مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۶، شماره ۳، سال ۱۳۸۹

ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه و بینابین در شرایط آبیاری نرمال و تنش قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی

Evaluation of Winter and Facultative Bread Wheat Genotypes under Irrigated and Post-Anthesis Drought Stress Conditions

مرتضی عسکر[۱]، امیر یزدان‌سپاس[۲] و اشکبوس امینی[۳]

۱-دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
۲ و۳- به ترتیب دانشیار و مربی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱/۲۶

چکیده

عسکر، م.، یزدان‌سپاس، ا.، و امینی، ا. ۱۳۸۹. ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه و بینابین در شرایط آبیاری نرمال و تنش قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۶:** ۳۲۹ - ۳۱۳.

به منظور ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های گندم نان به تنش خشکی پس از مرحله گلدهی، در سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴ آزمایش‌هایی در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی با استفاده از هیجده ژنوتیپ امید بخش گندم نان زمستانه و بینابین در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه‌های تحقیقاتی کرج، اراک، مشهد و میاندوآب اجرا شد. ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش(STI)، حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (TOL)، میانگین بهره‌وری(MP) و میانگین هندسی(GMP) و همچنین میانگین رتبه($\overline{R}$) و انحراف معیار رتبه (SDR) شاخص‌های یاد شده برای کلیه ژنوتیپ‌ها وترسیم بای‌پلات مربوطه انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفت عملکرد دانه نشان داد که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل سه جانبه سال × مکان × ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی و اثر متقابل سال × مکان در هردو شرایط نرمال و تنش خشکی معنی‌دار بود. با توجه به میزان همبستگی شاخص‌ها با عملکردهای دو شرایط تنش و نرمال، شاخص‌های MP و STI به عنوان بهترین شاخص‌ها شناخته شدند. با استفاده از روش ترسیمی بای‌پلات، مقایسه مقادیر شاخص‌ها و میانگین رتبه($\overline{R}$) و انحراف معیار رتبه(SDR) شاخص‌ها برای هر ژنوتیپ و مشاهده وضع قرارگرفتن ارقام در بای‌پلات مذکور ژنوتیپ‌ها با کد C-83-6، C-83-7 و C-83-8 به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و ژنوتیپ C-83-14 به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش خشکی شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، تنش خشکی، عملکرد دانه، شاخص‌های حساسیت و تحمل به خشکی، بای‌پلات.

نویسنده مسئول: amini_ashk@yahoo.com

مقدمه

بدون شک گندم نان (*Triticum aestivum* L.) از گیاهان انگشت‌شماری است که به عنوان منبع غذایی در سطح گسترده‌ای کشت می‌شود و احتمالاً محوری برای شروع کشاورزی بوده است (Harlan, 1981). حدود ۴۶/۳ درصد از کالری مصرفی روزانه یک نفر شهری و ۵۱/۵ درصد از کالری روزانه یک نفر روستایی از مصرف نان تأمین می‌شود (Anonymous, 2001). تنش خشکی معمولاً به عنوان شایع‌ترین تنش غیرزنده که گیاهان آن را تجربه می‌کنند، شناخته می‌شود و خسارت سنگینی را به محصولات عمده کشاورزی در بسیاری از کشورهای مختلف جهان از جمله ایران وارد می‌کند. از سطح ۲/۳ میلیون هکتار گندم آبی کشور حدود ۹۰۰ هزار هکتار آن در مناطق سرد واقع شده و در آن‌ها ارقام گندم آبی کشت می‌شوند در این مناطق اغلب کشاورزان به دلیل نداشتن آب کافی در بهار ویا عدم آبیاری کافی در نتیجه اختصاص آبیاری‌های آخر فصل به زراعت‌های تابستانه، نتیجه مطلوب از کشت ارقام پر توقع به آبیاری به دست نیاورده و در نتیجه زراعت گندم دچار تنش خشکی آخر فصل می‌شود. بنابراین معرفی ارقامی که بتوانند در هر دو شرایط آبیاری معمول و یا تنش خشکی آخر فصل محصول بیشتر و مطمئن‌تری تولید کنند اهمیت بسیار زیادی پیدا می‌کند. یک ژنوتیپ متحمل به ژنوتیپی اتلاق می‌شود که عملکردی بالاتر از متوسط در شرایطی داشته باشد که عوامل محیطی دسترسی به آب را برای آن دچار محدودیت کرده است (Narayan and Misra, 1989). آنیچیراریکوو همکاران (Annicchirarico *et al.*, 2000) پیشنهاد کردند، برای کاهش خسارت تنش‌ها، می‌توان ارقام متحمل به خشکی را با رعایت نکاتی همچون شناسایی تنش، شناسایی صفات مرتبط با تحمل به خشکی و بررسی همبستگی این صفات با عملکرد، گزینش ارقام مناسب از خزانه ژنی و انتخاب صفات مناسب و نوترکیبی آن‌ها با سایر صفات مطلوب اصلاح کرد. در تحقیقات مربوط به تحمل خشکی سیستمی برای به‌نژادی گندم و نیز سایر محصولات در شرایط کم آبی پیشنهاد شده است که طی آن آزمایش‌ها و انتخاب مواد گیاهی هم در شرایط آبیاری معمولی و هم شرایط تنش کم‌آبی انجام می‌شود و لاین‌هایی که در هر دو محیط بهتر عمل می‌کنند انتخاب می‌شوند. در این صورت لاین‌هایی که در شرایط استرس کم آبی خوب ظاهر شده‌اند چنانچه به عنوان رقم جدید معرفی شوند در شرایط کم آبی می‌توانند عملکرد قابل قبول و با کیفیت خوب تولید کنند و در شرایط نرمال با کافی بودن آب برای آبیاری نیز پتانسیل بالای خود را نشان داده و عملکرد بیشتری تولید می‌کنند (Uddin *et al.*, 1992).

