



بررسی شاخص‌های تنش در انتخاب ژنوتیپ‌های گندم متحمل به شرایط دیم و شور استان گلستان

*یونس محمدنژاد^۱، سراله کالشی^۲، افشین سلطانی^۲، فرشید قادری فر^۳ و

عباسعلی نوری نیا^۴

^۱دانش‌آموخته دکتری، ^۲استاد و ^۳دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
^۴استادیار بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۵/۶

چکیده

سابقه و هدف: منطقه اجرای آزمایش در استان گلستان با شرایط مختلف زراعت (آبی و دیم) و خاک‌هایی با درجات مختلف شوری (بیش از ۳۸ درصد اراضی آن شور می‌باشد) واقع گردیده است که انتخاب ژنوتیپ متحمل گندم به تنش شوری با سطوح مختلف و شرایط دیم ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها: آزمایشی با ۹ ژنوتیپ گندم با شرایط آبی در سه محیط بدون شوری، شوری شدید (۱۹ دسی‌زیمنس بر متر) و شوری متوسط (۹ دسی‌زیمنس بر متر) و ۸ ژنوتیپ گندم در دو محیط با شرایط آبی و دیم، جمعاً در ۵ مکان به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۹۱-۱۳۹۰ به مرحله اجرا درآمد. ژنوتیپ‌ها از بین ارقام متحمل به شوری مناطق مختلف کشور و ارقام مناسب برای شرایط دیم منطقه و لاین‌های امیدبخش آبی و دیم منطقه انتخاب گردیدند. هر کرت آزمایش شامل ۶ ردیف کاشت به فواصل ثابت ۲۰ سانتی‌متر و طول ۵ متر بود. تراکم کاشت ۳۰۰ دانه در متر مربع برای تمامی مکان‌ها ثابت در نظر گرفته شد. زمان کاشت با اختلاف سه روز در آخر آذر ماه برای تمام مکان‌ها صورت پذیرفت. بعد از برداشت عملکرد دانه در واحد سطح اندازه‌گیری و شدت تنش و شاخص‌های تنش بر اساس عملکرد دانه شامل شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل (Tol)، میانگین محصول‌دهی (MP)، میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP) و تحمل به تنش (STI) محاسبه شدند. به منظور شناخت بهتر روابط بین ژنوتیپ‌ها تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام و بای‌پلات آن‌ها بر اساس مؤلفه اول و دوم تهیه گردیدند.

*مسئول مکاتبه: yonesmn@gmail.com

یافته‌ها: نتایج آزمایش نشان داد که همبستگی بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش با تنش شوری شدید با شدت تنش (۰/۷۶) معنی‌دار نبود، اما در دو حالت دیگر یعنی بدون تنش شوری با تنش شوری متوسط با شدت تنش (۰/۵۱) و شرایط آبی با شرایط دیم با شدت تنش (۰/۱۲) مثبت و معنی‌دار (به ترتیب $r = 0/64$ و $r = 0/48$) بود. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مقایسات با شدت تنش‌های مختلف نشان داد که مؤلفه اول و دوم بیش از ۹۹ درصد تغییرات را شامل می‌گردند، لذا از این دو مؤلفه استفاده شد. در شدت تنش (۰/۷۶)، مؤلفه اول ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و مؤلفه دوم ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش را تفکیک می‌نمود. در شدت تنش (۰/۵۱) و (۰/۱۲)، مؤلفه اول باعث انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش شد و مؤلفه دوم حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش را نشان داد. بنابراین ژنوتیپی که مؤلفه اول بالا و مؤلفه دوم پائین داشت، مناسب بود. در بین شاخص‌های بررسی شده، STI و GMP با Yp و Ys و SSI با Yp همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند.

نتیجه‌گیری: در تنش شوری شدید با توجه به کم بودن مقدار SSI در رقم بم این رقم باید بهترین رقم شناخته گردد اما در بای‌پلات نشان داد که رقم بم بیشترین مقدار را در مؤلفه دوم دارد و برای شرایط تنش‌دار رقم مناسبی می‌باشد. در شرایط تنش شدید، ژنوتیپی که برای هر دو شرایط تنش‌دار و بدون تنش در میان ژنوتیپ‌ها مناسب باشد، وجود نداشت. ژنوتیپ ۲۰-۸۷-n برای شوری متوسط و رقم کریم برای شرایط دیم مناسب بودند. نمودار بای‌پلات به روشنی و همزمان روابطی که برای انتخاب ژنوتیپ در شرایط تنش و غیر تنش لازم است را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، شاخص‌های تنش، شرایط دیم و شرایط آبی گندم

مقدمه

بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار یا ۶ درصد از زمین‌ها در سرتاسر دنیا تحت تأثیر نمک از طریق شوری یا سدیمی هستند (۲۴) که ۲۳/۸ میلیون هکتار آن در کشور ایران قرار دارد (۷). سه راهکار برای به‌نژادی مقاومت به خشکی وجود دارد (۱۶). اول به‌نژادی برای انتخاب رقم در شرایط بدون تنش که به دلیل اثرات متقابل محیط با ژنوتیپ مناسب نمی‌باشد. دوم به‌نژادی برای انتخاب رقم در شرایط خشکی که به دلیل نوسانات شدت تنش بین سال‌ها و تغییرات فشار انتخاب محیطی روی مواد اصلاح شده بسیار کند می‌باشد. چاره دیگر برای دو راهکار بالا بهبود مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا از طریق انتقال مکانیزم‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مقاومت به تنش به آن‌ها یا افزودن پتانسیل عملکرد به مواد ژنتیکی موجود مقاوم به تنش است. بنابراین انتخاب به‌طور همزمان در شرایط غیر تنش برای عملکرد و در شرایط تنش برای ثبات جهت رسیدن به ژنوتیپ‌های مقاوم با عملکرد بالا امکان دارد لازم باشد (۱۶).

