Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸
۱۰۶۳-۱۰۷٤
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1725.1392

مقاله پژوهشی

ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم دوروم (*Triticum durum* L.) برای تحمل به تنش کم‌آبی انتهایی در شمال خوزستان

حسین فرزادی[1*]، ناصر ظریفی‌نیا[2]، علی عصاره[3]، احمدعلی شوشی دزفولی[4]

۱. مربی پژوهش بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران

۲. استادیار پژوهش بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران

۳. استادیار گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۴. استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی مهندسی و کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۱۳

چکیده

به‌منظور بررسی شاخص‌های تحمل به تنش و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط تنش کم‌آبی در گندم دوروم، تعداد ۸ ژنوتیپ امیدبخش گندم دوروم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط نرمال و تنش کم‌آبی در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد در دو سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۳ مورد آزمایش قرار گرفتند. این تحقیق در قالب ۲ آزمایش مجزا شامل: آبیاری کامل تا زمان رسیدگی و اعمال تنش کم‌آبی انتهایی از طریق قطع آب از مرحله ظهور سنبله تا رسیدگی فیزیولوژیکی، هر یک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان‌دهنده اختلافات معنی‌دار بین سال‌ها در شرایط تنش کم‌آبی و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در سال تحت شرایط نرمال برای عملکرد دانه بود. میانگین کل عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی به ترتیب برابر ۴۸۴۴ و ۳۰۹۹ کیلوگرم در هکتار بود. بالاترین عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی به ترتیب برابر ۵۱۰۱ و ۴۲۳۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم بهرنگ و ژنوتیپ شماره ۴ بود. تحلیل همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی آخر فصل با شاخص‌های تحمل به خشکی نشان داد که شاخص‌های STI، MP، GMP از کارایی بالایی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی برخوردارند. نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از شاخص‌های تنش کم‌آبی نشان داد که رقم بهرنگ و ژنوتیپ شماره ۳ به ترتیب با عملکرد ۵۱۰۱ و ۵۰۳۹ کیلوگرم در هکتار در شرایط نرمال و ۴۱۸۴ و ۴۲۱۵ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش آبی دارای تحمل نسبی به تنش کم‌آبی بودند.

واژه‌های کلیدی: **تحمل خشکی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، گندم دوروم، عملکرد دانه.**

مقدمه

گندم گیاهی است که به‌طور وسیع در مناطق مختلف جهان و تقریباً در هر ناحیه کشاورزی کشت می‌شود (Marti and Slafer, 2014). تنش آبی مهم‌ترین علت کاهش عملکرد گندم در مناطق نیمه‌خشک است (Farshadfar et al., 2011). در بیشتر مناطق زیر کشت کندم و خصوصاً در نواحی دارای اقلیم مدیترانه‌ای، گیاه گندم در مرحله پر شدن دانه در معرض تنش‌های مختلفی قرار دارد و پر شدن دانه اغلب زمانی اتفاق می‌افتد که دما افزایش و آب در دسترس کاهش می‌یابد (Blum, 1998). ایران با متوسط نزولات ۲۴۰ میلی‌متر در

www.SID.ir

* نگارنده پاسخگو: حسین فرزادی. پست الکترونیک: farzadi_hossein@yahoo.com

Archive of SID

سال در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد (Abdoli et al., 2013).

از میان انواع گونه‌های جنس تریتیکوم، گندم دوروم به مناطق کم باران دارای تنش کم‌آبی و تغییرات شرایط آب و هوایی، بهتر از ارقام گندم نان سازگاری دارد و در شرایط مطلوب و فاریاب، محصول آن با گندم نان قابل‌رقابت است. ۹ درصد مساحت گندم‌کاری جهان و ۵ در صد گندم تولیدی جهان به گندم دوروم اختصاص دارد (Fayaz and Arzani., 2011). گندم دوروم دومین گونه زراعی مهم گندم است. توسعه صنایع غذایی و تبدیلی در کشور به‌ویژه صنعت تولید ماکارونی به دلیل روند رو به رشد جمعیت کشور و نیاز مبرم به افزایش مواد اولیه مورد لزوم این صنعت، ضرورت افزایش تولید گندم دوروم را در کشور آشکار می‌سازد.

در پژوهشی دوساله در دانشگاه شیراز، ۳۰ رقم گندم ازنظر مقاومت به خشکی انتهای فصل ارزیابی شد. در تیمار قطع آبیاری رقم کویر و در تیمار آبیاری نرمال رقم شیرودی بیشترین عملکرد دانه را داشتند (Moori et al., 2012). رین و همکاران (Rain et al., 2001) گزارش دادند که تنش کمبود آب در مرحله قبل از گرده‌افشانی اثر کاهشی معنی‌دار بر عملکرد دانه ساقه اصلی گذاشت، آن‌ها کاهش عملکرد در اثر تنش را ناشی از کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه دانستند. در یک مطالعه در شرایط تنش کم‌آبی دو صفت تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح به‌عنوان مهم‌ترین صفات مؤثر در عملکرد دانه ارزیابی شدند و بالاترین اثر مستقیم در عملکرد دانه به تعداد دانه در سنبله تعلق داشت (Laila and Alkhateb, 2005).

شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی عکس‌العمل و پایداری عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش ارائه شده است. ابرهارت و راسل (Eberhat and Russell, 1966) شیب تغییرات عملکرد دانه را به‌عنوان تابعی از تغییرات محیط‌های مختلف و به‌عنوان شاخص پایداری عملکرد[1] معرفی کردند. فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI[2]) که معیاری از نسبت تغییرات عملکرد دانه یک ژنوتیپ در دو شرایط تنش دار نسبت به شرایط مطلوب است را معرفی کردند. روزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP[3]) و تحمل (TOL[4]) را برای ارزیابی عکس‌العمل گیاهان زراعی ارائه کرده و بیان داشتند که ژنوتیپ‌هایی با MP بالا و TOL کم از پایداری تولید بالاتری در شرایط تنش برخوردار هستند. در شاخص‌های معرفی‌شده توسط این محققین مقدار TOL بر اساس تفاوت میانگین عملکرد در شرایط مطلوب و تنش دار محاسبه می‌شود. فرناندز (Fernandez, 1992) با ارزیابی کارایی شاخص‌های تحمل معرفی‌شده توسط فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) از یک‌سو و روزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) از سوی دیگر، شاخص تحمل به تنش (STI: Stress Tolerance Index) و شاخص میانگین هندسی (GMP) را معرفی کردند.