اثر تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه‌ها بسیار بارز است، چون عملکرد بالقوه وابسته به وزن هزار دانه است که خود نیاز به تجمع مواد

فتوسنتزی در دانه‌ها دارد. مواد جمع شده در دانه‌ها از دو منبع تأمین می‌شود که یکی از طریق فتوسنتز و دیگری انتقال مواد غذایی از سایر قسمت‌های گیاه به دانه است. قسمتی از مواد فتوسنتزی قبل از گرده‌افشانی ساخته می‌شود و در ساقه یا سایر اعضای گیاه ذخیره شده و سپس به دانه‌های در حال تشکیل منتقل می‌شود ولی قسمت اعظم مواد ساخته شده در دانه‌ها بعد از گرده‌افشانی ساخته می‌شود (Gupta, 1995).

ثابت شده است که تنش خشکی، انتقال مواد غذایی را از برگ‌ها به دانه‌ها کاهش می‌دهد و با توجه به این که خشکی رسیدن دانه‌ها را تسریع می‌کند، این عکس‌العمل برکاهش فتوسنتز به کاهش عملکرد غلات هم کمک می‌کند (Sarmadnia and Koocheki, 1997). رینولدز و همکاران (Reynolds *et al*., 2000) با بررسی گندم‌های مختلف در سیمیت (CIMMYT) به این نتیجه رسیدند که در گندم یک رابطه خطی بین تنش خشکی و عملکرد دانه وجود دارد. این نشان می‌دهد که گندم گیاهی است که نسبتاً به خشکی متحمل است. مصطفی و همکاران (Moustafa *et al*.,1996) با بررسی اثر تیمار خشکی در مراحل مختلف رشد گندم بهاره نشان دادند که تیمار خشکی در مرحله پنجه‌زنی بر تعداد دانه اثری نداشته و در مرحله سنبله‌دهی باعث کاهش تعداد دانه در سنبله می‌شود و این مورد، عملکرد را کاهش می‌دهد. آنان همچنین اعلام کردند که وزن دانه تحت تاثیر هیچ یک از تیمارهای خشکی قرار نگرفت. فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978) درآزمایشی که به منظور بررسی مقاومت به خشکی در تعدادی از ارقام گندم بهاره پاکوتاه وپابلند در محیط‌هایی با شدت خشکی مختلف انجام دادند نتیجه گرفتند که تیمارهای خشکی عملکرد دانه را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهند، تیمارهای خشکی ملایم تر منجر به کاهش نسبی بیشتر وزن دانه‌ها در مقایسه با تعداد دانه می‌شوند و تیمار خشکی شدید موجب کاهش بیشتری در تعداد دانه خواهد شد. در این آزمایش ارقام پابلند ۱۹ درصد کاهش در عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) و ۱۵ درصد کاهش در عملکرد در شرایط تنش (Ys) نسبت به ارقام پاکوتاه نشان دادند. عملکرد یک رقم در شرایط تنش ممکن است مستقل از عملکرد آن در شرایط مطلوب باشد. جهت تعیین نحوه تظاهر و عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف در دو محیط تنش و بدون تنش، فرناندز (Fernandez, 1992) ژنوتیپ‌ها را به چهار گروه A، B، C وD تقسیم‌بندی کرد. شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها درشرایط محیطی مختلف و تعیین مقاومت و حساسیت آن‌ها ارائه شده است. از نظر فرناندز (۱۹۹۲) مناسب‌ترین معیار شاخصی است که بتواند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد.

روزیلی و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص‌های

تحمل (Tolerance: TOL) و میانگین حسابی (Mean Productivity: MP) را معرفی کردند. فیشر و مائورر (۱۹۷۸) شاخص حساسیت به تنش (Stress Susceptibility Index: SSI) را پیشنهاد کردند. فرناندز (۱۹۹۲) شاخص‌های تحمل به تنش (Stress Tolerance Index: STI) و شاخص میانگین هندسی عملکرد (Geometric Mean Productivity: GMP) را معرفی کرد. شاخص میانگین هندسی عملکرد حساسیت کمتری به مقادیر مختلف عملکرد در شرایط بدون تنش (Y_P) و عملکرد در شرایط تنش (Y_S) دارد در صورتی که شاخص میانگین بهره‌وری چون براساس میانگین حسابی است زمانی که اختلاف نسبی زیادی بین عملکرد در شرایط بدون تنش (Y_P) و عملکرد در شرایط تنش (Y_S) وجود داشته باشد، اریب زیادی به طرف عملکرد در شرایط بدون تنش(Y_P) خواهد داشت (Fernandez, 1992). هدف از اجرای این آزمایش، بررسی واکنش ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم نان در برابر تنش خشکی با استفاده از شاخص‌ها، معرفی شاخص‌های برتر و در نهایت دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی و ارزیابی اثر تنش خشکی پس از مرحله گلدهی بر روی ۱۸ ژنوتیپ گندم نان زمستانه و بینابین در یک آزمایش مقایسه عملکرد در سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴ در چهار ایستگاه تحقیقاتی سرد کشور (کرج، اراک، مشهد و میاندوآب) در دو شرایط آبیاری نرمال و قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی به مورد اجرا گذاشته شد. تمامی ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد دانه در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. در این آزمایش هر ژنوتیپ در یک کرت با ابعاد ۴/۸ = ۱/۲×۴ متر مربع با تراکم ۴۵۰ بذر در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر ژنوتیپ کشت شد و در زمان برداشت نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف شد و مساحت برداشت ۳/۶ مترمربع در نظر گرفته شد. زمین آزمایش در تناوب دو ساله غلات-آیش بود و کلیه عملیات تهیه زمین شامل شخم کلش بعد از برداشت محصول قبل، یک نوبت شخم بهاره، یک نوبت دیسک، دو بار لولر عمود بر هم، کودپاشی و ایجاد فارو انجام شد. کود مصرفی براساس آزمون خاک با فرمول ۵۰-۹۰-۱۲۰ (N-P-K) بود که کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم به صورت پایه و کود نیتروژن از منبع اوره در دو نوبت پایه و سرک به مصرف رسید. عملیات آبیاری در آزمایش‌های نرمال به صورت نشتی شامل یک نوبت آبیاری پاییزه و چهار نوبت آبیاری بهاره بود. آبیاری در آزمایش‌های تنش شامل یک نوبت آبیاری

پاییزه و دو نوبت آبیاری بهاره قبل از مرحله گلدهی انجام شد. درآزمایش‌های مربوط به تنش خشکی با هدف ایجاد تنش آخر فصل، عملیات آبیاری پس از مرحله گلدهی متوقف و تا زمان برداشت، آبیاری انجام نشد. بذرهای آزمایشی قبل از کاشت به منظور جلوگیری از آلوده شدن به بیماری سیاهک پنهان با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. همچنین برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ، مخلوطی از علف‌کش‌های گران استار و پوماسوپر به ترتیب به مقدار ۲۰ گرم و یک لیتر در هکتار در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه رفتن استفاده شد.

