نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۵۹۶-۵۸۲

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 4, Winter. 2015, p. 582-596

بررسی سطوح تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول (PEG 6000) بر مؤلفه های جوانی‌زنی بذر و ارتباط آن با شاخص‌های تحمل به خشکی در ارقام و لاین‌های 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 پلی‌اتیلن گلیکول (۶۰۰۰) بر روی مؤلفه‌های جوانه‌زنی و سلیکسیون اولیه ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی گندم و همبستگی بین صفات مرتبط با جوانی‌زنی 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 بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از ۴ سطح پلی اتیلن گلیکول (۰، ۳-، ۶-، ۹- بار) مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، طول کلئوپتیل، وزن خشک و تر ریشه‌چه، سرعت و درصد جوانی‌زنی اندازه‌گیری شدند. آزمایش مزرعه‌ای در هر دو شرایط مطلوب و تنش خشکی با ۳ تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. نتایج آزمایشگاهی نشان داد که اعمال تیمارهای تنش خشکی اثر معنی‌داری بر کلیه صفات مورد بررسی داشت. همچنین اختلاف بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای این صفات معنی‌دار شد. بالاترین درصد و سرعت جوانی‌زنی بترتیب ۷۹/۹ درصد و ۴/۲ روز متعلق به شرایط نرمال بود. اعمال تنش (۳-) بار اثر معنی داری بر طول ساقه‌چه، طول کلئوپتیل، طول ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه نداشت امّا موجب کاهش معنی‌دار درصد جوانی‌زنی شد، به گونه‌ای که در تیمار تنش شدید (۶- بار) به جز طول ریشه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه سایر صفات به صورت کاملاً معنی‌دار کاهش یافتند. در شرایط مطلوب (صفر بار) بین کلیه صفات اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه با عملکرد دانه و شاخص‌های مقاومت، همبستگی مثبت و معنی‌دار بود. ولی در شرایط تنش خفیف (۳- بار) و تنش شدید (۶- بار) وزن تر و خشک ریشه‌چه و طول ریشه‌چه با عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود. نتایج آزمایش مزرعه‌ای نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش خشکی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. نتایج تحلیل همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه نشان داد که شاخص تحمل به تنش، شاخص میانگین بهره‌وری و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط مطلوب و تنش خشکی مناسب هستند. بر اساس نتایج ضرایب همبستگی بین مولفه‌های جوانی‌زنی با عملکرد دانه و همچنین همبستگی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی با عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی، ژنوتیپ‌های 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'') متحمل‌ترین و ارقام مهدوی و گاسپارد حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها 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، انسیتو 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 محیط های خشک شده، می‌گذرد و با وجود این که تحقیقات پایه، نتایج معنی‌داری در درک واکنش های 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 طویل، 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 بنابرین انتخاب ارقامی که علاوه بر تحمل به تنش خشکی در مرحله جوانی‌زنی و سبز شدن، عملکرد بالایی نیز داشته باشد از اهمیّت 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 می یابد (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 غربال متفاوتی در این مرحله برای اصلاح و ایجاد مقاومت به خشکی ارائه شده است. تعدادی از روش های 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 پلی اتیلن 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 پرداخته اند. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که می‌توان در مرحله گیاهچه به غربال 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 تنش های 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 عکس‌العمل های متفاوت صفات اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌ها در پتانسیل‌های مختلف به نظر می‌رسد برای طبقه‌بندی و غربال ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی باید از معیارهای چند گزینه‌ای 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

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 عکس‌العمل مؤلفه‌های جوانی‌زنی و رشد اولیه در ژنوتیپ‌های گندم نان به سطوح مختلف تنش خشکی و ارتباط آن با شاخص‌های 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 (۶۰۰۰) اعمال گردید. غلظت پلی اتیلن گلیکول که برای تهیه پتانسیل آب لازم بود از طریق رابطه زیر بدست آمد (۲۰):

$QS=(1018\times10^{-2})C-(1018\times10^{-4})\ C^2+(2067\times10^{-4})\ CT+(8039\times10^{-7})\ C^2T$

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 ضدعفونی 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 جوانی‌زنی به صورت روزانه و ساعت خاصی از روز دوم شروع شد و تا روز هشتم ادامه داشت. خروج ریشه‌چه به اندازه دو میلیمتر یا بیشتر به عنوان معیار جوانی‌زنی در نظر گرفته شد (۳۰). در انتهای آزمایش (روز هشتم) ۱۰ گیاهچه به صورت تصادفی از داخل هر پتری انتخاب و طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و طول کلئوپتیل با خط‌کش و بر حسب سانتی متر اندازه‌گیری و ثبت شد. گیاهچه‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت قرار داده و سپس وزن خشک آنها با ترازوی حساس اندازه‌گیری شد. برای محاسبه درصد و سرعت جوانی‌زنی از فرمولهای زیر استفاده گردید (۱۳).

