دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی تحمل به خشکی در برخی از ژنوتیپ‌های گندم با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی

مرتضی کامرانی[۱]، عباس فرضی[۲] و منوچهر شیری[۳]

۱- استادیار، دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسوول: kamrani@uma.ac.ir)
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل
۳- استادیار، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۲۳

چکیده

به‌منظور تعیین مناسب‌ترین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل، تعداد ۳۰ ژنوتیپ گندم در دو شرایط دیم و آبی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا گردید. شاخص‌های تحمل به تنش خشکی شامل شاخص حساسیت به تنش خشکی (SSI)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (Harm) و شاخص تحمل به تنش خشکی (STI) بودند نیز درصد تغییرات صفات نیز محاسبه گردید. آسیب ناشی از تنش خشکی برای صفات وزن بوته، طول پدانکل، وزن پدانکل، وزن دانه در سنبله، عملکرد دانه و وزن هزار دانه معنی‌دار بود. بر اساس نتایج همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و عملکرد دانه در محیط تنش و نرمال، شاخص‌های MP، GMP، Harm و STI همبستگی بالایی با عملکرد در هر دو محیط داشتند و به‌عنوان شاخص‌هایی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد بالا در هر دو محیط (ژنوتیپ‌های گروه A) شناسایی شدند، در ضمن بر اساس این شاخص‌ها ژنوتیپ‌های ۳، ۵، ۹ و ۱۳ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۱۶ و ۲۸ به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس معرفی شدند. شاخص‌های SSI و TOL ژنوتیپ‌های ۸، ۹، ۱۲، ۱۸، ۱۹ و ۳۰ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و ژنوتیپ‌های ۱، ۱۰، ۱۵ و ۲۵ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس نسبت به تنش خشکی تفکیک نمودند. تجزیه خوشه‌ای با روش وارد ژنوتیپ‌ها را به ۵ گروه تقسیم و ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس را از هم جدا کرد. بر اساس نتایج حاصل از این بررسی، ژنوتیپ‌های ۳، ۵ و ۹ مناسب برای هر دو محیط شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: گندم، تنش خشکی، عملکرد دانه، شاخص تحمل به تنش خشکی

مقدمه

در میان عوامل محدودکننده طبیعی، کمبود آب مهم‌ترین عاملی است که به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان باعث محدودیت کاشت و کاهش محصولات غذایی می‌شود. محدودیت منابع آبی، توزیع نامناسب بارش سالیانه در طول فصول و عدم مدیریت صحیح منابع موجود باعث اُفت شدید عملکرد در مناطق مذکور می‌گردد (۵). با توجه به اینکه دو سوم از وسعت کشور ما را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهد که متوسط بارندگی در آنها کمتر از ۱۵۰ میلیمتر در سال است و این میزان نیز به صورت نامنظم و غیرقابل پیش‌بینی توزیع می‌شود، بنابراین یکی از مسایل مهمی که بایستی مورد توجه قرار گیرد تنش خشکی در طول فصل رشد گیاه است. بنابراین تهیه ارقام مقاوم به خشکی و مناسب دیم‌کاری در ایران اهمیت بسزایی دارد (۱۲). کوئیزنبری (۱۶) مقاومت به خشکی را توانایی یک ژنوتیپ در تولید عملکرد بیشتر نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها در شرایط رطوبتی یکسان تعریف کرد که این تعریف بیشتر مورد توجه به‌نژادگران است. سریواستاوا (۲۲) نیز معرفی ارقامی که به طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط یکسان افت عملکرد کمتری داشته باشند را هدف از تهیه ارقام متحمل به خشکی ذکر نمودند. برای تهیه ارقام مقاوم به خشکی، ابتدا ارقام بر اساس عملکرد دانه در شرایط تنش آبی به گونه‌ایی شدید و سریع غربال شده و سپس نمونه‌های باقی‌مانده بر اساس صفات مورفوفیزیولوژیک مهم و مرتبط با عملکرد و موثر در تحمل به خشکی انتخاب می‌گردند (۷).

فرناندز (۶) براساس واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی با تنش یا نرمال ژنوتیپ‌ها را به چهارگروه دسته‌بندی کرد:

گروه A: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در دو محیط تنش و نرمال دارند.

گروه B: ژنوتیپ‌هایی که فقط در محیط عاری از تنش عملکرد خوبی دارند.

گروه C: ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش عملکرد خوبی دارند.

گروه D: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد پایین در هر دو محیط دارند.

شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف و تعیین مقاومت و حساسیت آنها ارائه شده است. طبق نظر فرناندز (۶) مناسب‌ترین معیار جهت انتخاب در محیط‌های تنش معیاری است که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه‌ها باشد و شاخص‌هایی که در دو محیط تنش و نرمال دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند. یکی از شاخص‌های انتخاب، شاخص حساسیت به تنش (SSI)[1] می‌باشد که توسط فیشر و مورر (۷) آن را پیشنهاد شد. مقادیر پایین از SSI نشان‌دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و در نتیجه پایداری بیشتر آن ژنوتیپ است. یکی از مهم‌ترین معایب شاخص SSI این است که این شاخص نسبت عملکرد در شرایط تنش به شرایط نرمال را برای هر

1- Stress susceptibility index

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.9]

ژنوتیپ در مقایسه با این نسبت برای کل ژنوتیپ‌های موجود در آزمایش اندازه‌گیری می‌کند. لذا دو ژنوتیپ با عملکرد بالا و پایین می‌توانند مقدار SSI یکسانی داشته باشند، چون اختلاف عملکرد بین شرایط تنش و نرمال برای هر دو ژنوتیپ می‌تواند یکسان باشد .بنابراین این شاخص قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از گروه C نمی‌باشد. روزیل و هامبلین (۱۸) شاخص‌های تحمل (TOL)[1]و میانگین بهره‌وری (MP)[2] را معرفی کردند. مقدار بالای TOL نشانه حساسیت ژنوتیپ به تنش بوده و لذا مبنای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم بر اساس مقادیر کم آن می‌باشد. قابل ذکر است که این شاخص نیز همانند شاخص SSI قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه C از Aنمی‌باشد. در حالی که شاخص MP تمایل به گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالقوه بالاتر و تحمل به تنش پایین‌تر را داشته و قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A از B نمی‌باشد (۱۳). فرناندز (۶) شاخصی تحت عنوان میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)[3] معرفی کرد و به این مطلب اشاره نمود که هنگامی‌که اختلاف نسبی عملکرد دانه در شرایط نرمال (Yp) و تنش (Ys) زیاد باشد شاخص MP دارای اریبی به سمت Yp خواهد بود در حالی که شاخص GMP چنین اریبی را نخواهد داشت و به همین دلیل قادر به تفکیک بهتری از ژنوتیپ‌های گروه A می‌باشد و با توجه به این مسئله شاخص دیگری تحت عنوان شاخص تحمل به تنش (STI)[4] بر اساس GMP تعریف شد. شاخص STI قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت هر دو شرایط تنش و نرمال می‌باشد و مقادیر بالای آن نشانگر تحمل بیشتر گیاه به خشکی است. شاخص دیگری نیز تحت عنوان میانگین هارمونیک (Harm)[5] توسط فرناندز (۶) مورد استفاده قرار گرفته است. شفازاده و همکاران (۲۰) در بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم با استفاده از شاخص‌های ۵گانه تحمل به خشکی نتیجه گرفتند که شاخص‌های تحمل به تنش (TOL)، میانگین بهره‌وری (MP) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) در هر ۲ شرایط محیطی دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه هستند و این شاخص ها قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و پر محصول در هر دو شرایط محیطی می‌باشند.