بعد از رعایت زمان کافی برای رسیدن فیزیولوژیکی و همچنین خشک شدن و آماده شدن محصول برای برداشت، کلیه آزمایش‌ها به منظور تعیین میزان عملکرد دانه، در مناطق مختلف برداشت شدند. پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس مرکب برای درهردو شرایط آزمایش جهت تعیین اثرهای اصلی مربوط به مکان ، ژنوتیپ و سال و اثرهای متقابل سال × مکان، ژنوتیپ × سال، ژنوتیپ × مکان و اثر متقابل سه جانبه ژنوتیپ × سال × مکان انجام شد. ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌های Tol و MP (Rosielle and Hamblin, 1981)، SSI (Fischer and Maurer, 1978)، و GMP و STI (Fernandez, 1992) انجام و میانگین رتبه ($\overline{R}$) و انحراف معیار (SDR) برای پنج شاخص فوق نیز محاسبه شد که میزان پایین ($\overline{R}$) و (SDR) بیانگر برتری ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود. ضرائب همبستگی ساده بین عملکرد دانه (در هر دو شرایط) و شاخص‌ها نیز محاسبه شد برای رسم بای‌پلات، ماتریسی از داده‌های مربوط به پنج شاخص و۱۸ ژنوتیپ تشکیل و سپس از طریق تجزیه به مولفه‌های اصلی (Principal component analysis) و بای‌پلات (Biplot) مربوطه بر اساس دو مولفه اول ترسیم شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

مشخصات و شجره ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس مرکب صفت عملکرد دانه را در چهار مکان در مدت دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸۳ درشرایط نرمال و تنش خشکی نشان می‌دهد. اثر اصلی سال و همچنین اثر مکان در شرایط آبیاری نرمال معنی‌دار نبود، این حالت درشرایط تنش نیز حاصل شد. اثر متقابل سال × مکان در شرایط آبیاری نرمال و همچنین در شرایط تنش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ولی اثر ژنوتیپ در شرایط آبیاری نرمال معنی‌دار نشد. درحقیقت اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال وجود نداشت اما این اثر در شرایط تنش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که این موضوع

جدول۱ -نام/ شجره ژنوتیپ‌های مورد استفاده

Table 1- Parentage of the genotypes

کد ژنوتیپ Genotype code	نام/شجره Name/parentage	منشاء Origin
C-83-1	Shahriyar	-
C-83-2	C-79-16	-
C-83-3	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Passarinho	Karaj
C-83-4	Ures81//HD2206/Hark"s"/3/Lov24/Coc75/4/MV17//Opata*2 /Wao	Karaj
C-83-5	Evwyt2/Azd//Rsh*2/10120/3/Ombu1/Alamo	Karaj
C-83-6	Falat//Shi#4414/Crow"s"	Mashhad
C-83-7	Alvand//NS732/Her	Miandoab
C-83-8	130L1.11//F35.70/Mo73/4/Ymh/Tob//Mcd/3/Lira	5thWWON-IR
C-83-9	Vorona/Kauz	3rdFEFWSN
C-83-10	Pnr2548/Star1	5th WWON-IR
C-83-11	Agri/Nac//Attila	5th WWON-IR
C-83-12	Alvd//Aldan/Ias58/3/40-73-17	Karaj
C-83-13	GF-gy54/5/Gds/4/Anza/3/Pi/Nar//Hys/6/1-66-76/Passarinho	Miandoab
C-83-14	GF-gy158/Zrn/4/Hys//Drc*2/7c/3/2*Rsh	Miandoab
C-83-15	Ghk"s"/Bow"s"//Ning8201	Ardebil
C-83-16	V-83035/1-67-78	Ardebil
C-83-17	Nemura/Star1	5th WWON-IR
C-83-18	Tast/Sprw//Bll/3/Nwt	11thFAWWON

جدول۲ - تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش خشکی در مکان‌های مختلف در سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield in normal and drought stress conditions in different locations in 2004-05 and 2005-06 cropping seasons

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی d.f.	میانگین مربعات MS شرایط نرمال Normal	 شرایط تنش خشکی Drought stress
Year (Y)	سال	1	28611349^{ns}	41689603^{ns}
Location(L)	مکان	3	53731561^{ns}	281944700^{ns}
Y×L	سال ×مکان	3	34197439^{**}	94024536^{**}
Rep/ (Y×L)	تکرار(سال ×مکان)	16	698576	2018833
Genotype (G)	ژنوتیپ	17	1142840^{ns}	3719418^{**}
G×Y	ژنوتیپ×سال	17	813500^{ns}	969040^{ns}
G×L	ژنوتیپ ×مکان	51	996504^{ns}	828293^{ns}
G×Y×L	ژنوتیپ×سال ×مکان	51	787369^{ns}	922229^{**}
Error (b)	خطا (ب)	272	724956	566826
C.V.%	ضریب تغییرات (٪)		11.5	16.2

ns و ** :به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

ns and **: Not significant and significant at 1% probability level, respectively.

حاکی از اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها بوده و نشان می‌دهد که توان ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در بروز صفت عملکرد دانه دارای تفاوت‌هایی بوده است.

احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2000)، پرویزی آلمانی و

همکاران (Parvizi Almani *et al.*, 1997)، افلاطونی و دانشور (Aflatooni and Daneshvar, 1993)، عبدمیشانی و جعفری شبستری (Abdemishani and Jafarishabestari, 1988) و اهدایی (Ehdaie, 1995 و 1998) در تحقیقات خود اثر ژنوتیپ را درشرایط تنش خشکی معنی‌دار گزارش کردند.