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

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

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 (۵۰درصد گلدهی) با سه تکرار اجرا گردید. پدیگیری 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 ۵۰درصد 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 میانگین حسابی عملکرد[1]

(GMP)=(YS*YP)1/2 میانگین هندسی عملکرد[2]

(STi)=(YS*YP)/(YP) شاخص تحمل تنش[3]

YP= عملکرد پتانسیل در شرایط بدون تنش

YS= عملکرد در شرایط تنش

$\overline{YP}$ = میانگین کل ژونوتیپ ها عملکرد در شرایط بدون تنش

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

نتایج و بحث

نتایج مزرعه ای

نتایج تجزیه واریانس شرایط مزرعه‌ای 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 گلچه‌های بارور، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و تعداد روز تا رسیدگی در سطح پنج درصد معنی‌دار و در صفات تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت غیر معنی‌دار بود.

1-Mean productivity
2- Geometrc mean productivity
3- Stess tolerance index

جدول ۱- نام یا پدیگری لاین های مورد بررسی

۱	پیشتاز
۲	مرودشت
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

در شرایط معمولی نیز به جز تعداد دانه در سنبله و تعداد روز تا رسیدگی در بقیه صفات تفاوت بین ژنوتیپ‌ها در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود. این امر نشان‌دهنده وجود تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی است. با توجه به جدول ۴ در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های شماره ۳۷، ۳۹ و ۳۸ با عملکردهای ۴۸۷/۶۶، ۵۰۱/۳۳ و ۵۰۱/۳۳ گرم در مترمربع دارای بیشترین و لاین‌های شماره ۲ و ۵ با داشتن ۴۱۷ و ۴۲۵ گرم در مترمربع دارای کمترین عملکرد دانه بودند. در شرایط نرمال لاین‌های ۳۹، ۳۷، ۱۱، ۲۸ و ۳۸ با عملکردهای ۶۶/۳۳، ۶۶/۵۶۸، ۵۷۴/۵۷۴، ۵۶۳ و ۵۸۶/۳۳ گرم در مترمربع دارای بیشترین ولاین‌های شماره ۳۰ و۴۰ با داشتن ۴۹۳ و ۴۹۴ گرم در مترمربع دارای کمترین عملکرد دانه بودند. با توجه به اطلاعات جدول ۴ ژنوتیپ‌های شماره ۳۸، ۳۷ و ۳۹ علاوه بر

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 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.

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		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 گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی
تکرار	۲	۴/۷۴۸	۲/۵۴	۱/۰۰۳	۱/۸۳	۲/۷۳	۳/۷۲	۱/۷۳	۳/۵۳۵	۶/۰۶	۴/۴۲	۲۱/۲۸۶
ژنوتیپ ها	۳۹	۴/۶۴۸**	۲/۰۵**	۲/۳۹۲**	۱/۴۶*	۳/۸۵^{ns}	۱۵۳۱۶/۹۷۴*	۱/۷۹۳*	۲/۲۷^{ns}	۱۲/۵۹۴**	۱/۹۱۱**	۱۱/۶۷۶*
خطای آزمایشی	۷۸	۱۲۵/۹۰۲	۵۲۴/۴۲	۱۵۶۵/۶۰۸	۱۲۵۲/۸۷	۳۵۶/۳۱۷	۱۱۶۹/۹۸۸	۵۲۴۷۶/۴۶۴	۸۶۶/۷۹۳	۲۳۱/۹۳۳	۱۰۴۸/۳۱۷	۹۱۲/۵۵
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۴۸	۱۲/۵۴	۱۳/۹۰	۱۷/۱۹	۹/۶۸	۱۰/۰۴	۱۵/۸۲	۱۷/۳	۱۳/۵۴	۱۲/۱۱	۱۸/۶

