ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی

مسعود بخشایشی قشلاق[1]*، مرتضی شکارچی‌زاده

هنر آموز دانشکده فنی و کشاورزی مراغه، مدرس گروه علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور

و عضو باشگاه پژوهشگران جوان، تبریز، ایران؛

m.b2034@yahoo.com

کارشناس ارشد اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز؛

چکیده

خشکی از تنش‌های بسیار مهم در کاهش رشد و تولید گیاهان می‌باشد، در این راستا به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های تحمل به خشکی و غربال کردن شاخص‌های کمی تحمل به خشکی تعداد 23 ژنوتیپ گندم نان در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط آبی و دیم در ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی دیم مراغه مورد آزمایش قرار گرفتند، به‌منظور ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام مورد بررسی از شش شاخص بر مبنای عملکرد آبی (Y_p) و دیم (Y_s) استفاده شد، شاخص‌های کمی تحمل به خشکی شامل شاخص تحمل (TOL)، شاخص میانگین تولید (MP)، شاخص میانگین هندسی تولید (GMP)، شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص میانگین هارمونیک (HM) به‌دست آمدند، نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد در شرایط آبی و دیم به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ شماره 16 و 12 می‌باشد، بیشترین شاخص تحمل (TOL)، شاخص میانگین هارمونیک (HM)، شاخص میانگین هندسی تولید (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) متعلق به ارقام شماره 16، 17 و 6 بود، نتایج حاصل از تحلیل همبستگی بین شاخص‌ها و میانگین عملکرد در شرایط آبی و دیم نشان داد که مناسب‌ترین شاخص برای غربال کردن ژنوتیپ‌ها در دو شرایط آبی و دیم، شاخص STI است، همچنین تجزیه به عامل‌ها بر اساس روش تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که دو عامل اول 99/84 درصد (عامل تحمل به خشکی 73/28 درصد و عامل حساسیت به تنش خشکی 26/56 درصد) از تغییرات متغییرهای مورد بررسی در شرایط تنش و بدون تنش را توجیه می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: عملکرد گندم آبی و دیم، شاخص‌های تحمل تنش

مقدمه

خشکسالی و تنش ناشی از آن مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را در جهان با محدودیت روبه‌رو ساخته است. محققان تعاریف مختلفی را برای تنش خشکی ارائه نموده‌اند. خشکی در کشاورزی به وضعیتی اطلاق می‌شود که

1. آدرس نویسنده مسؤول: مراغه، شهرک ولیعصر، خیابان 12 بهمن ، کوچه 12 متری نیلوفر، پلاک 87- کدپستی: 5517753544

* دریافت: تیر، 1391 و پذیرش: بهمن، 1391

میزان و توزیع بارندگی در طی فصل رشد به اندازه‌ای ناچیز باشد که موجب کاهش عملکرد گیاه زراعی شود (6). لاولور (17) خشکی را دوره‌ای که کمبود آب چه به صورت حاد و چه به صورت مزمن رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد و مانع رشد طبیعی آن می‌شود، تعریف می‌نماید. کرامر و همکاران (8) خشکی را به عنوان نبود یا کمبود رطوبت در مراحل حساس رشد گیاه تعریف نموده است. همچنین دهاندا و همکاران (9) و حق‌پرست و همکاران (16) معتقدند که تنش خشکی هنگامی افزایش می‌یابد که تقاضای تبخیری اتمسفر بالای برگ‌ها (تبخیر و تعرق پتانسیل) از ظرفیت و توانایی ریشه‌ها برای استخراج آب از خاک (تبخیر و تعرق حقیقی) تجاوز نموده و فراتر رود.

در اغلب آزمایش‌ها برای گزینش مزرعه‌ای گیاهان زراعی فقط عملکرد دانه مدنظر قرار می‌گیرد در صورتی که برخی پژوهشگران معتقدند برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام سازگار و برتر در مناطق خشک و نیمه-خشک باید شاخص‌هایی را که در شناسایی پایداری ارقام در شرایط تنش خشکی موثرند شناخت و آن‌ها را علاوه بر عملکرد دانه به عنوان معیارهای انتخاب مورد استفاده قرار داد. از این‌رو وضعیت عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و شرایط آبی به عنوان یک نقطه شروع برای شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌ها برای اصلاح در محیط‌های خشک است (14، 15 و 19).

بر اساس واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی با تنش یا بدون تنش می‌توان آن‌ها را در چهار گروه دسته‌بندی کرد.

گروه A: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در دو محیط تنش و بدون تنش دارند. گروه B: ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط بدون تنش دارند. گروه C: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در محیط تنش دارند. گروه D: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد پایینی در هر دو محیط دارند (12).

شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف و تعیین مقاومت و حساسیت آن‌ها ارائه شده است، و از نظر فرناندز (12) مناسب‌ترین معیار شاخصی است که بتواند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد.