فرناندز (۶) تعداد ۲۱ رقم ماش را در ۲ شرایط تنش متوسط و شدید خشکی به‌منظور شناسایی ارقام مقاوم که پتانسیل محصول‌دهی بالایی نیز داشته باشند، مطالعه کرد. نتایج حاکی از آن بود که سه شاخص TOL، MP و SSI در شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالقوه و متحمل به تنش بالا ناموفق بودند و شاخص STI را که در واقع بر اساس GMP ابداع نموده بود، به‌عنوان بهترین شاخص مناسب در شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالقوه و متحمل به تنش بالا معرفی کرد. سی و سه مرده و همکاران (۲۱) با ارزیابی ۱۱ ژنوتیپ گندم نان گزارش کردند که در شرایط تنش ملایم خشکی شاخص‌های STI، MP و GMP برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش و نرمال مناسب هستند. گل آبادی و همکاران (۸) با ارزیابی ۱۵۱ خانواده F3 و F4 گندم دوروم در شرایط تنش خشکی و نرمال بعد از گل‌دهی گزارش کردند که شاخص‌های STI،MP و GMP با عملکرد در شرایط تنش و نرمال دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و شاخص‌های SSI و TOL با عملکرد در شرایط تنش دارای همبستگی منفی و معنی‌دار هستند، بنابراین می‌توان برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی برای مقادیر بالای شاخص‌های STI، MP و GMP و مقادیر پایین شاخص‌های SSI و TOL گزینش کرد.

هدف از این تحقیق شناسایی ژنوتیپ‌های گندم متحمل به خشکی و همچنین شناسایی شاخص‌های تحمل به تنش که قادر به تمایز ژنوتیپ‌های برتر باشند، بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی شاخص‌های تحمل به تنش و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط تنش خشکی در گندم، تعداد ۳۰ ژنوتیپ گندم نان تهیه شده از سیمیت (جدول۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو شرایط آبی و دیم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل واقع در کیلومتر ۱۲ جاده اردبیل- خلخال با عرض جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه و طول جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه در سال زراعی ۹۰-۸۹ اجرا گردید. هر واحد آزمایشی شامل ۴ ردیف به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و طول ۴ متر با تراکم کاشت ۴۰۰ بذر در متر مربع بود. در زمان کاشت بذور با سم کربوکسی‌تیرام (۲ در هزار) ضدعفونی شدند. بعد از انجام عملیات متداول تهیه زمین (شامل شخم، پخش کود، دیسک، لولرکشی و فاروکشی) کشت بصورت دستی در آبان ماه سال ۸۹ انجام و مزرعه بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری گردید. براساس آزمون خاک میزان کود مورد نیاز برای رشد و نمو گیاه ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفات و ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره تعیین شد. کود فسفاته از نوع سوپرفسفات ساده قبل از کاشت به زمین داده شد و کود ازته از نوع اوره در ۳ نوبت به زمین داده شد، که یک سوم آن همزمان با کاشت و یک سوم در زمان ساقه رفتن و یک سوم هم در زمان خوشه‌دهی به‌عنوان کود سرک استفاده شد. به منظور مبارزه با علف‌های هرز در مرحله پنجه‌زنی گندم زمانی که علف‌های هرز ۵ـ۴ برگه بودند از علف کش توفوردی برای از بین بردن پهن برگ‌ها و از علف‌کش تاپیک برای از بین بردن باریک برگ‌ها استفاده شد. در آزمایش نرمال در مرحله داشت به‌طور مرتب ۵ بار آبیاری انجام شد در حالی‌که در آزمایش دارای تنش به‌منظور جوانه‌زنی یکنواخت فقط در زمان کاشت آبیاری انجام گردید. جهت بررسی میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها، شاخص‌های مختلف مقاومت و حساسیت به تنش از قبیل شاخص حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (TOL)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (Harm) و شاخص تحمل به تنش فرناندز (STI) برای ژنوتیپ‌ها و با استفاده از عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش به کمک روابط زیر محاسبه شدند:

1-Tolerance
2- Mean productivity
3- Geometric mean productivity
4- Stress tolerance index
5-Harmonic mean

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.9]

$$MP = \frac{Yp + Ys}{2}$$

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

$$TOL = Yp - Ys$$

$$STI = \frac{Yp \times Ys}{\bar{Y}p^2}$$

$$Harm = \frac{2(Yp \times Ys)}{Yp + Ys}$$

$$SSI = \frac{1 - \left(\frac{Ys}{Yp}\right)}{1 - \left(\frac{\bar{Y}s}{\bar{Y}p}\right)}$$

که در این فرمول‌ها Yp عملکرد دانه ژنوتیپ مورد نظر در شرایط نرمال، Ys عملکرد دانه ژنوتیپ مورد نظر در شرایط تنش، Ys میانگین عملکرد دانه همه ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال و Yp میانگین عملکرد دانه همه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش می‌باشد. برای محاسبات آماری و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS نسخه ۸/۱، Statistica نسخه ۱۰ و Statgragh نسخه ۱۶ استفاده گردید.

