



اثر تنش خشکی آخر فصل بر برخی خصوصیات زراعی ۲۰ رقم و لاین امیدبخش گندم نان

سجاد نصیری خلیل‌الهی^۱، شهریار ساسانی^{۲*}، غلامحسین احمدی^۳، ماشاءاله دانشور^۴

۱. دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۲. استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۳. مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۴. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۸

چکیده

در این آزمایش، اثر تنش خشکی پایان فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد ۲۰ ژنوتیپ گندم نان شامل ارقام و لاین‌های پیشرفته در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد غرب (مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار و دو محیط (بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل) طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ بررسی شد. تجزیه واریانس ساده نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ هیچ‌یک از صفات مورد بررسی در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بر اساس تجزیه واریانس مرکب، تفاوت ژنوتیپ‌ها به‌استثنای تعداد دانه در سنبله، طول پدانکل، طول پنالتی‌میت (دومین میانگروه از بالای ساقه) و روز تا رسیدن فیزیولوژیک، از لحاظ سایر صفات معنی‌دار نبود. اثر تنش خشکی آخر فصل بر تمام صفات مورد مطالعه به‌جز عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در سنبله و طول پدانکل بسیار معنی‌دار بود. تنش خشکی، میانگین تمام صفات مطالعه شده به‌جز طول پدانکل را کاهش داد. بیشترین اثر تنش خشکی، بر میزان عملکرد دانه بود که موجب کاهش ۵۵/۳۶ درصدی آن نسبت به شرایط بدون تنش شد. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش ۸۹۵۵ کیلوگرم و در شرایط تنش ۳۹۹۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. با استفاده از روش رتبه‌بندی، ژنوتیپ‌های ۱۳، ۲۰، ۸، ۹، ۵ و ۶ به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. این ژنوتیپ‌ها بر اساس دیاگرام بای‌پلات نیز به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها تحت هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل شناسایی شدند. می‌توان از این ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های به‌نژادی جهت ایجاد ارقام متحمل به خشکی گندم نان استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، روش رتبه‌بندی، شاخص‌های تحمل تنش.

مقدمه

گندم به دلیل ارزش غذایی بالایی که دارد، منبع اصلی تأمین کالری بدن انسان را تشکیل داده و از لحاظ تهیه نان و ارزش نانوبایی آرد، هیچ‌یک از غلات جایگزین آن نمی‌شوند. خشکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و بازده تولید در مناطق نیمه‌خشک و دیم از جمله ایران را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، عدم بارش کافی و

توزیع نامناسب آن، از عوامل اصلی بازدارنده تولید گندم محسوب می‌گردد (Yazdi Samadi and Majnoun, 2002). همچنین یکی دیگر از دلایل بازدارنده، محدودیت آب در انتهای فصل به دلیل رقابت زراعت‌های بهاره با آبیاری‌های مراحل پایانی گندم است (Ahmadi et al., 2004).

دیگر نشان داده شد که در اثر تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی، عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان به میزان ۲۶ درصد نسبت به شرایط نرمال کاهش یافت (Ramshini et al., 2012). کاهش تعداد سنبله بارور، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم تحت شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی و نیز اثر مثبت صفات مورفولوژیکی از قبیل طول پدانکل در مقاومت گندم به تنش رطوبتی گزارش شده است (Kiliç and Yağbasanlar, 2010). گودینگ و همکاران (Gooding et al., 2003) در آزمایش بررسی شدت و زمان اعمال تنش خشکی در گندم گزارش کردند که تنش خشکی موجب کوتاه شدن دوره رسیدگی، کاهش عملکرد و وزن هزار دانه می‌شود. اگرچه در خصوص ارتباط عملکرد گندم با تولید ماده خشک آن، گزارش‌های متفاوتی ارائه شده است، اما برخی معتقدند که افزایش توان تولید در گندم‌های جدید مستلزم افزایش کارایی استفاده از نور خورشید و در نتیجه افزایش عملکرد بیولوژیک است (Reynolds et al., 2009). در مناطق مختلف کشور از جمله استان کرمانشاه، مرحله پر شدن دانه‌های گندم اغلب زمانی اتفاق می‌افتد که درجه حرارت محیط افزایش و ذخیره رطوبتی خاک کاهش می‌یابد. در نتیجه به دلیل بروز تنش خشکی، چروکیدگی دانه، کاهش وزن هزار دانه و نهایتاً کاهش عملکرد دانه حادث می‌شود (Ebadi et al., 2007). از این‌رو، شناسایی و معرفی ارقام متحمل به تنش خشکی انتهایی فصل همواره از ارجحیت بالایی برخوردار بوده است.

بررسی و مقایسه ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد و سایر صفات مهم زراعی تحت شرایط متغیر محیطی، از اقدامات اولیه و مهم در دستیابی به این هدف است؛ بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی تنش خشکی آخر فصل بر برخی خصوصیات زراعی ۲۰ ژنوتیپ گندم نان، مطالعه پاسخ ژنوتیپ‌ها از جنبه بهزراعی و فیزیولوژیک و نیز شناسایی ژنوتیپ مناسب جهت نامزد بودن برای کاشت در نواحی واجد تنش خشکی آخر فصل بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد غرب (با مختصات، طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۴۶ متر از سطح دریا)، واقع در جنوب غربی استان کرمانشاه، کیلومتر هفت جاده اسلام‌آباد

تنش خشکی در هر مرحله از رشد گیاه گندم می‌تواند رشد و عملکرد آن را به طرق مختلف تحت تأثیر قرار دهد. شدت این تأثیر بسته به مدت و شدت اعمال تنش دارد (Guttieri et al., 2001). مراحل زایشی حساس‌ترین مرحله نمو گندم به تنش خشکی است (Bihamta et al., 2018). تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی احتمالاً از طریق ایجاد اختلال در فرآیند باروری دانه می‌تواند تعداد دانه در سنبله را کاهش دهد. در حالی که، تنش خشکی پس از گرده‌افشانی تا رسیدگی دانه به‌ویژه اگر با دمای زیاد همراه باشد، پیری برگ را تسریع و دوره پر شدن دانه را کاهش داده و بنابراین وزن دانه را کاهش می‌دهد (Roostaei et al., 2003). پاک‌نژاد و همکاران (Paknejad et al., 2006) در بررسی تنش خشکی در مراحل مختلف رشد در سه رقم گندم نتیجه گرفتند که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد شده است؛ به طوری که کمترین عملکرد دانه مربوط به تنش خشکی در زمان گلدهی تا پایان دوره رشد بوده است. یکی از اهداف اساسی در فرآیند به‌نژادی، معرفی ژنوتیپ‌های برخوردار از عملکرد بالا و نیز دارای پایداری عملکرد در پاسخ به تغییرات محیطی است (Naderi et al., 2013). مطالعه صفات مختلف زراعی، فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بررسی عملکرد در شرایط آبی و تنش خشکی، از جمله روش‌های بررسی پاسخ به این تغییرات است. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که همه صفات مطالعه شده تحت تأثیر تنش خشکی آخر فصل کاهش یافتند، اما شدت کاهش هر صفت بسته به ماهیت آن، متفاوت بود (Afiuni et al., 2015). ایشان همچنین نشان دادند که همبستگی عملکرد دانه در دو شرایط تنش و بدون تنش معنی‌دار نبود و بنابراین نتیجه گرفتند که انتخاب غیرمستقیم ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و استفاده از آن‌ها در شرایط تنش کارایی زیادی ندارد. از این‌رو، برای انتخاب ارقام متحمل به تنش آخر فصل، باید ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط بررسی شده و ارقام حساس و متحمل بر اساس شاخص‌های مختلف شناسایی شوند (Afiuni et al., 2015). در مطالعه‌ای دیگر، تنش خشکی آخر فصل تأثیر بسیار معنی‌داری روی عملکرد دانه و سایر صفات مطالعه شده داشت، به نحوی که به‌طور متوسط سبب کاهش ۲۳/۴۸ درصدی عملکرد دانه در ۸۰ ژنوتیپ گندم مورد مطالعه شد و ارقام زودرس برخوردار از پتانسیل عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی موفق‌تر بودند (Amiri et al., 2013). در آزمایشی

(مرحله آبستنی) ادامه یافت و پس از آن قطع گردید و عدم آبیاری تا پایان فصل رشد تداوم یافت. میزان بارش در این سال زراعی حدود ۴۰۳ میلی‌متر بود (شکل ۱). ارقام پارسی و سیوند به‌عنوان ارقام شاهد حساس به خشکی و رقم پیش‌تاز و لاین نویدبخش DN-11 به‌عنوان ژنوتیپ‌های شاهد متحمل به خشکی لحاظ شدند.

زمین محل آزمایش، سال قبل آیش بود و در فصل بهار با شخم بهاره و مهرماه با دو دیسک عمود بر هم آماده شد. طبق نتایج آزمایش خاک (جدول ۲) و با توجه به نیاز کودی گیاه، کود نیتروژنه به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم (۵۰٪ همزمان با کاشت

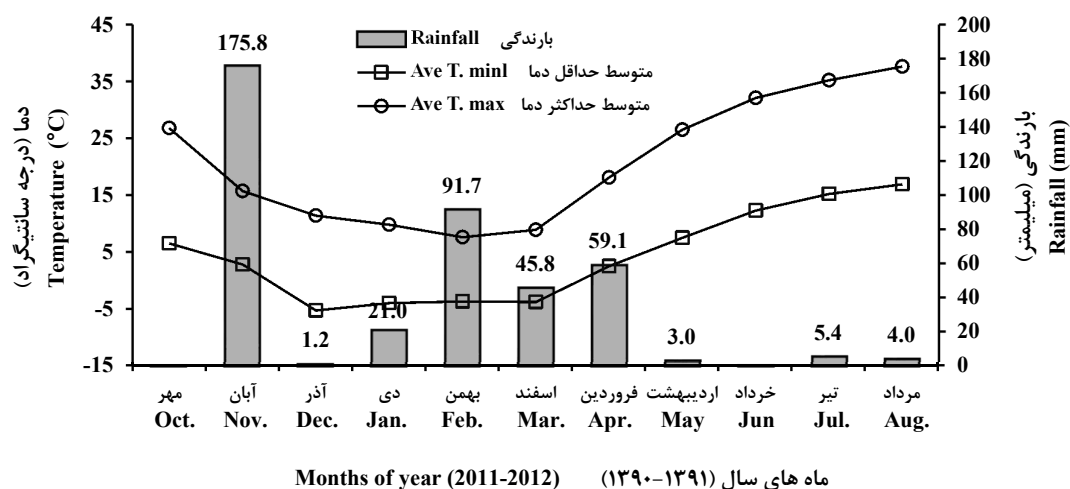
غرب به قصرشیرین با متوسط بلندمدت بارندگی ۴۳۰ میلی‌متر اجرا شد. به‌منظور بررسی صفات مرتبط با تحمل خشکی آخر فصل در گندم، تعداد ۲۰ ژنوتیپ شامل ارقام داخلی و لاین‌های پیشرفته داخلی و خارجی (جدول ۱) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار تحت دو شرایط آبیاری متداول و خشکی انتهای فصل مورد ارزیابی قرار گرفتند.

آبیاری در محیط بدون تنش در تمام ژنوتیپ‌ها طبق عرف منطقه تا مرحله رسیدن فیزیولوژیک صورت پذیرفت و در محیط تنش، آبیاری تا زمان متورم شدن غلاف برگ پرچم

جدول ۱. فهرست ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه

Table 1. List of the studied wheat genotypes

کد Code	نام ارقام یا شجره لاین‌های آزمایشی Genotypes pedigree	کد Code	نام ارقام یا شجره لاین‌های آزمایشی Genotypes pedigree
1	Parsi	11	BOW/PRL//BUC/3KAUZ*2/OPATA//KAUZ
2	Sivand	12	CBRD/KAUZ//PARUS/4/KAUZ*2//SAP/MON/3/KA
3	Evwyt2/Azd//Rsh*2/10120/3/Azd//HD2172/V83035	13	KAUZ/HEVO//CHOIX/3/MILAN
4	Azd/HD 2172//V83035/3/Tjn	14	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR
5	Azd/HD 2172//V83036/3/Tjn	15	TEG/MIAN YANG 20//CHUM18/5*BCN
6	Gv/D630//Ald"s"/3/Azd/4/Seri/avd/3/Rsh//Ska/Afn	16	ATTILA/PANDION//ATTILA/2*PASTOR
7	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR	17	CHEN/AE.SQ//2*OPATA/3ATTILA/2*PASTOR
8	KAMB1/MNNK1//WBLL1	18	Pishtaz/Soissons
9	KAUZ/PASTOR//PBW343	19	Pishtaz
10	BABAX/3/OASIS/SKAUZ//4*BCN/4/PASTOR	20	DN11



شکل ۱. مقدار بارندگی (میلی‌متر) و میانگین دما (درجه سانتی‌گراد) ماهیانه در سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱

Fig. 1. Monthly rainfall (mm) and mean temperature (°C) in 2011-2012 cropping season

شاخص برداشت مورد استفاده قرار گرفت. پس از حصول رسیدگی، تمام شش خط کاشت با کمباین مخصوص آزمایش‌های غلات مدل وینتراشتاایگر برداشت شد. به‌منظور اندازه‌گیری رطوبت خاک، نمونه‌برداری از خاک مزرعه در هر سه تکرار به‌صورت هفتگی از زمان اعمال تنش خشکی انجام شد و پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه به‌صورت در بسته (با حفظ رطوبت اولیه) توزین شد و مجدداً پس از خشک کردن در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، رطوبت نسبی خاک به‌صورت وزنی محاسبه گردید و بر منحنی رطوبتی خاک مزرعه، تهیه‌شده توسط دستگاه صفحات فشاری، منطبق گردید.

و ۵۰٪ در ابتدای ساقه‌دهی) مصرف شد. کود فسفره نیز بر اساس آزمایش خاک به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت به زمین داده شد. هر واحد آزمایشی شامل شش خط ۶ متری با فاصله بین خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر بود و کاشت با ماشین بذرکار آزمایشی مدل وینتراشتاایگر با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع انجام گرفت. مقدار بذر هر کرت بر اساس وزن هزار دانه بذور بوجاری شده و ضد عفونی شده برای هر ژنوتیپ محاسبه شد. صفات مورفولوژیکی از خطوط میانی هر کرت مبتنی بر حذف اثر حاشیه اندازه‌گیری شدند و بوته‌های این خطوط جهت اندازه‌گیری‌های مربوط به عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و

Table 2. Field soil properties.

جدول ۲. خصوصیات خاک مزرعه

عمق خاک Soil depth (cm)	بافت خاک Soil texture	کربن آلی O.C. -----(%)-	ازت کل T.N	فسفر		پتاسیم		
				قابل جذب P ₂ O ₃	قابل جذب K ₂ O	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn
0-30	سیلتی رسی	0.81	0.08	11.6	640	3.90	0.78	13.60
30-60	Silty-Clay	1.00	0.10	7.8	630	3.78	0.72	4.20

هر واحد آزمایشی محاسبه گردید. تعداد دانه در سنبله با شمارش تعداد دانه‌ها از ۱۰ سنبله انتخابی تعیین و در نهایت تمامی صفات و خصوصیات اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری وزن هکتولتر از هر ژنوتیپ سه مرتبه نمونه‌گیری انجام شد و متوسط آن به‌عنوان وزن هکتولتر برای هر ژنوتیپ برحسب کیلوگرم در یک‌صد لیتر ثبت شد.

به‌منظور ارزیابی تحمل و یا حساسیت به خشکی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت به خشکی بر اساس عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:
شاخص حساسیت به تنش (SSI; Fischer and Maurer, 1978):

$$SI = 1 - \left[\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right] \quad [1]$$

$$SSI = \frac{1 - (Y_s/Y_p)}{SI} \quad [2]$$

شاخص تحمل (TOL; Rosielle and Hamblin, 1981):

$$TOL = Y_p - Y_s \quad [3]$$

برای اندازه‌گیری شاخص برداشت و اجزای عملکرد، پس از رسیدگی فیزیولوژیکی، از خطوط میانی با حذف اثرات حاشیه‌ای ۵۰ سانتی‌متر ابتدا و انتهای خطوط کاشت، از هر خط کرت برداشت شد. ابتدا سنبله‌ها از بقیه اندام‌های گیاه جدا شده و بعد از شمارش تعداد دانه در سنبله، خوشه‌کوبی و وزن گردید. عملکرد بیولوژیک یا بیوماس کل از توزین کل بوته‌های برداشت‌شده خطوط چهار و پنج تعیین گردید، وزن دانه‌های استحصالی این خطوط محاسبه و بر این اساس شاخص برداشت ژنوتیپ‌ها به دست آمد. ارتفاع بوته با اندازه‌گیری ارتفاع گیاه از سطح خاک تا نوک سنبله (بدون در نظر گرفتن ریشک‌ها)، با میانگین تعداد ۱۰ بوته محاسبه شد. طول پدانکل و میانگرم پنالتی‌میت (دومین میانگرم از بالای ساقه) نیز به‌ترتیب از طریق اندازه‌گیری فاصله اولین میانگرم از پای سنبله تا محل اتصال غلاف برگ پرچم به ساقه و دومین میانگرم به دست آمد. محتوای نسبی آب برگ با روش مانیت و همکاران (Manette et al., 1988) اندازه‌گیری شد. صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک از طریق شمارش تعداد روز از زمان کاشت تا زرد شدن انتهای پدانکل ۵۰ درصد بوته‌های

در این معادلات، Y_p و Y_s : به ترتیب عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش و تنش خشکی؛ \bar{Y}_p و \bar{Y}_s به ترتیب میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش و تنش خشکی؛ K_i : ضریب تصحیح و K_1STI و K_2STI : به ترتیب شاخص‌های انتخاب بهینه در شرایط بدون تنش و تنش هستند.

تجزیه واریانس ساده، مرکب (با فرض ثابت بودن مکان و ژنوتیپ) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج و یک درصد، با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت. قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب، آزمون یکنواختی واریانس‌ها (آزمون بارتلت) به منظور تعیین یکنواختی و متجانس بودن واریانس اشتباه آزمایشی دو محیط مورد بررسی، انجام شد. پارامتر RS از حاصل جمع میانگین رتبه (میانگین رتبه هر ژنوتیپ از نظر عملکرد تحت هر دو شرایط و همه شاخص‌های محاسبه شده) با انحراف معیار رتبه به دست آمده است (Farshadfar and Elyasi, 2012). محاسبه ضرایب همبستگی بین صفات (بر اساس میانگین دو محیط) با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ و دیاگرام بای‌پلات به وسیله نرم‌افزار Statgraphics نسخه ۱۶،۱،۱۱ انجام گرفت.

نتایج و بحث

همان‌طور که از جدول تجزیه واریانس ساده (جدول ۳) قابل مشاهده است، بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ هیچ‌یک از صفات مورد بررسی در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت که بیانگر عدم وجود تنوع ژنتیکی معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است.

بر این اساس تجزیه واریانس مرکب انجام شد، اما به دلیل غیریکنواخت بودن واریانس خطاهای آزمایشی در دو محیط برای صفات شاخص برداشت و وزن هزار دانه، این صفات وارد تجزیه واریانس مرکب نشدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تفاوت ژنوتیپ‌ها به استثنای تعداد دانه در سنبله، طول پدانکل، طول پنالتی میت و روز تا رسیدن فیزیولوژیک، از لحاظ سایر صفات معنی‌دار نبود (جدول ۴). اثر تنش خشکی بر تمام صفات مورد مطالعه به جز عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در سنبله و طول پدانکل بسیار معنی‌دار بود (جدول ۴).

شاخص بهره‌وری متوسط (MP; Rosielle and Hamblin, 1981):

$$MP = \frac{Y_s + Y_p}{2} \quad [4]$$

$$GMP = \sqrt{Y_s \times Y_p} \quad [5]$$

شاخص تحمل به تنش (STI; Fernandez, 1992):

$$STI = \left(\frac{Y_p}{\bar{Y}_p} \right) \left(\frac{Y_s}{\bar{Y}_s} \right) \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right) = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2} \quad [6]$$

شاخص عملکرد (YI; Gavuzzi et al., 1997):

$$YI = \frac{Y_s}{\bar{Y}_s} \quad [7]$$

شاخص پایداری عملکرد (YSI; Bouslama and Schapaugh, 1984):

$$YSI = \frac{Y_s}{Y_p} \quad [8]$$

میانگین هارمونیک (HAM; Kristin et al., 1997):

$$HAM = \frac{2(Y_s)(Y_p)}{(Y_s + Y_p)} \quad [9]$$

شاخص حساسیت به خشکی (SDI; Farshadfar and Javadinia, 2011):

$$SDI = \frac{Y_p - Y_s}{Y_p} \quad [10]$$

شاخص مقاومت به خشکی (DI; Lan, 1998):

$$DI = Y_s \times \left[\frac{(Y_s/Y_p)}{\bar{Y}_s} \right] \quad [11]$$

شاخص خشکی نسبی (RDI; Fischer and Maurer, 1978):

$$RDI = \frac{(Y_s/Y_p)}{(\bar{Y}_s/\bar{Y}_p)} \quad [12]$$

شاخص درصد حساسیت به تنش (SSPI) (Moosavi et al., 2008):

$$SSPI = [Y_p - Y_s / 2] \times 100 \quad [13]$$

شاخص تحمل تنش تغییر یافته (MSTI; Farshadfar and Sutka, 2002):

$$MSTI = K_1STI, K_1 = (Y_p)^2 / (\bar{Y}_p)^2 \quad [14]$$

$$K_2 = (Y_s)^2 / (\bar{Y}_s)^2 \quad [15]$$

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 3. Analysis of variance (Mean Squares) for studied traits under non-stress and stress conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	عملکرد بیولوژیک Biological Yield		عملکرد دانه Kernel Yield		شاخص برداشت Harvest Index	
		بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress
تکرار Replication	2	193019749**	23872245 ^{ns}	118247.8 ^{ns}	899899.12*	1417.20**	174.30**
ژنوتیپ Genotype	19	9686506 ^{ns}	15460116 ^{ns}	425177.2 ^{ns}	321597.14 ^{ns}	82.94 ^{ns}	39.41 ^{ns}
خطا Error	38	9641982	10614084	612479.0	255457.77	90.63	29.80
ضریب تغییرات C.V%		16.60	19.00	8.74	12.64	19.03	22.45

Table 3. Continued.

جدول ۳. ادامه

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	وزن هزار دانه Thousand Kernel Weight		تعداد دانه در سنبله Grain Number per Spike		طول سنبله Spike Length	
		بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress
تکرار Replication	2	2.4045 ^{ns}	14.4438*	110.35*	120.40 ^{ns}	1.426 ^{ns}	0.277 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	19	11.0739 ^{ns}	4.9795 ^{ns}	35.93 ^{ns}	53.17 ^{ns}	0.722 ^{ns}	1.625 ^{ns}
خطا Error	38	12.6401	3.5844	24.89	50.53	0.884	1.268
ضریب تغییرات C.V%		10.08	9.02	16.45	22.58	10.87	12.58

Table 3. Continued.

جدول ۳. ادامه

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant Height		طول پدانکل Peduncle Length		طول پنالتی میت Penultimate Length	
		بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress
تکرار Replication	2	13.3682 ^{ns}	13.8639 ^{ns}	4.068 ^{ns}	6.259**	1.325 ^{ns}	1.446 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	19	28.5174 ^{ns}	20.1482 ^{ns}	1.778 ^{ns}	1.001	3.284 ^{ns}	5.815 ^{ns}
خطا Error	38	55.5333	28.5984	1.472	0.851	2.526	3.535
ضریب تغییرات C.V%		8.14	6.40	6.80	5.14	8.02	12.05

Table 3. Continued.

جدول ۳. ادامه

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	وزن هکتولیترا Hectolitre Weight		روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Day to Physiological Maturity		محتوای نسبی آب برگ Leaf Relative Water Content	
		بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress
تکرار Replication	2	157.29 ^{ns}	77.72 ^{ns}	26.717*	5.217 ^{ns}	37.99 ^{ns}	28.04 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	19	901.14 ^{ns}	687.13 ^{ns}	8.676 ^{ns}	7.179 ^{ns}	38.07 ^{ns}	67.17 ^{ns}
خطا Error	38	553.63	762.23	5.418	5.87	80.82	46.51
ضریب تغییرات C.V%		3.13	4.26	1.00	1.03	11.94	11.05

ns, * and **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

عملکرد دانه

ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند اما اثر تنش خشکی بر آن‌ها بسیار معنی‌دار بود (جدول ۴). میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش ۸۹۵۵ کیلوگرم و در شرایط تنش ۳۹۹۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵)؛ این کاهش عملکرد گویای تأثیر معنی‌دار تنش خشکی انتهای فصل رشد، بر پتانسیل تولید است. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و نیز اثر ژنوتیپ بر این صفت غیر معنی‌دار بود (جدول ۴). با این حال، ژنوتیپ‌ها پاسخ متفاوتی به تنش خشکی آخر فصل نشان دادند. بیشترین کاهش عملکرد به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۸، ۱۱، ۱۰ و ۱۹ با بیش از ۶۰ درصد بود. ژنوتیپ شماره ۸ با کمتر از ۵۰ درصد کاهش، کمترین درصد کاهش را به خود اختصاص داد (داده‌ها گزارش نشده‌اند). در تطابق با این نتیجه، در مطالعه‌ای سه‌ساله، میانگین عملکرد دانه ارقام گندم در شرایط تنش خشکی آخر فصل به میزان ۴۰/۷ درصد نسبت به شرایط نرمال کاهش نشان داد (Dastfal et al., 2011). مطالعات نشان داده است که کاهش شدید فتوسنتز پس از مرحله گرده‌افشانی سبب محدود شدن اختصاص مواد حاصل از فتوسنتز جاری گیاه به دانه می‌گردد (Ehdaie et al., 2008)؛ بنابراین، می‌توان کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی آخر فصل را ناشی از کاهش فتوسنتز جاری دانست (Afiuni et al., 2015).

شاخص برداشت

اگرچه تجزیه واریانس مرکب برای این صفت انجام نشد، اما کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش (جدول ۵)، نشان داد که اعمال کم‌آبی در اواخر رشد و نمو، سبب تأثیر بر ذخایر و نیز کاهش عملکرد اقتصادی شده است که منجر به این واکنش در ژنوتیپ‌های گندم گردیده است. در شرایط تنش خشکی، کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی نهایتاً منجر به کاهش انتقال مواد ساخته‌شده به دانه‌ها است که این موضوع کاهش ۵۱/۳۹ درصدی شاخص برداشت در شرایط تنش ۲۴/۳۲ (درصد) را نسبت به شرایط بدون تنش (۵۰/۰۳ درصد) به دنبال داشت (جدول ۵). در تطابق با این نتیجه، در مطالعه افیونی و همکاران (Afiuni et al., 2015) روی گندم، تنش خشکی انتهای فصل باعث کاهش ۴۰ و ۲۷ درصدی شاخص برداشت در دو سال اجرای آزمایش شد. میانگین شاخص برداشت ۱۶ ژنوتیپ گندم نان در شرایط نرمال آبیاری و قطع

درصد تغییر میانگین صفات در اثر تنش خشکی آخر فصل در جدول ۵ نشان داده شده است. شدت تنش (SI) محاسبه‌شده در این مطالعه برابر ۰/۵۵ بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تنش خشکی میانگین تمام صفات مطالعه شده به جز طول پدانکل را کاهش داد، با این حال، بیشترین اثر را بر میزان عملکرد دانه گذاشت، به طوری که موجب کاهش ۵۵/۳۶ درصدی آن نسبت به شرایط بدون تنش شد. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نیز برای هیچ‌یک از صفات معنی‌دار نشد، به این معنی که ژنوتیپ‌ها از نظر این صفات در شرایط مختلف محیطی واکنش یکسانی داشتند. پاک‌نژاد و همکاران (Paknejad et al., 2006) اعلام نمودند که تنش خشکی در مرحله زایشی و پس‌از آن سبب کاهش در عمده صفات اندازه‌گیری شد و بیشترین کاهش عملکرد دانه در تیماری مشاهده شد که تنش خشکی در مرحله زایشی (گلدهی) اعمال گردیده بود.

عملکرد بیولوژیک

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۴) اثر محیط بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نشد که نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت و اختلاف معنی‌دار بین شرایط تنش خشکی و بدون تنش خشکی است؛ چراکه به نظر می‌رسد تنش خشکی زمانی اعمال شده که تأثیر چندانی بر بیوماس گیاه نگذاشته است.

اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط غیر معنی‌دار شد. میانگین عملکرد بیولوژیک در شرایط بدون تنش و تنش به ترتیب ۱۸۷۰۱ و ۱۷۱۴۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۵). تنش خشکی به طور متوسط باعث کاهش ۸/۳۰ درصدی عملکرد بیولوژیک ژنوتیپ‌های مورد بررسی گردید (جدول ۵).

کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Kochaki and Sharif, 2008). Hoseini, 2008). عملکرد بیولوژیک نسبت به عملکرد دانه، کمتر متأثر از محیط بود که علت آن، شکل‌گیری بخش زیادی از عملکرد بیولوژیک پیش از شروع تنش خشکی است؛ به عبارت دیگر، بخش اعظم افزایش عملکرد بیولوژیک پس از مرحله سنبله‌دهی، مربوط به رشد دانه‌ها است و لذا عملکرد دانه بیشتر تحت تأثیر تنش خشکی آخر فصل قرار می‌گیرد (Afiuni et al., 2015).

آبیاری پس از گلدهی، به ترتیب ۴۵/۵ و ۲۸/۴ درصد گزارش شده است (Ahmadi Lahijani and Emam, 2013). کاهش مواد پرورده جاری در دوره پر شدن دانه، از علل کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی آخر فصل است (Foulkes et al., 2007).

وزن هزار دانه

میانگین وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش خشکی به ترتیب ۳۵/۲۹ و ۲۰/۹۹ درصد بود و تنش خشکی آخر فصل، موجب کاهش ۴۰ درصدی میانگین وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط بدون تنش شد (جدول ۵). کاهش وزن دانه‌ها در اثر تنش می‌تواند ناشی از کاهش تأمین ماده

جدول ۴. تجزیه واریانس مرکب برای صفات مورد مطالعه تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل

Table 4. Combined analysis of variance studied traits under non-stress and terminal drought stress conditions

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f.	عملکرد بیولوژیک Biological Yield	عملکرد دانه Kernel Yield	تعداد دانه در سنبله Grain Number per Spike
Environment (E)	محیط	1	72407081 ^{ns}	737175298 ^{**}	40.02 ^{ns}
Replication/E	تکرار درون محیط	4	108445997	509073	115.37
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	11256124 ^{ns}	440132 ^{ns}	65.77 [*]
G × E	ژنوتیپ × محیط	19	13890498 ^{ns}	306642 ^{ns}	23.32 ^{ns}
Error	خطای آزمایشی	76	10128033	433968	37.71
C.V.%	ضریب تغییرات	-	17.75	10.17	19.87

Table 4. Continued

جدول ۴. ادامه

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f.	طول سنبله Spike Length	ارتفاع بوته Plant Height	طول پدانکل Peduncle Length	طول پنالتی‌میت Penultimate Length
Environment (E)	محیط	1	56.526 ^{**}	1895.76 ^{**}	0.4551 ^{ns}	531.5967 ^{**}
Replication/E	تکرار درون محیط	4	0.576	13.62	5.1640	1.3996
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	2.119 ^{ns}	31.89 ^{ns}	2.1197 [*]	7.4493 ^{**}
G × E	ژنوتیپ × محیط	19	1.389 ^{ns}	16.77 ^{ns}	0.6595 ^{ns}	1.6415 ^{ns}
Error	خطای آزمایشی	76	1.281	42.07	1.1617	3.0210
C.V.%	ضریب تغییرات	-	11.74	7.40	6.02	9.81

Table 4. Continued

جدول ۴. ادامه

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f.	وزن هکتولیترا Hectolitre Weight	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Day to Physiological Maturity	محتوای نسبی آب برگ Leaf Relative Water Content
Environment (E)	محیط	1	331432.85 ^{**}	4600.4083 ^{**}	5543.91 ^{**}
Replication/E	تکرار درون محیط	4	117.50	15.9667	33.02
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	1093.70 ^{ns}	14.2013 ^{**}	50.62 ^{ns}
G × E	ژنوتیپ × محیط	19	494.56 ^{ns}	1.6539 ^{ns}	54.63 ^{ns}
Error	خطای آزمایشی	76	657.93	5.3526	63.67
C.V.%	ضریب تغییرات	-	3.66	1.01	11.65

^{ns}, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

^{ns}, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

می‌گردد (Wardlaw, 1971). در مطالعات مختلف، میزان کاهش وزن دانه در اثر تنش خشکی آخر فصل بسته به شدت تنش، اقلیم و نوع رقم متفاوت گزارش شده است (Dastfal et al., 2011; Ahmadi Lahijani and Emam, 2013). کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی را می‌توان به تشدید پیری برگ‌ها، کاهش دوره رشد و کاهش سرعت پر شدن دانه نسبت داد (Afiuni et al., 2015).

پرورده تخصیصی به دانه‌ها و کوتاهی دوره پر شدن دانه‌ها ناشی از بروز تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه باشد. احتمالاً کاهش وزن دانه به واسطه تنش خشکی، به دلیل دمای بالای روزهای پایانی دوره رشد و بنابراین کوتاه‌تر شدن دوره پر شدن دانه است. نظر به افزایش تعرق گیاه در مواجهه با گرما، احتمال برخورد گیاه با تنش خشکی زیادتر شده و در نتیجه منجر به کاهش دوره پر شدن دانه و کوچک‌تر شدن دانه‌ها

جدول ۵. میانگین و درصد تغییرات صفات مورد مطالعه تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل

Table 5. Means and variations percentage of the studied traits under non-stress and terminal drought stress conditions

Trait	صفت	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	تغییرات Variations (%)
Biological Yield (Kg/ha ¹)	عملکرد بیولوژیک	18701	17149	-8.30
Kernel Yield (Kg/ha)	عملکرد دانه	8955	3997	-55.36
Harvest Index (%)	شاخص برداشت	50.03	24.32	-51.39
Thousand Kernel Weight (g)	وزن هزار دانه	35.29	20.99	-40.52
Grain Number per Spike	تعداد دانه در سنبله	31.48	30.32	-3.68
Spike Length (cm)	طول سنبله	8.95	8.65	-3.35
Plant Height (cm)	ارتفاع بوته	91.56	83.61	-8.68
Peduncle Length (cm)	طول پدانکل	17.83	17.95	+0.67
Penultimate Length (cm)	طول پنالتی میت	19.81	15.60	-21.25
Hectolitre Weight (Kg/100Lit)	وزن هکتولیتتر	75.27	64.76	-13.96
Day to Physiological Maturity	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	235.12	222.73	-5.27
Leaf Relative Water Content (%)	محتوای نسبی آب برگ	75.30	61.70	-18.06

تعداد دانه در سنبله در اثر خشکی، به دلیل کاهش تعداد دانه در سنبله صورت می‌گیرد. برخی از پژوهشگران عقیده دارند، این کاهش ممکن است به دلیل مرگ دانه‌های گرده به واسطه افزایش آبسازیک اسید در شرایط تنش باشد (Shirani Rad and Abbasian, 2011). محققان دیگر عامل کاهش تعداد دانه در سنبله را ناشی از نقش تنش خشکی در کاهش باروری تخمک‌ها و کاهش طول مراحل نمو می‌دانند (Luigi et al., 2008).

طول سنبله

اثر تنش خشکی روی طول سنبله بسیار معنی‌دار بود ولی بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در محیط غیرمعنی‌دار شد.

تعداد دانه در سنبله

تعداد دانه در سنبله یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه بوده و تحت شرایط مختلف محیطی می‌تواند بر عملکرد دانه تأثیر متفاوتی داشته باشد. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و نیز اثر محیط بر تعداد دانه در سنبله غیر معنی‌دار بود که نشان‌دهنده عدم اختلاف در شرایط محیطی برای این صفت است (جدول ۴). ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد دانه در سنبله اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶) نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۸ و ۱۳ به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله را داشتند.

در تطابق با این نتیجه، دستفال و همکاران (Dastfal et al., 2011) در مطالعه خود روی ژنوتیپ‌های گندم در داراب تحت دو شرایط تنش، تأثیر معنی‌داری را روی عملکرد دانه و اجزای عملکرد ملاحظه کردند. آن‌ها ابراز داشتند که کاهش

جدول ۶. مقایسه میانگین (مرکب) صفات مورد مطالعه در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 6. Mean comparison (combined) of studied traits in two non-stress and terminal drought stress conditions

ژنوتیپ Genotype	تعداد دانه در سنبله Grain Number per Spike	طول پدانکل Peduncle Length (cm)	طول پنالتی میت Penultimate Length (cm)	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Day to Physiological Maturity
1-Parsi	32.33	16.95	18.79	226.50
2-Sivand	31.53	18.50	16.32	229.17
3	31.17	17.82	16.57	228.83
4	30.27	17.87	16.58	227.83
5	30.37	17.48	18.71	226.83
6	31.92	18.49	18.55	228.33
7	36.20	16.69	17.18	230.00
8	36.70	17.60	19.65	228.17
9	27.70	18.26	18.43	229.50
10	25.47	18.27	15.54	230.33
11	31.63	18.58	18.21	231.67
12	27.55	17.54	17.53	229.17
13	25.40	17.48	17.66	229.67
14	32.47	18.13	18.58	231.17
15	32.35	18.68	17.18	231.00
16	35.30	17.86	18.40	229.67
17	33.58	17.75	16.81	229.00
18	31.00	18.32	17.93	227.17
19-Pishtaz	25.67	18.67	16.38	228.33
20-DN11	29.48	16.96	19.29	226.17
حداکثر (Maximum)	36.70	18.68	19.65	231.67
حداقل (Minimum)	25.40	16.69	15.54	226.17
میانگین (Mean)	30.90	17.89	17.71	228.93
LSD 5%	7.06	1.24	2.00	2.66
LSD 1%	9.37	1.64	2.66	3.53

و مصرف آن در دوران پر شدن دانه در شرایط خشکی آخر فصل از عوامل مهمی است که در ژنوتیپ‌های پابلند، عملکرد دانه را به‌طور مثبت تحت تأثیر قرار می‌دهد.

طول پدانکل

ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری با هم داشتند اما اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط معنی‌دار نبود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین مرکب (جدول ۶) نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ و ۱۹ (پیش‌تاز) دارای طولی‌ترین و ژنوتیپ شماره ۷ دارای کوتاه‌ترین پدانکل بودند.

طول پنالتی میت

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۴)، اثر محیط و اثر ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد بر صفت طول پنالتی میت معنی‌دار بود، اما اثر متقابل ژنوتیپ در محیط غیر معنی‌دار شد. میانگین طول پنالتی میت در محیط تنش

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته نیز از جمله صفاتی بود که به‌طور معنی‌داری متأثر از تنش خشکی قرار گرفت، اما اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بر آن معنی‌دار نبود (جدول ۴). میانگین ارتفاع بوته ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش (۸۳/۶۱ سانتی‌متر) به میزان ۸/۶۸ درصد نسبت به شرایط بدون تنش (۹۱/۵۶ سانتی‌متر) کاهش نشان داد (جدول ۵). ژنوتیپ‌های شماره ۲۰ و ۲ کمتر از سایرین تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). با توجه به اینکه ژنوتیپ شماره ۲۰ نسبتاً زودرس و متحمل به خشکی آخر فصل است، ممکن است همین مسئله باعث شده که کمتر تحت تأثیر تنش خشکی پایان فصل قرار گرفته باشد. همچنین ژنوتیپ شماره ۲ (سیوند) به دلیل بهاره و زودرس بودن، کمتر از شرایط تنش خشکی آخر فصل متأثر شده و کمترین کاهش را نسبت به شرایط نرمال داشت. وجود ذخایر بیشتر آسمیلات‌ها در ساقه

اسمزی، جذب آب و میزان تعرق قرار داشته و وراثت‌پذیری بالایی در شرایط تنش خشکی نشان داد، از جمله صفات مناسب به‌عنوان معیار انتخاب برای تحمل خشکی پیشنهاد شده است (Siddique et al., 2000).

ضرایب همبستگی بین صفات

عملکرد دانه با صفات طول پنالتی میت ($r = 0.578^{**}$) و وزن هکتولیترا ($r = 0.528^*$) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۷).

مثبت و معنی‌دار بودن همبستگی طول پنالتی میت با عملکرد دانه را می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که هر چه طول پنالتی میت افزایش پیدا کند، مواد غذایی بیشتری در آن ذخیره شده و در مواقع ضروری (تنش خشکی) به‌صورت انتقال مجدد در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2007) ارتفاع زیاد و در نتیجه طول میانگرمه بلندتر را یکی از دلایل عملکرد بالای برخی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی دانستند. وزن هزار دانه دارای همبستگی منفی و معنی‌داری با صفت تعداد دانه در سنبله بود (جدول ۷). مورال و همکاران (Moral et al., 2003) نیز وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین وزن هزار دانه و تعداد دانه را گزارش کردند و اظهار داشتند این مسئله ممکن است مربوط به اثر جبرانی اجزای عملکرد بر یکدیگر باشد. احتمالاً با افزایش تعداد سنبلچه به دلیل تقسیم کربوهیدرات‌ها و انتقال مواد پرکننده دانه، اندازه هر یک از دانه‌ها در سنبله کوچک شده و در نتیجه وزن هزار دانه کاهش می‌یابد (Mohseni et al., 2016).

شاخص‌های تحمل خشکی

پس از بررسی شاخص‌های مختلف تنش شامل STI، TOL، MP، GMP، SSI، HAM، SDI، YI، YSI، DI، RDI، SSPI، K1STI و K2STI، نتایج نشان داد که شناسایی تحمل خشکی ژنوتیپ‌ها بر اساس یک شاخص منجر ایجاد نتایج ضدونقیضی می‌شود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند)؛ بنابراین، به‌منظور تعیین ژنوتیپ‌های متحمل بر اساس همه شاخص‌ها، ژنوتیپ‌ها بر اساس میزان عملکرد دانه تحت هر دو شرایط و نیز بر اساس هر یک از شاخص‌ها رتبه‌بندی شده و سپس پارامترهای میانگین رتبه، انحراف معیار رتبه و RS محاسبه (جدول ۸) و بر اساس این پارامترها ژنوتیپ‌های

۱۵/۶۰ سانتی‌متر بود که حدود ۲۱/۲۵ درصد کمتر از محیط بدون تنش (۱۹/۸۱ سانتی‌متر) بود (جدول ۵). ژنوتیپ شماره ۸ دارای بالاترین و ژنوتیپ شماره ۱۰ دارای پایین‌ترین طول پنالتی میت بودند (جدول ۶).

وزن هکتولیترا: این صفت نیز به‌طور معنی‌داری متأثر از ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نبود، اما محیط اثر بسیار معنی‌داری بر آن داشت (جدول ۴)، به‌طوری‌که باعث کاهش حدود ۱۴ درصدی آن نسبت به شرایط بدون تنش شد (جدول ۵). میانگین وزن هکتولیترا ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش برابر ۷۵/۲۷ و در شرایط تنش خشکی برابر ۶۴/۷۶ کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر بود (جدول ۵).

روز تا رسیدگی فیزیولوژیک

اثر محیط و اثر ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد بر صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار بود، اما اثر متقابل ژنوتیپ در محیط غیر معنی‌دار شد (جدول ۴). میانگین این صفت در محیط تنش خشکی برابر ۲۲۲/۷۳ روز بود که حدود ۵/۲۷ درصد کمتر از محیط بدون تنش (۲۳۵/۱۲ روز) بود (جدول ۵). در این آزمایش، تنش خشکی سبب تسریع رسیدگی ژنوتیپ‌ها گردید. واکنش ژنوتیپ‌های مختلف در برابر تنش خشکی اعمال شده در اواخر فصل رشد، متفاوت بود. ژنوتیپ شماره ۱۱، زودرس‌ترین و ژنوتیپ شماره ۲۰ (DN-11) دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۶). تنش خشکی طی مرحله پر شدن دانه، به‌ویژه اگر با گرما نیز همراه باشد، می‌تواند از طریق تسریع پیری برگ‌ها و کاهش دوره و سرعت پر شدن دانه، موجب کاهش وزن و عملکرد دانه شود (Royo et al., 2000).

محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۴) نشان داد که اثر محیط روی این صفت بسیار معنی‌دار بود اما بین ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در محیط غیر معنی‌دار شد. میانگین محتوای نسبی آب برگ در محیط بدون تنش ۷۵/۳۰ و در محیط تنش ۶۱/۷۰ درصد بود؛ بنابراین تنش خشکی سبب کاهش ۱۸ درصدی این صفت شد (جدول ۵). محتوای نسبی آب برگ از جمله صفاتی است که می‌توان از آن برای اصلاح مقاومت به تنش خشکی استفاده کرد (Ramirez-Vallejo and Kelly, 1998). از این‌رو، این صفت که متأثر از تنظیم

متحمل شناسایی شدند. با در نظر گرفتن رتبه هر ژنوتیپ از نظر مقدار شاخص‌های محاسبه‌شده و عملکرد دانه تحت هر دو شرایط، ژنوتیپ‌های ۱۳، ۲۰، ۸، ۹، ۵ و ۶ که دارای کمترین مقدار RS بودند به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۸).

جدول ۷. ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 7. Correlation analysis coefficients among traits in two non-stress and terminal drought stress conditions

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 عملکرد بیولوژیک Biological Yield	1										
2 عملکرد دانه Kernel Yield	0.28	1									
3 شاخص برداشت Harvest Index	-0.71**	0.30	1								
4 وزن هزار دانه 1000 Kernel Weight	-0.19	0.16	0.28	1							
5 دانه در سنبله Grain Number per Spike	0.06	-0.05	0.01	-0.47*	1						
6 طول سنبله Spike Length	-0.36	0.18	0.47*	-0.03	0.13	1					
7 ارتفاع بوته Plant Height	-0.10	0.40	0.34	0.26	-0.3	-0.07	1				
8 طول پدانکل Peduncle Length	-0.01	-0.13	-0.01	0.41	-0.2	-0.05	0.32	1			
9 طول پنالتی‌میت Penultimate Length	0.35	0.58**	0.06	-0.06	0.38	-0.11	0.10	-0.34	1		
10 وزن هکتولیت Hectolitre Weight	0.43	0.53*	-0.16	0.19	-0.2	-0.12	0.29	-0.25	0.45*	1	
11 روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Day to Physiological Maturity	-0.15	-0.17	0.03	-0.02	0.04	0.10	-0.3	0.44	-0.3	-0.5*	1
12 محتوای نسبی آب Relative Water Content	0.07	-0.08	-0.15	-0.15	-0.08	0.03	-0.39	0.23	-0.14	-0.2	0.54*

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌منظور بررسی روابط بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تمام شاخص‌های محاسبه‌شده، انجام شد. دو مؤلفه اول که بیشترین درصد تغییرات را توجیه نمودند (۹۹/۸۷ درصد)، در ترسیم بای‌پلات (شکل ۲) مورداستفاده قرار گرفتند که در آن به‌طور همزمان ارتباط بین همه شاخص‌های مختلف محاسبه‌شده و همچنین عملکرد دانه تحت هر دو شرایط به‌صورت گرافیکی نشان داده شده است (Gabriel et al., 1971).

ژنوتیپ‌ها بر اساس این دو مؤلفه در گروه‌های مشخصی قرار می‌گیرند که بر مبنای میانگین عملکرد و تحمل یا حساسیت به تنش آن‌ها است. مؤلفه اول ۷۹/۶۹ درصد از تغییرات را توجیه کرد. عملکرد دانه تحت شرایط تنش و نیز شاخص‌های K1STI، DI، YSI، HAM، STI، GMP، MP

و K2STI در این مؤلفه بیشترین ضرایب را به خود اختصاص دادند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند) و این مؤلفه به‌عنوان مؤلفه عملکرد در شرایط تنش و متحمل به خشکی معرفی شد. مؤلفه دوم ۲۹/۱۸ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین نمود. این مؤلفه همبستگی منفی با عملکرد در شرایط تنش (YS)، همبستگی بسیار پایینی با شاخص‌های MP، GMP و STI و همبستگی بالایی با شاخص‌های SSI و TOL دارد؛ بنابراین، می‌توان این مؤلفه را به‌عنوان مؤلفه حساسیت به تنش خشکی نام‌گذاری نمود. انتخاب بر مبنای مؤلفه دوم سبب انتخاب ژنوتیپ‌های حساس‌تر به تنش خشکی می‌گردد. همچنین این مؤلفه قادر به جداسازی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در شرایط تنش و مقادیر بالای TOL و SSI است؛ بنابراین به‌طور کلی در این پلات، انتخاب ژنوتیپ‌هایی که از نظر مؤلفه اصلی اول بالا و از نظر مؤلفه اصلی دوم پایین هستند منجر به

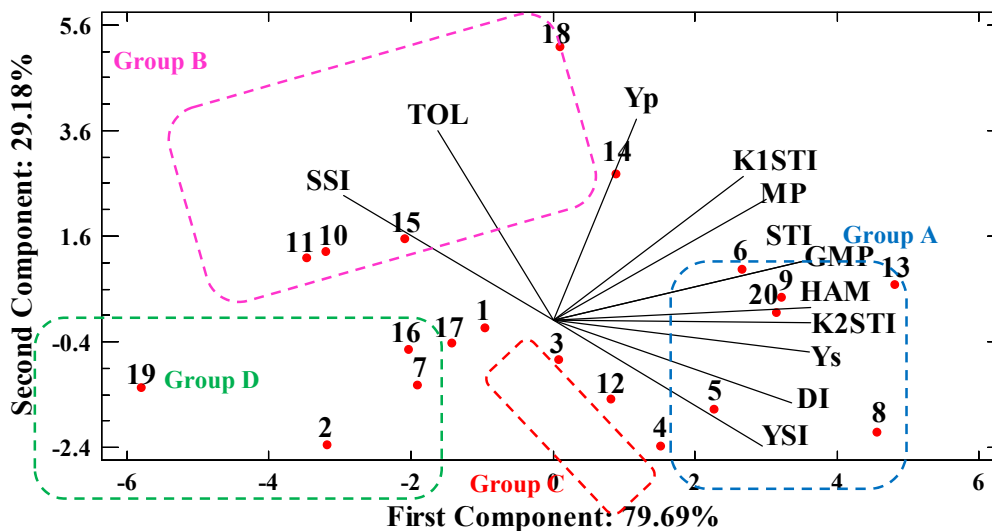
فرناندز (Fernandez, 1992) می‌باشند. ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۸، ۱۵، ۱۰ و ۱۱ به دلیل مناسب بودن برای شرایط بدون تنش، در گروه B جای گرفتند. ژنوتیپ‌های ۱۹، ۲، ۷، ۱۶، ۱۷ و ۱ حساس به خشکی و دارای عملکرد نسبتاً پایین‌تر

انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که مناسب هر دو شرایط می‌باشند. ژنوتیپ‌های ۱۳، ۲۰، ۸، ۹، ۵ و ۶ با دارا بودن مؤلفه اول بالا و مؤلفه دوم پایین، برترین ژنوتیپ‌ها تحت هر دو شرایط بودند. این ژنوتیپ‌های عملکرد پایدار تحت شرایط تنش خشکی داشتند، بنابراین متعلق به گروه A طبقه‌بندی

جدول ۸. رتبه‌بندی تحمل خشکی ژنوتیپ‌ها بر اساس پارامتر RS

Table 8. Drought tolerance of genotypes based on RS parameter

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه Kernel Yield (Kg/ha)		میانگین	انحراف معیار رتبه	پارامتر RS Rank Sum
	بدون تنش (Non-stress)	تنش (Stress)	رتبه Rank Mean	Standard Deviation of Rank	
1-Parsi	8891	3900	11.88	1.15	13.02
2-Sivand	8362	3700	14.50	5.28	19.78
3	8822	4030	9.56	1.03	10.59
4	8581	4227	6.63	4.90	11.52
5	8738	4293	5.69	3.32	9.01
6	9240	4270	6.69	2.55	9.24
7	8641	3819	13.63	2.83	16.45
8	8759	4552	2.81	3.58	6.39
9	9165	4344	5.13	2.03	7.15
10	9082	3610	16.56	2.73	19.29
11	9046	3581	17.50	2.58	20.08
12	8712	4129	8.56	2.94	11.51
13	9266	4509	2.81	1.68	4.49
14	9517	4027	10.44	5.46	15.90
15	9172	3729	13.88	3.50	17.38
16	8769	3789	14.63	1.26	15.88
17	8815	3853	13.13	1.26	14.38
18	9953	3869	12.31	7.52	19.83
19-Pishtaz	8451	3374	18.56	1.90	20.46
20-DN11	9110	4343	5.13	1.15	6.27



شکل ۲. نمایش بای‌پلات شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی در ۲۰ ژنوتیپ امیدبخش گندم نان

Fig. 2. Biplot display tolerance and sensitivity to drought in 20 elite bread wheat genotypes

ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. این ژنوتیپ‌ها بر اساس دیاگرام بای‌پلات نیز به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها تحت هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل شناسایی شدند. می‌توان از این ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های به‌نژادی جهت ایجاد و تولید ارقام متحمل به خشکی در گندم نان استفاده کرد. ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۸، ۱۵، ۱۰ و ۱۱ به دلیل مناسب بودن برای شرایط بدون تنش، برای شرایط فاریاب قابل پیشنهاد هستند. بررسی شاخص‌های تحمل تنش نشان داد که شاخص‌های MP، GMP، STI، HAM، K1STI و K2STI برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و متحمل به خشکی از کارایی بهتری برخوردار هستند.

قدردانی

داده‌های مورد استفاده در این مقاله از پروژه تحقیقاتی مصوب مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به شماره (۸۹۱۸۳-۸۳۰۱-۰۳-۰۳-۰۱۴) اجرا شده در واحد غلات، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه استخراج شده است که بدین‌وسیله از مدیریت و پرسنل آن مؤسسه و مرکز سیاست‌گذاری می‌شود.

تحت هر دو شرایط بودند، لذا متعلق به گروه D می‌باشند. ژنوتیپ‌های ۴، ۱۲ و ۳ با داشتن YSI نسبتاً بالا و عملکرد پایین (اما پایدار) تحت هر دو شرایط در گروه C جای گرفتند. با توجه به زاویه خطوط شاخص‌ها (شکل ۲) ملاحظه می‌شود همبستگی بالایی بین عملکرد دانه در هر دو شرایط و شاخص‌های MP، GMP، STI، HAM، K1STI و K2STI وجود دارد؛ بنابراین، این شاخص‌ها به‌عنوان شاخص‌های برتر در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی نتایج گویای آن بود که اغلب صفات مورد بررسی به‌ویژه عملکرد دانه، به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی آخر فصل قرار گرفتند، اما میزان کاهش هر یک از صفات بسته به ماهیت آن، متفاوت بود. تنش خشکی بیشترین اثر را بر میزان عملکرد دانه گذاشت و موجب کاهش ۵۵/۳۶ درصدی آن نسبت به شرایط بدون تنش گردید. نتایج نشان داد که برای ارزیابی تحمل تنش خشکی، بهتر است انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس چند شاخص و یا بر اساس میانگین رتبه شاخص‌ها صورت گیرد؛ بنابراین، با استفاده از روش رتبه‌بندی، ژنوتیپ‌های ۱۳، ۲۰، ۸، ۹، ۵ و ۶ به‌عنوان متحمل‌ترین

منابع

- Afiuni, D., Allahdadi, I., Akbari, Gh.A., Najafian, G., 2015. Evaluation of tolerance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes to terminal drought stress based on some agronomic traits. *Arid Biome*. 5, 1-17. [In Persian with English Summary].
- Ahmadi, A., Siosemardeh, A., Zali, A., 2004. A comparison between the capacity of photoassimilate storage and remobilization, and their contribution to yield in four wheat cultivars under different moisture regimes. *Iranian Journal of Agriculture Science*. 35, 921-931. [In Persian with English Summary].
- Ahmadi Lahijani, M., Emam Y., 2013. Response of wheat genotypes to terminal drought stress using physiological indices. *Journal of Crop Production and Processing*. 3, 163-176. [In Persian with English Summary].
- Amiri, R., Bahraminejad, S., Sasani, S., 2013. Evaluation of genetic diversity of bread wheat genotypes based on physiological traits in non-stress and terminal drought stress conditions. *Cereal Research*. 2, 289-305. [In Persian with English Summary].
- Bihamta, M., Shirkavand, M., Hasanpour, J., Afzalifar, A., 2018. Evaluation of durum wheat genotypes under normal irrigation and drought stress conditions. *Journal of Crop Breeding*. 9, 119-136. [In Persian with English Summary].
- Bousslama, M., Schapaugh, W.T., 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*. 24, 933-937.
- Dastfal, M., Barati, V., Emam, Y., Haghghatnia, H., Ramazanpour, M., 2011. Evaluation of grain yield and its components in wheat genotypes under terminal drought stress conditions in darab region. *Seed and Plant Production Journal*. 27, 195-217. [In Persian with English Summary].

- Ebadi, A., Sajed, K., Asgari, R., 2007. Effects of water deficit on dry matter remobilization and grain filling trend in three spring barley genotypes. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 5, 359-362.
- Ehdaie, B., Alloush, G.A., Waines, J.G., 2008. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Research*. 106, 34-43.
- Farshadfar, E., Elyasi, P., 2012. Screening quantitative indicators of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) landraces. *European Journal of Experimental Biology*. 2, 577-584.
- Farshadfar, E., Javadinia, J., 2011. Evaluation of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for drought tolerance. *Seed and Plant Improvement Journal*. 27, 517-537.
- Farshadfar, E., Sutka, J., 2002. Screening drought tolerance criteria in maize. *Acta Agronomica Hungarica*. 50, 411-416.
- Fernandez, G.C. J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: *Proceeding of the International symposium on adaptation of vegetable and other food crops in temperature and water stress, Taiwan*, pp. 257-270.
- Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29, 897-912.
- Foulkes, M.J. Sylvester-Bradley, R., Weightman R., Snape, J.W., 2007. Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. *Field Crops Research*. 103, 11-24.
- Gabriel, K.R., 1971. The biplot graphical display of matrices with applications to principal component analysis. *Biometrika*. 58, 453-467.
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R.G., Ricciardi, G.L., Borghi, B., 1997. Evaluation of field a laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*. 77, 523-531.
- Gooding, M.J., Ellis, R.H., Shewry, P.R., Schofield, J.D., 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Science*. 37, 295-309.
- Guttieri, M.J., Stark, J.C., O'Brien, K., Souza, E., 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science*. 41, 327-335.
- Kiliç, H., Yağbasanlar, T., 2010. The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 38, 164-170.
- Kochaki, A., Sharif Hoseini, M., 2008. *Modern agriculture*, Jihad University Press, Mashhad, Iran, 43 pp. [In Persian].
- Kristin, A.S., Serna, R.R., Perez, F.I., Enriquez, B.C., Gallegos, J.A.A., Vallego, P.R., Wassimi, N., Kelly, J.D., 1997. Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science*. 37, 43-50.
- Lan, J., 1998. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. *Acta Agric Boreali-occidentalis Sinica*. 7, 85-87.
- Luigi, C., Rizza, F., Farnaz, B., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare, C., Alessandro, T., Stanca, M.A., 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research*. 105, 1-14.
- Manette, A.S., Richard, C.J., Carver, B.F., Mornhinweg, D.W., 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Science*. 28, 526-531.
- Mohammadi, A., Majidi Heravan, E., Bihamta, M.R., Heidari Sharifabad, H., 2007. Evaluation of drought stress on agro-morphological characteristic in some wheat cultivars. *Pajouhesh and Sazandegi*. 73, 184-192. [In Persian].
- Mohseni, M., Mortazavian, S.M.M., Ramshini, H.A., Foghi, B., 2016. Evaluation of bread wheat genotypes under normal and post-anthesis drought stress conditions for agronomic traits. *Journal of Crop Breeding*. 8, 16-29. [In Persian with English Summary].
- Moosavi, S.S., Yazdi Samadi, B., Naghavi, M.R., Zali, A.A., Dashti, H., Pourshahbazi, A., 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. *Desert*. 12, 165-178.
- Moral, G.L.F., Rharrabti, Y., Villegas, D., Royo, C., 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under

- Mediterranean conditions: An ontogenic approach. *Agronomy Journal*. 95, 266-274.
- Naderi, A., Akbari Moghaddam, H., Mahmoodi, K., 2013. Evaluation of bread wheat genotypes for terminal drought stress tolerance in south-warm regions of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*. 29, 601-616. [In Persian with English Summary].
- Paknejad, F., Majidi, E., Noormohammadi, G., Seadat, A., Vazan S., 2006. Evaluation of drought stress on effective traits at accumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. *Journal of Agricultural Sciences*. 13, 137-149. [In Persian with English Summary].
- Ramirez-Vallejo, P., Kelly, J.D., 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*. 99, 127-136.
- Ramshini, H., Fazel Najafabadi, M., Bihamta, M.R., 2012. Inheritance of some traits in bread wheat using diallel method at normal and drought stress conditions. *Cereal Research*. 2, 1-15. [In Persian with English Summary].
- Reynolds, M., Foulkes, M.J., Slafer, G.A., Berry, P., Parry, M.A.J., Snape, J.W., Angus W.J., 2009. Raising yield potential in wheat. *Journal of Experimental Botany*. 60, 1899-1918.
- Roostae, M., Sadeghzadehahari, D., Zadhasan, E., Arshad, Y., 2003. Study of relationship of wheat grain yield-affecting traits by factor analysis under rain-fed conditions. *Journal of Agricultural Science*. 13(1), 1-10. [In Persian with English summary].
- Rosielle, A.A., Hamblin, J., 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*. 21, 943-946.
- Royo, C., Abaza, M., Blanco, R., Garc'ia delMoral, L.F., 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. *Australian Journal of Plant Physiology*. 27, 1051-1059.
- Shirani Rad, A.H., Abbasian, A., 2011. Evaluation of drought tolerance in rapeseed genotypes under nonstress and drought stress conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 39, 164-171.
- Siddique, M.R.B., Hamid, A., Islam, M.S., 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Butanical Bullecin of Academia Sinica*. 41, 35-38.
- Wardlaw, I.F., 1971. The early stages of grain development in wheat. Response to water stress in a single variety. *Australian Journal of Biology Science*. 24, 1047-1055.
- Yazdi Samadi, B., Majnoun Hosseini, N., 2002. Evaluation of quantitative traits in 12 improved wheat cultivars under non irrigated condition of Karaj region. *Desert (Biaban)*. 7, 1-10. [In Persian with English Summary].



Original article

Effect of terminal drought stress on some agronomic traits of 20 elite bread wheat genotypes

S. Nasiri Khalilelahi¹, S. Sasani^{2*}, G. Ahmadi³, M. Daneshvar⁴

1. Former M.Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Agricultural Colleges, Lorestan University, Iran
2. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran
3. Research Instructor, Crop and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran
4. Professor Assistant, Crop Department of Agronomy and Plant Breeding, Agricultural Colleges, Lorestan University, Iran

Received 24 January 2019; Accepted 9 March 2019

Abstract

At this research, the effect of terminal drought stress was evaluated on kernel yield and its components of 20 bread-wheat genotypes including cultivars and elite lines. The experiment was conducted using randomized complete blocks design (CRBD) with three replicates under non-stress and terminal drought stress conditions at Islamabad-e-Gharb Agricultural Research Station, Kermanshah Agriculture and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Kermanshah, Iran during 2011-2012 cropping year. Simple analysis of variance exhibited non-significant differences among the genotypes for all of the studied traits under both non-stress and terminal drought stress conditions. The result of the combined analysis of variance indicated there is no significant difference among genotypes for all of the studied traits except grain number per spike, peduncle length, penultimate length and day to physiological maturity. The effect of terminal drought stress was significant on all of the studied traits except biological yield, the number of kernels per spike and peduncle length. Drought stress reduced the average of all studied traits except peduncle length. Drought stress had the highest effect on kernel yield and reduced it's by 55.36% compared to non-stress conditions. Genotype 8 had the lowest percentage reduction. The mean kernel yield of genotypes was 8955 and 3997 kg/ha under non-stress and stress conditions, respectively. Genotypes 13, 20, 8, 9, 5 and 6 were recognized as the most tolerant genotypes using ranking method. These genotypes were identified as the best genotypes based on biplot diagrams under both non-stress and terminal drought stress conditions. These genotypes can be used in breeding programs to create bread wheat tolerant cultivars.

Keywords: Biplot, Drought tolerance indices, Principal component analysis, Ranking method

*Correspondent author: Shahryar Sasani; E-Mail: shahryarsasani@gmail.com.