در روش فرناندز (۱۹۹۸) ژنوتیپ‌ها در چهار گروه A، B، C و D قرار می‌گیرند. ژنوتیپ‌های گروه A در هر دو محیط تنش‌دار و بدون تنش، ژنوتیپ‌های گروه B در محیط بدون تنش و ژنوتیپ‌های گروه C در محیط تنش‌دار دارای عملکرد بالا خواهند بود. معیار مناسب‌گزینش نیز معیاری است که بتواند ژنوتیپ‌های متعلق به هر گروه را از گروه‌های دیگر تشخیص دهد (۹). مقدار SSI هر قدر کوچکتر باشد میزان مقاومت یا تحمل به تنش بالاتر تلقی می‌گردد (۱۷). این شاخص قادر به تشخیص گروه A از گروه C نمی‌باشد. شاخص Tol مشابه شاخص SSI است که هر چه کوچکتر باشد حساسیت به تنش کم‌تر خواهد بود و قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A از گروه B نمی‌باشد (۱۷). شاخص MP تمایل به گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالقوه بالاتر و تحمل به تنش پایین‌تر را داشته و قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A از گروه B نمی‌باشد (۱۵). وقتی اختلاف بین Ys با Yp زیاد باشد شاخص MP دارای اریبی به سمت Yp خواهد بود (۲) در حالی که شاخص‌های GMP و STI چنین اریبی را نخواهند داشت به همین دلیل قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های گروه A می‌باشند (۱۵).

در آزمایش با شدت‌های مختلف خشکی رامیرزوالجو و کلی (۱۹۹۹) گزارش کردند که وقتی شدت تنش متوسط (۰/۶۳) است Ys با Yp همبستگی دارد و وقتی شدت تنش شدید (۰/۷۸) است Ys به صورت عکس با SSI همبستگی نشان می‌دهد (۲۰). پتوان (۲۰۰۲) نیز گزارش کرد که پتانسیل

عملکرد ژنوتیپ نقش تعیین کننده‌ای را در تعیین عملکرد دانه وقتی تنش بالا (کاهش عملکرد کمتر از ۵۰ درصد شرایط بدون تنش باشد) نباشد دارد. یعنی وقتی تنش کم است عملکرد دانه در شرایط تنش کاهش کمی نسبت به شرایط بدون تنش خواهد داشت که این رابطه در بسیاری از مطالعات گزارش شده است ولی در شرایط تنش بالا این رابطه وجود نخواهد داشت (۱۹). گوتیری و همکاران (۲۰۰۱) هم بیان کردند که کاهش عملکرد در کمبود رطوبت متوسط نمی‌تواند کاهش عملکرد را در شرایط کمبود شدید رطوبت پیش‌گویی نماید (۱۳). در آزمایش انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل گندم به خشکی نورآین و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده کردند که همبستگی مثبت و معنی داری بین عملکرد در شرایط تنش با MP، STI، GMP و SSI وجود دارد و عملکرد دانه در شرایط تنش با عملکرد دانه در شرایط غیر تنش همبستگی دارد (۱۸). دادبخش و یزدان سپاس (۲۰۱۱) گزارش کردند که MP، GMP و STI مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ می‌باشند (۶). ایلکر و همکاران (۲۰۱۱) در شرایط مدیترانه با تنش آخر فصل نیز گزارش کردند که MP، GMP و STI مناسب‌ترین پارامترها برای انتخاب ژنوتیپ با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش می‌باشند؛ در حالی که SSI و Tol بهترین شاخص‌ها برای تعیین سطح تنش هستند (۱۴). انوار و همکاران (۲۰۱۱) و گلابادی و همکاران (۲۰۰۶) رابطه مثبت و معنی‌داری را بین Yp و Ys با STI، GMP و MP مشاهده کردند. آن‌ها همچنین بیان نمودند که این شاخص‌ها نسبت به SSI و Tol بهتر Yp و Ys را پیش‌بینی می‌کنند (۴ و ۱۱). گودرزی و پاکنیت (۲۰۰۸) در بررسی ارقام گندم در شرایط شور و غیرشور مشاهده کردند که میزان Na^+ ساقه علاوه بر عملکرد دانه با شاخص‌های SSI و STI همبستگی بسیار معنی‌دار مثبت و منفی (به ترتیب $r = 0/71$ و $r = -0/66$) دارد و نتیجه گرفتند که این دو شاخص برای انتخاب ارقام متحمل به شوری می‌توانند مفید باشند (۱۲). اسدی و همکاران (۲۰۱۲) نتیجه گرفتند که در تنش شوری (dS/m) $ECe = 9$ شاخص‌های STI و GMP برای انتخاب ژنوتیپ متحمل به شوری مناسب می‌باشند (۵). بررسی‌های زیادی روی تحمل ارقام به تنش خشکی با درجه‌های مختلف تنش انجام شده است (۱۹ و ۲). اما در رابطه با تنش شوری با شدت‌های مختلف اطلاعات اندکی موجود است. در این بررسی هدف ارزیابی قابلیت شاخص‌های انتخاب برای انتخاب ژنوتیپ‌های گندم متحمل به تنش‌های شوری متوسط و شدید و علاوه بر آن ژنوتیپ گندم متحمل به شرایط دیم در منطقه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور مقایسه ژنوتیپ‌های گندم با ۹ ژنوتیپ از ارقام متحمل به شوری مناطق مختلف کشور و لاین‌های امیدبخش آبی منطقه (جدول ۱) در سه مکان (شرایط بدون شوری، شوری بالا و شوری متوسط) و با ۸ رقم یا لاین امیدبخش سازگار به شرایط دیم (جدول ۱) در دو مکان (شرایط آبی و شرایط دیم) در سال ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. این آزمایش جمعاً در پنج مکان و در هر مکان به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مرحله اجرا درآمد. مکان اجرای آزمایش برای شرایط بدون شوری، شرایط آبی و شرایط دیم ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد در چهار کیلومتری شرق گنبد (۵۵ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و ۱۵ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی)، برای شوری بالا ($EC_e = 19 \text{ dS/m}$) سه کیلومتری شمال غربی شهرستان گنبد کاووس (۵۵ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی و ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی) و برای شوری متوسط ($EC_e = 9 \text{ dS/m}$) شمال شهرستان آق قلا (۵۴ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و ۳۷ درجه و ۰۳ دقیقه شرقی) بود. تمامی ژنوتیپ‌ها در مکان با شرایط آبی و هر سه مکان بدون شوری، شوری بالا و شوری متوسط طبق عرف منطقه دو نوبت در اواخر اسفند و اواخر فروردین ماه (مراحل طولیل شدن ساقه و خوشه رفتن) با آب شیرین آبیاری شدند. تنها در مکان شوری شدید ژنوتیپ‌ها یک نوبت آبیاری بیشتر در مرحله بعد از کاشت (دی ماه) دریافت کردند. به‌طور کلی این منطقه دارای زمستان‌های سرد و نسبتاً مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک است و اکثر نزولات جوی به‌صورت باران در فصل زمستان و بهار صورت می‌گیرد. آب و هوای منطقه بر اساس نقشه اقلیم حیاتی مدیترانه^۱ جز منطقه اقلیم مدیترانه‌ای خشک^۲ است. در سال اجرای آزمایش مجموع بارندگی از کاشت تا برداشت ۳۳۰/۱ میلی‌متر بود که نسبت به میانگین منطقه (۲۶۷ میلی‌متر) بیشتر بود. برای آماده‌سازی بستر کاشت در پائیز شخم و قبل از کاشت دو دیسک عمود برهم زده شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مکان‌های آزمایشی در جدول (۲) نشان داده شده است. کوددهی طبق نتیجه تجزیه خاک و توصیه مرکز تحقیقات کشاورزی برای شرق گنبد به میزان ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره و ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل، شمال آق قلا به میزان ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره و ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل و شمال غربی گنبد به میزان ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره و ۱۲۵ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل انجام شد. نقشه کاشت بر اساس ابعاد کرت‌ها در زمین پیاده شده و هر کرت آزمایش شامل ۶ ردیف کاشت به فواصل ثابت ۲۰ سانتی‌متر و طول ۵ متر بود. تراکم کاشت ۳۰۰ دانه