نتایج و بحث

برای بررسی اثر تنش خشکی بر روی صفات مختلف در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، درصد تغییرات صفات محاسبه گردید (جدول ۲). اثر تنش خشکی در تغییرات صفات وزن بوته (۲۷/۰۳ درصد)، طول پدانکل (۴۰/۱۵ درصد)، وزن پدانکل (۴۵/۴۹ درصد)، وزن دانه در سنبله (۳۰/۷۷ درصد)، عملکرد دانه (۳۵/۶۹ درصد) و وزن هزار دانه (۱۸/۲۴ درصد) معنی‌دار بود. این نتایج با مطالعات کوچکی و همکاران (۱۳) که اثر تنش خشکی آخر فصل روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم را مورد بررسی قرار دادند مطابقت دارد. درصد تغییرات میزان کلروفیل ۴/۸۹- بود و نشان می‌دهد که در شرایط تنش خشکی میزان کلروفیل برگ‌ها افزایش می‌یابد. میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و نرمال و مقادیر عددی شاخص‌های مقاومت به تنش در جدول ۳ ارائه شده است. شاخص متوسط بهره‌وری (MP) که میزان بالای عددی این شاخص نشان دهنده تحمل نسبی به تنش است، در ژنوتیپ های ۱، ۳، ۵، ۶، ۹، ۱۳، ۱۵، ۲۵، ۲۶ و ۲۷ به ترتیب برابر با ۴/۳۱، ۵/۴۷، ۴/۹۵، ۴/۳۰، ۴/۴۹، ۴/۳۱، ۴/۴۷، ۵/۰۳ و ۴/۳۱ بود لذا این ژنوپیپ‌ها به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش معرفی شدند و ژنوتیپ‌های ۷، ۸، ۱۲ و ۱۶ به ترتیب با مقادیر ۲/۵۶، ۲/۶۶، ۲/۲۹ و ۲/۵۲ ژنوتیپ‌های حساس شناخته شدند. مقایسه ژنوتیپ‌های ۹ و ۲۵ نشان داد که عملکرد ژنوتیپ ۹ در شرایط تنش بیشتر از ژنوتیپ ۲۵ است در حالی که MP آن پایین‌تر بود. همچنین مقایسه ژنوتیپ‌های ۷ و ۸ با ۱۵ نشان داد که در شرایط تنش عملکرد ژنوتیپ‌های ۷ و ۸ بیشتر از ژنوتیپ ۱۵ است درحالی‌که براساس شاخص MP ژنوتیپ‌های ۷ و ۸ حساس به تنش و ژنوتیپ ۱۵ مقاوم به تنش شناخته شد. علت را می‌توان بالا بودن عملکرد ژنوتیپ ۱۵ در شرایط نرمال دانست که باعث بالا رفتن شاخص MP شده است. بنابراین شاخص MP در گزینش ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش هستند مناسب نیست (۶). چوگان و همکاران (۴) با بررسی اثر تنش بر روی لاین‌های ذرت و برآورد شاخص‌های تحمل به خشکی نشان دادند که شاخص MP در شناسایی لاین‌های متحمل و پرمحصول در شرایط تنش مناسب نیست. شاخصی برای گزینش مناسب است که منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و نرمال شود (۱۴). بر اساس شاخص میانگین هارمونیک (Harm) ژنوتیپ‌های ۳، ۵، ۹ و ۱۳ به ترتیب با مقادیر ۵/۲۸، ۴/۸۱، ۴/۴۷ و ۴/۱۹ ژنوتیپ‌های متحمل به تنش معرفی شدند و ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۱۶ و ۲۸ به ترتیب با مقادیر ۲/۴۴، ۲/۲۴، ۲/۲۶ و ۲/۲۴ جزء ژنوتیپ‌های حساس شناخته شدند. لازم به توضیح است مقادیر بالای عددی این شاخص نشان دهنده تحمل نسبی ژنوتیپ‌ها است. بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی (GMP) که میزان بالای عددی این شاخص‌ها نشان‌دهنده تحمل نسبی به تنش است، ژنوتیپ‌های ۳، ۵، ۶، ۹، ۱۱، ۱۳، ۲۵ و ۲۷ به ترتیب با مقادیر عددی ۱/۴۱، ۱/۱۶، ۰/۸۴، ۰/۹۸، ۰/۸۶، ۰/۸۸، ۱/۰۱ و ۰/۸۶ ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بودند و ژنوتیپ‌های ۷، ۱۲، ۱۶ و ۲۸ به ترتیب با مقادیر ۰/۳۰، ۰/۲۵، ۰/۲۷ و ۰/۳۰ به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس شناخته شدند. در شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) و تحمل (TOL) مقادیر عددی پایین نشان دهنده تحمل نسبی ژنوتیپ‌ها است، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از این شاخص‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های ۸، ۹، ۱۲، ۱۸، ۱۹ و ۳۰ ژنوتیپ‌های متحمل می‌باشند و ژنوتیپ‌های ۱، ۱۰، ۱۵ و۲۵ به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس معرفی شدند. در محاسبه شاخص SSI جزء SI (سختی محیط یا شدت تنش) هر چه بزرگتر باشد شاخص SSI کوچکتر می‌شود (۱۴). در شاخص SSI علاوه بر میزان عملکرد لاین‌ها در شرایط تنش، تغییر یا آسیب وارده به ژنوتیپ‌ها در اثر تنش نیز مدنظر قرار می‌گیرد. بدین معنی که اگر ژنوتیپی در هر دو شرایط تنش و نرمال دارای عملکرد بالاتری باشد اما درصد تغییر زیادی نشان دهد به‌عنوان ژنوتیپ متحمل شناسایی نمی‌شود، به‌عنوان مثال، ژنوتیپ‌های ۱ و ۲۵ با عملکرد به ترتیب ۲/۳۹ و ۲/۹۱ تن در هکتار در شرایط تنش به علت درصد تغییر زیاد به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناسایی نشدند، در حالی که ژنوتیپ‌های ۸ و ۱۸ با عملکرد به ترتیب ۲/۵۱ و ۲/۴۲ تن در هکتار در شرایط تنش به‌عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم شناخته شدند. نکته‌ای که در مورد شاخص TOL وجود دارد این است که پایین بودن این شاخص الزاماً به معنی بالا بودن عملکرد در شرایط نرمال نیست، بلکه ممکن است عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط نرمال پایین نباشد و در شرایط تنش نیز با افت کمتری همراه باشد، که این باعث کوچک ماندن TOL می‌شود (۱۴). به‌عنوان مثال ژنوتیپ ۸ که نسبت سایر ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد پایین‌تری در شرایط نرمال بود، اما به دلیل افت اندک عملکرد در شرایط تنش بر اساس این شاخص به‌عنوان لاین متحمل شناسایی شد. همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و عملکرد دانه در شرایط

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.9]

