مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۲۷ ، شماره ۲، سال ۱۳۹۰

ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در منطقه داراب

Evaluation of Grain Yield and Its Components in Wheat Genotypes under Terminal Drought Stress Conditions in Darab Region

منوچهر دستفال[۱]، وحید براتی[۲]، یحیی امام[۳]، حسن حقیقت‌نیا[۴] و محمود رمضان‌پور[۵]

۱، ۴ و ۵- عضو هیأت علمی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، داراب
۲- پژوهشگر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، فارس، داراب
۳- استاد، دانشگاه شیراز، شیراز

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۸/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۴/۲

چکیده

دستفال، م.، براتی، و.، امام، ی.، حقیقت‌نیا، ح.، و رمضان‌پور، م. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل در منطقه داراب. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۷ (۱):** ۲۱۷ - ۱۹۵.

به منظور مطالعه واکنش نه ژنوتیپ گندم نان و یک ژنوتیپ گندم دوروم به تنش خشکی ملایم و شدید پس از گلدهی، پژوهشی مزرعه‌ای در سال‌های زراعی ۷۸-۱۳۷۷، ۷۹-۱۳۷۸ و ۸۰-۱۳۷۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی حسن‌آباد داراب انجام شد. این آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل سه سطح رطوبتی: مطلوب (آبیاری براساس نیاز آبی گیاه، W1)، تنش خشکی ملایم (W1 ۷۵٪ ، از مرحله ۵۰٪ گلدهی رقم شاهد (چمران) تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک) و تنش خشکی شدید (W1 ۵۰٪ ، از مرحله ۵۰٪ گلدهی رقم شاهد (چمران) تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک) و عامل فرعی شامل ۱۰ ژنوتیپ گندم بود. نتایج نشان داد تنش خشکی ملایم و شدید سبب کاهش عملکرد دانه و اجزای آن در کلیه ژنوتیپ‌ها گردید. عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید کاهش معنی‌داری ($P<0.05$) داشت. علت اصلی افت عملکرد دانه در تنش خشکی ملایم (۲۱/۸٪) و شدید (۴۰/۷٪) کاهش تعداد دانه در سنبله و در مرتبه بعدی وزن هزاردانه بود. ژنوتیپ شماره ۶ بیشترین عملکرد دانه (۵۳۵۲ کیلوگرم در هکتار) را در شرایط مطلوب تولید کرد، در حالی که بیشترین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی ملایم (۴۱۷۸ کیلوگرم در هکتار) و شدید (۳۵۰۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به ژنوتیپ شماره ۹ بود و ژنوتیپ شماره ۶ در مرتبه بعدی قرار داشت. با توجه به اینکه شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و میانگین بهره‌وری (MP) بیشترین همبستگی معنی‌دار را با عملکرد دانه در شرایط مطلوب، تنش خشکی ملایم و شدید داشتند، به عنوان شاخص‌هایی مناسب جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی توصیه می‌شوند. با در نظر گرفتن این شاخص‌ها، ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۹ متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به ترتیب در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید بودند. تجزیه همبستگی عملکرد دانه با صفات دیگر، نشان داد که در هر سه شرایط رطوبتی، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت بیشترین همبستگی معنی‌دار با عملکرد دانه را داشتند. می‌توان گزینش ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه بالاتر در کلیه شرایط رطوبتی را با استفاده از صفات دارای بیشترین ضریب همبستگی معنی‌دار با عملکرد دانه انجام داد. پیشنهاد می‌شود ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۹ به دلیل داشتن پتانسیل بالاتر عملکرد دانه، در برنامه‌های به نژادی گندم برای بهبود تحمل به تنش خشکی انتهای فصل مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: گندم، عملکرد دانه، تنش خشکی، شاخص‌های تحمل وحساسیت به تنش خشکی.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: yaemam@shirazu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

ایران با میانگین نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در سال بر طبق تعریف آمبرژه جزء مناطق خشک و نیمه خشک به حساب می‌آید (Kardavani, 1999). بخش زیادی از اراضی زیر کشت گندم در ایران، در مناطق خشک یا نیمه خشک قرار گرفته و هر ساله در نتیجه بروز تنش خشکی، عملکرد گندم کاهش چشم‌گیری می‌یابد. بر طبق الگوی فصلی بارندگی مدیترانه‌ای که شامل بسیاری از مناطق ایران (بویژه مناطق جنوبی) نیز می‌شود، بیشترین بارندگی در زمستان اتفاق می‌افتد و محصولات زراعی پاییزه معمولاً از زمان گلدهی تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک با خشکی مواجه می‌گردند. پژوهشگران زیادی معتقدند که حساسترین مراحل نمو گندم به تنش خشکی، مراحل زایشی می‌باشد (Johnson and Fowler, 1992; Schneider *et al.*, 1969; Mogensen *et al.*, 1985; Mostafa *et al.*, 1996). در پژوهش فیشر و ماورر (Fischer and Maurer, 1978) که اعمال تنش‌های خشکی مشابه با الگوی بارندگی مدیترانه‌ای بود، عملکرد دانه ارقام تحت تنش، ۳۷٪ تا ۸۶٪ کاهش یافت.

عملکرد دانه گندم متأثر از تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه می‌باشد (Evans *et al*., 1972; Johnson and Kanemasu, 1982; Pirooznia *et al*., 1998)؛ این اجزاء بسته به مرحله فنولوژیکی گیاه که با تنش خشکی مواجه می‌شود، به نحو متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. طول دوره‌ی گل‌دهی گیاهانی که در این دوره در معرض تنش خشکی قرار گیرند، کاهش می‌یابد. تنش خشکی در مرحله‌ی زایشی می‌تواند عقیمی گلچه‌ها را در پی‌داشته باشد (Roy and Murty, 1970). همچنین، فیشر (Fischer, 1973) و فیشر و همکاران (Fischer *et al.*, 1977) گزارش کردند که اگر تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی یا کمی قبل از آن روی دهد، تعداد دانه در سنبله کاهش می‌یابد. کمبود آب پس از گل‌دهی (گرده‌افشانی) احتمالاً از طریق آسیب رساندن به فرایند باروری دانه می‌تواند تعداد دانه در سنبله را کاهش دهد (Evans and Dunstone, 1970; Wardlaw, 1971). تنش خشکی در مرحله سنبله‌دهی تا پرشدن دانه به دلیل کاهش سنبله‌های بارور و تعداد دانه در هر سنبله موجب کاهش محصول می‌گردد (Sterling and Nass,1981; Emam, 2007). همچنین، تنش خشکی از مرحله‌ی گل‌دهی تا رسیدگی دانه، به ویژه اگر با دمای زیاد همراه باشد، پیری برگ را تسریع و دوره پرشدن دانه را کاهش داده و بنابراین، وزن دانه را کاهش می‌دهد (Royo *et al*., 2000; Hay and Walker 1994). وزن دانه با سرعت و مدت پرشدن دانه ارتباط دارد (Davidson and Birch, 1978; Hay and Walker, 1994). براساس نتایج

Archive of SID

www.SID.ir

پژوهش بویر (Boyer, 1996) در استرالیا، تنش خشکی بهاره در مرحله‌ی پر شدن دانه که به طور ناگهانی اتفاق می‌افتد، منجر به کاهش شدید وزن دانه می‌شود، همچنین مورگان (Morgan, 1977) گزارش کرد که تنش خشکی در طی مرحله پرشدن دانه معمولاً وزن دانه را کاهش می‌دهد. این امر احتمالاً به دلیل کاهش مواد پرورده برای رشد دانه‌ها است، کاهش تولید مواد پرورده نیز به کاهش فرآیند فتوسنتزی مربوط می‌شود که با بسته شدن روزنه‌ها مرتبط است.

شاخص برداشت از صفات مهم قابل اندازه‌گیری است. آستین و همکاران (Austin *et al.*, 1980) معتقدند که از طریق گزینش با شاخص برداشت، می‌توان عملکرد دانه گندم را تا ۲۰٪ افزایش داد. آنها اظهار داشته‌اند که شاخص برداشت غلات دانه‌ای ممکن است تا حدود ۶۰٪ افزایش یابد. فرد و همکاران (Fard *et al.*, 2000) وجود تنوع ژنتیکی برای شاخص برداشت و عملکرد زیست‌توده را در بین ارقام گزارش کرده‌اند. شاخص برداشت و عملکرد زیست‌توده از جمله صفاتی هستند که به طور معنی‌دار تحت تأثیر تنش خشکی آخر فصل قرار گرفته‌اند (Ehdaie, 1998).

