دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در گندم دیم با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی

مرتضی کامرانی[1]، اصغر مهربان[2] و منوچهر شیری[3]

۱- دانشیار، دانشگاه محقق اردبیلی، (نویسنده مسوول: kamrani@uma.ac.ir)
۲- استادیار، مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران
۳- استادیار، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱/۱۴

چکیده

در بین تنش‌های مختلف محیطی، خشکی تاثیر منفی بالایی بر روی میزان تولید محصولات دارد. به منظور بررسی تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های گندم دیم، آزمایشی با ۳۶ ژنوتیپ گندم نان تهیه شده از سیمیت در دو شرایط دیم (تنش خشکی) و آبیاری تکمیلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی وجود داشت. تجزیه واریانس مرکب نشان داد که آبیاری تکمیلی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گردید. در شرایط آبیاری تکمیلی ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۳٤ و ۲۱ به ترتیب با میانگین ۳/۱٤۳، ۳/۰۸۹ و ۲/۹۲۱ تن در هکتار بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. تحت شرایط دیم بیشترین عملکرد دانه به میزان ۲/٦٤۷، ۲/٦۱۰ و ۲/۵۵۸ تن در هکتار به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۲۰، ۲۲ و ۲۷ بود. برای شناسائی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، از شاخص‌های تحمل (TOL)، حساسیت به تنش (SSI)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل به تنش (STI) و شاخص پایداری عملکرد (YSI) استفاده شد. شاخص‌های MP، GMP و STI همبستگی بالایی با عملکرد تحت شرایط تنش و بدون تنش داشتند و به عنوان شاخص‌های مناسب برای گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول در هر دو شرایط محیطی معرفی شدند. بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار سه بعدی، ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۳٤، ۳۳ و ۱۵ به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم و ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۷، ۱٤ و ۱ به عنوان حساس به تنش خشکی شناخته شدند. تجزیه خوشه‌ای به روش Ward's بر پایه شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی ژنوتیپ‌های مورد بررسی را در چهار گروه قرار داد که با نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مطابقت داشت.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، آبیاری تکمیلی، تنش خشکی، عملکرد دانه، شاخص‌های تحمل به تنش

مقدمه

تنش‌های محیطی را می‌توان به دو دسته عمده تنش‌های زنده و غیرزنده تقسیم‌بندی کرد (۷). گیاهان در شرایط مزرعه‌ای در معرض تنش‌های غیرزنده متفاوتی مانند کمبود آب، دمای بالا، شوری و سرما قرار دارند. برآورد شده است که شرایط تنش‌زا می‌توانند به صورت بالقوه عملکرد گیاهان زراعی را بیش از ۵۰ درصد کاهش دهند (۳۲).

در مناطقی که میزان بارندگی برای رشد گیاه کافی باشد، ولی پراکنش باران متناسب با دوره رشد گندم نباشد، عملکرد دانه، به دلیل کمبود رطوبت به شدت کاهش خواهد یافت و حتی در شرایطی ممکن است کل محصول از بین برود. بنابراین در مناطقی که مقدار و پراکنش زمانی بارندگی نامتناسب است، آبیاری تکمیلی برای تولید مطلوب گندم دیم قابل توصیه است (۲۳). منظور از آبیاری تکمیلی، کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی است تا آب کافی برای تداوم رشد بوته‌ها و افزایش و ثبات عملکرد دانه تامین شود (شرایط بدون تنش خشکی). بدیهی است این مقدار آب مصرفی به تنهایی برای تولید گیاه زراعی کافی نیست، بنابراین از ویژگی‌های ضروری آبیاری تکمیلی، طبیعت تکمیلی باران و آبیاری است (۳۱،۲۳). مقدار و زمان آبیاری تکمیلی به صورتی برنامه‌ریزی می‌شود که بتوان با کمترین مقدار آب قابل دسترس، در طی مراحل حساس رشد گیاه زراعی، به عملکرد بهینه (به جای عملکرد حداکثر) دست یافت.

بلوم (۴) در مطالعات خود بیان کرد که بیش‌ترین کاهش عملکرد هنگام وقوع تنش بعد از گرده افشانی به دست می‌آید. دندا و ستی (۸) نیز اظهار داشتند که تنش خشکی در مرحله گرده افشانی تا رسیدگی موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. کوبوتا و همکاران (۱۸) در آزمایشی بر روی گندم نان بهاره بیشترین تأثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد دانه را در مرحله گرده افشانی مشاهده نمودند.

در گذشته به دلیل محدود بودن روش‌های گزینش و اطلاعات در مورد نحوه مقاومت به تنش در محصولات زراعی، موفقیت در برنامه‌های اصلاح نباتات نیز محدود بوده است. به دلیل خسارات قابل توجهی که از تنش‌های محیطی به محصولات زراعی از جمله غلات وارد شده، در سال‌های اخیر بررسی واکنش گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۲۴،۳). روش‌های متعددی برای بررسی پایداری عملکرد ارقام در شرایط محیطی مختلف در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی ارائه شده‌اند. مقایسه عملکرد در شرایط محیطی متضاد (تنش و بدون تنش) و گزینش ژنوتیپ‌هایی که

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]

به هر دو محیط سازگارند، هدف اصلی این گونه آزمایش‌ها است (۱۱،۱۰). ارزیابی مواد پیشرفته اصلاحی در چنین شرایطی این امکان را فرآهم می‌آورد که علاوه بر شناسایی لاین‌های دارای پایداری عملکرد در هر دو شرایط، ژنوتیپ‌هایی شناسایی شوند که مناسب شرایط متفاوت رطوبتی باشند. گزینش تحت شرایط مطلوب، گزینش تحت شرایط تنش کامل و گزینش توام تحت هر دو شرایط سه استراتژی عمده‌ای هستند که برای انتخاب ارقام متحمل به تنش پیشنهاد شده‌اند (۶).

فرناندز (۱۱) براساس واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی با تنش یا بدون تنش ژنوتیپ‌ها را به چهارگروه دسته‌بندی کرد:

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

گروه B: ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط غیرتنش دارند.

گروه C: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در محیط تنش 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 (۱۱) 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 نرمال و تنش 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 فیشر و مورر (۱۲) آن را پیشنهاد دادند. مقدار کمتر SSI نشان‌دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و در نتیجه پایداری بیشتر آن است. یکی از مهم‌ترین معایب شاخص SSI این است که این شاخص نسبت عملکرد در شرایط تنش به شرایط بدون تنش را برای هر 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 بدون تنش برای هر دو ژنوتیپ می‌تواند یکسان باشد. بنابراین این شاخص قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از گروه C نمی‌باشد. روزیل و هامبلین (۲۶) شاخص‌های تحمل (TOL)[2] و میانگین بهره‌وری (MP)[3] را معرفی نمودند. مقدار بالای TOL نشانه حساسیت ژنوتیپ به تنش بوده و انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر کم آن می‌باشد (۱۹). فرناندز (۱۱) شاخصی تحت عنوان میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)[4] معرفی کرد و به این مطلب اشاره نمود که هنگامیکه اختلاف نسبی عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) 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)[5] بر اساس GMP بنا نهاد. شاخص STI قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت هر دو شرایط تنش و غیرتنش بوده و مقادیر بالای آن نشانگر تحمل بیشتر گیاه به خشکی است. شاخص پایداری عملکرد (YSI)[6] که از نسبت عملکرد در شرایط تنش به شرایط بدون تنش محاسبه می‌شود، توسط بوسلاما و شاپاگ (۵) پیشنهاد شد. در واقع شاخص YSI نشان‌دهنده میزان مقاومت ژنتیکی رقم به تنش خشکی است. مقادیر عددی بیشتر از واحد در شاخص پایداری عملکرد نشان‌دهنده حساسیت ژنوتیپ و ضعف پایداری عملکرد در شرایط تنش می‌باشد.

سی وسه مرده و همکاران (۳۰) 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. آقائی سربزه و روستائی (۲) و ایلکر و همکاران (۱۳) با مطالعه در گندم نان مشاهده نمودند که بین شاخص‌های MP، GMP و STI و عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد و این شاخص‌ها قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش می‌باشند. صبا و همکاران (۲۷) و آقائی سربزه و روستائی (۲) شاخص‌های STI، MP و GMP را شاخص‌های مؤثرتری نسبت به TOL و SSI به منظور گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی معرفی کردند.

