دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دهم، شماره سی و سوم، ۱۳۹۷

ارزیابی رقم‌ها و لاین‌های گندم برای تحمل به خشکی آخر فصل با استفاده از شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی

فضل اله حسنی[۱]، سعداله هوشمند[۲]، فریبا رفیعی[۳]، علی نیازی[٤]

تاریخ دریافت: تاریخ پذیرش:

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان (*Triticum aestivum* L.) و دوروم (*Triticum turgidum* L. ssp. *durum*) در شرایط تنش خشکی بعد از گلدهی و تعیین مناسب‌ترین شاخص‌های کمی تحمل به تنش خشکی، در سال‌های زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۱ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرقان اجرا شد. تعداد ۱٦۸ رقم و لاین گندم (۱٦٦ گندم نان و ۲ گندم دوروم) در شرایط تنش (قطع آبیاری از مرحله گرده‌افشانی به بعد) و آبیاری کامل در قالب آزمایش آلفالاتیس با دو تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد که رقم‌های سیمره، روشن و یکورا روخو(Yecora Rojo) در شرایط آبیاری کامل و رقم‌های سیمره، روشن و کاپتی در شرایط تنش بیشترین عملکرد دانه را داشتند. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص‌های میانگین هارمونیک (HARM)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP)، شاخص مقاومت به خشکی (DI)، شاخص عملکرد (YI) و شاخص تغییر یافته تحمل به تنش (MSTIs و MSTIp) با عملکرد دانه در شرایط تنش و آبیاری کامل، این شاخص‌ها به عنوان بهترین معیارهای انتخاب در شرایط آزمایش برای تنش خشکی معرفی شدند. غربال ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با استفاده از میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه شاخص‌های انتخاب شده و تجزیه بای‌پلات (Biplot) با استفاده از تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA) انجام شد. در نهایت لاین‌ها و رقم‌های سیمره، روشن، کاپتی، اکبری و DN11 به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی : گندم، تحمل به خشکی بعد از گلدهی، شاخص‌های تحمل به خشکی، عملکرد دانه

حسنی، ف.، س. هوشمند، ف. رفیعی و ع. نیازی. ۱۳۹۷. ارزیابی رقم‌ها و لاین‌های گندم برای تحمل به خشکی آخر فصل با استفاده از شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۳: ٦۷-۵۵.

۱- بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: fhassani27@yahoo.com

۲- استاد ، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

۳- استادیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

٤- دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

مقدمه

خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی است که ٤٠ تا ٦٠ درصد اراضی کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (بری، ۱۹۹۷). سطح زیر کشت گندم در کشور ایران بیشتر به صورت دیم است (٤/۳ میلیون هکتار)، که کاملا به بارندگی وابسته است، با توجه به کاهش بارندگی در کشور، تاثیر خشکی بر تولید گندم بسیار حاد شده است. از طرف دیگر مقدار قابل توجهی از ۲/٤ میلیون هکتار زمین‌های زیر کشت گندم آبی نیز به ویژه در مرحله بعد از گلدهی، از کمبود آب آبیاری رنج می‌برند (نجفیان و جعفرنژاد، ۲۰۱۱). در حالی که رکورد ۱۲ تن در هکتار گندم آبی از منطقه معتدل گزارش شده است، ولی میانگین عملکرد قسمت زیادی از گندم آبی در این منطقه از ۳ تا ٤ تن در هکتار تجاوز نمی‌کند که عمدتا به دلیل کمبود آب آبیاری در مرحله پر شدن دانه است (جلال کمالی و همکاران، ۲۰۰۹). در حالی که درگذشته، محور اصلی تحقیقات به‌نژادی غلات در ایران معرفی رقم‌های پرمحصول در شرایط بهینه بوده است، محدودیت آبیاری اراضی گندم آبی به‌ویژه در اواخر فصل به دلیل رقابت زراعت‌های بهاره با آخرین آبیاری گندم در مرحله بحرانی دانه‌بندی گیاه، باعث شده است تا شناسایی و معرفی رقم‌هایی که با حداکثر دو نوبت آبیاری در بهار پس از پایان بارندگی‌های بهاره عملکرد قابل قبولی دارند، در برنامه‌های به‌نژادی مورد توجه قرار گیرد (متقی و همکاران، ۱۳۸۸). در این زمینه، معرفی رقم‌هایی که بتوانند در هر دو شرایط آبیاری کامل و یا تنش خشکی آخر فصل رشد محصول بیشتری تولید کنند، اهمیت بسیار زیادی پیدا می‌کند. لذا ارزیابی رقم‌ها و لاین‌های گندم نسبت به تنش خشکی بعد از گلدهی به منظور دستیابی به رقم‌های متحمل و تعیین بهترین شاخص‌های تحمل به خشکی همواره در برنامه‌های به‌نژادی مهم بوده است.

به منظور انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، شاخص‌های مختلفی بر اساس عملکرد در شرایط تنش و آبیاری کامل معرفی شده است. این شاخص‌ها براساس تحمل یا حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی تعیین می‌شوند (فرناندز، ۱۹۹۲). ارزیابی واکنش رقم‌ها و ژنوتیپ‌های گندم در شرایط بهینه رطوبتی و تنش آبی انتهای فصل با استفاده از شاخص‌هایی مانند شاخص حساسیت به تنش (SSI) (فیشر و مورر، ۱۹۷۸)، شاخص‌های میانگین حسابی (MP) و تحمل (TOL) (روزیله و هامبلین، ۱۹۸۱) و همچنین شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی عملکرد (GMP) (فرناندز، ۱۹۹۲) ارزیابی شده است. فیشر و مورر (۱۹۷۸) شاخص دیگری به نام شاخص خشکی نسبی (RDI) معرفی کردند. شاخص پایداری عملکرد (YSI) نیز توسط بوسلاما و شاپوق (۱۹۸٤) پیشنهاد شده است. شاخص‌های دیگری مانند شاخص خشکی (DI) (لن، ۱۹۹۸) و شاخص تغییر یافته تحمل به خشکی (MSTI) (فرشادفر و سوتکا، ۲۰۰۲) که فرم تصحیح شده‌ای از شاخص تحمل به خشکی (STI) است نیز جهت غربال ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد مطلوب در شرایط تنش و آبیاری کامل معرفی شده‌اند. شاخص‌های تحمل به تنش غیر زنده (ATI) و شاخص درصد حساسیت به تنش (SSPI) قادر هستند ژنوتیپ‌های با تحمل نسبی را از غیر متحمل‌ها متمایز کنند، در حالیکه شاخص تولید تنش و غیر تنش (SNPI) توانایی تشخیص ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایدار را در هر دو شرایط تنش و آبیاری کامل دارد (موسوی و همکاران، ۲۰۰۸). سی‌وسه‌مرده و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند که در شرایط تنش ملایم، شاخص‌های STI، GMP و MP شاخص‌های موثری در انتخاب لاین‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و آبیاری کامل هستند. محمدی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که ژنوتیپ‌های دارای شاخص YSI بالا، عملکرد بالا در شرایط تنش و عملکرد کم در شرایط آبیاری کامل دارند. همچنین گزارش شده است که، شاخص‌های STI و DI قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی مناسب برای هر دو شرایط تنش و آبیاری کامل هستند، بنابراین می‌توان در شناسایی رقم‌های مورد نیاز در مناطقی که فاصله آبیاری‌ها زیاد است و یا مناطقی که در مراحل حساس رشدی با کمبود آب مواجه هستند استفاده کرد (جعفری و همکاران، ۲۰۰۹). فرناندز (۱۹۹۲) در ارزیابی عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و آبیاری کامل، ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب در هر دو محیط را در گروه A، ژنوتیپ‌های با عملکرد مطلوب در شرایط آبیاری کامل را در گروه B، ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب در شرایط تنش را در گروه C و ژنوتیپ‌های با عملکرد ضعیف در هر دو محیط را در گروه D تقسیم‌بندی کرد.

