نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد نهم، شماره دوم، تابستان ۹۵
۱-۱۸
http://ejcp.gau.ac.ir

تأثیر زوال بذر بر واکنش‌های رشدی گندم تحت تنش غرقابی

*فاطمه خیرآبادی[۱]، افشین سلطانی[۲]، سراله گالشی[۲]، الیاس سلطانی[۳] و علیرضا نه‌بندانی[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]استادیار گروه زراعت، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، [۴]دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۵/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۲/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: زوال بذر و تنش غرقابی از عواملی هستند که منجر به کاهش رشد رویشی می‌شوند. کاهش رشد رویشی می‌تواند به‌علت کاهش سرعت و درصد سبز شدن باشد که منجر به کاهش تراکم جامعه گیاهی شده و باعث عدم دستیابی به تراکم مطلوب به‌ویژه در شرایط نامساعد مزرعه شده در نتیجه عملکرد کاهش می‌یابد. از طرفی زوال بذر ممکن است روی رشد تک بوته تأثیرگذار باشد که رشد گیاه را می‌توان با استفاده از مؤلفه‌های آنالیز رشد به‌صورت کمی توصیف کرد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی مکانیسم‌هایی که منجر به این کاهش رشد می‌شوند و بررسی اثر متقابل این دو عامل، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (۳ تیمار کیفیت بذر به‌صورت ۰، ۷۲ و ۱٤٤ ساعت پیری تسریع شده و ٤ تیمار غرقابی شامل ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز غرقاب) در ٤ تکرار انجام شد. در این تحقیق بذرهای گندم (رقم دریا) ابتدا در آزمایشگاه برای ایجاد تیمارهای مختلف کیفیت بذر، با روش تسریع پیری فرسوده شدند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از بررسی‌های آزمایشگاه نشان داد که زوال بذر منجربه کاهش سرعت، درصد جوانه‌زنی و کاهش رشد رویشی گیاهچه‌های حاصل می‌شود. همچنین در گلخانه، گیاهان طی دو مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد (قبل از اعمال تنش غرقابی) و مرحله به خوشه رفتن تیمار شاهد (پس از اعمال تنش غرقابی) برداشت شدند. در مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد، با افزایش زوال بذر تعداد بوته کاهش یافت. در مرحله خوشه رفتن

*مسئول مکاتبه: fateme.kheirabadi84@gmail.com

تیمار شاهد بین سطوح مختلف زوال بذر، تعداد بوته و تعداد پنجه تحت تأثیر تیمار زوال بذر قرار گرفتند و با افزایش زوال بذر، تعداد بوته کاهش یافت، ولی تعداد پنجه در بذور فرسوده‌تر افزایش یافت. در مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد (قبل از اعمال تنش غرقابی) که پوشش زمین توسط گیاهچه‌ها کامل نشده است، سطح برگ و وزن خشک وابسته به تراکم بوده و با کاهش تراکم در اثر زوال بذر، کاهش یافتند، ولی اعمال تنش غرقابی تنها سطح برگ در گلدان را کاهش داد. در مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد با افزایش زوال بذر سرعت رشد نسبی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ولی در مرحله خوشه‌رفتن تیمار شاهد با افزایش زوال بذر سرعت رشد نسبی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. یکی از دلایل افزایش RGR در گیاهان حاصل از بذور زوال یافته می‌تواند به‌علت، جبران کاهش سرعت بسته شدن کانوپی ناشی از تراکم پایین بوته‌ها در این گیاهان باشد. پس از اعمال تنش غرقابی سرعت رشد نسبی، سرعت جذب خالص، نسبت سطح برگ و نسبت وزن برگ برای تیمار زوال بذر معنی‌دار شدند، ولی برای تیمار تنش غرقابی و اثر متقابل زوال بذر و تنش غرقابی غیرمعنی‌دار شدند.

نتیجه‌گیری: تیمارهای زوال بذر، تنش غرقابی و اثرمتقابل آن‌ها بر واکنش‌های رشدی فوق در گندم، تأثیرگذار بودند.

واژه‌های کلیدی: گندم، زوال بذر، تنش غرقابی، رشد رویشی و مؤلفه‌های آنالیز رشد

مقدمه

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی دنیا است. سطح زیر کشت گندم در جهان و ایران به‌ترتیب ۲۱۶۹۷٤٦۸۳ و ۷۰۳۵۰۲۰ هکتار می‌باشد (٦). این گیاه در اوایل تابستان برداشت می‌شود و برای کشت در فصل بعدی حداقل به چند ماه انبارداری نیاز دارد. همچنین کشاورزان معمولاً بذرها را از یک فصل رشد برای فصل رشد بعدی (انبار داری کوتاه‌مدت از ۳ تا ۱۸ ماه) نگهداری می‌کنند. جوانه‌زنی و قدرت بذر در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی در اغلب محصولات در حداکثر مقدار خود است (۳). ولی، در انبار با سرعتی متناسب با دما و رطوبت کاهش می‌یابد (۱۷). دما و رطوبت انبار به‌همراه صدمات مکانیکی در زمان برداشت و جابجایی، موجب زوال و در نتیجه کاهش قدرت بذر می‌شوند (۸). که این می‌تواند بر جوانه‌زنی و واکنش رشد گیاهچه تأثیرگذار باشد (۲۱؛ ۵). همچنین مطالعات نشان داده است که قدرت اولیه بذر در بسته شدن سریع‌تر کانوپی نقش مهمی دارد که می‌تواند در عملکرد نهایی هم مؤثر باشد (۲٦). همواره تنش‌های محیطی یکی از مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد و تولید گیاهان زراعی به‌شمار می‌رود و مقابله و یا کاهش اثرات تنش‌ها به‌عنوان یک راهکار مفید در جهت افزایش عملکرد این محصول مدنظر بوده است. غرقابی خاک یکی از تنش‌های محیطی است که به‌عنوان یک مشکل عمده در مناطق با بارندگی زیاد، به‌خصوص مناطق شمالی کشور و خاک‌های با زهکشی ضعیف بروز نموده است. ارزیابی‌های موجود نشان می‌دهد که حدود ۱۲ درصد از اراضی قابل کشت در دنیا با این مشکل مواجه هستند و این رقم برای ایران معادل یک میلیون هکتار از اراضی زیر کشت می‌باشد. وقوع باران‌های شدید، آبیاری زیاد، نفوذپذیری کم، وجود لایه‌های رسی غیرقابل نفوذ در خاک و عدم وجود زهکش مناسب در خاک‌های زراعی باعث می‌شود که آب بیشتر از حد ظرفیت زراعی در خاک تجمع یابد و در نتیجه سطح آب در منطقه ریشه بالا آمده و باعث بروز غرقابی می‌شود (۱۱). در شرایط غرقابی تمامی منافذ خاک از آب پر شده و اکسیژن قابل دسترس به حداقل می‌رسد (٤). در استان گلستان با توجه به تغییرات میزان بارندگی در هر سال، آب‌ماندگی سطحی بین ۱۵-۱۰ درصد از کل اراضی گندمکاری استان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۳). تنش غرقابی موجب کاهش سرعت فتوسنتز، تولید ماده خشک در بافت‌های گیاهی و توسعه ریشه می‌شود (۷). از اولین نشانه‌های زوال بذر، کاهش قدرت است. که با کاهش سرعت جوانه‌زنی و تولید گیاهچه‌های ضعیف همراه است (۲۱). رشد رویشی زودتر تحت تأثیر زوال بذر قرار می‌گیرد (۱). رقابت در گیاهان یکساله، اغلب با توجه به سرعت جوانه‌زنی و استقرار زودتر افزایش

