



بررسی سطوح تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول (PEG 6000) بر مؤلفه های جوانی زنی بذر و ارتباط آن با شاخص های تحمل به خشکی در ارقام و لاین های امید بخش گندم نان (*Triticum aestivum* L.)

حسن عبدی^{۱*} - محمدرضا بی همتا^۲ - ابراهیم عزیز اف^۳ - رجب چوگان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۴/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۱

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی سطوح مختلف تنش خشکی با استفاده از پلی اتیلن گلیکول (۶۰۰۰) بر روی مؤلفه های جوانه زنی و سلیکسیون اولیه ژنوتیپ های متحمل به خشکی گندم و همبستگی بین صفات مرتبط با جوانی زنی در آزمایشگاه و مزرعه، در قالب دو آزمایش جداگانه انجام شد. در آزمایشگاه ۴۰ ژنوتیپ گندم نان با ۳ تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با استفاده از ۴ سطح پلی اتیلن گلیکول (۰، ۳، ۶، ۹- بار) مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش صفات طول ریشه چه، طول ساقه چه، نسبت طول ریشه چه به ساقه چه، طول کلئوپتیل، وزن خشک و تر ریشه چه، سرعت و درصد جوانی زنی اندازه گیری شدند. آزمایش مزرعه ای در هر دو شرایط مطلوب و تنش خشکی با ۳ تکرار در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی اجرا گردید. نتایج آزمایشگاهی نشان داد که اعمال تیمارهای تنش خشکی اثر معنی داری بر کلیه صفات مورد بررسی داشت. همچنین اختلاف بین ژنوتیپ های مورد بررسی برای این صفات معنی دار شد. بالاترین درصد و سرعت جوانی زنی بترتیب ۷۹/۹ درصد و ۴/۲ روز متعلق به شرایط نرمال بود. اعمال تنش (۳-) بار اثر معنی داری بر طول ساقه چه، طول کلئوپتیل، طول ریشه چه و وزن خشک ریشه چه نداشت اما موجب کاهش معنی دار درصد جوانی زنی شد، به گونه ای که در تیمار تنش شدید (۶- بار) به جز طول ریشه چه و نسبت طول ریشه چه به ساقه چه سایر صفات به صورت کاملاً معنی دار کاهش یافتند. در شرایط مطلوب (صفر بار) بین کلیه صفات اندازه گیری شده در آزمایشگاه با عملکرد دانه و شاخص های مقاومت، همبستگی مثبت و معنی دار بود. ولی در شرایط تنش خفیف (۳- بار) و تنش شدید (۶- بار) وزن تر و خشک ریشه چه و طول ریشه چه با عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی دار بود. نتایج آزمایش مزرعه ای نشان داد که بین ژنوتیپ های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش خشکی تفاوت معنی داری وجود داشت. نتایج تحلیل همبستگی بین شاخص های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه نشان داد که شاخص تحمل به تنش، شاخص میانگین بهره وری و شاخص میانگین هندسی بهره وری برای شناسایی ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط مطلوب و تنش خشکی مناسب هستند. بر اساس نتایج ضرایب همبستگی بین مؤلفه های جوانی زنی با عملکرد دانه و همچنین همبستگی شاخص های تحمل به تنش خشکی با عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی، ژنوتیپ های شماره ۳۸ (WS-۸۲-۹)، ۳۹ (DN-۱۱) و ۲۲ با پدیگیری (mbul/Alamo/M.73-18) و ۲۵ با پدیگیری (Alvd//Aldans/Las58/4/Bb//Cj''s''/3/Horkk''s'') متحمل ترین و ارقام مهدوی و کاسپارد حساس ترین ژنوتیپ ها نسبت به تنش خشکی شناخته شدند.

واژه های کلیدی: ژنوتیپ، سرعت جوانه زنی، درصد جوانه زنی، شرایط نرمال و تنش

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، انستیتو ذخایر ژنتیکی آکادمی علوم جمهوری آذربایجان

(*- نویسنده مسئول: Email:h.abdi63@yahoo.com)

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- استاد ژنتیک بیومتری، دانشگاه ملی جمهوری آذربایجان (باکو)

۴- استاد پژوهش، ژنتیک بیومتری، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

مقدمه

بیش از ۸۰ سال از فعالیت‌های اصلاحی که منجر به افزایش نسبی عملکرد گیاهان زراعی در محیط‌های خشک شده، می‌گذرد و با وجود این که تحقیقات پایه، نتایج معنی‌داری در درک واکنش‌های فیزیولوژیک و ملکولی گیاهان به کمبود آب فراهم کرده است اما هنوز شکاف بزرگی بین عملکرد در شرایط مطلوب و تنش وجود دارد. به حداقل رساندن شکاف عملکرد و افزایش ثبات آن تحت شرایط متنوع تنش، اهمیت استراتژیک در امنیت غذایی دارد (۱۳). تنش‌های غیر زنده به عنوان منبع اصلی (۷۱ درصد) کاهش دهنده عملکرد به شمار می‌روند (۱۸). از مجموع پتانسیل کاهش عملکرد توسط تنش‌های غیر زنده، حدود ۱۷ درصد مربوط به خشکی، ۲۰ درصد شوری، ۴۰ درصد دمای بالا (گرما)، ۱۵ درصد دمای پایین و ۸ درصد مربوط به سایر عوامل می‌باشد (۷). مرحله گیاهچه‌ای از مراحل حساس به تنش خشکی است. مطالعات نشان می‌دهد که داشتن کلئوپتیل طولی، وضعیت استقرار گیاهچه‌ها را تحت تاثیر شرایط تنش بهبود می‌بخشد که از عوامل اصلی در تولید نهایی گیاه محسوب می‌شود (۱۰).

گندم (*Triticum aestivum* L.) در مرحله جوانی‌زنی و سبز شدن و مراحل انتهایی فصل رشد با بروز تنش خشکی مواجه است بنابراین انتخاب ارقامی که علاوه بر تحمل به تنش خشکی در مرحله جوانی‌زنی و سبز شدن، عملکرد بالایی نیز داشته باشد از اهمیت زیادی برخوردار است (۲۵). گزارشات متعدد حاکی از آن است که ژنوتیپ‌هایی که بتوانند در مرحله جوانی‌زنی واکنش مناسبی به تنش خشکی نشان دهند، در مرحله گیاهچه‌ای رشد بهتری داشته و سیستم ریشه‌ای قویتری تولید کرده‌اند (۲۶). با مطالعه بیست ژنوتیپ گندم نان از نظر تحمل خشکی در شرایط مزرعه و آزمایشگاه گزارش کردند که ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در شرایط مزرعه از تحمل به خشکی بالایی در شرایط آزمایشگاه (مرحله جوانی‌زنی) برخوردار بودند (۲۹). در تحقیقی پارامترهای مرتبط با رشد گیاه نظیر طول کلئوپتیل، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه بعنوان صفات برجسته جهت ارزیابی تحمل به خشکی معرفی شدند (۲۳). تحقیقات نشان داده است که صفت ساقه‌چه بیش از هر صفت دیگری تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفته و با افزایش تنش خشکی میزان رشد ساقه‌چه به شدت کاهش می‌یابد (۱). رشد گیاهچه در شرایط آزمایشگاه به عنوان مرحله مناسب برای بررسی مقاومت به خشکی در گندم مورد قبول پژوهشگران است. جوانی‌زنی و بنیه قوی بذر برای استقرار اولیه مهم است. در نواحی خشک رشد گیاهچه به واسطه کمبود رطوبت محدود می‌شود در این نواحی سرعت و میزان استقرار گیاهچه تأثیر زیادی در زمان رسیدگی و عملکرد دارد (۱۰). تاکنون روش‌های

غریبال متفاوتی در این مرحله برای اصلاح و ایجاد مقاومت به خشکی ارائه شده است. تعدادی از روش‌های کارآمد برای این منظور عبارتند از بررسی تراکم و عمق ریشه‌ها، نسبت طول ریشه به ساقه، بنیه اولیه گیاه، محتوای نسبی آب برگ، پایداری غشاء و جوانی‌زنی در شرایط تنش (۲۴). در مطالعات مربوط به بررسی واکنش گیاهان به تنش خشکی چون ایجاد و حفظ پتانسیل آب لازم در محیط خاک، مشکل است لذا شبیه‌سازی شرایط تنش خشکی با استفاده از مواد اسموتیک مختلف برای ایجاد پتانسیل‌های اسمزی مورد نظر بسیار متداول بوده و یکی از مهمترین روش‌های مطالعه تاثیر تنش خشکی بر جوانی‌زنی تلقی می‌شود (۸). افزودن محلول پلی‌اتیلن گلیکول به محیط کشت هیدروپونیک روش خوبی برای گزینش گیاهچه‌های گندم از نظر مقاومت به خشکی است. در سایر موارد نیز آزمایش‌ها بر روی محصولاتی نظیر عدس و ذرت در محیط پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ به عنوان ایجادکننده پتانسیل منفی آب و تنش خشکی با موفقیت انجام شده است. تاکنون پژوهشگران زیادی به بررسی پاسخ گیاهان به تنش اسمزی در مرحله گیاهچه‌ای با استفاده از PEG پرداخته‌اند. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که می‌توان در مرحله گیاهچه به غریبال گیاهان برای مقاومت به خشکی پرداخت (۱۱). در بررسی تأثیر طول کلئوپتیل و عمق گره یقه در تحمل به سرما و خشکی ارقام دیم نتیجه گرفته شد که طول کلئوپتیل، تشکیل گره یقه در عمق خاک و قابلیت تشکیل تعداد پنجه بیشتر در بوته، صفات بسیار مفیدی برای افزایش و پایداری عملکرد در مناطق سرد و خشک است (۳). در طبقه بندی ارقام گندم دیم از نظر مقاومت به خشکی با ایجاد سطوح مختلف توسط مانیتول در مرحله جوانی‌زنی، گزارش شده است که تنش خشکی باعث کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه شده ولی نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه با افزایش خشکی بطور چشمگیری افزایش می‌یابد و نسبت ریشه به اندام‌های هوایی برای تفکیک ارقام متحمل به خشکی صفت مناسبی است (۹). در سطوح مختلف تنش‌های غیر زنده برای جوانی‌زنی ارقام مختلف گندم واکنش‌های متفاوتی گزارش شده است (۱۹). در مطالعه‌ی اثر تنش خشکی بر روی ارقام گندم، بنیه جوانی‌زنی را در مقایسه با طول ساقه‌چه، درصد جوانی‌زنی و طول ریشه‌چه حساس‌ترین صفت به تنش خشکی معرفی کردند (۱۴). در تحقیق دیگری مشخص گردید نسبت بالای طول ریشه‌چه به ساقه‌چه نشان دهنده تحمل بیشتری می‌باشد، ولی با توجه به عکس‌العمل‌های متفاوت صفات اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌ها در پتانسیل‌های مختلف به نظر می‌رسد برای طبقه‌بندی و غریبال ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی باید از معیارهای چند گزینشی استفاده نمود و از استفاده یک صفت در مشخص کردن وجود یا عدم وجود تحمل به تنش اجتناب کرد (۹). یکی از مسایل مهم در ارزیابی ارقام و لاین‌ها برای مقاومت به خشکی اندازه‌گیری کمی معیارهای

