

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

مسعود بخشایشی قشلاق<sup>1\*</sup>، مرتضی شکارچی زاده

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. به منظور ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام مورد بررسی از شاخص بر مبنای عملکرد آبی ( $Y_p$ ) و دیم ( $Y_d$ ) 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) به دست آمدند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد در شرایط آبی و دیم به ترتیب 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 متغیرهای مورد بررسی در شرایط تنش و بدون تنش را توجیه می‌نماید.

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

### مقدمه

جهان با محدودیت روبه‌رو ساخته است. محققان تعاریف مختلفی را برای تنش خشکی ارائه نموده‌اند. خشکی در کشاورزی به وضعیتی اطلاق می‌شود که

خشکسالی و تنش ناشی از آن مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را در

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

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

شاخص های متفاوتی برای ارزیابی عکس العمل ژنوتیپ ها در شرایط محیطی مختلف و تعیین مقاومت و حساسیت آن ها ارائه شده است، و از نظر فرناندز (12) مناسب ترین معیار شاخصی است که بتواند ژنوتیپ های گروه A را از سایر گروه ها تشخیص دهد.

روزیل و هامبلین (22) شاخص های تحمل (TOL) و میانگین حساسی (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 آن ها در آزمایش های آبی و دیم کمتر است. مقدار بالای TOL نشانه حساسیت ژنوتیپ به تنش بوده و انتخاب ژنوتیپ ها بر اساس مقادیر کم TOL است. شاخص میانگین تولید (MP) منجر به انتخاب ژنوتیپ هایی با پتانسیل عملکرد بالا ولی با تحمل به تنش پایین می شود. انتخاب ژنوتیپ های مقاوم به تنش خشکی بر اساس مقادیر بالای MP است. همچنین امکان تفکیک ژنوتیپ های گروه B و C از یکدیگر با استفاده از شاخص های MP و TOL بر اساس تقسیم بندی فرناندز (12) وجود دارد.

فرناندز (12) شاخص تحمل تنش (STD) 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 ژنوتیپ هایی 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 می رود که با استفاده از این شاخص ژنوتیپ های گروه A از سایر گروه ها قابل تفکیک باشند. همچنین بنا به اظهارات فرناندز (12) شاخص GMP بر خلاف MP به اختلافات نسبتاً شدیدتر بین  $Y_p$  و  $Y_s$  حساسیت کمتری نشان می دهد، بنابراین در جداسازی ژنوتیپ های گروه A از سه گروه دیگر، GMP در مقایسه با MP شاخص مناسب تری می باشد.

میزان و توزیع بارندگی در طی فصل رشد به اندازه ای ناچیز باشد که موجب کاهش عملکرد گیاه زراعی شود (6). لاولور (17) خشکی را دوره ای که کمبود آب چه به صورت حاد و چه به صورت مزمن رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می دهد و مانع رشد طبیعی آن می شود، تعریف می نماید. 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 حق پرست و همکاران (16) معتقدند که تنش خشکی هنگامی افزایش می یابد که تقاضای تبخیری اتمسفر بالای برگ ها (تبخیر و تعرق پتانسیل) از ظرفیت و توانایی ریشه ها برای استخراج آب از خاک (تبخیر و تعرق حقیقی) تجاوز نموده و فراتر رود.

در اغلب آزمایش ها برای گزینش مزرعه ای گیاهان زراعی فقط عملکرد دانه مدنظر قرار می گیرد در صورتی که برخی پژوهشگران معتقدند برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام سازگار و برتر در مناطق خشک و نیمه - خشک باید شاخص هایی را که در شناسایی پایداری ارقام در شرایط تنش خشکی موثرند شناخت و آن ها را علاوه بر عملکرد دانه به عنوان معیارهای انتخاب مورد استفاده قرار داد. از این رو وضعیت عملکرد نسبی ژنوتیپ ها در شرایط تنش خشکی و شرایط آبی به عنوان یک نقطه شروع برای شناسایی و گزینش ژنوتیپ ها برای اصلاح در محیط های خشک است (14، 15 و 19).

بر اساس واکنش ژنوتیپ ها به شرایط محیطی با تنش یا بدون تنش می توان آن ها را در چهار گروه دسته بندی کرد.

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

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 جغرافیایی 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 8-15 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.

نورمند موید (20) و عزیزینیا و همکاران (7) گزارش کردند که شاخص 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. هدایی 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

جدول 1- نام و شجره ژنوتیپ های مورد استفاده

Ent.No.	Variety / Line
1	Sabalan//Cno79/Prl"S"/3/Pf82200/4/Ebvd99-1 IRW2000-01 - 175-OMAR-OMAR-OMAR-6MAR-OMAR
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

سانتی متر بود. به منظور سبز یکنواخت و همزمان آزمایشات دیم و آبی از یکبار آبیاری (به میزان حدود 60 میلی متر) 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 ساقه دهی و مرحله گلدهی استفاده گردید. همچنین برای مبارزه با علف های هرز در طول دوره ی رویش از علف کش 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 ژنوتیپ ها از نظر تحمل به

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 احتساب 380 و 420 دانه در متر مربع (شرایط دیم و آبیاری تکمیلی) بر اساس وزن هزار دانه ژنوتیپ های مورد مطالعه محاسبه و با استفاده از بذرکار آزمایشی ویتراشتایگر کشت گردید. طول، تعداد خطوط و فواصل بین خطوط هر کرت به ترتیب 6 متر، 6 خط و 17/5

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.