اثر متقابل ژنوتیپ × سال در هر دو شرایط غیر معنی‌دار شد. این موضوع نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها در سال‌های زراعی مورد مطالعه دارای واکنش‌های متفاوتی نبودند. اثر متقابل ژنوتیپ × مکان هم در هر دو شرایط نرمال و تنش معنی‌دار تشخیص داده نشد که این موضوع نمایانگر آن است که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در هر دو شرایط در مکان‌های مورد آزمایش دارای واکنش‌های متفاوتی نبودند و میانگین صفت عملکرد دانه از مکانی به مکان دیگر از نظر آماری یکسان بود. اثر متقابل سه جانبه ژنوتیپ × سال × مکان در شرایط آبیاری نرمال معنی‌دار نبود و این بیانگر یکسان بودن اثر متقابل ژنوتیپ × مکان در سال‌های مختلف است. این اثر در شرایط تنش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری نرمال در سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۸۳ در چهار مکان برابر با ۷۳۹۰ کیلوگرم در هکتار بود، در صورتی که در شرایط تنش این میانگین برابر ۴۶۵۱ کیلوگرم در هکتار بود و اعمال تنش سبب کاهش ۳۷ درصدی در عملکرد دانه شد.

به علت آن‌که بالاترین و پایین‌ترین میانگین عملکرد در شرایط آبیاری نرمال و تنش متعلق به ژنوتیپ ثابتی نبود لذا محاسبه شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش در ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ (های) برتر ضروری بود. جدول ۳ شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش خشکی را برای صفت عملکرد دانه (میانگین چهار مکان و دو سال) نشان می‌دهد. بر اساس شاخص تحمل به تنش (STI)، هر چه اختلاف بین عملکرد در شرایط نرمال و تنش بیشتر باشد مقدار شاخص تحمل به تنش کوچک‌تر می‌شود و بنابراین بر خلاف شاخص حساسیت به خشکی، مقادیر بالاتر شاخص فوق نشان‌دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ‌ها به تنش می‌باشد (Fernandez, 1992). محاسبه شاخص تحمل به تنش (STI) برای ژنوتیپ‌ها به ترتیب بیانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ‌های C-83-8، C-83-6، C-83-7 و C-83-10 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۳). ژنوتیپ‌های یاد شده ضمن احراز بالاترین مقادیر شاخصSTI در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، از نظر میانگین عملکرد نیز در شرایط تنش درگروه ژنوتیپ‌های پر محصول قرار داشتند. همچنین ژنوتیپ C-83-14 در شرایط نرمال نیز جز ژنوتیپ‌های پر محصول قرار داشت. ژنوتیپ ۱۴ نیز بر اساس این شاخص به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ شناخته شد. این ژنوتیپ از نظر میانگین عملکرد در شرایط تنش در گروه ژنوتیپ‌های

جدول۳– میانگین عملکرد دانه و شاخص‌های حساسیت و تحمل به خشکی و رتبه‌بندی آن‌ها در مکان‌های مختلف (میانگین ۴ مکان) در سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۸۳

Table 3. Mean grain yield and drought tolerance and susceptibility indices and their ranking in different locations (average of 4 locations) in 2004-06 cropping seasons

SDR	$\overline{R}$	R	GMP	R	MP	R	TOL	R	SSI	R	STI	R	Ys	R	Yp	Genotype no.
0.89	15.4	16	5546	16	5727	14	2851	15	1.07	17	0.56	16	4301	17	7152	1
2.49	10.2	12	5792	12	5939	7	2626	8	0.98	10	0.61	11	4626	14	7252	2
0.55	7.6	8	5952	8	6101	8	2673	7	0.97	8	0.65	6	4764	6	7437	3
0.55	10.6	11	5831	11	5990	10	2735	10	1.00	14	0.62	12	4622	10	7357	4
1.41	12.0	13	5718	13	5880	10	2735	11	1.02	15	0.60	13	4512	15	7247	5
0.55	1.6	2	6210	2	6295	1	2055	1	0.76	2	0.71	1	5267	12	7322	6
0.84	2.8	3	6164	4	6251	2	2080	2	0.77	2	0.70	2	5211	13	7291	7
4.80	4.0	1	6264	1	6414	12	2755	5	0.95	1	0.72	3	5036	2	7791	8
1.95	7.6	9	5911	9	6054	5	2611	6	0.96	8	0.64	7	4748	9	7359	9
0.45	4.2	4	6128	5	6247	4	2423	4	0.88	4	0.69	4	5035	5	7458	10
1.64	4.8	6	6032	6	6147	3	2372	3	0.87	5	0.67	5	4961	11	7333	11
4.98	13.6	17	5490	17	5645	6	2625	11	1.02	11	0.55	15	4332	18	6957	12
1.52	15.4	15	5606	14	5824	17	3155	17	1.15	12	0.58	17	4246	7	7401	13
0.00	18.0	18	5262	18	5632	18	4016	18	1.42	18	0.51	18	3624	3	7640	14
0.84	13.8	14	5642	15	5814	13	2804	13	1.05	12	0.58	14	4412	16	7216	15
3.90	9.8	7	5953	7	6137	15	2982	13	1.05	5	0.65	10	4646	4	7628	16
6.18	8.8	5	6081	3	6276	16	3097	15	1.07	7	0.68	8	4727	1	7824	17
0.55	9.6	10	5851	10	6006	9	2711	9	0.99	15	0.63	9	4650	8	7361	18
		Mean						7390						4651		

Y_p:	Yield in normal condition	عملکرد در شرایط نرمال	GMP:	Geometric Mean Productivity	میانگین هندسی عملکرد
Y_s:	Yield in stress condition	عملکرد در شرایط تنش	STI:	Stress Tolerance Index	شاخص تحمل به تنش
SSI:	Stress Susceptibility Index	شاخص حساسیت به تنش	R:	Rank	رتبه
TOL	Tolerance	شاخص تحمل	MP:	Mean Productivity	شاخص میانگین بهره وری
$\overline{R}$:	Mean of rank for 5 indices	میانگین رتبه برای ۵ شاخص	SDR:	Standard Deviation of Rank for 5 indices	انحراف معیار رتبه برای ۵ شاخص

For genotypes name see Table 1.