همچنین به منظور بررسی ارتباط بین صفات آزمایشگاهی با عملکرد دانه، آزمایشی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در مزرعه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ورامین، استان تهران با ۴۰ ژنوتیپ گندم در دو شرایط رطوبتی نرمال و تنش خشکی آخر فصل (۵۰ درصد گلدهی) با سه تکرار اجرا گردید. پدیکری ژنوتیپها در (جدول ۱) آمده است. هر کرت آزمایشی شامل ۲ پشته به طول ۶ متر و در سه ردیف به عرض ۱/۲ متر از یکدیگر بود. مساحت کاشت ۷/۲ مترمربع بود. کود مصرفی بر اساس آزمون خاک ۱۲۰ کیلوگرم در هر هکتار نیتروژن و ۹۰ کیلوگرم در هر هکتار فسفر محاسبه گردید (۶). تمامی کود فسفره و یک سوم کود نیتروژنه همزمان با کاشت و بقیه کود نیتروژنه در مراحل مختلف فنولوژی گیاه به صورت سرک مصرف شد. آبیاری در تیمار تنش در ۵۰ درصد گلدهی قطع شد و تا مرحله رسیدگی، گیاه تحت تنش قرار گرفت. پس از جمعآوری اطلاعات مربوطه تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SAS و همچنین مقایسه میانگین برای همه صفات با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت و برای تعیین همبستگی ساده صفات از نرم افزار SPSS استفاده شد. شاخص های مقاومت به خشکی محاسبه شدند و از بین آنها سه شاخص جزو بهترین شاخص ها انتخاب و معرفی شدند.

$$MP = (YS + YP) / 2$$

$$GMP = (YS * YP) / 2$$

$$STi = (YS * YP) / (YP)$$

$$YP = \text{عملکرد پتانسیل در شرایط بدون تنش}$$

$$YS = \text{عملکرد در شرایط تنش}$$

$$YP = \text{میانگین کل ژنوتیپها عملکرد در شرایط بدون تنش}$$

$$YS = \text{میانگین کل ژنوتیپها عملکرد در شرایط تنش}$$

نتایج و بحث

نتایج مزرعه ای

نتایج تجزیه واریانس شرایط مزرعه ای جداول ۲ و ۳ نشان داد که در شرایط تنش خشکی تفاوت بین ژنوتیپها برای صفات طول سنبله، طول پدانکل، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد روز تا گلدهی در سطح یک درصد و برای صفات تعداد گلچه های بارور، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و تعداد روز تا رسیدگی در سطح پنج درصد معنی دار و در صفات تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت غیر معنی دار بود.

مقاومت به خشکی است. در بررسی شاخص تحمل به تنش و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری پیشنهاد شده است که هر دو شاخص توانایی شناسایی ژنوتیپ هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش را دارد (۱۵ و ۱۶). با توجه به موارد اشاره شده هدف از انجام این پژوهش بررسی عکس العمل مؤلفه های جوانی زنی و رشد اولیه در ژنوتیپ های گندم نان به سطوح مختلف تنش خشکی و ارتباط آن با شاخص های تحمل به تنش در شرایط مزرعه بود.

مواد و روشها

این آزمایش در سال ۱۳۸۹ در آزمایشگاه بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر ورامین، استان تهران به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایش عبارت از پتانسیل اسمزی با سطوح صفر (شاهد)، -۳، -۶ و -۹ بار و تعداد ۴۰ ژنوتیپ گندم نان بودند. از آب مقطر به عنوان شاهد استفاده شد. سطوح مختلف خشکی با پلی اتیلن گلیکول (۶۰۰) اعمال گردید. غلظت پلی اتیلن گلیکول که برای تهیه پتانسیل آب لازم بود از طریق رابطه زیر بدست آمد (۲۰):

$$QS = (1018 \times 10^{-2})C - (1018 \times 10^{-4})C^2 + (2067 \times 10^{-4})CT + (8039 \times 10^{-7})C^2T$$

QS: پتانسیل اسمزی بر حسب بار

C: غلظت پلی اتیلن گلیکول بر حسب گرم در لیتر

T: درجه حرارت بر حسب درجه سانتی گراد

۲۵ عدد بذر از هر ژنوتیپ انتخاب و بعد از ضد عفونی با هیپوکلریت سدیم ۲/۵ درصد، با آب مقطر شستشو داده شد و بذرها در داخل ظرف پتری قرار داده شدند به طوری که در کف هر پتری دو لایه کاغذ صافی واتمن قرار داشت به هر ظرف پتری ۱۰ میلی لیتر از محلول پلی اتیلن گلیکول با پتانسیل مورد نظر اضافه شد. ثبت جوانی زنی به صورت روزانه و ساعت خاصی از روز دوم شروع شد و تا روز هشتم ادامه داشت. خروج ریشه چه به اندازه دو میلیمتر یا بیشتر به عنوان معیار جوانی زنی در نظر گرفته شد (۳۰). در انتهای آزمایش (روز هشتم) ۱۰ گیاهچه به صورت تصادفی از داخل هر پتری انتخاب و طول ریشه چه، ساقه چه و طول کلئوپتیل با خطکش و بر حسب سانتی متر اندازه گیری و ثبت شد. گیاهچه ها در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت قرار داده و سپس وزن خشک آنها با ترازوی حساس اندازه گیری شد. برای محاسبه درصد و سرعت جوانی زنی از فرمولهای زیر استفاده گردید (۱۳).

$$\text{تعداد کل بذور جوانه زده تا روز I م} = \text{درصد جوانه زنی} \times \text{تعداد کل بذور}$$

$$\text{سرعت جوانه زنی روز} = \sum_{i=1}^I \frac{\text{تعداد بذور جوانه زده تا روز I م}}{\text{تعداد روز از شروع آزمایش}}$$

- 1-Mean productivity
- 2- Geometric mean productivity
- 3- Stress tolerance index

جدول ۱- نام یا پدییگری لاین های مورد بررسی

۱	پیشناز
۲	مروذشت
۳	شیراز
۴	M79-6
۵	گاسپارد
۶	Seri 82// shuha s/ 4/ Rbs/Anza/3/Kuz/Hys//Ymg/Tob
۷	Seri 82// shuha/ 4/ Rbs/ Anza/3/Kuz/Hys//Ymg/Tob
۸	Caspard// Aid s/ snd s/3/3/M-73-19
۹	Inia/ 90 zhong 87.
۱۰	Gov/ AZ/ Mas/ 3/ Dodo/ 5/Jup/Bjy//Kuaz
۱۱	Alvd// Aldan s/ Las 58/4/Bb//Cj"s"/3/Horkk"s"
۱۲	Ombu/ Alamo/ 3/ Azd/ vee//Seri/Rsh/4/Bloudan/3/Bb/7c*2//Y50/*3kal
۱۳	Fln/ Acc/ Ana/ 3/ pew s/ 4//Attila
۱۴	Ombul/ Alamo/ M- 73- 18
۱۵	Mv 22- 77// stephon/ 3/Mon"s"/Lmu"s"/Falke/4/Zarin
۱۶	PASTOR/ 3/ VORONA/CNO79//Kauz
۱۷	SLTE/ MO/ 3/ VORONA/BAU//BAU
۱۸	WEAVER/ 4/NAC/TH.AC/3*PV/3/ Mirlo/Bucn
۱۹	WEAVER/ 4/NAC/ TH.AC/3*PV/3/Mirlo/Bucn
۲۰	Bahar
۲۱	Gas pard/ 3/ jvp/ Bjy/_
۲۲	Ombul/ A/ amo/ M. 73- 18 (M-86-4)
۲۳	Alvd// A/ dan/ Las 2/ 3/ Gaspard.
۲۴	Alvd// A/ dan/ Las 2/ 3/ Gaspard.
۲۵	Alvd/ A/ dan/ las/ 3/ Druchamps/ 4/ kauz/ stm (M-86-6)
۲۶	Owl 85256- 3* oh- o EOH/ Mv 17/ 3/ A/ vd// Aldari/ lus (M-86-8)
۲۷	Owl 85256- 3* oh- o EOH/ Mv 17/ 3/ A/ vd// Aldari/ lus (M-86-8)
۲۸	HAAMA- 11
۲۹	FISCAL
۳۰	CROC-1/ AE. SQUARROSA (224)// OPATA/ 3/ KAUZ*2/Bow/(-12)
۳۱	EIVIRA/ M/ LAN
۳۲	PBW 343/ CAR 422/ ANA
۳۳	CHEN/ AEGILOPS _
۳۴	CROC-1/ AE. SQUARROSA
۳۵	زاگرس
۳۶	چمران
۳۷	قدس
۳۸	WS-82-9
۳۹	DN -11
۴۰	مهدوی