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر آبیاری تکمیلی بر روی صفت عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گندم نان و شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به هر دو شرایط دیم (تنش خشکی) و آبیاری تکمیلی (بدون تنش) می‌باشد که در صورت بیشتر بودن عملکرد و تحمل خشکی این ژنوتیپ‌ها نسبت به شاهد به عنوان رقم جدید به کشاورزان معرفی کرد. همچنین تعیین بهترین شاخص‌ها جهت انتخاب ژنوتیپ‌های پر محصول و متحمل به تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد دانه و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش، ۳۶ ژنوتیپ گندم نان با منشاء سیمیت (جدول ۱) از موسسه تحقیقات اصلاح نهال و بذر تهیه شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ مورد مطالعه قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف سه متری که فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۲۰ سانتی‌متر بود و ژنوتیپ‌ها با تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع کشت شدند. قبل از کاشت، بذور با سم کربوکسی‌تیرام به میزان ۲ در

1- Stress susceptibility index
2- Tolerance
3- Mean productivity
4- Geometric mean productivity
5- Stress tolerance index
6- Yield stability index

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]

هزار ضدعفونی شدند. بعد از انجام عملیات متداول تهیه زمین (شامل: شخم، پخش کود، دیسک و تسطیح)، کاشت در آبان ماه ۱۳۹۵ با دستگاه بذرکار تمام اتوماتیک انجام گردید. با توجه به نتایج آزمون خاک مزرعه، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات قبل از کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در دو نوبت (یک دوم همزمان با کاشت، یک دوم در زمان خوشه‌دهی به صورت کود سرک) مصرف گردید. به منظور مبارزه با علف‌های هرز در مرحله پنجه‌زنی گندم زمانی که علف‌های هرز چهار الی پنج برگه بودند از علف‌کش توفوردی برای از بین بردن پهن برگ‌ها و از علف‌کش تاپیک برای از بین بردن باریک برگ‌ها استفاده شد. شرایط آب و هوایی مغان برای سال زراعی ۱۳۹۶- ۱۳۹۵ در شکل ۱ آمده است. در آزمایش آبیاری تکمیلی در مرحله گرده‌افشانی آبیاری بصورت بارانی صورت گرفت و در آزمایش دیم ژنوتیپ‌ها فقط از نزولات جوی بهره‌مند شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد زمانی که ژنوتیپ‌ها به مرحله برداشت رسیدند، با دستگاه کمباین وینتر اشتایگر آزمایش برداشت گردید. سپس برای انجام تجزیه و تحلیل به تن در هکتار تبدیل شد.

جهت تعیین میزان تحمل یا حساسیت ژنوتیپ‌ها به خشکی، هفت شاخص مقاومت به خشکی از قبیل میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، تحمل (TOL)، حساسیت به تنش (SSI)، تحمل به تنش (STI) و شاخص پایداری عملکرد (YSI) با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند:

$$MP = \frac{Yp + Ys}{2} \quad (۱)$$

$$GMP = \sqrt{Yp \times Ys} \quad (۲)$$

$$TOL = Yp - Ys \quad (۳)$$

$$STI = \frac{Yp \times Ys}{\overline{Y}p^2} \quad (۴)$$

$$SSI = \frac{1 - \left(\frac{Ys}{Yp}\right)}{1 - \left(\frac{\overline{Y}s}{\overline{Y}p}\right)} \quad (۵)$$

$$YSI = \frac{Ys}{Yp} \quad (۶)$$

که در این روابط Ypو Ys به ترتیب عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و تنش خشکی و $\overline{Y}p$و $\overline{Y}s$ به ترتیب میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش خشکی هستند. قبل از انجام تجزیه‌های آماری ابتدا نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها مورد تأیید قرار گرفت، سپس تجزیه واریانس ساده و مرکب برای صفت عملکرد با استفاده از نرم‌افزار SAS version 9.1 انجام پذیرفت. محاسبه همبستگی بین شاخص‌های تنش، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ترسیم نمودار بای‌پلات و تجزیه کلاستر با استفاده از نرم‌افزار STATGRAPH version 16.1.11 انجام گردید. تجزیه خوشه‌ای به روش Ward's بر مبنای مربع فاصله اقلیدسی انجام شد. قبل از انجام تجزیه، با استاندارد کردن داده‌ها، اثر مقیاس متغیرها حذف گردید و برای تعیین نقطه برش در دندروگرام و تعداد مناسب گروه‌ها از تجزیه تابع تشخیص کانونیک استفاده گردید. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز بر روی داده‌های استاندارد شده انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس ساده نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت و در شرایط دیم اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده شد (جدول ۲) که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. بنابراین می‌توان برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی اقدام نمود. در شرایط آبیاری تکمیلی (بدون تنش) ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۳۴ و ۲۱ به ترتیب با ۳/۱۴۳، ۳/۰۸۹ و ۲/۹۲۱ تن در هکتار بیشترین و ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۷ و ۱۴ به ترتیب با ۱/۹۰۸، ۲/۰۰۲ و ۲/۰۴۲ تن کمترین عملکرد دانه را داشتند. در شرایط دیم (تنش خشکی) ژنوتیپ‌های شماره ۲۰، ۲۲ و ۲۷ به ترتیب با ۲/۶۴۷، ۲/۶۱۰ و ۲/۵۵۸ تن در هکتار و ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱۷ و ۱ به ترتیب با ۱/۶۹۰، ۱/۷۳۰ و ۱/۷۷۸ تن در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر رژیم آبیاری بر روی عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. میانگین عملکرد دانه برای تمام ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم به ترتیب ۲/۵۱۲ و ۲/۱۱۴ تن در هکتار بود. تنش خشکی باعث کاهش حدود ۱۵/۸۳ درصد عملکرد دانه در مقایسه با شرایط آبیاری تکمیلی گردید. اثرمتقابل ژنوتیپ در رژیم آبیاری غیرمعنی‌دار بود. نشان می‌دهد که پاسخ ژنوتیپ‌ها به هر دو محیط مشابه می‌باشد به عبارت دیگر عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی بیشتر شده است. روستائی (۲۵) با بررسی ۲۳ ژنوتیپ گندم نان تحت شرایط آبیاری تکمیلی و دیم نشان داد که آبیاری تکمیلی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد. همچنین بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد دانه گزارش نمود. اسلامی و همکاران (۹) با بررسی تاثیر تنش خشکی بر مرحله ساقه‌دهی و ظهور سنبله ۲۰ ژنوتیپ گندم، نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه در مقایسه با شرایط آبیاری تکمیلی گردید.

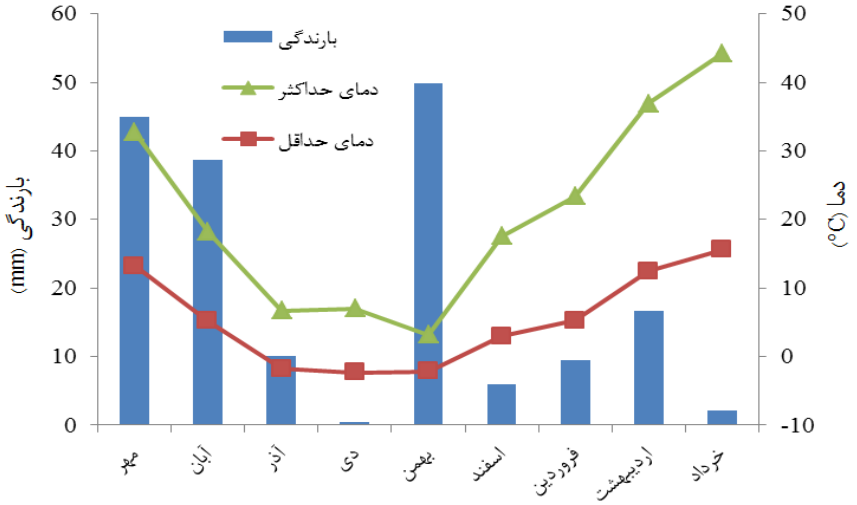
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]

جدول ۱- پدیگری (شجره) ژنوتیپ‌های گندم نان مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Pedigree of bread wheat genotypes used in the experiment