تاکنون روش‌های مختلفی برای ارزیابی واکنش گیاهان زراعی نسبت به انواع تنش‌ها ابداع شده است. شاخص تحمل (StressTolerance= Tol) و شاخص میانگین بهره‌وری (Mean Productivity = MP) توسط روزیلی و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) برای ارزیابی توانایی تحمل ژنوتیپ‌ها براساس مقادیرکم Tol و مقادیر بالای MP مورد استفاده قرار گرفت. فیشر و ماورر (Fischer and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (Stress Susceptibility Index = SSI) را پیشنهاد نمودند. مقدارکمتر این شاخص نشان دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب و در نتیجه تحمل بیشترآن ژنوتیپ است. فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص‌های تحمل به تنش (Stress Tolerance Index = STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (Geometric Mean Productivity = GMP) را معرفی نمود. ژنوتیپ‌های متحمل‌تر دارای مقادیر بالاتر این شاخص‌ها هستند. صادق‌زاده اهری (Sadegh Zadeh Ahari, 2007) با مطالعه ۱۱ ژنوتیپ گندم دوروم پیشنهادکردکه شاخص‌های MP، GMP وSTI با عملکرد دانه در محیط دارای تنش و مطلوب همبستگی مثبت و بالایی داشته و به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای تفکیک و شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل قابل توصیه‌اند. خلیل‌زاده وکربلایی خیاوی (Khalilzadeh and Karbalaee Khiavi, 2002) نیز اظهار داشتندکه، شاخص‌های STI وGMP دارای قدرت

Archive of SID

www.SID.ir

تشخیص بیشتری برای شناخت لاین‌های متحمل به تنش‌خشکی در مقایسه با شاخص‌های MP، SSI و Tol هستند.

رشیدی و همکاران (Rashidi *et al.*, 1998) در تجزیه ضرایب همبستگی نشان دادند تعداد پنجه‌های بارور و وزن هزاردانه از اجزای مهم عملکرد دانه می‌باشند، تعداد پنجه‌های بارور و ارتفاع بوته از اجزای عملکردکاه و همچنین عملکرد دانه وکاه از اجزای شاخص برداشت می‌باشند. بنابراین، برای افزایش هر یک از صفات وابسته‌ی مذکور می‌توان از صفات موثر و مرتبط با آنها سود برد. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثرتنش خشکی ملایم و شدید انتهایی بر عملکرد دانه و اجزای آن در برخی ژنوتیپ‌های گندم نان و دوروم و تعیین متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی جهت استفاده در برنامه‌های به نژادی آینده، و همچنین بررسی صفاتی که در دستیابی به عملکرد دانه در این شرایط نقش بیشتری دارند، انجام شد.

مواد و روش‌ها

ده ژنوتیپ گندم شامل: نه ژنوتیپ گندم نان و یک ژنوتیپ گندم دوروم (جدول ۱)، به صورت کرتهای خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه سال‌های زراعی متوالی ۸۰-۱۳۷۷ با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب واقع در جنوب شرقی شیراز (طول و عرض جغرافیایی محل آزمایش به ترتیب ´ ۵۵ ° ۵۴ شرقی و ´ ۲۹ ° ۲۸ شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۰۸۰ متر، بیشینه و کمینه دما و میانگین بارندگی سالیانه به ترتیب: ۴۸ و۳- درجه سانتی‌گراد و ۲۵۰ میلی‌متر) در یک خاک با بافت لومی (Fine loamy, carbonatic, hyperthermic, aridic hapleustepts) کشت شدند. ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. عامل اصلی شامل سه سطح آبیاری: مطلوب (آبیاری براساس نیاز آبی گیاه، W1)، تنش خشکی ملایم (W1 ۷۵٪ ، از مرحله ۵۰٪ گلدهی رقم شاهد- چمران- تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک) و تنش خشکی شدید (W1 ۵۰ ٪ ، از مرحله ۵۰٪ گلدهی رقم شاهد- چمران- تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک) و عامل فرعی شامل ۱۰ ژنوتیپ گندم بود. زمین محل آزمایش در سال قبل به صورت آیش بود. مساحت هر کرت فرعی ۱۴/۴ مترمربع در نظر گرفته شد، که شامل ۸ ردیف ۶ متری با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بین ردیف‌های کاشت بود. کودهای شیمیایی به صورت سوپر فسفات تریپل (۴۶ درصد اکسید فسفر، به ترتیب ۱۹۰، ۱۱۰ و ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار در سال اول تا سوم، سولفات پتاسیم (۵۰ درصد اکسید پتاس)، به ترتیب ۱۲۰، ۱۹۵ و ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار در سال اول تا سوم و کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن)، به ترتیب ۴۰۰، ۴۴۰ و ۴۴۰ کیلوگرم در هکتار در سال اول تا سوم، براساس تجزیه نمونه خاک

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱– شجره ژنوتیپ‌های گندم
Table 1. Pedigrees of wheat genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype no.	شجره Pedigree
1	KAUZ//KAUZ/STAR
2	STAR//KAUZ/PWN
3	PBW343*2/KUKUNA
4	TJB368.251/B UC//TURACO
5	KAUZ//KAUZ/STAR
6	KAUZ*2/BOW//KAUZ/3/W98.6.38
7	SHWA/MALD (Karkheh) (Durum wheat)
8	KAUZ/OPATA/KAUZ
9	ATILA-50Y (CHAMRAN) (Local Check)
10	MAYA/NAC (DARAB-2) (Local Check)

جدول۲ – خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری.
Table 2. Physico-chemical characteristics of soil in 0-30 cm depth

سال Year	هدایت الکتریکی EC ($ds\ m^{-1}$)	اسیدیته pH	کربن آلی O.C. %	فسفر P ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg\ kg^{-1}$)	بافت خاک Soil texture	ظرفیت مزرعه F.C. %	نقطه پژمردگی P.W.P. %	چگالی خاک BD ($g\ cm^{-3}$)
1998-99	0.68	8.5	0.77	4.6	224	C.l.*	22.5	12.5	1.42
1999-00	0.68	8.5	0.51	8.6	168	C.l.	22.5	12.5	1.42
2000-01	0.63	8.4	0.51	6.0	172	C.l.	22.5	12.5	1.42

E.C.= Electerical Conductivity
F.C.= Field Capacity
B.D.= Bulk Density
K= Potassium, P= Phosphorous
O.C.= Organic Carbon
P.W.P.= Pormanent Wilting Point

مصرف شد. کودهای سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم قبل از کاشت و کود اوره در سه نوبت: قبل ازکاشت، به صورت سرک در زمان پنجه‌زنی(شروع ظهور پنجه‌ها) و قبل ازگلدهی (زمان ظهور سنبله‌ها) و در هر سه مرحله به مقدار مساوی مصرف شد. تراکم کشت بذر بر اساس وزن هزار دانه، بر مبنای ۴۰۰ بوته در مترمربع در نظرگرفته شد. علف‌های هرز به وسیله دست کنترل شد.

آبیاری براساس ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه‌ی پژمردگی خاک در عمق‌های مختلف (روش درصد رطوبت وزنی) و مراحل مختلف رشد گیاه بود. عمق آبیاری در هر نوبت با استفاده از فرمول زیر به نحوی محاسبه گردید که رطوبت خاک در منطقه‌ی رشد ریشه به حد ظرفیت زراعی (FC) برسد:

$$dn = (\Theta_{fc} - \Theta_m) \times \rho_b \times D$$

dn: عمق آب آبیاری برحسب سانتی‌متر. Θ_{fc}: درصد رطوبت وزنی خاک در حالت ظرفیت مزرعه. Θ_m: درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری. ρb: جرم مخصوص ظاهری خاک.D: عمق نمونه‌برداری ازخاک با توجه به

Archive of SID

www.SID.ir

عمق ریشه درهر دفعه برحسب سانتی‌متر. بعد از محاسبه‌ی آب مورد نیاز برای آبیاری، مقدار آب توسط کنتور حجمی کنترل شد. مقدار مصرف آب در حالت مطلوب، تنش خشکی ملایم و تنش خشکی شدید به ترتیب ۶۲۱، ۵۱۸/۲ و ۴۱۲/۲ میلی متر بود. ویژگی‌های شیمیایی آب مصرفی در جدول ۳ آمده‌است. میانگین مقدار بارندگی و درجه حرارت در سه سال آزمایش و میانگین بلند مدت در شکل ۱ و ۲ آمده است.