لاین های شماره ۲ و ۵ با داشتن ۴۱۷ و ۴۲۵ گرم در مترمربع دارای کمترین عملکرد دانه بودند. در شرایط نرمال لاین های ۳۹، ۳۷، ۱۱، ۲۸ و ۳۸ با عملکردهای ۶۶/۳۳، ۶۶/۵۶۸، ۶۶/۵۷۴، ۵۷۴/۵۶۳ و ۵۸۶/۳۳ گرم در مترمربع دارای بیشترین ولاین های شماره ۳۰ و ۴۰ با داشتن ۴۹۳ و ۴۹۴ گرم در مترمربع دارای کمترین عملکرد دانه بودند. با توجه به اطلاعات جدول ۴ ژنوتیپ های شماره ۳۸، ۳۷ و ۳۹ علاوه بر

در شرایط معمولی نیز به جز تعداد دانه در سنبله و تعداد روز تا رسیدگی در بقیه صفات تفاوت بین ژنوتیپ ها در سطح یک و پنج درصد معنی دار بود. این امر نشان دهنده وجود تفاوت های ژنتیکی بین ارقام و ژنوتیپ های مورد بررسی است. با توجه به جدول ۴ در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ های شماره ۳۷، ۳۹ و ۳۸ با عملکردهای ۴۸۷/۶۶، ۵۰۱/۳۳ و ۵۰۱/۳۳ گرم در مترمربع دارای بیشترین و

(TOL) جزو حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی شناخته شدند. بر اساس مشاهدات مزرعه‌ای نیز لاین‌های شماره ۳۷، ۳۸ و ۳۹ دارای بهترین مورفولوژی، رشد بوته و زودرسی در شرایط مطلوب و تنش خشکی بودند.

اینکه از بالاترین مقدار شاخص‌های MP، STI و MP برخوردار بودند میزان عملکرد دانه بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نیز در هر دو شرایط محیطی داشتند، جزو متحمل‌ترین و ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۴۰ با داشتن بالاترین مقدار شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI و

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف گندم نان در شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات											
منابع تغییرات	درجه آزادی	طول سنبله	طول پدانکل	ارتفاع بوته	تعداد گلچه‌های بارور	تعداد دانه در سنبله	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	تعداد روز تا رسیدگی
تکرار	۲	۴/۷۴۸	۲/۵۴	۱/۰۰۳	۱/۸۳	۲/۷۳	۳/۷۲	۱/۷۳	۳/۵۳۵	۶/۰۶	۲۱/۲۸۶
ژنوتیپ‌ها	۳۹	۴/۶۴۸**	۲/۰۵**	۲/۳۹۲**	۱/۴۶*	۳/۱۸۵ ^{ns}	۱۵۳۱۶/۹۷۴*	۱/۷۹۳*	۲/۲۷ ^{ns}	۱۲/۵۹۴**	۱۱/۶۷۶*
خطای آزمایشی	۷۸	۱۲۵/۹۰۲	۵۲۴/۴۲	۱۵۶۵/۶۰۸	۱۲۵۲/۸۷	۳۵۶/۳۱۷	۱۱۶۹/۹۸۸	۵۲۴۷۶/۴۶۴	۸۶۶/۷۹۳	۲۳۱/۹۳۳	۹۱۲/۵۵
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۴۸	۱۲/۵۴	۱۳/۹۰	۱۷/۱۹	۹/۶۸	۱۰/۰۴	۱۵/۸۲	۱۷/۳	۱۳/۵۴	۱۸/۶

***، ** و ns - به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی داری

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مختلف گندم نان در شرایط نرمال

میانگین مربعات											
منابع تغییرات	درجه آزادی	طول سنبله	طول پدانکل	ارتفاع بوته	تعداد گلچه‌های بارور	تعداد دانه در سنبله	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	تعداد روز تا رسیدگی
تکرار	۲	۴/۷۴۸	۲۴۹/۰۵۸	۵۹/۵۰	۱۸/۰۳۳	۱۱۷۰/۴۵	۳۷/۲۶۴	۱/۵۰۸	۱۲/۵۰۸	۲۸/۲۳۳	۲/۵۴۸
ژنوتیپ‌ها	۳۹	۶۷/۱۱ ^{ns}	۲۵/۶۹۷*	۳۷/۴۵۱*	۱۲۰۶/۸۷*	۱۴/۱۹*	۱۵۳۶/۹۷۴*	۳/۲۵ ^{ns}	۲۲/۶۰۷*	۴۸/۹۴۷**	۴/۶۴۸**
خطای آزمایشی	۷۸	۱۲/۴۴	۲/۹۷۴	۱۱/۱۱۳	۶۲۷/۷۵	۱۵۳۷۹/۷۰	۲/۳۱۰	۴/۵۶۸	۱۵/۴۲۲	۲۰/۴۵۷	۱/۶۱۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۵۴	۱۱/۴۵	۱۰/۶۴	۹/۴۲	۱۰/۸۲	۹/۶۸	۱۷/۱۶	۱۳/۹	۹/۴۵	۱۳/۲۳

***، ** و ns - به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی داری

باشند و نتایج ذکر شده با نتایج (۱۷ و ۲۸) مطابقت دارد. محققان دیگری نیز از این شاخص‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط استفاده نمودند (۱۵ و ۱۶). همچنین همبستگی مثبت بین TOL و SSI با عملکرد دانه تحت شرایط مطلوب و همبستگی منفی بین این شاخص‌ها با عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد که انتخاب بر اساس این شاخص‌ها موجب کاهش عملکرد دانه خواهد شد. در این تحقیق نیز لاین‌های با عملکرد بالاتر در شرایط تنش مقادیر کمتری از این شاخص را به خود اختصاص داده‌اند که با نتایج (۲۸) مطابقت دارد.

جدول ۵ همبستگی شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی بر اساس عملکرد دانه در دو شرایط محیطی مطلوب و تنش خشکی را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود بالاترین همبستگی محاسبه شده در هر دو شرایط مطلوب و تنش خشکی در آزمایش مزرعه‌ای، مربوط به عملکرد دانه با شاخص‌های GMP، STI و MP (به ترتیب برابر با ۰/۸۸۱، ۰/۴۷۱، ۰/۱۷۸، ۰/۷۳۶، ۰/۳۹ و ۰/۲۲۶) بود (جدول ۵). همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار بین شاخص‌های GMP، STI و MP با عملکرد دانه بیانگر هم جهت و مفید بودن تاثیر استفاده از این شاخص‌ها برای انتخاب تحت هر دو شرایط محیطی می‌باشد و انتظار می‌رود که ژنوتیپ‌های انتخاب شده بر اساس این شاخص‌ها عملکرد مطلوبی در شرایط مطلوب و تنش خشکی داشته

جدول ۴- محاسبه میزان مقاومت ژنوتیپ ها توسط شاخص های مقاومت به خشکی در دو محیط مطلوب و تنش خشکی