روزیل و هامبلین (22) شاخص‌های تحمل (TOL) و میانگین حسابی (MP) را معرفی کردند. شاخص تحمل (TOL) عبارت از اختلاف عملکرد ارقام در دو شرایط آبیاری و دیم است. ارقامی که مقدار TOL کمتری دارند، تفاوت عملکرد دانه آن‌ها در آزمایش‌های آبی و دیم کمتر است. مقدار بالای TOL نشانه حساسیت ژنوتیپ به تنش بوده و انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر کم TOL است. شاخص میانگین تولید (MP) منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا ولی با تحمل به تنش پایین می‌شود. انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی بر اساس مقادیر بالای MP است. همچنین امکان تفکیک ژنوتیپ‌های گروه B و C از یکدیگر با استفاده از شاخص‌هایMP و TOL بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز (12) وجود دارد.

فرناندز (12) شاخص تحمل تنش (STI) و شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP) را به عنوان معیاری برای گزینش ارقام تحمل کننده تنش خشکی پیشنهاد کرد. شاخص STI بدین منظور معرفی شده است که قادر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا و تحمل بیشتر به تنش است. مقادیر بالای STI برای یک ژنوتیپ، نشان دهنده تحمل بیشتر به تنش و پتانسیل عملکرد بالاتر است. بنابراین انتظار می‌رود که با استفاده از این شاخص ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه‌ها قابل تفکیک باشند. همچنین بنا به اظهارات فرناندز (12) شاخص GMP بر خلاف MP به اختلافات نسبتاً شدیدتر بین Y_pو Y_s حساسیت کمتری نشان می‌دهد، بنابراین در جداسازی ژنوتیپ‌های گروه A از سه گروه دیگر، GMPدر مقایسه با MP شاخص مناسب‌تری می‌باشد.

نورمند موید (20) و عزیزینیا و همکاران (7) گزارش کردند که شاخـــــص STI در یافتن ژنوتیپ‌هایی که پتانسیل عملکرد بالایی داشته و متحمل به تنش می‌باشند از سایر شاخص‌های معرفی شده موفق‌تر هستند.

فیشر و مائورر (13) شاخص حساسیت به تنش (SSI) را پیشنهاد نمودند. این محققین نشان دادند که مقدار کمتر SSI، تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش و در نتیجه پایداری بیشتر آن ژنوتیپ را نشان می‌دهد. همچنین با استفاده از شاخص SSI ژنوتیپ‌های گروه B و C از سایر گروه‌ها بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز (12) قابل تمایزند. اهدایی و همکاران (10) گزارش کردند که استفاده از شاخص SSI از مزایای بیشتری برای گزینش ارقام مطلوب گندم در شرایط تنش و بدون تنش برخوردار بود. برخی محققین تلاش‌هایی در جهت تعیین بهترین معیار به منظور انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب برای مناطق خشک انجام داده‌اند. سی و سه مرده و همکاران (24) با ارزیابی یازده ژنوتیپ گندم نان گزارش کردند که در شرایط تنش ملایم شاخص‌های STI، MP و GMP برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش مناسب هستند.

هدف از اجرای این پژوهش، بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گندم در برابر تنش خشکی با استفاده از شاخص‌ها، معرفی شاخص برتر و در نهایت دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی بود.

مواد و روش کار

این پژوهش در سال زراعی 89 – 1388 در ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی دیم (مراغه) واقع در 30 کیلومتری شرق مراغه انجام گرفت. ارتفاع این منطقه از سطح آب‌های آزاد 1750 متر، طول جغرافیایی 46 درجه و 25 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایـــــــی 37 درجه و 12 دقیقه شمالی واقع شده است که از یک اقلیم نیمه خشک سرد هم مرز با فرا سرد برخوردار است (23). حرارت متوسط خاک در عمق 50 سانتی‌متر در حدود 15- 8 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط دمای سالیانه خاک کمتر از 22 درجه سانتی‌گراد و اختلاف حرارت میانگین تابستان و زمستان، بیشتر یا مساوی 6 درجه سانتی‌گراد می‌باشد (5).