کم محصول قرار داشت (جدول ۳). با توجه به آنچه که بیان شد نتیجه گرفته می‌شود که شاخص تحمل به تنش به لحاظ گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط نرمال و تنش از کارایی بالایی برخوردار می‌باشد. نتایج ضرایب همبستگی نیز نشان داد که در هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال شاخص STI دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه است (جدول ۴). مقدم و هادی‌زاده (Moghadam and Hadizadeh, 2000) و احمدزاده (Ahmadzadeh, 1997) قبلاً در ارتباط با مطلوبیت شاخص تحمل به تنش (STI) در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل گزارش‌هایی را ارایه کرده بودند.

شاخص حساسیت به تنش (SSI) بیشتر برای حذف ژنوتیپ‌های حساس استفاده می‌شود و بر اساس آن هر ژنوتیپی که مقادیر بالاتری از این شاخص را به خود اختصاص دهد در برابر تنش حساس‌تر است (Fischer and Maurer, 1978). محاسبه شاخص حساسیت به تنش (SSI) نشان داد که ژنوتیپ‌های C-83-6، C-83-7، C-83-10 و C-83-11 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها از حساسیت کمتری برخوردار بودند. این ژنوتیپ‌ها علاوه بر احراز مقدار کمی از شاخص یاد شده، در شرایط تنش از نظر میانگین عملکرد در گروه ژنوتیپ‌های پر محصول قرار داشتند (جدول ۳). نتایج ضرائب همبستگی نیز موید همین مطلب بود به طوری‌که شاخص SSI همبستگی قوی و منفی با عملکرد در شرایط تنش داشت ولی با عملکرد در شرایط نرمال همبستگی معنی‌دار نشان نداد (جدول ۴). نورمند مؤید (Nourmand Moayed, 1997) درآزمایشی که به منظور بررسی تنوع صفات کمی و تعیین بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی در گندم نان انجام داد، همبستگی بین شاخص SSI با Yp (عملکرد دانه درشرایط بدون تنش) را مثبت و معنی‌دار ($r=۰/۴۳^{**}$) و با Ys (عملکرد دانه درشرایط تنش) منفی و معنی‌دار ($r=-۰/۵۶^{**}$) گزارش کرد. با در نظر گرفتن شاخص تحمل (TOL) که به صورت اختلاف بین عملکرد در شرایط نرمال و تنش تعریف شده است، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر محسوب می‌شوند که مقادیر کمتری از شاخص فوق را به خود اختصاص دهند (Rosielle and Hamblin, 1981). بررسی میزان تحمل ژنوتیپ‌ها با استفاده از این شاخص (در چهار مکان و دوسال) حاکی از برتری ژنوتیپ‌های C-83-6، C-83-7، C-83-10 و C-83-11 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بود. این چهار ژنوتیپ از نظر میانگین عملکرد در شرایط تنش در گروه ژنوتیپ‌های پر محصول قرار داشتند. همچنین دو ژنوتیپ C-83-14 و C-83-13 با کسب بالاترین مقادیر شاخص فوق به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. این دو ژنوتیپ در شرایط تنش از عملکرد مناسبی برخوردار نبودند و در گروه ژنوتیپ‌های

جدول ۴ - ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه درشرایط نرمال، تنش و شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی ۱۸ ژنوتیپ مورد بررسی در چهار مکان در سال‌های زراعی۸۵-۱۳۸۳

Table 4. Correlation coefficients between tolerance and susceptibility indices, Yp and Ys in 18 genotypes in four loctaions in 2004-06 cropping seasons

	Ys	SSI	TOL	STI	MP	GMP
Yp	0.08^{ns}	0.25^{ns}	0.42^{ns}	0.47^{*}	0.54^{*}	0.38^{ns}
Ys		-0.95^{**}	-0.87^{**}	0.94^{**}	0.88^{**}	0.95^{**}
SSI			0.98^{**}	-0.79^{**}	-0.68^{**}	-0.80^{**}
TOL				-0.65^{**}	-0.53^{*}	-0.73^{**}
STI					0.99^{**}	0.99^{**}
MP						0.98^{**}

ns ,*,**: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

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

For abbreviations see Table 3.

کم محصول قرار داشتند (جدول ۳). به نظر می‌رسد که شاخص یاد شده در گزینش ژنوتیپ‌هایی موفق است که عملکرد آن‌ها در شرایط تنش مناسب است. گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص TOL با شاخص SSI همخوانی داشت از طرفی این شاخص نیز مانند SSI دارای همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد در شرایط تنش و همبستگی مثبت غیرمعنی‌دار با عملکرد در شرایط نرمال بود (جدول ۴). این شاخص در شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و نرمال دارای عملکرد مناسب بودند نسبتاً موفق نبود این نتیجه با یافته‌های نادری و همکاران (Naderi *et al*., 2000) مطابقت نداشت.

بر اساس شاخص میانگین بهره‌وری (MP) که به صورت میانگین حاصل جمع عملکرد در شرایط نرمال و تنش تعریف شده است، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر هستند که مقادیر بیشتری از این شاخص را داشته باشند (Rosielle and Hamblin, 1981). بر همین اساس به ترتیب ژنوتیپ‌های C-83-8، C-83-6 و C-83-17 به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها ارزیابی شدند. نورمند موید (۱۹۹۷) نیز قبلاً گزارش کرده بود که شاخص میانگین بهره‌وری در یافتن ژنوتیپ‌هایی که پتانسیل عملکرد بالایی داشته و متحمل به تنش هستند از سایر شاخص‌های معرفی شده موفق‌تر است. بر اساس این شاخص دو ژنوتیپ C-83-14 و C-83-12 با کسب کمترین مقادیر شاخص مذکور به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود شاخص بهره‌وری ژنوتیپ‌هایی را گزینش کرد که در هر دو شرایط نرمال و تنش از میانگین عملکرد بالایی برخوردار بودند (جدول ۳)، نتایج ضرائب همبستگی نیز موید این موضوع است. این شاخص نیز مانند شاخص STI دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در هر