No	Ys g m ⁻²	Yp g m ⁻²	TOL	SSI	STI	MP	GMP
۵	۴۲۴	۴۹۹	۱۲۰	۱/۹۶	۱۷۸۷/۹۱	۴۶۱/۵	۴۵۹/۹۱
۴۰	۴۳۳	۴۹۳	۱۱۰	۱/۸۳	۱۸۰۳/۵۸	۴۶۳	۴۶۲/۰۱
۳۰	۴۳۴/۶۶	۴۹۴	۵۹/۳۳	۱/۰۰	۱۸۱۲/۰۸	۴۶۴/۳۳	۴۶۳/۲۰
۳۵	۴۳۲	۴۹۹	۶۷	۱/۱۲	۱۸۱۹/۵۹	۴۶۵/۵	۴۶۴/۱۷
۳	۴۲۶/۳۴	۵۱۰/۳۳	۸۴	۱/۳۷	۱۸۳۷/۰۷	۴۶۸/۳۳	۴۶۶/۳۲
۲۴	۴۳۷/۳۲	۵۰۰	۶۲/۶۷	۱/۰۵	۱۸۴۹/۷۸	۴۶۸/۶۶	۴۶۷/۵۶
۸	۴۴۹/۳۳	۴۹۱/۳۳	۴۲	۰/۷۲	۱۸۶۴/۵۹	۴۷۰/۳۳	۴۶۹/۸۴
۲۶	۴۳۱/۶۶	۵۱۴/۳۳	۸۲/۶۶	۱/۳۰	۱۸۷۲/۸۸	۴۷۳	۴۷۰/۶۸
۲۲	۴۳۲/۳۵	۵۱۶/۶۶	۸۴/۳۳	۱/۳۵	۱۸۸۲/۲۵	۴۷۴	۴۷۲/۲۰
۲۰	۴۲۰/۳۶	۵۳۱	۱۰۰/۶۶	۱/۷۴	۱۸۸۳/۹۴	۴۷۵/۶۶	۴۷۱/۲۲
۷	۴۴۹/۶۶	۵۱۰/۶۶	۶۱	۱/۰۰۲	۱۹۴۲/۰۶	۴۸۰/۱۶	۴۷۹/۱۵
۳۴	۴۳۷/۶	۵۲۵/۶۶	۸۸	۱/۳۷	۱۹۳۹/۵۱	۴۸۱/۶۶	۴۷۹/۱۵
۲	۴۱۷	۵۴۷	۱۳۰	۱/۹۶	۱۹۴۴/۰۸	۴۸۲	۴۷۷/۹۸
۲۳	۴۳۱/۳۳	۵۳۳/۶۵	۱۰۲/۳۳	۱/۶۱	۱۹۴۸/۲۱	۴۸۳/۵	۴۷۹/۶۳
۱۵	۴۳۰/۶۶	۵۲۷/۶۶	۸۸	۱/۲۹	۱۹۵۷/۹۵	۴۸۳/۶۶	۴۸۰/۶۱
۱۴	۴۳۲/۳۳	۵۳۸/۶۶	۱۰۶/۳۳	۱/۵۲	۱۹۵۹/۷۷	۴۸۵/۵	۴۸۱/۰۴
۲۹	۴۴۴/۶۶	۵۲۷/۳۳	۸۲/۶۶	۱/۳۱	۱۹۷۸/۰۸	۴۸۶	۴۸۴/۰۰
۳۳	۴۳۸/۶۶	۵۳۸/۳۳	۹۹/۶۵	۱/۵۱	۱۹۹۰/۱۵	۴۸۸/۵	۴۸۵/۳۴
۳۲	۴۳۱/۳۱	۵۵۱/۶۶	۱۲۰/۳۱	۱/۷۹	۲۰۰۵/۹۶	۴۹۱/۵	۴۸۷/۱۱
۷	۴۴۲/۶۶	۵۴۱	۹۸/۳۳	۱/۵۰	۲۰۲۰/۵۷	۴۹۱/۸۳	۴۸۸/۷۸
۱۳	۴۴۰	۵۴۶	۱۰۶	۱/۶۱	۲۰۲۴/۲۱	۴۹۳	۴۸۹/۶۵
۱۸	۴۳۳/۶۶	۵۵۳	۱۱۹/۳۳	۱/۷۸	۲۰۲۰/۸۹	۴۹۳/۳۳	۴۸۹/۰۰
۲۷	۴۶۰	۵۲۹/۶۱	۶۹/۳۶	۱/۰۹	۲۰۵۸/۶۰	۴۹۴/۸۳	۴۹۳/۴۸
۱۶	۴۳۵/۳۳	۵۵۵	۱۱۹/۶۶	۱/۵۶	۲۰۳۵/۵۹	۴۹۵/۱۶	۴۹۰/۱۶
۴	۴۵۷/۳۳	۵۳۸	۸۰/۶۶	۱/۲۹	۲۰۹۰/۷۰	۴۹۷/۶۶	۴۹۵/۸۲
۱۲	۴۶۲	۵۳۶	۷۴	۱/۰۹	۲۱۱۵/۸۷	۴۹۹	۴۹۷/۳۱
۳۱	۴۴۸	۵۵۲	۱۰۴	۱/۵۲	۲۰۹۱/۹۰	۵۰۰	۴۹۶/۷۲
۱۷	۴۴۵	۵۵۷/۳۳	۱۱۲/۳۳	۱/۵۴	۲۰۹۵/۵۹	۵۰۱/۱۶	۴۹۷/۴۶
۲۵	۴۴۶/۶۶	۵۵۶	۱۰۹/۳۳	۱/۶۴	۲۰۹۷/۱۴	۵۰۱/۳۳	۴۹۸/۱۶
۹	۴۴۵/۳۳	۵۵۹/۳۵	۱۱۴	۱/۶۲	۲۱۱۲/۸۸	۵۰۲/۳۲	۴۹۸/۴۴
۳۶	۴۵۴/۳۳	۵۵۱/۶۶	۹۷/۳۶	۱/۴۴	۲۱۳۳/۰۲	۵۰۳	۵۰۰/۴۰
۲۸	۴۳۹/۳۴	۵۶۸/۳۳	۱۲۹	۱/۳۷	۲۱۱۰/۷۹	۵۰۳/۸۳	۴۹۹/۲۷۷
۱۹	۴۳۴/۶۶	۵۷۶	۱۴۱/۳۲	۱/۹۸	۲۱۰۴/۴۳	۵۰۵/۸۳	۴۹۹/۰۷
۱۰	۴۴۸	۵۶۴	۱۱۶	۱/۶۷	۱۲۲۸/۸۸	۵۰۶	۵۰۱/۸۲
۲۱	۴۶۴/۶۶	۵۴۸/۳۳	۸۴/۶۶	۱/۲۶	۲۱۴۱/۷	۵۰۶	۵۰۳/۶۴
۱۱	۴۴۹	۵۷۴/۶۶	۱۲۵/۶۶	۱/۴۱	۲۱۷۹/۹۶	۵۱۱/۸۳	۵۰۷/۶۳
۶	۴۷۸/۶۶	۵۴۸	۶۹/۳۳	۱/۰۷	۲۲۲۷/۴۹	۵۱۳/۳۳	۵۱۲/۰۵۶
۳۷	۴۸۸/۶۱	۵۶۳/۶۶	۷۵	۱/۱۱	۲۳۳۵/۸۳	۵۲۶/۱۶	۵۲۴/۷۴۸
۳۹	۵۰۱/۳۳	۵۷۴	۷۲/۶۶	۱/۰۲	۲۴۳۳/۴۳	۵۳۷/۶۶	۵۳۶/۰۴۷
۳۸	۵۱۰/۳۳	۵۸۶/۳۳	۷۶	۱/۰۱۵	۲۵۳۲/۴۲	۵۴۳/۳۸	۵۴۶/۲۳۳

جدول ۵- همبستگی شاخص های تحمل و حساسیت به خشکی براساس عملکرد دانه در دو شرایط محیطی مطلوب و تنش خشکی

	YP	YS	SSI	TOL	MP	GMP	STI
YP	۰/۲۳۹	۰/۷۸۱**	۰/۱۹۹*	۰/۱۷۸**	۰/۸۸۱**	۰/۴۷۱**	
YS	۱	-۰/۳۲۴**	-۰/۲۳۸**	۰/۲۲۶**	۰/۷۳۶**	۰/۳۹**	
SSI		۱	۰/۲۲۵**	۰/۴۶۰**	۰/۳۹۸**	۰/۳۷۹**	
TOL			۱	۰/۵۴۱**	۰/۴۸۰**	۰/۴۶۲**	
MP				۱	۰/۹۹۷**	۰/۱۸۵**	
GMP					۱	۰/۹۹۹**	
STI						۱	

* و ** - به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

نتایج آزمایشگاهی

نتایج آزمایشگاهی جدول ۶ نشان داد که بین ژنوتیپها و سطوح مختلف تنش خشکی از لحاظ صفات طول ساقه چه، طول ریشه چه، طول کلتوتیل و نسبت طول ریشه چه به ساقه چه، سرعت و درصد جوانه زنی، وزن خشک و وزن تر ریشه چه اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد وجود داشت. همچنین نتایج نشان داد که به جز نسبت طول ریشه چه به ساقه چه، سایر صفات در سطوح خشکی معنی دار بود، اما اثر متقابل رقم × خشکی معنی دار نبود.

درصد جوانه زنی: مقایسه میانگین درصد جوانه زنی در (جدول ۷) نشان داد که با افزایش تنش خشکی درصد جوانه زنی کاهش یافت و میانگین درصد جوانه زنی در شرایط نرمال در مقایسه با شرایط تنش خشکی (۳- و ۶- بار) بیشتر بود. با توجه به اطلاعات (جدول ۸) ژنوتیپهای شماره ۳۸ و ۵ با داشتن میانگین ۹۲/۵ و ۲۷/۳ درصد دارای بیشترین و کمترین درصد جوانه زنی بودند. مشاهده شده است زمان لازم جهت سبز شدن شاخص خوبی از نظر قدرت و عملکرد بذری می باشد و این نتیجه در توافق با یافته (۲ و ۳) بود. کاهش شاخص های جوانه زنی را می توان به کاهش سرعت جذب اولیه آب دانست. تنش خشکی با محدود کردن جذب آب توسط بذر، تأثیر بر حرکت انتقال ذخایر بذر و با تأثیر مستقیم بر ساختمان آن بیشتر پروتئین در جنین جوانه را تحت تأثیر قرار می دهد (۱۵). کاهش درصد جوانه زنی ارقام گندم در شرایط تنش خشکی بیانگر حساسیت این ارقام به تنش می باشد که این مورد توسط (۸، ۲۳ و ۲۵) گزارش شده است.

سرعت جوانه زنی: با کاهش پتانسیل اسمزی تا سطح ۶- بار سرعت جوانه زنی به میزان ۱۷/۱ درصد کاهش یافت و با توجه به اطلاعات (جدول ۸) ژنوتیپهای شماره ۳۹ و ۵ با داشتن میانگین ۵/۰۷ و ۱/۸۵ روز به ترتیب دارای بیشترین و کمترین سرعت جوانه زنی بودند. از خصوصیات مهم گیاهان زراعی قابلیت واکنش آنها به تغییرات رطوبتی، از طریق رشد سریع ریشه های آنان به طرف منبع رطوبت قابل دسترس و سرعت جوانه زنی سریع است که لاین های

مذکور به علت سرعت جوانه زنی سریع جز لاین های متحمل بودند که این نتیجه موافق با یافته های (۴، ۹ و ۱۱) بود. کاهش سرعت و درصد جوانه زنی به دلیل آن است که تنش باعث افزایش فشار اسمزی در محیط اطراف بذر یا ریشه چه گیاه می شود که در این صورت جذب آب توسط بذر یا ریشه با اشکال مواجه می گردد. کاهش درصد و سرعت جوانه زنی با افزایش خشکی در بسیاری از گیاهان بویژه غلات گزارش شده است و کاهش سرعت جوانه زنی را به دلیل کاهش پتانسیل آب و کاهش دسترسی بذر به آب مرتبط دانسته اند. همچنین قابلیت دسترسی بذر به آب با کاهش پتانسیل اسمزی (مواد محلول) و ماتریک (مکش) کاهش می یابد. لذا پتانسیل آب محیط تأثیر مستقیم بر سرعت جذب آب و جوانه زنی دارد (۸ و ۲۵).