نرمال و تنش می‌تواند به‌عنوان معیاری مناسب برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها به کار رود. شاخصی که با عملکرد در شرایط نرمال و تنش همبستگی بالا و یکسانی داشته باشد به عنوان بهترین معیار جهت گزینش محسوب می‌شود (۱۰). در جدول ۴ همبستگی میان شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در هر دو محیط ارائه شده است. همبستگی بین عملکرد در محیط نرمال (Yp) و تنش (Ys) برابر با $r=۰/۳۹^{*}$ بود که نشان می‌دهد گزینش بر اساس عملکرد در هر دو محیط می‌تواند ژنوتیپ‌های پرمحصول و با پایداری عملکرد خوب را مشخص نماید. عملکرد در شرایط نرمال با شاخص‌های میانگین بهره‌وری ($r=۰/۹۱^{**}$)، میانگین هندسی ($r=۰/۷۹^{**}$)، میانگین هارمونیک ($r=۰/۶۵^{**}$)، شاخص تحمل به تنش ($r=۰/۷۷^{**}$)، شاخص حساسیت به تنش ($r=۰/۵۵^{**}$) و شاخص تحمل ($r=۰/۸۰^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشت. عملکرد در شرایط تنش با شاخص‌های میانگین بهره‌وری ($r=۰/۷۳^{**}$)، میانگین هندسی ($r=۰/۸۷^{**}$)، میانگین هارمونیک ($r=۰/۹۴^{**}$) و شاخص تحمل به تنش ($r=۰/۸۷^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشت در حالی که با شاخص حساسیت به تنش ($r=-۰/۵۰^{**}$) و شاخص تحمل ($r=-۰/۳۹^{ns}$) همبستگی منفی و غیر معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ نشان داد. با توجه به اینکه شاخص‌های میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی، میانگین هارمونیک و شاخص تحمل به تنش فرناندز همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط آبی و تنش نشان دادند به‌عنوان شاخص‌های برتر معرفی می‌شوند. بنابراین این شاخص‌ها برای گزینش و تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی انتخاب شدند که با گزارش شفازاده و همکاران (۲۰) که شاخص‌های ذکرشده را به واسطه دارا بودن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد ژنوتیپ‌های گندم در دو شرایط نرمال و تنش خشکی پس از مرحله گلدهی، به‌عنوان معیارهای مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و متحمل به خشکی برای هر دو شرایط معرفی کردند، مطابقت دارد. چوگان و همکاران (۳) در بررسی هیبریدهای ذرت در شرایط تنش خشکی از شاخص‌های میانگین حسابی، میانگین هندسی و شاخص تحمل به تنش فرناندز به‌عنوان شاخص‌های برتر نام بردند. در گزارش گلپرور و همکاران (۹) نشان داده شد که سه شاخص تحمل به تنش، میانگین هندسی بهره‌وری و میانگین بهره‌وری همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در هر دو محیط تنش و نرمال دارند که با نتایج حاصل از این پژوهش در شرایط نرمال و تنش برای عملکرد دانه هم‌خوانی دارد. همچنین این یافته با نتایج به دست آمده از تحقیقات اهری (۱)، علیپور کریم آباد و همکاران (۲)، محمدنیا و همکاران (۱۵)، رادمهر و کجباف (۱۷) و سنجری (۱۹) مطابقت دارد. به اعتقاد فرناندز (۶) انتخاب براساس شاخص میانگین بهره‌وری موجب گزینش ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا و انتخاب بر پایه شاخص حساسیت به تنش باعث گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش ولی با پتانسیل عملکرد پایین می‌گردد. ایشان اذعان داشت که، بهترین شاخص‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌ها، شاخص‌های تحمل به تنش و میانگین هندسی بهره‌وری می‌باشند، چراکه قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی هستند که در هر دو محیط تنش و نرمال عملکرد بالایی را تولید می‌کنند. نتایج پژوهش خلیل‌زاده و کربلایی خیاوی (۱۱) در خصوص تاثیر تنش خشکی و گرما بر لاین‌های پیشرفته گندم دوروم، نشان داد که شاخص‌های تحمل به تنش و میانگین هندسی بهره وری در مقایسه با شاخص‌های حساسیت به تنش، تحمل و میانگین بهره‌وری از قدرت تمایز بالاتری برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل برخوردار می‌باشند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش خشکی همراه با عملکرد در ۲ شرایط نرمال و تنش خشکی انجام شد (جدول ۵). با توجه به اینکه دو مؤلفه اصلی اول ۹۸/۸۹ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمودند، لذا نمودار بای‌پلات بر اساس این دو مؤلفه ترسیم شد. از آنجائی که مؤلفه اول شامل تغییراتی است که توسط مؤلفه دوم تبیین نمی‌شود و بالعکس، لذا می‌توان تغییرات دو مؤلفه را به صورت عمود بر هم نمایش داد، به گونه‌ای که ژنوتیپ‌ها بر اساس این دو مؤلفه در سطح نمودار با نقاطی مشخص گردند. با توجه به اینکه مؤلفه اول ۶۷/۲۳ درصد از کل تغییرات را توجیه می‌کرد و همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد در شرایط نرمال (Yp) و تنش (Ys) و شاخص‌های MP، GMP، Harm و STI داشت لذا این مؤلفه به‌عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش خشکی معرفی شد. در تحقیق کارگر و همکاران (۱۰) از کل تغییرات داده‌ها ۹۹/۳۹ درصد داده‌ها توسط دو مؤلفه اول توجیه شد به‌طوری‌که سهم مؤلفه اول ۷۲/۱۲ درصد از کل تغییرات بود و همبستگی مثبت و بالایی با Ys، Yp، MP، GMP، Harm و STI داشت لذا آن را به‌عنوان «مؤلفه پتانسیل و پایداری عملکرد و تحمل به تنش خشکی» معرفی کردند. ژنوتیپ‌هایی که مقادیر مثبت و بالای این مؤلفه را دارند دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و نرمال و همچنین دارای مقادیر بالای از شاخص‌های MP، GMP، Harm و STI هستند. بنابراین ژنوتیپ‌های متحمل با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و نرمال در سمت راست بای‌پلات قرار می‌گیرند. دومین مؤلفه ۳۱/۶۶ درصد از کل تغییرات را توجیه نمود و همبستگی منفی و بالایی با Ys و همبستگی مثبت و بالایی با TOL، SSI و تا حدودی با Yp داشت. این مؤلفه می‌تواند ژنوتیپ‌های با پایداری عملکرد پایین و پتانسیل عملکرد متوسط (ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط بدون تنش نرمال اما تحت تاثیر تنش) را انتخاب کند و از آنجا که مقادیر کم TOL و SSI برای ما مطلوب است پس در بای پلات نواحی با میزان پایین این مؤلفه می‌تواند منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های با Ys بالا و TOL و SSI پایین شود. کارگر و همکاران (۱۰) دومین مؤلفه را با توجه به اینکه۲۶/۲۷ درصد از کل تغییرات را توجیه نمود و همبستگی منفی و بالایی با Ys و همبستگی مثبت و بالایی با TOL، SSI و Yp داشت را «مؤلفه حساسیت به تنش خشکی و پایداری عملکرد» نامیدند. بر اساس دو مؤلفه اصلی فوق نمودار بای پلات ترسیم گردید. بردارهای TOL و SSI در بای‌پلات

