دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ارقام و لاین‌های پیشرفته گندم پاییزه

علی‌رضا خانی‌زاده[۱]، وراهرام رشیدی[۲]، علی رضا عیوضی[۳]، ابراهیم خلیل‌وند بهروزیار[۴] و مهرداد یارنیا[۵]

۱- دانشجوی دکترای اصلاح نباتات ، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران (نویسنده مسوول: rashidi.varahram@gmail.com)
۳- استادیار، بخش تحقیقات نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۵- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۷
صفحه: ۱۹۳ تا ۲۰۹

چکیده

به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی بر روی ۱٤ رقم و لاین پیشرفته گندم پاییزه و جهت تعیین تحمل نسبی آنها با استفاده از کارآیی انتخاب شاخص‌های مختلف مقاومت به خشکی که در مراحل نهایی آزاد سازی بعنوان واریته‌های گندم نان در مرکز تحقیقات استان آذربایجان غربی قرار داشتند؛ دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ انجام گردید. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه می‌گردد. در شرایط عدم تنش خشکی ژنوتیپ‌های ٤، ۱۲ و ۱۳ بیشترین عملکرد دانه را دارا بوده ولی در شرایط تنش خشکی اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد دانه مشاهده نگردید. نتایج تجزیه همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه نشان داد که عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) با شاخص‌های STI، HARM و GMP دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار بوده و این شاخص‌ها می توانند معیار مناسبی برای لاین‌های متحمل به خشکی باشند. همچنین نتایج حاصل از تجزیه به مولفه های اصلی نشان داد که این چهار شاخص بهترین شاخص‌ها جهت شناسایی ارقام متحمل به تنش بودند. در واقع این شاخص‌ها بهتر از سایر شاخص‌ها، ژنوتیپ‌های گروه A فرناندز را از سایر گروه‌ها مجزا ساختند. در تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس کلیه شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در هر دو شرایط بدون تنش و تنش در ۳ گروه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های شماره ٤، ۱۱ و ۱۲ که بعنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌های این آزمایش معرفی شدند به همراه چند ژنوتیپ دیگر در گروه دوم قرار داشته و این گروه از نظر اکثر شاخص‌های تحمل به تنش خشکی از میانگین بالاتری نسبت به میانگین کل برخوردار بودند. درصد انحراف از میانگین این گروه نسبت به دو گروه دیگر کمتر بود و نتایج سایر روش‌های مورد استفاده در این تحقیق را مورد تایید قرار داد. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از بررسی مقدار عددی شاخص‌ها و همچنین همبستگی آنها با عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش شاخص‌های STI، MP، GMP و HARM بهترین شاخص‌های تحمل به تنش و ژنوتیپ‌های شماره ٤، ۱۱ و ۱۲ بعنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌های مورد تحقیق شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، تنش خشکی، شاخص‌های مقاومت به خشکی، گندم نان

مقدمه

گندم یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی و تامین‌کننده غذای اصلی حدود یک سوم از مردم جهان بوده و نقش بسیار مهمی در تامین امنیت غذایی انسان دارد، اما میزان تولید آن متاسفانه تحت تاثیر عوامل محیطی به ویژه تنش خشکی قرار گرفته است. (۱۴). با توجه به محدودیت ذخایر آب موجود در سراسر جهان باید سیاست‌های کشاورزی جهت افزایش تولید گندم نان، تدوین برنامه‌های استراتژیک در سطح جهان برای تحقیقات در زمینه این گیاه، تشویق سرمایه گذاری کارآمد در این جهت و توسعه ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط تنش خشکی صورت بپذیرد (۱۲). تغییرات آب و هوایی منجر به خشکسالی در برخی کشورها شده است که باید با توسعه ارقام متحمل به خشکی، بهره وری تولید گندم نان افزایش یابد (۹). بنابراین ارزیابی عملکرد دانه گیاه، مهم‌ترین شاخص جهت شناسایی ارقام سازگار به محیط دارای تنش می باشد (۳۲). کمبود شدید آب موجب ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی، متابولیکی و مورفولوژیکی قابل توجهی در گندم می شود و در نهایت عملکرد و کیفیت نانوایی محصول را کاهش می‌دهد (۲۰). به گزارش فائو (۲۰۱۳) ۹۰ درصد کشور ایران در نواحی خشک و نیمه خشک واقع شده است .

یکی از راه کارهای اساسی غلبه بر مشکلات ناشی از تنش، انتخاب ارقام مقاوم و اصلاح ژنوتیپ‌های سازگار می باشد (۶). در این راستا، روش‌های مختلفی برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی پیشنهاد گردیده است. بطوری‌که عده ای از محققین گزینش تحت شرایط عدم وجود تنش را برای بهبود تحمل و مقاومت نسبی پیشنهاد نموده‌اند (۲۸). سایر محققین انتخاب تحت شرایط تنش را مناسب تر دانسته‌اند (۲۹،۱۳). در حالی که تعداد دیگری از محققین راه بینابین، یعنی انتخاب تحت شرایط عدم تنش و در عین حال شرایط تنش را پیشنهاد کرده‌اند (۸، ۱۰، ۱۱ و ۲۴). در این رابطه زبرجدی و همکاران (۳۳) به منظور ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم دوروم و معتمدی و صفری (۲۵) در بررسی تحمل به تنش خشکی در برخی از ارقام گندم نان، آزمایش‌هایی را تحت دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]

انجام دادند. آنها بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی (تنش و عدم تنش) مشاهده کردند. مجموعا برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم چندین معیار پیشنهاد شده است، یکی از آنها انتخاب بر اساس شاخص‌های مقاوم به تنش خشکی است. بر این اساس ژنوتیپ‌های مقاوم انتخاب می شوند. فیشر و مورر (۱۱) با محاسبه شاخص شدت تنش [۱](SSI) جهت تعیین میزان حساسیت ژنوتیپ‌ها به خشکی، شاخص حساسیت به خشکی را پیشنهاد کرده و اظهار داشتند که مقدار SSI کمتر از یک نشان‌دهنده مقاومت ژنوتیپ به خشکی است. شاخص تحمل به تنش [۲](STI) توسط فرناندز (۱۰) معرفی گردید و بنام شاخص تحمل به تنش معروف است. هر چه مقدار STI بیشتر باشد نشان دهنده تحمل بیشتر نسبت به خشکی است و عملکرد بالقوه بیشتر است. این شاخص قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و متحمل به خشکی است. شاخص بهره‌وری متوسط[۳] (MP) در سال ۱۹۸۱ توسط رزیل و هامبلین معرفی شد. ارقام متحمل‌تر دارای مقادیر بیشتر MP می‌باشند. شاخص میانگین هندسی بهره‌وری [۴](GMP) توسط فرناندز (۱۰) به همراه شاخص STI معرفی شد. این شاخص حساسیت کمتری به مقادیر بسیار متفاوت Yp و Ys دارد و بیشتر بودن آن نشانه تحمل بیشتر به تنش است. همچنین شاخص میانگین هارمونیک [۵](HARM) توسط فرناندز (۱۰) و شاخص تحمل نیز توسط رزیل و هامبلین (۳۰) توصیه گردید. فرناندز (۱۰) با بررسی عملکرد گیاه لوبیا در دو محیط تنش و بدون تنش، ژنوتیپ‌ها را از نظر واکنش به دو محیط در چهار گروه طبقه بندی کرد: گروه A (ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط عملکرد بالایی داشتند) گروه B (ژنوتیپ‌هایی که فقط در محیط بدون تنش عملکرد بالایی دارند) گروه C (ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش عملکرد خوبی دارند) گروه D (ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط عملکرد پایینی دارند).

ژنوتیپ‌های گزینش شده بر اساس شاخص[۶] (TOL) در شرایط بدون تنش، عملکرد کم و در شرایط تنش، عملکرد نسبتا زیادی دارند. شاخص مقاومت به خشکی [۷](DI) توسط فرناندز (۱۰) برای تعیین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و عدم تنش بکار برده شد. برای انتخاب ارقام مقاوم یا حساس به خشکی بکار بردن یک شاخص به تنهایی مطلوب نیست بلکه بهتر است مقاومت ژنوتیپ‌ها با استفاده از چند شاخص ارزیابی گردد تا احتمال پیدا نمودن ژنوتیپ‌های ایده آل افزایش یابد. بی‌همتا و همکاران (۵) شاخص‌های STI،GMP، MP و TOL را برای شناسایی بهترین ژنوتیپ‌های گندم دوروم از لحاظ پاسخ به تنش خشکی استفاده کردند. محمدی و همکاران (۲۱) از میان شاخص های تحمل به خشکی MP، GMP، STI، TOL و HARM را جهت شناسایی ارقام متحمل به تنش خشکی معرفی کردند. خاکسار و همکاران (۱۷) نشان دادند که شاخص‌های HARM، MP و GMP دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بودند و اظهار داشتند که شاخص‌های مذکور بهترین شاخص‌ها جهت شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در گندم دوروم هستند.

نورمند موید و همکاران (۲۷) گزارش کردند که شاخص STI در یافتن ژنوتیپ‌های گندم نان که پتانسیل عملکرد بالایی داشته و متحمل به تنش می‌باشند از سایر شاخص‌های معرفی شده موفق‌تر است. کرمی و همکاران (۱۶) در بررسی شاخص های کمی مقاومت به خشکی در ارقام جو به این نتیجه رسیدند که سه شاخص MP، GMP و STI نسبت به دو شاخص TOL و SSI نتیجه مناسبی را ارائه می‌کنند. در تحقیقی دیگر که توسط صادق زاده اهری بر روی گندم دوروم (۳۱) انجام گرفت شاخص‌های MP، GMP و STI به عنوان بهترین شاخص‌ها جهت شناسایی ژنوتیپهای مقاوم توصیه گردید. همچنین محمدی و همکاران (۲۱) اظهار داشتند که ژنوتیپ‌های با میزان بالای شاخص‌های GMP و STI و میزان کم SSI به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناخته شدند. با توجه به اهمیتی که گندم بعنوان یک محصول استراتژیک در کشورمان دارد و همچنین محدودیت‌های کم آبی و تنش خشکی که در سالیان اخیر کشورمان با آن درگیر می باشد، هدف از این تحقیق ارزیابی واکنش برخی از ارقام تجاری و تعدادی از لاین‌های پیشرفته اصلاحی گندم نان نسبت به تنش خشکی، شناسایی ارقام و لاین‌های متحمل و تعیین مناسب‌ترین شاخص‌های تحمل به خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی بر روی ۱۴ رقم و لاین اصلاحی گندم نان و جهت تعیین میزان تحمل نسبی آنها با استفاده از تعدادی از شاخص‌های تحمل به خشکی، این تحقیق بصورت دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی هر کدام با سه تکرار تحت دو شرایط تنش و عدم تنش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز اجرا شد. ژنوتیپ‌های مورد آزمایش عبارت بودند از پنج رقم زراعی اوروم، زارع، میهن، حیدری، نوتا و ۹ لاین پیشرفته اصلاحی که در مراحل نهایی آزادسازی بعنوان ارقام سازگار در منطقه شمالغرب کشور بودند.