Genotype No	Variety / Line
1	AFTAB
2	KS82142/2*WBLL1CMSA01Y00397T-040M-040P0Y-040M-030ZTM-040SY-4M-0Y-0SY
3	KS82142/2*WBLL1CMSA01Y00397T-040M-040P0Y-040M-030ZTM-040SY-21M-0Y-0SY
4	PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1PTSS02Y00023S-0Y-030ZTM-040SY-040M-19Y-0M-0SY
5	TC870344/GUI//TEMPORALERAM87/AGR/3/2*WBLL1CMSA01Y00725T-040M-040P0Y-040M-030ZTM-040SY-33M-0Y-0SY
6	KS82W418/SPN/3/CHEN/AE.SQ//2*OPATA/4/FRET2CMSA01M00316T-040Y-040M-030ZTM-040SY-040M-53Y-0M-0SY
7	WHEAR/KRONSTAD F2004CGSS04Y00106S-099Y-099M- 099Y-099M-13WGY-0B
8	QIMMA-8 CMSS93Y00332S-1AP-3AP-3AP-0APS-0AP
9	TC870344/GUI//TEMPORALERAM87/AGR/3/2*WBLL1CMSA01Y00725T-040M-030ZTM-040SY-10M-0Y-0SY
10	FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/PFAU/WEAVER//BRAMBLINGCMSS05B00480S-099Y-099M-099Y-099ZTM-22WGY-0B
11	KAUZ//ALTAR84/AOS/3/MILAN/KAUZ/4/HUITES /7/CAL/NH//H567.71/3/SERI/4/CAL/NH//H567.71/5/2*KAUZ/6/PASTORCMSS05B00581S-099Y-099M-099Y-099ZTM-2WGY-0B
12	HAMAM-4/ANGI-2ICW02-00621-2AP/0TS-0AP-0AP-6AP-0AP
13	ATTILA*2/PBW65//KACHUCMSS05B00004S-099Y-099M-099Y-099ZTM-1WGY-0B
14	PBW343*2/KUKUNA//SRTU/3/PBW343*2/KHVAKICGSS05B00261T-099TOPY-099M-099NJ-099NJ-6WGY-0B
15	KACHU#1/KIRITATI//KACHUCMSS06Y00778T-099TOPM-099Y-099ZTM-099NJ-099NJ-6WGY-0B
16	BABAX/KS93U76//BABAX/3/2*SOKOLLCMSA06M00008T-024(PINBD1BHET)Y-040ZTM-026(PINBD1BPOS) ZTY-20ZTM-0Y-0B
17	LAKHISH/4/NESTOR/3/HE1/3*CNO79//2*SERIIRBWG-2007-010G-0G-0G-0G-12G
18	PASTOR/4/NESTOR/3/HE1/3*CNO79//2*SERIIRBWG-2007-022G-0G-0G-0G-1G
19	GHK"S"BOW"S"//90-ZHONG87/4/NESTOR/3/HE1/3*CNO79//2*SERIIRBWG-2007-049G-0G-0G-0G-14G
20	GHK"S"BOW"S"//90-ZHONG87/4/NESTOR/3/HE1/3*CNO79//2*SERIIRBWG-2007-049G-0G-0G-0G-19G
21	BERKUT/MUU//DANPHE #1CMSA07M00073T-050Y-040ZTM-040ZTY-31ZTM-010Y-02B-0Y
22	TILILA/JUCHI/4/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMADCMSS06Y00868T-099TOPM-099Y-099ZTM-099Y-099M-8WGY-0B
23	ROLF07*2/5/REH/HARE//2*BCN/3/CROC_1/AE.SQUARROSA(213)//PGO/4/HUITESCMSS 06Y00926T-099TOPM-099Y-099ZTM-099Y-099M-5WGY-0B
24	SUP152/BLOUK #1CMSS06B00033S-0Y-099ZTM-099NJ-099NJ-3WGY-0B
25	MUTUS/AKURICMSS06B00451S-0Y-099ZTM-099Y-099M-3WGY-0B
26	NAC/TH.AC//3*PVN/3/MIRLO/BUC/4/2*PASTOR/5/KACHU/6/KACHUCMSS06B00734T-099TOPY-099ZTM-099Y-099M-13WGY-0B
27	KIRITATI/WBLL1//2*BLOUK #1CMSS07Y00849T-099TOPM-099Y-099M-099Y-17M-0WGY
28	BAJ #1*2/WHEARCMSS07Y01201T-099TOPM-099Y-099M-099Y-15M-0WGY
29	FRET2*2/BRAMBLING//BECARD/3/WBLL1*2/BRAMBLINGCMSS07B00560T-099TOPY-099M-099Y-099M-19WGY-0B
30	KACHU/BECARD//WBLL1*2/BRAMBLINGCMSS07B00580T-099TOPY-099M-099Y-099M-10WGY-0B
31	KA/NAC//TRCH/3/VORB CMSA07M00443S-040M-0NJ-0NJ-10Y-OB
32	TACUPETOF2001*2/BRAMBLING/3/ KIRITATI//PBW65/2*SERI.1B/4/ND643/2*WBLL1CMSS08Y00676T-099TOPM-099Y-099M-099NJ-099NJ-2WGY-0B
33	THELIN/3/BABAX/LR42//BABAX/4/BABAX/LR42//BABAX*2/5/KIRITATI/2*TRCHCMSS08Y00756T-099TOPM-099Y-099M-099NJ-20WGY-0B
34	MUNAL*2/WESTONIACMSS08Y00833T-099TOPM-099Y-099M-099NJ-099NJ-8WGY-0B
35	LERKE/5/KAUZ/3/MYNA/VUL//BUC/FLK/4/MILAN/6/PROGRESOF2007/7/KIRITATI/4/ 2*SERI.1B*2/ 3/KAUZ*2/BOW//KAUZ CMSS08B00400S-099M-099Y-25M-0WGY
36	KARIM



شکل ۱- بارش، حداقل و حداکثر دما در طول فصل زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مغان

Figure 1. Rainfall and minimum and maximum temperatures recorded during 2016-2017 growing season in Moghan

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]

جدول ۲- تجزیه واریانس ساده برای صفت عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم در گندم نان
Table 2. Analysis of variance for grain yield of bread wheat in rainfed and supplemental irrigation conditions

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		Yp[a]	Ys
بلوک	۲	۷۰۲۱۹۷/۷۶**	۱۱۹۱۷/۰۸^{ns}
ژنوتیپ	۳۵	۲۳۳۲۰۲/۳۸**	۲۰۷۸۶۶/۹۱*
اشتباه آزمایشی	۷۰	۱۲۶۹۱۰/۲۱	۱۳۲۶۱۴/۵۴

a: Yp عملکرد دانه تحت شرایط نرمال، Ys عملکرد دانه تحت شرایط تنش
ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب برای صفت عملکرد دانه در گندم نان
Table 3.Combined analysis of variance for grain yield in bread wheat

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
رژیم آبیاری	۱	۸۵۴۲۴۹۶/۶۵**
بلوک/ رژیم آبیاری	۴	۳۵۷۰۵۷/۳۸
ژنوتیپ	۳۵	۳۵۶۶۳۹/۵۲**
ژنوتیپ×رژیم آبیاری	۳۵	۸۴۴۲۹/۴۹^{ns}
اشتباه آزمایشی	۱۴۰	۱۲۹۷۶۲/۵۳

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

شاخص‌های تحمل تنش خشکی

شاخص‌های تحمل تنش خشکی بر اساس عملکرد دانه در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم محاسبه شد (جدول ۴). شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص تحمل به تنش فرناندز (STI) که مقادیر بالای آنها نشان‌دهنده تحمل به تنش است، ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۳۴ و ۲۰ را به ترتیب با عملکردهای ۲/۶۱۰، ۲/۴۷۹ و ۲/۶۴۷ تن در هکتار در شرایط دیم (تنش خشکی) به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی معرفی کردند. این شاخص‌ها ژنوتیپ‌های ۱۷، ۷ و ۱ را به ترتیب با عملکرد ۱/۸۱۸، ۱/۷۳۰ و ۱/۷۷۸ تن در هکتار در شرایط دیم به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی مشخص کردند. شفازاده و همکاران (۲۹) و صادق زاده اهری (۲۸) در بررسی ژنوتیپ‌های گندم، به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های STI، GMP و MP در به گزینی ارقام نسبت به سایر شاخص‌ها موفق‌تر بودند. سی وسه مرده و همکاران (۳۰) 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.