گندم دارای رقم‌های مختلف با تحمل متفاوت در برابر تنش خشکی است. بنابراین، لازم است برای استفاده بهتر از آب موجود در هر منطقه، رقم‌هایی که با حداقل آبیاری دارای عملکرد بالاتر و سازگاری بهتری هستند مشخص شوند. هدف از این آزمایش ارزیابی تعدادی از لاین‌ها و رقم‌های گندم نان و

دوروم در شرایط تنش خشکی بعد از گلدهی، و آبیاری مطلوب از طریق مقایسه عملکرد دانه، طی دو سال زراعی و تعیین لاین‌ها و رقم‌هایی است که در هر دو شرایط تنش و آبیاری کامل، عملکرد بهتری دارند و همچنین تعیین شاخص‌هایی است که بتوان بر اساس آن‌ها رقم‌ها و لاین‌های متحمل به خشکی انتهای فصل را از حساس جدا کرد.

مواد و روش‌ها

در این بررسی تعداد ۱٦۸ لاین و رقم گندم نان و دوروم، شامل ۱۵۰ لاین خالص گندم نان حاصل از تلاقی رقم بهاره چینی (Chinese Spring) و یکورا روخو (Yecora Rojo) همراه با والدین، ۱٤ لاین و رقم شناخته شده گندم نان (پیکافلور، پیشتاز، فلات، چمران، آذر، اکبری ، نیک‌نژاد، کویر، روشن، سیروان، سیستان، DN11، سرخ‌تخم، مرودشت) و دو رقم گندم دوروم (سیمره و کاپتی)(جدول ۲)، در قالب آزمایش آلفالاتیس در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی بعد از گلدهی، هرکدام با دو تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. هر تکرار به دلیل تعداد زیاد ژنوتیپ به ٤ زیر بلوک شکسته شد. هر زیر بلوک شامل ٤۲ لاین یا رقم بود که هر لاین یا رقم در دو خط به فاصله ۲۰ سانتی‌متر روی یک پشته به طول یک متر و عرض ٦۰ سانتیمتر کشت شد. پس از برداشت، وزن دانه هر واحد آزمایشی، به عنوان عملکرد دانه با واحد گرم اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که لاین‌های خالص استفاده شده در این تحقیق، توسط آقای دکتر بهمن اهدایی برای خصوصیات متفاوت ریشه و بعضی خصوصیات دیگر مرتبط با تحمل به خشکی به روش بالک تک بذر تهیه شده‌بودند. در این بررسی ۱۵ شاخص تحمل و حساسیت به خشکی مورد استفاده قرار گرفتند که لیست آن‌ها در جدول ۱ ارایه شده است. محل اجرای پروژه، ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرقان وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، واقع در شهر زرقان، حدود ۳۰ کیلومتری شمال شرقی شیراز، دارای طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ٤۳ دقیقه شرقی، عرض ۲۹ درجه و ٤٦ دقیقه شمالی، متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱٦۰٤ متر، متوسط بارندگی سالیانه ۳٤۵ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد و EC آب آبیاری ۳ میلی‌موس بر متر است. ایستگاه زرقان دارای آب و هوای معتدل و از ایستگاه‌های اصلی اصلاح و تولید رقم‌های گندم در کشور می‌باشد. میانگین دما و بارندگی در دو فصل زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۱ در جدول ۳ ارایه شده است. در هر دو سال، زمین محل اجرای آزمایش در سال قبل آیش بوده و تهیه زمین شامل دو شخم بهاره و پاییزه، دیسک و تسطیح بود. کود مورد نیاز با توجه به آزمون خاک، ۱۰۰-۹۰-۱۳۵ کیلوگرم در هکتار N-P-K به زمین داده شد. پس از کشت تا زمان گلدهی، آبیاری با توجه به میزان بارندگی و پراکنش آن و طبق عرف منطقه، به صورت کاملا یکسان در دو قطعه آبیاری کامل و تنش انجام شد و سپس در قطعه تنش، آبیاری به طور کامل قطع شد. مبارزه با علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ با استفاده از علف کش‌های آکسیال و گرانستار صورت گرفت. تجزیه و تحلیل‌های آماری و محاسبات مربوط به شاخص‌ها، با استفاده از نرم افزارهای Excel، SAS و Gene STAT انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال، تنش خشکی و ژنوتیپ بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. رقم‌های سیمره، روشن و یکورا روخو در شرایط آبیاری کامل و رقم‌های سیمره، روشن و کاپتی در شرایط تنش بیشترین عملکرد دانه را داشتند(داده‌ها آورده نشده است). ژنوتیپ‌ها براساس مقادیر هر شاخص در شاخص‌های مقاومت، از زیاد به کم و در شاخص‌های حساسیت از کم به زیاد، مرتب شده و رتبه بندی شدند(جدول ٤ و ۵). به دلیل تعداد زیاد ژنوتیپ‌ها (۱٦۸ لاین و رقم) و این موضوع که هدف، انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش است که عملا در دو انتهای جدول برای هر شاخص قرار می‌گیرند، بنابراین در جدول ٤ و ۵ فقط ۲۵ ژنوتیپ اول (متحمل به تنش) و ۱۵ ژنوتیپ آخر (حساس به تنش) براساس رتبه هر ژنوتیپ آورده شده و میانه جدول حذف شده است. در جدول ٤، حداکثر عملکرد در شرایط آبیاری کامل مربوط به ژنوتیپ‌های ۵۵ (سیمره)، ۱۰۰ (روشن) و ۱٦٦ (یکورا روخو) است. در شرایط تنش نیز دو ژنوتیپ ۵۵ و ۱۰۰ جایگاه خود را حفظ کرده ولی رتبه سه را ژنوتیپ ۱۲٤ (کاپتی) در اختیار گرفته است و ژنوتیپ ۱٦٦ که در شرایط آبیاری کامل رتبه سه بود در شرایط تنش به رتبه ۱٤ تنزل یافته است که نشان دهنده تاثیرپذیری این ژنوتیپ از تنش اعمال شده است. با نگاهی به رتبه‌های بعدی در این دو ستون متوجه می‌شویم که بعضی از ژنوتیپ‌ها مانند ۱۳۰، ۱۳۹، ۱۰۲ و ۱۲۰ در شرایط تنش نسبت به آبیاری کامل تنزل رتبه و ژنوتیپ-های ۹۰، ۱۲٤، ۱۲ و ۱۱٤ ارتقای رتبه داشته‌اند. این موضوع بیانگر عملکرد متفاوت ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری کامل و تنش است. با نگاهی به انتهای دو ستون مربوط به عملکرد مشاهده می‌کنیم که ژنوتیپ ۹۹ در شرایط آبیاری کامل و ژنوتیپ ۳٤ در