تحقیق حاضر در شرایط مزرعه و به منظور ارزیابی تحمل به خشکی 22 ژنوتیپ گندم نان انتخابی از آزمایش‌های به نژادی بخش غلات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور به همراه رقم آذر 2 به عنوان شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 3 تکرار در قالب دو آزمایش جداگانه تحت آبیاری تکمیلی و دیم مورد بررسی قرار گرفت. اسامی و شجره ژنوتیپ‌های مورد استفاده در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول1- نام و شجره ژنوتیپ‌های مورد استفاده

Ent.No.	Variety / Line
1	Sabalan//Cno79/Prl"S"/3/Pf82200/4/Ebvd99-1 IRW2000-01 - 175-0MAR-0MAR-0MAR-6MAR-0MAR
2	Sabalan/84.40023//Seafallah IRW2000-1047-0MA-0MA-0SN-0SN-2SN
3	AZAR-2/78 Zhong 291- 99
4	Seafallah/3/Sbn//Trm/K253 IRW2000-1189-0MA-0MA-0SN-0SN-2SN
5	SARA-PBWYT-85-86-22-5
6	RAN/NE701136//CI13449/CTK/3/CUPE/4/F134.71/NAC/5/MV17 TCI972217-0SE-0YC-0YE-3YE-0YE-2YE-0YE
7	SN64//SKE/2*ANE/3/SX/4/BEZ/5/SERI/6/VORONA/HD2402/7/F10S-1 TCI972322-0SE-0YC-0YE-15YE-0YE-1YE-0YE
8	F1-1S-1//CIMMARRON TCI97-315-0AP-0AP-11AP-2AP-5AP-0AP
9	SABALAN/4/VRZ/3/OR F1.148/TDL//BLO
10	KARAHAN
11	BAYRAKTAR
12	F10S-1//ATAY/GALVEZ87
13	SABALAN/4/VRZ/3/OR F1.148/TDL//BLO
14	F130-L-1-12/LAGOS
15	F134.71/NAC//ZOMBOR
16	PYN/BAU//BONITO
17	SUBEN-7
18	SARDARI-HD84//UNKN/HATUSHA
19	HN7/OROFEN//BJN8/3/SERI/4/ TCI98--0079-0AP-0AP-OMAR-5MAR-OMAR
20	Sel from IF3 (TCI 2002-03 Nusery 1) - 355
21	Sardari-101
22	Alvand
23	Azar-2

بعد از تهیه زمین که شامل شخم پاییزه و بهاره، دیسک و لولر بود، بر اساس آزمون خاک مقادیر کودی به مقدار 60 – 25 – 40 کیلوگرم در هکتار (به ترتیب نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به صورت یکنواخت در کل مزرعه استفاده شد که کودهای فسفات و پتاسیم به همراه نصف مقدار کود نیتروژن در پاییز در زمان تهیه زمین و نصف باقی مانده کود نیتروژن در اوایل فروردین ماه به عنوان کود سرک به زمین داده شد. میزان بذر به ترتیب با احتساب380 و 420 دانه در متر مربع (شرایط دیم و آبیاری تکمیلی) بر اساس وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه محاسبه و با استفاده از بذرکار آزمایشی وینتراشتایگر کشت گردید. طول، تعداد خطوط و فواصل بین خطوط هر کرت به ترتیب 6 متر، 6 خط و 17/5 سانتی‌متر بود. به منظور سبز یکنواخت و همزمان آزمایشات دیم و آبی از یکبار آبیاری (به میزان حدود 60 میلی‌متر) بلافاصله بعد از کشت استفاده گردید. آبیاری در آزمایش تحت شرایط دیم انجام نگردید ولی در شرایط بدون تنش و با احتساب یکبار آبیاری در زمان کشت، از سه نوبت آبیاری در مراحل شروع ساقه‌دهی و مرحله گلدهی استفاده گردید. همچنین برای مبارزه با علف‌های هرز در طول دوره‌ی رویش از علف‌کش برومسید در اوایل اردیبهشت و مرحله 3 تا 5 برگی استفاده گردید.

پس از رسیدن و برداشت محصول، عملکرد دانه ارقام در 2 شرایط (دیم و آبیاری تکمیلی) توزین و بر مبنای موازین آماری به کار رفته، مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. همچنین ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به

تنش خشکی با استفاده از شاخص‌ها، به شرح زیر انجام شد:

1- شاخص تحمل (TOL): $TOL = Y_P - Y_S$

2- شاخص میانگین تولید (MP): $MP = \frac{Y_S + Y_p}{2}$

3- شاخص میانگین هندسی تولید (GMP): $GMP = \sqrt{(Y_S).(Y_p)}$

4- شاخص تحمل تنش (STI): $STI = \frac{(Ys).(Yp)}{(\bar{Y}P)2}$

5- شاخص حساسیت به تنش (SSI): $SSI = \frac{1-\frac{YS}{YP}}{SI} \Rightarrow SI = 1-(\bar{Y}s/\bar{Y}p)$

6- شاخص میانگین هارمونیک (HM): $HM = \frac{2(Yp.Ys)}{Yp+Ys}$

در معادلات فوق، Y_P = عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش، Y_S = عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش، $\bar{Y}_p$= میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش، $\bar{Y}_s$= میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و SI برابر شدت تنش می‌باشد.