بر اساس واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی با تنش یا بدون تنش می‌توان آن‌ها را به ۴ دسته تقسیم کرد (Fernandez, 1992) گروه A: ارقامی که در هر دو شرایط عملکرد مناسبی دارند. گروهB: ارقامی که فقط در شرایط بدون تنش عملکرد مناسبی دارند. گروه C: ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش عملکرد مناسبی دارند. گروهD: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد پائینی در هر دو محیط دارند. بهترین معیار گزینش آن است که قادر به تفکیک گروه A از سه گروه دیگر باشد.

بوسلاما و شاپاق (Bouslama and Schapaugh, 1984) شاخص پایداری (YSI) را که از نسبت عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط تنش به عملکرد دانه همان ژنوتیپ در شرایط بدون تنش است را معرفی کردند. نادری و همکاران (Naderi et al., 2000) تحمل به تنش تغییریافته (MSTI[5]) را برای غربال کردن مواد ژنتیکی برای شرایط محیطی با تنش کم و تنش زیاد معرفی کردند.

در استان خوزستان ظهور سنبله در گندم در اواسط اسفندماه اتفاق می‌افتد و از همین زمان درجه حرارت رو به افزایش و نیاز به آبیاری‌های مکرر در محصولات کشاورزی منطقه اجتناب‌ناپذیر است. متأسفانه اولویت آبیاری‌ها با محصولات پردرآمد است و در این میان کاهش تعداد آبیاری در زراعت گندم به دلیل وجود زراعت‌های رقیب محتمل و عملکرد دانه در گندم کاهش می‌یابد. لذا دستیابی به ارقام متحمل به تنش آبی آخر فصل می‌تواند کاهش عملکرد دانه

[1] Yield stability index
[2] Stress Susceptibility Index
[3] Mean Productivity
[4] Tolerance
[5] Modified Stress Tolerance Index

www.SID.ir

Archive of SID

در گندم را در اثر کاهش تعداد آبیاری به حداقل برساند؛ بنابراین هدف از این پژوهش مقایسه شاخص‌های متفاوت تحمل و حساسیت به خشکی و انتخاب برترین ژنوتیپ گندم دوروم بود.

مواد و روش‌ها

گندم آبی در خوزستان به دلیل محدودیت منابع آب، کاهش نزولات جوی و رقابت سایر محصولات برای آب، عمدتاً با خشکی آخر فصل روبرو است، درنتیجه برای این منطقه از کشور، معرفی ژنوتیپ‌های گندم متحمل به خشکی پایان فصل اهمیت ویژه‌ای دارد. این بررسی در سال‌های زراعی ۹۴-۹۳ و ۹۵-۹۴ به مدت ۲ سال در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول واقع در مناطق گرم و خشک جنوب غرب ایران با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی به ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا به اجرا در آمد. تعداد ۸ ژنوتیپ امیدبخش گندم دوروم در مناطق گرم ایران به همراه رقم بهرنگ (رقم معرفی‌شده برای کشت در مناطق گرم و خشک ایران) موردبررسی قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱. متوسط خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دوساله خاک مزرعه قبل از اعمال تیمارها

Table 1. Average of 2-year Physical and chemical properties of soil of experimental field before treatments application

جرم مخصوص ظاهری Bulk density (gcm^{-3})	بافت خاک Soil texture	رطوبت وزنی (٪) Soil moisture (%) PWP	FC	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	OC (%)	عمق خاک Soil depth (cm)
1.61	Si.C.L.	12	22	7.4	1.2	0.75	0-30
1.68	Si.C.L.	12	22	7.3	1.1	0.5	30-60
1.7	Si.C.L.	12	22	7.4	0.8	0.47	60-90

PWP: رطوبت حد پژمردگی دائمی، FC: ظرفیت زراعی، pH: اسیدیته، EC هدایت الکتریکی، OC: کربن آلی خاک، .Si.C.L: سیلتی کلی لوم

PWP: Permanent wilting point; FC: Field capacity; PH: Acidity; EC: Electrical conductivity; OC: Soil organic carbon; Si.C.L.: Silty Clay Loam

این بررسی در قالب ۲ آزمایش مجزا شامل: ۱- آبیاری کامل تا زمان رسیدگی (در مراحل سبز شدن، پنجه زدن، ساقه رفتن، سنبله رفتن، پر شدن دانه و در هر مرحله ۶۰۰ مترمکعب در هکتار) و ۲- اعمال تنش کم‌آبی انتهایی از طریق قطع آب از مرحله ظهور سنبله تا رسیدگی فیزیولوژیکی (آبیاری در مراحل سبز شدن، پنجه زدن، ساقه رفتن و در هر مرحله ۶۰۰ مترمکعب در هکتار)، هر یک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. لازم به توضیح است که در زمان بارندگی، به‌منظور اعمال تنش کم‌آبی، کرت‌های آزمایشی با استفاده از پوشش پلاستیکی پوشانده شد. مصرف کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک (جدول ۱) به میزان ۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص و ۷۰ کیلوگرم فسفر و بدون استفاده از پتاس بود. کل کود فسفاته و ۵۰ درصد اوره قبل از کشت با خاک مخلوط و ۵۰ در صد مابقی اوره در انتهای پنجه‌زنی به‌صورت سرک مصرف شد. جهت مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ به میزان ۲ لیتر در هکتار از علف‌کش تو فور-دی و در مرحله پنجه‌زنی گندم استفاده شد. هر ژنوتیپ روی دو پشته ۶۰ سانتیمتری به طول ۵ متر و روی هر پشته ۳ خط به فاصله ۲۰ سانتی‌متر کشت و میزان بذر مصرفی بر مبنای ۴۵۰ دانه در مترمربع و بر اساس وزن هزار دانه تعیین شد. سایر عملیات زراعی از قبیل آبیاری و مراقبت‌های دیگر به‌طور یکنواخت اجرا گردید. همچنین در نیمه دوم اردیبهشت برداشت کرت‌های آزمایشی با کمباین آزمایشی غلات انجام و محصول دانه هر کرت به‌طور جداگانه توزین شد. شجره ژنوتیپ‌های موردبررسی در جدول ۲ نشان داده شده است.