می‌یابد. تأخیر در جوانه‌زنی باعث کاهش در رشد و تولید بیوماس نهایی شده، در نتیجه توان رقابت کاهش می‌یابد. زمانی‌که قدرت بذر کاهش می‌یابد، همزمان کیفیت بذر، سرعت جوانه‌زنی، تحمل نسبت به شرایط غیرمطلوب و سبز شدن در مزرعه کاهش می‌یابد (۲۰).

زوال بذر بر دو مرحله رشد هتروتروفی و اتوتروفی گیاهچه تأثیرگذار است. کاهش رشد هتروتروفی در بذرهای زوال‌یافته، به‌دلیل کاهش فعالیت برخی آنزیم‌ها، کاهش فعالیت میتوکندری و کمبود انرژی اتفاق می‌افتد (۲۱؛ ۸)، که باعث ایجاد گیاهچه‌هایی ضعیف با ریشه‌چه‌های از رشدمانده می‌شود (۲۱). بنابراین مقاومت به تنش‌های محیطی در این دوران کاهش می‌یابد (۲۳؛ ۲۰).

رشد گیاهچه‌های حاصل از بذور زوال‌یافته، در مرحله اتوتروفی ممکن است به‌صورت، مستقیم یا غیرمستقیم نیز محدود شود (۲۲). اثرات غیرمستقیم زوال بذر بر گیاهان، حاصل کاهش سرعت و درصد سبز شدن است. کاهش درصد سبزشدن منجر به کاهش استقرار نهایی در واحد سطح شده و عدم دستیابی به تراکم مطلوب، به‌ویژه در شرایط نامساعد مزرعه ممکن است باعث کاهش عملکرد شود (محمدی و همکاران، ۲۰۰۷)، (۲۲). غیر یکنواختی زمان سبزشدن ممکن است باعث همزمانی مراحل رشد با شرایط نامساعد محیط شده و منجر به استقرار گیاهان ضعیف‌تر شود. چنین گیاهانی شاخص سطح برگ کمتری نسبت به گیاهان حاصل از بذور سالم دارند و ممکن است به‌دلیل استفاده کمتر از نور و موادغذایی خاک، تولید ماده‌خشک کمتری نسبت به گیاهان نرمال داشته باشند. اثرات مستقیم زوال بذر روی رشد تک بوته را می‌توان با استفاده از مؤلفه‌های آنالیز رشد شامل؛ سرعت رشد نسبی، سرعت رشد گیاه، سرعت جذب خالص، نسبت سطح برگ، سطح ویژه برگ و نسبت وزن برگ به‌صورت کمی توصیف کرد (۱۵، ۱٦، ۲۲).

با بررسی تفاوت در هر یک از شاخص‌های فوق در گیاهان حاصل از بذور زوال‌یافته نسبت به بذور نرمال، می‌توان جزء مؤثر در این تفاوت رشد را به‌عنوان تأثیر مستقیم زوال بذر بر گیاه حاصل شناسایی کرد (۲۲). تا به‌حال مطالعات اندکی در خصوص اثرات متقابل زوال بذر و تنش‌های محیطی بر رشد گیاهان و بررسی اثر بین تنش‌ها بر سبز شدن و رشد گیاهان وجود دارد (۱٤؛ ۲۷). این‌که گیاهان حاصل از بذور زوال یافته در واکنش به غرقابی چگونه واکنش می‌دهند، موضوعی است که تاکنون در مورد آن مطالعه‌ای صورت نگرفته است. در این مطالعه واکنش‌های رشدی گیاهان حاصل از بذور زوال‌یافته با هدف بررسی ارتباط بین زوال بذر و تنش غرقابی روی رشد گیاه مورد مطالعه قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق بذرهای گندم (رقم دریا) ابتدا در آزمایشگاه برای ایجاد تیمارهای مختلف کیفیت بذر، با روش تسریع پیری فرسوده شدند، در این روش بذرها برای دوره‌های ۰، ۷۲ و ۱٤٤ ساعت در دمای ٤۱±۰/۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد قرار گرفتند. برای این کار بذرها روی یک توری سیمی از جنس آلومینیوم ریخته شدند و در ظرف‌های واکیوم که در کف آن به مقدار ٤۰ میلی‌لیتر آب ریخته شده بود قرار داده شدند و سپس ظرف‌ها در دمای موردنظر برای دوره‌های ذکر شده قرار گرفتند (برای هر تیمار از ظرف‌های جداگانه استفاده شد). در نهایت همه بذرها در یک زمان از انکوباتور خارج شدند (۹). کاشت در تاریخ ۲۵ دی ۱۳۹۰ در گلخانه دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های تصادفی (۳ تیمار کیفیت بذر به‌صورت ۰، ۷۲ و ۱٤٤ ساعت پیری تسریع شده و ٤ تیمار غرقابی شامل ۰ و ۵، ۱۰، ۱۵ روز غرقاب) در ٤ تکرار انجام شد و گیاهان طی دو مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد (٤٦ روز بعد از کاشت) و مرحله به خوشه‌رفتن تیمار شاهد (۸۹ روز بعد از کاشت) برداشت شدند. داده‌های حاصل در مرحله اول (قبل از اعمال تنش غرقابی) در قالب طرح بلوک‌های تصادفی و در مرحله دوم (بعد از اعمال تنش غرقابی) به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های تصادفی تجزیه شدند. خاک گلدان‌ها، از خاک مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (دارای بافت لومی، رسی، شنی) با شن ریز (که از الک ۱ میلی‌متری عبور داده شد) به نسبت ۳ به ۱ کاملاً به‌صورت یکنواخت مخلوط شدند (بافت خاک به شنی، لومی، رسی تغییر کرد)، تهیه شد. تعداد ۲۵ بذر از هر تیمار بذری زوال در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۷ سانتی‌متر کشت شدند.