تجزیه به مولفه‌های اصلی همراه با رسم نمودار بای پلات با استفاده از شاخص‌های انتخاب برای شناسایی ارقام متحمل به خشکی انجام شد. برای محاسبه شاخص‌های تحمل از نرم‌افزار Exel و محاسبه ضرایب همبستگی و تجزیه به مولفه‌های اصلی با نرم‌افزار Spss انجام شد.

نتایج و بحث:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در دو مکان (شرایط دیم و آبی) در مدت یک فصل زراعی 89 - 1388 در جدول 2 نشان داده شده است.

جدول 2- تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط دیم و آبی

منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Ms)
		عملکرد دانه
محیط	1	166125968/88**
اشتباه	4	323522/16
ژنوتیپ	22	791345/68**
ژنوتیپ× محیط	22	688889/83**
اشتباه	88	265956/33

** معنی‌داری در سطح احتمال 1% درصد.

نتایج مذکور نشان می‌دهد که، عامل محیط بر عملکرد دانه ارقام اثر بسیار معنی‌داری در سطح احتمال 1% داشته و ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه در سطح احتمال 1 درصد تفاوت معنی‌داری را داشته‌اند که حاکی از متفاوت بودن توان ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در بروز صفت عملکرد دانه می‌باشد. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای صفت عملکرد دانه معنی‌دار بود که حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر صفات فوق در دو محیط می‌باشد. (جدول 1). احمدی و همکاران (3)، پرویزی آلمانی و همکاران (21) و افلاطونی و دانشور (2) در تحقیقات خود اثر ژنوتیپ را معنی‌دار گزارش کردند که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که در شرایط دیم ژنوتیپ‌های شماره 12، 14 و 11 به‌ترتیب با (4097، 4090 و 3835 کیلوگرم در هکتار) بالاترین و ژنوتیپ‌های شماره 5، 1 و 2 به‌ترتیب با (3096، 3137 و 3375 کیلوگرم در هکتار) کمترین عملکرد را داشتند. همچنین در شرایط آبی ژنوتیپ‌های شماره 16، 6 و 17 به ترتیب با (7069، 6837 و 6751 کیلوگرم در هکتار) بیشترین و ژنوتیپ-های شماره 18، 22 و 23 به‌ترتیب با (4542، 4930 و 4960 کیلوگرم در هکتار) کمترین عملکرد را داشتند (جدول 3).

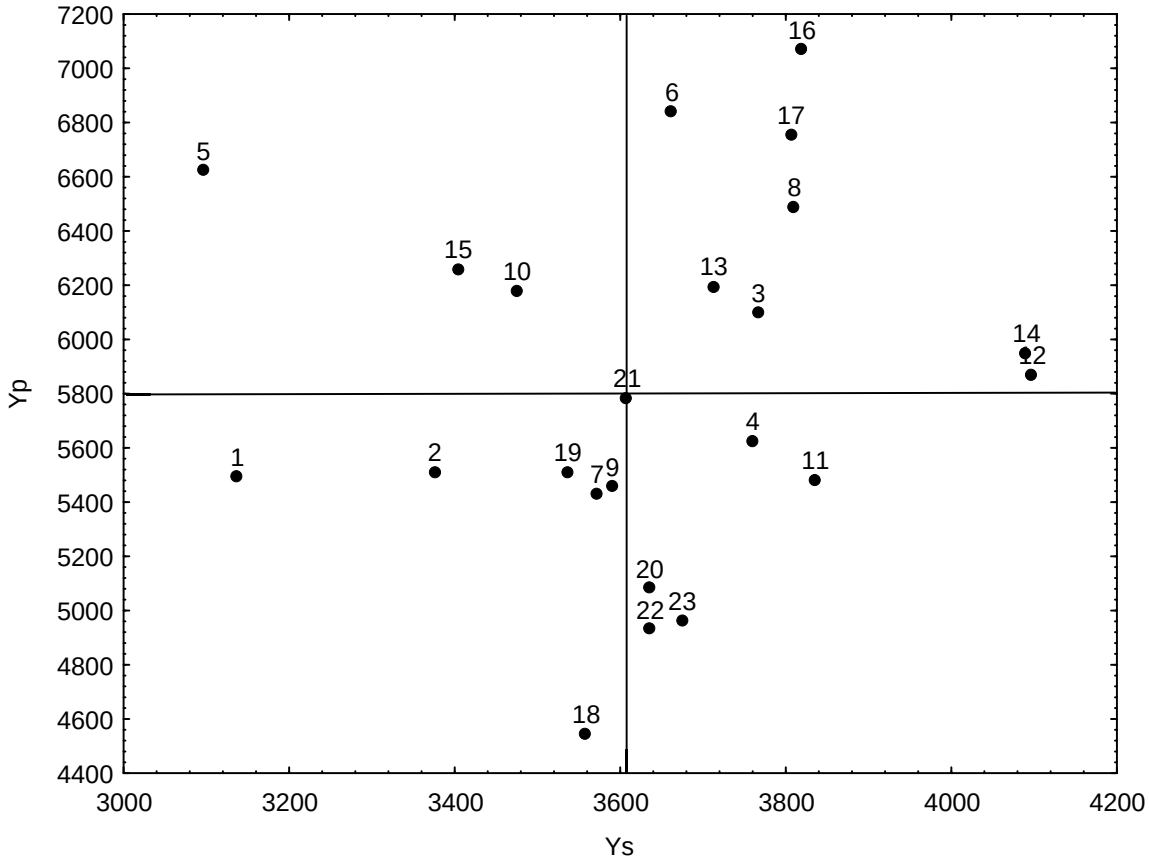
با توجه به این‌که بیشترین و کمترین میانگین عملکرد در شرایط دیم و آبی متعلق به ژنوتیپ ثابتی نبود لذا محاسبه شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش در ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر ضروری است.