طول ریشه چه و طول ساقه چه: با افزایش شدت تنش از پتانسیل صفر آب مقطر به (۶- بار) طول ریشه چه و ساقه چه بترتیب به مقدار ۱۵/۴ درصد و ۱۶/۱ درصد کاهش یافت و میزان کاهش در اثر افزایش شدت تنش در طول ساقه چه به مراتب بیشتر از طول ریشه چه بود (جدول ۷). بنابراین طول ریشه چه با توجه به اینکه کمتر تحت تأثیر تنش قرار می گیرد، می تواند صفت قابل اطمینان در برنامه های اصلاحی باشد و با توجه به اطلاعات (جدول ۸) ژنوتیپهای شماره ۳۹ و ۵ با داشتن میانگین ۷/۰۶ و ۲/۰۶ سانتیمتر به ترتیب دارای بیشترین و کمترین طول ریشه چه بودند، همچنین ژنوتیپهای شماره ۳۹ و ۵ با داشتن میانگین ۶/۷۳ و ۲ سانتیمتر دارای بیشترین و کمترین مقدار طول ساقه چه بودند. بنابراین ارقامی که دارای بیشترین تعداد ریشه های جنینی در زمان جوانه زنی بودند، بیشترین عملکرد دانه را داشتند و مشخص شد که سیستم ریشه گسترده با تحمل به خشکی همبستگی دارد. توسعه ریشه تحت تأثیر پتانسیل آب خاک قرار می گیرد. با افزایش تنش خشکی سرعت رشد ریشه ها کاهش می یابد البته رشد ریشه نسبت به رشد قسمت های هوای گیاه کمتر تحت تأثیر قرار می گیرد به طوری که نسبت کلی اندام های هوایی به ریشه کاهش می یابد (۲۹). کاهش رشد طولی

گیاهچه را تحت تنش خشکی بهبود می‌بخشد که از عوامل اصلی در تولید نهایی گیاه محسوب می‌شود (۱۰).

طول ریشه‌چه به ساقه‌چه (R/S): با افزایش شدت تنش خشکی نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه کاهش یافت ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود و عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها در سطوح مختلف خشکی یکسان بود که مخالف با یافته‌های (۹) بود. نسبت زیاد ریشه به اندام‌های هوایی یکی از روش‌های بسیار موثر سازگاری گیاهان به خشکی است. در این حالت، میزان رشد ریشه به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از رشد ساقه است بدین ترتیب تعرق کاهش می‌یابد در حالیکه سیستم ریشه گیاه، آب مورد نیاز خود را از حجم زیاد خاک دریافت می‌کند و نشان‌دهنده تحمل بیشتری می‌باشد ولی با توجه به عکس‌العمل‌های متفاوت صفات اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌ها در پتانسیل‌های مختلف بنظر می‌رسد. برای طبقه‌بندی و غربال ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی باید از معیارهای چند گزینه‌ای استفاده نموده و از استفاده یک صفت در مشخص کردن وجود یا عدم وجود تحمل به تنش اجتناب کرد. در گزارش دیگری (۹) مشاهده شد که تنش کم آبی وزن خشک اندام هوایی پنجه را کاهش داد اما با این حال وزن خشک ریشه‌چه نسبت به تیمار شاهد تغییر نکرد.

ساقه‌چه و افزایش رشد طولی ریشه‌چه از مکانیزم‌های مهم اولیه در مواجهه با تنش خشکی است که ژنوتیپ‌هایی که رشد ریشه‌چه بیشتری داشته باشند می‌توانند بر روی قابلیت تامین آب برای فعالیت گیاهی تحت شرایط تنش خشکی تاثیر گذاشته و گیاه را از اثرات مخرب تنش مصون دارد (۱۰). با افزایش شدت خشکی تا (۹- بار) بدلیل اینکه اکثر مؤلفه‌های جوانی‌زنی نتوانستند واکنش نشان دهند، به همین دلیل سطح تنش (۹- بار) از نتایج آزمایش حذف گردید.

طول کلئوپتیل: با افزایش شدت تنش خشکی از صفر بار به سمت (۶- بار) طول کلئوپتیل کاهش یافت جدول (۶). با توجه به اطلاعات (جدول ۸) ژنوتیپ‌های ۲۲ و ۵ با داشتن میانگین ۴/۴۰ و ۱/۳۸ سانتیمتر به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار طول کلئوپتیل بودند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد طول کلئوپتیل از طریق افزایش طول ساقه و طول ریشه بر عملکرد موثر است، بنابراین طول غلاف برگ و ریشه‌چه می‌تواند یکی دیگر از صفات به‌گزینی در مناطق خشک محسوب شود. بذر وارپته‌هایی که دارای غلاف برگ طولانی‌تری هستند، می‌توانند در عمق بیشتری کشت شوند و از ذخیره آب در عمق بیشتر و بهتر استفاده کنند (۳ و ۴). گزارش شده است مرحله گیاهچه‌ای از مراحل حساس به تنش خشکی است. مطالعات نشان می‌دهد که داشتن کلئوپتیل طویل وضعیت استقرار

جدول ۶- تجزیه واریانس صفات مختلف برای ۴۰ ژنوتیپ گندم و ۳ سطح مختلف پلی اتیلن گلیکول در شرایط آزمایشگاه

میانگین مربعات									
منابع تغییر	درجه آزادی	طول ساقه‌چه	طول کلئوپتیل	طول ریشه‌چه	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	سرعت جوانی‌زنی	درصد جوانه‌زنی	وزن تر ریشه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه
بلوک	۲	۵۱۶/۳۹**	۱۲۹/۱۴**	۳۸۶/۱۷**	۶۷/۴۲**	۱۰/۳۴**	۶۰۵/۶۸**	۱/۰۲۷**	۰/۶۰**
رقم	۳۹	۹/۳۷**	۵/۶۶**	۸/۴۲**	۳/۹۸**	۲/۵۹**	۲۶/۴۰**	۰/۰۳۸**	۰/۰۲۱**
خشکی	۲	۱۳/۲۰**	۴/۳۱**	۱۷/۰۵**	۱/۷۶ n.s	۳/۹۳**	۷۲/۵۶**	۰/۰۵**	۰/۰۱*
رقم × خشکی	۷۸	۲/۲۹ n.s	۱/۱۱ n.s	۱/۹۹ n.s	۱/۱۲ n.s	۰/۹۳۴ n.s	۱۸/۰۰ n.s	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۳
خطای آزمایش	۲۳۸	۲/۰۴۴	۱/۲۱	۲/۹۱	۱/۳۸	۰/۷ n.s	۲۰/۷۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات (%)	-	۹/۲۷	۱۰/۱۲	۶/۷۵	۸/۳۴	۵/۲۸	۱۲/۴۰	۱۱/۸۴	۸/۴۶

***، **، * - ns - به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی داری

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات مختلف برای سطوح پلی اتیلن گلیکول در شرایط آزمایشگاه

میانگین									
تیمارهای آزمایشی	طول ساقه‌چه (cm)	طول کلئوپتیل (cm)	طول ریشه‌چه سانتیمتر	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	سرعت جوانی‌زنی روز	درصد جوانه‌زنی	وزن تر ریشه‌چه (g)	وزن خشک ریشه‌چه (g)	خشکی
(۰)	۳/۸۴ a	۲/۳۴ a	۳/۸۵ b	۲/۹۱ a	۴/۱۳۶ a	۷۹/۹ a	۰/۱۸۴a	۰/۱۲۰ a	خشکی
(۳-) بار	۳/۵۰۰ ab	۲/۱۴ ab	۴/۲۹۱ a	۲/۸۰ a	۳/۹۰۵ ab	۶۱/۸ b	۰/۱۶۷ a	۰/۱۱۲ ab	(PEG)
(۶-) بار	۳/۲۰ b	۱/۹۷ b	۳/۱۰ b	۲/۶۷ a	۳/۷۶ b	۶۶/۲ b	۰/۱۴۱ b	۰/۰۹ b	

* - حروف مشابه به معنی عدم تفاوت معنی داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪.

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات مختلف برای ۴۰ ژنوتیپ گندم نان