1- Bioclimatic map of the mediterranean zone

2- Xerothermo mediterranean climate

در مترمربع برای تمامی آزمایشات ثابت در نظر گرفته شد. زمان کاشت با اختلاف سه روز در آخر آذر ماه برای تمام مکان‌ها صورت پذیرفت. بذور قبل از کاشت با قارچ‌کش ویتاواکس به نسبت وزنی دو در هزار ضدعفونی شدند. کنترل علف‌های هرز در چند مرحله و با دست صورت گرفت. برای مبارزه با سوسک برگ‌خوار لما با مشاهده آفت در دو نوبت به فواصل ده روز از سم سوین به مقدار یک کیلوگرم در هکتار و برای مبارزه با بیماری‌های قارچی نیز با مشاهده علائم بیماری سم تیلت به میزان ۰/۷ لیتر در هکتار آن‌چنانکه در منطقه رایج است، استفاده شد.

در زمان رسیدگی عملکرد دانه کرت، تعداد خوشه در بوته، تعداد سنبلچه در خوشه، تعداد دانه در سنبلچه و وزن صد دانه شمارش و اندازه‌گیری شدند. سطح برداشت جهت تعیین عملکرد نهایی از چهار خط وسط هر کرت با حذف نیم‌متر از ابتدا و انتهای هر خط جهت حذف اثر حاشیه‌ای انجام شد. شاخص‌های زیر جهت انتخاب ارائه شده‌اند:

- شاخص حساسیت به تنش^۱ و شدت تنش^۲ (۱۰)

$$SSI = [1 - (Y_s/Y_p)]/SI$$

$$SI = 1 - (\bar{Y}_s/\bar{Y}_p)$$

- شاخص تحمل^۳ و میانگین محصول‌دهی^۴ (۲۲)

$$Tol = Y_p - Y_s$$

$$MP = (Y_s + Y_p)/2$$

- شاخص میانگین هندسی محصول‌دهی^۵ و شاخص تحمل به تنش^۶ (۹)

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

$$STI = (Y_s + Y_p) / \bar{Y}_p^2$$

در این روابط SI، شدت تنش؛ Y_p، عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش؛ Y_s، عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش؛ و Y_s و Y_p، به ترتیب میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشند.

پس از جمع‌آوری داده‌ها و محاسبه شاخص‌های تحمل به تنش (یعنی GMP، MP، STI، SSI و Tol) تجزیه‌های آماری و همبستگی بین صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت. به‌منظور

1. Stress susceptible index
2. Stress Intensity
3. Tolerance index
4. Mean productivity
5. Geometric mean productivity
6. Stress tolerant index

ارزیابی بهتر روابط بین شاخص‌ها با عملکردهای هر دو شرایط از نمودارهای سه بعدی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات چند متغیره استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های کشت شده در آزمایش.

Table 1. The Properties of planted genotypes.

توضیحات Properties	نام ژنوتیپ Genotype name	شماره Genotype number	
رقم متحمل به شوری برای مناطق گرمسیر جنوب و جنوب شرقی کشور	کویر Kavir	1	
Tolerant cultivar to salinity for south and east- south of Iran	سیستان Sistan	2	
رقم آبی شاهد برای مناطق گرم و مرطوب شمال کشور	مروارید Morvarid	3	
Check (warm-humid climate in north of Iran)	n- 87- 20	4	شور salinity
لاین امیدبخش آبی برای مناطق گرم و مرطوب شمال کشور	n- 87- 6	5	
Promised line for warm- humid climate in north of Iran	n- 87- 19	6	
رقم متحمل به شوری برای مناطق معتدل کشور	بم Bam	7	
Tolerant cultivar to salinity for temperate climate of Iran	ارگ Arg	8	
رقم متحمل به شوری برای مناطق نیشابور، بیرجند، کرمان و یزد	اکبری Akbari	9	
Tolerant cultivar to salinity for Kerman, Yazd, Neishabor and Birjand	کریم Karim	1	
برای مناطق دیم نیمه گرمسیر گلستان، اردبیل، کهگیلویه و بویر احمد و لرستان	کوه‌دشت Kohdasht	2	دیم Rain-fed
Released cultivar for rain-fed and subtropical region of Iran	لاین ۱۷ Line 17	3	
لاین امید بخش برای مناطق دیم نیمه گرمسیر گلستان، اردبیل، کهگیلویه و بویر احمد و لرستان	ur- 88- 3	4	
	ur- 88- 4	5	
	ur- 88- 17	6	
Promised line for rain-fed and subtropical region of Iran	ur- 89- 13	7	
	ur- 89- 15	8	

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک مکان‌های آزمایش.