** ، * و ns – به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال۱٪ و ۵٪ و عدم معنی داری

جدول۳- تجزیه واریانس صفات مختلف گندم نان در شرایط نرمال

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		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 گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی
تکرار	۲	۴/۷۴۸	۲۴۹/۰۵۸	۵۹/۵۰	۱۸/۰۳۳	۱۱۷۰/۴۵	۳۷/۲۶۴	/۵۰۸ ۴۱۸۴	۱۲/۵۰۸	۲۸/۲۳۳	۲۰/۵۳۰	۲/۵۴۸
ژنوتیپ ها	۳۹	۶۷/۱۱^{ns}	۲۵/۶۹۷**	۳۷/۴۵۱*	۱۲۰۶/۸۷*	۱۴/۱۹*	۱۵۳۶/۹۷۴*	۳/۲۵^{ns}	۲۲/۶۰۷*	۴۸/۹۴۷**	۱۳/۸۴۳**	۴/۶۴۸**
خطای آزمایشی	۷۸	۱۳/۴۴	۲/۹۷۴	۱۱/۱۱۳	۶۲۷/۷۵	۱۵۳۷۹/۷۰	۲/۳۱۰	۴/۵۶۸	۱۵/۴۲۲	۲۰/۴۵۷	۶/۷۲۳	۱/۶۱۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۵۴	۱۱/۴۵	۱۰/۶۴	۹/۴۲	۱۰/۸۲	۹/۶۸	۱۷/۱۶	۱۳/۹	۹/۴۵	۷/۴۸	۱۳/۲۳

** ، * و ns – به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال۱٪ و ۵٪ و عدم معنی داری

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 وMP با عملکرد دانه بیانگر هم جهت و مفید بودن تاثیر استفاده از این شاخص‌ها برای انتخاب تحت هر دو شرایط محیطی می‌باشد و انتظار می رود که ژنوتیپ‌های انتخاب شده بر اساس این شاخص ها عملکرد مطلوبی در شرایط مطلوب و تنش خشکی داشته 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 ٤- 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	۱۹۲۴/۰۸	۴۸۲	۴۷۷/۹۸
۲۳	۴۳۱/۳۳	۵۳۳/۶۵	۱۰۲/۳۳	۱/۶۱	۱۹۴۸/۲۱	۴۸۲/۵	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	۴۸۵/۲۴
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	۴۹۰/۸۶
۴	۴۵۷/۳۳	۵۳۸	۸۰/۶۶	۱/۲۹	۲۰۹۰/۷۰	۴۹۷/۶۶	۴۹۵/۸۳
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	۰۱/۲۳۹		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 احتما ل ۵٪ و ۱٪

نتایج آزمایشگاهی

نتایج آزمایشگاهی جدول ۶ نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها و سطوح مختلف تنش خشکی از لحاظ صفات طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، طول کلئوپتیل و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، سرعت و درصد جوانه‌زنی، وزن خشک و وزن تر ریشه‌چه اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود داشت. همچنین نتایج نشان داد که به جز نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، سایر صفات در سطوح خشکی معنی‌دار بود، اما اثر متقابل رقم × خشکی معنی‌دار نبود.

درصد جوانه‌زنی: مقایسه میانگین درصد جوانی‌زنی در (جدول ۷) نشان داد که با افزایش تنش خشکی درصد جوانی‌زنی کاهش یافت و میانگین درصد جوانی‌زنی 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 جوانی‌زنی بودند. مشاهده شده است زمان لازم جهت سبز شدن شاخص خوبی از نظر قدرت و عملکرد بذر میباشد و این نتیجه در توافق با یافته (۲ و ۳) بود. کاهش شاخص‌های جوانی‌زنی را می‌توان 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 می‌دهد (۱۵). کاهش درصد جوانی‌زنی ارقام گندم در شرایط تنش خشکی بیانگر حساسیت این ارقام به تنش می‌باشد که این مورد توسط (۸، ۲۳ و ۲۵) گزارش شده است.