در جدول 3، علاوه بر میانگین عملکرد دانه در شرایط دیم و آبی، شش شاخص برای برآورد تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها آورده شده است.

بر اساس گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس روش فرناندز (12) ژنوتیپ‌های شماره 2، 3، 6، 8، 13، 14، 16 و 17 در گروه A، ژنوتیپ‌های شماره 5، 10 و 15 در گروه B، ژنوتیپ‌های شماره 4، 11، 20، 22 و 23 در گروه C و ژنوتیپ‌های شماره 1، 2، 7، 9، 18 و 19 در گروه D قرار گرفتند (شکل 1).

شاخص TOL:

بر اساس شاخص TOL که متوسط عملکرد بقیه ژنوتیپ‌ها را در نظر نمی‌گیرد و هر چه مقدار عددی این شاخص کوچکتر باشد ژنوتیپ متحمل‌تر است (کم بودن اختلاف Y_s و Y_p) که این اختلاف کم ممکن است به علت بالا بودن عملکرد در هر دو شرایط دیم و آبی باشد و یا این‌که ناشی از افت کم عملکرد در شرایط تنش باشد که این قدرت تفکیک این دو گروه را از هم ندارد. بر این اساس به‌ترتیب ژنوتیپ‌های شماره 18 (983)، شماره 23 (1285) و شماره 22 (1249) با کمترین مقدار شاخص TOL به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شناسایی شدند. همچنین ژنوتیپ‌های شماره 5 (3525)، شماره 16 (3250) و شماره 6 (3147) به ترتیب با بیشترین مقدار شاخص TOL به عنوان ژنوتیپ‌های حساس به تنش شناسایی شدند.



شکل 1- تفکیک ژنوتیپ‌های گندم بر اساس عملکرد داه در شرایط دیم و آبی و شاخص فرناندز

شاخص‌MP، HM، GMP و STI:

بر اساس شاخص‌هایMP، HM، GMP و STI هرچه مقادیر شاخص‌های فوق بالاتر باشد، مطلوب‌تر است. بر این اساس ژنوتیپ‌های شماره 16، 17 و 6 به ترتیب با بیشترین مقادیر شاخص‌های فوق به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی شناسایی شدند ولی ژنوتیپ‌های شماره 18، 22 و 1 با دارا بودن کمترین مقادیر شاخص‌های فوق به عنوان ژنوتیپ‌های حساس به تنش خشکی شناسایی شدند.

هر چه شاخص MP بالاتر باشد، مطلوب‌تر است. این حالت زمانی رخ می‌دهد که Y_sو Y_p هر دو دارای مقادیر بالا باشند ولی در برخی مواقع مشاهده می‌شود که Y_p در یک ژنوتیپ بسیار زیاد است و با Y_s اختلاف زیادی دارد و در چنین شرایطی علت زیاد بودن MP بالا بودن Y_p می‌باشد که تفکیک این دو مورد را با مشکل مواجه می‌سازد. زمانی که اختلاف بین Y_sو Y_p خیلی زیاد باشد در این صورت شاخص GMP میانگین متعادل‌تری نسبت به شاخص MP است. همچنین ترتیب طبقه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس GMP با ترتیب طبقه‌بندی آنها بر اساس شاخص SSI متفاوت است.