شرایط تنش کم‌ترین عملکرد یعنی رتبه ۱۶۸ را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۱- شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی و فرمول‌های مربوطه

ردیف	شاخص به فارسی	شاخص به انگلیسی	فرمول	منبع
۱	شاخص حساسیت به تنش	Stress Susceptibility Index	SSI=(1-(Ys/Yp))/ 1-(s / p)	(Fisher and Maurer 1978)
۲	شاخص تحمل	Tolerance	TOL=Yp-Ys	(Rosille and Hamblin 1981)
۳	شاخص میانگین بهره‌وری	Mean Productivity	MP=(Yp+Ys)/2	(Rosille and Hamblin 1981)
٤	شاخص تحمل به تنش	Stress Tolerance index	STI=(Yp×Ys)/(p)^2	(Fernandez 1992)
٥	میانگین هندسی بهره‌وری	Geometric Mean Productivity	GMP=(Yp×Ys)$^{0.5}$	(Fernandez 1992)
٦	میانگین هارمونیک بهره‌وری	Harmonic Mean of Productivity	HARM=(2×(Yp×Ys))/(Yp+Ys)	(Fernandez 1992)
۷	شاخص خشکی نسبی	Relative Drought Index	RDI= (Ys/Yp)/(s / p)	(Fisher and Maurer 1978)
۸	شاخص عملکرد	Yield Index	YI=Ys/ s	(Gavuzzi, Rizza et al. 1997)
۹	شاخص پایداری عملکرد	Yield Stability Index	YSI= Ys/Yp	(Bouslama and Schapaugh 1984)
۱۰	شاخص مقاومت به خشکی	Drought Resistance Index	DI=Ys×(Ys/Yp)/ s	(Lan 1998)
۱۱	شاخص تغییر یافته تحمل به تنش	Modified Stress Tolerance index	MSTI=K_iSTI (K_1=Yp^2/ p^2 and K_2=Ys^2/ s^2)	(Farshadfar and Sutka 2002)
۱۲	شاخص تحمل به تنش غیر زنده	Abiotic Tolerance Index	ATI= [(Yp-Ys)/(p/ s)] ×(Yp×Ys)$^{0.5}$	(Moosavi, Yazdi Samadi et al. 2008)
۱۳	شاخص درصد حساسیت به تنش	Stress Susceptibility Percentage Index	SSPI=[(Yp-Ys)/2Yp] ×100	(Moosavi et al., 2008)
۱٤	شاخص تولید تنش و غیر تنش	Stress Non-Stress Production Index	SNPI=[(Yp+Ys)/(Yp-Ys)]$^{0.5}$×(Yp×Ys×Ys)	(Moosavi et al.,2008)
۱٥	شاخص حساسیت به خشکی	Sensitivity drought index	SDI=(Yp-Ys)/Yp	(Farshadfar and Javadinia 2011)

* p، s، Yp و Ys به ترتیب میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش و میانگین عملکرد هریک از ارقام یا ژنوتیپ‌ها در این دو شرایط می‌باشند.

جدول ۲- لیست رقم‌های مورد استفاده در آزمایش و شماره آن‌ها در تجزیه و تحلیل‌های آماری

نام رقم	پیکافلور	پیشتاز	فلات	چمران	سیمره	آذر	اکبری	نیک‌نژاد	کویر
شماره	۱۲	۲۱	٤۱	٤٤	٥٥	۸۰	۹۰	۹۱	۹٤
نام رقم	روشن	سیروان	سیستان	کاپتی	DN11	سرخ‌تخم	مرودشت	بهاره چینی	یکورا روخو
شماره	۱۰۰	۱۰۲	۱۱۰	۱۲٤	۱۳۰	۱۳۹	۱٥۹	۱٦۲	۱٦٦

جدول۳ – آمار هواشناسی مربوط به سال‌های زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۱ در ایستگاه زرقان

		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
سال اول	بارندگی(میلی‌متر)	۰	۲٦/۸	٤٦/٤	٥۱/٥	۱۰۹/٦	۲۲/۳	٤۳/۷	۰	۰	۰	۰	٥/۲
	متوسط دما (سانتی‌گراد)	۲۰/٥	۲٥/۹	٦/٥	۷/٦	٥/۷	۷/۹	۱۳/۱	۲۰	۲٤/۹	۲۸/۳	۲۷/۷	۲٥/٦
سال دوم	بارندگی(میلی‌متر)	٤/٥	۲٥/٤	۱۳٤/۱	٤۳/۹	۳۰/٤	۲۰/٤	۹٥/۱	۲۳/٦	۰	۰	۸/٤	۰
	متوسط دما (سانتی‌گراد)	۲۰/٥	۱٤/٥	۷/۷	٥/۷	۸/۸	۱۱/۲	۱٤/٤	۱٦/۹	۲٥/۱	۲۹/۲	۲۹/۲	۲٥/۷

براساس شاخص‌های STI، GMP، HARM، MSTI در شرایط بدون تنش، MSTI در شرایط تنش، MP و YI سه ژنوتیپ ۵۵، ۱۰۰ و ۱۲٤ به ترتیب رتبه اول تا سوم را در اختیار دارند و به عنوان متحمل به تنش در نظر گرفته می‌شوند. براساس شاخص DI همین سه ژنوتیپ با تغییر در رتبه آن‌ها ژنوتیپ‌های برتر و متحمل به تنش معرفی شده‌اند. به رغم هماهنگی خوب در سه رتبه اول این ۸ شاخص، در رتبه‌های بعدی اختلاف‌هایی هم از نظر ژنوتیپ‌ها و هم رتبه آن‌ها به چشم می‌خورد. در انتهای جدول ٤ هرچند عمدتا چهار ژنوتیپ ۹۹، ۱، ۱٥٤ و ۳٤ به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی شده‌اند اما رتبه‌های آن‌ها دربین شاخص‌ها متفاوت است. علاوه براین، گرچه شاخص DI در معرفی ژنوتیپ ۳٤ و ۱ هماهنگ با سایر شاخص‌ها عمل نموده اما ژنوتیپ ۹۹ در میان حساس‌ترین‌ها نیست و ژنوتیپ-های ۱٦۲ و ۱۸ به عنوان سومین و چهارمین از نظر حساسیت به تنش معرفی شده‌اند. مجیدی و همکاران (۲۰۱۱) و طالبی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که شاخص‌های STI، GMP، HARM و MP می‌توانند ژنوتیپ‌هایی را که هم در شرایط نرمال و هم در شرایط تنش عملکرد بالایی دارند، شناسایی کنند. فرشادفر و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که STI، GMP، MP، DI، YI و MSTI می‌توانند ژنوتیپ‌های متحمل و دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و آبیاری کامل را شناسایی و معرفی کنند.