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری
Table 3. Chemical properties of irrigation water

میلی‌گرم در لیتر mg lit^{-1}		میلی‌اکی‌والان در لیتر ml Equivalent lit^{-1}						
منیزیوم	کلسیم	کلرید	سدیم	سولفات	بی کربنات	کربنات	تیرگی	اسیدیته	هدایت الکتریکی
Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^{-}	Na^{+}	SO_4^{-2}	HCO_3^{-1}	CO_3^{-2}	Darkness	pH	EC (dS m^{-1})
320	60	0.5	0.61	0.11	4	0	0.48	7.6	0.436

در طول فصل رشد، تاریخ ۵۰٪ گل‌دهی و تاریخ رسیدگی یادداشت برداری شد. به منظور تعیین اجزای عملکرد دانه، یک مترمربع از قسمت مرکزی هر کرت برداشت شد. پس از حذف ردیف‌های حاشیه (۶۰ سانتی‌متر) مابقی بوته‌های هرکرت جهت تعیین عملکرد دانه، عملکرد زیست توده و شاخص برداشت با دست از نزدیکی سطح خاک بریده شد.

برای برآورد شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌ها، از رابطه‌های پیشنهادی زیر توسط فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978)، فرناندز (Fernandez, 1992) و روزیلی و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) استفاده شد:

$$SI = 1 - (\bar{Ys} / \bar{Yp})$$

$$SSI = [1- (Ys / Yp)] / SI$$

$$Tol = Yp - Ys$$

$$MP = (Ys + Yp) / 2$$

$$STI = (Ys \times Yp) / (\bar{Yp})^2$$

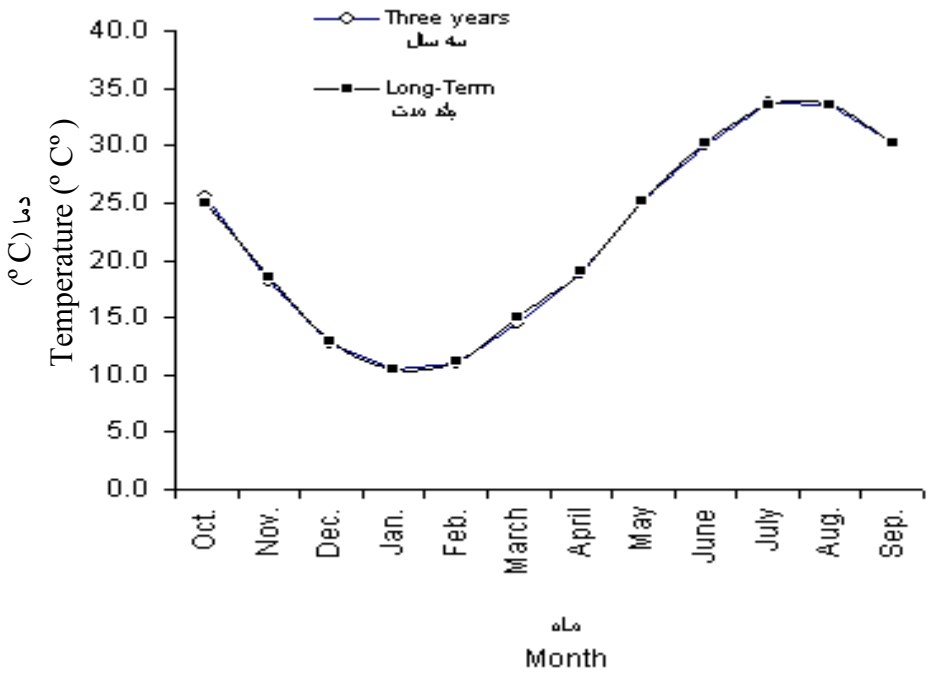
$$GMP = \sqrt{Ys \times Yp}$$

Yp: عملکرد دانه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش، Ys: عملکرد دانه هر ژنوتیپ در محیط دارای تنش، $\bar{Ys}$: میانگین عملکرد دانه همه‌ی ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنش، $\bar{Yp}$: میانگین عملکرد دانه همه‌ی ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش.

تجزیه واریانس مرکب برروی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده ازآزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح احتمال ۵٪) انجام شد. ضرایب همبستگی عملکرد دانه با سایر صفات در شرایط تنش و بدون تنش و همچنین بین شاخص‌های حساسیت و تحمل به خشکی و عملکرد دانه تعیین شد. درصد کاهش صفات اندازه‌گیری شده

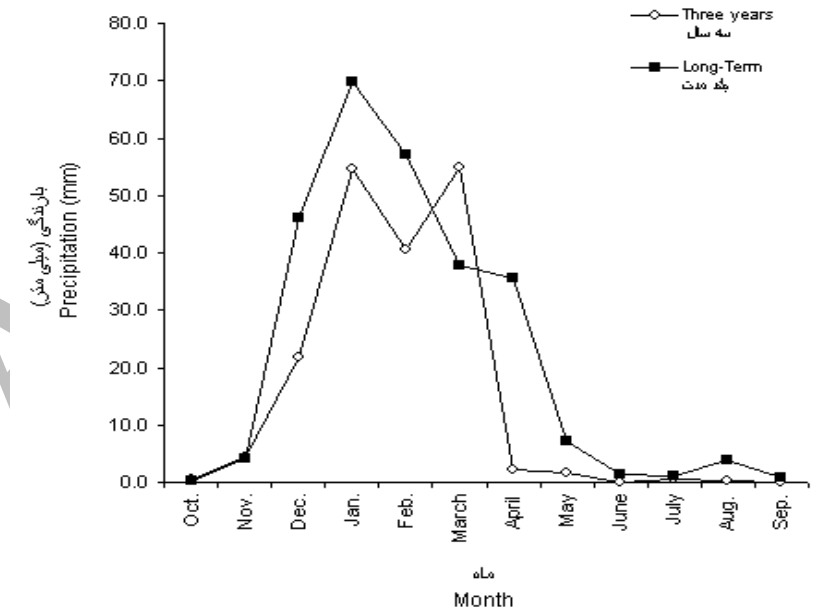
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- میانگین دمای بلندمدت و ماهانه سه سال آزمایش (۸۰-۱۳۷۷)

Fig. 1. Monthly mean temperatures for long-term and three growing seasons (1998-2001)



شکل ۲- میانگین بارندگی بلندمدت و ماهانه سه سال آزمایش

(۸۰-۱۳۷۷)

Fig. 2. Monthly mean precipitation for long-term and three growing seasons (1998-2001)

www.SID.ir

(عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد زیست توده) در شرایط تنش ملایم و شدید نسبت به شرایط مطلوب نیز محاسبه شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال فقط بر روی وزن هزار دانه و تعداد سنبله بارور در مترمربع معنی‌دار ($P < 0.01$) بود (جدول ۴). میانگین بارندگی در سالهای زراعی اول، دوم و سوم به ترتیب ۳۰۵/۲، ۱۱۳ و ۱۴۵/۸ میلی‌متربود. که پراکندگی آن در این سالها، تفاوت زیادی داشت. اثر شرایط رطوبتی بر روی عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۴). هر دو نوع شرایط تنش خشکی شدید و ملایم سبب کاهش معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) عملکرد دانه شد (جدول ۵). در هر دو شرایط تنش ملایم و شدید بیشترین کاهش اجزای عملکرد دانه مربوط به تعداد دانه در سنبله (به ترتیب۹/۹٪ و ۲۲/۱ ٪) بود (جدول ۶). کاهش تعداد دانه در سنبله در اثر تنش خشکی (جدول ۵)، به دلیل کاهش تعداد دانه در سنبلچه و تعداد سنبلچه در هر سنبله صورت می‌گیرد و بنا به اعتقاد برخی از پژوهشگران، این کاهش ممکن است در اثر مرگ دانه‌های گرده ناشی از افزایش ABA در شرایط تنش باشد (Siani and Aspinall, 1981). اثر ژنوتیپ بر روی وزن هزار دانه، تعداد سنبله بارور در مترمربع و شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۴). به طورکلی بین ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات اختلاف مشاهده شد، هرچند این اختلاف‌ها بر اساس تجزیه واریانس برای برخی از آنها معنی‌دار نشد (جدول ۴). علیرغم اینکه آزمون F در سطوح ۱٪ و ۵٪ برای برخی صفات معنی‌داری نبود، اما، به دلیل تفاوت میان میانگین‌ها، استفاده از آزمون دانکن کلاس‌های مجزایی را مشخص کرد (جدول ۷).