شاخص تحمل (TOL) و شاخص حساسیت به تنش (SSI) که مقادیر کمتر آنها نشان‌دهنده تحمل نسبی به تنش و شاخص پایداری عملکرد (YSI) که مقادیر بالای آن نشان‌دهنده تحمل به تنش است، ژنوتیپ‌های ۳، ۲۰ و ۱۴ را به ترتیب با عملکردهای ۲/۴۹۰، ۲/۲۴۷ و ۱/۹۸۴ تن در هکتار در شرایط دیم به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی و ژنوتیپ‌های ۳۱، ۶ و ۲۱ را به ترتیب با عملکردهای ۱/۸۸۳، ۱/۶۹۰ و ۲/۰۵۵ تن در هکتار به عنوان ژنوتیپ‌های حساس به تنش خشکی معرفی کردند. شاخص TOL تغییر حاصل از شرایط تنش را نشان می‌دهد و هر چه تغییرات عملکرد یک ژنوتیپ در تنش کمتر باشد مقدار عددی آن نیز کوچکتر خواهد بود. بنابراین پایین بودن شاخص TOL الزاماً به معنی بالا بودن عملکرد در شرایط بدون تنش نیست، بلکه ممکن است عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط بدون تنش پایین باشد و در شرایط تنش نیز با افت کمتری همراه باشد، که این باعث کوچک ماندن TOL می‌شود (۲۰). در محاسبه شاخص SSI یک جزء به نام SI وجود دارد که به آن سختی محیط یا شدت تنش می‌گویند و هرچه این جزء بزرگتر باشد شاخص SSI کوچکتر می‌شود (۲۰). در شاخص SSI علاوه بر میزان عملکرد لاین‌ها در شرایط تنش خشکی، تغییر یا آسیب وارده به ژنوتیپ‌ها در اثر تنش نیز مدنظر قرار می‌گیرد. بدین معنی که اگر ژنوتیپی در هر دو شرایط تنش بدون تنش دارای عملکرد بالاتری باشد اما درصد تغییر زیادی نشان دهد به عنوان ژنوتیپ متحمل شناسایی نمی‌شود، به عنوان مثال، ژنوتیپ‌های ۲۲ و ۳۴ به ترتیب با عملکردهای ۳/۱۴۳ و ۳/۰۸۹ تن در هکتار در شرایط بدون تنش به علت درصد تغییر زیاد به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناسایی نشدند در حالی که ژنوتیپ‌های ۳ و ۲۰ با عملکرد به ترتیب ۲/۵۱۴ و ۲/۶۶۸ تن در هکتار در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های متحمل شناخته شدند. نوری و همکاران (۲۲) گزارش دادند که شاخص YSI پارامتر مفیدی در تمییز ژنوتیپ‌های با پایداری بالا و حساسیت پایین به شرایط محیطی است.

همبستگی بین شاخص‌های تنش

همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم می‌تواند به عنوان معیاری مناسب برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها به کار رود. شاخصی که با عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش خشکی همبستگی بالا و یکسان داشته باشد به عنوان بهترین معیار جهت گزینش محسوب می‌شود (۱۶). در جدول ۵ همبستگی میان شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در هر دو محیط ارائه شده است. همبستگی بین عملکرد در محیط آبیاری تکمیلی (Yp) و دیم (Ys) برابر با $r=۰/۶۲۹^{**}$ بود که

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]

نشان می‌دهد گزینش بر اساس عملکرد در هر دو محیط حاصل نماید.
می‌تواند ژنوتیپ‌های پرمحصول و با پایداری عملکرد خوب را

جدول ۴- شاخص‌های تحمل تنش خشکی و میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم
Table 4. Drought tolerance indices and mean of grain yield in wheat genotypes under rainfed and supplemental irrigation conditions

ژنوتیپ	Yp[a]	Ys	STI	GMP	MP	TOL	SSI	YSI
۱	۲/۲۱۷	۱/۷۷۸	۰/۶۲۵	۱/۹۸۵	۱/۹۹۷	۰/۴۳۹	۱/۲۵۳	۰/۸۰۲
۲	۲/۶۸۸	۲/۲۹۲	۰/۹۷۶	۲/۴۸۲	۲/۴۹۰	۰/۳۹۶	۰/۹۳۲	۰/۸۵۳
۳	۲/۵۱۴	۲/۴۹۰	۰/۹۹۲	۲/۵۰۲	۲/۵۰۲	۰/۰۲۴	۰/۰۵۹	۰/۹۹۱
۴	۲/۴۵۱	۲/۱۳۹	۰/۸۳۱	۲/۲۹۰	۲/۲۹۵	۰/۳۱۲	۰/۸۰۶	۰/۸۷۳
۵	۲/۴۹۹	۱/۸۲۴	۰/۷۲۲	۲/۱۳۵	۲/۱۶۱	۰/۶۷۵	۱/۷۰۹	۰/۷۳۰
۶	۲/۴۴۸	۱/۶۹۰	۰/۶۵۶	۲/۰۳۴	۲/۰۶۹	۰/۷۵۸	۱/۹۶۰	۰/۶۹۰
۷	۱/۹۰۸	۱/۸۱۸	۰/۵۵۰	۱/۸۶۲	۱/۸۶۳	۰/۰۹۰	۰/۲۹۸	۰/۹۵۳
۸	۲/۳۶۱	۲/۱۹۲	۰/۸۲۰	۲/۲۷۵	۲/۲۷۶	۰/۱۶۹	۰/۴۵۲	۰/۹۲۹
۹	۲/۵۱۳	۱/۸۲۹	۰/۷۲۸	۲/۱۴۴	۲/۱۷۱	۰/۶۸۵	۱/۷۲۴	۰/۷۲۸
۱۰	۲/۳۸۷	۲/۰۱۵	۰/۷۶۲	۲/۱۹۳	۲/۲۰۱	۰/۳۷۲	۰/۹۸۶	۰/۸۴۴
۱۱	۲/۳۰۸	۲/۰۳۶	۰/۷۴۵	۲/۱۶۸	۲/۱۷۲	۰/۲۷۲	۰/۷۴۵	۰/۸۸۲
۱۲	۲/۲۷۵	۱/۱۹۲	۰/۶۹۳	۲/۰۹۱	۲/۰۹۹	۰/۳۵۳	۰/۹۸۱	۰/۸۴۵
۱۳	۲/۴۲۳	۱/۹۲۹	۰/۷۴۱	۲/۱۶۲	۲/۱۷۶	۰/۴۹۴	۱/۲۸۹	۰/۷۹۶
۱۴	۲/۰۴۲	۱/۹۸۴	۰/۶۴۲	۲/۰۱۳	۲/۰۱۳	۰/۰۵۸	۰/۱۸۱	۰/۹۷۱
۱۵	۲/۸۳۱	۲/۴۱۶	۱/۰۸۴	۲/۶۱۵	۲/۶۲۳	۰/۴۱۵	۰/۹۲۸	۰/۸۵۳
۱۶	۲/۵۵۱	۲/۰۸۳	۰/۸۴۲	۲/۳۰۵	۲/۳۱۷	۰/۴۶۹	۱/۱۶۲	۰/۸۱۶
۱۷	۲/۰۰۲	۱/۷۳۰	۰/۵۴۹	۱/۸۶۱	۱/۸۶۶	۰/۲۷۲	۰/۸۶۰	۰/۸۶۴
۱۸	۲/۱۸۰	۱/۹۵۰	۰/۶۷۴	۲/۰۶۲	۲/۰۶۵	۰/۲۲۹	۰/۶۶۵	۰/۸۹۵
۱۹	۲/۸۵۶	۲/۲۴۱	۱/۰۱۴	۲/۵۳۰	۲/۵۴۸	۰/۶۱۵	۱/۳۶۳	۰/۷۸۵
۲۰	۲/۶۸۸	۲/۶۴۷	۱/۱۲۷	۲/۶۶۷	۲/۶۶۷	۰/۰۴۰	۰/۰۹۵	۰/۹۸۵
۲۱	۲/۹۲۱	۲/۰۵۵	۰/۹۵۱	۲/۴۵۰	۲/۴۸۸	۰/۸۶۷	۱/۸۷۸	۰/۷۰۳
۲۲	۳/۱۴۳	۲/۶۱۰	۱/۳۰۰	۲/۸۶۴	۲/۸۷۶	۰/۵۳۳	۰/۰۷۴	۰/۸۳۰
۲۳	۲/۳۶۰	۲/۲۵۰	۰/۸۴۲	۲/۳۰۵	۲/۳۰۵	۰/۱۱۰	۰/۲۹۴	۰/۹۵۴
۲۴	۲/۴۰۱	۲/۳۰۳	۰/۸۷۶	۲/۳۵۲	۲/۳۵۲	۰/۰۹۹	۰/۲۶۰	۰/۹۵۹
۲۵	۲/۵۹۷	۲/۱۹۴	۰/۹۰۳	۲/۳۸۷	۲/۳۹۶	۰/۴۰۲	۰/۹۸۱	۰/۸۴۵
۲۶	۲/۷۰۷	۲/۱۸۹	۰/۹۳۹	۲/۴۳۴	۲/۴۴۸	۰/۵۱۹	۱/۲۱۲	۰/۸۰۸
۲۷	۲/۶۳۴	۲/۵۵۸	۱/۰۶۸	۲/۵۹۶	۲/۵۹۶	۰/۰۷۶	۰/۱۸۲	۰/۹۷۱
۲۸	۲/۵۴۶	۱/۹۸۳	۰/۸۰۰	۲/۲۴۷	۲/۲۶۵	۰/۵۶۳	۱/۳۹۸	۰/۷۷۹
۲۹	۲/۳۴۲	۱/۸۹۸	۰/۷۰۴	۲/۱۰۸	۲/۱۲۰	۰/۴۴۴	۱/۲۰۰	۰/۸۱۰
۳۰	۲/۵۹۱	۲/۰۰۴	۰/۸۲۳	۲/۲۷۹	۲/۲۹۸	۰/۵۸۷	۱/۴۳۴	۰/۷۷۳
۳۱	۲/۷۶۶	۱/۸۸۳	۰/۸۲۵	۲/۲۸۲	۲/۳۲۵	۰/۸۸۳	۲/۰۲۱	۰/۶۸۱
۳۲	۲/۵۱۹	۱/۸۸۴	۰/۷۵۲	۲/۱۷۹	۲/۲۰۲	۰/۶۳۶	۱/۵۹۷	۰/۷۴۸
۳۳	۲/۸۴۳	۲/۴۳۴	۱/۰۹۷	۲/۶۳۱	۲/۶۳۸	۰/۴۰۸	۰/۹۰۹	۰/۸۵۶
۳۴	۳/۰۸۹	۲/۴۷۹	۱/۲۱۴	۲/۷۶۷	۲/۷۸۴	۰/۶۱۰	۱/۲۵۰	۰/۸۰۲
۳۵	۲/۳۱۹	۱/۹۸۴	۰/۷۲۹	۲/۱۴۵	۲/۱۵۲	۰/۳۳۶	۰/۹۱۶	۰/۸۵۵
۳۶	۲/۵۱۰	۲/۳۹۸	۰/۹۵۴	۲/۴۵۴	۲/۴۵۴	۰/۱۱۲	۰/۲۸۲	۰/۹۵۵