در جدول ۵ (به دلیل تفاوت در نحوه مرتب کردن داده‌ها ادامه جدول شاخص‌ها، با شماره جدید مشخص شده است) در شاخص‌های حساسیت SSI، SDI، SSPI و TOL، ژنوتیپ‌ها بر اساس مقدار رتبه، از کم به زیاد مرتب شده‌اند. در تمام شاخص‌های SSI، SDI، SSPI، TOL، ATI، YSI و RDI سه ژنوتیپ ۹۹، ۱۱ و ۱٥٦ به عنوان متحمل البته با تفاوت‌هایی در رتبه شناسایی شده‌اند. در شاخص SNPI ژنوتیپ اول و دوم ۹۹ و ۱۱ است اما ژنوتیپ سوم ۱٥۰ است و ژنوتیپ ۱٥٦ در رتبه پنجم قرار گرفته است. هماهنگی در معرفی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش، بین شاخص‌های بالا (جدول ۵) در معرفی ژنوتیپ‌های حساس وجود ندارد و ژنوتیپ‌های حساس معرفی شده توسط این شاخص‌ها، به سه دسته قابل تقسیم‌بندی هستند. دسته اول شامل شاخص‌های حساسیت SSI و SDI و شاخص‌های تحمل به تنش YSI و RDI است که در آن‌ها ژنوتیپ‌های ۱٦۲، ۱۸، ۳۱ و ۳٤ البته با تفاوت اندک در رتبه، به عنوان ژنوتیپ‌های حساس معرفی شده‌اند. دسته دو شامل دو شاخص حساسیت به تنش SSPI و TOL است که در آن‌ها ژنوتیپ‌های ۱۰۲ (سیروان) و ۱٦٦ به عنوان حساس‌ترین‌ها معرفی شده‌اند. در دسته سوم که شامل ATI و SNPI است ژنوتیپ‌های ۵۵ و ۱٦٦ به عنوان حساس‌ترین‌ها معرفی شده‌اند. با توجه به نتایج فوق به نظر می‌رسد که شاخص‌های ارایه شده در جدول ۵، فقط ژنوتیپ‌های با عملکرد کم و حداقل تفاوت بین عملکرد تنش و آبیاری کامل را به عنوان متحمل تشخیص داده‌اند و نمی‌توانند در شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های با عملکرد مطلوب و بالا در شرایط تنش و آبیاری کامل موثر باشند. در جدول ٦ همبستگی شاخص‌ها با هم و همچنین با عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و تنش آورده شده است. شاخص‌های HARM، GMP، STI، MP، DI، YI، MSTIs و MSTIp همبستگی مثبت (بالای ۸٦٪) و معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش دارند. عملکرد در شرایط آبیاری کامل نیز همبستگی مثبت (بالای ۸۳٪) و معنی‌داری با شاخص‌های MP، GMP، HARM، STI، MSTIp، YI، ATI و MSTIs دارد که نشان می‌دهد این شاخص‌ها در تشخیص ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش و آبیاری کامل بسیار کارا هستند. مجیدی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که عملکرد در شرایط آبیاری کامل همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های TOL، MP، GMP، STI و HARM نشان داد. آن‌ها همچنین گزارش کردند که همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و شاخص‌ها نشان می‌دهد که انتخاب براساس آن شاخص-ها ممکن است عملکرد در شرایط تنش و آبیاری کامل را افزایش دهد. فرشادفر و همکاران (۲۰۰۲) نیز معتقد بودند که مناسب ترین شاخص برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش، شاخصی است که همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط تنش و آبیاری کامل داشته باشد.

جدول ٤- ژنوتیپ‌های متحمل و حساس انتخاب شده و رتبه آن‌ها براساس شاخص‌های تحمل به خشکی