شاخص‌های GMP، MP، TOL، SSI، STI، K1STI و K2STI بر اساس روابط زیر محاسبه شدند:

$$SI = 1 - (\bar{Y}s / \bar{Y}p) \quad [۱]$$
(Fischer and Maurer, 1978)

$$SSI = 1 - (Ys / Yp) / SI \quad [۲]$$
(Fischer and Maurer, 1978)

$$TOL = (Yp - Ys) \quad [۳]$$
(Rosielle and Hamblin, 1981)

$$MP = (Ys + Yp)/2 \quad [۴]$$
(Rosielle and Hamblin, 1981)

$$GMP = \sqrt{(Ys \times Yp)} \quad [۵]$$

www.SID.ir

Archive of SID

(Fernandez, 1992)

$$STI = (Yp \times Ys) / (\bar{Y}p)^2 \quad [۶]$$

(Fernandez, 1992)

$$MSTI = kiSTI \quad [۷]$$

(Naderi *et al.*, 2000)

$$k1 = (Yp^2) / (\bar{Y}p^2)\ k2 = (Ys2) / (\bar{Y}s2) \quad [۸]$$

در روابط مذکور $\bar{Y}p$ و $\bar{Y}s$ به ترتیب میانگین کل عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب و تنش، Yp و Ys به ترتیب عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط مطلوب و تنش هستند.

جدول ۲. اسامی/ شجره ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم دوروم

Table 2. Name/Pedigree of durum wheat genotypes used in the experiment

شماره Code	شجره Pedigree
1	Zhong Zuo/2*Green-3 (Behrang)
2	Gaunt_10/Snitan
3	Trn//21563/AA/3/BD2080/4/BD2339/5/Rascon_37/T…
4	Snitan/3/Rascon_37/Tarro_2//Rascon_37/4/St…
5	Somat_4/Inter_8/3/Eupoda_3/Sla_2//Minimus
6	Sooty_9/Rascon_37//Storlom
7	Sora/2*Plata_12//Somat_3/4/Storlom/3/Ras…
8	Rascon_37/4/Magh72/Rufo//Alg86/Ru/3/Plata_16/5/Porto_3*2/6/Aarment…
9	Guayacaninia/Poma_2//Snitan/4/D86135/Aco89//Porron_4/3/S…

پس از برداشت محصول آمار خام جمع‌آوری و با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۵ در صد و همبستگی عملکرد دانه با شاخص‌های تحمل و حساسیت انجام شد. به‌منظور تعیین ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش کم‌آبی انتهای فصل با در نظر گرفتن کلیه شاخص‌های تنش، از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. همچنین جهت تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم نمودار بای پلات مربوطه از نرم‌افزار Minitab نسخه 17 استفاده شد.

همچنین جهت تعیین پایداری عملکرد از روش غیر پارامتری رتبه‌بندی (Rank) استفاده و بر اساس میانگین عملکرد دوساله ژنوتیپ‌ها ژنوتیپ‌های موردنظر رده‌بندی شدند. در این رده‌بندی ژنوتیپی که دارای بالاترین میانگین رتبه (R) و کمترین انحراف معیار رتبه (SDR) در طی دو سال آزمایش باشد، دارای پایداری بیشتری است (Ketata, 1998).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ۲ ساله داده‌ها در دو شرایط بدون تنش کم‌آبی و با اعمال تنش کم‌آبی انتهای فصل در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که اثر سال در شرایط تنش کم‌آبی در سطح ۵ در صد معنی‌دار ولی در شرایط مطلوب غیر معنی‌دار بود. همچنین برهمکنش ژنوتیپ در سال در شرایط بدون تنش در سطح ۱ در صد معنی‌دار و در تنش کم‌آبی غیر معنی‌دار بود. معنی‌دار شدن اثر سال برای عملکرد دانه در شرایط تنش، به علت تغییرات میانگین درجه حرارت طی دو سال اجرای آزمایش بود. متوسط درجه حرارت در اسفند و فروردین (زمان اعمال تنش) سال اول ۲۷/۳ و در سال دوم ۲۴/۲ بود؛ بنابراین به نظر می‌رسد که در شرایط تنش رطوبتی، کاهش متوسط درجه حرارت، باعث تفاوت معنی‌دار میانگین عملکرد در سال اول نسبت به سال دوم شده است به‌طوری‌که میانگین عملکرد دانه در سال دوم نسبت به سال اول به میزان ۷۵۸ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (جدول ۵) ولی در شرایط بدون تنش رطوبتی، به علت وضعیت مناسب رطوبتی در خاک، عامل درجه حرارت باعث تغییرات معنی‌دار بر عملکرد دانه در طی دو سال اجرای آزمایش نگردید. همچنین نمودار مربوط به اثر متقابل ژنوتیپ × سال روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط نرمال در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس شکل ۱ روند تغییرات عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف در دو سال اجرای آزمایش در شرایط بدون تنش یکسان نیست. معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × سال بیانگر عدم یکنواختی در تأثیرپذیری ژنوتیپ‌های موردبررسی از تغییرات اقلیمی در دو سال این بررسی است.