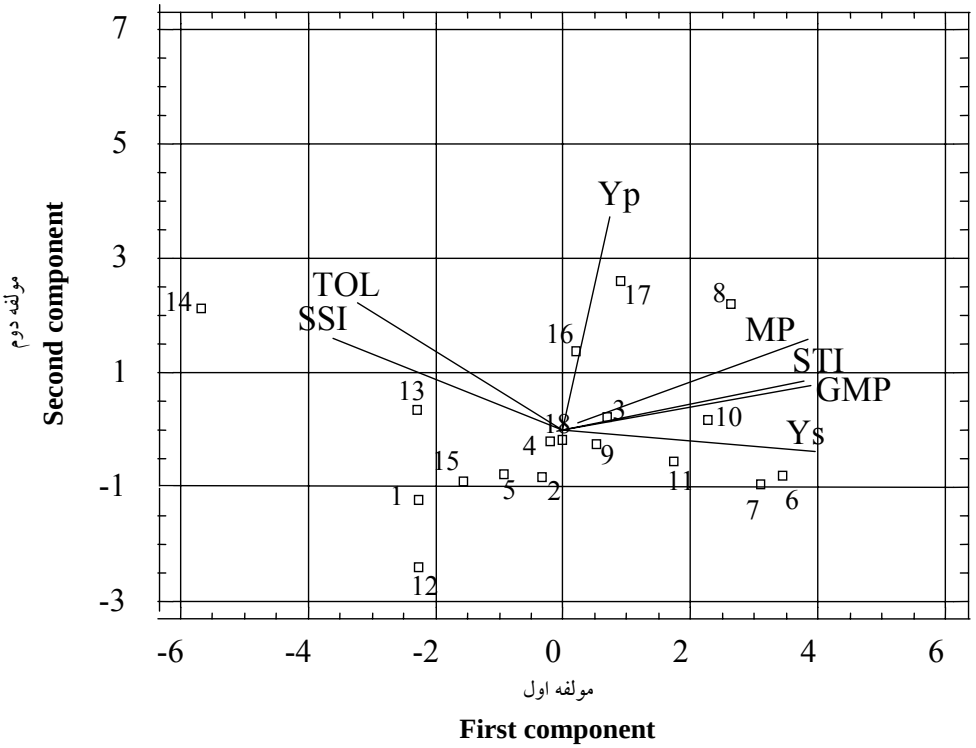
دوشرایط تنش و نرمال بود (جدول۴). بنابراین، این شاخص را می‌توان به عنوان یک شاخص مناسب برای تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی استفاده کرد زیرا با توجه به توصیه‌های فرناندز (۱۹۹۲) و ریچاردز (Richards, 1996) شاخص‌هایی که دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو محیط تنش و بدون تنش باشند به عنوان بهترین شاخص‌ها قابل استفاده هستند. مقدم و هادی‌زاده (۲۰۰۰) در تحقیقاتی که بر روی گیاه ذرت انجام دادند بین شاخص میانگین بهره‌وری و عملکرد در شرایط تنش همبستگی مثبتی را مشاهده نکردند که این موضوع مغایر با نتایج به دست آمده در این بررسی است.

بر اساس شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP)، ژنوتیپ‌هایی متحمل‌تر محسوب می‌شوند که مقادیر بیشتری از شاخص فوق را کسب کرده باشند (Fernandez, 1992). محاسبه این شاخص برای ژنوتیپ‌ها در تنش خشکی آخر فصل بیانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ‌های C-83-8، C-83-6 و C-83-7 بود. با این شاخص نیز دو ژنوتیپ C-83-14 و C-83-12 به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها ارزیابی شدند (جدول ۳).

این شاخص دارای همبستگی مثبت با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و نرمال بود ولی این همبستگی فقط در شرایط تنش معنی‌دار بود (جدول ۴). این نتیجه با یافته‌های برخی از محققین مطابقت دارد (Shafazadeh *et al.*, 2004؛ Nikkhah, 1999؛ Nourmand-Moayed, 1997). فرناندز (Fernandez, 1992) نیز بیان کرد به علت حساسیت کمتر این شاخص به مقادیر عملکرد در شرایط تنش و نرمال ، این شاخص دارای برتری نسبت به شاخص MP است.

با داشتن جدولی شامل ژنوتیپ‌ها ارقام وشاخص‌های مختلف حساسیت و تحمل به خشکی می‌توان روابط بین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها را به صورت یک شکل واحد (بای‌پلات) ترسیم کرد و به سادگی ساختار چنین ماتریس بزرگ دو طرفه را مورد ارزیابی قرار داد. در این مورد پس از انجام تجزیه به مولفه‌های اصلی روی پنج شاخص و دو صفت Ypو Ys در ۱۸ ژنوتیپ، همان‌طوری‌که ملاحظه می‌شود بیشترین تغییرات مورد نظر بین داده‌ها با دو مولفه اول (۹۹/۹ ٪) بیان شد (جدول ۵) و به همین جهت ترسیم بای پلات بر اساس دو مولفه اصلی اول انجام شد (شکل ۱).

از آن‌جایی که دو مولفه تغییراتی مستقل را تبیین می کنند دو مولفه را می توان به صورت دو محورعمود بر هم نمایش داد و ژنوتیپ ها را بر اساس این دو مولفه در سطح نمودار توسط نقاطی مشخص کرد. در این بررسی ۷۵٪ از تغییرات کل داده ها توسط اولین مولفه تبیین شد و این مولفه همبستگی مثبت و بالایی را با عملکرد در شرایط تنش (Ys) شاخص‌های GMP, STI و MP، داشت و همچنین همبستگی مثبت و ضعیفی با عملکرد در شرایط



شکل۱- نمایش بای‌پلات شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی در ۱۸ژنوتیپ گندم براساس اولین و دومین مؤلفه اصلی

Fig 1. Biplot for five tolerance and susceptibility indices in 18 genotypes of wheat on the basis of first and second components
For abbreviations see Table 3 and for genotypes name Table 1.