a: Yp عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری تکمیلی، Ys عملکرد دانه تحت شرایط دیم، STI شاخص تحمل به تنش، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، MP میانگین بهره‌وری، TOL شاخص تحمل، SSI شاخص حساسیت به تنش و YSI شاخص پایداری عملکرد

جدول ۵- همبستگی بین شاخص‌های تحمل تنش خشکی و عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری تکمیلی و دیم
Table 5. Correlation coefficient between drought tolerance indices and grain yield under rainfed and supplemental irrigation conditions

	Yp[a]	Ys	STI	GMP	MP	TOL	SSI	YSI
Yp	۱/۰۰۰							
Ys	۰/۶۲۹**	۱/۰۰۰						
STI	۰/۸۸۶**	۰/۹۱۵**	۱/۰۰۰					
GMP	۰/۸۹۱**	۰/۹۱۳**	۰/۹۹۸**	۱/۰۰۰				
MP	۰/۹۱۰**	۰/۸۹۵**	۰/۹۹۷**	۰/۹۹۰**	۱/۰۰۰			
TOL	۰/۵۰۰**	−۰/۳۵۹*	۰/۰۴۵^{ns}	۰/۰۵۳^{ns}	۰/۰۹۶^{ns}	۱/۰۰۰		
SSI	۰/۳۵۴*	−۰/۵۰۱**	−۰/۱۱۵^{ns}	−۰/۱۰۶^{ns}	−۰/۰۶۳^{ns}	۰/۹۸۳**	۱/۰۰۰	
YSI	−۰/۳۵۴*	−۵۰۱**	۰/۱۱۵^{ns}	۰/۱۱۰^{ns}	۰/۰۶۳^{ns}	−۰/۹۸۳**	۱/۰۰۰**	۱/۰۰۰

a: Yp عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری تکمیلی، Ys عملکرد دانه تحت شرایط دیم، STI شاخص تحمل به تنش، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، MP میانگین بهره‌وری، TOL شاخص تحمل، SSI شاخص حساسیت به تنش و YSI شاخص پایداری عملکرد
ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]

صادق‌زاده اهری (۲۸) و کامرانی و همکاران (۱۴) نیز همبستگی بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی با شاخص‌های میانگین بهره‌وری ($r=0/910^{**}$)، میانگین بهره‌وری هندسی ($r=0/891^{**}$)، شاخص تحمل به تنش ($r=0/886^{**}$) و شاخص تحمل ($r=0/500^{**}$) همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و با شاخص حساسیت به تنش ($r=0/354^{*}$) همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ داشت. شفازاده و همکاران (۲۹)، صادق‌زاده اهری (۲۸)، کامرانی وهمکاران (۱۵) و کوچکی و همکاران (۱۹) نیز در بررسی ژنوتیپ‌های گندم ضریب همبستگی بین عملکرد دانه در دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش را با شاخص‌های STI، GMP و MP مثبت و معنی‌دار گزارش نمودند. عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی با شاخص پایداری عملکرد ($r=-0/354^{*}$) همبستگی منفی معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ داشت. عملکرد دانه در شرایط دیم با شاخص‌های میانگین بهره‌وری ($r=0/895^{**}$)، میانگین بهره‌وری هندسی ($r=0/913^{**}$)، شاخص تحمل به تنش ($r=0/915^{**}$) و شاخص پایداری عملکرد ($r=0/501^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱٪ داشت در حالی که با شاخص حساسیت به تنش ($r=-0/501^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و شاخص تحمل ($r=-0/359^{*}$) همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ داشت. به‌طور کلی شاخص‌هایی که در هر دو محیط تنش خشکی و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند می‌توانند به عنوان شاخص‌های مناسب معرفی شوند، چرا که این شاخص‌ها قادر به جدا سازی و شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در هر دو محیط می‌باشند (۱۱). با توجه به اینکه شاخص‌های میانگین بهره‌وری، میانگین بهره‌وری هندسی و شاخص تحمل به تنش فرناندز همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم نشان دادند به عنوان شاخص‌های برتر معرفی می‌شوند. بنابراین این شاخص‌ها برای گزینش و تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی انتخاب شدند که با گزارش شفازاده و همکاران (۲۹) که شاخص‌های ذکرشده را به واسطه داشتن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد ژنوتیپ‌های گندم در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی، به عنوان معیارهای مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و متحمل به خشکی برای هر دو شرایط معرفی کردند، مطابقت دارد.

به اعتقاد فرناندز (۱۱) 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. طبق نظر وی، بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌ها، شاخص‌های تحمل به تنش و میانگین هندسی بهره‌وری می‌باشند، زیرا که قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی هستند که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی تولید می‌کنند. نتایج پژوهش خلیل‌زاده و کربلایی خیاوی (۱۷) در خصوص تاثیر تنش خشکی و گرما بر لاین‌های پیشرفته گندم دوروم، مشخص کردند که شاخص‌های تحمل به تنش و میانگین هندسی بهره‌وری در مقایسه با شاخص‌های حساسیت به تنش، تحمل و میانگین بهره‌وری از قدرت تمایز بالاتری برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل برخوردار می‌باشند. آقائی سربرزه و همکاران (۱) در مطالعه‌ای بر روی لاین‌های گندم نان در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم به بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی و کارآیی آنها پرداخته و نتیجه گرفتند از بین شاخص‌های مقاومت، میانگین بهره‌وری، شاخص تحمل به تنش و میانگین هندسی بهره‌وری در یافتن ژنوتیپ‌هایی که پتانسیل عملکرد بالایی داشته و متحمل به تنش نیز می‌باشند از سایر شاخص‌های معرفی شده، موفق‌تر می‌باشند. کامرانی و همکاران (۱۵) در بررسی ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط تنش و بدون تنش خشکی اظهار نمودند که شاخص‌های STI، GMP وMP همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش خشکی داشته و به همین دلیل این شاخص‌ها در شناسایی ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی بسیار کارآمد هستند.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش خشکی همراه با عملکرد در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم انجام شد (جدول ۶). با توجه به اینکه دو مؤلفه اصلی اول ۹۹/۸۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را بیان نمودند لذا ترسیم بای‌پلات بر اساس این دو مؤلفه صورت پذیرفت. از آنجائی که مؤلفه اول تغییراتی را در بر می‌گیرد 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 ۵۸/۲۶ درصد از کل تغییرات را توجیه می‌کرد و همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp)، عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) و شاخص‌های MP، GMP و STI داشت از این بابت این مؤلفه به عنوان «مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش خشکی» معرفی شد. این مؤلفه ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد دانه بالا و متحمل به خشکی را از ژنوتیپ‌های با میانگین عملکرد دانه پایین و حساس جدا می‌کند. با توجه به اینکه میزان بالای این شاخص‌ها برای ما مطلوب است بنابراین بر روی بای‌پلات حاصل براساس مقادیر بالای این مؤلفه می‌توان ژنوتیپ‌هایی را که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی و شاخص‌های MP، GMP و STI بالا می‌باشند را انتخاب کنیم. در تحقیق کارگر و همکاران (۱۶) از کل تغییرات داده‌ها ۹۹/۳۹ درصد داده‌ها توسط دو مؤلفه اول توجیه شد بطوری که مؤلفه اول ۷۲/۱۲ درصد از کل تغییرات داده ها را بیان نمود و همبستگی مثبت و بالایی با Ys، Yp، MP، GMP و STI داشت که آن را مؤلفه «مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش خشکی» معرفی کردند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]