www.SID.ir

Archive of SID

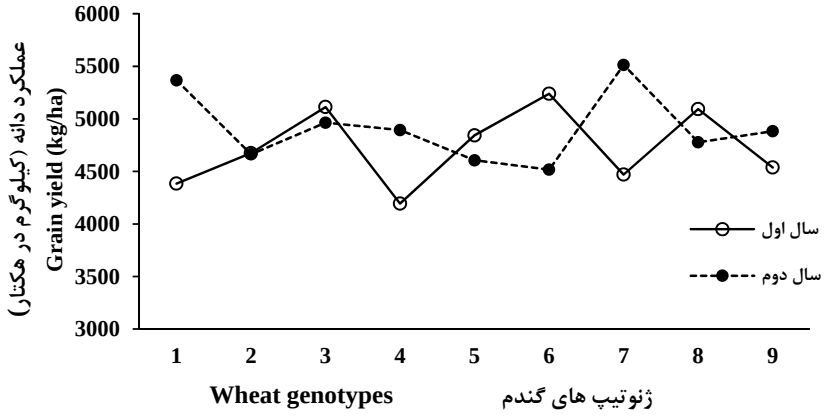
جدول ۳. تجزیه واریانس عملکرد دانه در شرایط محیطی بدون تنش و تنش کم‌آبی انتهای فصل

Table 3. Analysis of variance of grain yield under non stress conditions and drought stress at the end of the season

Sources of variances	منابع تغییرات	درجه آزادی Degree of freedom	Mean of squares / میانگین مربعات	
			بدون تنش Without stress	تنش کم‌آبی Drought stress
Year	سال	1	0.23^{ns}	7.8^{*}
Error	خطا	4	0.59	1.0
Genotype	ژنوتیپ	8	0.21^{ns}	0.26^{ns}
Genotype* Year	ژنوتیپ*سال	8	0.47^{**}	0.20^{ns}
Error	خطا	32	0.13	0.26
CV%	درصد ضریب تغییرات		*7.54*	*12.68*

ns، * و** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ درصد و ۱ درصد

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively



شکل ۱. اثر متقابل ژنوتیپ × سال روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بدون تنش

Fig. 1. Interaction of genotype×year on grain yield of wheat genotypes under non stress conditions

میانگین عملکرد دوساله در شرایط بدون تنش کم‌آبی ۴۸۴۴ کیلوگرم در هکتار بود. متوسط بالاترین تولید دانه مربوط به رقم بهرنگ با عملکردی معادل ۵۱۰۱ کیلوگرم در هکتار و متوسط کمترین تولید دانه با عملکردی معادل ۴۶۶۹ کیلوگرم در هکتار متعلق به ژنوتیپ شماره ۲ بود. در شرایط بدون استرس خشکی ژنوتیپ شماره ۳ هرچند نسبت به رقم بهرنگ اندکی کاهش عملکرد نشان داد (۵۰۳۹ کیلوگرم در هکتار) ولی با داشتن متوسط رتبه ۲/۵ و انحراف معیار ۰/۵ از پایداری عملکرد بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر برخوردار بود (جدول ۴).

در شرایط اعمال استرس خشکی آخر فصل، ژنوتیپ شماره ۴ ضمن اینکه بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد، با میانگین رتبه ۲/۵ و انحراف معیار ۰/۵ بالاترین پایداری عملکرد را طی دو سال آزمایش از خود نشان داد (جدول ۵).

در یک بررسی مشابه در مورد پایداری عملکرد ارقام گندم نان که بر روی ۲۰ رقم و ژنوتیپ مختلف و به مدت ۳ سال زراعی انجام شد، بر اساس روش رتبه‌بندی ارقام الموت، زرین و الوند به‌عنوان ارقام پایدار ازنظر عملکرد دانه معرفی شدند (Khageh ahmad attari and Akbari, 1996).

نتایج تحقیقات امام و همکاران (Emam et al., 2006) نشان داد که تنش کم‌آبی موجب پیری زودرس اندام‌های فتوسنتز کننده شده و ضمن کاهش فتوسنتز جاری گیاه موجب کاهش عملکرد دانه در واحد سطح شد. همچنین نتیجه گرفت که عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف نسبت به تنش کم‌آبی متفاوت است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. عملکرد دانه، رتبه، انحراف معیار و درصد عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری کامل

Table 4. Grain yield, rank, standard deviation and yield percent of genotypes under full irrigation conditions

شماره ژنوتیپ/رقم No Line/Variety	عملکرد دانه در سال اول (هکتار/کیلوگرم) Grain yield in the first year (Kg/ha)	عملکرد دانه در سال دوم (هکتار/کیلوگرم) Grain yield in the second year (Kg/ha)	میانگین عملکرد دانه (هکتار/کیلوگرم) Mean grain yield (Kg/ha)	رتبه R	انحراف معیار رتبه SDR	در صد عملکرد نسبت به کل عملکرد YIR%
1	4384	5368	5101	3.5	1.5	105
2	4674	4664	4669	6.5	0.5	96
3	5113	4964	5039	2.5	0.5	104
4	4194	4894	4544	6.5	2.5	94
5	4843	4606	4725	6	2	98
6	5239	4517	4848	5	4	101
7	4470	5514	4992	4.5	3.5	103
8	5093	4778	4936	4.5	1.5	102
9	4537	4883	4710	6	1	97
Mean	4777	4910	4844	-	-	-

R، SDR، YIR: به ترتیب علائم اختصاری میانگین رتبه، انحراف معیار عملکرد دانه و درصد میانگین عملکرد دانه هر ژنوتیپ نسبت به میانگین کل عملکرد دانه می‌باشند.

R, SDR, YIR: The acronyms are the average of the rank, the standard deviation of the grain yield, and the percentage of mean of the grain yield of each genotype relative to the total average of grain yield.