جدول 3- مقایسه میانگین عملکرد و ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی

ژنوتیپ	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	HM	SSI	STI
1	5494 de	3137 cd	2357	4316	4151	3994	1/14	0/51
2	5511 cd	3375 bc	2135	4443	4313	4186	1/03	0/55
3	6097 ab	3766 ab	2330	4932	4792	4656	1/02	0/67
4	5626 bc	3760 ab	1866	4693	4599	4507	0/88	0/62
5	6622 ab	3096 d	3525	4859	4528	4220	1/42	0/60
6	6837 ab	3662 ab	3174	5249	5003	4769	1/23	0/74
7	5431 de	3571 ab	1859	4501	4404	4309	0/91	0/57
8	6488 ab	3810 ab	2678	5149	4972	4801	1/09	0/73
9	5456 de	3590 ab	1865	4523	4426	4330	0/90	0/58
10	6179 ab	3474 ab	2704	4827	4633	4448	1/16	0/63
11	5481 de	3835 ab	1645	4658	4585	4513	0/79	0/62
12	5869 ab	4097 a	1772	4983	4904	4826	0/80	0/71
13	6195 ab	3712 ab	2483	4953	4795	4642	1/07	0/68
14	5949 ab	4090 ab	1859	5020	4933	4847	0/83	0/72
15	6259 ab	3404 ab	2855	4831	4615	4409	1/21	0/63
16	7069 a	3819 ab	3250	5444	5196	4959	1/22	0/79
17	6751 ab	3806 ab	2945	5278	5069	4867	1/16	0/75
18	4542 h	3558 ab	983	4050	4020	3990	0/57	0/47
19	5511 cd	3535 ab	1975	4523	4414	4307	0/95	0/57
20	5081 ef	3635 ab	1446	4358	4297	4238	0/76	0/54
21	5784 bc	3607 ab	2176	4696	4568	4443	1	0/61
22	4930 gh	3636 ab	1294	4283	4234	4185	0/69	0/52
23	4960 fg	3674 ab	1285	4317	4269	4221	0/68	0/53

همچنین شاخص STI یک شاخص موازنه شده است. در این شاخص هر عملکرد با متوسط عملکـرد همه ژنوتیپ‌ها تصحیح می‌گردد، نهایتاً چنین نتیجه‌گیری می‌شود که جهت ارزیابی تحمل به تنش خشکی، شاخص STI برای گزینش ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بیشتر در هر دو شرایط بدون تنش و تنش کارایی زیادی دارد (4). معیار مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در شرایط تنش خشکی در مطالعه دهاندا و همکاران (9)، شاخص STI تشخیص داده شده است.

شاخص SSI:

بررسی نتایج جدول 3 نشان داد که بر اساس شاخص SSI به‌ترتیب ژنوتیپ‌های شماره 18، 23 و 22 از شاخص حساسیت به تنش پایین‌تری نسبت به میانگین کل برخوردار بودند که به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها محسوب می‌شوند. همچنین به‌ترتیب ژنوتیپ‌های شماره 5، 6 و 16 با بیشترین میزان SSI از حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی بر اساس شاخص SSI شناخته شد.

انتخاب بر اساس شاخصSSI بر خلاف MP، منجر به گزینش ارقامی با عملکرد پایین می‌باشد.با توجه به این‌که شاخص SSI علاوه بر میزان عملکرد ارقام در شرایط دیم، کاهش عملکرد ارقام در اثر تنش را نیز مدنظر قرار می‌دهد، اگر رقمی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای عملکرد بالاتری باشد، ولی درصد کاهش آن

در شرایط تنش بیشتر باشد، به عنوان رقم حساس شناخته شدند (18). پژوهشگران معتقدند که شاخص SSI دارای محدودیت‌هایی در بررسی سازگاری متحمل بودن ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش می‌باشد، زیرا این شاخص بر مبنای کاهش کمتر عملکرد در محیط‌های تنش در مقایسه با محیط‌های بدون تنش می‌باشد. بنابراین SSI قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و ژنوتیپ‌های که پاسخ ضعیفی به شرایط مطلوب نشان می‌دهند، نمی‌باشد.

با توجه به این‌که مناسب‌ترین شاخص انتخاب برای تحمل، شاخصی است که قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه‌ها باشد بنابراین شاخص‌های GMP،HM،MP و STI به عنوان شاخص مناسبی برای تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها معرفی شد (شکل 1).

نظر به این‌که شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با در نظر گرفتن انفرادی شاخص‌های کمی و یا عملکرد آبی و دیم مشکل و احیاناً با نتایج متضادی مواجه خواهد شد، لذا با استفاده از ضرایب همبستگی بین عملکرد در شرایط آبی و دیم و شاخص‌های کمی تحمل به خشکی، می‌توان شاخص‌های مناسب را تعیین کرد (11).

مقادیر همبستگی شاخص‌ها با عملکرد در شرایط آبی و دیم در جدول 4 ارائه شده است.

عملکرد دانه در شرایط آبی (Y_p) با تمام شاخص‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد نشان دادند. همچنین عملکرد دانه در شرایط دیم (Y_S) با شاخص‌هایGMP، STI و HM همبستگی مثبت ومعنی‌داری در سطح یک درصد، با شاخصMP همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح نیم درصد و با شاخص SSIهمبستگی منفی و معنی‌داری در سطح نیم درصد نشان دادند. همچنین عملکرد دانه در شرایط دیم (Y_S) با شاخص TOL معنی‌دار نبود.