Table 2. Soil test results of experiment locations

شمال غربی گنبد northwest of Gonbad-e Qabus	شمال آق‌قلا Aq Qala	شرق گنبد Gonbad-e Qabus station	نوع آزمایش Test
19.3	9	0.73	EC (ds/m)
7.75	7.9	8.1	pH
0.08	0.09	0.12	N (%) درصد نیتروژن کل
6	2.7	9.5	P (ppm) فسفر قابل دسترس
250	236	640	K (ppm) پتاسیم قابل دسترس
سیلتی کلی لوم Silty clay loam	سیلتی کلی لوم Silty clay loam	سیلتی لوم Silty loam	Soil texture بافت

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها در هر سه مکان غیرشور و شوری شدید و متوسط اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد. در شرایط غیر شور سال اول ژنوتیپ ۶-۸۷- n بیشترین عملکرد را داشت و مروارید، کویر و ۲۰-۸۷- n بعد از آن قرار داشتند که نشان از پتانسیل بالای آن‌ها در منطقه می‌باشد (جدول ۳). ارقام متحمل به شوری مانند بم، سیستان، اکبری و ارگ عملکرد پایینی را داشتند. اما در شرایط شوری شدید ارقام متحمل به شوری بم و ارگ عملکرد بالایی را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط شوری شدید با عملکرد دانه آن‌ها در شرایط غیر شور ($SI = 0.76$) دارای همبستگی معنی‌داری نبود (جدول ۴). این امر نشان داد که ژنوتیپ‌ها در دو شرایط رفتار متفاوتی دارند و ژنوتیپ با عملکرد بالا در شرایط غیرشور منجر به عملکرد بالا در شرایط شوری بالا نمی‌گردد. این نتیجه در مقایسه شرایط با شوری شدید و بدون شوری با نتایجی که از یافته‌های سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی اثر تنش‌های مختلف خشکی روی گندم به‌دست آمد، مشابه بود. آن‌ها نیز در مقایسه‌های خود رابطه‌ای بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط خشکی شدید با شرایط بدون تنش خشکی مشاهده نکردند (۲۳). ریزا و همکاران (۲۰۰۴) و پتوان و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که در شرایط تنش بالا ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد کم و تحمل به تنش بالا می‌توانند مفیدتر باشند (۱۹ و ۲۱).

جدول ۳- عملکرد دانه (تن در هکتار) ژنوتیپ‌های گندم در بدون شوری و شوری شدید (۱۹ دسی‌زیمنس بر متر) و متوسط (۹ دسی‌زیمنس بر متر) و شرایط آبی و دیم استان گلستان.

Table 3. Grain yields (t/ha^{-1}) of wheat genotypes under no salinity, severe and moderate salinity and rain-fed and irrigated conditions.

شرایط دیم Rain-fed condition	شرایط آبی Irrigated condition	ژنوتیپ Genotype	شوری متوسط Moderate salinity	شوری شدید Severe salinity	بدون شوری No salinity	ژنوتیپ Genotype
5.07 ^a	5.56	کریم Karim	1.64 ^{bc}	0.74 ^{bc}	4.44 ^{bc}	کویر Kavir
4.03 ^b	5.36	کوهدشت Kohdasht	1.42 ^{bc}	0.79 ^{bc}	2.30 ^d	سیستان Sistan
4.49 ^{ab}	5.16	لاین ۱۷ Line 17	2.46 ^a	0.79 ^{bc}	4.76 ^{ab}	مروارید Morvarid
3.88 ^b	5.48	ur- 88- 3	2.43 ^a	0.30 ^d	4.22 ^{bc}	n- 87- 20
4.06 ^b	4.56	ur- 88- 4	1.77 ^b	0.79 ^{bc}	5.21 ^a	n- 87- 6
4.27 ^b	4.93	ur- 88- 17	1.85 ^b	0.89 ^{bc}	3.99 ^c	n- 87- 19
4.00 ^b	4.53	ur- 89- 13	1.14 ^c	1.49 ^a	2.44 ^d	بم Bam
4.53 ^{ab}	5.30	ur- 89- 15	1.40 ^{bc}	1.06 ^b	2.00 ^d	ارگ Arg
			1.35 ^{bc}	0.63 ^{dc}	2.20 ^d	اکبری Akbari
0.38	Ns	LSD	0.23	0.35	0.67%	LSD (%)

در هر ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک براساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار در (سطح احتمال ۵ درصد) با یکدیگر ندارند.

Means with in a column followed by the same letter are not significantly different based on LSD test at. $P=0/05$.

در شرایط شوری متوسط ژنوتیپ‌های ۲۰-۸۷ n، مروارید، ۶-۸۷ n و ۱۹-۸۷ n بیشترین عملکرد را داشتند (جدول ۳). ارقام متحمل به شوری مانند بم، اکبری و ارگ عملکرد پایینی داشتند. همبستگی بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در تنش متوسط شوری با بدون تنش شوری ($SI=0/51$) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۴). این امر نشان داد که ژنوتیپ‌ها در دو شرایط، رفتار مشابه‌ای دارند و ژنوتیپ با عملکرد بالا در شرایط غیر شور منجر به عملکرد بالا در شرایط شوری متوسط می‌گردد. متفاوت بودن رفتار ژنوتیپ‌ها در شدت تنش‌های مختلف در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (۲۰، ۱۹ و ۱۳).

بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در محیط آبی اختلاف معنی‌داری نبود، اما در شرایط دیم اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار شد. در شرایط دیم ژنوتیپ‌های کریم و بعد از آن ۱۵-۸۹-ur و لاین ۱۷ عملکرد بالاتری نسبت به بقیه داشتند و در شرایط آبی با وجودی که اختلاف بین عملکرد ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نبود، اما رقم کریم برتری نسبی بالایی داشت (جدول ۳). همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0/48$) بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در دو شرایط آبی و دیم ($SI=0/12$) نیز وجود داشت که نشان داد انتخاب ژنوتیپ با عملکرد بالا در شرایط پتانسیل تا حدودی می‌تواند جواب‌گوی مناسب بودن آن ژنوتیپ برای شرایط دیم باشد.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین Y_p و Y_s و شاخص‌های تنش در شدت تنش‌های ۰/۷۶ (شوری خاک ۱۹ دسی زیمنس بر متر در مقابل بدون شوری)، ۰/۵۱ (شوری خاک ۹ دسی زیمنس بر متر در مقابل بدون شوری) و ۰/۱۲ (شرایط آبی در مقابل شرایط دیم).

Table 4. Correlation coefficients between Y_p , Y_s and selection indices under different stress index: $SI=0.76$ (severe salinity vs. non salinity), $SI=0.51$ (moderate salinity vs. non salinity) and $SI=0.12$ (Rain-fed vs. irrigated conditions).