جدول ۵. عملکرد دانه، رتبه، انحراف معیار و درصد عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط قطع آبیاری

Table 5.Grain yield, rank, standard deviation and genotype yield in irrigation cut off conditions

شماره ژنوتیپ/رقم No Line/Variety	عملکرد دانه در سال اول (هکتار/کیلوگرم) Grain yield in the first year (Kg/ha)	عملکرد دانه در سال دوم (هکتار/کیلوگرم) Grain yield in the second year (Kg/ha)	میانگین عملکرد دانه (هکتار/کیلوگرم) Mean grain yield (Kg/ha)	رتبه R	انحراف معیار رتبه SDR	در صد عملکرد نسبت به کل عملکرد YIR%
1	3623	4745	4184	2.5	1.5	105
2	3511	4342	3927	0.5	0	98
3	4088	4342	4215	3	2	106
4	3877	4586	4232	2.5	0.5	106
5	3898	4008	3953	0.5	3	99
6	3350	4222	3786	7	1	95
7	3384	4572	3978	5	2	100
8	3442	4431	3937	5	1	99
9	3333	4086	3710	8	1	93
Mean	3612	4370	3991	-	-	-

R، SDR، YIR: به ترتیب علائم اختصاری میانگین رتبه، انحراف معیار عملکرد دانه و درصد میانگین عملکرد دانه هر ژنوتیپ نسبت به میانگین کل عملکرد دانه می‌باشند.

R, SDR, YIR: The acronyms are the average of the rank, the standard deviation of the grain yield, and the percentage of mean of the grain yield of each genotype relative to the total average of grain yield.

جدول ۶ نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۶ به ترتیب با کمترین و بیشترین مقدار شاخص SSI به ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی می‌باشند. متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بر پایه شاخص STI به ترتیب رقم بهرنگ و ژنوتیپ شماره ۳ (در گروه A و دارای عملکرد مناسب در شرایط خشکی و نرمال) و ژنوتیپ شماره ۹ (در گروه D و دارای عملکرد پایین در شرایط خشکی و نرمال) بودند. بر اساس شاخص TOL ژنوتیپ شماره ۴ متحمل‌ترین و ژنوتیپ شماره ۶ حساس‌ترین ژنوتیپ ارزیابی شدند. بر پایه دو شاخص GMPو MP بهرنگ

www.SID.ir

Archive of SID

و ژنوتیپ شماره ۹ به ترتیب به‌عنوان متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها ارزیابی شدند. بر اساس شاخص تحمل به تنش تغییریافته (KSTI) بهرنگ برای شرایط محیطی قابل توصیه است که در آن احتمال بروز تنش کم باشد و ژنوتیپ شماره ۳ برای شرایط محیطی قابل توصیه است که در آن احتمالاً بروز تنش زیاد باشد.

جدول ۶. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم در هر یک از شرایط محیطی و شاخص‌های حساسیت و تحمل آن‌ها

Table 6. Mean grain yield of genotypes under each environmental condition and their susceptibility and tolerance indices

Genotype No.	شرایط محیطی Environmental conditions		شاخص‌های تحمل و حساسیت Susceptibility and tolerance indices	
	بدون تنش کم‌آبی Non-stress	تنش کم‌آبی Drought stress		
	GY_{opt}	GY_{str}	STI	SSI
1	5101	4184	0.91	1
2	4669	3927	0.78	0.88
3	5039	4215	0.91	0.91
4	4544	4232	0.82	0.38
5	4725	3953	0.80	0.91
6	4878	3786	0.79	1.24
7	4992	3978	0.85	1.13
8	4936	3937	0.83	1.12
9	4710	3710	0.74	1.18
Mean	4844	3099	0.83	0.97

جدول ۶. ادامه

Table 6. Continued

Genotype No.	شاخص‌های تحمل و حساسیت Susceptibility and tolerance indices				
	MP	TOL	GMP	K1STI	K2STI
1	4643	917	4620	0.96	0.95
2	4298	742	4282	0.75	0.77
3	4627	824	4609	0.95	0.96
4	4388	312	4385	0.77	0.87
5	4339	770	4322	0.78	0.79
6	4332	1092	4297	0.8	0.75
7	4485	1014	4456	0.88	0.85
8	4436	998	4408	0.85	0.82
9	4210	1000	4180	0.72	0.69
Mean	4418	852	4395	0.83	0.83

GY_{opt}: عملکرد دانه بدون استرس، GY_{str}: عملکرد دانه با استرس آبی، YIR: نسبت عملکرد دانه هر ژنوتیپ به متوسط کل، SDR: انحراف معیار از متوسط رتبه، R: متوسط رتبه، MP: میانگین حسابی عملکرد، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل به تنش، TOL: تفاوت عملکرد در دو شرایط، GMP: میانگین هندسی عملکرد، K1STI: شاخص تحمل به تنش برای محیط‌های با احتمال تنش کم، K2STI: شاخص تحمل به تنش برای محیط‌های با احتمال تنش زیاد.

GY_{opt}: Grain yield without stress, GY_{str}: Grain yield with water stress, YIR: Grain yield per genotype to total average, SDR: Standard deviation from average rank, R: Average rating, MP: Average yield, SSI: Stress tolerance index, STI: Stress tolerance index, TOL: Difference in yield Two conditions, GMP: Geometric mean of yield, K1STI: Stress tolerance index for low probability environments, K2STI: Stress tolerance index for environments with high probability of stress.

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از هر یک از این شاخص‌ها برای ارزیابی عکس‌العمل گیاهان زراعی به تنش با نقاط قوت و ضعف مواجه است. به‌طور مثال در شاخص تحمل به تنش SSI ممکن است ژنوتیپ‌هایی متحمل ارزیابی شوند که ازنظر پتانسیل عملکرد مناسب نبوده و فقط به دلیل تغییرات کم عملکرد آن‌ها در دو محیط نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، دارای SSI کمتر باشند. همچنین در ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف به تنش آبی با شاخص MP ژنوتیپ‌هایی متحمل ارزیابی می‌شوند که متوسط عملکرد آن‌ها در دو محیط نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر بالاتر باشد و میزان اختلاف عملکرد هر ژنوتیپ در دو شرایط نرمال و استرس تأثیری در ارزیابی ژنوتیپ‌ها ندارد. به‌طورکلی شاخص‌هایی که در محیط تنش و مطلوب دارای همبستگی مثبت و بالا با عملکرد باشند، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند، زیرا این شاخص‌ها قادر به جدا کردن ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط مطلوب و تنش هستند (Fernandez, 1992).