R	Yp	Ys	STI	GMP	HARM	MSTI(p)	MSTI(s)	MP	YI	Di	All Tol
١	٥٥	٥٥	٥٥	٥٥	٥٥	٥٥	٥٥	٥٥	٥٥	١٠٠	٥٥
٢	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٢٤	١٠٠
٣	١٦٦	١٢٤	١٢٤	١٢٤	١٢٤	١٢٤	١٢٤	١٢٤	١٢٤	٥٥	١٢٤
٤	١٣٠	٩٠	٩٠	٩٠	٩٠	١٣٠	٩٠	١٣٠	٩٠	٩٤	٩٠
٥	١٣٩	١٣٠	١٣٠	١٣٠	١٣٠	٩٠	٩٤	٩٠	١١٤	١١٤	١٣٠
٦	٩٠	١١٤	١٦٦	١٦٦	١٢	١٦٦	١٣٠	١٦٦	١٣٠	٩٠	١٢
٧	١٢٤	١٢	١٢	١٣٩	١١٤	١٣٩	٤٦	١٣٩	٤٦	٤٦	٤٦
٨	١٠٢	٤٦	١٣٩	١٢	١٣٩	١٢	١١٤	١٢	٩٤	١٢	١١٤
٩	١٢٠	٩٤	١١٤	١١٤	١٦٦	٤٦	١٢	١١٤	١٢	٦٨	١٣٩
١٠	٤٣	١٣٩	٤٦	٤٦	٤٦	١١٠	١٦٦	٤٦	١٣٩	١٣٠	٣٢
١١	١٢	٣٢	٩٤	٩٢	٣٢	٩٤	١٣٩	٩٢	٩٢	٣٢	٩٢
١٢	١١٠	٩٢	١١٠	٣٢	٩٢	١١٤	٣٢	٣٢	٤٤	٤٤	٩٤
١٣	٢١	٤٤	٩٢	١١٠	٩٤	٣٢	٤٤	١١٠	٣٢	٦٣	٤٤
١٤	٩٢	١٦٦	٣٢	٩٤	١١٠	١٢٠	٩٢	٤٣	١٦٦	٩٢	٤٣
١٥	١١٤	٨٠	٤٤	٤٣	٤٤	٩٢	١١٠	١٢٠	٦٣	٦٩	٨٠
١٦	٣٢	٦٣	٤٣	٤٤	٨٠	٤٣	١٠٢	٢١	٨٠	١١٣	١٦٦
١٧	٧٥	١١٠	١٢٠	١٢٠	٤٣	٢١	٦٣	٤٤	١١٠	٨٠	١١٠
١٨	٤٥	٦٨	٢١	٨٠	٢١	١٠٢	٤٣	٩٤	٤٣	١٣٩	٦٣
١٩	٨٠	٤٣	٨٠	٢١	١٢٠	٤٤	٨٠	٨٠	٦٨	٤٧	٨٢
٢٠	٤٠	٢١	٦٣	٦٣	٦٣	٤٠	٢٩	١٠٢	٢١	٤٣	٢١
٢١	٤٦	٤٧	١٠٢	٤٥	٤٥	٨٠	٤٠	٦٣	٤٧	١٤٦	١٦٤
٢٢	٤٤	٨٢	٤٠	٤٠	١٦٤	٢٩	٢١	٤٥	١٢٠	١٣٢	١٣٢
٢٣	٦٣	١٦٤	٤٥	١٦٤	٤٠	٦٣	١٣٢	٤٠	٨٢	٩٥	٤٧
٢٤	٨٢	١٢٠	٨٢	٨٢	٨٢	٤٥	٦٨	٨٢	١٣٢	١٣٣	١٢٠
٢٥	١٦٤	٦٩	١٦٤	١٠٢	٤٧	٨٢	١٢٠	١٦٤	١٦٤	٥٨	١٣٣
R	Yp	Ys	STI	GMP	HARM	MSTI(p)	MSTI(s)	MP	YI	Di	All Tol
١٥٤	١٤٨	١٨	١٥	١١٨	١٣	٦٠	١٤٥	١١٨	١٥٠	١١٨	١٣
١٥٥	٧٣	١٥	٦٠	١٤٥	١٥	١٥٦	١١٨	١٤٥	١١٨	٦٤	١١٩
١٥٦	١٤٩	١١٨	١٤٥	١٥٧	١٤٥	١٤٥	١٥	١١٩	١٤٧	١٥	١٦٢
١٥٧	١١	١٤٧	١٥٧	٦٠	٥٤	١١٩	١٤٧	١٥٧	١٥	١٣٧	٧٣
١٥٨	١٥٦	١٣	٥٤	٥٤	٦٠	٥٤	١٣	٥٤	١٣	٣٢	١٤٩
١٥٩	١١٩	٦٠	١٤٨	٧٣	١٥٠	١٥٧	١٥٠	٧٣	١٨	١٤٧	١٥٧
١٦٠	٦٤	١٦٢	٧٣	١٥٠	٢٢	٧٣	٢٢	١٤٩	٦٤	١٣	٥٤
١٦١	١٥٧	٦٤	١٥٠	١٤٩	٧٣	١٤٩	١٤٨	١٤٨	١٦٢	٧٣	٦٤
١٦٢	٣٤	٧٣	١٤٩	٢٢	١٤٩	٦٤	١٤٩	١٥٠	٧٣	١٤٩	١٤٨
١٦٣	٥٤	١٤٩	٢٢	١٤٨	٦٤	١٥٠	٦٤	٦٤	١٤٨	١٤٨	١٥٠
١٦٤	١٥٠	١٤٨	٦٤	٦٤	١٤٨	٢٢	٧٣	٢٢	١٤٩	١٥٤	١٥٤
١٦٥	٢٢	١٥٤	٣٤	٣٤	١٥٤	٣٤	١٥٤	٣٤	١٥٤	١٨	٢٢
١٦٦	١	٩٩	١٥٤	١٥٤	٣٤	١	٣٤	١	٩٩	١٦٢	٣٤
١٦٧	١٥٤	١	١	١	١	١٥٤	١	١٥٤	٣٤	١	١
١٦٨	٩٩	٣٤	٩٩	٩٩	٩٩	٩٩	٩٩	٩٩	١	٣٤	٩٩

* All TOL: رتبه جدید که براساس جمع رتبه (Rank sum) شاخص‌های تحمل به تنش محاسبه شده است.

* R: رتبه ژنوتیپ ها بر اساس تحمل به تنش خشکی

جدول۵- ژنوتیپ‌های متحمل و حساس و رتبه آن‌ها براساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی

R	Yp	Ys	SSI	SDI	SSPI	TOL	ATI	YSI	RDI	SNPI	*All SUS
۱	۵۵	۵۵	۱۱	۱۱	۹۹	۹۹	۹۹	۱۱	۱۱	۹۹	۱۱
۲	۱۰۰	۱۰۰	۱۵۶	۹۹	۱۱	۱۱	۱۵۶	۹۹	۹۹	۱۱	۹۹
۳	۱۶۶	۱۲۴	۹۹	۱۵۶	۱۵۶	۱۵۶	۱۱	۱۵۶	۱۵۶	۱۵۰	۱۵۶
۴	۱۳۰	۹۰	۷۰	۶۸	۷۰	۷۰	۱۵۰	۶۸	۶۸	۱۵۷	۷۰
۵	۱۳۰	۱۳۰	۹۴	۹۴	۵۴	۷۲	۵۴	۹۴	۹۴	۱۵۶	۷۲
۶	۹۰	۱۱۴	۷۲	۷۰	۷۲	۵۴	۷۲	۷۰	۷۰	۵۴	۵۸
۷	۱۲۴	۱۲	۱۱۳	۱۱۳	۵۳	۵۳	۷۰	۱۱۳	۵۸	۷۲	۱۱۳
۸	۱۰۲	۴۶	۶۸	۵۸	۵۸	۵۸	۲۲	۵۸	۱۱۳	۱۵۴	۹۵
۹	۱۲۰	۹۴	۵۸	۷۲	۹۵	۱۱۳	۳۸	۷۲	۹۵	۳۸	۶۸
۱۰	۴۳	۱۳۹	۲۵	۹۵	۶۸	۹۵	۱۱۹	۹۵	۷۲	۲۲	۵۳
۱۱	۱۲	۳۲	۴۶	۲۵	۱۵۷	۲۵	۱۵۴	۲۵	۲۵	۱۱۹	۲۵
۱۲	۱۱۰	۹۲	۶۹	۴۶	۱۱۳	۳۸	۷۶	۴۶	۴۶	۱	۵۴
۱۳	۲۱	۴۴	۱۰۳	۵۳	۱۲۱	۱۵۷	۱۵۷	۵۳	۵۳	۷۶	۱۱۷
۱۴	۹۲	۱۶۶	۹۵	۱۱۴	۷۶	۷۶	۱۱۷	۱۱۴	۱۱۴	۳۴	۱۲۱
۱۵	۱۱۴	۸۰	۵۳	۶۹	۲۲	۶۸	۵۳	۶۹	۶۹	۷۰	۹۴
۱۶	۳۲	۶۳	۱۱۴	۱۰۳	۲۵	۲۲	۱۲۱	۱۰۳	۱۰۳	۶۰	۱۱۵
۱۷	۷۵	۱۱۰	۵۴	۱۲۱	۱۱۹	۱۱۷	۵۸	۱۲۱	۱۲۱	۵۱	۷۶
۱۸	۴۵	۶۸	۱۱۵	۱۴۶	۱۱۷	۱۵۰	۲۵	۱۴۶	۱۴۶	۵۳	۱۵۷
۱۹	۸۰	۴۳	۱۱۷	۵۴	۳۸	۱۲۱	۹۵	۵۴	۱۵۷	۱۴۸	۳۸
۲۰	۴۰	۲۱	۳۸	۱۵۷	۱۵۰	۱۱۹	۱۲۳	۱۵۷	۱۱۲	۱۱۷	۱۱۲
۲۱	۴۶	۴۷	۱۴۶	۱۱۲	۹۴	۹۴	۸۳	۱۱۲	۵۴	۶۴	۱۰۳
۲۲	۴۴	۸۲	۱۲۱	۱۱۷	۱۱۵	۱۱۵	۱۱۳	۱۱۷	۱۱۷	۱۲۱	۱۷
۲۳	۶۳	۱۶۴	۱۰۰	۱۱۵	۱۷	۱۰۳	۹۷	۱۱۵	۱۱۵	۶۸	۸۵
۲۴	۸۲	۱۲۰	۷۶	۷۶	۱۱۲	۱۷	۱۰۵	۷۶	۱۲۴	۱۴۵	۱۲۳
۲۵	۱۶۴	۶۹	۱۱۲	۱۲۴	۹۷	۹۷	۶۴	۱۲۴	۷۶	۱۴۹	۱۴۶
R	Yp	Ys	SSI	SDI	SSPI	TOL	ATI	YSI	RDI	SNPI	*All SUS
۱۵۴	۱۴۸	۱۸	۱۳۷	۳	۱۳۹	۱۸	۱۰۰	۳	۷۵	۷۹	۶۱
۱۵۵	۷۳	۱۵	۱۵۸	۱۳۶	۸۹	۳۵	۴۰	۱۳۶	۳	۱۰۲	۶۷
۱۵۶	۱۴۹	۱۱۸	۳۵	۶	۷۴	۴۳	۹۱	۶	۶۶	۸۹	۳۵
۱۵۷	۱۱	۱۴۷	۱۳۶	۱۰۲	۳۱	۳۱	۱۳۰	۱۰۲	۴۲	۱۲۴	۷۸
۱۵۸	۱۵۶	۱۳	۶۷	۴۲	۳۵	۶۱	۶۷	۴۲	۶	۴۵	۴۲
۱۵۹	۱۱۹	۶۰	۹۱	۱۳۷	۹۱	۹۱	۱۱۰	۱۳۷	۹۱	۷۵	۳۱
۱۶۰	۶۴	۱۶۲	۷۸	۹۱	۱۶۲	۷۸	۲۱	۹۱	۱۳۷	۴۰	۷۵
۱۶۱	۱۵۷	۶۴	۱	۶۷	۱۲۰	۶۷	۷۵	۶۷	۶۷	۹۰	۱۲۰
۱۶۲	۳۴	۷۳	۴۲	۷۸	۶۷	۵۵	۱۳۹	۷۸	۷۸	۱۲۰	۱
۱۶۳	۵۴	۱۴۹	۶۱	۱	۴۲	۱۶۲	۴۲	۱	۱	۲۱	۱۸
۱۶۴	۱۵۰	۱۴۸	۱۰۲	۳۵	۷۸	۷۵	۴۳	۳۵	۳۵	۱۳۹	۱۶۲
۱۶۵	۲۲	۱۵۴	۳۱	۳۴	۵۵	۱۲۰	۱۰۲	۳۴	۳۴	۱۱۰	۱۶۶
۱۶۶	۱	۹۹	۳۴	۳۱	۷۵	۴۲	۱۲۰	۳۱	۱۸	۱۳۰	۱۰۲
۱۶۷	۱۵۴	۱	۱۸	۱۸	۱۶۶	۱۶۶	۱۶۶	۱۸	۳۱	۱۶۶	۵۵
۱۶۸	۹۹	۳۴	۱۶۲	۱۶۲	۱۰۲	۱۰۲	۵۵	۱۶۲	۱۶۲	۵۵	۳۴

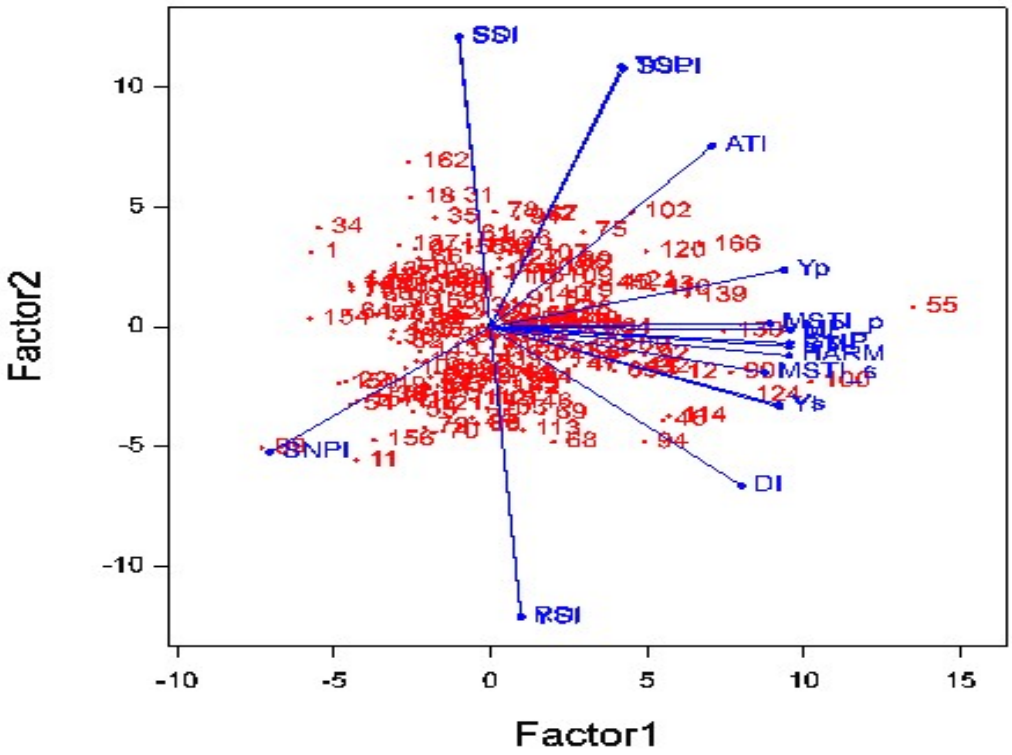
* All SUS: رتبه جدید که براساس جمع رتبه (Rank sum) شاخص‌های حساسیت به تنش محاسبه شده است