GMP	STI	MP	Tol	SSI	Y_s	Y_p	SI	مکان Location
0.50**	0.53**	0.96**	0.97**	0.76**	-0.34 ^{ns}	1	0.76	بدون شوری No-salinity (Y_p)
0.59**	0.57**	-0.07 ^{ns}	0.55**	-0.83**	1	-0.34 ^{ns}		شوری شدید Severe salinity (Y_s)
0.92**	0.90**	0.97**	0.92**	0.59**	0.64**	1	0.51	بدون شوری No-salinity (Y_p)
0.89**	0.89**	0.81**	0.28 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	1	0.64**		شوری متوسط Moderate salinity (Y_s)
0.87**	0.86**	0.89**	0.66**	0.58**	0.48*	1	0.12	آبی Irrigated (Y_p)
0.85**	0.86**	0.82**	-0.34 ^{ns}	-0.42*	1	0.48*		دیم Rain-fed (Y_s)

در شدت تنش برابر ۰/۷۶، Y_p همبستگی مثبت و معنی‌دار با MP، Tol و SSI داشت در حالی که همبستگی منفی و معنی‌دار بین Y_s با SSI بود (جدول ۴). اما در شدت تنش برابر ۰/۵۱، هر دوی Y_p و Y_s با MP، STI و GMP همبستگی داشتند. طبق نظر فرناندز (۱۹۹۸) بین شاخص‌های انتخاب،

شاخصی بهتر است که بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش دار و بدون تنش داشته باشد (۹). لذا در این آزمایش با در نظر گرفتن وجود همبستگی بین شاخص مورد نظر با هر دوی Y_p و Y_s ، در شرایط تنش شوری شدید SSI و در شرایط شوری متوسط STI، GMP و MP می‌توانند بهترین گزینه برای انتخاب ژنوتیپ مناسب باشند. این نتیجه در مغایرت با یافته‌های عبدالمونیم و همکاران (۲۰۱۰) بود که بیان کردند افزایش شدت تنش آب تأثیری بر SSI ندارد (۱). در شدت تنش برابر ۰/۱۲ هر دوی Y_p و Y_s همبستگی بالایی را با STI، GMP و MP داشتند (جدول ۴). بنابراین در شرایط دیم منطقه نیز STI، GMP و MP بهترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا می‌باشند. این نتایج منطبق با یافته‌های ایلکر و همکاران (۲۰۱۱)، انوار و همکاران (۲۰۱۱) و گلابادی و همکاران (۲۰۰۶) بود (۱۴، ۴ و ۱۱). اسدی و همکاران (۲۰۱۲) نیز شاخص‌های STI و GMP را برای شرایط شور (۹ دسی‌زیمنس بر متر) مناسب دانستند (۵).

جدول ۵- سهم هر مؤلفه اصلی از کل تغییرات شاخص‌ها و مقادیر ضرایب شاخص‌ها برای هر مؤلفه در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شدت تنش‌های ۰/۷۶ (شوری خاک ۱۹ دسی‌زیمنس بر متر در مقابل بدون شوری)، ۰/۵۱ (شوری خاک ۹ دسی‌زیمنس بر متر در مقابل بدون شوری) و ۰/۱۲ (شرایط آبی در مقابل شرایط دیم).

Table 5. Value of each principal component (PC) and coefficient of indices for each principal component at SI= 0.76 (severe salinity vs. non salinity), SI= 0.51 (moderate salinity vs. non salinity) and SI= 0.12 (Rain-fed vs. irrigated conditions).

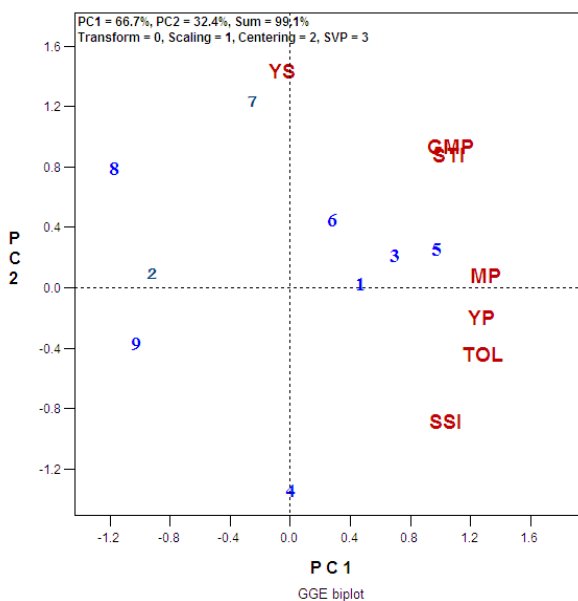
ضرایب شاخص‌ها Coefficient of indices							سهم هر مؤلفه Value of PC	مؤلفه‌ها PC	شدت تنش Stress index (SI)
GMP	STI	MP	Tol	SSI	Y_s	Y_p			
0.29	0.30	0.47	0.46	0.37	-0.16	0.48	0.67	مؤلفه اول PC1	0.76
0.49	0.47	0.11	-0.17	-0.38	0.58	-0.05	0.32	مؤلفه دوم PC2	
0.40	0.40	0.41	0.37	0.28	0.34	0.41	0.77	مؤلفه اول PC1	0.51
-0.19	-0.23	-0.07	0.39	0.66	-0.54	0.11	0.23	مؤلفه دوم PC2	
0.47	0.47	0.46	-0.10	-0.17	0.45	0.32	0.67	مؤلفه اول PC1	0.12
0.06	0.05	0.09	0.62	0.60	-0.17	0.45	0.32	مؤلفه دوم PC2	

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای تمام مقایسات (یا شدت تنش‌های مختلف) انجام شد (جدول ۵) و مشاهده شد که مؤلفه اول و دوم در هر سه مقایسه بیش از ۰/۹۹ تغییرات را شامل می‌گردند، لذا از این دو مؤلفه برای مراحل بعدی استفاده شد. در شرایط با شوری شدید، نتیجه نشان داد که مؤلفه اول ۶۷ درصد و مؤلفه دوم ۳۲ درصد از کل تغییرات را تبیین می‌کند (جدول ۵). اگرچه SSI با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی داشت؛ اما در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مشخص شد که بیشترین ضرایب در مؤلفه اول مربوط به Yp، MP و Tol و در مؤلفه دوم مربوط به Ys می‌باشند (جدول ۵). بنابراین مؤلفه اول می‌توانست ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط بدون تنش را تشخیص دهد؛ در حالی که مؤلفه دوم قادر به تفکیک آن‌ها در شرایط تنش بود. رابطه مثبت بین STI و GMP با Yp و Ys (جدول ۴) و ضرایب به نسبت بالا و مثبت آن‌ها در مؤلفه اول و دوم (جدول ۵) دلالت بر این دارد که ژنوتیپ‌هایی با مقادیر زیاد STI و GMP دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش می‌باشند. فرشادفر و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند که STI و GMP مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش‌دار و بدون تنش هستند و SSI به همراه Ys قادر به تفکیک ژنوتیپ با عملکرد بالا در شرایط تنش‌دار می‌باشد (۸).