نرمال (Yp) داشت ولی همبستگی این مولفه با شاخص‌های SSI و TOL منفی بود (جدول ۵). با توجه به مطلوب بودن میزان بالای شاخص‌های GMP، STI و MP اگر میزان مولفه اول بالا باشد ژنوتیپ‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط و بالاخص در شرایط تنش بوده و دارای مقادیر MP، GMP و STI بالایی باشند. از این رو مولفه اول را می‌توان به عنوان مولفه پایدار عملکرد دانه و تحمل به خشکی نام‌گذاری کرد (جدول ۵ و شکل ۱). دومین مولفه حدود ۲۴/۷ ٪ از تغییرات کل داده‌ها را نشان می‌دهد. این مولفه همبستگی مثبت بالایی با عملکرد در شرایط نرمال(Yp) و شاخص‌های SSI و TOL داشت و دارای همبستگی مثبت و ضعیفی با شاخص‌های GMP، STI و MP و همبستگی منفی بسیار ضعیفی با عملکرد در شرایط تنش (Ys) داشت و به همین جهت مولفه دوم را به عنوان مولفه پتانسیل عملکرد دانه در شرایط نرمال و حساسیت به تنش که ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط تنش را از سایر ژنوتیپ‌ها جدا می‌کند، تعیین شد (جدول ۳ و شکل ۱). با توجه به این‌که مقادیر بالای شاخص‌های GMP، STI و MP و مقادیر پایین

جدول ۵ - بردار ها ومقادیر ویژه برای پنج شاخص حساسیت و تحمل به خشکی در ۱۸ ژنوتیپ گندم
Table 5.Vectors and eigen values for five tolerance and susceptibility indices in 18 genotypes

مولفه Component	ویژه مقدار Eigen value	واریانس ٪ %Variance	YS	YP	TOL	STI	SSI	MP	GMP
1	5.26	75.2	0.43	0.08	-0.35	0.42	-0.40	0.40	0.43
2	1.73	24.7	-0.07	0.75	0.44	0.18	0.32	0.29	0.16

For abbreviations see Table 3.

SSI و TOL مطلوب هستند، بنابراین اگر میزان مولفه دوم پایین باشد، ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای GMP، STI و MP بالا، TOL و SSI پایین و عملکرد بالا در تنش هستند. ژنوتیپ‌ها در درون گروه‌های مشخص قرار گرفته که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش آن‌هاست. با توجه به شکل ۱ ژنوتیپ‌های C-83-6، C-83-7، C-83-8، C-83-10 و C-83-11 در قسمت پایین و سمت راست نمودار قرار گرفتند که نشان‌دهنده بالا بودن مولفه اول و پایین بودن مولفه دوم است، در نتیجه این ژنوتیپ‌ها در ناحیه با پایداری عملکرد درشرایط تنش خشکی و حساسیت کم به خشکی قرار گرفته‌اند البته ژنوتیپ C-83-8 دارای عملکرد بالا در شرایط نرمال نیز بود.

ژنوتیپ‌های C-83-14 و C-83-8 (قسمت بالا و سمت چپ نمودار) در ناحیه با عملکرد پایین در شرایط تنش و حساسیت بالا به خشکی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های C-83-3، C-83-9، C-83-18 و C-83-4 در قسمت وسط مولفه اول و مولفه دوم قرار داشتند که نشان می‌داد این ژنوتیپ‌ها دارای پتانسیل تولید متوسط و حساسیت متوسط به خشکی هستند و ژنوتیپ C-83-17 و تا حدودی ژنوتیپ C-83-16 که در قسمت بالا و سمت راست جدول واقع شده بودند دارای پتانسیل عملکرد بالا درشرایط نرمال و حساسیت متوسط به خشکی (نیمه متحمل به خشکی) هستند. ژنوتیپ‌های C-83-12، C-83-1، C-83-15، C-83-5 و C-83-2 در قسمت پایین و سمت چپ جدول قرار گرفتند که نشان دهنده حساسیت بالا و پتانسیل تولید کم این ژنوتیپ ها است.

در مجموع با توجه شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش و میانگین رتبه ($\overline{R}$) و انحراف معیار رتبه (SDR) شاخص‌های مذکور و همچنین نتایج ترسیم بای‌پلات و مشاهده وضع قرار گرفتن ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها در شکل ۱، ژنوتیپ‌های C-83-6، C-83-7 و C-83-8 به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها ارزیابی شدند. این ژنوتیپ‌ها به ترتیب با $\overline{R}$=۱/۶، $\overline{R}$=۲/۸ و $\overline{R}$=۴ و SDR=۰/۵۵، SDR=۰/۸۴ و SDR=۴/۸،