* R: رتبه ژنوتیپ ها بر اساس تحمل به تنش خشکی

جدول ٦ – ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش

	ATI	DI	GMP	HARM	MP	MSTIp	MSTIs	RDI	SDI	SNPI	SSI	SSPI	STI	TOL	YI	YSI	Yp	Ys
ATI	١																	
DI	٠/٢٦**ns**	١																
GMP	٠/٧٠**	٠/٨٦**	١															
HARM	٠/٦٧**	٠/٨٨**	١/٠٠**	١														
MP	٠/٧٣**	٠/٨٤**	١/٠٠**	١/٠٠**	١													
MSTIp	٠/٧١**	٠/٧٤**	٠/٨٩**	٠/٨٩**	٠/٩٠**	١												
MSTIs	٠/٥٦**	٠/٨٤**	٠/٨٩**	٠/٨٩**	٠/٨٨**	٠/٩٧**	١											
RDI	−٠/٥٠**	٠/٦١**	٠/١٦**ns**	٠/٢٠**ns**	٠/١١**ns**	٠/٠٧**ns**	٠/٢٢**ns**	١										
SDI	٠/٥١**	−٠/٦١**	−٠/١٦**ns**	−٠/٢٠**ns**	٠/١٢**ns**	−٠/٠٧**ns**	−٠/٢٢**ns**	−١/٠٠**	١									
SNPI	−٠/٧٢**	−٠/٤٠**	−٠/٧٢**	−٠/٧١**	٠/٧٤**	−٠/٥٦**	−٠/٥٠**	٠/٣٥**	−٠/٣٥**	١								
SSI	٠/٥٢**	−٠/٦١**	−٠/١٦**ns**	−٠/٢٠**ns**	−٠/١٢**ns**	−٠/٠٨**ns**	−٠/٢٢**ns**	−٠/٩٨**	٠/٩٩**	−٠/٣٤**	١							
SSPI	٠/٨٩**	−٠/١١**ns**	٠/٣٩**	٠/٣٥**	٠/٤٤**	٠/٤٢**	٠/٢٥**ns**	−٠/٨١**	٠/٨١**	−٠/٦٦**	٠/٨٠**	١						
STI	٠/٦٩**	٠/٨٦**	٠/٩٩**	٠/٩٩**	٠/٩٨**	٠/٩٥**	٠/٩٥**	٠/١٦**ns**	−٠/١٦**ns**	−٠/٦٧**	−٠/١٧**ns**	٠/٣٨**	١					
TOL	٠/٩٠**	−٠/١٢**ns**	٠/٣٩**	٠/٣٥**	٠/٤٣**	٠/٤١**	٠/٢٤**ns**	−٠/٨١**	٠/٨١**	−٠/٦٥**	٠/٨١**	١/٠٠**	٠/٣٧**	١				
YI	٠/٥٣**	٠/٩٥**	٠/٩٧**	٠/٩٨**	٠/٩٦**	٠/٨٦**	٠/٩٠**	٠/٣٧**	−٠/٣٧**	−٠/٦١**	−٠/٣٧**	٠/١٨**ns**	٠/٩٧**	٠/١٨**ns**	١			
YSI	−٠/٥١**	٠/٦١**	٠/١٦**ns**	٠/٢٠**ns**	٠/١٢**ns**	٠/٠٧**ns**	٠/٢٢**ns**	١/٠٠**	−١/٠٠**	٠/٣٥**	−٠/٩٩**	−٠/٨١**	٠/١٦**ns**	−٠/٨١**	٠/٣٧**	١		
Yp	٠/٨٥**	٠/٧١**	٠/٩٧**	٠/٩٥**	٠/٩٨**	٠/٨٨**	٠/٨٣**	−٠/٠٩**ns**	٠/٠٩**ns**	−٠/٨٠**	٠/٠٨**ns**	٠/٦١**	٠/٩٥**	٠/٦١**	٠/٨٩**	−٠/٠٩**ns**	١	
Ys	٠/٥٣**	٠/٩٥**	٠/٩٨**	٠/٩٨**	٠/٩٧**	٠/٨٦**	٠/٨٩**	٠/٣٦**	−٠/٣٦**ns**	−٠/٦٢**	−٠/٣٦**	٠/١٩**ns**	٠/٩٧**	٠/١٨**ns**	١/٠٠**	٠/٣٦**	٠/٨٩**	١

** : معنی‌دار در سطح یک درصد و **ns**، غیر معنی‌دار



شکل ١- بای‌پلات مولفه‌های اصلی

هشت شاخص STI، GMP، HARM، MSTI در شرایط نرمال، MSTI در شرایط تنش، MP، YI و DI دارای همبستگی بالا بین خود و همچنین با عملکرد در شرایط آبیاری کامل و تنش هستند (جدول ٦). از سوی دیگر با مراجعه به شکل (١) که براساس ماتریس همبستگی شاخص‌ها و تجزیه به مولفه‌های اصلی ترسیم شده‌است، مشاهده می‌شود که شاخص-های معرفی شده بالا (شاخص‌های جدول ٤) که همگی از شاخص‌های تحمل به تنش هستند، به همراه عملکرد در شرایط تنش و آبیاری کامل در یک گروه قرار گرفته‌اند. بنابراین با محاسبه میانگین رتبه (Rank Mean)، انحراف معیار رتبه (Standard deviation) و در نهایت جمع رتبه (Rank Sum) و در نظر گرفتن همزمان هر ٨ شاخص فوق و رتبه بندی ژنوتیپ‌ها براساس معیار جدید مشاهده می‌شود که ژنوتیپ‌های ٥٥، ١٠٠ و ١٢٤ به عنوان متحمل‌ترین و ٩٩، ١ و ٣٤ به عنوان حساس‌ترین‌ها معرفی شده‌اند (جدول ٤). چهار شاخص SSI، SDI، SSPI و TOL نیز دارای همبستگی مثبت و بالایی بین خود هستند ولی هیچکدام دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در شرایط تنش نیستند (جدول ٦). با مراجعه به شکل یک نیز مشاهده می‌شود که این چهار شاخص که همگی نیز شاخص حساسیت به تنش هستند را می‌توان در یک گروه

قرار داد. با محاسبه جمع رتبه و رتبه بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس این چهار شاخص ژنوتیپ‌های ۱۱، ۹۹ و ۱۵٦ به عنوان متحمل‌ترین‌ها و ۳٤، ۵۵ و ۱۰۲ به عنوان حساس‌ترین‌ها به تنش معرفی شدند (جدول۵). مشاهده می‌شود که ژنوتیپ‌های معرفی شده به عنوان متحمل، ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد کم هستند و این شاخص‌ها بیشتر بر حداقل تفاضل عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش تاکید داشته‌اند و اگر هدف غربال ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش باشد جوابگو نخواهند بود. نقوی و همکاران (۲۰۱۳) در ذرت و فرشادفر و همکاران (۲۰۱۲) در گندم با در نظر گرفتن نمودار تجزیه به مولفه‌های اصلی و همبستگی شاخص‌ها با عملکرد در شرایط آبیاری کامل و تنش، شاخص‌های GMP، STI، MP، DI، YI، K1STI و K2STI را به عنوان بهترین شاخص‌های جداکننده ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هردو شرایط تنش و آبیاری کامل معرفی کردند و بر این اساس اقدام به معرفی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی نمودند.