به منظور بررسی بهتر روابط ژنوتیپ‌ها با شاخص‌های انتخابی (تحمل به تنش) و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش نمودار بای‌پلات (شکل ۱ الی ۳) بر اساس مؤلفه اول و دوم نیز تهیه شد (۲۵). در نمودار بای‌پلات، کسینوس زاویه بین وکتورهای شاخص‌ها (خطوطی که از مرکز بای‌پلات به صفت موردنظر وصل می‌گردد) تقریباً ضریب همبستگی آن‌ها را نشان می‌دهد (۲۵). با توجه به این که کسینوس ۰ درجه برابر ۱ و کسینوس ۱۸۰ درجه برابر -۱ و کسینوس ۹۰ درجه برابر ۰ می‌باشد لذا زاویه هر چه از ۹۰ درجه به ۰ درجه میل کند همبستگی مثبت و بیشتر و بالعکس خواهد بود. برای مقایسه دو ژنوتیپ نیز خطی بین دو ژنوتیپ در نمودار (خط اتصال دهنده) وصل می‌گردد و از مرکز خطی بر این خط اتصال دهنده به طور عمود (خط عمود) رسم می‌شود، ژنوتیپ موردنظر از نظر شاخص‌هایی که در سمت آن نسبت به خط عمود در مقایسه با ژنوتیپ دیگر قرار دارند، دارای مقادیر بیشتری است (۲۵).

در شرایط شوری شدید، اگرچه ژنوتیپ‌های ۵، ۳، ۶ و ۷ نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها از نظر STI و GMP دارای مقادیر بیشتری بودند (جدول ۵) اما بای‌پلات (شکل ۱) به خوبی نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها از نظر STI و GMP ارزش چندانی ندارند یا این که در هر دو شرایط تنش‌دار و بدون تنش

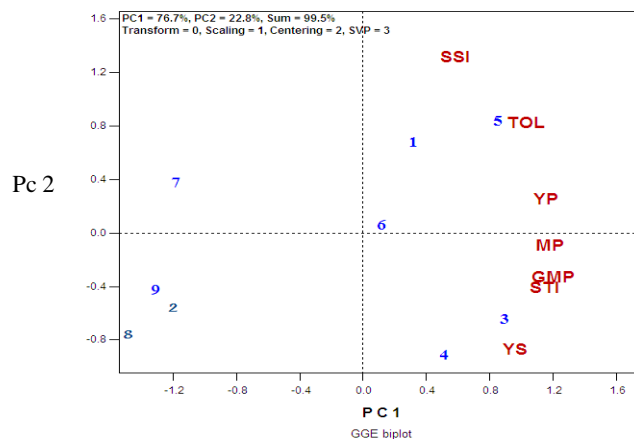
دارای عملکرد بالایی نیستند. براساس این شکل ژنوتیپ ۵ (۶-۸۷-ن) در شرایط بدون تنش شوری و ژنوتیپ ۷ (بم) در شرایط با شوری بالا بهتر می‌باشند. پیتوان و همکاران (۲۰۰۲) نیز بیان کردند که پتانسیل عملکرد ژنوتیپ در تعیین عملکرد دانه وقتی مهم است که تنش خشکی خیلی شدید نباشد (۱۹). این شکل همبستگی بالایی را بین Y_p ، MP و Tol نشان می‌دهد که هر سه آن‌ها با عملکرد در شرایط تنش همبستگی منفی دارند. در مقایسه ژنوتیپ ۵ با ۷ مشاهده می‌شود که ژنوتیپ ۵ از نظر سایر شاخص‌ها و عملکرد در شرایط غیر شور نسبت به رقم بم مقدار بیشتری را به خود اختصاص داده است. بایستی یادآوری گردد که شاخص SSI و Tol کمتر نشانه تحمل بیشتر به تنش می‌باشد لذا می‌توان گفت که از نظر این دو شاخص و عملکرد در شرایط شور ژنوتیپ ۷ نسبت به ۵ برتر است. بیشترین همبستگی منفی نیز بین عملکرد در شرایط شور با SSI و Tol وجود دارد.



شکل ۱- نمایش بای پلات شاخص‌های تحمل به تنش شوری (Y_p ، MP ، Tol ، SSI و GMP) و عملکرد در شرایط شور و غیر شور (بم) بر اساس ژنوتیپ‌های گندم (۱= کویر، ۲= سیستان، ۳= مروارید، ۴= ۸۷-۲۰-ن، ۵= ۸۷-۱۹-ن، ۶= ۸۷-۱۹-ن، ۷= بم، ۸= ارگ و ۹= اکبری) در تحمل به شوری خاک ۱۹ دسی‌زیمنس بر متر.

Figure 1. Show biplot based on principal component (PC1 and PC2) for selecting indices and wheat genotypes: 1. Kavir, 2. Sistan, 3. Morvarid, 4. n- 87- 20, 5. n- 87- 6, 6. n- 87- 19, 7. Bam, 8. Arg and 9. Akbari under severe salinity.