پس از انجام عملیات آماده سازی زمین مورد آزمایش، ارقام و لاین‌ها بصورت ۴ خط ۶ متری با فاصله خطوط ۲۰ سانتی متری در ۲۴ ام مهرماه سال ۱۳۹۶ کشت شد. در هر دو آزمایش، دو ردیف کناری بعنوان حاشیه در نظر گرفته شد. عملکرد کل، از طریق برداشت کامل دو ردیف وسطی پس از حذف نیم متر از اول و آخر ردیف‌ها انجام پذیرفت. به منظور رشد گیاهچه‌ها در هر دو شرایط آزمایش، عمل آبیاری بصورت متداول، هفته‌ای یکبار پس از کاشت انجام گرفت. برای ایجاد شرایط تنش، آبیاری از زمان شروع مرحله سنبله دهی بطور کامل قطع گردید. آورده شده است. پس از استقرار کامل گندم‌های مورد آزمایش برای مبارزه با علف‌های هرز از سموم مربوطه و همچنین مبارزه دستی بصورت هفته‌ای یکبار استفاده گردید.

1- Stress Susceptibility Index
2- Stress Tolerance Index
3- Mean productivity
4- Geometric Mean Index
5- Harmonic Index
6- Tolerance Index
7- Drought Resistance Index

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]

پس از محاسبه عملکرد گیاهان تحت آزمایش، شاخص درصد تغییرات عملکرد هر رقم و لاین با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

درصدتغییرات عملکرد هر رقم = [(عملکرد عدم تنش− عملکرد تنش) / عملکرد عدم تنش] × ۱۰۰

تجزیه‌های آماری از جمله تجزیه واریانس مرکب برای دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی و همچنین تجزیه واریانس جداگانه برای هر دو آزمایش انجام گرفت. قبل از انجام تجزیه‌های واریانس ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون‌های کولموگروف- اسمیرنف و شاپیرو- ویک و همگنی واریانس از طریق آزمون بارتلت بررسی شد. برای مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از آزمون LSD استفاده شد و جهت اجتناب از استفاده از کدهای حرفی تنها به اشاره به مقدار LSD در پایین جداول مقایسه میانگین اکتفا گردید.

برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل و یا حساسیت به تنش، شاخص‌های زیر با استفاده از عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط عدم تنش و تنش خشکی محاسبه گردید.

۱- شاخص حساسیت به تنش (SSI):

$$SSI = \frac{1-\frac{Ys}{Yp}}{SI} \qquad SI = 1 - \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}$$

۲- شاخص تحمل به تنش (STI):

$$STI = \frac{(Y_s \times Y_p)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

۳- شاخص تحمل (TOL):

$$TOL = Y_p - Y_s$$

۴- شاخص بهره وری (MP):

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

۵- شاخص میانگین هارمونیک (HARM):

$$HARM = \frac{(Y_p \times Y_s)}{(Y_p + Y_s)}$$

۶- شاخص میانگین هندسی (GMP):

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

۷- شاخص درصد حساسیت به تنش (SSPI):

$$SSPI = \left[\frac{(Y_p - Y_s)}{2(\bar{Y}_p)}\right] \times 100$$

۸- شاخص خشکی نسبی (RDI):

$$RDI = \frac{(\frac{Y_s}{Y_p})}{(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p})}$$

۹- شاخص میزان محصول محیط غیر تنش به تنش (SNPI):

$$SNPI = \left[\sqrt[3]{(Y_p + Y_s)/(Y_p - Y_s)}\right] \times [\sqrt[3]{Y_p \times Y_s \times Y_s}]$$

در معادلات بالا $\bar{y}_s$، $\bar{y}_p$، y_s و y_p به ترتیب میانگین عملکرد در شرایط تنش و نرمال برای هر ژنوتیپ و عملکرد در شرایط تنش و نرمال برای کلیه ژنوتیپ‌ها می‌باشد.

پس از محاسبه شاخص‌های مختلف، جهت تعیین بهترین شاخص تحمل به تنش، همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش آبی (Yp , Ys) با شاخص‌های تحمل به تنش محاسبه گردید و شاخص‌هایی که همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط را داشتند بعنوان بهترین شاخص معرفی شدند (۲۷). همچنین برای بررسی دقیق تر ارقام متحمل به تنش آبی از تجزیه به مولفه‌های اصلی برای شاخص‌های تحمل به تنش مورد آزمایش استفاده گردید و با توجه به روابط بین مولفه‌ها و شاخص‌های مورد اندازه‌گیری، نمودار بای پلات برای شناسایی ارقام نسبتا متحمل ترسیم شد. با استفاده از تجزیه خوشه‌ای نیز ارقام و لاین‌های مورد آزمایش در گروه‌های جداگانه تفکیک شدند. در انتها، ارقام نسبتا متحمل به تنش خشکی برای شرایط آب و هوایی منطقه شمالغرب ایران شناسایی شدند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS، EXCEL و Minitab استفاده شد.

نتایج و بحث

در این پژوهش، مهم‌ترین متغیر مورد اندازه‌گیری، عملکرد دانه در واحد سطح در دو شرایط نرمال (Yp) و تنش آبی (Ys) بود که با اندازه گیری آن میزان تغییرات برای هر لاین و رقم و شاخص‌های مختلف تحمل به تنش آبی محاسبه شد. شدت تنش (SI) در این آزمایش معادل ۰/۳۰ بود (۱۱).

درصد تغییرات عملکرد برای ارقام و لاین های مورد آزمایش

نتایج نشان داد (جدول ۱) که از نظر معیار درصد تغییرات عملکرد، ژنوتیپ شماره ۳ با ۷/۴۴ درصد و ژنوتیپ شماره ۹ با ۱۴/۱۲ درصد دارای کمترین درصد تغییر و ژنوتیپ شماره ۱۲ با ۳۹/۲۶ درصد و ژنوتیپ شماره ۴ با ۳۹/۰۷ دارای بیشترین درصد تغییرات عملکرد بودند و سایر ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در بین این دو گروه قرار گرفتند. بنابراین بر اساس معیار درصد تغییرات می‌توان دو ژنوتیپ اول را متحمل به تنش کم آبی و دو ژنوتیپ دیگر را بعنوان حساس به تنش و سایر ژنوتیپ‌های مورد آزمایش را نیمه متحمل نام‌گذاری نمود. چوگان و همکاران (۷) و محمدی و همکاران (۲۱) نیز، معیار درصد تغییرات عملکرد را جهت شناسایی ارقام با تحمل نسبی پیشنهاد نموده اند.

تجزیه واریانس مرکب

تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در دو شرایط عدم وجود تنش و تنش خشکی نشان داد که محیط و همچنین تفاوت بین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). میانگین عملکرد دانه برای کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط عدم تنش و تنش خشکی به ترتیب ۵۶۶۸ و ۳۹۷۰ گرم بر واحد سطح (۶ متر مربع) بود. تنش خشکی موجب کاهش ۳۰ درصد از عملکرد دانه در مقایسه با شرایط عدم تنش گردید. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط غیرمعنی‌دار بود که

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]

نشانگر پاسخ مشابه ژنوتیپ‌ها به هر دو محیط می باشد. بعبارت بهتر عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی کاهش یافته و در شرایطی که میزان آب کافی به آنها رسیده است از عملکرد بالاتری برخوردار بوده‌اند. زبرجدی و همکاران (۳۳) و معتمدی و صفری (۲۵) نیز اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی (تنش و عدم تنش خشکی) مشاهده کردند. نقوی و همکاران (۲۶) در ارزیابی ارقام گندم بهاره از نظر صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و زراعی تحت تنش خشکی تفاوت معنی‌داری را بین ارقام مشاهده نمودند. آنها همچنین تفاوت معنی‌داری، تحت تنش خشکی برای اثر متقابل تنش و کلیه صفات مورد بررسی گزارش نمودند. در آزمایش آنها عملکرد دانه معنی‌دار بود که نشان‌دهنده واکنش‌های متفاوت ارقام تحت تنش خشکی می باشد. تجزیه واریانس جداگانه نیز نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد در شرایط عدم تنش وجود داشت ولی در شرایط تنش خشکی اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد. علت عدم معنی‌دار بودن اثر متقابل محیط و ژنوتیپ‌ها در این آزمایش احتمالا به شدت تنش مربوط می باشد که ممکن است با بارندگی ناخواسته تعدیل گردیده باشد.