به‌منظور اعمال تیمارهای غرقابی، بعد از پنجه‌زنی تیمار شاهد (٤٦ روز بعد از کاشت)، در زمان مشخص ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز غرقاب آغاز شد، و به مقدار مساوی و تا ارتفاع مشخصی از گلدان‌ها آب ریخته شد و در روز چندین بار این وضعیت کنترل می‌شد.

برای محاسبه درصد و سرعت سبزشدن بوته‌ها از برنامه Germin استفاده شد (۲۸). به‌منظور سنجش وزن خشک و سطح برگ در هر دو مرحله (٤٦ و ۸۹ روز پس از کاشت) اندازه‌گیری شدند. سطح برگ به‌وسیله دستگاه سنجش سطح برگ اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤۸ ساعت خشک شده و وزن خشک آن‌ها ثبت شد. از استوانه مدرج جهت اندازه‌گیری حجم ریشه‌ها استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری طول ریشه، از یک ظرف شیشه‌ای که زیر آن یک کاغذ شطرنجی با ابعاد مختلف قرار گرفت، استفاده شد (۲۵). مؤلفه‌های آنالیز رشد شامل؛

سرعت رشد نسبی، سرعت رشد گیاه، سرعت جذب خالص، نسبت سطح برگ، سطح ویژه برگ و نسبت وزن برگ با استفاده از روابط آن محاسبه شد (۱۵).

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار (SAS 9.1.3) و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد.

نتایج و بحث

سبز شدن: کاهش رشد رویشی می‌تواند به‌علت کاهش سرعت و درصد سبز شدن باشد که منجر به کاهش تراکم جامعه گیاهی شده و باعث عدم دستیابی به تراکم مطلوب به‌ویژه در شرایط نامساعد مزرعه شده در نتیجه عملکرد کاهش می‌یابد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر زوال بذر بر درصد و سرعت سبز شدن در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود ولی برای یکنواختی سبزشدن معنی‌دار نشد (جدول ۱). بنابراین با افزایش زوال بذر سرعت و درصد سبز شدن کاهش یافت (شکل ۱). که این نتیجه با نتایج ساها و سلطانا (۲۰۰۸) و خلیلی‌اقدم و همکاران (۲۰۱۱) در سویا مطابقت داشت، (۲٤؛ ۱٤). ساها و سلطانا (۲۰۰۸) دریافتند با افزایش زوال بذر در واریته‌های مختلف سویا درصد سبز شدن کاهش یافته است (۲٤). همچنین خلیلی‌اقدم و همکاران (۲۰۱۱) در سویا گزارش کردند که، درصد و سرعت سبز شدن با افزایش دوره زوال بذر به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (۱٤).

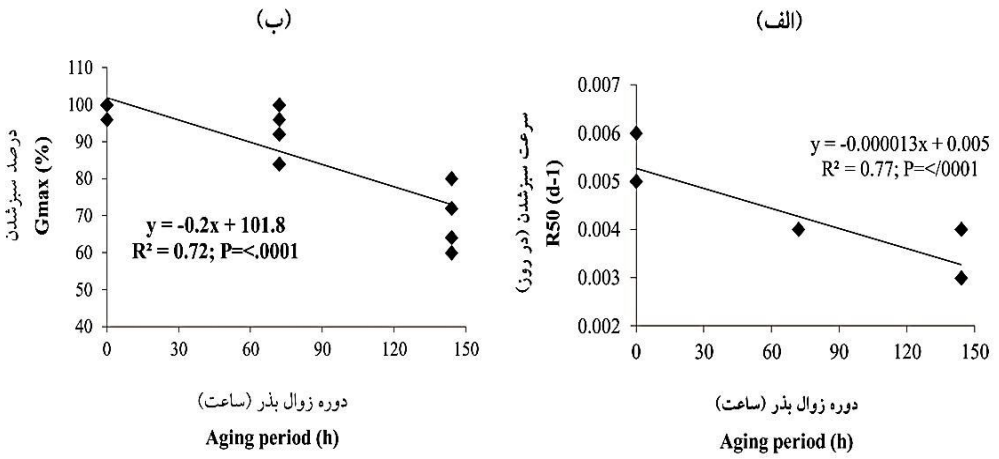
جدول ۱- مقادیر درجه آزادی و مجموع مربعات برای حداکثر سبز شدن (Gmax)، سرعت سبز شدن (در روز؛ R50) و یکنواختی سبز شدن (GU) گیاهچه‌ها در گلخانه.

Table 1. Results of analysis of variance (sum squares) for maximum, rate anduniformity of emergenceseedlings in the greenhouse.

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)		
SOV	d.f	Gmax	R50	GU
بلوک Block	4	70.40	0.00000093	49267.66431
زوال بذر seed deterioration	2	2434.13**	0.000۰1053**	806.29ns
خطا Error	8	371.2	0.00000147	90877.6742
R^2	-	0.87	0.88	0.35
CV	-	7.7	10.0	57.6

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار.

** Significant at 1% level, * significant at 5% and ns non-significant.



شکل ۱- روابط رگرسیونی ساده خطی بین (الف): سرعت سبز شدن (در روز) و (ب): درصد سبز شدن برای دوره‌های مختلف زوال بذر در گلخانه.