کمترین مقادیر $\overline{R}$ را به خود اختصاص دادند و از پایداری نسبی خوبی از نظر شاخص‌ها برخوردار بودند ژنوتیپ C-83-14 به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ شناخته شد و این ژنوتیپ تقریباً بر اساس تمام شاخص‌ها به عنوان ژنوتیپ حساس مشخص شد و بیشترین میانگین رتبه ($\overline{R}=۱۸$) را به خود اختصاص داده و در بای‌پلات ترسیم شده، در ناحیه با عملکرد پایین در شرایط تنش (کمترین عملکرد در شرایط تنش را داشت) و حساسیت بالا به خشکی قرار گرفت (شکل ۱ وجدول ۳). شاخص‌هایMP وSTI به دلیل داشتن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در هر دو شرایط (آبیاری نرمال و قطع آبیاری) مناسب‌تر از دیگر شاخص‌ها به نظر می‌رسند زیرا انتخاب مقادیر بالای این شاخص‌ها یعنی به دست آوردن عملکرد بالا در آبیاری معمول و تنش خشکی بود. لذا بر اساس نتایج این تحقیق مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل به تنش شاخص‌های MP و STI بودند. درنتایج مشابهی، محققین مختلف نیز این شاخص‌ها را به عنوان شاخص‌های مناسب و کارا برای ارزیابی تحمل به خشکی معرفی کرده‌اند (Shafazadeh *et al*., 2004؛ Nourmand Moayed, 1997؛ Rosielle and Hamblin, 1981). نیکخواه (Nikkhah, 1999)، حق‌پرست (Haghparast, 1998) و شفازاده و همکاران (Shafazadeh *et al*., 2004) در مطالعات خود بر روی ارقام گندم نان نتیجه گرفتند که شاخص‌های STI، MP و GMP همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد ارقام در شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال داشته و به همین دلیل مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن ارقام دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی هستند. نتایج حاصله از این تحقیق با یافته‌های آن‌ها و همچنین با نتایج شباهت زیادی دارد. نکته دیگردر این مطالعه، تشابه بسیار بالای شاخص‌های TOL و SSI و همچنین شاخص‌هایSTI وMP و تا اندازه‌ای GMP در گزینش ژنوتیپ‌های برتر بود. ژنوتیپ‌هایی که بر اساس شاخص‌های TOL و SSI به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل انتخاب شدند در شرایط تنش عملکرد بالایی داشتند. همچنین ژنوتیپ‌هایی که بر اساس شاخص‌های STI، MP و GMP به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل انتخاب شدند، در هر دو شرایط نرمال و تنش دارای عملکرد نسبتاً بالایی بودند. مظفری و همکاران (Mozaffari *et al*., 1996) نیز در تحقیقات خود به تشابه شاخص‌های MP ، STI و GMP و عدم تشابه دو شاخص SSI و STI اشاره کرده‌اند.

References

Abdemishani, S., and Jafarishabestari, J. 1988. Evaluation of tolerance to drought in wheat varieties. Iranian Journal of Agricultural Sciences 19 (1, 2):37-42 (in Farsi).

Aflatooni, M., and Daneshvar, M. 1993. Effect of water deficit on grain yield of four grain sorghum cultivars in Isfahan. Iranian Journal of Agricultural Sciences 24 (3, 4): 29-45 (in Farsi).

Ahmadi, J., Zaynali Khaneghah, H., Rostami, M. A., and Choukan, R. 2000. Study on drought tolerance in late maturity grain corn hybrids. Iranian Journal of Agricultural Sciences 31 (4): 891-907 (in Farsi).

Ahmadzadeh, A. 1997. Determination of the most appropriate drought resistance index in corn lines. MSc. Thesis, College of Agriculture, University of Tehran, Iran. 238 pp. (in Farsi).

Annicchiarico, P., Pecetti, L., Boggini, G., and Doust, M. A. 2000. Drought resistance in cereals. Crop Science 40:1810-1820.

Anonymous. 2001. Agricultural statistics, Ministry of Agriculture, Tehran, Iran (in Farsi).

Ehdaie, B.1995. Variation in water- use efficiency and its components in wheat: I. Pot and field experiments. Crop Science 35:1617-1626.

Ehdaie, B., Wains, J.G., and Hall, A. E. 1988. Differential responses of landrace and improved spring wheat genotypes to stress environments. Crop Science 28: 838-842.

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

Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yields responses. Australian Journal ofAgricultural Research 14: 742-754.

Gupta, V. S. 1995. Production and Improvement of Crop for Drylands. Oxford and IBH Publication Co. New Delhi. 431 pp.

Haghparast, R. 1995. Selection for resistance to drought in wheat.MSc. Thesis, College of Agriculture, University of Tabriz, Iran (in Farsi).

Harlan, J. R. 1981. The early history of wheat. pp. 1-19. In: Evans, L. T. and Peacock, W. J. (eds.) Wheat Science Today and Tomorrow. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Moghadam, A., and Hadizadeh, M.H. 2000. Use of plant density in selection of

drought tolerant varieties in corn. Iranian Journal of Crop Sciences 2 (3):25-38 (in Farsi).

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

Mozaffari, K., Arshi, Y., and Zeynali Khaneghah, H. 1996. Study of drought stress on some of morpho-physiological traits and yield components of sunflower. Seed and Plant 12(3):24-33 (in Farsi).

Naderi, A., Majidi Heravan, E., Hashemi Desfuli, A., Rezaeii, A. M., and Normohammadi, G. 2000. Assessment of tolerance indices to environmental stresses and introducing of new index. Seed and Plant 15:390-402(in Farsi).

Narayan, D., and Misra, R. D. 1989. Drought resistance in varieties of wheat in relation to root growth and drought indices. Indian Journal of Agricultural Science 59: 595-598.

Nikkhah, H. R. 1999. Study on heritability of resistance to drought in bread wheat. MSc. Thesis, College of Agriculture, University of Tehran, Iran (in Farsi).

Nourmand Moayed, F. 1997. Study on quantitative traits and their relationship with yield in bread wheat under irrigated and dryland conditions and determination of the most appropriate drought resistance index. MSc.Thesis, College of Agriculture, University of Tehran, Iran (in Farsi).

Parvizi Almani, M. S., Abdemishani, S., and Yazdi Samadi, B. 1997. Study on drought tolerance in different sugar beet genotypes. Iranian Journal of Agricultural Sciences 28 (3): 15-24 (in Farsi).

Reynolds, M., Skovmand, B., Terthowan, R., and Preiffer, W. 1999. Evaluating a conceptual model for drought tolerance. Workshop on Molecular Approaches for the Genetic Improvement of Cereals for Stable Production in Water-limited Environments. CIMMYT, Mexico, DF, Mexico.

Richards, R. A. 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. Plant Growth Regulation 20: 157-166.

Rosielle, A. T., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science 21: 943-945.

Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 1997. Crop Physiology. Jihad-e-Daneshgahi Mashhad Publications, Mashhad, Iran. 467 pp. (in Farsi).

Shafazadeh, M. K., Yazdansepas, A., Amini, A., and Gannadha, M. R. 2004. Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat *(Triticum aestivum* L.*)* genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. Seed and Plant 20: 57-71(in Farsi).

Uddin, N., Carver, B. F., and Clutter, A. C. 1992. Genetic analysis and selection for wheat yield in drought-stressed and irrigated environments. Euphytica 62:89-96.