جدول ۱- درصد تغییرات عملکرد دانه در دو شرایط عدم تنش و تنش آبی برای ارقام و لاین‌های مختلف مورد آزمایش

Table 1. Percentage of grain yield changes in two conditions of no stress and water stress for different genotypes

ژنوتیپ‌ها	عملکرد در شرایط بدون تنش	عملکرد در شرایط تنش خشکی	درصد تغییرات عملکرد دانه
Oroum	۴۷۷۶	۳۲۷۸	۳۱/۳۷
Zareh	۶۱۲۸	۴۰۹۰	۳۳/۲۶
Mihan	۵۱۲۳	۴۷۴۲	۷/۴۴
Haydari	۷۴۸۹	۴۵۶۳	۳۹/۰۷
Alvd/Bezostaya/3/Alvd//SW89.3064/Borl 95	۵۶۹۲	۴۰۳۹	۲۹/۰۴
CMH82A.678//Yaco/2*Parus/3/2*Alvd	۴۹۶۷	۳۵۴۱	۲۸/۷۱
Pishtaz/MV17	۵۵۲۷	۳۶۱۳	۳۴/۶۳
Rsk/CA8055//Cham6/7/362K2.111/6/Nkt…	۴۸۲۲	۳۴۸۸	۲۷/۶۶
Nota	۴۵۵۴	۳۹۱۱	۱۴/۱۲
Ji5418/Maras//Shark/F4105W2.1	۶۰۸۶	۳۸۸۰	۳۶/۲۵
Charger/OWL 85224*-3H-*O-*HOH//Alvd	۵۹۸۰	۴۳۷۰	۲۶/۹۲
Shark-1/3/Agri/Bjy//Vee/4/Shark/F4105W2.1	۷۱۳۰	۴۳۳۱	۳۹/۲۶
Bluegil-2/Bucur//Sirena	۶۱۶۶	۴۱۵۹	۳۲/۵۵
Or2071681	۴۹۱۰	۳۵۷۳	۲۷/۲۳

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه

بعلت عدم معنی‌دار شدن اثر متقابل محیط در ژنوتیپ و جهت انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد دانه مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها به تفکیک شرایط عدم تنش و تنش خشکی با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت (جدول ۴). نتایج حاصل نشان داد که در شرایط عدم تنش ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۱۲ و ۱۰ به ترتیب با ۷۴۸۹، ۷۱۳۰ و ۶۰۸۶ گرم در واحد سطح دارای بیشترین عملکرد دانه بوده و ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۹ به ترتیب با ۴۷۷۶ و ۴۵۵۴ گرم بر واحد سطح دارای کمترین میزان عملکرد دانه بودند. در شرایط تنش خشکی اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نگردید. علت این امر را می‌توان پاسخ یکنواخت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به شرایط کمبود آب ذکر نمود.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه برای ارقام و لاین‌های مختلف تحت شرایط نرمال و تنش خشکی

Table 2 . Combined analysis of variance of grain yield

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
محیط	۱	۶۰۵۵۰۶۸۰/۰۵**
تکرار × محیط	۴	۱۶۵۹۵۰۴/۳۳
ژنوتیپ	۱۳	۲۲۰۸۷۵۴/۳۰**
ژنوتیپ × محیط	۱۳	۷۴۶۲۰۹/۵۶^{ns}
خطای آزمایش	۵۲	۵۵۲۸۹۸/۶۸
ضریب تغییرات ٪	----	۱۵/۴۳

ns: عدم اختلاف معنی‌دار *: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد **: اختلاف بسیار معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد دانه برای ارقام و لاین‌های مختلف به تفکیک شرایط آزمایش (نرمال و تنش خشکی)
Table 3. Analysis of variance of grain yield by test conditions (normal and drought stress)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (عدم تنش)	میانگین مربعات (تنش خشکی)
بلوک	۲	۱۶۹۹۹۷۶/۶۰^{ns}	۱۶۱۹۰۳۲/۰۷*
ژنوتیپ	۱۳	۲۳۸۱۶۵۹/۷۳**	۵۷۳۳۰۴/۱۳^{ns}
خطای آزمایش	۲۶	۷۴۴۰۰۴/۰۰	۳۶۱۷۹۳/۳۵
ضریب تغییرات ٪	------	۱۵/۲۲	۱۵/۱۵

ns: عدم اختلاف معنی‌دار *: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد **: اختلاف بسیار معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) در شرایط تنش اختلاف معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه مشاهده نشد و همچنین با در نظر گرفتن مقایسه میانگین صفت عملکرد دانه (جدول ۴) اکثر ارقام در شرایط عدم تنش از میانگین عملکرد دانه غیر معنی‌داری برخوردار بودند. دلیل این امر را می‌توان گزینش ژنوتیپ‌های موجود در این تحقیق از یک کار اصلاحی وسیع در مورد گندم نان در منطقه شمال غرب کشور بر شمرد که همگی ارقام و لاین‌های موجود جزو بهترین ارقام و لاین‌های انتخابی بودند لاین‌های انتخابی در آستانه آزاد سازی بعنوان ارقام جدید و پر محصول و همچنین متحمل به شرایط تنش در منطقه می‌باشند. دلیل دوم برای این موضوع نیز بارندگی غیر متعارف در زمان اجرای آزمایش و اعمال تنش خشکی در محل انجام آزمایش می تواند باشد که ممکن است موجب اختلال در اعمال تنش خشکی در این تحقیق است.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه برای ارقام و لاین‌های مختلف در شرایط عدم تنش و تنش
Table 4 . Comparison of average grain yield under non-stress and stress conditions

ژنوتیپ	کد ژنوتیپ	عملکرد دانه (عدم تنش) (gr/ 6m^2)	عملکرد دانه (تنش) (gr/ 6m^2)
Oroum	۱	۴۷۷۶	۳۲۷۸
Zareh	۲	۶۱۲۸	۴۰۹۰
Mihan	۳	۵۱۲۳	۴۷۴۲
Haydari	۴	۷۴۸۹	۴۵۶۳
Alvd/Bezostaya/3/Alvd//SW89.3064/Borl 95	۵	۵۶۹۲	۴۰۳۹
CMH82A.678//Yaco/2*Parus/3/2*Alvd	۶	۴۹۶۷	۳۵۴۱
Pishtaz/MV17	۷	۵۵۲۷	۳۶۱۳
Rsk/CA8055//Cham6/7/362K2.111/6/Nkt…	۸	۴۸۲۲	۳۴۸۸
Nota	۹	۴۵۵۴	۳۹۱۱
Ji5418/Maras//Shark/F4105W2.1	۱۰	۶۰۸۶	۳۸۸۰
Charger/OWL 85224*-3H-*O-*HOH//Alvd	۱۱	۵۹۸۰	۴۳۷۰
Shark-1/3/Agri/Bjy//Vee/4/Shark/F4105W2.1	۱۲	۷۱۳۰	۴۳۳۱
Bluegil-2/Bucur//Sirena	۱۳	۶۱۶۶	۴۱۵۹
Or2071681	۱۴	۴۹۱۰	۳۵۷۳
LSD 5%	--	۱۴۴۸	۱۰۱۰

ضریب همبستگی ساده بین شاخص‌های مختلف و عملکرد دانه تحت دو شرایط نرمال و تنش خشکی

طبق نظر فرناندز (۱۰) ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکردشان در محیط‌های بدون تنش و تنش دار به چهار گروه تقسیم می شوند. لذا برای تعیین بهترین شاخص، همبستگی بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد آزمایش تحت دو شرایط عدم تنش و تنش کم آبی با شاخص‌های تحمل به تنش محاسبه گردید(جدول ۵). نتایج نشان داد که بین عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش خشکی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. یعنی ژنوتیپ‌های دارای عملکرد زیاد در شرایط عدم تنش می توانند عملکرد خوبی در شرایط تنش خشکی نیز از خود بروز دهند. همچنین نتایج نشان می دهد که بین شاخص‌های تحمل به تنش کم آبی با عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش همبستگی‌های معنی‌داری مشاهده می‌گردد بطوری که شاخص‌های STI، HM و GMP همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط عدم تنش و تنش دارند؛ شاخص RDI همبستگی منفی و بسیار معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط نرمال داشت. با توجه به ضریب همبستگی ساده بین عملکرد دانه در دو شرایط عدم تنش و تنش با شاخص‌های مختلف تحمل به تنش مشخص می گردد که می‌توان از شاخص‌های STI ، HM و GMP برای شناسایی ارقام و لاین‌های متحمل به خشکی در هر دو شرایط عدم تنش و تنش و همچنین از شاخص MP جهت شناسایی ارقام و لاین‌های متحمل به تنش در شرایط عدم تنش خشکی استفاده نمود. خاکسار و همکاران (۱۷) نشان دادند که شاخص‌های HARM، MP و GMP دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بودند و بیان داشتند شاخص‌های مذکور بهترین شاخص‌ها برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر هستند. بی‌همتا و همکاران (۵) از شاخص‌های STI، GMP، MP و TOL برای شناسایی برترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ پاسخ به تنش خشکی استفاده کردند در حالیکه موسوی و همکاران (۲۴) مطلوبترین شاخص جهت انتخاب ژنوتیپ‌های گروه A را شاخص SNPI معرفی نمودند. مجیدی و همکاران (۱۹)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]

همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین شاخص‌های Yp و TOL، MP، GMP، STI و همچنین SSI گزارش کردند. آنها همچنین دریافتند که همبستگی قابل توجهی بین Ys و GMP و STI وجود دارد که نشان می‌دهد که انتخاب بر اساس این شاخص‌ها ممکن است باعث افزایش عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش شود. تحت تنش شدید، TOL، YSI و SSI برای تفکیک ژنوتیپ‌های متحمل مفیدتر بودند ، با این حال، هیچ یک از شاخص‌ها به وضوح نمی‌تواند ژنوتیپ‌های پر بازده را تحت شرایط عدم تنش و تنش مشخص کند. باید توجه داشت که هر یک از شاخص‌های تحمل به خشکی دارای اشکالاتی در تعیین نمودن متحمل‌ترین ارقام به تنش خشکی هستند لذا در تعیین بهترین رقم بر اساس هر کدام از این شاخص‌ها باید توجه ویژه ای مبذول داشت.