سرعت جوانه‌زنی: با کاهش پتانسیل اسمزی تا سطح ۶- بار سرعت جوانی‌زنی 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 جوانی‌زنی بودند. از خصوصیات مهم گیاهان زراعی قابلیت واکنش آنها به تغییرات رطوبتی، از طریق رشد سریع ریشه‌های آنان به طرف منبع رطوبت قابل دسترس و سرعت جوانی‌زنی سریع است که این‌های مذکور به علت سرعت جوانی‌زنی سریع جز لاین‌های متحمل بودند که این نتیجه موافق یا یافته‌های (۴، ۹ و ۱۱) بود. کاهش سرعت و درصد جوانی‌زنی به دلیل آن است که تنش باعث افزایش فشار اسمزی در محیط اطراف بذر یا ریشه‌چه گیاه می‌شود که در این صورت جذب آب توسط بذر یا ریشه با اشکال مواجه می‌گردد. کاهش درصد و سرعت جوانی‌زنی با افزایش خشکی در بسیاری از گیاهان بویژه غلات گزارش شده است و کاهش سرعت جوانی‌زنی را به دلیل کاهش پتانسیل آب و کاهش دسترسی بذر به آب مرتبط دانسته‌اند. همچنین قابلیت دسترسی بذر به آب با کاهش پتانسیل اسمزی (مواد محلول) و ماتریک (مکش) کاهش می‌یابد. لذا پتانسیل آب محیط تأثیر مستقیم بر سرعت جذب آب و جوانی‌زنی دارد (۸ و ۲۵).

طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه: با افزایش شدت تنش از پتانسیل صفر آب مقطر به (۶- بار) طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بترتیب به مقدار ۱۵/۴ درصد و ۱۶/۱ درصد کاهش یافت و میزان کاهش در اثر افزایش شدت تنش در طول ساقه‌چه به مراتب بیشتر از طول ریشه‌چه بود (جدول ۷). بنابراین طول ریشه‌چه با توجه به اینکه کمتر تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد، می‌تواند صفت قابل اطمینان در برنامه‌های 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 ریشه‌چه بودند، همچنین ژنوتیپ‌های شماره ۳۹ و ۵ با داشتن میانگین ۶/۷۳ و ۲ سانتیمتر دارای بیشترین و کمترین مقدار طول ساقه‌چه بودند. بنابرین ارقامی که دارای بیشترین تعداد ریشه‌های جنینی در زمان جوانی‌زنی بودند، بیشترین عملکرد دانه را داشتند و مشخص شد که سیستم ریشه گسترده با تحمل به خشکی همبستگی دارد. توسعه ریشه تحت تاثیر پتانسیل آب خاک قرار می‌گیرد. با افزایش تنش خشکی سرعت رشد ریشه‌ها کاهش می‌یابد البته رشد ریشه نسبت به رشد قسمت‌های هوای گیاه کمتر تحت تاثیر قرار می‌گیرد به طوری که نسبت کلی اندام‌های هوایی به ریشه کاهش می‌یابد (۲۹). کاهش رشد طولی

ساقه‌چه و افزایش رشد طولی ریشه‌چه از مکانیزم‌های مهم اولیه در مواجه 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 مؤلفه های 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، بنابرین طول غلاف برگ و ریشه‌چه می‌تواند یکی دیگر از صفات به‌گزینی در مناطق خشک محسوب شود. بذر واریته‌هایی 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 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 عکس العمل ژنوتیپ‌ها در سطوح مختلف خشکی یکسان بود که مخالف با یافته‌های (۹) بود. نسبت زیاد ریشه به اندامهای هوایی یکی از روش های 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 طبقه بندی 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.

جدول ٦- تجزیه واریانس صفات مختلف برای ٤٠ ژنوتیپ گندم و ٣ 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