در حال حاضر ارزیابی ژنوتیپ‌ها برای تحمل به تنش‌های محیطی بر اساس عملکرد دانه صورت می‌گیرد، به نظر می‌رسد برای ارزیابی دقیق عکس‌العمل گیاهان زراعی ازجمله گندم استفاده از دو و یا حتی بیشتر از این شاخص‌ها امکان دسته بندی بهتر ژنوتیپ‌ها برای شرایط محیطی مختلف را میسر سازد. نوری و همکاران (Nouri at al., 2011) بیان داشتند برای کارایی بیشتر در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در گندم، باید ژنوتیپ‌ها بر اساس دو یا چند شاخص غیر هم‌راستا مورد ارزیابی و گزینش قرار گیرند.

بررسی همبستگی بین صفات مختلف، جهت تعیین اهمیت صفات و ارزش آن‌ها به‌عنوان معیارهای انتخاب، به بهنژادگران گندم به‌منظور حصول عملکرد مطلوب و مناسب کمک شایانی می‌کند (Agrama, 1996). همبستگی عملکرد دانه در هر یک از شرایط محیطی با شاخص‌های ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌های موردبررسی در این تحقیق در جدول ۷ نشان داده شده است.

در شرایط نرمال همبستگی عملکرد دانه با شاخص‌های STI، MP، GMP و K1STI مثبت و معنی‌دار (به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۷۴۹، ۰/۷۸۵، ۰/۷۴۴ و ۰/۸۹۷) بود. همچنین در شرایط تنش آبی همبستگی عملکرد دانه با شاخص‌های STI، MP، GMP و K2STI مثبت و معنی‌دار (به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۸۰۷، ۰/۷۷۳، ۰/۸۱۲ و ۰/۹۲۵) بود. همبستگی بالا و مثبت عملکرد دانه در دو

جدول ۷. ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص‌های مورد استفاده

Table 7. Correlation coefficients between grain yield and utilized indices

	GY_{opt}	GY_{str}	STI	SSI	MP	TOL	GMP	K1STI
GY_{str}	0.215^{ns}							
STI	0.749*	0.807**						
SSI	0.549^{ns}	-0.698^{ns}	-0.141^{ns}					
MP	0.785*	0.773*	0.998**	-0.86^{ns}				
TOL	0.638^{ns}	-0.615^{ns}	-0.031^{ns}	0.993**	0.024^{ns}			
GMP	0.744*	0.812**	0.998**	-0.15^{ns}	0.998**	-0.04^{ns}		
K1STI	0.897**	0.623^{ns}	0.964**	0.124^{ns}	0.977**	0.223^{ns}	0.962**	
K2STI	0.569^{ns}	0.925**	0.970**	-0.375^{ns}	0.955**	-0.27^{ns}	0.972**	0.873**

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

GY_{opt}: عملکرد دانه بدون استرس، GY_{str}: عملکرد دانه با استرس آبی، MP: میانگین حسابی عملکرد، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل به تنش، TOL: تفاوت عملکرد در دو شرایط، GMP: میانگین هندسی عملکرد، K1STI: شاخص تحمل به تنش برای محیط‌های با احتمال تنش کم، K2STI: شاخص تحمل به تنش برای محیط‌های با احتمال تنش زیاد

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

GY_{opt}: Grain yield without stress, GY_{str}: Grain yield with water stress, MP: Average yield, SSI: Stress tolerance index, STI: Stress tolerance index, TOL: Difference in yield Two conditions, GMP: Geometric mean of yield, K1STI: Stress tolerance index for low probability environments, K2STI: Stress tolerance index for environments with high probability of stress.

www.SID.ir

Archive of SID

محیط تنش و مطلوب با شاخص‌های STI، MP، GMP نشان می‌دهد که این شاخص‌ها دارای کارایی بالایی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی هستند. کارایی بالای سه شاخص STI، MP، GMP برای ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش به‌وسیله محققین دیگر نیز گزارش شده است (Golabadi et al., 2006, Talebi et al., 2009, Nouri et al., 2011, Zebarjadi et al., 2013).

جهت بررسی هم‌زمان روابط بین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های کمی تحمل به خشکی، از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis) و شکل بای پلات استفاده شد. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در جدول شماره ۸ آمده است. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که بیشترین تغییرات بین داده‌ها توسط دو مؤلفه PCA1 (مؤلفه اول) و PCA2 (مؤلفه دوم) بیان می‌شود (به ترتیب ۶۳ و ۳۰ درصد). درنتیجه استفاده از این دو مؤلفه و چشم‌پوشی از سایر مؤلفه‌ها، تنها موجب از دست رفتن بخش ناچیزی از تغییرات (در حدود ۷ درصد) شده و تفسیر نتایج بر اساس PCA1 و PCA2 دارای کارایی بالایی است. علاوه بر این موضوع، از بین تمام مؤلفه‌های محاسبه‌شده، فقط دو مؤلفه PCA1 و PCA2 دارای مقادیر ویژه بالای یک بودند (به ترتیب ۵/۶۷ و ۲/۶۶) لذا ترسیم بای پلات جهت تعیین ارقام متحمل و حساس، فقط بر اساس PCA1 و PCA2 صورت گرفت (شکل ۲).