جدول ۵- همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و عملکرد دانه تحت دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی

Table 5. Correlation between water stress resistance indices and grain yield under both stress and non-stress conditions

	Yp	Ys	SSI	STI	TOL	MP	HM	GMP	SSPI	RDI	SNPI
Ys	۰/۶۲ *	۱									
SSI	۰/۶۵*	−۰/۱۷	۱								
STI	۰/۹۴**	۰/۸۴**	۰/۳۸	۱							
TOL	۰/۸۷**	−۰/۰۴	۰/۹۴**	۰/۶۸**	۱						
MP	۰/۹۶**	۰/۱۷	۰/۴۲	۰/۹۹**	۰/۷۰**	۱					
HM	۰/۹۱**	۰/۸۲**	۰/۳۱	۰/۹۹**	۰/۶۱*	۰/۹۹**	۱				
GMP	۰/۹۴**	۰/۸۹**	۰/۳۷	۰/۹۹**	۰/۶۶*	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱			
SSPI	۰/۸۷**	۰/۱۷	۰/۹۴**	۰/۶۸**	۱/۰۰**	۰/۷۰**	۰/۶۱*	۰/۶۶*	۱		
RDI	−۰/۶۵**	۰/۱۷	−۱/۰۰**	−۰/۳۸	−۰/۹۴**	−۰/۴۲	−۰/۳۱	−۰/۳۷	−۰/۹۴**	۱	
SNPI	−۰/۰۶	۰/۴۰	−۰/۴۴	۰/۱۱	−۰/۳۲	۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۱۳	−۰/۳۲	۰/۴۴	۱

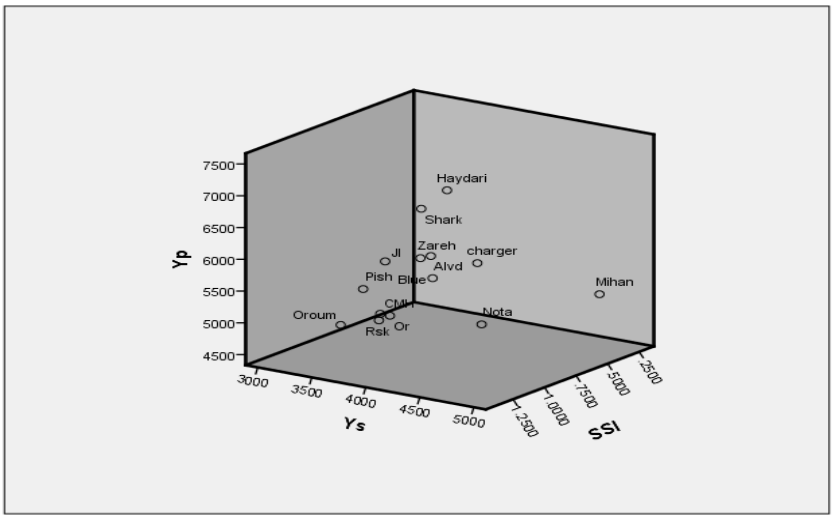
ns: عدم اختلاف معنی‌دار *: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد **: اختلاف بسیار معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

تعیین ارقام متحمل با استفاده از مقدار عددی شاخص‌های تحمل به خشکی

در جدول ۶ مقادیر عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش و همچنین مقادیر شاخص‌های تحمل به خشکی به همراه رتبه‌بندی آنها نشان داده شده است. با توجه به داده‌های جدول، ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۱۰ و ۱۲ دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۴ و ۱۲ دارای بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی بودند. با استفاده از این شاخص ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۹ و ۱۱ بعنوان ژنوتیپ‌های دارای تحمل به تنش خشکی انتخاب شدند. از بین این ژنوتیپ‌ها تنها ژنوتیپ شماره ۱۱ دارای عملکرد نسبتا بالا در شرایط عدم تنش برخوردار بود. شاخص SSI ژنوتیپ‌هایی با مقدار عملکرد نسبتا کم در شرایط عدم تنش اما دارای عملکرد تقریبا زیاد (نسبت به سایر ارقام) در شرایط تنش را انتخاب نموده است (شکل ۱). مقدار کمتر این شاخص نشانگر تحمل بیشتر یک ژنوتیپ نسبت به تنش خشکی می‌باشد. مهمترین اشکال این شاخص این است که توانایی تفکیک گروه A از گروه C را ندارد (۱۱) بطوری که در گروه A کاهش مقدار SSI به خاطر افزایش عملکرد دانه در هر دو شرایط عدم تنش و تنش می‌باشد. در حالیکه علت این کاهش در گروه C بعلت زیاد بودن مقدار نسبی محصول در شرایط تنش نسبت به شرایط عدم تنش می باشد. (۲۸). با توجه به مقدار شاخص SSI و همچنین درصد تغییرات عملکرد دانه (جدول ۱) ژنوتیپ شماره ۱۱ بعنوان ژنوتیپ متحمل به تنش خشکی و همچنین کمترین درصد تغییرات عملکرد دانه انتخاب شد.

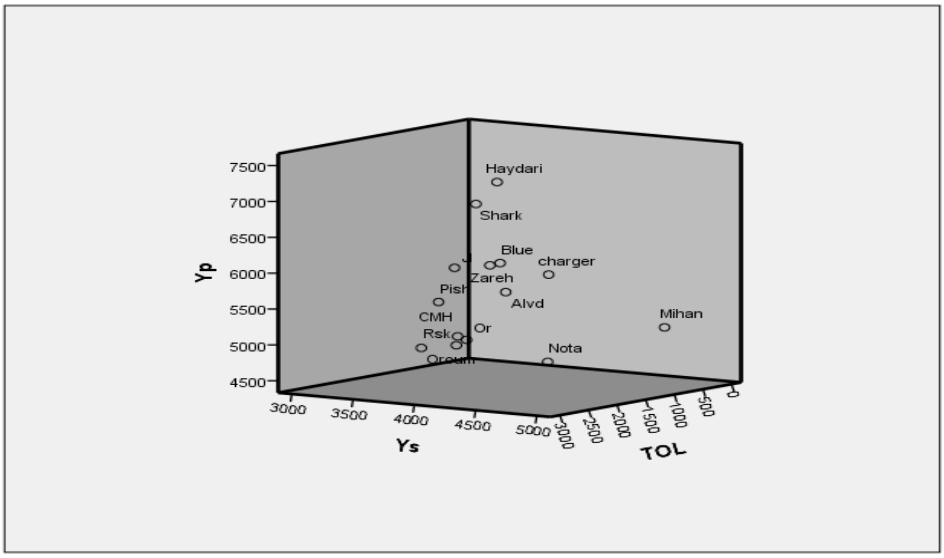
از طریق شاخص TOL، ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه کم در شرایط تنش ولی عملکرد تقریبا متوسط به بالا در شرایط عدم تنش انتخاب می‌گردند (شکل ۲). با استفاده از این شاخص ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۸ و ۹ انتخاب و هر سه از درصد تغییرات عملکرد کمی برخوردار هستند. این شاخص نیز همانند شاخص SSI دارای نقص تمایز گروه A از C می‌باشد (۱۱). در نتیجه با استفاده از این شاخص ژنوتیپ‌هایی در این تحقیق انتخاب می‌شوند که از عملکرد مطلوبی در شرایط عدم تنش و تنش برخودار نمی‌باشند و نمی‌توان به تغییرات کم درصد عملکرد دانه آنها توجه داشت.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]



شکل ۱- نمودار سه بعدی تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با استفاده از شاخص SSI

Figure 1. Three-dimensional chart Determination of drought stress tolerant genotypes using indices of SSI



شکل ۲- نمودار سه بعدی تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با استفاده از شاخص TOL

Figure 2. Three-dimensional chart Determination of drought stress tolerant genotypes using indices of TOL

با توجه به مقدار عددی شاخص STI (جدول ۶) ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۱۱ و ۱۲ بعنوان برترین ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در این تحقیق انتخاب می‌گردند. بر اساس جدول مربوطه و همچنین نمودار سه بعدی (شکل ۳) ژنوتیپ‌های انتخابی توسط این شاخص دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط عدم تنش بوده و از نظر میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش نیز با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهند. علی و همکاران (۱) با بررسی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی بر روی ۴۹ لاین گندم نشان دادند که شاخص STI به همراه شاخص‌های MP و GMP بهترین شاخص‌های تعیین لاین‌های گندم برای تحمل نسبی به تنش خشکی می‌باشند.

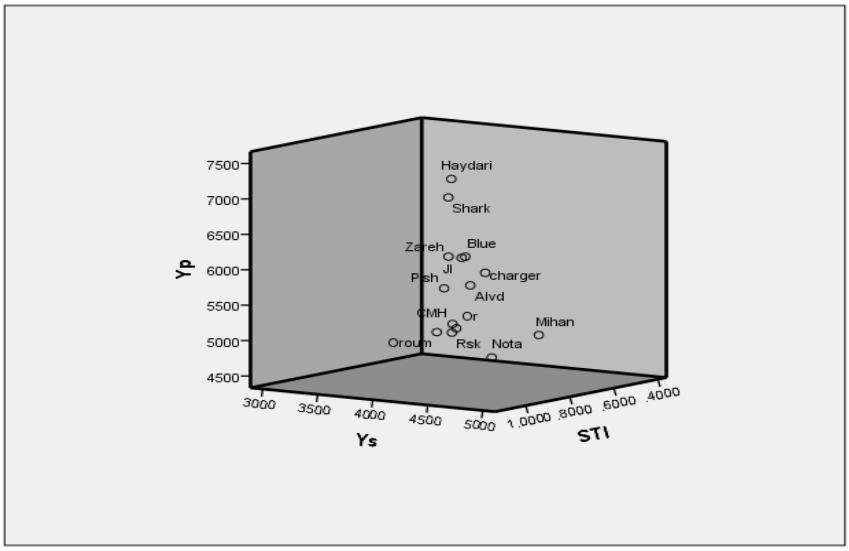
شاخص‌های MP، GMP و HARM از شاخص‌های قدیمی و معتبر می‌باشند که همگی بر اساس میانگین عملکرد دانه ارقام در هر دو شرایط عدم تنش و تنش مورد محاسبه قرار می‌گیرند. با توجه به همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار بین شاخص STI با شاخص‌های مربوطه یعنی MP و HARM و GMP همانگونه که انتظار می‌رفت ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۱۱ و ۱۲ بعنوان بهترین ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌های مربوط به میانگین انتخاب می‌شوند (شکل ۴). SSPI شاخص جدیدی است که تحمل نسبی ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی را محاسبه می‌کند. ماهیت این شاخص بر اساس مکانیسم بقای یک ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی می باشد با عدم توجه به اینکه این ژنوتیپ عملکرد دانه زیاد و یا کمی در هر دو شرایط عدم تنش و تنش داشته باشد. با استفاده از این شاخص ژنوتیپ‌هایی با درصد تغییرات عملکرد کم مورد انتخاب قرار می‌گیرند (۲۸) با تکیه بر این شاخص ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۸ و ۹ با کمترین میزان

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]