** ، * و ns – به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال۱٪ 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 جوانی‌زنی‌روز	درصد جوانه‌زنی	وزن تر ریشه‌چه (g)	وزن خشک ریشه‌چه (g)
خشکی	(۰)	۳/۸۴ a	۲/۳۴ a	۳/۸۵ b	۲/۹۱ a	۴/۱۲۶ a	۷۹/۹ a	۰/۱۸۴a	۰/۱۲۰ a
(PEG)	(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
	(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 ساقه‌چه (cm)	طول کلئوپتیل (cm)	طول ریشه‌چه (cm)	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه	سرعت جوانی‌زنی روز	درصد جوانه‌زنی	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	۰/۰۵gh
۲	۳/۱۵ eh	۱/۵۵ fg	۴/۴۸ dc	۳/۰۰ ae	۳/۶۸df	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	۴/۳۳ad	۷۱/۱ bc	۰/۱۳ ej	۰/۰۸ eh
۵	۲/۰۰۰ e	۱/۳۸ g	۲/۰۶ g	۱/۲۹ h	۱/۸۵ g	۲۷/۳ c	۰/۱۳ ej	۰/۰۵ eh
۶	۳/۴۶ eh	۱/۹۰ dg	۵/۱۵ dg	۲/۸۵ bg	۳/۹۵bf	۶۱/۱ bc	۰/۱۷di	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	۲/۷۶bc	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	۳/۲۰۰ eh	۲/۴۴ dg	۴/۰۱ dc	۲/۸۴ bg	۳/۶۲ df	۶۵/۵ bc	۰/۱۰gj	۰/۰۵ gh
۱۲	۲/۶۴ eh	۱/۷۸ dg	۲/۸۶ fg	۲/۶۰ dh	۳/۸۸ gf	۶۵/ ۵bc	۰/۱۴ ej	۰/۱۰ ch
۱۳	۳/۰۰۰ eh	۲/۳۳ dg	۳/۵۶ dc	۳/۵۱ ae	۳/۸۸ bf	۶۵/۵ bc	۰/۱۴ ej	۰/۱۰ eh
۱۴	۳/۳۸eh´	۱/۷۹ dg	۵/۶۰ ac	۳/۵۲ ae	۴/۰۴ bf	۷۱/۱ bc	۰/۱۳ ej	۰/۱۲ ch
۱۵	۳/۵۷eh´	۲/۲۶dg	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	۶۴/۴bc	۰/۱۵ ej	۰/۰۷ eh
۱۹	۲/۴۳eh	۱/۶۰ fg	۳/۳۶ F-G´	۲/۲۰ fg´	۳/۸۲ bf	۷۷/۷ bc	۰/۱۷ cg´	۰/۱۲ch
۲۰	۳/۱۰ eh	۱/۳۷ g	۴/۳۴ de	۳/۸۸ae	۳/۷۷ bf	۷۳/۳ bc	۰/۱۷ cg	۰/۰۷eh
۲۱	۴/۴۰bc	۲/۷۲ cf	۴/۱۶ de	۱/۷۷ fa	۳/۷۶ df	۷۷/۷ bc	۰/۱۶ds	۰/۱۲ ch
۲۲	۵/۸۳ ab	۴/۴۰a	۵/۳۳ de	۳/۳۲ ae	۴/۷۹ ab	۷۳/۹ b	۰/۲۱cf	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	۲/۵۳ eh	۱/۵۷ fg´	۳/۷۶ dc	۲/۷۰ cg´	۴/۴۸ ac	۷۸/۸ b	۰/۰۸ j	۰/۰۵ gh
۲۵	۵/۳۳ab	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	۰/۱۰hj	۰/۰۷ eh
۲۸	۲/۸۷ eh	۲/۳۲ dg	۳/۴۸ dg	۱/۸۸ fg´	۴/۳۰ ac	۷۶/۶ bc	۰/۱۵ej	۰/۱۳ cg
۲۷	۲/۴۸ eh	۱/۵۳ fg	۴/۲۹ de	۳/۳۶ ae	۴/۲۸ ac	۷۲/۲ 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	۰/۱۶di	۰/۰۹ dh
۳۰	۳/۲۲ eh	۱/۸۲ dg	۴/۰۶ dg	۱/۸۸ fh	۳/۲۸ e	۶۲/۲bc	۰/۱۲ ej	۰/۰۷eh