جدول 4- ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط دیم و آبی

	GMP	MP	TOL	SSI	STI	HM
Yp	0/87**	0/94**	0/93**	0/85**	0/88**	0/75**
Ys	0/58**	0/43*	-0/26 ns	-0/42*	0/59**	0/74**

*و**به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال 5% و 1% درصد و ns: غیر معنی‌دار.

بالاترین ضریب همبستگی عملکرد دانه در شرایط آبی (Y_p) به ترتیب با شاخص‌های MP، TOL و STI به‌دست آمده ولی در شرایط دیم (Y_S) بالاترین ضریب همبستگی عملکرد دانه به ترتیب با شاخص‌های HM ، STI و GMP حاصل گردید. با توجه به نتایج جدول 4 شاخص‌هایی که در هر دو شرایط دیم و آبی دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد بودند، به عنوان شاخص برتر معرفی شدند بنابراین شاخص STI با دارا بودن همبستگی مثبت و معنی‌دار در هر دو شرایط دیم و آبی به عنوان شاخص مطلوب در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی شناخته شد. اهمیت اننخاب شاخص STI برای غربال کردن ارقام مقاوم به خشکی توسط مقدم و هادی زاده (18)، احمدزاده (4) و حق پرست (16) نیز گزارش شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

برای تعیین خصوصیات ژنوتیپ‌ها و تفکیک آن‌ها بر اساس تمام شاخص‌های مقاومت به خشکی، از تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده گردید که نتایج آن در جدول 5 آورده شده است.

با انجام این تجزیه، دو مولفه اول با مقادیر ویژه بالاتر از یک، 99/83 درصد از کل تغییرات مربوط به شاخص‌ها را در بر داشتند. مولفه اول 73/27 درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کرد و در آن ضرایب مربوط به شاخص‌های HM، STI،GMP و MP بزرگ‌تر بود. از آنجایی که مقادیر بزرگ‌تر این شاخص‌ها مطلوب است و همچنین نظر به مثبت و قابل توجه بودن ضرایب مربوط به عملکرد در شرایط دیم (Y_S) و آبی (Y_p) در این مولفه، می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌هایی که دارای مقدار عددی بزرگ‌تری برای این مولفه هستند دارای عملکرد بیشتری بوده و به عبارت دیگر این مولفه قادر به جداسازی ژنوتیپ‌های مقاوم‌تر است بنابراین این مولفه به نام مولفه پتانسیل و پایداری عملکرد و تحمل به خشکی نامگذاری شد. دومین مولفه 26/55 درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کرد و همبستگی منفی و بالا با عملکرد در شرایط دیم (Y_S) و همبستگی مثبت و بالا با SSI، TOL و عملکرد در شرایط آبی (Y_p) داشت. در نتیجه ژنوتیپ‌هایی که دارای مقدار عددی بزرگ‌تری برای این مولفه هستند دارای عملکرد کمتری بوده و به عبارت دیگر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها حساس‌تر هستند بنابراین این مولفه به نام مولفه حساسیت به تنش خشکی نامگذاری شد. عبدمیشانی و جعفری شبستری (1) نیز در بررسی ژنوتیپ‌های گندم دو مولفه را که مجموعاً 99/17 درصد از تغییرات را توجیه می‌کرد عنوان کردند که با توجه به رابطه مولفه‌ها و شاخص‌های مورد مطالعه، مقادیر بالاتر مولفه اول (تحمل به خشکی) و مقادیر پایین‌تر مولفه دوم (حساسیت به تنش خشکی) مطلوب بود.

جدول 5- بردارها و مقادیر ویژه برای شش شاخص تحمل به خشکی در 23 ژنوتیپ گندم

مولفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	GMP	MP	TOL	SSI	STI	HM	Yp	Ys
1	5/86	73/27	0/90	0/81	0/24	0/07	0/90	0/97	0/57	0/88
2	5/12	26/55	0/43	0/58	0/97	0/99	0/43	0/24	0/82	-0/47

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های شماره 16، 17 و 6 در بیشتر شاخص‌های تحمل به خشکی مورد بررسی دارای وضعیت مطلوبی بودند شاخص‌های تحمل به خشکی مورد بررسی، شاخص STI با دارا بودن همبستگی مثبت و معنی‌دار در هر دو شرایط دیم و آبی به عنوان شاخص مطلوب در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی شناخته شد.

سپاسگزاری

از ریاست محترم موسسه تحقیقات دیم کشور (مراغه)، بدلیل در اختیار گذاشتن زمین و بذور و سایر منابع مورد نیاز قدردانی می‌گردد. همچنین از مساعدت و راهنمایی‌های جناب آقایان دکتر ورهرام رشیدی و دکتر مظفر روستایی در کمک به اجرای آزمایش تشکر می‌گردد.