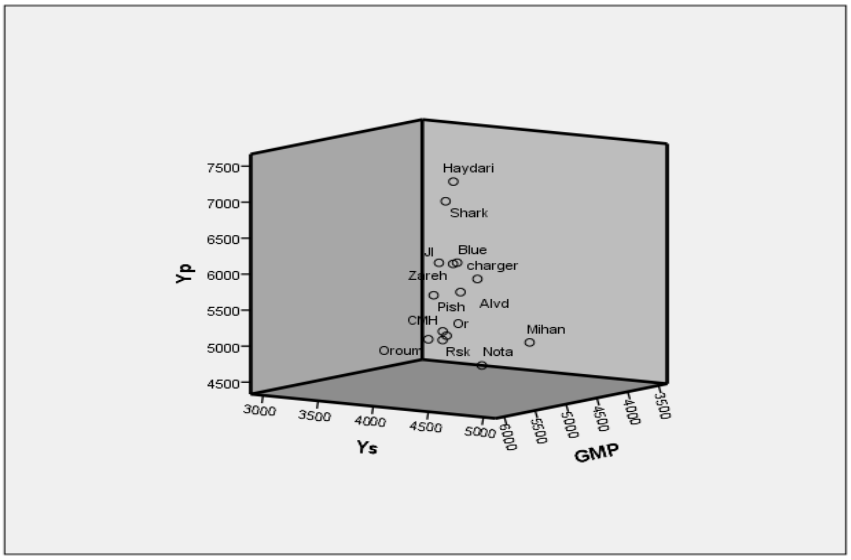
درصد تغییرات عملکرد بعنوان متحمل ترین ژنوتیپ‌ها در این تحقیق معرفی می‌شوند (شکل ۵). همان گونه که در جدول ۱ مشخص می‌باشد ژنوتیپ‌های انتخابی توسط این شاخص همگی از درصد تغییرات عملکرد مناسبی برخوردار بوده اند ولی همانگونه که انتظار می‌رفت این ژنوتیپ‌ها از عملکرد دانه مناسبی در شرایط عدم تنش و تنش خشکی برخوردار نبوده و تنها دلیل انتخاب شدن آنها توسط شاخص جدید SSPI بقای بهتر آنها در شرایط تنش خشکی بوده و نمی‌توان در این تحقیق از این ژنوتیپ‌ها بعنوان ژنوتیپ‌های برتر استفاده نمود.

این شاخص جهت انتخاب ارقامی با تحمل نسبی بالا توسط موسوی و همکاران (۲۴) نیز معرفی گردیده‌اند.

با توجه به مقدار شاخص RDI (جدول ۶) ژنوتیپ‌های شماره ۳ و ۹ بعنوان متحمل‌ترین ارقام و لاین‌ها تعیین می‌گردند که دارای کمترین درصد تغییرات عملکرد نیز می‌باشند ولی هر دو این ژنوتیپ‌ها از عملکرد دانه مناسبی در هیچ یک از شرایط این آزمایش نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار نبوده و قابل معرفی بعنوان ژنوتیپ‌های برتر و متحمل به تنش خشکی نمی‌باشند.

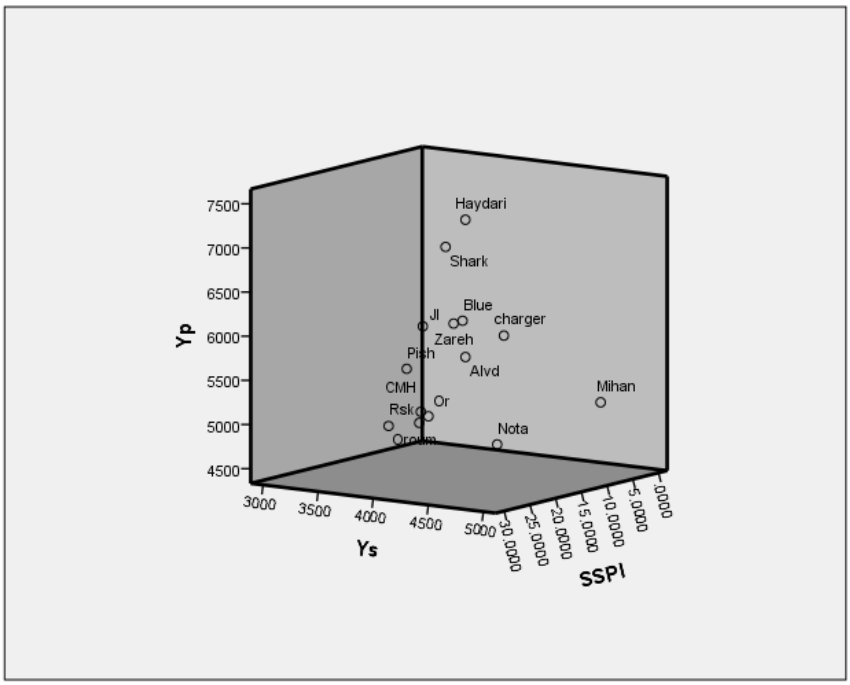


شکل ۳- نمودار سه بعدی تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با STI با استفاده از شاخص
Figure 3. Three-dimensional chart Determination of drought stress tolerant genotypes using indices of STI

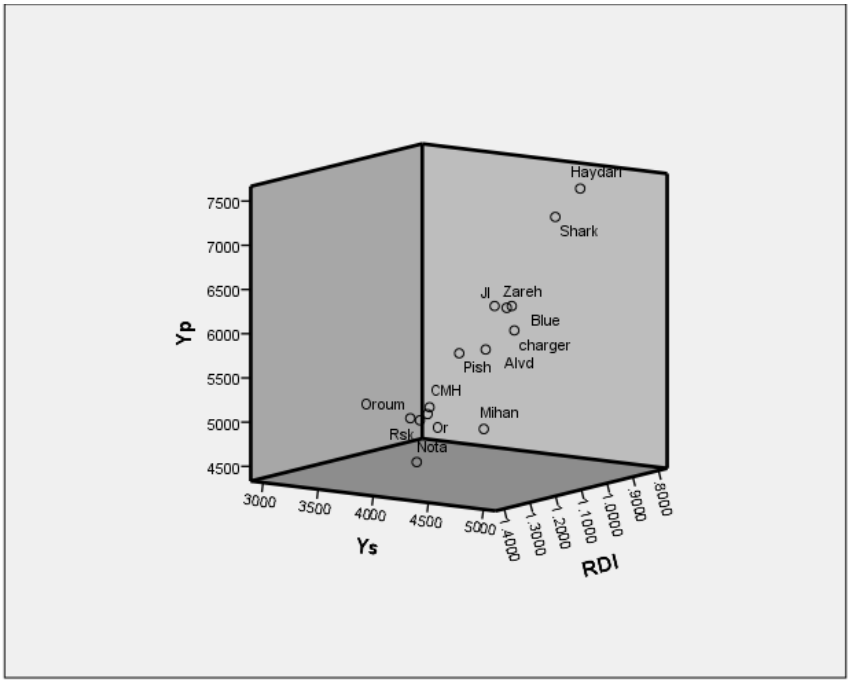


شکل ۴- نمودار سه بعدی تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با استفاده از شاخصGMP
Figure 4. Three-dimensional diagram of determination of genotypes tolerant to drought stress using of GMP index

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]



شکل ۵- نمودار سه بعدی تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با استفاده از شاخص SSPI
Figure 5. Three-dimensional chart determination of genotypes tolerant to drought stress using the index of SSPI



شکل ۶- نمودار سه بعدی تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با استفاده از شاخص RDI
Figure 6. Three-dimensional diagram of determination of genotypes tolerant to drought stress using the index of RDI

با در نظر گرفتن کلیه عوامل و شاخص‌های تحمل به تنش می‌توان در مورد ارقام و لاین‌های متحمل و حساس تصمیم گیری نمود. ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۱۱ و ۱۲ بعنوان متحمل‌ترین ارقام و لاین‌های مورد آزمایش انتخاب گردیده و دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط عدم تنش خشکی و همچنین عملکرد دانه بالا در شرایط تنش کم آبی بودند و همچنین کمترین تغییرات درصد عملکرد دانه را نیز به خود اختصاص دادند. شاخص های تحمل به خشکی STI، MP، GMP و HARM نیز مناسبترین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در این آزمایش انتخاب شدند. سایر شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق از کارآیی مناسبی برای انتخاب مناسب‌ترین ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی برخوردار نبودند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]

تعیین ارقام متحمل با استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی

تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد (جدول ۷) که بیشترین واریانس در میان داده‌ها توسط دو مولفه اول توجیه می شود، بنحوی که مولفه اول به تنهایی بیشتر از ۶۶ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمود. مولفه دوم نیز حدود ۲۸ درصد از تغییرات کل را توجیه کرد. بر اساس داده‌های جدول ۷، مولفه اول با شاخص‌های STI، GMP و HARM همچنین عملکرد دانه در شرایط عدم تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد که می‌توان این مولفه را "مولفه مقاومت به تنش خشکی" نامید یعنی هر چقدر مقدار این مولفه بیشتر باشد مطلوب تر می باشد. با توجه به اینکه مولفه دوم با شاخص‌های SSI همبستگی منفی و معنی‌داری و با عملکرد در شرایط تنش و با شاخص SNPI همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد می‌توان این مولفه را "مولفه حساسیت به تنش" نامید یعنی هر قدر مقدار این مولفه کمتر باشد نشان‌دهنده حساسیت کمتر نسبت به تنش خشکی است با در نظر گرفتن رابطه بین مولفه‌ها و شاخص‌های مورد بررسی مقادیر بالاتر مولفه اول بعلت اینکه درصد بیشتری از تغییرات را توجیه می‌نماید و مقدار مولفه دوم کمتر مد نظر قرار می‌گیرند. از این رو ناحیه ۱ نمودار بای پلات (شکل ۷) بهترین ناحیه نمودار بوده و ژنوتیپ‌ها و همچنین شاخص‌هایی که در این ناحیه قرار می‌گیرند بعنوان مطلوب‌ترین ارقام و لاین‌ها معرفی می‌شوند. بنابراین مطابق نتایج شکل بای پلات، ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۱۱ و ۱۲ بعنوان متحمل‌ترین ارقام و لاین‌های مورد مطالعه در این تحقیق معرفی می‌شوند. و همچنین شاخص‌های STI، GMP و HARM بعنوان برترین شاخص‌های مورد بررسی انتخاب شدند. نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی کاملا در راستای نتایج حاصل از بررسی ارقام و شاخص‌ها بر اساس اعداد مربوطه در این تحقیق قرار گرفتند. نتایج حاصل از تحقیقات محمدنیا و همکاران (۲۳) با استفاده از تحلیل عاملی نشان داد که ۹۸/۵۸ درصد تغییرات داده ها بین شاخص‌ها را دو عامل اول توجیه نمود. بطوری که ۵۰/۰۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را عامل اول توجیه کرد و دارای ضرایب عاملی بزرگ و مثبت برای شاخص‌های MP، HARM، GMP، STI وSNPI بود. و عامل اول را عامل تحمل تنش نام گذاری کردند. عامل دوم ۴۴/۵۶ درصد از تغییرات کل شاخص‌ها را تبیین کرد و دارای ضرایب عاملی منفی و بزرگ برای شاخص‌های DI، YSI و RDI بود. این عامل، عامل حساسیت به تنش خشکی نامیدند. علی و همکاران (۱) با انجام تجزیه به مولفه‌ها بر روی ۴۹ لاین گندم نشان دادند که حدود ۹۸ درصد از تغییرات داده‌های موجود بین شاخص‌ها توسط دو عامل اول توجیه می‌گردد.