Figure 1. Regression analysis to examine the effect of aging period in greenhouse (A) germination rate (1/day) and (B) maximum germination (%).

تعداد بوته و پنجه: نتایج نشان داد که در مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد، تنها تعداد بوته تحت تأثیر تیمار زوال بذر قرار گرفت (جدول ۲) و با افزایش زوال بذر تعداد بوته کاهش یافت (شکل ۲- الف). همچنین در مرحله خوشه‌رفتن تیمار شاهد بین سطوح مختلف زوال بذر، تعداد بوته و تعداد پنجه تحت تأثیر تیمار زوال بذر قرار گرفتند (جدول ۳) و با افزایش زوال بذر، تعداد بوته کاهش یافت (شکل ۲- ب)، ولی تعداد پنجه در بذور فرسوده‌تر افزایش یافت (شکل ۲- ج). یعنی کاهش تراکم ناشی از زوال بذر با تعداد پنجه‌زنی بیشتر جبران شده است. که این نتایج در تضاد با نتایج ادیق‌بای‌آی و بوریس (۱۹۸۸) در ذرت بود که بیان کردند با کاهش قدرت بذر، تعداد پنجه کاهش می‌یابد (۱).

جدول ۲- مقادیر درجه آزادی، مجموع مربعات برای ارتفاع بوته، تعداد برگ ساقه اصلی، تعداد پنجه در بوته و تعداد بوته در مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد، برای سطوح مختلف زوال بذر.

Table 2. Results of analysis of variance (sum squares) the effect of aging period on Plant Height, Leaf Number, Number Tiller and Number Plant in tillering stage to the control treatment.

منابع تغییر SOV	درجه آزادی d.f	مجموع مربعات (SS)			
		ارتفاع بوته PH	تعداد برگ در ساقه اصلی LN	تعداد پنجه در بوته NT	تعداد بوته NP
بلوک Block	4	6.93680	0.1317	0.0283	6.266
زوال بذر seed deterioration	2	11.037^{ns}	0.00698^{ns}	0.۰0077^{ns}	129.73*
خطا Error	8	14.083	0.3536	0.187	34.93
R^2	-	0.56	0.28	0.13	0.79
CV	-	8.0	4.9	91.6	9.6

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار.

** Significant at 1% level, * significant at 5% and ^{ns} non-significant

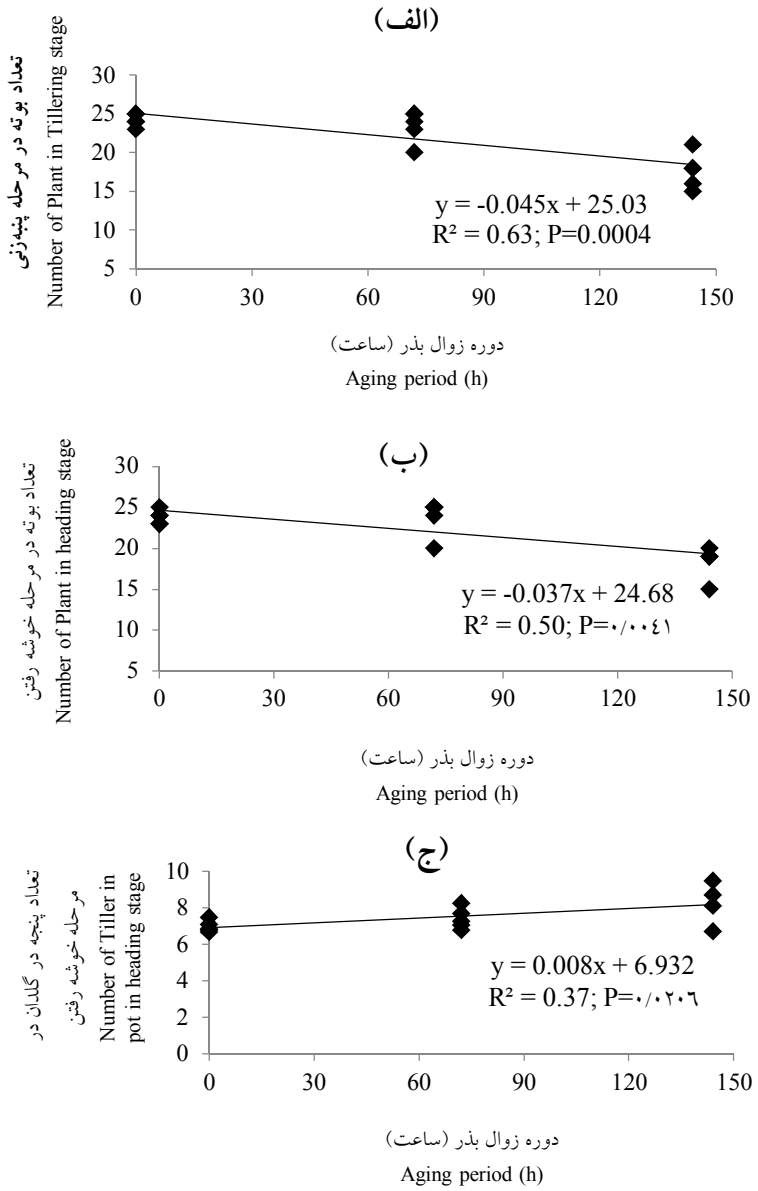
جدول ۳- مقادیر درجه آزادی، مجموع مربعات برای ارتفاع بوته، تعداد برگ ساقه اصلی، تعداد پنجه در بوته و تعداد بوته در مرحله خوشه رفتن تیمار شاهد، برای سطوح مختلف زوال بذر.

Table 3. Results of analysis of variance (sum squares) the effect of aging period on Plant Height, Leaf Number, Number Tiller and Number Plant in heading stage to the control treatment.

منابع تغییر SOV	درجه آزادی d.f	مجموع مربعات (SS)			
		ارتفاع بوته PH	تعداد برگ در ساقه اصلی LN	تعداد پنجه در بوته NT	تعداد بوته NP
بلوک Block	4	59.25	4.29	0.21	27.683
زوال بذر seed deterioration	2	23.36^{ns}	3.15*	1.286**	80.66**
خطا Error	7	54.03	1.58	0.443	8.66
R^2	-	0.61	0.83	0.79	0.93
CV	-	6.2	6.3	26.3	0.5

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار.