فهرست منابع:

1 افلاطونی، م و م. دانشور. 1372. ارزیابی اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه چهار رقم سورگوم دانه‌ای در اصفهان. مجلهٔ علوم کشاورزی ایران. 24: 45-29.

2 احمدزاده، س و ح. جعفری شبستری. 1367. ارزیابی ارقام گندم برای مقاومت به خشکی. مجلهٔ علوم کشاورزی ایران. 19: 42-37.

3 احمدی، ج.، ح. زینالی خانگاه، ا. رستمی و ر، چوگان. 1379. بررسی مقاوت به خشکی در اواخر بلوغ دانه هیبریدهای ذرت. مجلهٔ علوم کشاورزی ایران. 31: 907-891.

4 پرویزی آلمانی، م.، س. عبدمیشانی و ب. یزدی صمدی. 1376. بررسی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند از نظر تحمل به خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. 28: 24-15.

5 حق‌پرست، ر. 1375. انتخاب برای تحمل به خشکی در گندم نان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تبریز. 155 صفحه.

6 سی و سه مرده، ع.، ا. احمدی، ک. پوستینی و و. محمدی. 1385. ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی تحت شرایط محیطی مختلف. مجله تحقیقات کشاورزی. 98: 229-222.

7 صادق‌زاده‌اهری، د.، ط. حسین‌پور، غ. خلیل‌زاده و خ. علیزاده. 1384. بررسی سازگاری و پایداری عملکرد لاین‌های گندم دوروم در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر دیم. مجله نهال و بذر. 21: 576-561.

8 عبدمیشانی، س و ح. جعفری شبستری. 1367. ارزیابی ارقام گندم برای مقاومت به خشکی. مجلهٔ علوم کشاورزی ایران. 19: 42-37.

9 9) عزیزی‌نیا، ش.، م. قنادها، ع. زالی، ب. یزدی صمدی و ع. احمدی. 1384. بررسی و ارزیابی صفات کمی مرتبط با مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های مصنوعی گندم در دو شرایط آبی و دیم. مجله علوم کشاورزی ایران. 36: 293- 281.

10 فرشادفر، ع و ر. محمدی. 1385. ارزیابی تحمل خشکی ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از شاخص‌های زراعی و فیزیولوژیکی. مجله علمی کشاورزی. 26: 97-87.

11 گلپرور، ا. ر.، م. ر. قنادها و ع. زالی. 1381. تعیین بهترین صفات گزینش برای بهبود عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش خشکی. مجله نهال و بذر. 18: 155-144.

12 مقدم، ع و م. ح. هادی‌زاده. 1379. استفاده از تراکم بوته در انتخاب ارقام متحمل به خشکی در ذرت. مجلهٔ علوم زراعی ایران. 2: 38-25.

13 نادری، ا.، س. ا. هاشمی دزفولی، ا. مجیدی هروان، ع. رضایی و ق. نورمحمدی. 1379. مطالعه همبستگی صفات موثر بر وزن دانه و تعیین اثر برخی پارامترهای فیزیولوژیک بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط مطلوب و تنش خشکی. مجله نهال و بذر. 15: 402-390.

14 نورمند موید، ف. م.، م. رستمی و ر. قنادها. 1380. ارزیابی شاخص های مقاومت به خشکی در گندم نان. مجله علوم کشاورزی ایران. 32: 805-795.

15 Araus, J.L., G.A. Slafer, M.P. Reynolds and C. Royo. 2002. Plant breeding and drought in C_3 cereals: What should we breed for? Ann. Bot. 89: 925-940.

16. Cramer, G. R., E. Epestein and A. Lauchii. 2001. Effects of sodium, potassium and calcium on salt stressed barley. Physiologia Plantarum. 1: 83-89.
17. Dhanda, S. S., G. S. Sethi and R. K. Behl. 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. Journal of Agronomy and Crop Science 190: 6-12.
18. Ehdaie, B., J.G. Wains and A. E. Hall. 1988. Differential responses of landrace and improved spring wheat genotypes to stress environments. Crop Science. 28: 838-842.
19. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In proceeding of a Symposium, Taiwan, 13-18 Aug. pp. 257-270.
20. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yields responses. Australian Journal of Agricultural Research. 14: 742-754.
21. Golabadi, M., A. Arzani and S. A. M. Mirmohamadi-maibody. 2006. Assessment of drought tolerance in segregation population in durum wheat. African Journal of Agricultural Research. 1: 162-171.
22. Lawlor, D.W. 2002. Limitation to photosynthesis in water stressed leaves: Stomata VS. metabolism and the role of ATP. Annals of Botany. 89: 871-885.
23. Rosielle, A. T. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science. 21: 943-945.