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.9]

دارای بیشترین فاصله از بردارهای Ys و Yp بودند که نشان دهنده همبستگی کمتر بین این شاخص‌ها با عملکرد در شرایط تنش و نرمال بود. بردارهای MP، GMP، Harm و STI در حد فاصل دو بردار Yp و Ys و در کمترین فاصله از آنها قرار گرفتند که تاییدی بر همبستگی بالای آنها با عملکرد در شرایط تنش و نرمال است. با توجه به شکل ۱ ژنوتیپ‌های ۳، ۵، ۹، ۱۱، ۱۳ و ۲۷ در ناحیه پتانسیل عملکرد بالا و تحمل به تنش خشکی (ناحیه سمت راست پایین) قرار گرفته‌اند و به عنوان ژنوتیپ‌های گروه A در طبقه‌بندی فرناندز معرفی شدند. ژنوتیپ‌های ۷، ۱۶ و ۲۸ در ناحیه حساسیت به تنش خشکی و عملکرد پایین (ناحیه سمت چپ بالا) قرار گرفته و به‌عنوان ژنوتیپ‌های گروه D شناخته شدند. با توجه به نتایج تجزیه کلاستر (شکل ۲) ژنوتیپ‌ها که بر اساس عملکرد دانه در شرایط تنش و نرمال و با توجه شاخص‌های تحمل به تنش خشکی رسم شد، ژنوتیپ‌ها به ۵ گروه تقسیم شدند. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های ۱، ۱۵ و ۲۵ بود. همه این ژنوتیپ‌ها متعلق به منطقه B در گروه‌بندی فرناندز بودند که در شرایط نرمال عملکرد بالا و در شرایط تنش عملکرد پایینی را داشتند. گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های ۳، ۵ و ۹ بود. این ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد بالا در شرایط تنش و نرمال بودند و به منطقه A در گروه‌بندی فرناندز تعلق داشتند. در گروه سوم ژنوتیپ‌های ۶، ۱۱، ۱۳، ۲۰،۲۱، ۲۲، ۲۶ و ۲۷ قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها در مرز منطقه A و B قرار دارند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های با پتانسل عملکرد متوسط و نیمه متحمل به خشکی محسوب می‌شوند. گروه چهارم مشتمل بر دو زیر گروه بود. زیر گروه اول شامل ژنوتیپ‌های ۲، ۷، ۱۲، ۱۶، ۱۷، ۲۳ و ۲۸ و زیرگره دوم شامل ژنوتیپ‌های ۴، ۱۰، ۲۴ و ۲۹ می‌باشد. ژنوتیپ‌های این گروه متعلق به منطقه D گروه‌بندی فرناندز قرار داشتند. میانگین عملکرد زیرگروه دوم در شرایط نرمال بهتر از زیر گروه اول بود. در گروه پنجم ژنوتیپ‌های ۸، ۱۴، ۱۸، ۱۹ و ۳۰ قرار گرفتند که، این ژنوتیپ‌ها در بای‌پلات در منطقه C گروه‌بندی فرناندز واقع شده‌اند.

از بین شاخص‌های حساسیت به تنش خشکی مناسب‌ترین شاخص‌ها، شاخص‌هایی هستند که در هر دو شرایط نرمال و تنش دارای همبستگی معنی‌دار و هم جهت با عملکرد دانه داشته باشند. نتایج این تحقیق نشان داد که برای غربال کردن و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی، شاخص‌های MP، GMP، Harm و STI مناسب‌ترین شاخص می‌باشند. در ضمن بر اساس نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و کلاستر، ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۵ و ۹ به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی و مناسب برای مناطق دیم معرفی شدند.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه در این تحقیق

Table 1. Wheat genotypes used in the experiment

شماره ژنوتیپ	شجره
1.	Zarrin/SW89.306/Borl95
2.	Alamoot/3/Azd/Tob//Chb
3.	Alamoot/4/Spb"s"//K1349/Go/3/Vee"s"
4.	Zarrin/3/Azd/Tob//Chb
5.	Alvand/3/Azd/Tob//Chb
6.	Gaspard//F-Gy54/1-70-8
7.	Gaspard/3/ Flt//Ombu1/Alamo
8.	Gaspard/5/Fln/Acc//Ana/3/Pew"s"/4/F12.71/Coc//Cno79
9.	Gaspard/3/Ald"s"/Snb"s"//Zarrin
10.	Owl, 85224*-3H-*o-*HOH/4/ Spb"s"//K1349/Go/3/Vee"s"
11.	Charger/Alamoot
12.	Charger/Zarrin
13.	Charger/Owl, 85224*-3H-*o-*HOH
14.	Rialto/Alvand
15.	Hys//Drc*2/7c/3/2*Rsh/4/1-12577/5/Opata*2/Wulp
16.	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Ald"s"/Snb"s"/5/Opata*2/Wulp
17.	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Ald"s"/Snb"s"/5/Catbird
18.	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Ald"s"/Snb"s"/5/Yaco/2*Parus
19.	F-Gy54//Kea"s"/Ghk"s"/3/Gascogne
20.	F-Gy54/1-70-8/3/Yaco/2*Parus
21.	F-Gy54/1-70-8/3/Rsk/CA8055//Cham6
22.	Flt//Ombu1/Alamo/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/Y50E/3*Kal//Emu
23.	Fln/Acc//Ana/3/Pew"s"/4/F12.71/Coc//Cno79/5/Rsk/CA8055//Cham6
24.	Fln/Acc//Ana/3/Pew"s"/4/F12.71/Coc//Cno79/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/Y50E/3*Kal//Emu
25.	Fln/Acc//Ana/3/Pew"s"/4/F12.71/Coc//Cno79/5/Gascogne
26.	Viking/Inia/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/Y50E/3*Kal//Emu
27.	Ald"s"/Snb"s"//Zarrin/3/Yaco/2*Parus
28.	Ald"s"/Snb"s"//Zarrin/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/Y50E/3*Kal//Emu
29.	Batera//Buc/To 173/3/Opata*2/Wulp
30.	Batera//Buc/To 173/3/Catbird

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.9]

جدول ۲- درصد تغییرات ناشی از اثر تنش خشکی بر میانگین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های گندم