اجزای عملکرد دانه

تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای تعداد دانه در سنبله در هر سه شرایط مطلوب، تنش ملایم و شدید خشکی معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه‌ی میانگین‌ها در شرایط مطلوب نشان داد که ژنوتیپ شماره ۸ (۳۵/۸ دانه) و به دنبال آن ژنوتیپ شماره ۹ (۳۵/۴ دانه) بیشترین تعداد دانه در سنبله را داشتند. در شرایط تنش خشکی ملایم، ژنوتیپ شماره ۸ بیشترین تعداد دانه در سنبله (۳۱/۸ دانه) را به خود اختصاص داد. در شرایط تنش خشکی شدید، بیشترین تعداد دانه در سنبله به ژنوتیپ شماره ۹ (۲۹/۲ دانه) تعلق داشت (جدول ۷). تنش خشکی شدید و ملایم، تعداد دانه در سنبله را در کلیه ژنوتیپ‌ها ($P < 0.01$) تحت تأثیر قرار داد (جدول ۴). این موضوع احتمالاً حساسیت این صفت به خشکی را در ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی نشان می‌دهد. در این پژوهش، تنش خشکی به دو دلیل تعداد دانه در سنبله را کاهش داد. اول:

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله بارور در متر مربع، شاخص برداشت و عملکرد زیست توده

Table 4. Combined analysis of variance for grain yield, thousand grain weight, grain number per spike, fertile spike number per m^2, harvest index and biological yield

S. O. V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS					
			عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه Thousand grain weight	تعداد دانه در سنبله Grain number $spike^{-1}$	تعداد سنبله بارور در مترمربع Fertile spike number per m^2	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد زیست توده Biological yield
Year (Y)	سال	2	6.548^{ns}	235.035^{*}	0.014^{ns}	69326.938^{**}	28.162^{ns}	40.204^{ns}
Replication (Y)	تکرار (سال)	6	1.809	43.973	23.887	3672.908	24.774	11.186
Moisture condition (M)	شرایط رطوبتی	2	88.696^{*}	762.954^{*}	1294.513^{**}	77094.201^{ns}	585.834^{**}	353.926^{ns}
M × Y	شرایط رطوبتی × سال	4	6.251^{**}	76.224^{**}	15.827^{**}	11810.903^{ns}	4.120^{*}	52.740^{**}
Error (a)	خطا (الف)	12	0.555	7.028	2.703	4324.261	1.205	4.075
Genotype (G)	ژنوتیپ	9	1.678^{ns}	277.774^{**}	37.657^{ns}	21321.378^{**}	44.863^{*}	4.342^{ns}
G × Y	ژنوتیپ × سال	18	1.062^{**}	10.424^{**}	20.820^{**}	4095.866^{**}	13.852^{**}	3.323^{*}
G × M	ژنوتیپ × شرایط رطوبتی	18	0.277^{ns}	8.288^{ns}	4.579^{ns}	3030.931^{ns}	1.601^{ns}	1.668^{ns}
G × M × Y	ژنوتیپ × شرایط رطوبتی× سال	36	0.204^{ns}	6.846^{ns}	4.749^{ns}	2359.063^{ns}	3.636^{ns}	1.485^{ns}
Error (b)	خطا (ب)	162	0.277	3.533	3.077	2030.108	4.194	1.702

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

ns: Non significant.

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

ns: غیر معنی دار.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- اثر شرایط رطوبتی و ژنوتیپ بر میانگین عملکرد دانه، اجزای آن، شاخص برداشت (درصد) و عملکرد زیست توده

Table 5. Effect of moisture conditions and genotype on grain yield, yield components, harvest index and biological yield

Treatment	تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha^{-1})	وزن هزار دانه (گرم) Thousand grain weight (g)	تعداد دانه در سنبله Grain number spike^{-1}	تعداد سنبله بارور در مترمربع Fertile spike number per m^2	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha^{-1})
		Moisture condition **شرایط رطوبتی**					
Non-stress	بدون تنش	4875a*	35.74a	34.31a	424.2a	39.55a	12330a
Mild stress	تنش ملایم	3812b	32.74b	30.91b	395.6b	36.90b	10310b
Severe stress	تنش شدید	2892c	29.92c	26.74c	365.7c	34.44c	8360c
		Genotype **ژنوتیپ**					
1		3812bc	31.04d	30.2d	418.0a	37.16bcd	10170bc
2		3417d	31.52cd	28.5e	386.6b	34.93e	9660c
3		3953ab	32.93b	31.0bcd	397.1ab	37.75abc	10310bc
4		3609cd	30.81d	30.2cd	398.5ab	34.86e	10250bc
5		3771bc	31.23d	31.1a-d	396.6ab	36.34d	10300bc
6		4208a	32.83b	31.8ab	405.8ab	37.63abc	11110a
7		3822bc	41.63a	29.0e	319.6c	37.61abc	10040bc
8		3788bc	30.97d	31.6ab	407.9ab	36.53cd	10300bc
9		4231a	32.54bc	32.1a	413.4ab	38.69a	10840ab
10		3986ab	32.48bc	31.2abc	408.3ab	38.12ab	10360b

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ی دانکن در سطح احتمال ($P > 0.05$) اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the ($P > 0.05$) probability level-Using Duncans Multiple Rang Test.

جدول ۶- درصد کاهش عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد زیست توده در شرایط تنش رطوبتی ملایم و شدید نسبت به شرایط مطلوب

Table 6. Reduction (%) of grain yield, yield components, harvest index and biological yield in mild and severe drought stress conditions as compared with non-stress condition

شرایط رطوبتی Moisture conditions		عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه Thousand grain weight	تعداد دانه در سنبله Grain number spike^{-1}	تعداد سنبله بارور در مترمربع Fertile spike number per m^2	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد زیست توده Biological yield
Mild stress	تنش ملایم	21.8	8.4	9.9	6.7	6.7	16.4
Severe stress	تنش شدید	40.7	16.3	22.1	13.8	12.9	32.2

Archive of SID

www.SID.ir

تنش خشکی در مرحله ۵۰٪ گلدهی رقم شاهد (چمران) اعمال شد و این درحالی بود که، سایر ژنوتیپ‌ها در مراحل متفاوتی از نمو(قبل از گلدهی یا در مرحله گلدهی) بودند. دوم: ادامه‌ی تنش خشکی پس از مرحله گلدهی باعث افت شدید وزن دانه‌ها شد به طوری که نمی‌توان آنها را دانه به حساب آورد. این گونه دانه‌ها معمولاً در مراحل خرمنکوبی خرد شده و از بین می‌روند. اعمال تنش در مرحله گرده‌افشانی موجب اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه می‌گردد (Cooper *et al.*, 1994; Oosterhius and Carwtright, 1983) که می‌تواند دلیلی بر کاهش تعداد دانه در ژنوتیپ‌های تحت تنش خشکی باشد.