حسن عسگری و همکاران (۴) در ارزیابی ژنوتیپ‌های جو در تحمل به شوری نشان دادند که می‌توان شاخص‌های STI، MP و GMP را بعنوان معیار مناسب به منظور گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در سطوح مختلف تنش شوری و نرمال معرفی کرد.

در پژوهشی که علی اضغری و همکاران (۳) بر روی ژنوتیپ‌های گندم دوروم انجام دادند اعلام نمودند که شاخص‌های MP، STI، HARM و GMP بعنوان بهترین شاخص‌ها برای شناسایی لاین‌های متحمل به تنش خشکی می‌باشند.

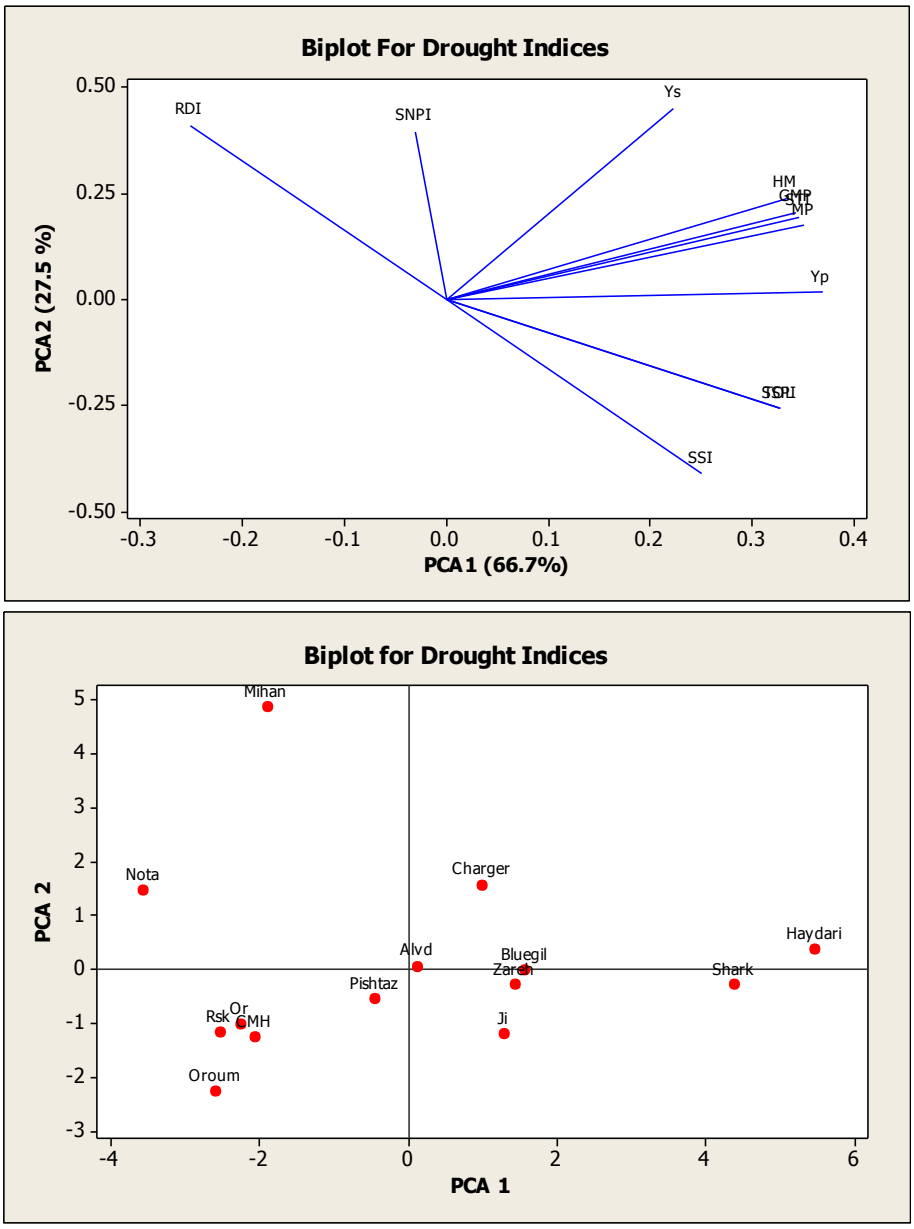
تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای بر اساس تجزیه تابع تشخیص و تجزیه واریانس چند متغیره برای تعیین محل برش نمودار درختی انجام گرفت. دندروگرام حاصل از نتایج گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی، بر پایه تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد (شکل ۸) نشان داد که ژنوتیپ‌ها در ۳ گروه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۶، ۸ و ۱۴ در گروه اول قرار گرفتند که از نظر شاخص‌های تحمل به تنش خشکی از مقدار پایین‌تری برخوردار بودند. درصد تغییرات عملکرد دانه ژنوتیپ‌های این گروه از مقدار متوسطی نسبت به ژنوتیپ‌های گروه های ۲ و ۳ برخوردار بود. همچنین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های قرار گرفته در این گروه در هر دو شرایط عدم تنش و تنش از مقدار پایینی برخودار بودند لذا ژنوتیپ‌های این گروه را می‌توان حساس به تنش خشکی معرفی نمود. ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۴، ۵، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ در گروه دوم قرار گرفتند و از نقطه نظر عملکرد دانه در هر دو شرایط آزمایش و همچنین درصد تغییرات عملکرد دانه در شرایط بهتری نسبت به گروه‌های دیگر قرار گرفتند لذا ژنوتیپ‌های این گروه را می‌توان متحمل به تنش خشکی در نظر گرفت. تنها ژنوتیپ‌های شماره ۳ و ۷ در گروه سوم جای گرفتند که از نظر عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی در حد واسط دو گروه ۱ و ۲ بودند. جدول شماره ۸ ارزش هر یک از گروه‌ها را از نقطه نظر میانگین و انحراف از میانگین کل در شاخص‌های مورد ارزیابی نشان داد. با توجه به میانگین شاخص‌ها مشخص شد که ژنوتیپ‌های گروه دوم از میانگین بالاتری در شاخص‌های تحمل به خشکی نسبت به میانگین کل برخودار بوده و و تنها در شاخص‌های RDI و SNPI از میانگین پایین‌تری نسبت به میانگین کل برخودار بودند و بهترین گروه در آنالیز خوشه‌ای می باشد.

همچنین ژنوتیپ‌های گروه اول بجز در شاخص RDI در سایر شاخص‌های تحمل به تنش از میانگین بسیار پایین‌تری نسبت به میانگین کل برخودار بوده و لذا ژنوتیپ‌های این گروه حساس به تنش خشکی در این تحقیق معرفی می‌گردند. کامرانی و همکاران (۱۵) با گروه‌بندی ۲۴ ژنوتیپ گندم نان بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش خشکی، آنها را در ۴ گروه طبقه‌بندی نمودند و گروه اول را که در اکثر شاخص‌ها میانگین بالاتری از میانگین کل داشتند و فقط از نظر شاخص‌های SSI و TOL میانگین پایین‌تری نسبت به میانگین کل برخودار بود بعنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم آبی معرفی نمودند. محمد نیا و همکاران (۲۳) نیز بر همین اساس ۲۰ ژنوتیپ گندم دوروم را به سه دسته تقسیم بندی کردند و ژنوتیپ‌های گروه دوم متحمل به تنش معرفی شدند که عملکرد و میانگین این گروه در اکثر شاخص‌ها بیشتر از

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]

میانگین کل بود و شاخص‌های SSI، SSPI، ATI و TOL پایین‌تر از میانگین کل بود.



شکل ۷- نمودار بای پلات ۱۴ ژنوتیپ گندم نان با ۹ شاخص تحمل به تنش خشکی
Figure7. Biplot diagram of 14 bread wheat genotypes with 9 drought tolerance indices

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]

جدول ۶- مقادیر عددی شاخص‌ها و رتبه‌بندی آنها به تفکیک ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

