In Persian with English Summary].

Ghiyasi, M., Pouryousef Miyandoab, M. and Tajbakhsh, M. 2008. Influence of osmopriming treatment on emerengency and yield of maize (*Zea mays* L.). Research Journal Biology Science.

3(12): 1452-1455.

Hanan, E. and Deef, A. 2007. Influence of salicylic acid on stress Tolerance during seed germination of Triticum aestivum and Hordeum vulgare .Advances in Biological Research. 1(2) :40-48.

Heydari, M., Masri, F. and Keika, Z. 2009. Effect of salinity stress on nucleic acid metabolism, antioxidant enzymes activity, chlorophyll fluorescence and osmotic regulation of five canola cultivars, Iranian Journal of Crop Research, Zabol University of Technology Biotechnology. 141 pp. (In Persian).

Huang, J. and Redman, R.E. 1995. Salt tolerance of Hordeum and Brassica species during germination and early seedling growth. Can. Journal of Plant Science. 75: 815-819.

ISTA, 2008. Handbook for seedling evaluation (3rded). International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland, 223 p.

Kafi, M. and Rustami, M. 2009. Effect of drought stress on yield, yield components and oil percentage of safflower cultivars under saltwater irrigation conditions. Iranian Journal of Agricultural Research, 5 (1): 132-112. (In Persian).

Makaryan, H., Banaian. M. Rahimian Mashhadi, H. and Isadhi Darbandi, A. 2003. Effect of sowing date and corn density on competitive power of corn and corn. Iranian Journal of Agricultural Research. 1 (2): 271-279. (In Persian).

McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration. Physiology, repair and assessment. Seed Science Technology. 27:177-237.

Mehrabi Olaadi, A.S., Yazdi Samadi, B., Naghavi, M.R., Omidi, M. and Tavakol Afshari, R. 2007. Effect of Abesic acid and Chitin on seed germination and growth of wheat seedlings under salinity stress. journal of research and construction. 20 (4): 83-93. (In Persian).

Moosavi, A., Tavakkol Afshari, R., Sharif-Zadeh, F. and Aynehband, A. 2009. Effect of seed priming on germination characteristics, polyphenol oxidase and peroxidase activities of four amaranth cultivars. Journal Food Agricultural and Environtal. 7(3-4): 353 – 358.

Nam, N., Chauhan, H. and Johansen, C. 2001. Effect of timing of drought stress on growth and grin yield of extera- short- duration pigeonpea lines. Journal of Agricultural Science. 136:179-189.

Parmoon, GH., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S. and Moosavi, S.A. 2015. Effects of Seed Priming on Catalase Activity and Storage Reservoirs of Aged Milk Thistle Seeds (*Silybum marianum* (L.) Gaertn). Journal of Agricultural Sciences. 362-372

Parmoon, GH., Ebadi, E. and Asadi Akbaglaghi, M. 2015. Effect of salinity stress on some germination and seedling growth of *Silybum marianum* and *Echinops candidus*. Iranian Journal of Seed Science and Technology. 4 (1): 39-52. (In Persian).

Rafique, N., H. Raza, M. Qasim, and Iqbal, N. 2011. Pre-sowing application of ascorbic acid and salicylic acid to seed of pumpkin and seedling response to salt. Pak. J. Bot., 43: 2677-2682.

Rahimian, H. and Shariati, Sh. 1999. Modeling crop-weed interactions (Translated). Agricultural Teaching Publishers. pp. 294.

Rahimiyan-Mashhadi, H., Bagheri, A. and Paryab, A. 1991. ffects of PEG and NaCl induced water potential at different temperatures on germination and seedling vigour of several wheat (*triticum* spp.) populations. (In Persian).

Rassam, G. and Dadkhah, A. 2013. The Effect of Drought Stress on germination and heterotrophic seedling growth characteristics of Lentil (*Lens culinaris* Medik). Journal of Agronomy Sciences. 6(9): 13-24. (In Persian).