ژنوتیپ	طول ساقچه (cm)	طول کلنوتیل (cm)	طول ریشه‌چه (cm)	نسبت طول ریشه‌چه به ساقچه	سرعت جوانی زنی روز	درصد جوانه زنی	وزن تر ریشه‌چه (g)	وزن خشک ریشه‌چه (g)
۱	۲/۵۷ ^{eh}	۱/۶۳ ^{fg}	۳/۸۶ ^{dg}	۲/۸۹ ^{ae}	۴/۰۶ ^{bf}	۶۵/۵ ^{bc}	۰/۰۹ ^{ij}	۰/۰۵ ^{gh}
۲	۳/۱۵ ^{eh}	۱/۵۵ ^{fg}	۴/۴۸ ^{dc}	۳/۰۰ ^{ae}	۳/۶۸ ^{df}	۶۵/۵ ^{bc}	۰/۲۰ ^{eg}	۰/۱۰ ^{ch}
۳	۳/۳۳ ^{eh}	۱/۶۰ ^{fg}	۳/۸۷ ^{dg}	۲/۵۸ ^{dh}	۳/۹۷ ^{bf}	۶۶/۶ ^{bc}	۰/۱۳ ^{ej}	۰/۰۹ ^{eh}
۴	۳/۳۱ ^{eh}	۱/۹۳ ^{dg}	۳/۵۳ ^{dc}	۲/۲۴ ^{eg}	۴/۳۳ ^{ad}	۷۱/۱ ^{bc}	۰/۱۳ ^{ej}	۰/۰۸ ^{eh}
۵	۲/۰۰ ^e	۱/۳۸ ^g	۲/۰۶ ^g	۱/۲۹ ^h	۱/۸۵ ^g	۳۷/۳ ^c	۰/۱۳ ^{ej}	۰/۰۵ ^{eh}
۶	۳/۴۶ ^{eh}	۱/۹۰ ^{dg}	۵/۱۵ ^{dg}	۲/۸۵ ^{bg}	۳/۹۵ ^{bf}	۶۱/۱ ^{bc}	۰/۱۷ ^{di}	۰/۱۴ ^{bc}
۷	۳/۳۳ ^{eh}	۱/۷۸ ^{dg}	۴/۵۵ ^{dg}	۲/۴۸ ^{fg}	۴/۰۴ ^{bf}	۶۴/۴ ^{bc}	۰/۰۵ ^j	۰/۱۳ ^{cg}
۸	۲/۸۵ ^{eh}	۱/۴۴ ^g	۳/۸۱ ^{dg}	۲/۷۶ ^{bc}	۴/۵۸ ^{ab}	۷۱/۱ ^{bc}	۰/۱۵ ^{ej}	۰/۱۱ ^{ch}
۹	۳/۸۰ ^{cg}	۲/۹۵ ^{bc}	۴/۷۱ ^{dg}	۲/۳۴ ^{fh}	۳/۶۹ ^{df}	۷۱/۱ ^{bc}	۰/۲۱ ^{cf}	۰/۱۸ ^{ab}
۱۰	۴/۰۳ ^{dc}	۱/۷۳ ^{fg}	۴/۶۸ ^{de}	۲/۵۴	۳/۹۱ ^{bf}	۴۶/۳ ^{bc}	۰/۲۱ ^{eg}	۰/۱۴ ^{be}
۱۱	۳/۲۰ ^{eh}	۲/۴۴ ^{dg}	۴/۰۱ ^{dc}	۲/۸۴ ^{bg}	۳/۶۲ ^{df}	۶۵/۵ ^{bc}	۰/۱۰ ^{gj}	۰/۰۵ ^{gh}
۱۲	۲/۶۴ ^{eh}	۱/۷۸ ^{dg}	۲/۸۶ ^{fg}	۲/۶۰ ^{dh}	۳/۸۸ ^{gf}	۶۵/۵ ^{bc}	۰/۱۴ ^{ej}	۰/۱۰ ^{ch}
۱۳	۳/۰۰ ^{eh}	۲/۳۳ ^{dg}	۳/۵۶ ^{dc}	۳/۵۱ ^{ae}	۳/۸۸ ^{bf}	۶۵/۵ ^{bc}	۰/۱۴ ^{ej}	۰/۱۰ ^{eh}
۱۴	۳/۳۸ ^{eh}	۱/۷۹ ^{dg}	۵/۶۰ ^{ac}	۳/۵۲ ^{ae}	۴/۰۴ ^{bf}	۷۱/۱ ^{bc}	۰/۱۳ ^{ej}	۰/۱۲ ^{ch}
۱۵	۳/۵۷ ^{eh}	۲/۳۶ ^{dg}	۵/۱۱ ^{de}	۳/۵۱ ^{ac}	۳/۵۸ ^{df}	۷۴/۴ ^{bc}	۰/۱۰ ^{gj}	۰/۰۹ ^{dh}
۱۶	۲/۶۴ ^{eh}	۱/۷۳ ^{eg}	۴/۲۰ ^{de}	۳/۳۱ ^{ae}	۳/۶۶ ^{df}	۷۱/۱ ^{bc}	۰/۱۸ ^{ci}	۰/۰۵ ^{fh}
۱۷	۳/۶۱ ^{eh}	۱/۹۴ ^{dg}	۴/۶۵ ^{de}	۲/۶۹ ^{bc}	۳/۹۱ ^{bf}	۵۵/۵ ^{bc}	۰/۱۲ ^{ej}	۰/۱۰ ^{ch}
۱۸	۳/۳۸ ^{eh}	۲/۲۴ ^{dg}	۴/۴۵ ^{D-E}	۳/۰۳ ^{bc}	۳/۸۲ ^{bf}	۶۴/۴ ^{bc}	۰/۱۵ ^{ej}	۰/۰۷ ^{eh}
۱۹	۲/۴۳ ^{eh}	۱/۶۰ ^{fg}	۳/۳۶ ^{F-G}	۲/۲۰ ^{fg}	۳/۸۲ ^{bf}	۷۷/۷ ^{bc}	۰/۱۷ ^{cg}	۰/۱۲ ^{ch}
۲۰	۳/۱۰ ^{eh}	۱/۳۷ ^g	۴/۳۴ ^{de}	۳/۸۸ ^{ae}	۳/۷۷ ^{bf}	۷۳/۳ ^{bc}	۰/۱۷ ^{cg}	۰/۰۷ ^{eh}
۲۱	۴/۴۰ ^{bc}	۲/۷۲ ^{cf}	۴/۱۶ ^{de}	۱/۷۷ ^{fa}	۳/۷۶ ^{df}	۷۷/۷ ^{bc}	۰/۱۶ ^{ds}	۰/۱۲ ^{ch}
۲۲	۵/۸۳ ^{ab}	۴/۴۰ ^a	۵/۳۳ ^{de}	۳/۳۳ ^{ae}	۴/۷۹ ^{ab}	۷۳/۹ ^b	۰/۲۱ ^{cf}	۰/۱۵ ^{be}
۲۳	۳/۸۱ ^{cg}	۲/۰۵ ^{dg}	۵/۳۶ ^{bc}	۳/۰۸ ^{ae}	۴/۱۴ ^{af}	۶۳/۳ ^{bc}	۰/۱۶ ^{di}	۰/۱۰ ^{ch}
۲۴	۲/۵۴ ^{eh}	۱/۵۷ ^{fg}	۳/۷۶ ^{dc}	۲/۷۰ ^{cg}	۴/۴۸ ^{ac}	۷۸/۸ ^b	۰/۰۸ ^j	۰/۰۵ ^{gh}
۲۵	۵/۳۳ ^{ab}	۳/۶۶ ^{ac}	۴/۹۷ ^{dc}	۳/۰۴ ^{ae}	۴/۴۰ ^{ac}	۸۲/۱ ^b	۰/۲۶ ^{ab}	۰/۱۳ ^{dh}
۲۶	۵/۳۵ ^{ab}	۳/۸۹ ^{ab}	۵/۳۸ ^{bc}	۳/۰۶ ^{ae}	۴/۴۵ ^{ac}	۷۲/۷ ^{bc}	۰/۲۵ ^{bd}	۰/۱۹ ^{ac}
۲۷	۲/۱۸۴ ^{eh}	۳/۰۲ ^{bc}	۳/۱۹ ^{fc}	۱/۷۷ ^{fg}	۳/۷۶ ^{df}	۶۵/۵ ^{bc}	۰/۱۰ ^{hj}	۰/۰۷ ^{eh}
۲۸	۲/۸۷ ^{eh}	۲/۳۲ ^{dg}	۳/۴۸ ^{dg}	۱/۸۸ ^{fg}	۴/۳۰ ^{ac}	۷۶/۶ ^{bc}	۰/۱۵ ^{ej}	۰/۱۳ ^{cg}
۲۷	۲/۴۸ ^{eh}	۱/۵۳ ^{fg}	۴/۲۹ ^{de}	۳/۳۶ ^{ae}	۴/۲۸ ^{ac}	۷۲/۳ ^{bc}	۰/۱۴ ^{ej}	۰/۰۷ ^{eh}
۲۹	۴/۱۰ ^{cf}	۱/۷۳ ^{fg}	۴/۰۰ ^{dg}	۲/۲۳ ^{eg}	۳/۵۶ ^{df}	۷۰/۰ ^{bc}	۰/۱۶ ^{di}	۰/۰۹ ^{dh}
۳۰	۳/۲۲ ^{eh}	۱/۸۲ ^{dg}	۴/۰۶ ^{dg}	۱/۸۸ ^{fh}	۳/۲۸ ^e	۶۲/۲ ^{bc}	۰/۱۲ ^{ej}	۰/۰۷ ^{eh}
۳۱	۳/۴۴ ^{eg}	۱/۵۰ ^{fg}	۴/۸۰ ^{dg}	۴/۰۹ ^{ab}	۳/۵۳ ^{df}	۷۵/۵ ^{bc}	۰/۱۱ ^{fj}	۰/۰۵ ^{gh}
۳۲	۳/۵۷ ^{eh}	۱/۶۵ ^{fg}	۴/۱۷ ^{dg}	۲/۷۵ ^{bg}	۴/۲۱ ^{ae}	۷۵/۵ ^{bc}	۰/۲۱ ^{cf}	۰/۱۴ ^{bf}
۳۳	۲/۸۰ ^{eh}	۱/۸۱ ^{dg}	۴/۴۱ ^{dg}	۲/۳۸ ^{fg}	۴/۱۴ ^{ae}	۷۵/۵ ^{bc}	۰/۲۱ ^{cf}	۰/۰۸ ^{eh}
۳۴	۳/۹۰ ^{c-f}	۱/۷۹ ^{dg}	۴/۱۰ ^{de}	۲/۷۴ ^{bg}	۴/۱۲ ^{ae}	۷۶/۶ ^{bc}	۰/۱۳ ^{eg}	۰/۰۷ ^{eh}
۳۵	۴/۴۱ ^{bc}	۱/۷۹ ^{dg}	۵/۰۳ ^{de}	۳/۴۸ ^{ae}	۳/۳۱ ^e	۷۸/۷ ^{bc}	۰/۱۸ ^{ch}	۰/۱۴ ^{bf}
۳۶	۳/۴۷ ^{e-h}	۲/۰۷ ^{dg}	۴/۷۱ ^{de}	۲/۳۳ ^{eg}	۳/۴۷ ^{cf}	۹۲/۵ ^a	۰/۱۷ ^{di}	۰/۰۹ ^{df}
۳۸	۵/۱۷ ^{ab}	۳/۹۴ ^{ab}	۷/۲۱ ^a	۴/۲۳ ^a	۴/۵۰ ^{ac}	۸۳/۱ ^b	۰/۳۳ ^{ab}	۰/۲۳ ^{ab}
۳۹	۶/۷۳ ^a	۳/۸۴ ^{ab}	۷/۰۶ ^{ab}	۳/۹۵ ^{ac}	۵/۰۷ ^a	۸۹/۴ ^b	۰/۴۰ ^a	۰/۲۶ ^a
۴۰	۲/۸۳ ^{e-h}	۱/۶۸ ^{fg}	۳/۶۷ ^{dc}	۲/۳۴ ^{fh}	۳/۵۱ ^{df}	۶۶/۶ ^{bc}	۰/۱۱ ^{fj}	۰/۰۴ ^h

*- حروف مشابه به معنی عدم تفاوت معنی داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪.