وزن هزار دانه یکی از اجزای مهم عملکرد دانه در گندم می‌باشد و بسته به طول دوره و مرحله وقوع تنش به نحو متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Fischer, 1973). در پژوهش حاضر، وزن هزار دانه در هرسه شرایط مطلوب، تنش ملایم و شدید تفاوت بین ژنوتیپ‌ها معنی‌دار ($P < 0.01$) بود (جدول ۴). ژنوتیپ شماره ۷ (گندم دوروم)، بیشترین وزن هزار دانه (۴۴/۹ گرم) را در شرایط مطلوب به خود اختصاص داد، در شرایط تنش ملایم و شدید نیز ژنوتیپ شماره ۷ بیشترین وزن هزار دانه (به ترتیب ۴۲/۹ و ۳۷/۱ گرم) را داشت (جدول ۷). کاهش وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها بواسطه تنش خشکی ملایم و شدید، احتمالاً به دلیل دمای گرمتر طی روزهای پایانی دوره رشد و بنابراین کوتاهتر شدن طول دوره پر شدن دانه باشد. از آنجا که در شرایط گرما تعرق گیاه افزایش می‌یابد، احتمال رویارویی گیاه با تنش خشکی زیادتر می‌شود. در این صورت طول دوره رشد کاهش پیدا کرده و دانه‌ها کوچکتر می‌شوند (Warington *et al.*, 1997). رویو و همکاران (Royo *et al.*, 2000) نیز دریافتند که تنش خشکی از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی، بویژه اگر با دمای زیاد همراه باشد، دوره پرشدن دانه و وزن هزار دانه را در تریتیکاله (*X. triticosecale*) داد.

ژنوتیپ‌ها از لحاظ تعداد سنبله بارور در مترمربع در هر سه شرایط رطوبتی دارای تفاوت معنی‌داری ($P < 0.01$) بودند، (جدول ۴). در شرایط مطلوب، ژنوتیپ شماره ۳ (با ۴۴۹ سنبله بارور در مترمربع) در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها از تعداد سنبله بارور بیشتری برخوردار بود. در شرایط تنش ملایم، ژنوتیپ شماره۱۰ بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (۴۲۷/۸) را داشت (جدول ۷). در شرایط تنش شدید نیز بالاترین تعداد سنبله به ژنوتیپ شماره ۸ اختصاص داشت (۴۱۷ سنبله بارور در مترمربع). هرچند بر اثر تنش خشکی کاهش تعداد سنبله بارور در مترمربع در بیشتر ژنوتیپ‌ها مشاهده شد، اثر تنش خشکی ملایم بر تعداد سنبله بارور در مترمربع تنها در ژنوتیپ شماره ۳ (PBW343*2/KUKUNA) معنی‌دار شد (جدول ۷). این در حالی بود که تنش خشکی

Archive of SID

www.SID.ir

شدید باعث کاهش معنی‌دار تعداد سنبله بارور در مترمربع در ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۴، ۶ و ۱۰ گردید (جدول ۷). به طورکلی، تعداد سنبله در مترمربع تا زمان گل‌دهی برای هر ژنوتیپ تعیین می‌شود و تنش خشکی بعد از آن تنها می‌تواند بر باروری سنبله‌های پنجه‌هایی که نسبتاً دیرتر به گل می‌روند، تأثیرگذاشته و باعث کاهش تعداد سنبله بارور در واحد سطح گردد. استرلینگ و ناس (Sterling and Nass, 1981) اظهار داشتند که تنش خشکی در مرحله سنبله‌دهی تا پرشدن دانه به دلیل کاهش تعداد سنبله‌های بارور و تعداد دانه در هر سنبله موجب کاهش محصول می‌شود.

عملکرد دانه

تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه معنی‌دار ($P > 0.05$) بود (جدول ۷). ژنوتیپ شماره ۶ (KAUZ*2/BOW//KAUZ/3/W98.6.38) (با ۵۳۵۲ کیلوگرم در هکتار) و پس از آن ژنوتیپ شماره ۳ (با ۵۳۳۸ کیلوگرم در هکتار) و ژنوتیپ شماره ۱۰ (رقم داراب-۲) (با ۵۰۶۷ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد دانه را در شرایط مطلوب داشتند. عملکرد بیشتر دانه ژنوتیپ شماره ۶ در شرایط مطلوب، به تعداد بیشتر دانه در سنبله، سنبله بارور در مترمربع و وزن هزاردانه در مقایسه با برخی دیگر از ژنوتیپ‌ها مربوط می‌شود. در شرایط تنش ملایم، بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۹ (۴۱۷۸ کیلوگرم در هکتار) بود. ژنوتیپ شماره ۹ (رقم چمران) با داشتن تعادل مناسب اجزای عملکرد از قبیل وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله بارور در مترمربع در شرایط تنش خشکی ملایم، بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. تنش خشکی ملایم و شدید عملکرد دانه را در کلیه ژنوتیپ‌ها به طور معنی‌داری ($P > 0.05$) کاهش داد (جدول ۷). این کاهش احتمالاً به دلیل تأثیر منفی تنش بر اجزای عملکرد دانه به ویژه تعداد دانه در سنبله (Evans *et al.*, 1972) و وزن هزار دانه (Davidson and Birch, 1978) بود.

عملکرد زیست توده و شاخص برداشت

تفاوت بین برخی ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد زیست‌توده در هر سه شرایط مطلوب، تنش ملایم و شدید معنی‌دار ($P > 0.05$) گردید (جدول ۷). ژنوتیپ شماره ۶ (با ۱۳۵۸۰ کیلوگرم در هکتار) و بعد از آن ژنوتیپ شماره ۳ (با ۱۳۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) بیشترین وزن زیست توده را در شرایط مطلوب داشتند. در شرایط تنش ملایم نیز ژنوتیپ شماره ۶ (با ۱۰۷۶۰ کیلوگرم در هکتار) دارای بیشترین عملکرد زیست‌توده بود. در شرایط تنش شدید ژنوتیپ شماره ۹ (چمران) (با ۹۵۱۰ کیلوگرم در هکتار) و بعد از آن ژنوتیپ شماره ۶ (با ۹۰۰۰ کیلوگرم درهکتار) بیشترین عملکرد زیست‌توده را داشتند. گزارش شده است که تنش رطوبتی سبب کاهش تجمع وزن

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۷- اثر متقابل شرایط رطوبتی × ژنوتیپ بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد زیست توده

Table 7. Interaction effect of moisture conditions × genotype on grain yield, yield components, harvest index and biological yield

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha^{-1})	وزن هزار دانه (گرم) Thousand grain weight (g)	تعداد دانه در سنبله Grain number Spike^{-1}	تعداد سنبله بارور در مترمربع Fertile spike number per m^2	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)
			Non-stress بدون تنش			
1	4736b-d	33.66d-g	34.23ab	436.0a-c	11890b-d	39.67a-c
2	4407c-f	33.76d-f	31.96cd	427.8a-c	11850b-d	37.27d-h
3	5338a	35.49cd	35.04ab	449.0a	13240ab	40.43ab
4	4579b-e	34.02de	33.58bc	443.6ab	12100a-c	37.90c-f
5	4814a-c	35.67cd	34.84ab	413.1a-e	12280a-c	39.17a-d
6	5352a	35.46cd	35.36ab	446.8a	13580a	39.70a-c
7	4797a-c	44.87a	32.41cd	343.7h-j	11710b-e	40.76ab
8	4654b-d	33.68d-g	35.82a	414.9a-e	12040bc	38.67b-e
9	5011ab	35.19cd	35.42ab	431.7a-c	12140a-c	41.24a
10	5067ab	35.61cd	34.48ab	435.6a-c	12430ab	40.63ab
			Mild stress تنش ملایم			
1	3898f-h	32.06e-j	31.60d	411.3a-e	10530d-g	37.13d-h
2	3460h-j	31.63f-j	29.44e-g	389.9b-h	9740f0h	35.50g-j
3	3658c-i	31.84f-j	30.71d-f	388.6c-h	9670f-h	37.54c-g
4	3619g-i	30.91h-k	30.60d-f	400.3a-g	10310e-g	35.08h-j
5	3702g-i	29.89j-l	31.20de	410.3a-e	10270e-g	36.08f-i
6	4064e-h	32.40e-h	31.78d	406.2a-f	10760c-f	37.77c-f
7	3854f-h	42.88b	29.10fg	318.9ij	10330e-g	37.28dh
8	3816f-h	31.57g-j	31.79d	391.8b-h	10440d-g	36.49e-i
9	4178d-g	32.28e-j	31.67d	411.6a-e	10870c-f	38.29c-e
10	3873f-h	31.92e-j	31.22de	426.8a-c	10230e-g	37.87c-f
			Severe stress تنش شدید			
1	2803kl	27.40m	24.62j	406.6a-f	8090ij	34.67ij
2	2384l	29.17k-m	24.02j	341.8h-j	7390j	32.02kl
3	2862kl	31.47h-j	27.13hi	353.6f-i	8010ij	35.27h-j
4	2630kl	27.51m	26.47hi	351.6g-i	8340h-j	31.61l
5	2797kl	28.14lm	27.16hi	366.3d-i	8340h-j	33.77jk
6	3207i-k	30.62h-k	28.17gh	364.3d-i	9000h-i	35.47g-j
7	2815kl	37.13c	25.61ij	296.1j	8080ij	34.81ij
8	2896kl	27.66m	27.08hi	417.0a-d	8420h-j	34.43ij
9	3505h-j	30.17j-l	29.23fg	396.9a-g	9510f-i	36.54ei
10	3019jk	29.90j-l	27.93gh	362.6e-i	8430h-j	35.86f-j

میانگین‌های، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال (P>0.05) تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the (P > 0.05) probability level-Using Duncan's Multiple Rang Test.

Archive of SID

www.SID.ir

ماده خشک در گیاه می‌گردد (Clarke *et al.*, 1984). تفاوت عملکرد زیست‌توده در شرایط تنش خشکی ملایم به جز برای ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۷ (کرخه) و ۹ (چمران) در دیگر ژنوتیپ‌ها معنی‌دار ($P > 0.05$) گردید (جدول ۷)،که نشان‌دهنده تحمل بیشتر این سه ژنوتیپ به تنش خشکی ملایم است. این درحالی بود که تنش خشکی شدید عملکرد زیست‌توده را در کلیه ژنوتیپ‌ها به طور معنی‌داری کاهش داد. براساس پژوهش‌های انجام گرفته تنش خشکی در مراحل مختلف، به ویژه در زمان پرشدن دانه، سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود (Hay and Walker, 1994). علاوه بر آن کاهش فتوسنتز انتقال مواد پرورده به بخش‌های مختلف گیاه نیز سبب کاهش تجمع ماده خشک می‌گردد (Austin *et al.*, 1980).

اثر ژنوتیپ بر شاخص برداشت دانه در هر سه شرایط مطلوب، تنش ملایم و شدید معنی‌دار ($P > 0.05$) شد (جدول ۴). ژنوتیپ شماره ۹ (چمران) بالاترین شاخص برداشت را در شرایط مطلوب داشت (۴۱/۲ ٪) و با شاخص برداشت ژنوتیپ‌های شماره ۲ (۳۷/۳ ٪)،۴ (۳۷/۹ ٪) و ۸ (۳۸/۷ ٪) دارای اختلاف معنی‌دار ($P > 0.05$) بود. در شرایط تنش خشکی ملایم، ژنوتیپ شماره ۹ (چمران) بیشترین شاخص برداشت (۳۸/۳ ٪) را داشت، و ژنوتیپ شماره ۱۰ (۳۷/۹ ٪) در مرتبه بعدی قرار داشت. در شرایط تنش شدید نیز ژنوتیپ شماره ۹ (چمران) بیشترین شاخص برداشت (۳۶/۵ ٪) را داشت. شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی ملایم برای کلیه ژنوتیپ‌ها بجز ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۶ و ۸ به طور معنی‌داری ($P > 0.05$) کاهش یافت (جدول ۷). در حالی که در شرایط تنش خشکی شدید شاخص برداشت دانه برای کلیه ژنوتیپ‌ها کاهش معنی‌دار ($P < 0.05$) نشان داد. در پژوهش‌های مشابه نیز اعمال تنش به ویژه پس از مرحله‌ی گل‌دهی ، کاهش معنی‌دار شاخص برداشت را به دنبال داشته‌است (Clarke *et al.*, 1984; Debake *et al.*, 1996; Zarea Fizabadi and Ghodsi, 2002) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

شاخص های حساسیت و تحمل به تنش

ضریب همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش ملایم (r =۰/۵۴) و شدید ($r=۰/۶۸^{*}$) مثبت و در شرایط تنش شدید معنی‌دار ($P < 0.05$) بود (جدول ۸). این نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌هایی که در شرایط مطلوب عملکرد بالایی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند در شرایط تنش خشکی شدید نیز این برتری را حفظ کردند. عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش ملایم با شاخص‌های STI، GMP و MP همبستگی مثبت و معنی‌دار ($P< 0.01$) داشت (جدول ۸). در شرایط تنش ملایم بیشترین ضریب همبستگی مربوط به شاخص‌های STI و GMP ($r=۰/۸۶^{**}$) و در شرایط مطلوب، شاخص MP بیشترین ضریب همبستگی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین شاخص های تحمل و حساسیت به تنش و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بدون تنش، تنش خشکی ملایم و شدید.

Table 8. Correlation coefficients among drought tolerance and susceptibility indices and grain yield in wheat genotypes under non-stress, mild and severe drought stresses conditions

Index	شاخص	Mild stress تنش ملایم		Severe stress تنش شدید		Index	شاخص
		عملکرد دانه هر ژنوتیپ در محیط تنش Ys	عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش Yp	عملکرد دانه هر ژنوتیپ در محیط تنش Ys	عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش Yp		
Ys	عملکرد دانه هر ژنوتیپ در محیط دارای تنش		0.54^{ns}		0.68^{*}	Ys	عملکرد دانه هر ژنوتیپ در محیط دارای تنش
SSI	شاخص حساسیت به تنش	-0.37^{ns}	0.58^{ns}	-0.82^{**}	0.13^{ns}	SSI	شاخص حساسیت به تنش
Tol	شاخص تحمل	-0.17^{ns}	0.74^{**}	-0.38^{ns}	0.43^{ns}	Tol	شاخص تحمل
MP	شاخص میانگین بهره‌وری	0.82^{**}	0.92^{**}	0.91^{**}	0.92^{**}	MP	شاخص میانگین بهره‌وری
GMP	میانگین هندسی بهره‌وری	0.86^{**}	0.89^{**}	0.95^{**}	0.87^{**}	GMP	میانگین هندسی بهره‌وری
STI	شاخص تحمل به تنش	0.86^{**}	0.89^{**}	0.95^{**}	0.86^{**}	STI	شاخص تحمل به تنش

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

ns: Non-significant.

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: غیر معنی‌دار.

Ys= Grain yield in stress conditions
SSI= Stress Susceptibility Index
MP= Mean Productivity
STI= Stress Tolerance Index

Yp= Grain yield in non-stress conditions
Tol= Tolerance
GMP= Geometric Mean Productivuty

Archive of SID

www.SID.ir

(r=۰/۹۲**) را داشت. شاخص Tol نیز در شرایط مطلوب با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار ($P < 0.01$) نشان داد. در شرایط تنش شدید عملکرد دانه با کلیه شاخص‌ها بجز Tol و SSI همبستگی مثبت و معنی‌دار ($P < 0.01$) داشت و در حالت مطلوب نیز این رابطه وجود داشت (جدول ۸). بیشترین مقدار همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط تنش شدید مربوط به شاخص‌های STI و GMP (r =۰/۹۵**) و در شرایط مطلوب مربوط به شاخص MP (r =۰/۹۲**) بود. در مجموع با توجه به اینکه شاخص‌های STI، GMP و MP بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در شرایط مطلوب، تنش خشکی ملایم و شدید داشتند، به عنوان شاخص‌های مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی تعیین شدند. پژوهش‌های مشابه نیز نتایج این پژوهش را تائید می‌نماید (Nachit and Quassou, 1988; Shafa Zadeh *et al.*, 2003). ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص حساسیت محیطی (SSI)، آنها را صرفاً براساس تحمل و حساسیت به تنش دسته‌بندی می‌کند، به عبارت دیگر، با استفاده از این شاخص می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش خشکی را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها تعیین کرد (Naderi *et al.*, 2000).

ژنوتیپ شماره ۶ از نظر شاخص‌های STI، GMP و MP (به ترتیب ۰/۹۲، ۴۶۶۴ و ۴۷۰۸) متحمل‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش خشکی ملایم بود (جدول ۹). با توجه به شاخص‌های SSI و Tol، ژنوتیپ شماره ۹ (به ترتیب ۰/۷۶ و ۸۳۳) و پس از آن ژنوتیپ شماره ۱ (به ترتیب ۸۱/ و ۸۳۸) از کمترین حساسیت به تنش ملایم برخوردار بودند. ژنوتیپ شماره ۹ با توجه به شاخص‌های STI،GMP، Tol و SSI (به ترتیب۰/۷۴، ۴۱۹۱، ۱۵۰۶ و ۰/۷۴) متحمل‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش خشکی شدید بود (جدول ۹). و از لحاظ شاخص MP (۴۲۵۸) این ژنوتیپ در بین سایر ژنوتیپ‌ها در مرتبه دوم تحمل قرار داشت و رتبه‌ی اول برای این شاخص (۴۲۸۰) مربوط به ژنوتیپ شماره ۶ بود. این در حالی بودکه ژنوتیپ شماره ۶ رتبه دوم را در بین سایر ژنوتیپ‌ها از لحاظ شاخص‌های STI و GMP (به ترتیب ۰/۷۲ و ۴۱۴۳) به خود اختصاص داد (جدول ۹).

با مطالعه همبستگی بین عملکرد دانه و اجزای آن مشخص شد که عملکرد دانه در شرایط مطلوب با شاخص برداشت و عملکرد زیست‌توده همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۱۰). پیروزنیا و همکاران (Pirooznia *et al.*, 1998) در تجزیه علیت برای عملکرد دانه گندم و اجزای آن نشان دادند که عملکرد زیست‌توده، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و وزن هزار دانه در عملکرد دانه کاملاً موثرند. در شرایط تنش خشکی ملایم نیز همبستگی عملکرد دانه و اجزای آن مشابه شرایط مطلوب بود، و عملکرد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۹- برآورد شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش با استفاده از عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید خشکی

Table 9. Estimation of tolerance and susceptibility indices using grain yield of wheat genotypes under non-stress mild and severe drought stresses conditions

ژنوتیپ	عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (کیلوگرم در هکتار)	رتبه	عملکرد دانه در شرایط تنش (کیلوگرم در هکتار)	رتبه	شاخص حساسیت به تنش	رتبه	شاخص تحمل	رتبه	شاخص میانگین بهره‌وری	رتبه	میانگین هندسی بهره‌وری	رتبه	شاخص تحمل به تنش	رتبه
Genotype	Yp ($kg\ ha^{-1}$)	Rank	Ys ($kg\ ha^{-1}$)	Rank	SSI	Rank	TOL	Rank	MP	Rank	GMP	Rank	STI	Rank
							Mild stress	**تنش ملایم**						
1	4736	7	3898	3	0.81	2	838	2	4317	6	4297	6	0.78	5
2	4407	10	3460	10	0.99	6	947	5	3934	10	3905	10	0.64	10
3	5338	2	3658	8	1.44	10	1680	10	4498	3	4419	4	0.82	4
4	4579	9	3619	9	0.96	5	960	6	4099	9	4071	9	0.70	9
5	4814	5	3702	7	1.06	7	1112	7	4258	7	4222	7	0.75	7
6	5352	1	4064	2	1.10	9	1288	9	4708	1	4664	1	0.92	1
7	4797	6	3854	5	0.90	4	943	4	4325	5	4300	5	0.78	5
8	4654	8	3816	6	0.83	3	838	2	4235	8	4214	8	0.75	7
9	5011	4	4178	1	0.76	1	833	1	4595	2	4576	2	0.88	2
10	5067	3	3873	4	1.08	8	1194	8	4470	4	4430	3	0.83	3
							Severe stress	**تنش شدید**						
1	4736	7	2803	7	1.00	5	1933	3	3770	8	3643	8	0.56	8
2	4407	10	2384	10	1.13	9	2023	7	3396	10	3241	10	0.44	10
3	5338	2	2862	5	1.14	10	2476	10	4100	3	3909	4	0.64	3
4	4579	9	2630	9	1.05	8	1949	4	3605	9	3470	9	0.51	9
5	4814	5	2797	8	1.03	7	2017	6	3806	5	3669	7	0.57	5
6	5352	1	3207	2	0.99	3	2145	9	4280	1	4143	2	0.72	2
7	4797	6	2815	6	1.02	6	1982	5	3806	5	3675	5	0.57	5
8	4654	8	2896	4	0.93	2	1758	2	3775	7	3671	6	0.57	5
9	5011	4	3505	1	0.74	1	1506	1	4258	2	4191	1	0.74	1
10	5067	3	3019	3	0.99	3	2048	8	4043	4	3911	3	0.64	3

– For abbreviations, please refer to Table 8.

- برای اختصارات به جدول شماره ۸ مراجعه فرمایند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۰- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و صفات دیگر در ژنوتیپ‌های گندم در سه شرایط رطوبتی بدون تنش، تنش خشکی ملایم و شدید

Table 10. Correlation coefficients between grain yield and other traits in non-stress, mild and severe drought stresses conditions

Grain yield	عملکرد دانه	وزن هزار دانه (گرم) Thousand grain weight (g)	تعداد دانه در سنبله Grain number spike^{-1}	تعداد سنبله بارور در متر مربع Fertile spike number per m^2	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha^{-1})	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی Days to 50% anthesis
Non-stress condition	شرایط بدون تنش	0.12^{ns}	0.58^{ns}	0.29^{ns}	0.71*	0.86**	-0.47^{ns}	-0.37^{ns}
Mild stress condition	شرایط تنش ملایم	0.18^{ns}	0.59^{ns}	0.16^{ns}	0.80**	0.87**	-0.66*	-0.56^{ns}
Severe stress condition	شرایط تنش شدید	0.15^{ns}	0.86**	0.38^{ns}	0.86**	0.93**	-0.77**	-0.68*

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

ns: Non-significant.

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: غیر معنی‌دار.

Archive of SID

www.SID.ir

دانـه بـا عملکـرد زیـست تـوده ($r = ۰/۸۷^{**}$) و شـــاخص برداشـــت ($r = ۰/۸۰^{**}$) بیـــشترین همبـستگی را داشـت. در شـرایط تـنش خـشکی شدید همبستگی عملکرد دانـه بـا تعـداد دانـه در سنبله، عملکرد زیست‌تـوده و شـاخص برداشـت مثبـت و معنـی‌دار بـود (جـدول ۱۰). در هـر سـه شرایط بدون تنش، تنش ملایم و شدید عملکـرد دانه با تعداد روز تـا رسـیدگی همبـستگی منفـی داشت، که در تنش ملایـم ($r = -۰/۶۶^{*}$) و تـنش شدید ($r = -۰/۷۷^{**}$) مقدار این همبـستگی‌هـا بـه ترتیب در سـطح احتمـال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ معنـی‌دار بود (جدول ۱۰). تعداد روز تا ۵۰٪ گل‌دهی نیـز دارای همبستگی منفی با عملکرد دانه در هر سـه شـرایط رطـوبتی بـود. بیـشترین مقـدار ایـن همبستگی ($r = -۰/۶۸^{*}$) در شـرایط تـنش شـدید بود. همبستگی منفی بین عملکـرد دانـه بـا تعـداد روز تـا ۵۰٪ گلـدهی و تعـداد روز تـا رسـیدگی نشان می‌دهدکـه ژنوتیـپ‌هـایی کـه زودتـر وارد مرحلـه گـل‌دهـی و بـه دنبـال آن رسـیدگی می‌شوند، یا به عبارت دیگـر زودرس‌تـر هـستند، در هر سـه شـرایط بـرای منـاطق گـرم و خـشک جنوب ایران مناسب‌تر هستند. این برتـری زمـانی چشم‌گیرتر است که تنش خشکی بعد از مرحلـه گـل‌دهـی روی دهـد. بنـابراین زودرسـی در برنامه‌های به‌نژادی برای تحمل به خـشکی بـسیار با اهمیت می‌باشد. اهمیـت زودرسـی در شـرایط تـنش خـشکی توسـط مـصطفی و همکـاران (Mostafa *et al.*, 1996) نیـز گـزارش شـده است.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد کـه تـنش خـشکی از مرحله گلدهی تا رسیدگی دانه اثـر بـارزی بـر عملکـرد دانـه دارد. بنـابراین، در منـاطق گـرم و خشک جنوب ایران که خطر خشکی آخر فصل یـا وزش بادهـای گرمـسیری وجـود دارد، بایـد ارقـام زودرس، متحمـل بـه تـنش خـشکی و سـازگار بـا شـرایط منطقـه کـه از پتانـسیل عملکرد دانه بالایی نیز برخوردار باشـند، کـشت شـــوند. دو ژنوتیـــپ شـــماره ۶ (KAUZ*2/BOW//KAUZ/3/W98.6.38) و شماره ۹ (چمران) کـه واجـد ایـن خـصوصیات بودند جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی آینده بـرای بهبـود تحمـل بـه تـنش خـشکی پیـشنهاد می‌شوند.