Table 2. Effect of drought stress on different traits of wheat genotypes

صفات مورد بررسی	میانگین صفات		درصد تغییرات	$LSD_{0.05}$
	محیط نرمال	محیط با تنش		
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۵۳/۲۳	۴۰/۸۸	۲۳/۲۰	۱۶/۷۲
وزن بوته (گرم)	۴/۵۴	۳/۳۲	۲۷/۰۳	۱/۱۳
طول پدانکل	۲۲/۷۴	۱۳/۶۱	۴۰/۱۵	۳/۰۷
وزن پدانکل (گرم)	۰/۲۸	۰/۱۵	۴۵/۴۹	۰/۰۱
تعداد دانه در سنبله	۵۱/۴۷	۴۲/۸۷	۱۶/۷۰	۲۰/۴۰
وزن دانه در سنبله (گرم)	۲/۳۲	۱/۶۰	۳۰/۷۷	۰/۶۸
عملکرد (تن در هکتار)	۴/۴۶	۲/۸۶	۳۵/۶۹	۱/۴۶
وزن هزار دانه (گرم)	۴۵/۴۵	۳۷/۱۶	۱۸/۲۴	۱/۹۳
شاخص برداشت	۵۳/۳۱	۴۸/۲۹	۹/۴۱	۱۹/۵۴
میزان کلروفیل کل	۵۷/۵۸	۶۰/۴۰	-۴/۸۹	۲۷/۹۹

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در شرایط آبی و دیم برای ژنوتیپ‌های بررسی شده

Table 3. Mean grain yield and drought tolerance indices of studied wheat genotypes under irrigated and rainfed conditions

ژنوتیپ	Yp^*	Ys	STI	GMP	MP	TOL	Harm	SSI
۱	۶/۲۴	۲/۳۹	۰/۷۳	۳/۸۶	۴/۳۱	۳/۸۵	۳/۴۶	۱/۵۹
۲	۳/۶۸	۲/۳۸	۰/۴۳	۲/۹۶	۳/۰۳	۱/۳	۲/۸۹	۰/۹۰
۳	۶/۴۹	۴/۴۶	۱/۴۱	۵/۳۸	۵/۴۷	۲/۰۳	۵/۲۹	۰/۸۰
۴	۴/۲۷	۲/۲۹	۰/۴۸	۳/۱۳	۳/۲۸	۱/۹۸	۲/۹۸	۱/۱۹
۵	۵/۷۷	۴/۱۳	۱/۱۶	۴/۸۸	۴/۹۵	۱/۶۴	۴/۸۱	۰/۷۳
۶	۵/۴۱	۳/۲۰	۰/۸۵	۴/۱۶	۴/۳۰	۲/۲۱	۴/۰۲	۱/۰۵
۷	۳/۱۲	۲/۰۱	۰/۳۰	۲/۵۰	۲/۵۶	۱/۱۱	۲/۴۴	۰/۹۱
۸	۲/۸۱	۲/۵۱	۰/۳۴	۲/۶۵	۲/۶۶	۰/۳۰	۲/۶۵	۰/۲۷
۹	۴/۸۳	۴/۱۶	۰/۹۸	۴/۴۸	۴/۴۹	۰/۶۷	۴/۴۷	۰/۳۶
۱۰	۵/۰۴	۲/۱۱	۰/۵۲	۳/۲۶	۳/۴۷	۲/۹۳	۲/۹۷	۱/۵۰
۱۱	۵/۱۱	۳/۴۸	۰/۸۸	۲/۴۲	۴/۲۹	۱/۶۳	۴/۱۴	۰/۸۲
۱۲	۲/۶۱	۱/۹۷	۰/۲۵	۲/۲۷	۲/۲۹	۰/۶۴	۲/۲۴	۰/۶۳
۱۳	۵/۰۴	۳/۵۹	۰/۸۸	۴/۲۵	۴/۳۱	۱/۴۵	۴/۱۹	۰/۷۴
۱۴	۳/۸۷	۲/۹۵	۰/۵۶	۳/۳۷	۳/۴۱	۰/۹۲	۳/۳۵	۰/۶۱
۱۵	۷/۳۳	۱/۶۱	۰/۵۸	۳/۴۳	۴/۴۷	۵/۷۲	۲/۶۴	۲/۰۰
۱۶	۳/۳۳	۱/۷۲	۰/۲۳	۲/۳۹	۲/۵۲	۱/۶۱	۲/۲۶	۱/۲۴
۱۷	۳/۶۳	۲/۱۲	۰/۳۷	۲/۷۷	۲/۸۷	۱/۵۱	۲/۶۷	۱/۰۷
۱۸	۳/۰۰	۲/۴۲	۰/۳۵	۲/۶۹	۲/۷۱	۰/۵۸	۲/۶۷	۰/۵۰
۱۹	۳/۵۹	۳/۳۹	۰/۵۹	۳/۴۹	۳/۴۹	۰/۲۰	۳/۴۹	۰/۱۴
۲۰	۴/۵۸	۳/۰۵	۰/۶۸	۳/۷۴	۳/۸۱	۱/۵۳	۳/۶۶	۰/۸۶
۲۱	۴/۸۹	۳/۱۶	۰/۷۵	۳/۹۳	۴/۰۲	۱/۷۳	۳/۸۳	۰/۹۱
۲۲	۴/۶۳	۳/۴۵	۰/۷۷	۳/۹۹	۴/۰۳	۱/۱۷	۳/۹۵	۰/۶۵
۲۳	۳/۴۷	۲/۳۰	۰/۳۹	۲/۸۲	۲/۸۸	۱/۱۷	۲/۷۷	۰/۸۶
۲۴	۴/۰۴	۲/۳۰	۰/۴۵	۳/۰۵	۳/۱۷	۱/۷۵	۲/۹۳	۱/۱۱
۲۵	۷/۱۶	۲/۹۱	۱/۰۲	۴/۵۶	۵/۰۳	۴/۲۵	۴/۱۴	۱/۵۲
۲۶	۵/۲۷	۳/۱۷	۰/۸۱	۴/۰۹	۴/۲۲	۲/۱۰	۳/۹۶	۱/۰۲
۲۷	۵/۲۹	۳/۳۳	۰/۸۶	۴/۲۰	۴/۳۱	۱/۹۶	۴/۰۹	۰/۹۵
۲۸	۳/۹۲	۱/۵۷	۰/۳۰	۲/۴۸	۲/۷۴	۲/۳۵	۲/۲۴	۱/۵۴
۲۹	۴/۳۸	۲/۴۲	۰/۵۲	۳/۲۵	۴/۴۰	۱/۹۶	۳/۱۱	۱/۱۵
۳۰	۳/۰۳	۲/۵۲	۰/۳۷	۲/۷۶	۲/۷۷	۰/۵۱	۲/۷۵	۰/۴۳

*: شاخص‌ها عبارت اند از: Yp عملکرد دانه تحت شرایط نرمال، Ys عملکرد دانه تحت شرایط تنش، STI شاخص تحمل به تنش، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، MP میانگین بهره‌وری، TOL شاخص تحمل، Harm میانگین هارمونیک و SSI شاخص حساسیت به تنش.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در شرایط دیم و آبی