۳۱	۳/۴۴eg´	۱/۵۰fg´	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	۰/۲۱cf	۰/۱۴bf
۳۳	۲/۸۰ eh	۱/۸۱ dg	۴/۴۱ dg	۲/۳۸ fg´	۴/۱۴ ae	۷۵/۵bc	۰/۲۱ cf	۰/۰۸ eh
۳۴	۳/۹۰۰ c-f	۱/۷۹dg	۴/۱۰ de	۲/۷۴ bg	۴/۱۲ ae	۷۶/۶ bc	۰/۱۳eg	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	۲/۳۲ eg	۳/۴۷ ef	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	۰/۲۲ab
۳۹	۶/۷۳a	۳/۸۴ab	۷/۰۶ ab	۳/۹۵ ac	۵/۰۷ a	۸۹/۴ b	۰/۴۰ a	۰/۲۶a
۴۰	۲/۸۲ e-h	۱/۶۸ fg	۳/۶۷ dc	۲/۳۴ fh	۳/۵۱ df	۶۶/۶ bc	۰/۱۱fj	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 چه (cm)	طول کلئوپتیل (cm)	طول ریشه چه (cm)	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه	سرعت جوانه زنی در روز	درصد جوانه زنی	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	عملکرد در شرایط تنش	عملکرد در شرایط نرمال	TOL	SSI	STI	MP	GMP
طول ساقه چه cm	۱	۰/۸۳۹**	۰/۷۴۷**	۰/۳۲۷*	۰/۵۳۹**	۰/۰۶۰ n.s	۰/۷۸۶**	۰/۷۱۸**	۰/۴۲۳**	۰/۲۹۳*	-۰/۰۴۵n.s	-۰/۰۹۸n.s	۰/۴۲۳*	۰/۴۰۷**	۰/۴۱۶**
طول لئوپتیل cm		۱	۰/۶۰۳**	۰/۱۷ n.s	۰/۴۷۶**	۰/۰۳۵ n.s	۰/۶۳۸**	۰/۶۴۳**	۰/۳۷۳**	۰/۳۰۰*	۰/۰۰۵ n.s	-۰/۰۴۰n.s	۰/۳۹۸**	۰/۳۸۶**	۰/۳۹۳*
طول ریشه چهcm			۱	۰/۶۷۳**	۰/۳۸۱**	۰/۱۵۸ n.s	۰/۷۱۹**	۰/۷۵۸**	۰/۵۲۴**	۰/۴۶۷**	۰/۰۵۴ n.s	-۰/۰۳۰n.s	۰/۵۸۱**	۰/۵۷۱**	۰/۵۷۳**
نسبت طول ریشه چه به ساقه چه				۱	۰/۳۴۱*	۰/۲۷۶ n.s	۰/۵۰۳**	۰/۵۰۴**	۰/۳۹۲**	۰/۲۷۵ n.s	-۰/۰۳۷n.s	-۰/۱۱۷n.s	۰/۳۸۶**	۰/۳۷۹**	۰/۳۸۱**
سرعت جوانه زنی در روز					۱	-۰/۱۸۰n.s	۰/۶۴۱**	۰/۵۳۸**	۰/۱۸۲ n.s	۰/۱۳۶ n.s	-۰/۰۱۴n.s	-۰/۰۴۰n.s	n.s ۰/۱۸۹	n.s ۰/۱۸۵	۰/۱۸۷n.s
درصد جوانه زنی						۱	۰/۱۰۹ n.s	-۰/۰۰۲n.s	/۳۹۳**	۰/۱۶۰ n.s	-۰/۱۶۲n.s	-۰/۲۰۱n.s	۰/۳۲۶*	۰/۳۰۵*	۰/۳۲۳*
وزن تر ریشه گرم							۱	۰/۷۸۰**	۰/۵۹۹**	۰/۴۱۷**	-۰/۰۶۲n.s	-۰/۱۴۸n.s	۰/۵۹۴**	۰/۵۷۷**	۰/۵۸۸**
وزن خشک ریشه گرم								۱	۰/۴۴۵**	۰/۳۸۳**	۰/۰۳۱ n.s	-۰/۰۴۸n.s	۰/۴۸۶**	۰/۴۷۷**	۰/۴۷۸**
عملکرد در شرایط تنش ys									۱	۰/۴۷۸**	-۰/۳۳۷*	-۰/۴۶۱**	۰/۸۶۹**	۰/۸۲۳**	۰/۸۵۸**
عملکرد در شرایط نرمال yp										۱	۰/۶۶۶**	۰/۵۵۲**	۰/۸۴۹**	۰/۸۲۹**	۰/۸۶۱**
TOL											۱	۰/۹۸۵**	n.s ۰/۱۷۱	n.s ۰/۲۵۷	n.s ۰/۱۹۱
SSI												۱	۰/۹۹۵**	۰/۹۹۵**	۰/۹۹۹**
STI													۱	۰/۹۹۷**	۰/۹۹۹**
PM														۱	/۹۹۷**
GMP															۱