References

Austin, R. B., Morgan, C. L., Ford, M. A., and Blackwell, R. D. 1980. Contributions to grain yield from per-anthesis assimilation in tall and dwarf barley phenotypes in two contrasting season. Annals of Botany 45: 309-319.

Boyer, J. S. 1996. Advances in drought tolerance in plants. Advances in Agronomy 59: 187-218.

Clarke, J. M., Smith, T. F. T., McCaig, T. N., and Grean, D. G. 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. Crop Science

Archive of SID
www.SID.ir

24:537-541.

Cooper, M., Byth, D. E., and Woodruff, D. K. 1994. An investigation of the grain yield adaptation of advanced CIMMYT wheat lines to water stress environments in Queensland I: Crop physiological analysis. Australian Journal of Agricultural Research 45: 965-984.

Davidson, J. L., and Birch, J. W. 1978. Response of a standard Australian and a Mexican wheat to temperature and water stress. Australian Journal of Agricultural Research 29: 1091-1106.

Debake, P., Puech, J., and Casals, M. L. 1996. Yield build-up in winter wheat under soil water deficit. I: Lysimeter studies. Agronomie 16: 3-23.

Ehdaie, B. 1998. Genetic variation for stem reserve and its mobilization to grains in spring wheat under terminal drought. Pp. 1-25. In: Proceedings of the 5th Iranian Crop Sciences Congress. Seed and Plant Improvement Institute. Karaj, Iran. (In Persian).

Emam, Y. 2007. Cereal production. Shiraz University Press. Shiraz. 190 pp. (In Persian)

Evans, L. T., and Dunstone, R. L. 1970. Some physiological aspects of evoluation in wheat. Australian Journal of Biological Science 23: 725-741.

Evans, L. T., Binghman, J., Jackson, B., and Sutherland, J. 1972. Effects of awns and drought on the supply of photosynthate and its distribution within wheat ears. Annals of Applied Biology 70: 67-76.

Fard, S., Bakhshandeh, A., and Naderi, A. 2000. Evaluation of grain yield, yield components and some agronomic characters of wheat genotypes under drought stress in Khuzistan climatic conditions. Pp. 555. In: Proceedings of 6th Iranian Congress of Crop Sciences. Mazandaran University. Babolsar, Iran. (In Persian).

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (Ed.). Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. AVRDC Publication, Taiwan.

Fischer, R. A., Lindt, J. L., and Glave, A. 1977. Irrigation of dwarf wheats in the Yaqui Valley of Mexico. Experimental of Agriculture 13: 353-367.

Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I.

Archive of SID

www.SID.ir

Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.

Fischer, R. A. 1973. The effect of water at various stages of development on yield processes in wheat. Pp. 233-241. In: Proceedings of Plant Responses to Climate Factors Symposium. Unesco, Paris.

Hay, R. K. M., and Walker, A. J. 1994. An introduction to the physiology of crop yield. 571 pp.

Johnson, A. M., and Fowler, D. E. 1992. Response of no-till winter wheat to nitrogen fertilization and drought stress. Canadian Journal of Plant Sciences 72: 1057-1089.

Johnson, R. C., and Kanemasu, E. T. 1982. The influence of water availability on winter wheat yields. Canadian Journal of Plant Sciences 62: 831-833.

Kardavani, P. 1999. Arid zone. I: Climatic characteristics, causes of aridity, water problem, etc. Tehran University Press. 349 pp. (In Persian)

Khalilzadeh, Gh. and Karbalaee Khiavi, H. 2002. Evaluation effects of drought and temperature stress on advanced durum wheat lines. Pp. 563-564. In: Proceedings of the 7th Iranian Crop Sciences Congress. Seed and Plant Improvement Institute. Karaj, Iran. (In Persian).

Mogensen, V. D., Jensen, H. E., and Abdur Rab, M. 1985. Grain yield, yield components, drought sensitivity and water use efficiency of spring wheat subjected to water stress at various growth stages. Irrigation Science 6: 131-140.

Morgan, J. M. 1977. Changes in diffusive conductance and water potential of wheat plants before and after anthesis. Australian Journal of Plant Physiology 4: 75-86.

Mostafa, M. A., Boersma, L., and Kronested, W. E. 1996. Responses of four spring wheat cultivars to drought stress. Crop Science 36: 982-986.

Nachit, M. M., and Quassou, A. 1988. Association of yield potential, drought tolerance and stability of yield in *T. turgidum var. durum*. Pp. 867-870. In: Proceedings of the 7th International wheat symposium. Cambridge, UK.

Naderi, A., Majidi-Heravan, E., Hashemi-Dezfuli, A. Rezaie, A. M., and Nour-Mohamadi, G. 2000. Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stresses in field crops and introduction of a new index. Seed and Plant 15 (4): 390-402. (In Persian).

Oosterhius, D. M., and Carwtright, P. M. 1983. Spike differentiation and floret survival in semidwarf spring wheat as affected by water stress and photoperiod.

Archive of SID

www.SID.ir

Crop Science 23:711-717.

Pirooznia, M., Nematzadeh, Gh., and Kianoosh, Gh. 1998. Evaluation of grain yield, yield components and relationship between important agronomic characters in wheat by path analysis. Pp. 50-51. In: Proceedings of 5th Iranian Congress of Crop Sciences. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. (In Persian).

Rashidi, V., Moghaddam, M., and Khodabandeh, N. 1998. Study of yield and its components by path analysis in common spring wheat of east Azerbaijan. Pp. 107. In: Proceeding of 5th Iranian Congress of Crop Sciences. Seed and Plant Improvement Institute. Karaj, Iran. (in Persian).

Rosielle, A. I., and Hamblin, J. 1981. Theoritical aspect of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science 21:493-501.

Roy, N. N., and Murty, R. R. 1970. A selection procedure in wheat for stress environments. Euphytica 19: 509-521.

Royo, C., Abaza, M., Blanco, R., and Garcia del Moral, 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: 1051-5059.

Sadeghzadeh Ahari, D. 2007. Evaluation for tolerance to drought stress in promising dryland durum wheat genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 8 (1): 30-45. (In Persian).

Schneider, A. D., Musick, J. T., and Dusek, D. A. 1969. Efficient wheat irrigation with limited water. Transaction of the ASAE 12: 23-26.

Shafa Zadeh, M. K., Yazdansepas, A., Amini, A., and Ghanadha, M. R. 2003. Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. Seed and Plant 20: 57-71. (In Persian).

Siani, H. S., and Aspinall, D. 1981. Effects of water deficit on sporogensis in wheat. Annales of Botany 43: 623-633.

Sterling, J. D. E., and Nass, H. G. 1981. Comparison of tests characterizing varieties of barley and wheat for moisture resistance. Canadian Journal of Plant Science 61: 283-292.

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-

Archive of SID

www.SID.ir

1055.

Warrington, I. J., Dunstone, R. I., and Green, L. M. 1997. Temperature effects at three development stages on the yield of the wheat ear. Australin Journal of Agricultural Research 28: 11-27.

Zarea Fizabadi, A., and Ghodsi, M. 2002. Study on drought tolerance of bread wheat cultivars in cold regions of Iran. Journal of Agricaltural Science and Technology 16 (2): 180-189.

Archive of SID

www.SID.ir