Table 4. Correlation coefficient between grain yields under irrigated (Yp) and rainfed (Ys) conditions and drought tolerance indices

شاخص‌ها[a]	Yp	Ys	STI	GMP	MP	TOL	Harm	SSI
Yp	۱							
Ys	۰/۳۸*	۱						
STI	۰/۷۷**	۰/۸۷**	۱					
GMP	۰/۷۹**	۰/۸۶**	۰/۹۹**	۱				
MP	۰/۹۱**	۰/۷۳**	۰/۹۵**	۰/۹۷**	۱			
TOL	۰/۸۰**	-۰/۲۳ ns	۰/۲۵ ns	۰/۲۷ ns	۰/۴۹**	۱		
Harm	۰/۶۵**	۰/۹۴**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۰**	۰/۰۸ ns	۱	
SSI	۰/۵۵**	۰/۵۰**	-۰/۰۳ ns	-۰/۰۲ ns	۰/۱۸ ns	۰/۹۱**	-۰/۱۹ ns	۱

ns، * و **: به ترتیب اختلاف غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

a : شاخص‌ها عبارت اند از: Yp عملکرد دانه تحت شرایط نرمال، Ys عملکرد دانه تحت شرایط تنش، STI شاخص تحمل به تنش، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، MP میانگین بهره‌وری، TOL شاخص تحمل، Harm میانگین هارمونیک و SSI شاخص حساسیت به تنش.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

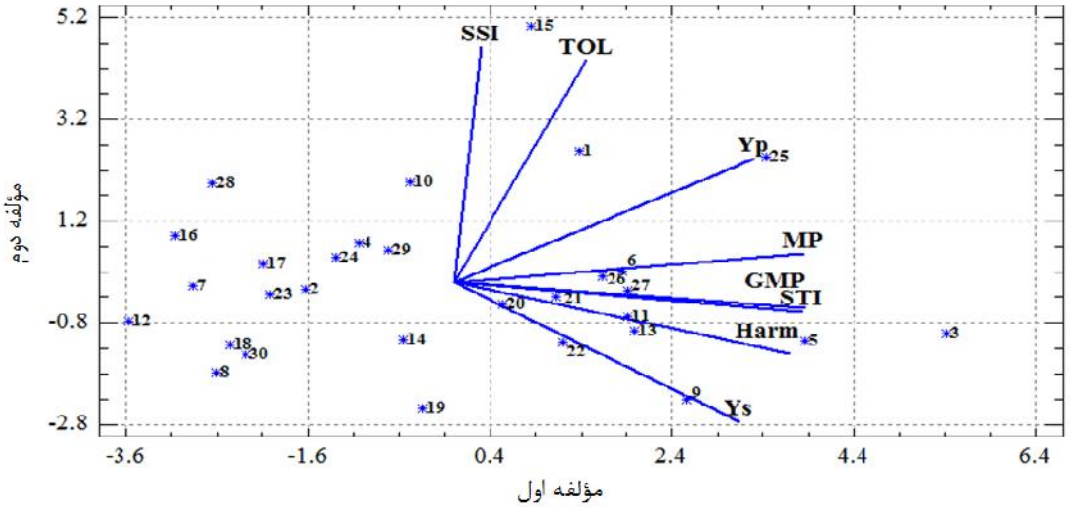
[DOI: 10.29252/jcb.9.23.9]

جدول ۵- مقادیر ویژه، درصد واریانس، درصد واریانس تجمعی و بردارهای ویژه برای شاخص‌های تحمل به خشکی

Table 5. Eigen values, percent of variation, cumulative percentage and eigen vectors for drought tolerance indices

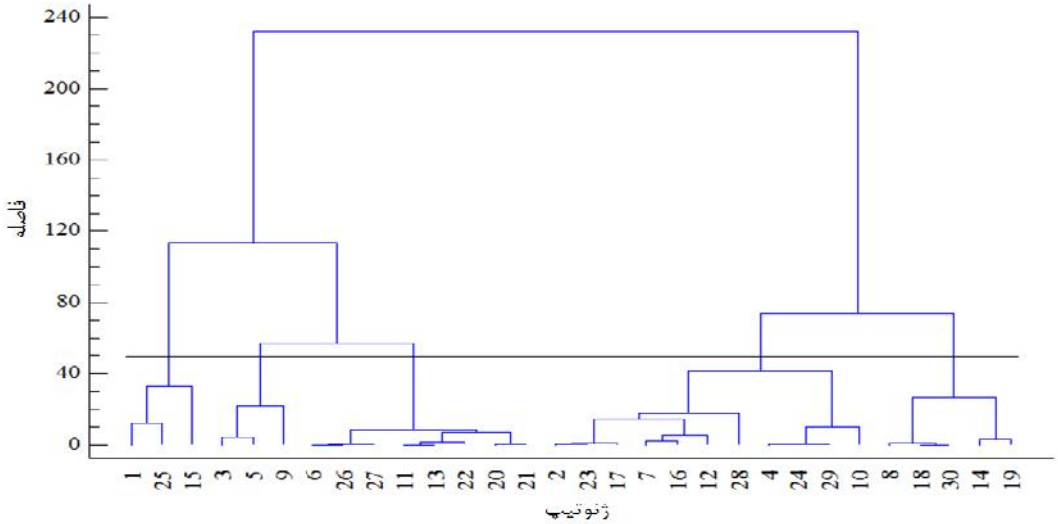
مؤلفه	مقادیر ویژه	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس	*Yp	Ys	STI	GMP	MP	TOL	Harm	SSI
							شاخص‌های مورد مطالعه				
۱	۵/۳۷۸	۶۲/۲۳	۶۷/۲۳	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۱۶	۰/۴۱	۰/۰۳
۲	۲/۵۳۵	۳۱/۶۶	۹۸/۸۹	۰/۳۲	-۰/۳۷	-۰/۰۷	-۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۵۸	-۰/۱۸	۰/۶۱
۳	۰/۰۷۴۵	۰/۹۳	۹۹/۸۳	-۰/۳۴	۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۰۹	-۰/۲۲	-۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۷۳
۴	۰/۰۱۰	۰/۱۲	۹۹/۹۶	-۰/۰۸	-۰/۲۵	۰/۸۸	-۰/۲۰	-۰/۱۸	۰/۰۷	-۰/۲۳	-۰/۱۳
۵	۰/۰۰۳	۰/۰۴	۱۰۰/۰۰	-۰/۱۰	-۰/۵۵	-۰/۰۶	۰/۲۸	-۰/۳۳	۰/۲۴	۰/۶۱	-۰/۲۵

*: شاخص‌ها عبارت اند از: Yp عملکرد دانه تحت شرایط نرمال، Ys عملکرد دانه تحت شرایط تنش، STI شاخص تحمل به تنش، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، MP میانگین بهره‌وری، TOL شاخص تحمل، Harm میانگین هارمونیک و SSI شاخص حساسیت به تنش.