جدول ۶- نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم

Table 6. Principal components analysis based on drought tolerance indices and grain yield under rainfed and supplemental irrigation conditions

مؤلفه	مقادیر ویژه	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس	Yp[a]	Ys	STI	GMP	MP	TOL	SSI	YSI
۱	۴/۶۶۱	۵۸/۲۶۸	۵۸/۲۶۸	۰/۳۹۷	۰/۴۳۵	۰/۴۶۲	۰/۴۶۲	۰/۴۶۰	-۰/۰۳۸	-۰/۱۰۹	۰/۱۰۹
۲	۳/۳۲۹	۴۱/۶۰۸	۹۹/۸۷۶	۰/۳۰۶	-۰/۱۶۷	۰/۰۵۷	۰/۰۶۱	۰/۰۸۴	۰/۵۴۵	۰/۵۳۲	-۰/۵۳۲
۳	۰/۰۰۷	۰/۰۸۲	۹۹/۹۵۹	۰/۲۴۴	-۰/۳۲۰	۰/۰۷۷	-۰/۱۰۲	-۰/۰۳۰	۰/۶۵۰	-۰/۴۴۶	-۰/۴۴۶
۴	۰/۰۰۳	۰/۰۴۰	۹۹/۹۹۸	-۰/۲۵۹	-۰/۲۱۵	۰/۸۸۰	-۰/۱۷۲	-۰/۲۶۴	-۰/۰۷۱	۰/۰۶۰	-۰/۰۶۰
۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱۰۰	۰/۲۴۸	۰/۳۰۶	۰/۰۶۴	-۰/۸۶۳	۰/۳۰۶	-۰/۰۴۳	۰/۰۲۱	-۰/۰۲۱

a: Yp عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری تکمیلی، Ys عملکرد دانه تحت شرایط دیم، STI شاخص تحمل به تنش، GMP میانگین هندسی بهره‌وری، MP میانگین بهره‌وری، TOL شاخص تحمل، SSI شاخص حساسیت به تنش و YSI شاخص پایداری عملکرد

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]

دومین مؤلفه ۴۱/۶۱ درصد از کل تغییرات را بیان نمود و همبستگی مثبت بالا با TOL و SSI و تاحدوی با Yp و همبستگی منفی با بالا YSI و تاحدودی با Ys داشت. این مؤلفه می‌تواند ژنوتیپ‌های با پایداری عملکرد پایین و پتانسیل عملکرد متوسط را انتخاب نمایید. بنابراین این مؤلفه به «مؤلفه حساسیت به تنش و پایداری عملکرد» نامگذاری شد. این مؤلفه می‌تواند ژنوتیپ‌های با پایداری عملکرد بالا را انتخاب کند و از آنجایی که مقادیر کم TOL و SSI برای ما مطلوب است پس اگر در بای‌پلات حاصل نواحی با میزان پایین این مؤلفه را در نظر بگیریم، می‌توانیم ژنوتیپ‌های با Ys بالا و TOL و SSI پایین را انتخاب کنیم.

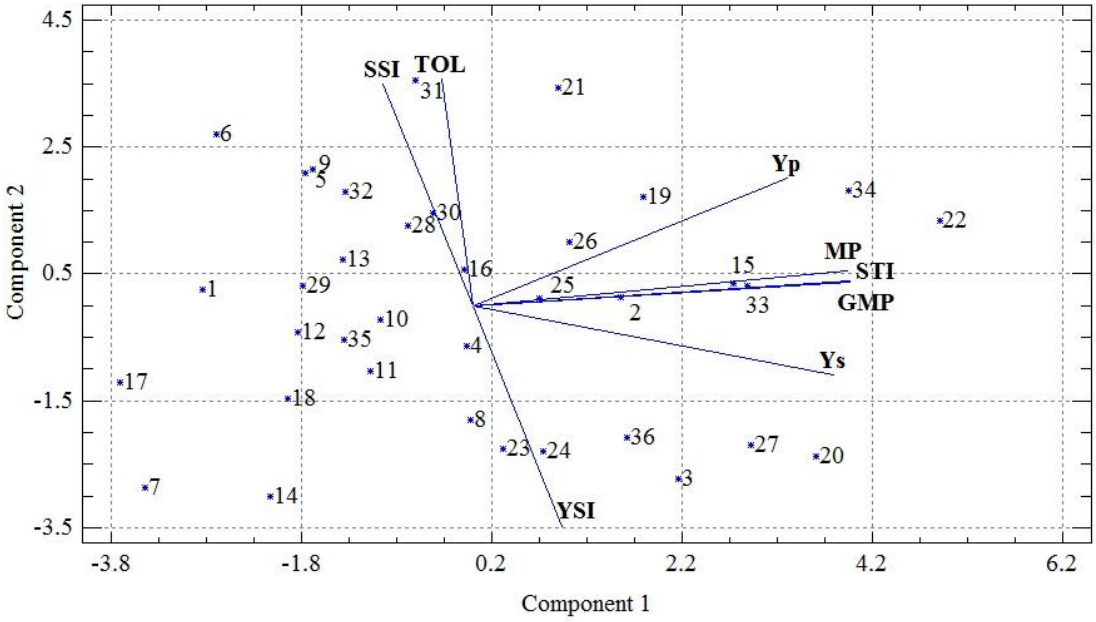
برای مقایسه ژنوتیپ‌ها و همچنین روابط بین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی، بای‌پلات ژنوتیپ در شاخص‌های تحمل تنش با استفاده از دو مؤلفه اول و دوم ترسیم گردید (شکل ۲). در بای‌پلات اگر زاویه بین وکتورهای دو شاخص کمتر از ۹۰ درجه باشد همبستگی مثبت بین دو شاخص وجود دارد و هرچه این زاویه کمتر باشد همبستگی شدید خواهد بود. اگر زاویه بین دو وکتور بیشتر از ۹۰ درجه باشد همبستگی بین دو شاخص منفی خواهد بود. هرچه این زاویه بیشتر باشد همبستگی شدیدتر خواهد بود. اگر زاویه ۹۰ درجه باشد بین دو شاخص همبستگی وجود ندارد (۳۳). وکتورهای مربوط به عملکرد دانه تحت هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش با وکتورهای شاخص‌های STI، MP و GMP زاویه کمتر از ۹۰ درجه و تند داشتند که بیانگر همبستگی مثبت و بالا بین عملکرد دانه تحت هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش با شاخص‌های تنش STI، MP و GMP است. زاویه بین وکتور عملکرد دانه تحت شرایط بدون تنش (Yp) با وکتورهای شاخص‌های TOL و SSI زاویه کمتر از ۹۰ درجه داشت. بنابراین همبستگی بین اینها مثبت بود. در حالی که زاویه بین وکتور عملکرد دانه تحت شرایط تنش (Ys) و این شاخص‌ها بیشتر از ۹۰ درجه بود که نشان‌دهنده همبستگی منفی بین این شاخص‌ها با عملکرد دانه تحت شرایط تنش (Ys) است. عمود بر هم بودن وکتورهای شاخص TOL و SSI با وکتور شاخص‌های MP، GMP و STI نشان می‌دهد همبستگی بین شاخص‌های TOL و SSI با شاخص‌های ذکر شده نزدیک به صفر است. در نمودار بای‌پلات ترسیمی (شکل ۲) ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۳۴، ۳۳ و ۱۵ در ناحیه پتانسیل و پایداری عملکرد و تحمل به تنش خشکی (سمت راست قسمت وسط شکل ۲) قرار گرفته‌اند و به عنوان ارقام پایدار و متحمل به تنش خشکی شناسایی می‌شوند. ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۱۷، ۱۴ و ۱ در ناحیه حساسیت به تنش خشکی و عملکرد پایین در هر دو محیط (قسمت پایین سمت چپ شکل ۲) قرار گرفته‌اند و جزء ژنوتیپ‌های حساس به تنش خشکی شناسایی شدند. این عکس‌العمل‌های متفاوت نشانگر وجود تنوع ژنوتیپی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نسبت به شرایط خشکی می‌باشد.