** Significant at 1% level, * significant at 5% and ^{ns} non-significant.



شکل ۲- روابط رگرسیونی ساده خطی بین (الف): تعداد بوته در مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد، (ب): تعداد بوته و (ج) تعداد پنجه در گلدان در مرحله خوشه رفتن تیمار شاهد با دوره‌های مختلف زوال بذر.

Figure 2. Regression analysis to examine the effect of aging period on (A) Number Plant in tillering stage to the control treatment, (B) Number Plant and (C) Number Tiller in pot for heading stage to the control treatment.

سطح برگ و وزن خشک: نتایج نشان داد که در مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد، سطح برگ و وزن خشک تحت تأثیر تیمار زوال بذر قرار گرفتند (جدول ٤)، زیرا در مراحل اولیه رشد (مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد) که پوشش زمین توسط گیاهچه‌ها کامل نشده است، سطح برگ و وزن خشک وابسته به تراکم بوده و با کاهش تراکم در اثر زوال بذر، کاهش یافتند (شکل ۳)، که این نتیجه در توافق با نتایج ادیق‌بای‌آی و بوریس (۱۹۸۸) در ذرت می‌باشد (۱).

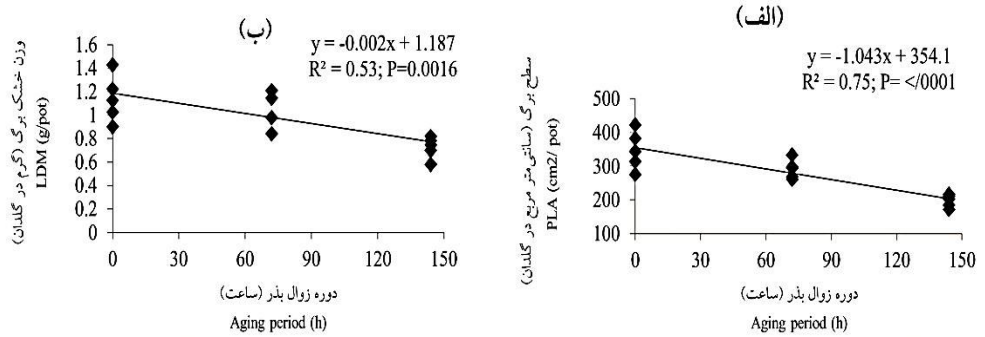
جدول ٤- مقادیر درجه آزادی و مجموع مربعات برای وزن خشک برگ و سطح برگ در مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد، برای سطوح مختلف زوال بذر.

Table 4. Results of analysis of variance (sum squares) the effect of aging period on leaf dry weight and Plant Leaf Area in tillering stage to the control treatment.

منابع تغییر SOV	درجه آزادی d.f	مجموع مربعات (SS)	
		وزن خشک برگ LDM	سطح برگ PLA
بلوک Block	4	0.06273	5583.80289
زوال بذر seed deterioration	2	0.46186*	57524.35**
خطا Error	8	0.2141	12003.41
R^2	-	0.71	0.84
CV	-	18.1	13.8

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار.

** Significant at 1% level, * significant at 5% and ^{ns} non-significant



شکل ۳- روابط رگرسیونی ساده خطی بین (الف): سطح برگ (سانتی‌متر مربع در گلدان) و (ب): وزن خشک برگ (گرم در گلدان) با دوره‌های مختلف زوال بذر، در مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد قبل از اعمال تنش غرقابی در گلخانه.

Figure 3. Regression analysis to examine the effect of aging period on (A) Plant Leaf Area (cm^2/ pot) and (B) leaf dry weight (g/pot) Plant in tillering stage to the control treatment (before waterlogging stress).

اما در ۸۹ روز پس از کاشت (مرحله خوشه رفتن تیمار شاهد)، به‌دلیل کامل شدن پوشش سطح زمین، سطح برگ و وزن خشک مستقل از تراکم بوده و تفاوت آن بین تیمارهای زوال بذر غیرمعنی‌دار شد. مارشال و لویس (۲۰۰٤) با مطالعه بر بذرها زوال یافته گراس‌های علوفه‌ای دریافتند، که برخی از تفاوت‌ها در ماده‌خشک در ابتدای فصل رشد مشاهده شد اما در انتهای برداشت معنی‌دار نشد (۱۹). عبدا... و روبرتس (۱۹٦۹، به نقل از محمدی و همکاران، ۲۰۰۷) با مطالعه جو، لوبیا و نخود گزارش دادند که تفاوت‌های رشدی اولیه بین گیاهان حاصل از بذرهای با کیفیت مختلف در حدود هفته ششم بعد از کاشت کمتر مشاهده شد (۲۲). پس از اعمال تنش غرقابی برای تیمارها با سطوح مختلف زوال بذر و غرقابی، تنها سطح برگ در سطح ۵ درصد تحت تأثیر غرقابی قرار گرفت ولی برای اثر متقابل زوال بذر و تنش غرقابی معنی‌دار نشد (جدول ۵).

مطالعات زیادی بروی تأثیر تنش غرقابی بر سطح برگ و رشد رویشی گیاه انجام شده از جمله، ایزاراکرایزیلا و همکاران (۲۰۰۷) در کلم پیچ و Caisin، مشاهده کردند که تنش غرقابی باعث کاهش شدیدی در سطح برگ می‌شود (۱۲).

جدول ۵- مقادیر درجه آزادی و مجموع مربعات برای وزن خشک برگ و سطح برگ پس از تنش غرقابی در گلخانه.

Table 5. Results of analysis of variance (sum squares) the effect of aging period on leaf dry weight and Plant Leaf Area after waterlogging stress.

منابع تغییر SOV	درجه آزادی d.f	مجموع مربعات (SS)	
		سطح برگ LDM	وزن خشک برگ PLA
بلوک Block	4	1.0188	162027.95
زوال بذر Seed deterioration	2	0.721 ns	103989.7 ns
غرقابی Waterlogging	3	3.545 ns	235247.35*
زوال بذر* غرقابی Seed deterioration*Waterlogging	6	4.502 ns	116319.6 ns
خطا Error	41	27.186	1120697.64
R^2	-	0.26	0.35
CV	-	20.7	25.8

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار.