شکل ۱- بای‌پلات دو مؤلفه اصلی اول مبتنی بر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و نرمال و شاخص‌های تحمل به خشکی برای ژنوتیپ‌های گندم بررسی شده

Figure 1. Biplot drawn based on the first and second components obtained from principal component analysis using drought tolerance indices and grain yield of genotypes under irrigated (Yp) and rainfed (Ys) conditions in studied wheat genotypes



شکل ۲- تجزیه خوشه‌ای مبتنی بر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و نرمال و شاخص‌های تحمل به خشکی برای ژنوتیپ‌های گندم بررسی شده

Figure 2. Dendrogram of studied wheat genotypes based on drought tolerance indices and grain yield of genotypes under irrigated (Yp) and rainfed (Ys) conditions

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.9]

منابع

1. Ahari, D.S. 2006. Evaluation of drought stress tolerance in durum elite wheat genotypes. Iranian Journal of Agricultural Science, 8: 30-45 (In Persian).
2. Alipour, M., G. Ranjbar, S. Khavari-Khorasani and N. Babaeian-Jelodar. 2014. Evaluation of Drought Tolerance in Maize Hybrids (*Zea mays* L.). Journal of Crop Breeding, 14: 41-53 (In Persian).
3. Choukan, R., A. Heidari, A. Mohammadi and M. Hadadi. 2008. Evaluation of drought tolerance in grain maize hybrids using drought tolerance indices. Plant and Seed, 24: 543-562 (In Persian).
4. Choukan, R., T. Taherkhani, M.R. Ghannadha and M. Khodarahmi. 2006. Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices. Iranian Journal of Crop Sciences, 8: 79-89 (In Persian).
5. Eack, H.V. 1996. Effect of water deficit on yield and yield components and water use efficiency of irrigated corn. Agronomy Journal, 78: 1083-1089.
6. Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. International symposium on adaptation of vegetable and other food crops to temperature water stress, 257 pp.
7. Fisher, F.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. gain yield responses. Australian Journal of agricultural research, 30: 1001-1020.
8. 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.
9. Golparvar, A.R., I. Majidi-Haravan, F. Darvish, A. Rezaie and A. Ghasemi- Pirbalouti. 2004. Genetic assessment of some morpho-physiological traits in bread wheat under drought stress conditions. Iranian Journal of Pajouhesh and Sazandegi, 62:90-95 (In Persian)
10. Kargar, S.M.A., M.R. Ghannadha, R. Bozorgi-Pour and H.A. Babaei. 2004. An investigation of drought tolerance indices in some soybean genotypes under restricted irrigation conditions. Iranian Journal of Agricultural Science, 35: 129-142 (In Persian)
11. Khalilzade, G.H. and H. Karbalai-Khiavi. 2002. Investigation of drought and heat stress on advanced lines of durum wheat. 7th Iranian congress of crop sciences, pp: 563-569.
12. Khodabandeh, N. 1990.Cereals. Sepeher Press, Tehran, Iran, (In Persian).
13. Koocheki, A.R., A. Yazdansepas and H.R. Nikkhah. 2005. Effects of terminal drought on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 8: 14-29.
14. Moghaddam, A. and M. Hadizadeh. 2002. Response of corn (*zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. Seed and Plant, 18: 255-272 (In Persian).
15. Mohammadnia, S., A. Asghari, O. Sofalian, H. Mohammaddoust-ChamanAbad and R. Karimizadeh. 2016. Evaluation of Durum Wheat Lines using Drought Stress Indices. Journal of Crop Breeding, 14: 41-53 (In Persian).
16. Quisenberry, J.E. 1982. Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. In: Christain, Breeding plants for less favorable environments, 193-212 pp.
17. Radmehr, M.Gh.A. and A.R. Kajbaf. 1996. Effect of heat stress on yield and yield component in 25 wheat genotypes. Seed and Plant, 12: 13-23 (In Persian).
18. Rosielli, A. and J. Hamblin. 1981. Theoritical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science, 21: 943-946.
19. Sanjari, A.Gh. 1998. Evaluation of drought stress tolerant resources and wheat yield stability in semi-arid area in the country. 5th congress of agronomy and plant breeding, pp: 243-248.
20. Shafazadeh, M., A. Yazdan Sepas, A. Amini and M. Ghanadha. 2004. Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. Seed and Plant, 20: 57-71.
21. Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohamadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field crop Research, 98: 222- 229.
22. Srivastava, J.P., E. Acevedo and S. Varma. 1987. Drought tolerance in winter cereal. John Wiley and Sons Ltd., Chichester, 343pp.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.9]

Evaluation of Drought Tolerance in Some Wheat Genotypes using Drought Tolerance Indices

Morteza Kamrani[1], Abbas Farzi[2] and Manuchehr Shiri[3]

1- Assistant Professor, University of Mohaghegh Ardabili, (Corresponding author: kamrani@uma.ac.ir)
2- Graduated M.Sc. Islamic Azad University, Ardabil branch
3- Assistant Professor, University of Mohaghegh Ardabili
Received: March 9, 2015 Accepted: July 13, 2016

Abstract

In order to determine suitable drought tolerance indices and to identify drought tolerant wheat genotypes, an experiment was conducted at the experimental field of Ardabil Agricultural Research Station in 2010-11 cropping season. Thirty wheat genotypes were evaluated in a randomized complete block design with three replications under stress as well as non-stress conditions. Drought tolerance indices including TOL, SSI, MP, GMP, STI and Harm and variance percent of traits were calculated. Results showed that traits of plant weight, peduncle length, peduncle weight, grain weight per spike, grain yield and one thousand grain weight were diminished significantly under drought stress conditions. According to correlation between drought tolerance indices and grain yield under stress and non-stress conditions, drought indices of MP, GMP, Harm and STI exhibited a high correlation with grain yield under both conditions. These indices were determined as the best indices for selecting genotypes with high yield potential under both stress or non-stress conditions (group a genotypes). Results using MP, GMP, STI and Harm indices revealed that genotypes 3, 5, 9 and 13 as tolerant and 7, 12, 16 and 28 are sensitive to drought conditions. Based on results of SSI and TOL indices genotypes 8, 9, 12, 18, 19 and 30 were tolerant and genotypes 1, 10, 15 and 25 were sensitive to drought stress conditions. Cluster analysis with Ward's method based on drought tolerance indices separated tolerant and sensitive genotypes in five different groups. Based on the results, genotypes 3, 5 and 9 were recognized as suitable for both conditions.

Keywords: Drought stress, Drought tolerance indices, Grain yield, Wheat

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.29252/jcb.9.23.9]