ترسیم نمودار سه بعدی

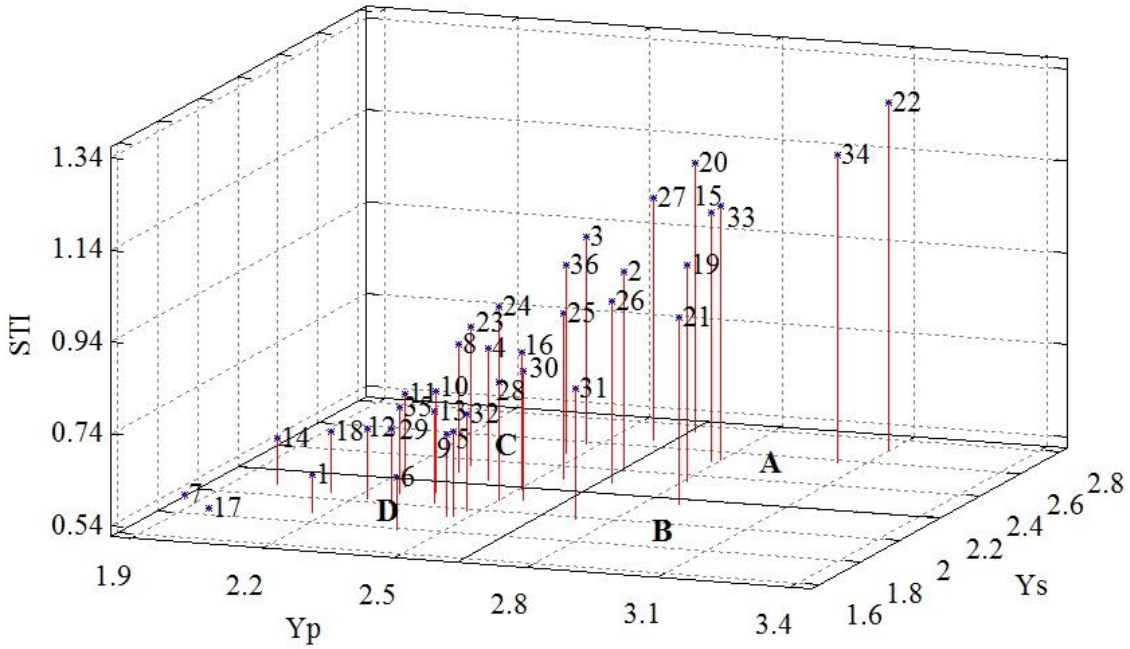
با توجه به همبستگی بالای بین شاخص‌های MP، GMP و STI نمودار سه‌بعدی مربوط به STI با Yp و Ys ارائه شده است (شکل ۳). در این شکل ژنوتیپ‌های شماره ۲۲، ۳۴، ۳۳، ۲۰، ۱۹ و ۱۵ در ناحیه A طبقه‌بندی فرناندز (عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی) قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های ۷، ۱۷، ۱۴، ۱ و ۱۸ در ناحیه D طبقه‌بندی فرناندز (عملکرد پایین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی) قرار گرفتند. این نتایج با نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم بای‌پلات مطابقت دارد. از نمودار سه‌بعدی مربوط به STI با Yp و Ys برای تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه‌ها در گندم دوروم (۲۱) و گندم نان (۱۵) استفاده و کارایی آنها مورد تایید شده است.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]



شکل ۲- بای‌پلات ژنوتیپ در شاخص‌های تحمل به تنش در ۳۶ ژنوتیپ گندم نان بر اساس دو مؤلفه اول
Figure 2. Biplot for drought resistance indices in 36 genotypes of bread wheat based on first two components



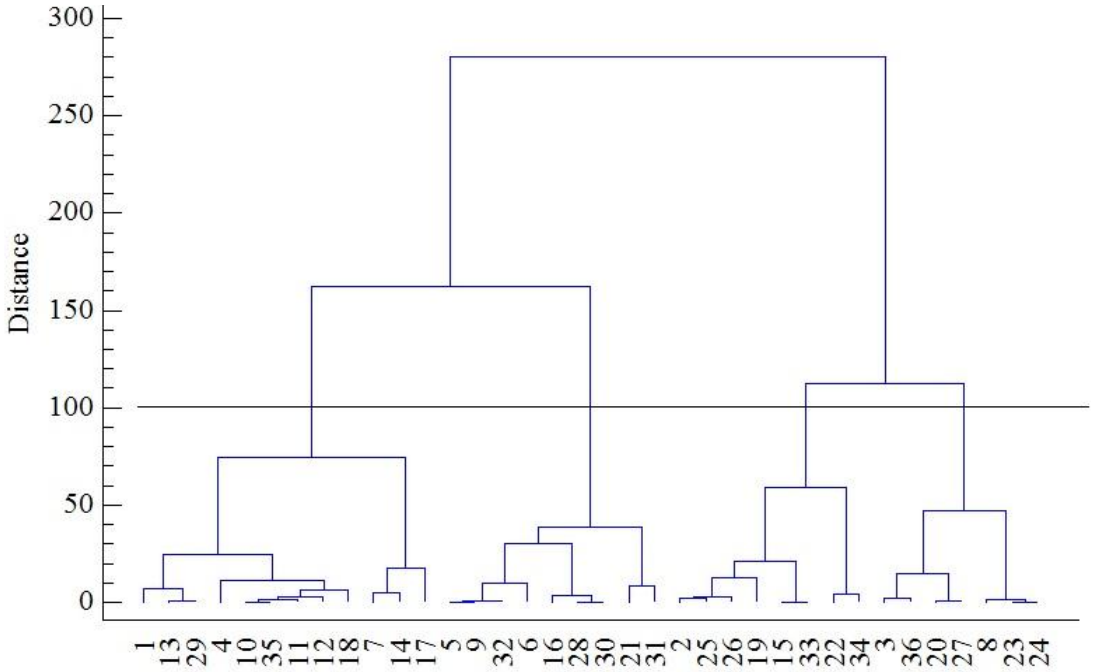
شکل ۳- نمودار سه بعدی برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی با استفاده از عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys)، بدن تنش (Yp) و شاخص تحمل به تنش (STI)
Figure 3. Three dimensional graph for selection of drought tolerant genotypes using grain yield under stress (Ys) and non-stress (Yp) conditions and stress tolerance index (STI)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی به روش Ward's و با مربع فاصله اقلیدسی انجام شد (شکل ۴). ژنوتیپ‌ها در چهار گروه قرار گرفتند. در گروه اول ژنوتیپ‌هایی قرار گرفتند که عملکرد دانه بالا تحت شرایط تنش (Ys) و مقادیر پایین شاخص‌های SSI و TOL را داشتند. این گروه شامل ژنوتیپ‌های شماره ۲۴، ۲۳، ۸، ۲۷، ۲۰، ۳۶ و ۳ می‌باشد که در بای‌پلات در ناحیه متحمل به خشکی و در نمودار سه بعدی در ناحیه C طبقه‌بندی فرناندز قرار گرفته بودند. در گروه دوم ژنوتیپ‌های شماره ۳۴، ۲۲، ۳۳، ۱۵، ۱۹، ۲۶، ۲۵ و ۲ قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش (Ys) و بدون تنش خشکی (Yp) و بیشترین مقادیر شاخص‌های MP، GMP و STI را دارند و در بای‌پلات در ناحیه متحمل به خشکی و در نمودار سه بعدی در ناحیه A طبقه‌بندی فرناندز قرار دارند. در گروه سوم ژنوتیپ‌های شماره ۳۱، ۲۱، ۳۰، ۲۸، ۱۶، ۶، ۳۲، ۹ و ۵ قرار گرفته‌اند که عملکرد دانه پایین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش و مقادیر بالای SSI و TOL قرار دارند و به عنوان گروه حساس به تنش خشکی شناخته می‌شوند. ژنوتیپ‌های موجود در این گروه در بای‌پلات در ناحیه حساس به تنش خشکی قرار گرفته‌اند. در گروه چهارم ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه پایین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش و مقادیر پایین شاخص‌های SSI و TOL قرار گرفته‌اند. در این گروه ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۱۴، ۷، ۱۸، ۱۲، ۱۱، ۳۵، ۱۰، ۴، ۲۹، ۱۳ و ۱ قرار دارند که در بای‌پلات در ناحیه حساس به خشکی و در نمودار سه بعدی در ناحیه D طبقه‌بندی فرناندز قرار دارند.