** Significant at 1% level, * significant at 5% and ns non-significant

مؤلفه‌های آنالیز رشد: زوال بذر ممکن است روی رشد تک بوته تأثیرگذار باشد که رشد گیاه را می‌توان با استفاده از مؤلفه‌های آنالیز رشد به‌صورت کمی توصیف کرد. نتایج نشان داد که در مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد، سرعت رشد گیاه و سرعت رشد نسبی تحت تأثیر تیمار زوال بذر قرار گرفتند (جدول ٦) و سرعت رشد نسبی با افزایش زوال بذر کاهش یافت (شکل ٤- الف)، که این نتایج با نتایج المسکری و همکاران (۲۰۰۳) در بذرهای زوال یافته هویج و خلیلی‌اقدم و همکاران (۲۰۱۱) در سویا مطابقت داشت (۲؛ ١٤).

در مرحله خوشه‌رفتن تیمار شاهد (۸۹ روز پس از کاشت) سرعت رشد نسبی تحت تأثیر تیمارهای زوال بذر قرار گرفت (جدول ۷) و با افزایش زوال بذر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ٤- ب). یکی از دلایل افزایش RGR در گیاهان حاصل از بذور زوال‌یافته می‌تواند به‌علت، جبران کاهش سرعت بسته شدن کانوپی ناشی از تراکم پایین بوته‌ها در این گیاهان باشد. که این نتایج در توافق با نتایج المسکری و همکاران (۲۰۰۳) در بذرهای زوال یافته هویچ و خلیلی‌اقدم و همکاران (۲۰۱۱) در سویا مطابقت داشت (۲؛ ١٤)، ولی در تضاد با نتایج محمدی و همکاران (۲۰۰۷) در سویا بود (۲۲).

همچنین در مرحله خوشه رفتن تیمار شاهد بین سطوح مختلف غرقابی تنها نسبت سطح برگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۸) ولی نتایج تجزیه رگرسیون برای نسبت سطح برگ معنی‌دار نشد. بنابراین این تغییرات روند مشخصی نداشت.

پس از اعمال تنش غرقابی سرعت رشد نسبی، سرعت جذب خالص، نسبت سطح برگ و نسبت وزن برگ برای تیمار زوال بذر معنی‌دار، ولی برای تیمار تنش غرقابی و اثر متقابل زوال بذر و تنش غرقابی غیرمعنی‌دار شدند. همچنین سرعت رشد گیاه و سطح ویژه برگ برای هیچ یک از تیمارها معنی‌دار نشد (جدول ۹)، بنابراین در این مطالعه تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای فوق قرار نگرفتند. محمدی و همکاران (۲۰۰۷) در سویا گزارش کردند که با افزایش فرسودگی بذر، CGR به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اما در ٤٦ و ۵۳ روز پس از کاشت، تیمارها از لحاظ CGR، تفاوت معنی‌داری نداشتند (۲۲).

جدول ٦- مقادیر درجه آزادی و مجموع مربعات برای سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت جذب خالص (NAR)، نسبت سطح برگ (LAR)، سطح ویژه برگ (LWR) و نسبت وزن برگ (SLA) در مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد، برای سطوح مختلف زوال بذر.

Table 6. Results of analysis of variance (sum squares) the effect of aging period on RGR, CGR NAR, LAR, SLA and LWR in tilleringstage to the control treatment.

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)					
SOV	d.f	CGR	RGR	NAR	LAR	LWR	SLA
بلوک Block	4	2.894	0.000005	0.725	8.340	5.694	0.179
زوال بذر seed deterioration	2	25.01*	0.000066**	2.498^{ns}	5.390^{ns}	2.04^{ns}	0.115^{ns}
خطا Error	7	5.316	0.000009	3.166	1.301	5.475	0.0929
R^2	-	0.84	0.88	0.50	0.50	0.55	0.73
CV	-	0.14	2.2	8.36	12.2	15.9	5.6

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار.

** Significant at 1% level, * significant at 5% and ns non-significant

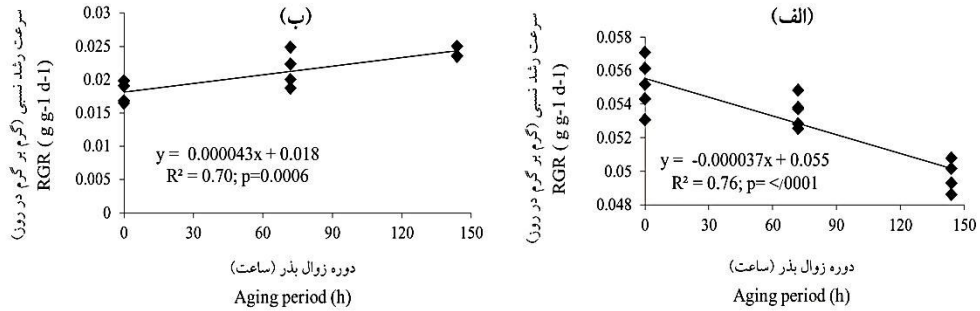
جدول ۷- مقادیر درجه آزادی و مجموع مربعات برای سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت جذب خالص (NAR)، نسبت سطح برگ (LAR)، سطح ویژه برگ (LWR) و نسبت وزن برگ (SLA) در مرحله خوشه رفتن تیمار شاهد، برای سطوح مختلف زوال بذر.

Table 9. Results of analysis of variance (sum squares) the effect of aging period on RGR, CGR NAR, LAR, *SLA* and LWR in heading stage to the control treatment.

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)					
SOV	d.f	CGR	RGR	NAR	LAR	LWR	SLA
بلوک Block	4	0.0029	0.000027	2874.9	813.4	0.0178	1024.2
زوال بذر seed deterioration	2	0.012^{ns}	0.000045**	5665.9^{ns}	379.7^{ns}	0.009^{ns}	201.7^{ns}
خطا Error	5	0.0033	0.000005	2299.8	829.1	0.007	3958.1
R^2	-	0.84	0.95	0.76	0.58	0.76	0.21
CV	-	0.11	4.7	64.8	10.5	0.7	12.4

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار.