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

$$1- \text{شاخص تحمل (TOL)}: TOL = Y_p - Y_s$$

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

$$3- \text{شاخص میانگین هندسی تولید (GMP)}:$$

$$GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)}$$

$$4- \text{شاخص تحمل تنش (STI)}: STI = \frac{(Y_s)(Y_p)}{(Y P)^2}$$

$$5- \text{شاخص حساسیت به تنش (SSI)}:$$

$$SSI = \frac{1 - \frac{Y_s}{Y_p}}{SI} \Rightarrow SI = 1 - \frac{Y_s}{Y_p}$$

$$6- \text{شاخص میانگین هارمونیک (HM)}:$$

$$HM = \frac{2(Y_p Y_s)}{Y_p + Y_s}$$

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.

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 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

و 17 در گروه A، ژنوتیپ های شماره 5، 10 و 15 در گروه B، ژنوتیپ های شماره 4، 11، 20، 22 و 23 در گروه C و ژنوتیپ های شماره 1، 2، 7، 9، 18 و 19 در گروه D قرار گرفتند (شکل 1).

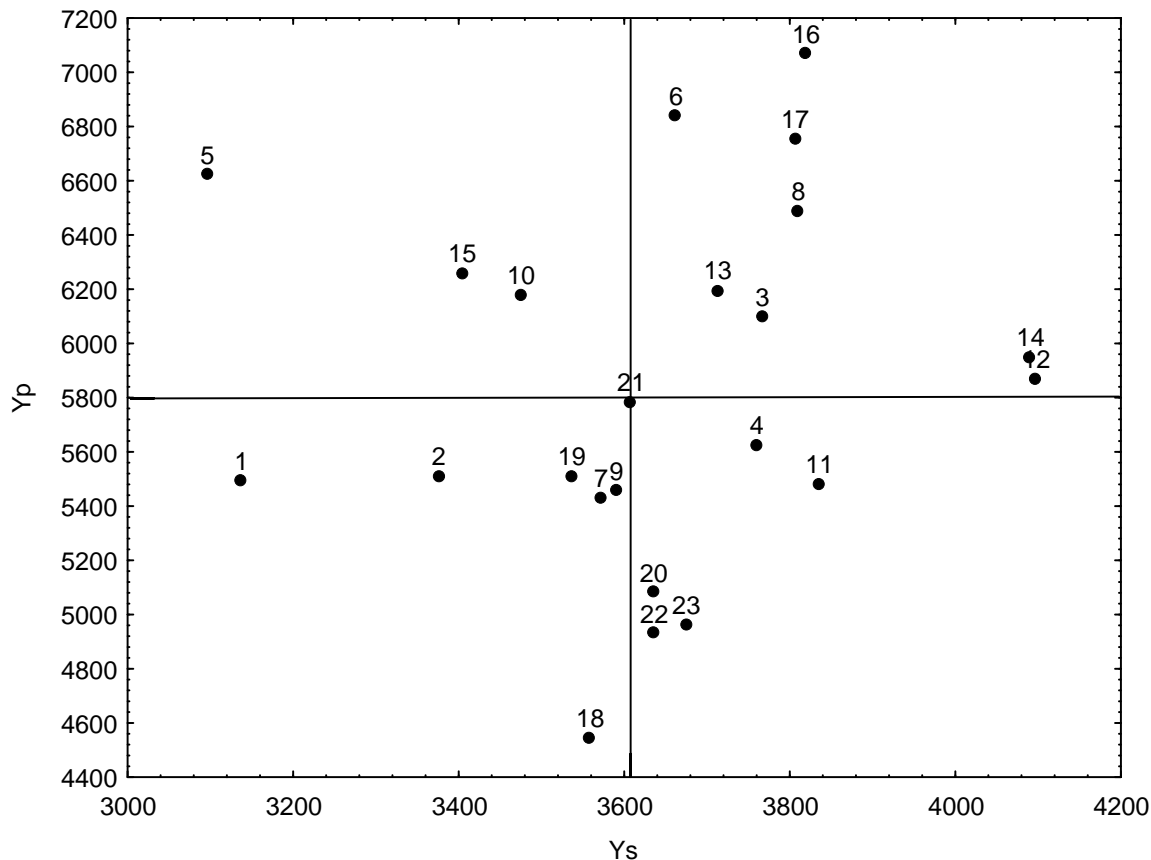
#### شاخص TOL:

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

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

با توجه به این که بیشترین و کمترین میانگین عملکرد در شرایط دیم و آبی متعلق به ژنوتیپ ثابتی نبود لذا محاسبه شاخص های تحمل و حساسیت به تنش در ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ های برتر ضروری است. در جدول 3، علاوه بر میانگین عملکرد دانه در شرایط دیم و آبی، شش شاخص برای برآورد تحمل به خشکی ژنوتیپ ها آورده شده است.