Table 6. Numerical values of indices and their ranking by studied genotypes

genotype	شماره	Yp	Ys	SSI	رتبه	STI	رتبه	TOL	رتبه	MP	رتبه	HM	رتبه	GMP	رتبه	SSPI	رتبه	RDI	رتبه	SNPI	رتبه
Oroum	۱	۴۷۷۶	۳۲۷۸	۱/ ۰۵	۸	۰/۴۹	۱۴	۱۴۹۸	۶	۴۰۲۷	۱۴	۳۸۸۸	۱۴	۳۹۵۷	۱۴	۱۳/۲۱	۶	۰/۹۸	۸	۶۵۱۰/۲۰	۱۴
Zareh	۲	۶۱۲۸	۴۰۹۰	۱/۱۱	۱۰	۰/۷۸	۵	۲۰۳۸	۱۱	۵۱۰۹	۵	۴۹۰۶	۶	۵۰۰۶	۵	۱۷/۹۸	۱۱	۰/۹۵	۱۰	۸۰۱۰/۱۸	۱۰
Mihan	۳	۵۱۲۳	۴۷۴۲	۰/۲۵	۱	۰/۷۶	۶	۳۸۱	۱	۴۹۳۳	۷	۴۹۲۵	۵	۴۹۲۹	۶	۳/۳۶	۱	۱/۳۲	۱	۱۴۴۴۷/۷۴	۲
Haydari	۴	۷۴۸۹	۴۵۶۳	۱ /۳۰	۱۳	۱ /۰۶	۱	۲۹۲۶	۱۴	۶۰۲۶	۱	۵۶۷۱	۱	۵۸۴۶	۱	۲۵/۸۱	۱۴	۰/۸۷	۱۳/۵	۸۶۲۷/۸۶	۵
Alvd	۵	۵۶۹۲	۴۰۳۹	۰/۹۷	۷	۰/۷۲	۸	۱۶۵۳	۸	۴۸۶۶	۸	۴۷۲۵	۸	۴۷۹۵	۸	۱۴/۵۸	۸	۱/۰۱	۷	۸۱۷۶/۴۷	۸
CMH	۶	۴۹۶۷	۳۵۴۱	۰/۹۶	۶	۰/۵۵	۱۱	۱۴۲۶	۵	۴۲۵۴	۱۰	۴۱۳۴	۱۲	۴۱۹۴	۱۱	۱۲/۵۸	۵	۱/۰۲	۶	۷۱۸۹/۲۷	۱۳
Pish	۷	۵۵۲۷	۳۶۱۳	۱ /۱۶	۱۱	۰/۶۲	۹	۱۹۱۴	۹	۴۵۷۰	۹	۴۳۷۰	۹	۴۴۶۹	۹	۱۶/۸۸	۹	۰/۹۳	۱۱	۱۴۹۰۲/۴۹	۱
Rsk	۸	۴۸۲۲	۳۴۸۸	۰/۹۲	۵	۰/۵۲	۱۳	۱۳۳۴	۳	۴۱۵۵	۱۳	۴۰۴۸	۱۳	۴۱۰۱	۱۳	۱۱/۷۷	۳	۱/۰۳	۵	۸۰۴۳/۵۴	۹
Nota	۹	۴۵۵۴	۳۹۱۱	۰/۴۷	۲	۰/۵۵	۱۱	۶۴۳	۲	۴۲۳۳	۱۲	۴۲۰۸	۱۰	۴۲۲۰	۱۰	۵/۶۷	۲	۱/۲۳	۲	۹۷۱۵/۴۲	۴
JI	۱۰	۶۰۸۶	۳۸۸۰	۱ /۲۱	۱۲	۰/۷۴	۷	۲۲۰۶	۱۲	۴۹۸۳	۶	۴۷۳۹	۷	۴۸۵۹	۷	۱۹/۴۶	۱۲	۰/۹۱	۱۲	۷۴۵۲/۵۳	۱۱
charger	۱۱	۵۹۸۰	۴۳۷۰	۰/۹۰	۳	۰/۸۱	۳	۱۶۱۰	۷	۵۱۷۵	۳	۵۰۵۰	۳	۵۱۱۲	۳	۱۴/۲۰	۷	۱/۰۴	۳/۵	۱۱۲۹۰/۹۵	۳
Shark	۱۲	۷۱۳۰	۴۳۳۱	۱ /۳۱	۱۴	۰/۹۶	۲	۲۷۹۹	۱۳	۵۷۳۱	۲	۵۳۸۹	۲	۵۵۵۷	۲	۲۴/۶۹	۱۳	۰/۸۷	۱۳/۵	۸۱۸۱/۴۲	۷
Blue	۱۳	۶۱۶۶	۴۱۵۹	۱ /۰۹	۹	۰/۸۰	۴	۲۰۰۷	۱۰	۵۱۶۳	۴	۴۹۶۷	۴	۵۰۶۴	۴	۱۷/۷۰	۱۰	۰/۹۶	۹	۸۱۸۶/۶۸	۶
Or	۱۴	۴۹۱۰	۳۵۷۳	۰/۹۱	۴	۰/۵۵	۱۱	۱۳۳۷	۴	۴۲۴۲	۱۱	۴۱۳۶	۱۱	۴۱۸۸	۱۲	۱۱/۷۹	۴	۱/۰۴	۳/۵	۷۳۵۳/۹۷	۱۲

جدول ۷ – مقادیر دو مولفه اول برای شاخص های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش

Table 7. Values of the first two components for drought tolerance and grain yield indices under non-stress and stress conditions

مولفه‌ها	درصد از واریانس کل	Yp	Ys	SSI	STI	TOL	MP	HARM	GMP	SSPI	RDI	NPI
۱	۶۶/۷	۰/۳۶۹	۰/۲۲۳	۰/۲۵۱	۰/۳۴۶	۰/۳۲۸	۰/۲۵۱	۰/۳۳۴	۰/۳۴۴	۰/۳۲۸	-۰/۲۵۱	-۰/۰۳۰
۲	۲۷/۵	۰/۰۱۷	۰/۴۵۱	-۰/۴۱۱	۰/۱۹۴	-۰/۲۵۸	۰/۱۷۵	۰/۲۴۰	۰/۲۰۶	-۰/۲۵۸	۰/۴۱۱	۰/۳۹۷

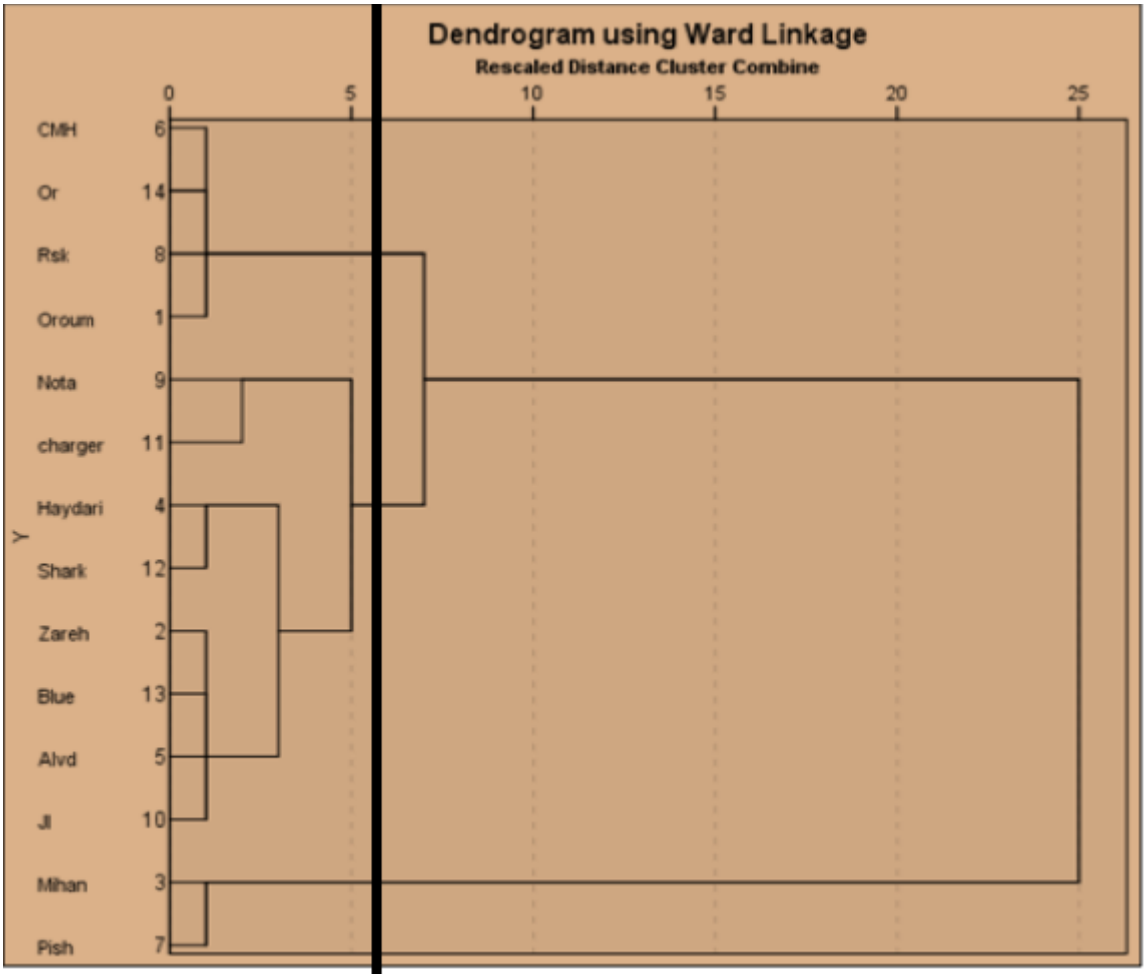
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]

جدول ۸- میانگین گروه ها، انحراف میانگین هر گروه از میانگین کل و انحراف استاندارد میانگین برای شاخص های مورد آزمایش در ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 8. Mean groups, mean deviation of each group from the total average and standard deviation of the mean for the tested indices in bread wheat genotypes

خوشه	ژنوتیپ		SSI	STI	TOL	MP	HARM	GMP	SSPI	RDI	SNPI
		میانگین	۰/۹۶	۰/۵۳	۱۳۹۸/۷۵	۴۱۶۹	۴۰۵۱	۴۱۱۰	۱۲/۳۴	۱/۰۲	۷۲۷۴/۲۴
۱	۱، ۶، ۸ ، ۱۴	انحراف از میانگین کل	-۰/۰۱	-۰/۱۸	-۲۹۹/۲۵	-۶۵۰/۰۷	-۶۰۳	-۶۲۶	-۲/۶۶	۰/۰۱	-۱۸۷۴/۹۵
		درصد انحراف از میانگین کل	-۱/۰۳	-۲۵/۳۵	-۱۷/۶۲	-۱۳/۴۹	-۱۲/۹۶	-۱۳/۲۲	-۱۷/۷۳	۰/۹۹	-۲۰/۴۹
		میانگین	۱/۰۵	۰/۸۰	۱۹۸۵/۲۵	۵۱۶۱	۴۹۵۷	۵۰۵۷	۱۷/۵۱	۰/۹۸	۸۷۰۵/۱۹
۲	۲،۴، ۵، ۷، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳	انحراف از میانگین کل	۰/۰۸	۰/۰۹	۲۸۷/۲۵	۳۴۱/۹۳	۳۰۳	۳۲۱	۲/۵۱	-۰/۰۳	-۴۴۴
		درصد انحراف از میانگین کل	۸/۲۵	۱۲/۶۸	۱۶/۹۲	۷/۱۰	۶/۵۱	۶/۷۸	۱۶/۷۳	-۲/۹۷	-۴/۸۵
		میانگین	۰/۷۰	۰/۶۹	۱۱۴۷/۵	۴۷۵۲	۴۶۴۸	۴۶۹۹	۱۰/۱۲	۱/۱۳	۱۴۶۷۵/۱۲
۳	۳، ۷	انحراف از میانگین کل	-۰/۲۷	-۰/۰۲	-۵۵۰/۵	-۶۷/۰۷	-۶	-۳۷	-۴/۸۸	۰/۱۲	۵۵۲۵/۹۳
		درصد انحراف از میانگین کل	-۲۷/۸۴	-۲/۸۲	-۳۲/۴۲	-۱/۳۹	-۰/۱۳	-۰/۷۸	-۳۲/۵۳	۱۱/۸۸	۶۰/۴۰
		میانگین کل شاخص	۰/۹۷	۰/۷۱	۱۶۹۸	۴۸۱۹/۰۷	۴۶۵۴	۴۷۳۶	۱۵	۱/۰۱	۹۱۴۹/۱۹