** Significant at 1% level, * significant at 5% and ns non-significant.



شکل ٤- روابط رگرسیونی ساده خطی بین (الف): سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز) با دوره‌های مختلف زوال بذر، در مرحله پنجه‌زنی تیمار شاهد و (ب): سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز) در مرحله خوشه رفتن تیمار شاهد برای سطوح مختلف زوال بذر.

Figure 4. Regression analysis to examine the effect of aging period on (A) RGR in tillering stage to the control treatment and (C) RGR in heading stage to the control treatment.

جدول ۸- مقادیر درجه آزادی و مجموع مربعات برای سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت جذب خالص (NAR)، نسبت سطح برگ (LAR)، سطح ویژه برگ (LWR) و نسبت وزن برگ (SLA) در مرحله خوشه رفتن تیمار شاهد، برای سطوح مختلف غرقابی.

Table 8. Results of analysis of variance (sum squares) the effect of waterlogging period on RGR, CGR, NAR, LAR, *SLA* and LWR in heading stage to the control treatment.

منابع تغییر SOV	درجه آزادی d.f	مجموع مربعات (SS)					
		CGR	RGR	NAR	LAR	LWR	SLA
بلوک Block	4	0.0055	0.00003	2565.7	1966.1	0.7254	2985
زوال بذر Seed deterioration	3	0.0209 ^{ns}	0.000029 ^{ns}	1764.9 ^{ns}	209.58 **	2.498 ^{ns}	1636.6 ^{ns}
خطا Error	12	0.0344	0.00005	4136.6	334.5	3.166	3517.5
R^2	-	0.43	0.57	0.51	0.86	0.50	0.56
CV	-	23.3	10.6	92.4	4.0	365.8	7.3

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار.

** Significant at 1% level, * significant at 5% and ^{ns} non-significant.

جدول ۹- مقادیر درجه آزادی و مجموع مربعات برای سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت جذب خالص (NAR)، نسبت سطح برگ (LAR)، سطح ویژه برگ (LWR) و نسبت وزن برگ (SLA) پس از تنش غرقابی در گلخانه.

Table 9. Results of analysis of variance (sum squares) for RGR, CGR, NAR, LAR, SLA and LWR after waterlogging stress.

منابع تغییر SOV	درجه آزادی d.f	مجموع مربعات (SS)					
		CGR	RGR	NAR	LAR	LWR	SLA
بلوک Block	2	0.00686^{ns}	0.000173**	22328.36**	722.38*	0.0070*	708.25^{ns}
زوال بذر Seed deterioration	3	0.0044^{ns}	0.0000044^{ns}	5165.03^{ns}	406.43^{ns}	0.00217^{ns}	699.12^{ns}
غرقابی waterlogging	6	0.0292^{ns}	0.000041^{ns}	10243.5^{ns}	86.64^{ns}	0.00632^{ns}	1615.02^{ns}
زوال بذر * غرقابی seed deterioration* Waterlogging	4	0.00938	0.0000369	4605.87	1852.82	0.02256	1476.28
خطا Error	35	0.09371	0.000198	44134.43	3034.41	0.03425	13999.66
R^2	-	0.34	0.59	0.48	0.50	0.50	0.25
CV	-	21.3	11.1	82.5	7.4	5.7	8.5

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار.

** Significant at 1% level, * significant at 5% and ^{ns} non-significant

رشد ریشه: تجزیه واریانس حاصل برای طول ریشه و وزن ریشه (خشک و تر)، در مرحله خوشه‌رفتن تیمار شاهد برای سطوح مختلف غرقابی، نشان داد که هیچ یک از پارامترهای ریشه تحت تأثیر سطوح مختلف غرقابی قرار نگرفتند. تنها اثر متقابل زوال بذر و تنش غرقابی بر حجم ریشه معنی‌دار شد (جدول ۱۰) و حجم ریشه در گیاهان حاصل از بذرها قوی‌تر افزایش یافته است. همچنین مشاهده شد که تحت تأثیر تنش غرقابی تعداد تارهای کشنده در نمونه‌ها افزایش یافته بود، بنابراین توان گیاهان حاصل از بذرها سالم در ایجاد ریشه‌های قوی‌تر و حجیم‌تر مؤثر است و گیاهان حاصل از بذرهای فرسوده، ریشه‌های ضعیف‌تر با تارهای کشنده بیشتری تولید کردند.

جدول ۱۰- مقادیر درجه آزادی و مجموع مربعات برای حجم ریشه (RV)، طول ریشه (RL)، وزن تر ریشه (RFW) و وزن خشک ریشه (RDM) در مرحله خوشه رفتن تیمار شاهد، برای سطوح مختلف غرقابی.

Table 10. Results of analysis of variance (sum squares) the effect of waterlogging period on Root volume, Root length, Root fresh weight, and Root dry weight in heading stage to the control treatment.

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)			
SOV	d.f	RV	RL	RFW	RDM
بلوک Block	4	0.125	26309.9	563.64	5.632
زوال بذر seed deterioration	2	0.875 ^{ns}	42140.6^{ns}	93.34 ^{ns}	5.344 ^{ns}
خطا Error	8	0.775	106918.7	550.98	11.21
R^2	-	0.56	0.39	0.54	0.49
CV	-	18.1	36.2	30.0	36.3

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار.

** Significant at 1% level, * significant at 5% and ^{ns} non-significant

تارهای کشنده از مهم‌ترین اجزای سیستم ریشه برای جذب املاح معدنی می‌باشند و گیاهانی که به دفعات آبیاری می‌شود، احتیاجی به ریشه‌زدن عمیق ندارد، زیرا عناصر معدنی به‌خصوص ازت و فسفر معمولاً در لایه شخم خورده متمرکز هستند، بنابراین ریشه‌های جدید و انشعابات نزدیک سطح خاک و به‌صورت افقی ایجاد می‌شوند (۱۵؛ ۷)، بنابراین می‌توان گفت که گیاهان تحت تنش غرقاب نیز چنین وضعیت مشابهی پیدا می‌کنند.