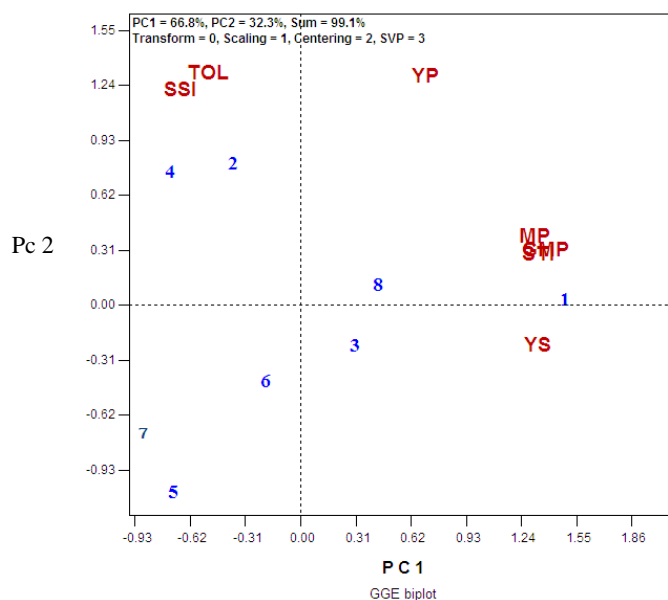
در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی آزمایش با شرایط شوری متوسط، مؤلفه اول ۷۷ درصد از تغییرات را شامل گردید و شاخص‌های Y_p , MP , GMP , STI و Y_s بیشترین ضرایب مثبت را در این مؤلفه داشتند (جدول ۵). بنابراین مؤلفه اول را می‌توان به‌عنوان مؤلفه پتانسیل بالا و متحمل به شوری متوسط شناخت که انتخاب بر اساس این مؤلفه باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی با سازگاری و عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و تنش شوری متوسط می‌گردد. مؤلفه دوم ۲۲ درصد از تغییرات را تبیین کرد و بیشترین ضریب مثبت در این مؤلفه متعلق به SSI بود (جدول ۵). با توجه به این که شاخص SSI بالا حساسیت به تنش بیشتر را نشان می‌دهد لذا این مؤلفه را می‌توان به نام مؤلفه حساسیت به شوری نامید. بنابراین ژنوتیپی که مؤلفه اول بالا و مؤلفه دوم پائین دارد می‌تواند برای هر دو شرایط تنش و بدون تنش مناسب باشد. در بای‌پلات تهیه شده برای شوری متوسط (شکل ۲) براساس مؤلفه اول ژنوتیپ‌های ۳، ۴ و ۵ بیشترین مقادیر و بر اساس مؤلفه دوم ژنوتیپ‌های ۳ و ۴ کمترین مقادیر را نسبت به ۵ و بقیه داشتند که این امر نشان می‌دهد ژنوتیپ‌های ۳ و ۴ در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای عملکرد بالایی نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها می‌باشند. اکورا و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که SSI در تنش شدید شاخص مفیدی است اما MP , GMP و STI برای مکانی که تنش شدت کمتری دارد توصیه می‌گردد (۳).



شکل ۲- نمایش بای‌پلات شاخص‌های تحمل به تنش شوری (SSi , Tol , MP , STI , GMP) و عملکرد در شرایط شور (Y_s) و غیر شور (Y_p) بر اساس ژنوتیپ‌های گندم (۱=کویر، ۲=سیستان، ۳=مروارید، ۴=۸۷-۲۰، ۵=۸۷-۱۹، ۶=۸۷-۱۹، ۷=بم، ۸=ارگ و ۹=اکبری) در تحمل به شوری خاک ۹ دسی‌زیمنس بر متر.

Figure 2. Show biplot based on principal component (PC1 and PC2) for selecting indices and wheat genotypes: 1. Kavir, 2. Sistan, 3. Morvarid, 4. n- 87- 20, 5. n- 87- 6, 6. n- 87- 19, 7. Bam, 8. Arg and 9. Akbari under moderate salinity.

در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط دیم، مؤلفه اول ۶۷ و مؤلفه دوم ۳۲ درصد از کل تغییرات را در بر گرفتند (جدول ۵). بیشترین ضرایب در مؤلفه اول متعلق به *MP*، *GMP*، *STI* و *Ys* بود از این رو این مؤلفه را می‌توان به عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به خشکی نام‌گذاری کرد. انتخاب بر اساس این مؤلفه باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش می‌گردد. در مؤلفه دوم بیشترین ضرایب مربوط به *Tol* و *SSI* بود (جدول ۵). با توجه به این که شاخص‌های *SSI* و *Tol* بالا حساسیت به تنش بیشتر را نشان می‌دهد لذا انتخاب بر اساس این مؤلفه حساسیت بیشتر به تنش را نشان می‌دهد.



شکل ۳- نمایش بای پلات شاخص‌های تحمل به تنش خشکی (*SSI*، *Tol*، *MP*، *STI* و *GMP*) و عملکرد در شرایط دیم (*Ys*) و آبی (*Yp*) بر اساس ژنوتیپ‌های گندم (۱= کریم، ۲= کوه‌دشت، ۳= لاین ۱۷، ۴= $ur-88-3$ ، ۵= $ur-88-4$ ، ۶= $ur-88-17$ ، ۷= $ur-89-13$ ، ۸= $ur-89-15$) در تحمل به شرایط دیم.

Figure 3. Biplot based on principal component (PC1 and PC2) for selecting indices and wheat genotypes: 1. Karim, 2. Kohdasht, 3. Line 17, 4. $Ur-88-3=4$, $Ur-88-4=5$, $Ur-88-17=6$, $Ur-89-13=7$ and $Ur-89-15=8$ under rain-fed condition (C).

در بای پلات ترسیم شده (شکل ۳) نیز مشابه با شرایط شوری متوسط انتخاب ژنوتیپ بر اساس مؤلفه اول بیشتر و مؤلفه دوم کمتر باعث انتخاب ژنوتیپ با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و غیر

تنش خواهد شد. رقم کریم (۱) از نظر شاخص‌های MP، GMP و STI دارای بیشترین مقادیر و از نظر شاخص SSI و Tol کمترین مقادیر را داشت (داده‌ها ارائه نشده است) نمودار بای‌پلات (شکل ۳) نیز این موضوع را به خوبی نشان داد. در مقایسه تیمار کوهدشت با لاین ۱۷ (۲ با ۳) با توجه به خط عمود مشاهده می‌شود که کوهدشت از نظر عملکرد در شرایط آبی نسبت به لاین ۱۷ برتر است و بالا بودن SSI و Tol در آن نشان دهنده حساسیت بیشتر کوهدشت به خشکی می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که همبستگی بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش با تنش شوری شدید ($SI=0.76$) معنی‌دار نبود، اما با تنش شوری متوسط ($SI=0.51$) مثبت و معنی‌دار بود. بنابراین در شرایط تنش شوری نیز مشابه با تنش خشکی (۱۹ و ۳) شاخص مناسب برای انتخاب ژنوتیپ با تغییر در شدت تنش فرق داشت. با در نظر گرفتن همبستگی بین شاخص‌ها با هر دو Yp و Ys ، در شرایط تنش شوری شدید SSI، در شرایط تنش شوری متوسط STI، GMP و MP و در شرایط دیم بازهم STI، GMP و MP بهترین گزینه برای انتخاب ژنوتیپ مناسب بودند. در تنش شوری شدید با توجه به کم بودن مقدار SSI در رقم بم این رقم باید بهترین رقم شناخته گردد اما در بای‌پلات نشان داد که رقم بم بیشترین مقدار را در مؤلفه دوم دارد و برای شرایط تنش‌دار رقم مناسبی می‌باشد. در شرایط تنش شدید، ژنوتیپی که برای هر دو شرایط تنش‌دار و بدون تنش در میان ژنوتیپ‌ها مناسب باشد وجود نداشت. نمودار بای‌پلات به روشنی و همزمان روابطی که برای انتخاب ژنوتیپ در شرایط تنش و غیر تنش لازم است را نشان داد.