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]



شکل ۸- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد در ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس شاخص های تحمل به تنش خشکی

Figure 8. Dendrogram obtained from cluster analysis by Ward method in bread wheat genotypes based on drought tolerance indices

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]

[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]

[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]

منابع

1. Ali, M.B. and N.S. Ashraf. 2016. Evaluation of drought tolerance indices for wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigated and rainfed conditions. Communications in Biometry and Crop Science, 11(1) 77-89.
2. Ahmadizadeh, M., M. Valizadeh, H. Shahbazi and A. Nouri. 2012. Behavior of durum wheat genotypes under normal irrigation and drought stress conditions in the greenhouse. African Journal of Biotechnology, 11(8): 1912-1923.
3. Asghari, A., S. Tadili, R. Karimizadeh, O. Sofalion and H. Mohammaddoust Chamanabad. 2020. Evaluation of stress tolerance in durum wheat lines based on stress tolerance indices. Journal of Crop Breeding, 12(34): 185-198 (In Persian).
4. Askari, H., S.K. Kazemitabar, H. Najafi Zarrini and M.H. Saberi. 2020. Multivariate Assesment of Salt Tolerance (NaCl) in Barley (*Hordeum Volgare* L.) Genotypes Journal of Crop Breeding, 12(36): 1-8 (In Persian).
5. Bihamta, M.R., M. Shirkavand, J. Hasanpour and A. Afzalifar. 2018. Evaluation of durum wheat genotypes under normal irrigation and drought stress condition. Journal of Crop Breeding, 9(24): 119-136 (In Persian).
6. Briggle, L.W. and B.C. Curtis. 1987. Wheat and wheat Improvement. Agronomy Journal, 13, 4-13.
7. Choghan, R., Taherkhani, T., Gannadha, M.R. Khodarahmi, M. 2006. Evaluation of drought tolerance in maize corn lines using drought tolerance indices. Iranian Journal of Crop Sciences, 8 (1): 79-89.
8. Clarke, J.M., R.M. DePauw and T.F. Townley Smith. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Science, 32: 723-728.
9. Dixit, P., T. Eria, A.N. Al Khatib and S.F. Allouzi. 2018. Decadal analysis of impact of future climate on wheat production in dry Mediterranean environment. A case of Journal Science of the Total Environment, 610: 219-233.
10. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In Kuo CG, (Ed), Proceeding of an International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua Taiwan, Publ. No 93-410, 257-270.
11. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat .I: grain yield responses. Australian Journal of Agriculture Research, 29: 897-912.
12. Gautam, A., S.V. Sai Prasad, A. Jajoo and D. Ambati. 2015. Canopy temperature as a selection parameter for grain yield and its components in durum wheat under terminal heat stress in late sown conditions. Agricultural Research, 4: 238-244.
13. Grando, S. and S. Ceccarelli. 1995. Seminal root morphology and 15oleoptiles length in wild (*Hordeum vulgare* ssp). (Spontaneum) and cultivated (*Hordeum vulgare ssp*. Vulgare) barley. Euphytica, 73-85.
14. Ilker, E,. O. Tatar, F. Aykut Tonk and M. Tosun. 2011. Determination of tolerance level of some wheat genotypes to post-anthesis drought. Turkish Journal of Field Crops, 16(1): 59-63.
15. Kamrani, M., A. Mehraban and M. Shiri. 2019. Identification of drought tolerant genotypes in dryland wheat using drought tolerance indices. Journal of Crop Breeding, 10(28): 13-26 (In Persian).
16. Karami, A., M.R. Gannadha, M.R. Naqvi and M. Mardi. 2006. Identification of drought tolerant cultivars in barley. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 37(2): 371-379.
17. Khaksar, N., E. Farshadfar and R. Mohammadi. 2013. Evaluation of durum wheat advanced genotypes based on drought tolerance indices. Cereal Research, 3(4): 267-279.
18. Kordavani, P. 2012. Arid regions: Climatic characteristics, causes of drought, water issues, etc. University of Tehran Press, 350 pp.
19. Majidi, M., V. Tavakoli, A. Mirlohi and M.R. Sabzalian. 2011. Aust Journal of Crop Sciences, 5: 1055-1063.
20. Maqsood, M., M.A. Shehzad, S. Ahmad and S. Mushtaq. 2012. Performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotyoes associated with agronomiacal traits under water stress conditions. Asian Journal of Pharmaceutical and Biological Research, 2: 45-50.
21. Mohammadi, A., M.R. Bi Hemta, M. Seluki and H.R. Dorri. 2008. Quantitative and qualitative traits of white bean genotypes and their relationship with yield under optimal and limited irrigation conditions. Iranian Journal of Crop Sciences, 10(3): 231-243.
22. Mohammadi, M., R. Karimizadeh and M. Abdipour. 2011. Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes under dryland and supplemental irrigation conditions. Australian Journal of Crop Science, 5: 487-493.
23. Mohammadnia, S., A. Asghari, O. Sofalian, H.R. Mohammaddoust ChamanAbad, R. Karimzadeh and A.A. Shokouhian. 2016. Evaluation of durum wheat lines using drought stress indices. Journal of Crop Breeding, 8(20): 11-23 (In Persian).
24. Moosavi, S.S., B. Yazdi Samadi, M.R. Naghavi, A.A. Zali, H. Dashti and A. ourshahbazi. 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert, 12: 165-178.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]

25. Motamedi, M. and P. Safari. 2019. Evaluation of water Deficient Stress Tolerance in some Wheat Cultivars and Their Hybrids using Canonical Discriminant Analysis and Genotype by Trait Biplot Journal of Crop Breeding. 11(29): 104-116 (In Persian).
26. Naghavi, M.R., M. Moghaddam, M. Toorechi and M.R. Sakiba. 2016. Evaluation of spring wheat Cultivars for Physiological, Morphological and Agronomic Traits under Drought Stress. Journal of Crop Breeding, 8: 64-77 (In Persian).
27. Normand Moayed, F. 1997. Investigation of quantitative traits and their relationships with bread wheat yield in rainfed and irrigated conditions and determining the best drought resistance index. Master Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tehran.
28. Rajaram, S., R.L. Villareal and A. Mujeeb-Kazi. 1990. The global impact of 1B/1R spring wheat. In: Agronomy abstracts. ASA, Madison, WI, 105 pp.
29. Rathjen A.J. 1994. The biological basis of genotype – environment interaction: its definition and management. Proceedings of the Seventh Assembly of the Wheat Breeding Society of Australia, Adelaide, Australia.
30. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sciences, 21: 943-946.
31. Sadeghzadeh Ahri, D. 2006. Evaluation of Drought Stress Tolerance in Promising Durum and Dryland Wheat Genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 8(1): 30-45.
32. Shiri, M., M. Valizadeh, E. Magjidi, A. Sanjari and A. Gharib-Eshghi. 2010. Evaluation of wheat tolerance indices to moisture stress condition. Electronic Journal of Crop Production, 3: 153-171 (In Persian).
33. Zebarjadi, A.R., S. Tavakoli Shadpey, A.R. Etminan and R. Mohammadi. 2013. Evaluation of Drought Stress Tolerance in Durum Wheat Genotypes Using Drought Tolerance Indices. Seed and Plant Imrovment Journal, 29(1): 1-12.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]

Evaluation of Drought Tolerance in Advance Lines and Cultivars of Winter Wheat

Alireza Khanizadeh[1], Varahram Rashidi[2], Ali Reza Eivazi[3], Ebrahim Khalilvand Behroziar[4] and Mehrdad Yarnia[5]

1- PhD Student in Plant Breeding, Department of Agriculture and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
2- Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran (Corresponding author: rashidi.varahram@gmail.com)
3- Assistant Professor Seed and Plant Improvement Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran
4- Assistant Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
5- Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
Received: February 21, 2021 Accepted: June 17, 2021

Abstract

In order to evaluate the effect of drought stress on cultivars and advanced lines of autumn wheat that were in the final stages of release as bread wheat varieties in the Research Center of West Azerbaijan Province and to determine their relative tolerance using the selection efficiency of drought resistance indices (SSI, STI, TOl, MP, GMP, HARM,). Two separate experiments in a randomized complete block design with three replications under two conditions of stress and no drought stress in the research farm of Islamic Azad University, Tabriz Branch during the 2016-2017. The results of combined analysis of variance showed that drought stress significantly reduces grain yield. In the absence of drought stress, genotypes 4, 12 and 13 had the highest grain yield, but in drought stress conditions, no significant difference was observed between the studied genotypes in terms of grain yield. The results of correlation analysis between stress tolerance indices and grain yield showed that grain yield under stress (Y s) with STI, HARM and GMP indices have a positive and very significant correlation and these indices can be a good criterion for the drought tolerant lines. Also, the results of principal component analysis showed that these four indicators were the best indicators for identifying stress tolerant cultivars. In fact, these indices distinguished Fernandez Group A genotypes better than other indices. In cluster analysis, the studied genotypes were divided into 3 groups based on all indices of drought tolerance in both non-stress and stress conditions. Genotypes 4, 11 and 12, which were introduced as the most tolerant genotypes in this experiment, along with several other genotypes, were in the second group, and this group had a higher average than the total average in terms of most drought tolerance indices. The percentage of deviation was lower than the average of this group compared to the other two groups and confirmed the results of other methods used in this study. Considering the results of the numerical value of the indices and also their correlation with grain yield in the absence of stress and drought stress, STI, MP, GMP and HARM indices are the best stress tolerance indices and genotypes No. 4, 11 and 12 were identified as the most tolerant genotypes under study.

Keywords: Bread wheat, Cluster analysis, Drought stress, Stress resistance indices

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-12]
[DOR: 20.1001.1.22286128.1400.13.38.14.2]
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.193]