جدول ۸. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌های تحمل به خشکی در ارقام گندم موردمطالعه

Table 8. The results of principal components analysis for drought tolerance indices in wheat cultivars studied

مؤلفه Component	مقدار ویژه Eigenvalue	درصد واریانس Percentage of variance	واریانس تجمعی Cumulative variance	ضرایب مؤلفه‌ها برای عملکرد در شرایط نرمال (Yp)، تنش (Ys) و شاخص‌های تنش Component coefficients for yield under normal conditions (Yp), stress (Ys) and stress indices			
				YP	YS	STI	SSI
1	5.67	0.63	0.63	0.34	0.19	0.42	-0.03
2	2.66	0.30	0.93	-0.37	0.28	0.04	-0.61

جدول ۸. ادامه

Table 8. Continued

مؤلفه Component	مقدار ویژه Eigenvalue	درصد واریانس Percentage of variance	واریانس تجمعی Cumulative variance	ضرایب مؤلفه‌ها برای عملکرد در شرایط نرمال (Yp)، تنش (Ys) و شاخص‌های تنش Component coefficients for yield under normal conditions (Yp), stress (Ys) and stress indices				
				MP	TOL	GMP	K1STI	K2STI
1	5.67	0.63	0.63	0.42	0.02	0.42	0.41	0.40
2	2.66	0.30	0.93	0.01	-0.61	0.05	-0.12	0.19

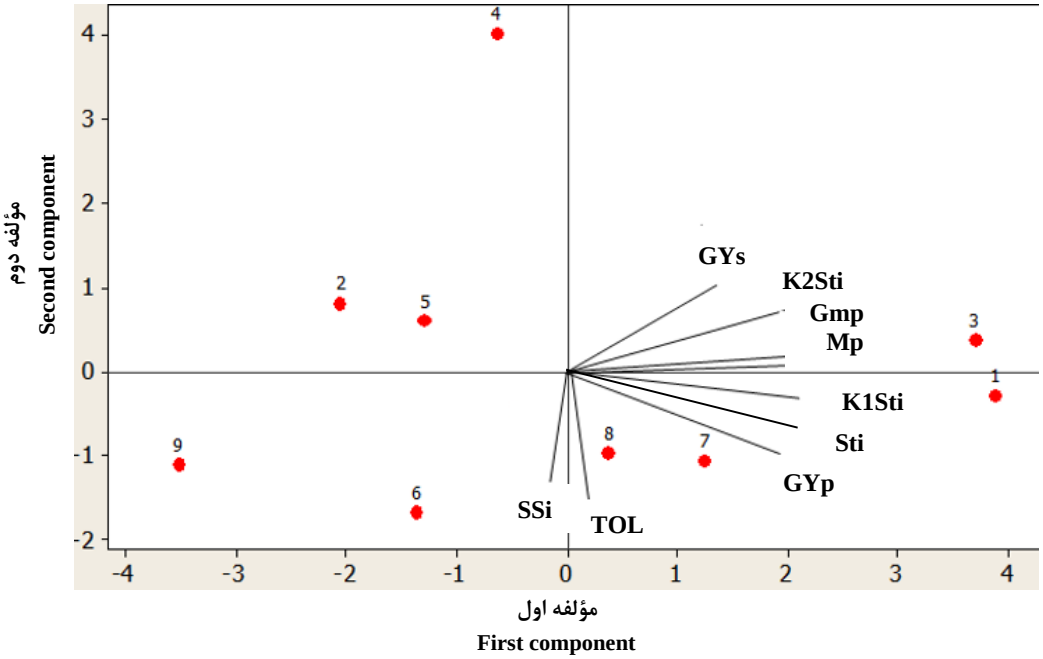
طبق جدول شماره ۸، PCA1 سهم بالاتری از کل تغییرات در مقایسه با مجموع تمام مؤلفه‌های دیگر، در شرایط تنش کم‌آبی دارا بود. همبستگی مثبت و نسبتاً بالایی بین شاخص‌های GMP، MP، STI، k1sti،k2sti و Yp با PCA1 و همچنین همبستگی منفی و کم بین شاخص SSI و همین مؤلفه وجود داشت. لذا PCA1 را می‌توان به‌عنوان مؤلفه عملکرد بالقوه و تحمل به تنش کم‌آبی نام‌گذاری کرد. پس هر چه مقدار این مؤلفه برای یک ژنوتیپ بیشتر باشد متحمل‌تر است و درنتیجه این مؤلفه ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی را از ژنوتیپ‌های با عملکرد کم و حساس به خشکی جدا می‌کند.

برخلاف PCA1، مؤلفه دوم همبستگی منفی با عملکرد ماده خشک در شرایط مطلوب داشت. همچنین PCA2 دارای همبستگی منفی و بالایی با شاخص‌های TOL و SSI در شرایط تنش کم‌آبی بود به‌عبارت‌دیگر ژنوتیپ‌های دارای PCA2 بالا، دارای پتانسیل عملکرد کم ولی متحمل به خشکی می‌باشند. با توجه به مقادیر PCA1 و PCA2 برای ارقام موردبررسی، شکل بای پلات برای ژنوتیپ‌های موردمطالعه رسم شد (شکل ۲). در شکل بای پلات زاویه