در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که آبیاری تمیلی تاثیر معنی‌داری بر روی افزایش عملکرد ژنوتیپ‌ها داشت. شاخص‌های MP، GMP و STI همبستگی مثبت و معنی‌دار با علکرد دانه در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی داشتند و به عنوان بهترین شاخص‌ها برای گزینش ارقام مقاوم به تنش خشکی معرفی شدند. بر اساس این شاخص‌ها و تجزیه آماری چند متغیره بر اساس شاخص‌های تحمل تنش و عملکرد دانه در هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی ژنوتیپ‌های ۲۲، ۳۴، ۳۳ و ۱۵ به عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول و متحمل تنش خشکی انتخاب شند.



شکل ۴- دندوگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۳۶ ژنوتیپ گندم نان بر اساس عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش خشکی و شاخص‌های تحمل به خشکی با استفاده از روش Ward's

Figure 4. Dendrogram of cluster analysis of 36 bread wheat genotypes based on grain yield under stress (Ys) and non-stress (Yp) conditions and drought tolerance indices using Ward's method

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]

منابع

1. Aghaee Sarbarzeh, M., M. Rostaee, R. Mohammadi, R. Haghparast and R. Rajabi. 2009. Determination of drought tolerant genotypes in bread wheat. Electronical journal of crop production, 2(1): 1-23 (In Persian).
2. Aghaee-Sarbarzeh, M. and M. Rostaee. 2008. Responses genotypes advanced bread wheat to drought stress conditions in cold and cold temperate. Abstracts of 10th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding, 18-20, August. Karaj- Iran, 217 pp (In Persian).
3. Blum, A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC, Inc., pp: 43-77.
4. Blum, A. 2005. Mitigation of drought stress by crop management. Available online at: http://www.plant stress.com.
5. Bouslama, M. and W.T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. I: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science Journal, 24: 33-937.
6. Calhoum, D.S., C. Gebeyehu, A. Miranda, S. Rajaram and M. Van Ginkel. 1994. Choosing evaluation environments to increase grain yield under drought conditions. Crop Science, 34: 673-678.
7. Chaves, M.M. and M.M. Oliveira 2004. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: Prospects for water-saving agriculture. Journal of Experimental Botany, 407: 2365-2385.
8. Dhanda, S.S. and G.S. Sethi. 2002. Tolerance to drought stress among selected Indian wheat cultivars. Journal of Agricultural Science, 139: 319-326.
9. Eslami R., M. Tajbakhsh, A.A. Ghafari, M. Roustaei and I. Barnousi. 2011. Evaluation of drought tolerance in drylands wheat genotypes under different moisture conditions. Electronical journal of crop production, 5(2): 129-143 (In Persian).
10. Falconer, D.S. 1990. Selection in different environments: effects on environmental sensitivity and on mean performance. Genetics Research, 56: 57-70.
11. Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the international symposium on adaptation of vegetable and other food crops to temperature water stress, 13-18, August. Taiwan. pp: 257.
12. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.
13. Ilker, E., O. Tartar, F. Aykut-Tonk and M. Tosun. 2011. Determination of tolerance level of some wheat genotypes to post-anthesis drought. Turkish Journal of Field Crop, 16(1): 59-63.
14. Kamrani, M., A. Farzi and A. Ebadi. 2015. Evaluation of grain yield performance and tolerance to drought stress in wheat genotypes using drought tolerance indices. Cereal Research, 5(3): 231-246 (In Persian).
15. Kamrani, M., A. Farzi and M. Shiri. 2017. Evaluation of Drought Tolerance in Some wheat Genotypes using Drought Tolerance Indices. Journal of Crop Breeding, 9: 9-17 (In Persian).
16. 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(1): 129-142 (In Persian).
17. 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. 24-26, August. karaj, Iran, pp: 563.
18. Kobota, T.J., A. Palta and N.C. Turner. 1992. Rate of development of postanthesis Water deficits and grain filling of Spring Wheat. Crop Science, 32: 1238-1242.
19. 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(1): 14-29.
20. 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(3): 255-272 (In Persian).
21. Mohammadnia, S., A. Asghari, O. Sofalian, H. MohammaddoustChamanAbad and R. Karimizadeh. 2016. Evaluation of Durum Wheat Lines using Drought Stress Indices. Journal of Crop Breeding, 14: 41-53 (In Persian).
22. Nouri, A., A. Etminan, J.A. Teixeira da Silva and R. Mohammadi. 2011. Assessment of yield, yield-related traits and drought tolerance of durum wheat genotypes (*Triticum turjidum* var. durum Desf.), Australian Journal of Crop Science, 5(1): 8-16.
23. Oweis, T. 1997. Supplemental Irrigation: A highly efficient water-use practice. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.
24. Passioura, J. 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. Journal of Experimental Botany, 2: 113-117.
25. Roostaei, M. 2015. Effect of Supplementary Irrigation on Grain Yield and some Agronomic Traits of Bread Wheat Genotypes in Maragheh Conditions of Iran. Seed and Plant Improvement Journal, 1-31: 205-225 (In Persian).
26. Rosielli, A. and J. Hamblin. 1981. Theoritical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science, 21: 943-946.
27. Saba, J., M. Moghaddam, K. Ghassemi and M.R. Nishabouri. 2001. Genetic properties of drought resistance indices. Journal of Agricultural Science and Technology, 3: 43-49 (In Persian).
28. Sadeghzade-Ahari, D. 2006. Evaluation of drought stress tolerance in durum elite wheat genotypes. Iranian Journal of Agricultural Science, 8: 30-45 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]

29. 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(1): 57-71 (In Persian).
30. 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.
31. Stone, L.R. and A.J. Schlegel. 2006. Yield-water supply relationships of grain sorghum and winter wheat. Agronomy journal, 98: 1359-1366.
32. Vij, S. and A.K. Tyagi. 2007. Emerging trends in the functional genomics of the abiotic stress response in crop plants. Journal of Plant Biotechnology5: 361-380.
33. Yan, W. and M.S. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists and Agronomists. CRC Press LLC, Boca Roton, Florida.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]

Identification of Drought Tolerant Genotypes in Dryland Wheat using Drought Tolerance Indices

Morteza Kamrani[1], Asghar Mehraban[2] and Manouchehr Shiri[3]

1- Associated Professor, University of Mohaghegh Ardabili.
(Corresponding author: kamrani@uma.ac.ir)
2- Assistant Professor, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ardabil, Iran.
3- Assistant Professor, University of Mohaghegh Ardabili
Received: January 6, 2018 Accepted: April 3, 2018

Abstract

Among different environmental stresses, drought is of great importance that induces a highly negative effect on crop production. In order to evaluate drought tolerance in dryland wheat genotypes, 36 genotypes were studied in a randomized complete block design with three replications under rainfed (drought stress) and supplemental irrigation conditions during 2016–2017 growing season in Research Farm of Moghan College of Agriculture and Natural Resources. Results showed that there are significant differences among genotypes for grain yield in both rainfed and supplemental irrigation conditions. Combined analysis of variance over two experiments showed that drought stress significantly increased grain yield. Under supplemental irrigation conditions, the genotypes 22, 34 and 21 had the highest grain yield by an average of 3.143, 3.089 and 2.921 t/ha and under rainfed condition, genotypes 20, 22 and 27 produced the highest grain yield with an average of 2.647, 2.610 and 2.558 t/ha, respectively. In order to identify drought tolerance genotypes, drought resistant indices such as tolerance index (TOL), stress susceptibility index (SSI), mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP), stress tolerance index (STI) and yield stability index (YSI) were used. GMP, MP and STI indices were highly correlated with grain yield under both stress and non-stress conditions. Therefore, they were introduced as suitable indices to identify superior genotypes for both environmental conditions. Based on principal component analysis and three dimensional graph, genotypes 22, 34, 33 and 15 were identified as drought tolerant genotypes and 7, 17, 14 and 1 were identified as drought sensitive genotypes. Cluster analysis with Ward's method based on grain yield under supplemental irrigation (Yp) and rainfed (Ys) conditions and drought tolerance indices divided the 36 genotypes into four major groups. Therefore, this result was consistent by results from principal component analysis.

Keywords: Bread wheat, Supplemental irrigation, Drought stress, Grain yield, Drought tolerance indices

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.29252/jcb.10.28.13]