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

جدول۱۰- ضریب همبستگی پیرسون در شرایط (۳- بار)

صفت	طول ساقه چه (cm)	طول کلئوپتیل (cm)	طول ریشه چه (cm)	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه	سرعت جوانه زنی در روز	درصد جوانه زنی	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	عملکرد در شرایط تنش	عملکرد در شرایط نرمال	TOL	SSI	STI	MP	GMP
طول ساقه چه cm	۱	۰/۸۶۳**	۰/۷۵۶**	۰/۲۰۴ n.s	۰/۳۵۵**	۰/۲۶۳ n.s	۰/۶۳۵**	۰/۵۸۹**	۰/۲۸۵ n.s	۰/۰۸۳۲ n.s	-۰/۱۵۳n.s	-۰/۱۷۶n.s	n.s ۰/۲۱۹	n.s ۰/۲۰۰	n.s ۰/۲۱۴
طول لئوپتیل cm		۱	۰/۶۷۵**	۰/۲۳۱ n.s	۰/۴۱۵**	۰/۳۵۲**	۰/۶۶۹**	۰/۶۲۷**	۰/۳۳۰*	۰/۱۷۰ n.s	-۰/۰۹۸n.s	-۰/۱۳۲n.s	n.s ۰/۲۹۶	n.s ۰/۲۷۹	n.s ۰/۲۹۱
طول ریشه چهcm			۱	۰/۵۴۲**	۰/۲۸۷ n.s	۰/۲۵۴ n.s	۰/۴۸۶**	۰/۴۵۹**	۰/۲۵۷ n.s	۰/۰۵۶ n.s	-۰/۱۵۸n.s	-۰/۱۸۸n.s	n.s ۰/۱۸۷	n.s ۰/۱۶۸	n.s ۰/۱۷۹
نسبت طول ریشه چه به ساقه چه				۱	۰/۲۸۱ n.s	۰/۲۹۴ n.s	۰/۲۷۷ n.s	۰/۲۰۵ n.s	۰/۰۳۹ n.s	۰/۰۲۷ n.s	-۰/۰۰۳n.s	۰/۰۰۲۵n.s	n.s ۰/۰۴۱	n.s ۰/۰۳۷	n.s ۰/۰۳۶
سرعت جوانه زنی در روز					۱	۰/۶۰۸**	۰/۲۸۷**	۰/۴۸۰**	۰/۱۶۴ n.s	-۰/۰۷۳n.s	-۰/۲۱۸n.s	-۰/۲۳۷n.s	n.s ۰/۰۴۸	n.s ۰/۰۳۷	n.s ۰/۰۵۰
درصد جوانه زنی						۱	۰/۴۸۵**	۰/۴۱۱**	۰/۰۹۲ n.s	۰/۱۵۸ n.s	۰/۰۹۱ n.s	-۰/۰۷۱n.s	n.s ۰/۱۳۸	n.s ۰/۱۴۹	n.s ۰/۱۴۳
وزن تر ریشه گرم							۱	۰/۶۷۵**	۰/۳۲۰*	۰/۳۸۶*	۰/۱۴۲ n.s	۰/۰۸۴ n.s	۰/۴۱۱**	۰/۴۱۴**	۰/۴۰۹**
وزن خشک ریشه گرم								۱	۰/۳۷۴**	۰/۲۹۳ n.s	-۰/۰۰۴n.s	-۰/۰۶۴n.s	۰/۳۹۴**	۰/۳۸۲**	۰/۳۸۶*
عملکرد در شرایط تنش ys									۱	۰/۴۷۸**	-۰/۲۳**	-۰/۴۶۱**	۰/۸۶۹**	۰/۸۲۳**	۰/۸۵۸**
عملکرد در شرایط نرمال yp										۱	۰/۶۶۵ n.s	۰/۵۵۲**	۰/۸۴۹**	۰/۸۹۲**	۰/۸۶۱**
TOL											۱	۰/۹۸۵**	n.s ۰/۱۷۱	n.s ۰/۲۵۷	n.s ۰/۱۹۳
SSI												۱	n.s ۰/۰۳۴	n.s ۰/۱۲۰	n.s ۰/۰۵۶
STI													۱	۰/۹۹۵**	۰/۹۹۹**
PM														۱	۰/۹۹۷**
GMP															۱

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

جدول ۱۱- ضریب همبستگی پیرسون در شرایط (۶- بار)