نتیجه‌گیری کلی

در مراحل اولیه رشد جوانه‌زنی، سبز شدن، رشد گیاهچه، تعداد بوته، سطح برگ، وزن خشک برگ و سرعت رشد نسبی در بذرهایی با کیفیت کمتر کاهش یافت. در مراحل بعدی رشد تعداد بوته، تعداد پنجه و سرعت رشد نسبی در بذرهای فرسوده‌تر افزایش یافت. همچنین با اعمال تنش غرقابی مشخص شد گیاهان حاصل از بذرهای فرسوده، ریشه‌های ضعیف‌تر با تارهای کشنده بیشتری تولید کردند. در نتیجه تیمارهای زوال بذر، تنش غرقابی و اثر متقابل آن‌ها بر واکنش‌های رشدی فوق در گندم، تأثیرگذار بودند.

منابع

1.Adegbuyi, E., and Burris, J.S. 1989. Effects of seed vigor on crop characters in uniform and reduced populations of corn (*Zea mays* L.). Agri. Crop. Sci., 162: 10-20.
2.Al-Maskri, A.Y., and Khan, M.M. 2003. Effect of accelerated ageing on viability, vigor (RGR), lipid peroxidation and leakage in Carrot (*Daucus carota* L.) Seeds. Int. J. Agric. Bio., 5: 580-584.
3.Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N., and Cheema, M.A. 2003. Assessment of cottonseed deterioration during accelerated ageing. Seed. Sci. Technol., 31: 531-540.
4.Dennis, E.S., Dolferus, R., Ellis, M., Rahman, M., Wu, Y., Hoeren, F.U., Grover, A., Ismond, K.P., Good, A.G., and Peacock, W.J. 2000. Molecular strategies for improving waterlogging tolerance in plants. J. Exp. Bot., 51: 89-97.
5.De Figueiredo, E., Albuquerque, M.C., and De Carvalho, N.M. 2003. Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annus*), soybean (*Glycine max*) and maize (*Zea mays*) seeds with different levels of vigor. Seed. Sci. Technol., 31: 465-479.
6.FAO. 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO).
7.Galeshi, S., Torabi, B., Rasam, G.A., Rahemi-Karizaki, A., and Barzegar, A.B. 2009. Stress and Stress Coping in Cultivated Plant. Tehran. Univ. Press, 308p. (In Persian)
8.Ghaderi-far, F., and Soltani, A. 2010. Seed Testing and Control. Jahad Daneshgahi of Mashhad. Press. 200p. (In Persian)
9.Ghassemi-Golezani, K., Mohammadian, R., Moghadam, M., and Sadeghian, S.I. 1996. Aging effects on seed germination and seedling growth under salt stress of seven sugar beet breeding populations. J. Agric. Sci. Natural. Res., 4: 39-49.
10.Ghassemi-Golezani, K., and Dalil, B. 2011. Seed Germination and Vigor Tests. Mashhad Jihad. Daneshgahi. Press. 104p. (In Persian)
11.Ghobadi, M.A., Nadian, A., Bakhshande, H., Fathi, Gh., Gharine, M.H., and Ghobadi, M. 2006. Study of Root Growth, Biological Yield and Grain Yield of Wheat Genotypes under Waterlogging Stress during Different Growth Stages. Seed. Plant. J., 4: 513 -525.
12.Issarakraisilaa, M., Mab, Q., and Turnerb, D.W. 2007. Photosynthetic and growth responses of juvenile Chinese kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) and Caisin (*Brassica rapa* subsp. *parachinensis*) to waterlogging and water deficit. Sci. Hort., 111: 107-113.
13.Kafi, M., Barzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masomi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jahad-e-Daneshgahi of Mashhad. Press. 501-502. (In Persian)
14.Khalili-Aghdam, N. 2011. The Study of seed vigor and sortability of soybean, effect of environmental condition, relation to field emergence and yield and

importance of reaction to stresses. Ph.D Thesis. Gorgan University of agricultural sciences and natural resources. 91p.
15. Kocheki, A., and Sarmadnia, Gh. 2007. Physiology of Crop Plants. Jahad Daneshgahi of Mashhad. Press. 400p. (In Persian)
16. Kocheki, A., Soltani, A., and Azizi, M. 1997. Physiological Plant Ecology. Jahad Daneshgahi of Mashhad. Press. 271p. (In Persian)
17. Kocheki, A., Zand, A., Rezvani Moghadam, M., Mahdavi Damghani, P., Jami Alahmadi, M., and Vesal, S.R. 2007. Plants Physiological Ecology. Jahad Daneshgahi of Mashhad. Press. 523p. (In Persian)
18. Krishnan, P., Nagarajan, S., and Moharir, A.V. 2004. Thermodynamic characterisation of seed deterioration during storage under accelerated ageing conditions. Biosys. Eng., 89: 425-433.
19. Marshal, A.H., and Lewis, D.N. 2004. Influence of seed storage conditions on seedling emergence, seedling growth and dry matter production of temperature forage grasses. Seed. Sci. Technol., 32: 493-501.
20. Matthews, S., Powell, A.A., and Spaeth, S.C. 1988. Seedling vigour. and susceptibility to diseases and pests. R.J. Summerfield. (ed.). Word crops: Cool Season Food Legumes. London. 619-625.
21. McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed. Sci. Technol., 27: 177-237.
22. Mohammadi. H. 2007. Physiological responses and seedling growth in soybean seed deterioration. M.Sc. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
23. Saayman, A.F.J., and Vande Venter, H.A. 1996. Influence of weed compectition on subsequent germination and seed vigour of *Zea mays*. Seed. Sci. Technol., 25: 59-65.
24. Saha, R.R., and Sultana, W. 2008. Influence of seed ageing on growth and yield of soybean. Bangladesh. J. Bot., 37: 21-26.
25. Soltani, A., and Faraji, A. 2007. Soil Water and Plant Relationship. Jahad Daneshgahi of Mashhad. Press. 246p. (In Persian)
26. Soltani, A., and Galeshi, S. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate sub-humid environment: Experimentation and simulation. Field. Crop. Res., 77: 17-30.
27. Soltani, E., Galeshi, S., Kamkar, B., and Akramghaderi, F. 2008. Modeling Seed Aging Effects on the Response of Germination to Temperature in Wheat Seed Science and Biotechnology. Seed. Sci. Bio., 2: 32-36.
28. Soltani, A., and Madah, V. 2010. Simple Applied Programs for Education and Research in Agronomy. Iran. Soc. Eco. Agric. Tehran. Press.