جدول ۹- ضریب همبستگی پیرسون در شرایط مطلوب (صفر بار)

صفت	طول ساقه (cm)	طول کلئوپتیل (cm)	طول ریشه (cm)	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه	سرعت جوانه زنی در روز	درصد جوانه زنی	ریشه تر (g)	وزن خشک (g)	وزن ریشه (g)	شرایط تنش	عملکرد در شرایط نرمال	TOL	SSI	STI	MP	GMP
طول ساقه چه cm	۰/۸۳۹**	۰/۳۳۷**	۰/۳۳۷**	۰/۳۳۷**	۰/۵۳۳**	۰/۶۰۰ P.S	۰/۷۸۶**	۰/۷۸۸**	۰/۴۳۳**	۰/۱۹۳*	۰/۴۳۳**	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۴۳۳**	۰/۴۰۷**	۰/۴۱۶**	
طول کلئوپتیل cm	۱	۰/۶۰۳**	۰/۱۱۷ P.S	۰/۱۱۷ P.S	۰/۴۳۳**	۰/۳۳۵ P.S	۰/۶۳۸**	۰/۶۳۳**	۰/۳۳۳**	۰/۳۰۰*	۰/۳۳۳**	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۳۳۳**	۰/۳۸۶**	۰/۳۹۷**	
طول ریشه چه cm	۱	۰/۶۳۳**	۰/۳۳۷**	۰/۳۳۷**	۰/۳۳۳**	۰/۱۵۸ P.S	۰/۷۹۹**	۰/۷۵۸**	۰/۵۳۳**	۰/۴۶۷**	۰/۴۶۷**	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۵۸۱**	۰/۵۷۱**	۰/۵۷۳**	
نسبت طول ریشه چه به ساقه چه	۱	۱	۱	۱	۰/۳۳۱*	۰/۳۳۵ P.S	۰/۵۰۴**	۰/۵۰۴**	۰/۳۹۲**	۰/۳۷۵ P.S	۰/۳۷۵ P.S	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۳۸۶**	۰/۳۷۹**	۰/۳۸۱**	
سرعت جوانه زنی در روز	۱	۰/۶۴۱**	۰/۶۴۱**	۰/۶۴۱**	۱	۰/۱۸۰ P.S	۰/۶۴۱**	۰/۵۳۸**	۰/۸۳۳ P.S	۰/۸۳۳ P.S	۰/۸۳۳ P.S	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۸۸۹	۰/۸۸۵	۰/۸۸۷ P.S	
درصد جوانه زنی	۱	۰/۱۰۹ P.S	۰/۱۰۹ P.S	۰/۱۰۹ P.S	۱	۱	۰/۱۰۹ P.S	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۳۹۳**	۰/۱۶۰ P.S	۰/۱۶۰ P.S	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۳۳۶*	۰/۳۰۵*	۰/۳۳۳*	
وزن تر ریشه گرم	۱	۰/۷۸۰**	۰/۷۸۰**	۰/۷۸۰**	۱	۰/۷۸۰**	۰/۷۸۰**	۰/۷۸۰**	۰/۵۹۹**	۰/۴۱۷**	۰/۴۱۷**	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۵۹۴**	۰/۵۷۷**	۰/۵۸۸**	
وزن خشک ریشه گرم	۱	۰/۴۳۵**	۰/۴۳۵**	۰/۴۳۵**	۱	۰/۴۳۵**	۰/۴۳۵**	۰/۴۳۵**	۰/۳۲۸**	۰/۳۲۸**	۰/۳۲۸**	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۴۸۶**	۰/۴۷۷**	۰/۴۷۸**	
عملکرد در شرایط تنش YS	۱	۰/۸۲۳**	۰/۸۲۳**	۰/۸۲۳**	۱	۰/۸۲۳**	۰/۸۲۳**	۰/۸۲۳**	۰/۸۴۹**	۰/۸۴۹**	۰/۸۴۹**	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۸۴۹**	۰/۸۳۳**	۰/۸۵۸**	
عملکرد در شرایط نرمال YP	۱	۰/۸۴۹**	۰/۸۴۹**	۰/۸۴۹**	۱	۰/۸۴۹**	۰/۸۴۹**	۰/۸۴۹**	۰/۸۴۹**	۰/۸۴۹**	۰/۸۴۹**	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۸۴۹**	۰/۸۴۹**	۰/۸۴۹**	
TOL	۱	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۱	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	
SSI	۱	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۱	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	
STI	۱	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۱	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	
PM	۱	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۱	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	
GMP	۱	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۱	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۰۰۰۰۰ P.S	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	۰/۹۹۹**	

*** و ** و * - به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و عدم معنی داری

جدول ۱۰- ضریب همبستگی پیوسون در شرایط (۳-بار)

صفت	طول ساقه (cm)	طول کلوتیپیل (cm)	طول ریشه (cm)	طول ریشه طول ریشه	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه	سرعت جوانه زنی در روز	سرعت جوانه	جوانه زنی	درصد	وزن تر (g)	وزن خشک (g)	ریشه (g)	عملکرد در شرایط تنش	عملکرد در شرایط نرمال	TOL	SSI	STI	MP	GMP
طول ساقه چه	۱																		
طول کلوتیپیل		۱																	
طول ریشه			۱																
نسبت طول ریشه چه به ساقه چه				۱															
سرعت جوانه زنی در روز					۱														
درصد جوانه زنی						۱													
وزن تر ریشه گرم							۱												
وزن خشک ریشه گرم								۱											
عملکرد در شرایط تنش Ys									۱										
عملکرد در شرایط نرمال Yp										۱									
TOL																			
SSI																			
STI																			
PM																			
GMP																			

NS - به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی داری

*, **, ***

جدول ۱- ضریب همبستگی پیرسون در شرایط (۶-۷)

صفت	طول ساقه (cm)	طول کلوتیل (cm)	طول ریشه چه سانتی متر	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه	سرعت جوانه زنی در روز	درصد جوانه زنی	ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن خشک ریشه چه	عملکرد در شرایط تنش	عملکرد در شرایط نرمال	TOL	SSI	STI	MP	GMP
طول ساقه چه cm	۱	۰/۴۱۱*	۰/۷۰*	۰/۵۳۳**	۰/۵۹۱**	۰/۴۵**	۰/۵۸**	۰/۲۳ n.s	۰/۲۳ n.s	۰/۲۳ n.s	۰/۲۳ n.s	۰/۲۳ n.s	۰/۲۳ n.s	۰/۲۳ n.s	۰/۲۳ n.s	۰/۲۳ n.s
طول کلوتیل cm	۱	۰/۳۳*	۰/۶۶*	۰/۲۹۳*	۰/۲۸۶ n.s	۰/۳۳*	۰/۲۸**	۰/۳۷۵**	۰/۳۷۵ n.s	۰/۳۷۵ n.s	۰/۳۷۵ n.s	۰/۳۷۵ n.s	۰/۳۷۵ n.s	۰/۳۷۵ n.s	۰/۳۷۵ n.s	۰/۳۷۵ n.s
طول ریشه چه cm	۱	۰/۷۶**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۵۳**	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*
نسبت طول ریشه چه به ساقه چه	۱	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*
سرعت جوانه زنی در روز	۱	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*
درصد جوانه زنی	۱	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*
وزن تر ریشه گرم	۱	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*
وزن خشک ریشه گرم	۱	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*
عملکرد در شرایط تنش YS	۱	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*
عملکرد در شرایط نرمال YP	۱	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۴۳**	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*	۰/۳۳*
TOL																
SSI																
STI																
PM																
GMP																

*** و ** و * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و عدم معنی داری

شاخص‌های مقاومت به خشکی مبتنی بر عملکرد وجود ندارد. با توجه به مقادیر بالای همبستگی طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه با عملکرد دانه، این صفات می‌توانند منشا ارقام زراعی مناسبی برای مناطق خشک و نیمه خشک باشند. نسبت بالای همبستگی بین طول ساقه‌چه و ریشه‌چه با مقاومت به خشکی توسط برخی محققین دیگر نیز گزارش شده است (۲۱).

نتیجه گیری

در این تحقیق فقط اثر متقابل سطوح مختلف پلی‌اتیلن گلیکول (PEG) و ارقام برای صفت وزن تر ریشه معنی‌دار بود و در سایر صفات اثر متقابل سطوح پلی‌اتیلن گلیکول و ارقام معنی‌دار نبود. بنابراین تغییرات صفات مورد بررسی در ارقام و در سطوح مختلف خشکی روند تقریباً یکسانی داشته است. ولی برای صفت وزن تر ریشه‌چه واکنش ارقام برای سطوح تنش خشکی متفاوت بود و حداکثر مقدار صفات در شرایط شاهد آب مقطر بود و با افزایش شدت تنش، اکثر صفات مورد بررسی کاهش یافتند، به طوری که کمترین تأثیر خشکی بر روی نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و بیشترین تأثیر آن بر روی وزن خشک ریشه‌چه بود. صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول کلئوپتیل با عملکرد دانه در هر دو شرایط معمولی و تنش خشکی و با شاخص‌های STI، MP و GMP همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد. هرگونه تغییرات به نژادی در جهت افزایش این صفات موجب افزایش عملکرد خواهد شد. همچنین با توجه به همبستگی بالای این صفات با شاخص‌های مذکور و عملکرد دانه، می‌توانند معیار مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی باشند. نتایج آزمایش نشان داد که ژنوتیپ‌های ۳۷، ۳۸ و ۳۹ دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های ۵ و ۴۰ کمترین مقادیر MP، STI و GMP را به خود اختصاص دادند.