صفت	طول ساقه چه (cm)	طول کلئوپتیل(cm)	طول ریشه چه سانتی متر	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه	سرعت جوانه زنی در روز	درصد جوانه زنی	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	عملکرد در شرایط تنش	عملکرد در شرایط نرمال	TOL	SSI	STI	MP	GMP
طول ساقه چه cm	۱	۰/۴۱۱*	۰/۷۰*	۰/۵۳۲**	۰/۵۹۱**	۰/۴۵**	۰/۵۵**	۰/۵۸**	۰/۲۵ n.s	۰/۲۲ n.s	۰/۰۲۲ n.s	n.s -۰/۰۲۵	n.s ۰/۲۷	n.s ۰/۲۷	n.s ۰/۲۸
طول لئوپتیل cm		۱	۰/۳۳*	۰/۰۶۲*	۰/۲۹۳*	۰/۲۸۶ n.s	۰/۳۳*	۰/۳۸**	۰/۳۷۵**	۰/۲۴۶ n.s	-۰/۰۵۵n.s	n.s -۰/۱۱۲	۰/۳۵*	۰/۳۵*	۰/۳۶*
طول ریشه چهcm			۱	۰/۷۶**	۰/۵۳**	۰/۵۷**	۰/۵۵**	۰/۵۲**	۰/۳۴*	۰/۳۵*	۰/۰۹ n.s	n.s ۰/۰۲۵	۰/۴۰**	۰/۴۰**	۰/۴۰**
نسبت طول ریشه چه به ساقه چه				۱	۰/۴۳**	۰/۵۲**	۰/۴۳**	۰/۳۴*	۰/۱۱ n.s	۰/۳۱*	۰/۲۴ n.s	n.s ۰/۱۹۸	n.s ۰/۲۴	n.s ۰/۲۶	n.s ۰/۲۴
سرعت جوانه زنی در روز					۱	۰/۷۰**	۰/۴۱**	۰/۳۳*	۰/۱۷ n.s	۰/۱۶۵ n.s	۰/۰۲ n.s	۰/۰۱ n.s	n.s ۰/۱۸۳	n.s ۰/۱۹۵	n.s ۰/۱۹۸
درصد جوانه زنی						۱	۰/۴۰**	۰/۳۳*	۰/۲۲ n.s	۰/۱۵ n.s	-۰/۰۲ n.s	n.s -۰/۰۶	n.s ۰/۲۰	n.s ۰/۲۱	n.s ۰/۲۱
وزن تر ریشه گرم							۱	۰/۷۹**	۰/۴۱**	۰/۳۱*	-۰/۰۱ n.s	n.s -۰/۰۸	۰/۴۲**	۰/۴۱**	۰/۴۲**
وزن خشک ریشه گرم								۱	۰/۵۴**	۰/۲۸*	-۰/۱۵ n.s	n.s -۰/۲۵	۰/۴۸**	۰/۴۶**	۰/۴۸**
عملکرد در شرایط تنش ys									۱	۰/۴۷**	-۰/۳۳*	-۰/۴۶**	۰/۸۶**	۰/۸۲**	۰/۸۵**
عملکرد در شرایط نرمال yp										۱	۰/۶۶**	۰/۵۵**	۰/۸۴**	۰/۸۹**	۰/۸۶**
TOL											۱	۰/۹۸**	n.s ۰/۱۷۱	n.s ۰/۲۵	n.s ۰/۱۹۳
SSI												۱	n.s ۰/۰۳	n.s ۰/۱۲	n.s ۰/۰۵
STI													۱	۰/۹۹**	۰/۹۹**
PM														۱	۰/۹۹**
GMP															۱

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

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 ژنوتیب‌ها 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) ارایه 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 معنی دار 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 جوانی‌زنی، درصد جوانی‌زنی، 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 جوانی‌زنی، درصد جوانی‌زنی، وزن‌تر و خشک ریشه‌چه، عملکرد دانه و همچنین با شاخص‌های STI, GMP و MP دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود. بنابرین با استفاده از PEG 6000 در غلظت‌های مختلف و اعمال تنش در آزمایشگاه و با مطالعه مولفه‌های جوانی‌زنی 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 جوانی‌زنی 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 جوانی‌زنی و 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 وزن‌تر 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 وزن‌تر 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 طوریکه 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، می توانند معیار مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی باشند. نتایج آزمایش نشان داد که ژنوتیپ‌های۳۷، ۳۸ و ۳۹ دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های ۵ و ۴۰ کمترین مقادیر MP,STI وGMP 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 می رسد برای طبقه بندی و غربال ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی باید از روش‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای استفاده نمود.

منابع

۱-اسکوئی، 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 ص۱۲۳.

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 ۲۵۴-۲۵۳.

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. راشدمحصل، و م. صدرآبادی. ۱۳۶۷. مبانی فیزیولوژی رشد و نمو گیاهان زراعی انتشارات آستان رضوی. ۴۰۴ صفحه.

۵- گراوندی، م.، ع. فرشادفر، د. وکهریزی. 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. تعین حد بحرانی عناصر غذایی موثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی وکیفی محصولات استراتژیک کشور. نشر آموزش کشاورزی چاپ ۲. ص ۳۴۰.

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 gemomics. Fiehd 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 Sympozium. 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. Agricience. 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 lssue5, 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 Agricalture 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 seedlig growth stage. African journal of Biotechology. 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- Seefeldet, 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.