ارقام متحمل به شوری در سایر نقاط کشور مانند بم و ارگ در شرایط تنش شوری بالا عملکرد بالا و SSI پائینی داشتند که نشان می‌دهد، به شوری بالا تحمل بیشتری دارند. بنابراین در صورت به‌نژادی آن‌ها جهت افزایش پتانسیل این ارقام می‌توانند در شرایط تنش شوری بالای منطقه امید بخش باشند.

در بین شاخص‌های بررسی شده STI و GMP با Yp و Ys و SSI با Yp همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند (جدول ۴). همچنین SSI به طور منفی با Ys همبستگی داشت. با افزایش شدت تنش ضریب Ys در مؤلفه اول زیاد و ضریب Yp در مؤلفه اول کاهش یافت به طوری که در مؤلفه دوم این

روند برعکس شد (جدول ۵). شاخص MP همبستگی بالایی با Yp داشت و به Yp نسبت به STI، GMP و SSI نزدیکتر بود (جدول ۴ و شکل‌های ۱ تا ۳).

منابع

1. Abd El-Moneim, D.A., Mohamed, I.N., Belal, A.H., and Atta, M.E. 2010. Screening bread wheat genotypes for drought tolerance: Germination, radical growth and mean performance of yield and its components: CIHEAM/ FAO/ ICARDA/ GDAR/ CEIGRAM/ MARM, 2010. P: 301- 305. Article available on <http://om.ciheam.org/article.php?ID PDF=801360>.
2. Ahmad Yasir, A., Chen, X., Tian, L., Condon, A.G., and Hu, H.G. 2013. Screening of Chinese bread wheat genotypes under two water regimes by various drought tolerance indices. *Aust. J. Crop Sci.* 7(13): 2005- 2013.
3. Akcura, M., Partigoç, F., and Kaya, Y. 2011. Evaluating of drought stress tolerance based on selection indices in Turkish bread wheat landraces. *J. Animal Plant Sci.* 21(4): 700-709.
4. Anwar, J., Subhani, G.M., Hussain, M., Ahmad, J., Hussain, M., and Munir, M. 2011. Drought tolerance indices and their correlation with yield in exotic wheat genotypes. *Pak. J. Bot.* 43(3):1527-1530.
5. Asadi, M., Mohammadi-Nejad, G., Golkar, P., Naghavi, H., and Nakhoda, B. 2012. Assessment of salinity tolerance of different promising lines of bread wheat. *Adv. Appl. Sci. Res.* 3(2): 1117-1121.
6. Dadbakhsh, A., and Yazdan Sepas, A. 2011. Evaluation of Drought Tolerance Indices for Screening Bread Wheat Genotypes in End-season Drought Stress Conditions. *Adv. Environ. Biol.* 5(6):1040-1045.
7. FAO. 2008. FAO land and plant nutrition management service. Available online at: <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/>. Accessed 25 April 2008.
8. Farshadfar, E., Ahmadi Shahandi, M., Romena, M.H., and Haghighi Hasanalideh, A.R. 2013. Screening of drought tolerance in landraces of bread wheat using agronomic, physiologic and metabolic indicators. *Adv. Crop Sci.* 13: 334-349.
9. Fernandez, G.C.J. 1998. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: Kuo, C.C. (ed.), *Proceedings of an International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress*. AVRDC, Shanhua, Taiwan.
10. Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. *Aus. J. Agri. Res.* 29: 897-912.
11. Golabadi, M., Arzani, A., and Mirmohammadi Maibody, S.A.M. 2006. Assessment of Drought Tolerance in Segregating Populations in Durum Wheat. *Afr. J. Agric. Res.* 1(5): 162-171.

12. Goudarzi, M., and Pakniyat, H. 2008. Evaluation of Wheat Cultivars under Salinity Stress Based on Some Agronomic and Physiological Traits. *J. Agr. Soc. Sci.* 4: 35-38.
13. Guttieri, M.G., Stark, J.C., O'Brien, K., and Souza, E. 2001. Relative Sensitivity of Spring Wheat Grain Yield and Quality Parameters to Moisture Deficit. *Crop Sci.* 41: 327–335.
14. Ilker, E., Tatar, O., Aykut tonk, F., and Tosun, M. 2011. Determination of tolerance level of some wheat genotypes to post-anthesis drought. *Turk. J. Field Crops* 16(1):59-63.
15. Kafi, M., Borzooe, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2009. *Physiology of Environmental Stresses in Plants*. Jahad Daneshgahi Publications. Mashhad. 502 p.
16. Mitra, J., 2001. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. *Curr. Sci.* 80(6):758-762.
17. Mollasadeghi, V., Valizadeh, M., Shahryari, R., and Imani, A.A. 2011. Evaluation of end drought tolerance of 12 Wheat genotypes by stress indices. *Middle East J. Sci. Res.* 7(2): 241-247.
18. Nouraein, M., Mohammadi, S. A., Aharizad, S., Moghaddam, M., and Sadeghzadeh, B. 2013. Evaluation of drought tolerance indices in wheat recombinant inbred line population. *Ann. Biol. Res.* 4(3): 113-122.
19. Pantuwan, G., Fukai, S., Cooper, M., Rajatasereekul, S., and Otoole, J.C. 2002. Yield response of rice (*Oriza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. Part 1: Grain yield and yield components. *Field Crop Res.* 73: 153-168.
20. RamirezVallejo, P., and Kelly, J.D. 1999. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*, 99: 127–136.
21. Rizza, F., Badeck, F.W., Cattivelli, L., Lidestri, O., Di Fonzo, N., and Stanca, A.M. 2004. Use of a Water Stress Index to Identify Barley Genotypes Adapted to Rainfed and Irrigated Conditions. *Crop Sci.* 44: 2127–2137.
22. Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci.* 21: 943-946.
23. Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crop Res.* 98: 222-229.
24. Sunkar, R, 2010. *Plant Stress Tolerance: Methods and Protocols*. New York. USA. Humana press. pp 386.
25. Yan, W., and Kang, M.S. 2003. *GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists*. CRC press.