بر اساس گروه بندی ژنوتیپ ها بر اساس روش فرناندز (12) ژنوتیپ های شماره 2، 3، 6، 8، 13، 14، 16



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

#### شاخص MP، HM، GMP و STI:

بر اساس شاخص‌های MP، 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  $Y_p$  و  $Y_s$  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  $Y_p$  و  $Y_s$  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 ژنوتیپ های گندم بر اساس شاخص های تحمل به خشکی

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

شاخص حساسیت به تنش پایین تری نسبت به میانگین کل برخوردار بودند که به عنوان متحمل ترین ژنوتیپ ها محسوب می شوند. همچنین به ترتیب ژنوتیپ های شماره 5، 6 و 16 با بیشترین میزان SSI از حساس ترین ژنوتیپ ها به تنش خشکی بر اساس شاخص SSI شناخته شد.

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

همچنین شاخص STI یک شاخص موازنه شده است. در این شاخص هر عملکرد با متوسط عملکرد همه ژنوتیپ ها تصحیح می گردد، نهایتاً چنین نتیجه گیری می شود که جهت ارزیابی تحمل به تنش خشکی، شاخص STI برای گزینش ژنوتیپ های دارای عملکرد بیشتر در هر دو شرایط بدون تنش و تنش کارایی زیادی دارد (4). معیار مناسب برای شناسایی ژنوتیپ های 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 به ترتیب ژنوتیپ های شماره 18، 23 و 22 از



عملکرد آبی و دیم مشکل و احياناً 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 شاخص‌های GMP، STI و HM همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد، با شاخص MP همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح نیم درصد و با شاخص SSI همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح نیم درصد نشان دادند. همچنین عملکرد دانه در شرایط دیم ( $Y_s$ ) با شاخص TOL معنی‌دار نبود.

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 این که 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 این که شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با در نظر گرفتن انفرادی شاخص‌های کمی و یا

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

	GMP	MP	TOL	SSI	STI	HM
$Y_p$	0/87**	0/94**	0/93**	0/85**	0/88**	0/75**
$Y_s$	0/58**	0/43*	-0/26 <sup>ns</sup>	-0/42*	0/59**	0/74**

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

ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی شناخته شد. اهمیت انتخاب 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.

بالاترین ضریب همبستگی عملکرد دانه در شرایط آبی ( $Y_p$ ) به ترتیب با شاخص‌های MP، TOL و STI به دست 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

تغییرات داده‌ها را توجیه کرد و همبستگی منفی و بالا با عملکرد در شرایط دیم ( $Y_s$ ) و همبستگی مثبت و بالا با TOL، SSI 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. عبدمیثانی 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.

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

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

مولفه	مقادیر ویژه	سهام تجمعی	GMP	MP	TOL	SSI	STI	HM	$Y_p$	$Y_s$
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

### 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 وهرام رشیدی و دکتر مظفر روستایی در کمک به اجرای آزمایش تشکر می‌گردد.

### نتیجه گیری

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.

فهرست منابع:

1. افلاطونی، م و م. دانشور. 1372. ارزیابی اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه چهار رقم سورگوم دانه‌ای در اصفهان. مجله علوم کشاورزی ایران. 24: 29-45.
2. احمدزاده، س و ح. جعفری شبستری. 1367. ارزیابی ارقام گندم برای مقاومت به خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. 19: 37-42.
3. احمدی، ج، ح. زینالی خانگه، ا. رستمی و ر، چوگان. 1379. بررسی مقاومت به خشکی در اواخر بلوغ دانه هیبریدهای ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران. 31: 891-907.
4. پرویزی آلمانی، م، س. عبدمیشانی و ب. یزدی صمدی. 1376. بررسی ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقد از نظر تحمل به خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. 28: 15-24.
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: 222-229.
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: 561-576.
8. عبدمیشانی، س و ح. جعفری شبستری. 1367. ارزیابی ارقام گندم برای مقاومت به خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. 19: 37-42.
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: 281-293.
10. فرشادفر، ع و ر. محمدی. 1385. ارزیابی تحمل خشکی ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از شاخص‌های زراعی و فیزیولوژیکی. مجله علمی کشاورزی. 26: 87-97.
11. گلپور، 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: 144-155.
12. مقدم، ع و م. ح. هادی‌زاده. 1379. استفاده از تراکم بوته در انتخاب ارقام متحمل به خشکی در ذرت. مجله علوم زراعی ایران. 2: 25-38.
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: 390-402.
14. نورمند موید، ف. م، م. رستمی و ر. قنادها. 1380. ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم نان. مجله علوم کشاورزی ایران. 32: 795-805.
15. Araus, J.L., G.A. Slafer, M.P. Reynolds and C. Royo. 2002. Plant breeding and drought in C<sub>3</sub> cereals: What should we breed for? *Ann. Bot.* 89: 925-940.

- 16 Cramer, G. R., E. Epstein 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.

Archive of SID