به ترتیب جزء متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش خشکی بودند لذا می‌توان نتیجه گرفت که روش پلی‌اتیلن گلیکول روش نسبتاً سریع و مطلوب در بین روش‌های آزمایشگاهی برای انتخاب اولیه ارقام مقاوم به کمبود آب است و تنوع بین ارقام را در مراحل اولیه رشد نشان می‌دهد. بنظر می‌رسد برای طبقه بندی و غربال ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی باید از روش‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای استفاده نمود.

وزن خشک ریشه‌چه: با افزایش تنش خشکی از شاهد صفر تا ۶- بار وزن خشک ریشه‌چه کاهش یافت. ژنوتیپ‌های شماره ۳۸ و ۵ با داشتن میانگین ۰/۲۶ و ۰/۰۵ گرم بترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار ماده خشک ریشه‌چه بودند. همانطوری که اشاره شد با کاهش پتانسیل اسمزی آب کاهش معنی‌داری در وزن خشک ریشه مشاهده شد. در تحقیقی (۳) عنوان شد عملکرد علاوه بر وزن کل ریشه، با عمق نفوذ ریشه نیز بستگی دارد. از طرف دیگر چنین گزارش شده است (۲۰) که ژنوتیپ‌ها از نظر وزن خشک ریشه تفاوت آماری معنی‌داری داشتند که علت آن به قدرت جذب آب توسط ریشه‌چه در پتانسیل‌های آبی کم بر می‌گردد. این پدیده ژنتیکی و ارتباط مستقیم با مقاومت گیاه دارد.

همبستگی بین صفات در دو شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای

نتایج همبستگی بین صفات آزمایشگاهی و مزرعه‌ای در جداول ۹، ۱۰ و ۱۱ ارائه شده است و در شرایط مطلوب صفر بار جدول ۹ همبستگی بین صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول کلئوپتیل، وزن تر و خشک ریشه‌چه با عملکرد دانه در هر دو شرایط محیط مثبت و معنی‌دار بود. در مطالعه زارعی و همکاران (۲۹) نیز بین صفات مذکور با عملکرد دانه همبستگی مشاهده شده بود. در شرایط تنش خفیف (۳- بار) جدول ۱۰ بین صفات آزمایشگاهی با عملکرد دانه در شرایط نرمال و با شاخص‌های مقاومت به خشکی هیچگونه همبستگی دیده نشد. اما همبستگی طول کلئوپتیل با طول ریشه‌چه، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، وزن تر و خشک ریشه‌چه و با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی مثبت و معنی‌دار بود. در شرایط تنش شدید (۶- بار) جدول ۱۱ طول ریشه‌چه با سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، وزن تر و خشک ریشه‌چه، عملکرد دانه و همچنین با شاخص‌های STI، GMP و MP دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود. بنابراین با استفاده از PEG 6000 در غلظت‌های مختلف و اعمال تنش در آزمایشگاه و با مطالعه مولفه‌های جوانه‌زنی و ارتباط آن با صفات مزرعه‌ای و شاخص‌های مقاومت می‌توان به حساسیت یا مقاومت احتمالی ژنوتیپ‌ها پی برد. این نتایج با یافته‌های (۱۶ و ۲۳) مبنی بر اینکه همبستگی بین صفات جوانه‌زنی با شاخص‌های STI، MP و MP در شرایط نرمال و تنش خشکی می‌تواند در جداسازی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش موثر واقع شود همخوانی داشت و با یافته‌های (۸ و ۲۵) در تضاد است که گزارش کردند همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات جوانه‌زنی و

منابع

- ۱- اسکوتی، ب. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر برخی از لاین‌های گندم در مرحله رشد رویشی، یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه شهید بهشتی ص ۱۲۳.
- ۲- اصغری، ع. ۱۳۷۷. طبقه بندی ارقام گندم دیم از نظر مقاومت به خشکی. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج. ص ۲۵۳-۲۵۴.
- ۳- روستائی، م. د. صادق زاده اهری، و ب. ارشدی. ۱۳۸۲. بررسی ارتباط صفات مؤثر بر عملکرد دانه گندم با استفاده از تجزیه به عامل‌ها در شرایط دیم. مجله دانش کشاورزی جلد یک صفحه ۱۳.
- ۴- کوچکی، ع. م. راشد محصل، و م. صدرآبادی. ۱۳۶۷. مبانی فیزیولوژی رشد و نمو گیاهان زراعی انتشارات آستان رضوی. ۴۰۴ صفحه.
- ۵- گراوندی، م. ع. فرشادفر، د. و کهریزی. ۱۳۸۹. ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم در شرایط آزمایشگاه و مزرعه. فصلنامه به نژادی نهال و بذر.
- ۶- ملکوتی، م. ج. و م. نبی غیبی. ۱۳۷۹. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک کشور. نشر آموزش کشاورزی چاپ ۲. ص ۳۴.
- 7- Ashraf, M., and P. J. C. Harris. 2005. Abiotic stresses: Plant resistance through breeding and molecular approaches. The Haworth Press, New York, pp, 725.
- 8- Azizinia., S. M. R. Ghannadha, A. A. Zali, B. Yazdi-Samadi, and A. Ahmadi. 2005. An evaluation of quantitative traits related to drought resistance in synthetic wheat genotypes in stress and non-stress conditions. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 36: 281-293 .
- 9- Baalbaki, R. Z., K. Zuray, R. A. Bleik, M. M. and S. N. Talhouk. 1999. Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat moisture stress. Seed Science and Technology. 27: 291-302.
- 10- Balouchi, H. R. 2010. Screening wheat parents of mapping population for heat and drought tolerance, Selection of wheat genetic variation. International Journal of Biological and Life Sciences. 6: 56-66.
- 11- Bayoumi, T. Y. H., M. H. Eid, and E. M. Metwali. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought to landrace in wheat genotypes. African journal of Biotechnol. 7(14), 2341-2352.
- 12- Belcher, E. W. and L. Miller. 1974. Influence of substrate moisture level on the germination of sweet gum and pin seed. Proceeding of the Association of official Seed Analysis, 65: 88-89.
- 13- Cattivelli, L., F. Rizza, F. W. Badeck, E. Mazzuotelli, A. Tondelli, and C. Mare. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crop Reserch. 105: 1-14.
- 14- Dhanda, S. S., G. S. Sethi, and R. K. Behl. 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. Journal of Agronomy and Crop Science volume 19, Issue 1. Pages 6-12.
- 15- Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceeding of the Symposium. Taiwan, 13-16 Aug. 1992. By C. G. Kno. AVRDC.
- 16- Fischer, R. A., and R. Maurer. 1978. "Drought resistance in spring wheat cultivars, I. Grain yield responses Tour. Agriciencie. Reserch: 29: 897-912.
- 17- Golabadi, M., A. Arzani, and S. A. M. Mirmohamadi maibody. 2006. Assessment of drought tolerance in segregation population in durum wheat. African Journal of Agricultural Research 1: 162-17.
- 18- Hussain, S. S. 2006. Molecular breedhng for abiotic steress tolerance: droght perspective. Procpakistan Academic Science, 43(3),189-210.
- 19- Metwali, M. R., Ehab; Manal, H. Eid. and Tarek, Y. Bayoumi. 2011. Agronomical traits and biochemical genetics markers associated with salt tolerance in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Australian journal of Basic and Applied Sciences, Volume 5 Issue5, pages 174.
- 20- Michel, E. B. and M. K. Kaufman. 1974. The osmotic potential of polyethylen glycol 6000. Plant. Physiology. 51: 914-916.
- 21- Nourmand, F., M. A. Rostami, and M. R. Ghannadha. 2001. Evaluation of drought resistance indices in bread wheat (*triticum aestivum* L). Iranian Journal Agriculture Science. 32: 4.7, 5-805.
- 22- Ouk, M., J. Basnayake, M. Tsubo, S. Fukai, K. S. Fischer, M. Cooper, and H. Nesbitt. 2006. Use of drought response index for identification of drought tolerant genotypes in rainfed lowland rice. Field Crop Research 99: 48-58.
- 23- Pan, X. Y., Y. F. Wang, G. X. Wang, Q. D. Cao, and J. Wang. 2002. Relationship between growth redundancy and size inequality in spring wheat populations mulched with clear plastic film. Acta Phytoecol. Sinica. 26: 177-184.
- 24- Rauf, M., Munir, M. U-Hassan, M. Ahmed, and M. Afzai. 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. African journal of Biotechnology. 8, 971- 975.
- 25- Saeidi, M., A. Ahmadi, K. Postini, and M. R. Jahansooz. 2007. Evaluation of germination traits of different genotypes of wheat in osmotic stress situation and their correlations with speed of emergence and drought tolerance

- in Farm situation. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 11: 281-293 (in Farsi).
- 26- Seefeldt, S. S., K. K. Kidwell, and J. E. Waller. 2002. Base growth temperature, germination rates and growth response of contemporary spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars from the USA Pacific North West. Field Crops Reserch. 75: 45-52.
- 27- Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini, and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops research, 98: 222-229.
- 28- Soltani, A., E. Zeinali, S. Galeshi, and N. Latifi. 2001. Genetic variance for and interrelationship among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea Coast of Iran Seed Science andTechnology. 29: 653-662.
- 29- Zarei, L., E. Farshadfar, R. Haghparast, R. Rajabi, and M. Mohammadi SarabBadieh. 2007. Evaluation of some indirect traits and indexes to identify drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Asian Journal of Plant Science 6: 1204-1210.