Rastgo, M., Ghanbari, A., Banaian avval, M. and Rahimian, H. 2005. Effects of the amount and timing of nitrogen application and wild mustard weed density on seed production in wheat. Iranian Journal Field Crop Science. 3 (1): 45-56. (In Persian).

Roberts, J.R., Peeper, T.F. and Solie, J.B. 2001. Wheat (*Triticum aestivum*) row spacing, seeding rate, and cultivar affect interference from rye (*Secale cereale*). Weed Technology, 15:19-25.

Saadatyan B., Ahmadvand G. and Soleimani, F. 2011. Evaluation of growth indices and yield of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) in competition with Rye weed (*Secale cereale* L.) and wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). Journal of Agricultural Ecology. 3 (4): 467-454. (In Persian).

Sedghi, M., Nemati, A. and Esmaielpour, B. 2010. Effect of seed priming on germination and seedling growth of two medical plants under salinity. Emir. J. Food Agric. 22: 130-139.

Sedghi, M., Nemati, A., Amanpour-Balaneji, B. and Gholipouri, A.G. 2010. Influence of different priming materials on germination and seedling establishment of Milk Thistle (*Silybum marianum*) under Salinity Stress .World Applied Science Journal 11: 604-609.

Senaratna, T., Touchel, D., Bumm, E. and Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid (Asprin) and salicylic acid induces multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation. 30:157-

161.

Shah, F.S., Watson, C.E. and Cabera, E.R. 2002. Seed vigor testing of subtropical corn hybrids. Research Report. 23 (2): 56-68.

Soltani E., Ghaderi, A. and Memar, H. 2008. The effect of priming on germination components and seeding growth of cotton seeds under drought. Journal Agricultural Science Natural Research. 14(5): 9-16.

Soltani, A., Galeshi, S. Zainali, E. and Latifi, N. 2001. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Science Technology. 30: 51-60.

Stump, W.L. and Westra, P. 2000. The seedbank dynamics of feral rye (*Secale cereale*). Weed Technology, 14: 7-14.

Taylor, A.G. and Harman, G.E. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. Annu. Rev. Phytopathol. 28: 321–339.

Torabi, H., Bazobandi, M. and Baghani, J. 2011. Interaction effects on yield and quality of melon weeds with multiple competing species in its natural covering. Iranian Journal Field Crop Science. 9 (3): 387-379.

Ul-Haq, A., Vamil, R. and Agnihotri, R.K. 2010. Effect of osmotic stress (PEG) on germination and seedling survival of lentil (*Lens culinaris* MEDIK.). Research Journal of Agricultural Sciences. 1(3), 201-204.

Valdes, V.M. and Bradford, K.J. 1987. Effects of seed coating and osmotic priming on the germination of lettuce seeds. J. Amer Soc Hort Sci. 112:153-156.

Van Acker, R.C., Weise, S.F. and Swanton, C.J. 1993. Influence of interference from a mixed weed species stand on soybean (*Glycine max* L.) growth. Journal Plant Science. 73 1293-1304.

Wenzm, J. 2000. Wheat production guide. Weed management and control. www.weedscience .com.

White, A.D., Lyon, D.J., Mallory-Smith, C., Medlin, C.R. and Yenish, J.P. 2006. Feral Rye (*Secale cereale*) in Agricultural Production Systems. Weed Technology, 20: 815-823.

Zaki, R.N. and Radwan, T.E. 2011. Improving wheat grain yield and its quality under salinity conditions at a newly reclaimed soil by using different organic sources as soil or foliar applications. Journal of Applied Sciences Research. 7: 42-55.

Zamani, M.J. 2006. Selection of mutant genotypes of wheat containing high molecular weight glutenin alleles associated with the quality of the bakery through the polymerase chain reaction. Master's thesis of Plant Breeding, Islamic Azad University, Karaj Branch, 130 pp. (In Persian).