www.SID.ir

Archive of SID

منفرجه بین بردارها نشان‌دهنده رابطه منفی و شدید، زاویه قائمه بیانگر رابطه نزدیک به صفر و زاویه حاده نشانگر رابطه مثبت بین شاخص‌هاست (Yan W and Rajcan, 2002). با توجه به زوایای بین شاخص‌ها می‌توان استنباط کرد که شاخص‌های MP, GMP و STI که همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد گندم در شرایط تنش و بدون تنش دارند، بهترین شاخص‌ها می‌باشند. همچنین وجود همبستگی بالا بین شاخص‌های TOL و SSI نسبت به سایر شاخص‌ها در شکل‌های بای پلات (شکل ۲) کاملاً مشهود است. در شکل ۲ محل ارقام موردبررسی با استفاده از PCA1 و PCA2 به همراه بردارهای شاخص‌های تنش کم‌آبی در شرایط تنش نشان داده شده است. طبق شکل مذکور ژنوتیپ‌های ۱ و ۳ به دلیل دارا بودن PCA1 بالا و PCA2 مناسب و همچنین نزدیکی به شاخص‌های مهم تنش MP، GMP، K2STI،K1STI و STI به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی انتخاب شدند. ارقام ۹، ۱۰ و ۶ به دلیل دارا بودن PCA1 و PCA2 کم و همچنین نزدیکی به بردار SSI به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به تنش کم‌آبی معرفی می‌شوند. رقم شماره ۷ بین شاخص‌های مهم تحمل به تنش کم‌آبی و شاخص‌های حساسیت به خشکی قرار داشت و از تحمل به خشکی نسبتاً مطلوبی برخوردار بود ولی با نگاهی به مقادیر بالای برآورد شده SSI و TOL برای این رقم مشخص می‌شود که از پایداری عملکرد مناسبی برخوردار نیست. از طرفی این رقم در نزدیکی بردار Yp قرار دارد که نشان‌دهنده این مطلب است که تحمل به خشکی در این ژنوتیپ مربوط به عملکرد بالای آن در محیط بدون تنش است.



شکل ۲. نمودار بای پلات ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش کم‌آبی بر اساس مؤلفه‌های اول و دوم

Fig. 2. Biplot graph of wheat genotypes under drought stress based on first and second components

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که شاخص‌های STI، MP، GMP از کارایی بالایی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی برخوردارند. رقم بهرنگ و ژنوتیپ شماره ۳ به دلیل دارا بودن PCA1 بالا و PCA2 مناسب و همچنین نزدیکی به شاخص‌های مهم تنش MP، GMP، K2STI،K1STI و STI به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی و ژنوتیپ‌های ۹، ۱۰ و ۶ به دلیل دارا بودن PCA1 و PCA2 کم و همچنین نزدیکی به بردار SSI به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به تنش کم‌آبی معرفی شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

Abdoli, M., Saeedi, M., Jalali Artist, S., Mansouri Farah, S., Iqbal Gholbadi, M., 2013. Evaluation of some physiological and biochemical traits and their relationships with yield and its components in some improved wheat cultivars under post-anthesis water deficit. Environmental Stresses in Crop Science. 6(1), 63-47. [In Persian with English summary].

Agrama, H.A.S., 1996. Sequential path analysis of grain yield and its components in maize. Plant Breeding. 115, 343-346.

Bouslama, M., Schapaugh, W.T., 1984. Stress tolerance in soybean. 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science. 24, 933-937.

Blum, A., 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. Euphytica. 100, 77–83.

Naderi, A., Majidi Heravan, E., Hashemi Dezfuli, A., Rezaie, A., Nour-Mohammadi, 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 with English summary].

Eberhat, S.A., Russell, W.A., 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 6, 36-40.

Emam, Y., Ranjbari, A., Bahrani, M.J., 2006. Evaluation of yield and yield components in wheat cultivars under post-anthesis drought stress. The Journal of Agricultural Science. Natural Resource Technology. 11, 317 -328. [In Persian with English summary].

Farshadfar, E., Rasoli, V., Silva, J.A.T., Farshadfar, M., 2011. Inheritance of drought tolerance indicators in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using a diallel technique. Australian Journal of Crop Science. 5(7), 870-878.

Fayaz, N., Arzani, A., 2011. Moisture stress tolerance in reproductive growth stage in triticale (XTriticosecale Wittmack) cultivars under field conditions. Crop Breeding Journal. 1(1), 1-12.

Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on "Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress", Taiwan, 13-16 August 1992, 257-270.

Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivar. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research. 29, 897-912.

Golabadi, M., Arzani, A., Maibody, S., 2006. Assessment of drought tolerance in segregation populations in durum wheat. African Journal of Agricultural Research. 5, 162-171.

Ketata, H., 1988. Genotype×environment interaction. ICARDA. Proceedings of Biometrical Technique for cereal Breeders, ICARDA, Syria.

Khageh ahmad attari, A. A., Akbari, A., 1996. A new winter wheat variety introduced for cold regions of the country, Seed and Plant Improvement Journal. 12(2), 8-10. [In Persian].

Leilah, A.A., Alkhateb, S.A., 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. Journal of Arid Environments. 61, 483-496.

Marti, J., Slafer, G.A., 2014. Bread and durum wheat yields under a wide range of environmental conditions. Field Crop Research. 156, 258–271.

Moori, S., Emam, Y., Karimzadeh Sourashjani, H.A., 2012. Evaluation of late season drought resistance in wheat cultivars using grain yield, its components and drought resistance indices. Environmental Stresses in Crop Sciences. 5(1), 19-32. [In Persian with English summary].

Nouri, A., Etminan, A., Jaime, A., Da-Silva, T., Mohammadi, R., 2011. Assessment of yield, yield-related traits and drought tolerance of durum wheat genotypes (*Triticum turjidum* var. *durum* Desf.). Australian Journal of Crop Science. 5(1), 8-16.

Rain, J., Moheshwari, M., Nagaranjan, S., 2001. Effect of pre-anthesis water stress on growth, photosynthesis and yield of wheat. Plant Physiology. 6(1), 53-60.

Rosielle, A.A., Hamblin, J., 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science. 21, 943-946.

Talebi, R., Fayaz, F., Naji, A.M., 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat. General and Applied Plant Physiology. 35(1-2), 64-74.

Yan, W., Rajcan, I., 2002. Biplot analysis of test sites and traits relations of soybean in Ontario. Crop Science. 32, 51-57.

www.SID.ir

Archive of SID

Zebarjadi, A., Tavakoli shadpey, S., Etminan, A., Mohammadi, R., 2013. Evaluation of drought stress tolerance in durum wheat genotype using drought tolerance indices. Seed and Plant Improvement Journal. 29(1), 1-12. [In Persian with English summary].

www.SID.ir