نتیجه گیری

با جمع‌بندی کل مطالب بالا می‌توان به این نتیجه رسید که شاخص‌های میانگین هارمونیک (HARM)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP)، مقاومت به خشکی (DI)، شاخص عملکرد (YI) و شاخص تغییر یافته تحمل به تنش (MSTIs و MSTIp) بهترین معیارهای انتخاب در شرایط آزمایش برای تنش خشکی هستند و بر این اساس می‌توان رقم‌ها و لاین‌های سیمره، روشن، کاپتی، اکبری و DN11 را به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها معرفی کرد.

سپاسگزاری

از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس و مهندس احمدرضا نیکزاد به جهت ایجاد امکان اجرا و همکاری‌های بی‌دریغ آقای محمدجواد مینو در اجرای آزمایشات مزرعه‌ای، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

منابع

متقی، م. ج.، گ. نجفیان و م. ر. بی‌همتا. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد دانه و کیفیت نانوایی ژنوتیپ‌های گندم هگزاپلوئید. مجله علوم زراعی ایران. ۱۱(۳): ۲۹۰-۳۰٦.

Bouslama, M. and W. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Sci. 24: 933-937.

Bray, E. A. 1997. Plant response to water deficit trends. Plant Sci 2: 48-54.

Farshadfar, E., B. Jamshidi and M. Aghaee. 2012. Biplot analysis of drought tolerance indicators in bread wheat lanraces of Iran. Intl J Agri Crop Sci. 4(5): 226-233.

Farshadfar, E. and J. Javadinia. 2011. Evaluation of Chickpea (Cicer arietinum L.) genotypes for drought tolerance. Seed and Plant Improv J. 27: 517-537.

Farshadfar, E. and J. Sutka. 2002. Screening drought tolerance criteria in maize. Acta Agron Hung. 50(4): 411-416.

Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops to Temperature and Water Stres, Taiwan.

Fisher, F. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars, I. Grain yield response. Australian J. of Agric. Res. 29: 897-912.

Gavuzzi, P., F. Rizza, M. Palumbo, R. G. Campaline, G. L. Ricciardi and B. Borghi. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Plant Sci 77: 523-531.

Jafari, A., F. Paknejad and M. AL-Ahmaidi. 2009. Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. Int J Plant Prod. 3: 33-38.

Jalal Kamali, M. R., H. Asadi and T. Najafi Mirak. 2009. Irrigated and dryland wheat research strategic program, Agricultural Research, Education and Extension Organization.

Lan, J. 1998. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. Acta Agricult Bor-occid Sinic. 7: 85-87.

Majidi, M., V. Tavakoli, A. Mirlohi and M. R. Sabzalian. 2011. Wild safflower species (Carthamus oxyacanthus Bieb.): A possible source of drought tolerance for arid environments. Aust. J. Crop Sci. 5(8): 1055-1063.

Mohammadi, R., M. Armion, D. Kahrizi and A. Amri. 2010. Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. Int J of Plant Product. 4(1): 1735-1743.

Moosavi, S. S., B. Yazdi Samadi, M. R Naghavi, A. A. Zali, H. Dashti and A. Pourshahbazi, . 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. DESERT 12: 165-178.

Naghavi, M. R., A. Pouraboughadare and M. Khalili. 2013. Evaluation of Drought Tolerance Indices for Screening Some of Corn (Zea mays L.) Cultivars under Environmental Conditions. Not Sci Biol. 5(3): 388-393.

Najafian, G., A. Jafarnejad, A. Ghandi and R. Nikooseresht. 2011. Adaptive traits related to terminal drought tolerance in hexaploid wheat (Triticum aestivum L.) genotypes. Crop Breeding Journal 1(1): 57-73.

Rosille, A. A. and J. Hamblin 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non- stress environments. Crop Sci 21: 934-946.

Sio-semardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field CRop Res. 98: 222-229.

Talebi, R., F. Fayaz and A. M. Naji. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in drum wheat (*Triticum durum Desf.*). General and Appl Plant Physiol. 35: 64-74.

Evaluation of wheat cultivars and lines for terminal drought tolerance using drought tolerance and susceptibility indices

F. Hassani[1], S. Housmand[2], F. Rafiei[3], A. Niazi[4]

Received: Accepted:

Abstract

In order to evaluate the performance of bread (*Triticum aestivum* L.) and durum (*Triticum turgidum* L. ssp. *durum)* wheat genotypes under drought stress conditions after anthesis and determination of the most suitable quantitative drought stress tolerance indices, this investigation was performed during 2011-12 and 2012-13 cropping season in Zarghan Agricultural Research Station. A number of 168 wheat lines/cultivars (166 bread wheat and 2 durum wheat) were evaluated in alpha lattice experiment with two replications under stress (no irrigation after anthesis) and full irrigation conditions. Results showed that Seymareh, Roshan and Yecora Rojo cultivars , under full irrigation and Seymareh, Roshan and Kapeti under stress conditions had maximum grain yield. With respect to positive and significant correlation of Harmonic Mean (HARM), Geometric Mean Productivity (GMP), Stress Tolerance index (STI), Mean Productivity (MP), Drought Resistance Index (DI), Yield Index (YI), Modified Stress Tolerance Index for stress (MSTIs) and Modified Stress Tolerance Index for irrigated conditions (MSTIp), with grain yield under stress (Ys) and full irrigation (Yp) conditions, this indices introduced as the best screening criteria in the experiment situations. Screening of drought tolerant genotypes was performed using Mean Rank and Rank standard deviation of selected indices, and Biplot analysis with regard to Principal Component Analysis (PCA). Finally, cultivars/lines of Seymareh, Roshan, Kapeti, Akbari and DN11 introduced as the most tolerant genotypes.

Key words: Wheat, drought tolerance after anthesis, drought tolerance indices, grain yield.

1- Department of seed and plant Improvement, Fars Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources, Agriculture, Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
2- Professor, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
4- Associated Professor, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran