ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های مختلف برنج به شوری آب آبیاری

سمر جعفری‌راد[۱]، محسن زواره[۲*]، محمدرضا خالدیان[۳] و مجتبی رضایی[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۳۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۰)

چکیده

به‌منظور بررسی پاسخ هفت ژنوتیپ برنج (خزر، SA13، دیلم، سنگ‌جو، سپیدرود، لاین ۸۳۱ و T5)، به سطوح مختلف شوری آب آبیاری و تعیین شاخص‌های تحمل آنها به شوری، آزمایشی به‌صورت گلدانی زیر بارانگیر با آرایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و پنج سطح شوری (۱، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) در مؤسسه تحقیقات برنج کشور – رشت در سال ۱۳۹۰ اجرا شد. با استفاده از داده‌های عملکرد دانه در دو محیط با تنش شوری (۸ دسی‌زیمنس بر متر) و بدون تنش (۱ دسی‌زیمنس بر متر)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین بهره‌وری تولید (MP)، میانگین هندسی قابلیت تولید (GMP)، میانگین هارمونیک (HM)، شاخص تحمل به تنش (STI)، شاخص عملکرد (YI) و شاخص پایداری عملکرد (YSI) محاسبه و میزان همبستگی آنها با عملکرد دانه برآورد شد. نتایج نشان داد که شاخص‌های تحمل و عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تفاوت بسیار معنی‌داری با یکدیگر داشتند. در بین شاخص‌های مورد استفاده، STI و MP توانایی بهتری در شناسایی ژنوتیپ‌های برنج متحمل به شوری داشتند. در این آزمایش، بیشترین عملکرد بوته در هر دو شرایط بدون تنش و تنش (به‌ترتیب ۱۹/۷۱ و ۱۰/۶۹ گرم)، مربوط به لاین T5 بود. کمترین عملکرد بوته در شرایط بدون تنش مربوط به رقم‌های سنگ‌جو (۱۲/۴۲ گرم) و دیلم (۱۱/۸۴ گرم) بود. در شرایط تنش، کمترین عملکرد در رقم خزر (۴/۲۹ گرم) دیده شد. بیشترین درصد کاهش عملکرد با افزایش شوری مربوط به رقم خزر (۶۹/۴۹ درصد) و کمترین آن مربوط به رقم سنگ‌جو (۳۱/۴۸ درصد) بود. در کل، می‌توان لاین‌های T5 و ۸۳۱ و رقم‌های سپیدرود و سنگ‌جو را به‌عنوان ژنوتیپ‌های احتمالاً برتر در هر دو شرایط شور و غیر شور برای آزمایش‌های بعدی در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: آب شور، بهبود عملکرد، تحمل تنش، شاخص مقاومت، میانگین بهره‌وری

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳. استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۴. پژوهشگر مؤسسه تحقیقات برنج کشور و دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ساری

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mzavareh@guilan.ac.ir

مقدمه

برنج دومین غله مهم جهان است که غذای اصلی بیش از نیمی از مردم دنیا به‌ویژه کشورهای در حال توسعه را تشکیل می‌دهد. این گیاه که بین عرض‌های جغرافیایی ۵۳ درجه شمالی تا ۴۰ درجه جنوبی کشت می‌شود (۱۷)، در ایران هم جایگاه ویژه‌ای دارد. سطح زیر کشت آن در ایران نزدیک به ۵۳۵۸۱۳ هکتار است که حدود ۱۸۱۶۹۴ هکتار از آن در استان گیلان قرار دارد (۳۴).

شوری آب و خاک از جمله عواملی هستند که می‌توانند کشت بسیاری از گیاهان، از جمله برنج را محدود کنند. شوری خاک به‌دلیل ایجاد سمیت و جلوگیری از جذب آب و عناصر غذایی و برهم زدن توازن آنها، یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های رشد گیاهان زراعی و یکی از مشکلات بزرگ کشت‌های آبی محسوب می‌شود (۳). از آنجا که بسیاری از تنش‌ها، از جمله شوری و خشکی، با هم برهمکنش دارند، تحمل و حساسیت به یک تنش می‌تواند بر تحمل و حساسیت به تنش‌های دیگر هم اثر بگذارد (۵) که این حالت در بین جنس‌های مختلف و حتی بین گونه‌های مختلف یک جنس، متفاوت است. تنوع پاسخ ژنوتیپ‌های برنج به خشکی و شوری و مشاهده برهمکنش بین تنش‌ها نشان می‌دهد که ممکن است تحمل به خشکی در برنج، با تحمل آن به شوری در ارتباط باشد. تحمل به شوری یک ویژگی ژنتیکی پیچیده است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌گردد (۲۱ و ۲۲) و مقدار آن در بین گونه‌های مختلف و حتی ژنوتیپ‌های درون یک گونه متفاوت است.

برنج از جمله گیاهانی است که حساسیت زیادی به شوری داشته و این حساسیت در آغاز مرحله رشد زایشی بیشتر از سایر مراحل است (۱۸). استفاده از آب شور در دوره رشد رویشی باعث تأخیر در گل‌دهی، رسیدگی برنج، کاهش تعداد پنجه، کاهش زیست‌توده و سطح برگ و در مرحله رشد زایشی باعث کاهش تعداد خوشه‌چه پر، خوشه بارور، وزن صد دانه، درصد باروری دانه و افزایش نسبت پنجه‌های نابارور می‌شود (۷ و ۱۶). اثرات این تنش بر عملکرد در شرایط هوای گرم و تبخیر زیاد بیشتر می‌شود (۴). در این شرایط کاشت ارقام متحمل به تنش شوری برای کاهش اثر شوری لازم به نظر می‌رسد.

برای بررسی واکنش ارقام به تنش شوری از شاخص‌های متفاوتی استفاده می‌شود که یکی از آنها شاخص حساسیت به تنش (SSI) است (۱۰) که مقادیر کمتر آن نشان دهنده مقاومت بیشتر یک ژنوتیپ به تنش است. بنابراین، گزینش براساس شاخص SSI باعث ایجاد ژنوتیپ‌هایی با عملکرد نسبتاً پایین در شرایط عادی و عملکرد بالا در شرایط تنش می‌گردد (۸ و ۹). از شاخص‌های دیگر می‌توان به شاخص تحمل (TOL) و میانگین حسابی یا بهره‌وری تولید (MP) اشاره کرد (۳۳). مقادیر بالای شاخص تحمل (TOL) بیانگر حساسیت بیشتر به تنش بوده و هرچه مقدار آن کمتر باشد، مطلوب‌تر است. گزارش شده که انتخاب براساس SSI و TOL منجر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد کمتر در شرایط بدون تنش و عملکرد نسبتاً بیشتر در شرایط تنش شده است (۲۳). انتخاب بر مبنای شاخص MP به گزینش ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالاتر ولی با تحمل به تنش پایین‌تر منجر می‌شود (۲۶). شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط عادی و تنش عملکرد مطلوبی تولید می‌کنند، پیشنهاد شده‌اند (۸). شاخص GMP حساسیت کمتری به اختلاف عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش دارد، لذا کمتر تحت تأثیر عملکرد نسبتاً بالا در یکی از محیط‌ها قرار می‌گیرد؛ بنابراین، شاخص مناسبی برای تشخیص ارقامی با تولید مطلوب در هر دو محیط تنش و نرمال می‌باشد. گزارش شده که شاخص تحمل به تنش (STI) شاخص مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها جهت دست‌یابی به عملکرد بالا تحت شرایط تنش می‌باشد (۸). این شاخص، ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش هستند را از سایر گروه‌ها جدا می‌کند. بر پایه واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط وجود و یا عدم وجود تنش، چهار گروه ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارند (A)،

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

ویژگی‌های خاک	مقدار
درصد شن	۹
درصد سیلت (لای)	۳۶
درصد رس	۵۵
اسیدیته خاک	۶/۳
درصد نیتروژن کل	۰/۲۳
فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۱۵/۶
پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۲۳۴
کربن آلی (درصد)	۲/۵
شوری عصاره اشباع خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۱۷
بافت خاک	رسی

ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی فقط در شرایط محیطی بدون تنش دارند (B)، ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی فقط در شرایط تنش دارند (C) و ژنوتیپ‌هایی که عملکرد پایینی در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارند (D) مشخص شده است (۸). بر این اساس، شاخصی مناسب‌تر است که بتواند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد (۸). ژنوتیپ‌های پایدارتر بر اساس این شاخص دارای مقادیر بالاتر STI هستند، بنابراین انتظار می‌رود که با استفاده از این شاخص ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه‌ها قابل تفکیک باشند. میانگین هارمونیک (HM) هم شاخص دیگری است که برای بررسی نمود ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و شرایط بهینه معرفی شده است (۸).

علاوه بر موارد بالا، شاخص‌های پایداری عملکرد (YSI) (۶) و شاخص عملکرد (YI) (۱۲) هم معرفی شده است. YI موجب رتبه‌بندی ارقام بر حسب میزان عملکرد تولیدی آنها در محیط تنش می‌گردد (۳۲) درحالی‌که YSI نشان‌دهنده میزان مقاومت ژنتیکی یک رقم به تنش می‌باشد، در نتیجه رقم یا ژنوتیپی با میزان بالای شاخص عملکرد باید عملکرد بالایی در هر دو محیط تنش و بدون تنش تولید نماید. در کل بیان شده که رقم یا ژنوتیپی که MP، GMP، HM، STI، YI و YSI بیشتر و SSI و TOL کمتری دارد، متحمل‌تر می‌باشد (۱۵ و ۲۵).

شاخص‌های بالا عمدتاً برای تنش خشکی استفاده شده‌اند و لذا نمی‌توان با اطمینان گفت که کدام یک از آنها در شرایط شور برتر از بقیه‌اند. به‌علاوه اگرچه با اطمینان نمی‌توان گفت که کدام یک از این شاخص‌ها کاملاً با تحمل به شوری همبستگی دارند، اما روشن است که درجاتی از همبستگی وجود دارد که بسته به جنس و گونه گیاه زراعی می‌تواند متفاوت باشد (۲۲). این مطالعه، با هدف ارزیابی همبستگی این شاخص‌ها با تحمل به شوری چند ژنوتیپ برنج و تعیین مناسب‌ترین آنها در تمایز ژنوتیپ‌های متحمل برنج در منطقه رشت طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۰ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در رشت با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه و ۷۹ ثانیه شمالی و طول ۴۹ درجه و ۳۸ دقیقه و ۷۷ ثانیه شرقی و با ارتفاع ۲۶/۴ متر از سطح دریای آزاد انجام شد. به‌منظور بررسی پاسخ هفت ژنوتیپ برنج (خزر و SA13 از گروه حساس، دیلم از گروه میانه و سنگ‌جو، سپیدرود، لاین ۸۳۱ و T5 از گروه متحمل به تنش خشکی (۱۳)، به سطوح مختلف شوری و تعیین شاخص‌های تحمل آنها بر مبنای عملکرد دانه، آزمایشی به‌صورت گلدانی زیر باران‌گیر، با آرایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. ژنوتیپ‌های مذکور در پنج سطح شوری NaCl و $CaSO_4$ با نسبت ۱:۲ (هدایت الکتریکی ۱ (شاهد)، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) مورد بررسی قرار گرفتند. اطراف باران‌گیر مورد استفاده کاملاً باز بوده و اجازه تهویه هوا و جریان باد را فراهم می‌کرد تا دما و رطوبت نسبی درون آن از محیط بیرون تفاوت معنی‌داری نداشته باشد. آزمایش در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر و عمق ۲۷ سانتی‌متر، حاوی ۹ کیلوگرم خاک (جدول ۱) و سه نشاء انجام شد. کود مصرفی با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول ۱) تعیین شد. تمامی فسفر (۰/۰۶۶ گرم در کیلوگرم خاک خشک)، پتاس (۰/۰۸۸ گرم در کیلوگرم خاک خشک) و نصف مقدار نیتروژن (۰/۰۶۶ گرم در کیلوگرم خاک خشک) به‌صورت پایه

جدول ۲. تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج در تیمارهای مختلف شوری

منابع تغییر	درجه	میانگین مربعات
شوری	۴	۴/۲۸**
شوری × ژنوتیپ	۲۴	۰/۱۱**
خطا	۷۰	۰/۰۳۵
CV%		۲۳/۷۵

ns، ** و * : به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪

و بقیه نیتروژن در مرحله حداکثر پنجه زنی استفاده شد. نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب از منابع اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم بودند. آبیاری گلدان‌ها به‌گونه‌ای انجام شد که همیشه حداقل ۵ سانتی‌متر آب روی خاک گلدان‌ها موجود باشد. پس از ده روز آبیاری با آب معمولی، تیمارهای شوری اعمال شدند. برای جلوگیری از انباشت نمک در طول فصل چند بار گلدان‌ها آبشویی شدند. بدین صورت که پس از گذشت هر دو هفته، آب شور گلدان‌ها تخلیه شده و به‌مدت یک روز به آنها آب معمولی داده می‌شد و دوباره اعمال تیمارهای شوری ادامه می‌یافت. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، بوته‌ها برداشت شدند و وزن شلتوک به‌عنوان عملکرد دانه در نظر گرفته شد.

برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه و تعیین ارقام مقاوم‌تر به تنش، از شاخص‌های زیر استفاده شد: SSI: شاخص حساسیت به تنش (۱۰)، TOL: شاخص تحمل (۲۶)، MP: میانگین عملکرد یا میانگین بهره‌وری یا میانگین حسابی (۲۶)، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری (۸)، STI: شاخص تحمل به تنش (۸)، HM: میانگین هم‌ساز یا هارمونیک (۸)، YI: شاخص عملکرد (۱۲) و YSI: شاخص پایداری عملکرد (۶) به‌ترتیب از روابط ۱ تا ۸ به‌دست آمدند:

$$SSI = \frac{(1-\frac{Y_S}{Y_p})}{SI} \qquad SI = 1-\frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_p} \qquad (۱)$$

$$TOL = Y_p - Y_S \qquad (۲)$$

$$MP = \left(\frac{Y_p + Y_s}{2}\right) \qquad (۳)$$

$$GMP = \sqrt{Y_p Y_s} \qquad (۴)$$

$$STI = \frac{Y_p \times Y_s}{\left(\bar{Y}_p\right)^2} \qquad (۵)$$

$$HM = \frac{2Y_p Y_s}{\left(Y_p + Y_s\right)} \qquad (۶)$$

$$YI = \frac{Y_s}{\bar{Y}_S} \qquad (۷)$$

$$YSI = \frac{Y_S}{Y_P} \qquad (۸)$$

که در آنها SI = شاخص تنش؛ Y_p = عملکرد ژنوتیپ مورد نظر در محیط بدون تنش؛ Y_s = عملکرد ژنوتیپ مورد نظر در محیط دارای تنش(EC = ۸)؛ $\bar{Y}_p$ = میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش و $\bar{Y}_S$ = میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنش است.

به‌منظور تعیین مناسب‌ترین شاخص برای تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل به تنش، همبستگی بین عملکرد (در شرایط تنش و بدون تنش) و شاخص‌های مختلف از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. تفکیک دقیق‌تر ژنوتیپ‌ها بر اساس نمودار سه بعدی X، Y و Z صورت گرفت که بدین منظور از نرم‌افزار آماری SPSS 16 استفاده گردید. شاخص‌هایی که در هر دو محیط دارای همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد دانه بودند، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها شناسایی و توابع عملکرد به همراه ضریب تبیین به‌دست آمدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که شوری، ژنوتیپ و برهمکنش آنها تأثیر بسیار معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته است که بیانگر تفاوت واکنش ژنوتیپ‌ها در شوری‌های مختلف در تولید دانه است.

محاسبه شاخص‌ها بر پایه عملکرد دانه نشان داد که بر پایه SSI چهار ژنوتیپ خزر، SA13، سپیدرود و ۸۳۱ در گروه

جدول ۳. مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج در محیط بدون تنش (P) و دارای تنش (S)

رقم	Y_P	Y_S	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HM	YI	YSI
خزر	۱۴/۰۶^{dc}	۴/۲۹^{c}	۹/۷۶^{a}	۱/۲۸^{a}	۰/۲۵^{c}	۹/۱۷^{c}	۶/۰۸^{d}	۵/۳۱^{c}	۰/۶۰^{c}	۰/۳۱^{b}
SA13	۱۶/۲۸^{bc}	۵/۰۹^{bc}	۱۱/۱۸^{a}	۱/۲۹^{a}	۰/۳۶^{bc}	۱۰/۶۸^{bc}	۷/۰۹^{cd}	۶/۲۹^{bc}	۰/۷۲^{bc}	۰/۳۰^{b}
سپیدرود	۱۶/۴۵^{bc}	۶/۹۰^{bc}	۹/۵۵^{a}	۱/۰۶^{ab}	۰/۴۵^{bc}	۱۱/۶۷^{bc}	۹/۵۸^{bc}	۸/۶۰^{bc}	۰/۹۴^{bc}	۰/۴۲^{ab}
لاین ۸۳۱	۱۸/۴۲^{ab}	۸/۲۱^{ab}	۱۰/۲۰^{a}	۱/۰۱^{ab}	۰/۶۱^{ab}	۱۳/۳۱^{ab}	۱۰/۸۸^{ab}	۹/۹۲^{ab}	۱/۱۳^{ab}	۰/۴۵^{ab}
دیلم	۱۱/۸۴^{d}	۶/۸۲^{bc}	۵/۰۱^{bc}	۰/۵۸^{b}	۰/۳۵^{bc}	۹/۳۳^{c}	۸/۳۴^{bcd}	۷/۷۰^{bc}	۰/۹۲^{bc}	۰/۶۹^{a}
سنگ‌جو	۱۲/۴۲^{d}	۸/۵۱^{ab}	۳/۹۰^{c}	۰/۵۸^{b}	۰/۴۴^{bc}	۱۰/۴۶^{c}	۹/۹۳^{bc}	۹/۵۰^{ab}	۱/۱۸^{ab}	۰/۶۸^{a}
T5	۱۹/۷۱^{a}	۱۰/۷۰^{a}	۹/۰۱^{ab}	۰/۸۴^{ab}	۰/۸۷^{a}	۱۵/۲۰^{a}	۱۳/۵۶^{a}	۱۲/۵۰^{a}	۱/۴۹^{a}	۰/۵۴^{ab}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ ندارند.

Y_P= عملکرد در شرایط بدون تنش (گرم در بوته) و Y_S= عملکرد در شرایط تنش (گرم در بوته)، SSI = شاخص حساسیت به تنش، TOL= شاخص تحمل، MP= میانگین عملکرد، GMP= میانگین هندسی بهره‌وری، STI= شاخص تحمل به تنش، HM= میانگین همساز یا هارمونیک، YI= شاخص عملکرد و YSI= شاخص پایداری عملکرد

حساس به شوری و ژنوتیپ‌های سنگ‌جو، دیلم و T5 در گروه مقاوم به شوری قرار می‌گیرند (جدول ۳) زیرا پایین بودن مقدار این شاخص نشان‌دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ به تنش می‌باشد. از نظر شاخص TOL که مقادیر بالای آن نشانگر حساسیت بیشتر به تنش بوده و لذا، مقادیر کمتر آن مطلوب است، رقم سنگ‌جو کمترین حساسیت را نسبت به تنش نشان داد، پس از آن ژنوتیپ‌های دیلم و T5 به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها گروه‌بندی شدند (جدول ۳). انتخاب بر اساس شاخص TOL اغلب موجب گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌شود که در شرایط معمول دارای عملکرد نسبتاً پایینی هستند. به‌عبارت دیگر شاخص مذکور قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های متحمل به تنش از ژنوتیپ‌هایی که پتانسیل عملکرد کمتر دارند، نیست. بنابراین انتخاب بر اساس شاخص تحمل زمانی ارزشمند است که گیاه برای محیط‌های دارای تنش در نظر باشد. محاسبه و مقایسه شاخص STI و MP برای ژنوتیپ‌ها نشان داد که لاین T5 و لاین ۸۳۱ بدون اختلاف معنی‌دار از هم، بیشترین و رقم خزر کمترین مقدار این دو شاخص را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳). با این حال، انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص MP زمانی سودمند است که شدت تنش و اختلاف بین عملکرد در شرایط بدون تنش و دارای تنش زیاد نباشد (۳۲).

نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های GMP و HM (جدول ۳) نیز نشان داد که لاین T5 و پس از آن لاین ۸۳۱ بدون اختلاف معنی‌دار از هم، بیشترین مقدار این شاخص‌ها را داشته‌اند درحالی‌که رقم خزر کمترین مقدار این دو شاخص را به خود اختصاص داد. به‌علاوه، لاین T5 در شرایط بدون تنش (۱۹/۷۱ گرم در بوته) و در شرایط شور (۱۰/۶۹ گرم در بوته) هم بیشترین عملکرد دانه را داشت (جدول ۳).بیشترین مقدار عددی YI هم متعلق به لاین T5، سنگ‌جو و لاین ۸۳۱ بود. بر اساس شاخص پایداری عملکرد (YSI)، ژنوتیپ‌های دیلم، سنگ‌جو، T5، لاین ۸۳۱ و سپیدرود بدون اختلاف معنی‌دار در یک گروه قرار گرفتند و بیشترین مقدار این شاخص را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). در مجموع، با توجه به مقدار شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YI می‌توان گفت که احتمالاً لاین T5 بیشترین تحمل و رقم خزر بیشترین حساسیت را به تنش شوری نشان داده است. اما مقادیر پایین‌تر شاخص‌های SSI و TOL در رقم سنگ‌جو (جدول ۳)، آن را به‌عنوان رقم مقاوم‌تر مطرح می‌کند. در این مطالعه شاخص STI به‌خوبی توانست ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون

جدول ۴. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش (Y_P) و دارای تنش (Y_S)

	Y_P	Y_S	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HM	YI	YSI
Y_P	۱	۰/۴۵	۰/۷۲	۰/۴۰	۰/۷۷*	۰/۹۰**	۰/۶۱	۰/۵۵	۰/۴۶	−۰/۴۱
Y_S		۱	−۰/۳۰	−۰/۶۲	۰/۹۰**	۰/۸۰*	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۱۰**	۰/۶۰
TOL			۱	۰/۹۱**	۰/۱۲	۰/۳۴	−۰/۱۰	−۰/۱۸	−۰/۲۸	−۰/۹۱**
SSI				۱	−۰/۲۵	−۰/۰۴	−۰/۴۶	−۰/۵۲	−۰/۵۹	−۰/۱۰**
STI					۱	۰/۹۷**	۰/۹۶**	۰/۹۴**	۰/۹۱**	۰/۲۴
MP						۱	۰/۹۰**	۰/۸۶*	۰/۸۱*	۰/۰۲
GMP							۱	۰/۱۰**	۰/۹۸**	۰/۴۴
HM								۱	۰/۹۹**	۰/۵۰
YI									۱	۰/۵۸
YSI										۱

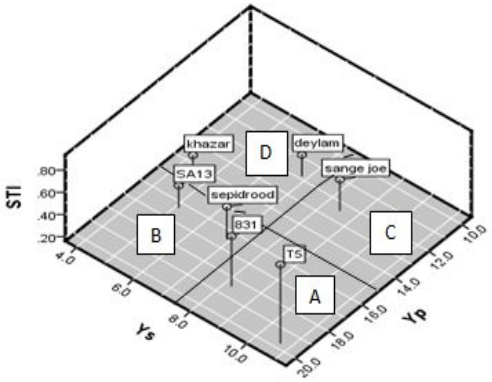
* و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪

Y_P= عملکرد در شرایط بدون تنش، Y_S= عملکرد در شرایط تنش، SSI = شاخص حساسیت به تنش، TOL= شاخص تحمل، MP= میانگین عملکرد، GMP= میانگین هندسی بهره‌وری، STI= شاخص تحمل به تنش، HM= میانگین همساز یا هارمونیک، YI= شاخص عملکرد و YSI= شاخص پایداری عملکرد

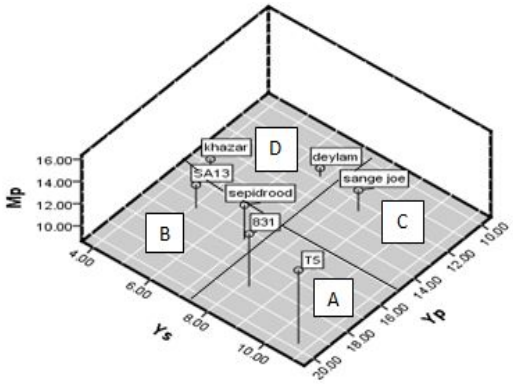
تنش عملکرد نسبتاً بالایی داشتند را شناسایی نماید (جدول ۳). از آنجا که بر مبنای تقسیم‌بندی ارایه شده (۲۱)، ژنوتیپ‌هایی که در گروه A قرار می‌گیرند برای گزینش بهتر هستند، لذا می‌توان انتظار داشت که ژنوتیپ‌های T5 و ۸۳۱ در هر دو محیط عملکرد بالاتری داشته باشند. در آزمایشی که روی ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش شوری در استان گلستان (۲۹) و در آزمایش دیگری که روی ارقام نیشکر در تنش شوری در اصفهان (۳۳) انجام شد نیز شاخص STI به‌عنوان مطلوب‌ترین شاخص تحمل به تنش برای ارزیابی‌های مرتبط با گزینش ژنوتیپ‌های برتر معرفی شد. در آزمایش دیگری که روی ۳ واریته کلزا انجام شد، شاخص‌های MP، GMP و STI به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و عدم تنش معرفی شدند (۳۰). در آزمایشی که توسط رنجبر و روستا (۲۴) روی ۱۴ ژنوتیپ گندم در شرایط شور انجام شد همبستگی معنی‌داری بین متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها با شاخص‌های STI و MP مشاهده شد. در این بررسی نیز STI و MP به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها مشخص شدند و به‌خوبی توانستند ژنوتیپ‌ها را از هم تفکیک نمایند. گزارشی هم وجود دارد که تأکید می‌کند دو شاخص STI و MP در جداسازی ارقام گروه A مؤثرتر از بقیه شاخص‌های مورد استفاده بوده‌اند (۲). ارزیابی قابلیت استفاده از شاخص‌های تحمل خشکی در هیبریدهای آفتابگردان هم نشان داد که شاخص STI برای شناسایی هیبریدهای پر محصول و متحمل به تنش خشکی آفتابگردان از سایر شاخص‌ها مؤثرتر می‌باشد (۱۵). در گزارش دیگری نیز بین شاخص STI و عملکرد دانه در هر دو محیط تنش و بدون تنش، همبستگی مثبت و معنی‌داری به‌دست آمد (۱۴).

براساس نتایج این پژوهش (جدول ۳)، لاین T5 و ۸۳۱ در گروه A (دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط بهینه و تنش)، لاین SA13 و رقم سپیدرود در گروه B (عملکرد بالا در شرایط بدون تنش ولی با کاهش عملکردی به‌ترتیب ۶۸/۷۳ و ۵۸/۰۵ درصد در شرایط تنش)، رقم سنگ‌جو در گروه C (عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و کاهش عملکرد در شرایط تنش) و رقم دیلم و خزر در گروه D (عملکرد پایین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش) قرار گرفتند. کاهش عملکرد دو رقم اخیر در تنش شوری به‌ترتیب ۴۲/۳۹ و ۶۹/۵ درصد بود.

با توجه به این‌که بهترین شاخص برای غربال کردن ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به تنش، شاخصی است که همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط عادی و تنش داشته باشد (۲۸)، ضرایب همبستگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج



شکل ۱. پراکنش ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد در شرایط بدون تنش (YP)، تنش (YS) و شاخص تحمل تنش (STI)



شکل ۲. پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در شرایط بدون تنش (YP)، تنش (YS) و شاخص میانگین حسابی (MP)

نشان داد که دو شاخص STI و MP دارای همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار با عملکرد دانه در هر دو شرایط نرمال و تنش بودند (جدول ۴). GMP، HM و YI در شرایط تنش همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند ولی همبستگی آنها با عملکرد در شرایط بدون تنش معنی‌دار نبود (جدول ۴). بین شاخص SSI و عملکرد دانه در هیچ‌یک از شرایط تنش و بدون تنش همبستگی معنی‌داری دیده نشد (جدول ۴) که مشابه آن در برخی پژوهش‌های دیگر هم مشاهده شده است (۱۵). شاخص‌های YSI و TOL نیز با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش همبستگی معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۴). همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص‌های SSI و TOL بیانگر این نکته است که استفاده از این دو شاخص در غربالگری ژنوتیپ‌ها سبب گزینش ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد کمتر در شرایط بدون تنش می‌گردد. معنی‌داری همبستگی STI و MP با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نشان می‌دهد که این دو شاخص احتمالاً در شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط توانایی تولید عملکرد بیشتری دارند، موفق‌تر خواهند بود. بنابراین، با توجه به یافته‌های این آزمایش و در نظر گرفتن این دو شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌ها، لاین T5 به‌عنوان متحمل‌ترین و رقم خزر به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ در نظر گرفته می‌شوند. عملکرد دانه لاین T5 در رژیم‌های آبیاری معمول و تنش شوری به‌ترتیب معادل ۱۹/۷۱ و ۱۰/۶۹ گرم در بوته و برای رقم خزر به‌ترتیب برابر ۱۴/۰۶ و ۴/۲۹ گرم در بوته است (جدول ۲). در یک مطالعه دیگر که با هدف بررسی تحمل به شوری ارقام بومی و اصلاح شده برنج ایرانی انجام شد نیز رقم خزر به‌عنوان رقمی بسیار حساس به شوری معرفی شده است (۲۷).

به‌منظور بررسی دقیق‌تر پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها و هم‌چنین، دستیابی به ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بیشتر در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، از نمودار پراکنش سه بعدی استفاده گردید که در آن، عملکرد دانه در شرایط عادی روی محور Z ها، عملکرد دانه در شرایط تنش روی محور X ها و شاخص‌های برتر به‌دست آمده در بررسی‌های فوق (STI یا MP) روی محور Y ها نمایش داده شد (شکل ۱ و ۲). برای نشان دادن روابط بین این سه متغیر و تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه‌ها (B، C و D) و تشخیص سودمندی شاخص مورد نظر به‌عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ‌های پربازده و متحمل‌تر به تنش، سطح X-Y به‌وسیله خطوط متقاطع به چهار گروه A، B، C و D تقسیم گردید.

در بررسی این شکل‌ها (۱ و ۲) مشاهده شد که لاین‌های T5 و ۸۳۱ در گروه A قرار گرفتند که STI و MP بالایی نیز دارند. این یافته بر سودمندی این شاخص‌ها در تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از دیگر گروه‌ها تأکید می‌کند. بنابراین، ژنوتیپ‌های مذکور را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل‌تر و با عملکرد

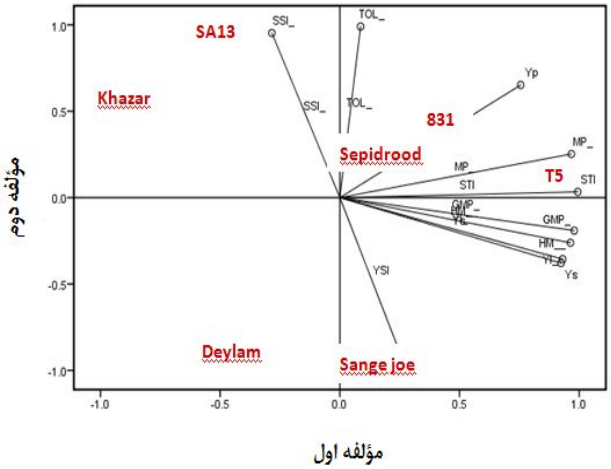
بیشتر در هر دو شرایط نرمال و تنش معرفی کرد.

برای مطالعه روابط سه متغیر می‌توان از نمودار سه بعدی استفاده نمود ولی درصورتی‌که بررسی روابط بیش از سه متغیر به‌صورت هم‌زمان مدنظر باشد، ترسیم گرافیکی بای‌پلات سودمند می‌باشد. لذا تجزیه بای‌پلات گابریل ابزار مفیدی به‌منظور بررسی هم‌زمان کلیه شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش هم‌چنین بررسی دقیق‌تر تحمل به تنش ژنوتیپ‌ها می‌باشد (۱۱).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

نظر به بررسی ضرایب همبستگی شاخص‌های مقاومت به تنش و به‌دست آمدن همبستگی بالا بین این شاخص‌ها، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی شاخص‌ها نشان داد که حدود ۹۹/۲۸ درصد از تغییرات کل توسط دو مؤلفه اصلی اول توجیه می‌شود (جدول ۵). مؤلفه اصلی اول ۶۴/۸۱ درصد از تغییرات را توجیه نمود. این مؤلفه با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش هم‌چنین شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و YI همبستگی مثبت و بالا و با شاخص SSI همبستگی منفی نشان داد (جدول ۶)، لذا مؤلفه اول به‌عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش شوری معرفی گردید. به‌عبارت دیگر این مؤلفه قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا می‌باشد و لذا، مقادیر بیشتر مؤلفه اول مطلوب‌تر است. مؤلفه دوم ۳۴/۴۷ درصد از تغییرات را توجیه کرد (جدول ۵) و در این مؤلفه شاخص‌های TOL و SSI نقش بیشتری داشتند (دارای ضرایب مثبت و بالایی بودند). بنابراین مؤلفه مذکور را می‌توان مؤلفه حساسیت به تنش نامید.

با توجه به زوایای خطوط شاخص‌ها در نمایش گرافیکی بای‌پلات (شکل ۳)، ملاحظه می‌شود که شاخص‌های STI و MP با عملکرد دانه در هر دو شرایط (نرمال و تنش)، همبستگی مثبت دارند. با توجه به رابطه مؤلفه‌ها و شاخص‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌هایی که در گوشه سمت راست بای‌پلات قرار گرفته و از لحاظ مؤلفه اول مقادیر بیشتری به خود اختصاص



شکل ۳. ترسیم گرافیکی بای‌پلات بر اساس مؤلفه اول و دوم برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در برنج

داده‌اند را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدارتر و متحمل‌تر به تنش در نظر گرفت. از آنجا که لاین T5 و بعد از آن، لاین ۸۳۱ در مجاورت بردار بهترین شاخص‌ها (STI و MP) و در ناحیه مربوط به ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به تنش قرار گرفته‌اند، لذا، هر دوی آنها را می‌توان در گروه A در نظر گرفت. در کل، بر اساس یافته‌های به‌دست آمده از شاخص‌های مقاومت و ترسیم بای‌پلات می‌توان گفت که احتمالاً لاین T5 متحمل‌ترین ژنوتیپ در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است.

استفاده از تکنیک تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم بای‌پلات به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های در شرایط تنش، علاوه بر گیاه برنج (۱۹)، در گیاهان دیگری از جمله بزرک (۲۰)، سویا (۳۶)، ماش (۳۵) و نیشکر (۳۳) نیز گزارش شده است.

توابع عملکرد بر حسب سطوح شوری آب آبیاری

معادلات برازش یافته روی داده‌های عملکرد ژنوتیپ‌ها در سطوح مختلف شوری دارای ضریب تبیینی برابر یا بیش از ۷۸ درصد (دیلم) بودند که نشان‌دهنده برازش مناسب توابع بر داده‌های آزمایشی است. از نتایج برازش داده‌های عملکرد لاین SA13 مشخص می‌شود که عملکرد این ژنوتیپ در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر به صفر می‌رسد که بیانگر حساسیت زیاد این ژنوتیپ به شوری است (شکل ۴).

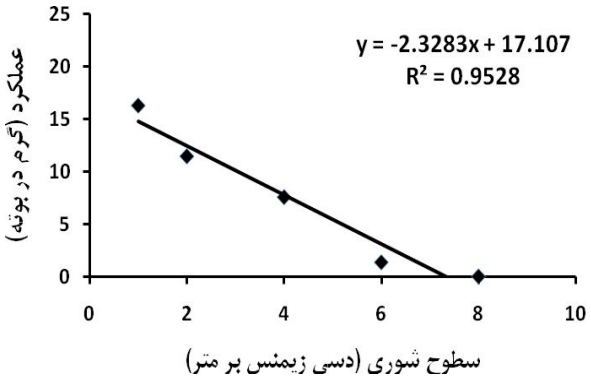
جدول ۵. مؤلفه‌های اصلی، مقادیر ویژه، میزان واریانس توجیه‌شده توسط آنها برای شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش

مؤلفه	مقدار ویژه	واریانس توجیه شده (٪)	واریانس تجمعی
۱	۶/۴۸۱	۶۴/۸۱۱	۶۴/۸۱۱
۲	۳/۴۴۷	۳۴/۴۷۳	۹۹/۲۸۴

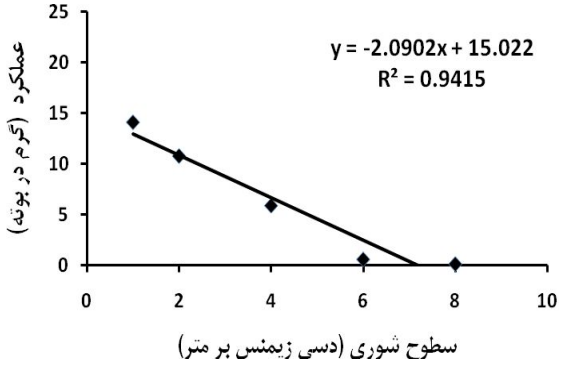
جدول ۶. بردارهای ویژه مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌های مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌ها

شاخص	Y_P	Y_S	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HM	YI	YSI
مؤلفه اول	۰/۷۵۵	۰/۹۲۴	۰/۰۸۷	-۰/۲۸۴	۰/۹۹۳	۰/۹۶۷	۰/۹۷۹	۰/۹۶۳	۰/۹۳۱	۰/۲۶۷
مؤلفه دوم	۰/۶۵۲	-۰/۳۷۹	۰/۹۹۰	۰/۹۵۳	۰/۰۳۳	۰/۲۵۳	۰/-۱۹۱	-۰/۲۶۲	۰/-۳۵۶	-۰/۹۵۷

Y_P= عملکرد در شرایط بدون تنش، Y_S= عملکرد در شرایط تنش، SSI = شاخص حساسیت به تنش، TOL= شاخص تحمل، MP= میانگین عملکرد، GMP= میانگین هندسی بهره‌وری، STI= شاخص تحمل به تنش، HM= میانگین همساز یا هارمونیک، YI= شاخص عملکرد و YSI= شاخص پایداری عملکرد



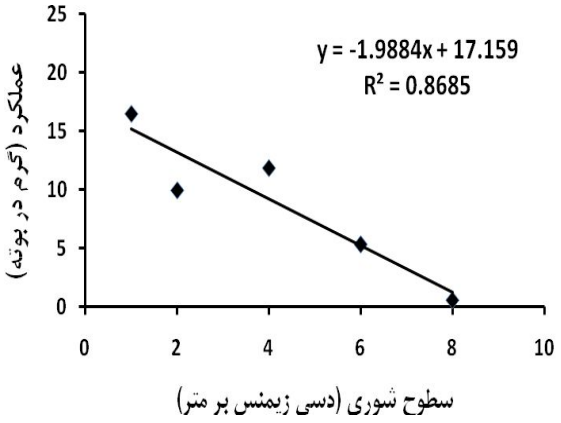
شکل ۴. عملکرد لاین SA13 در شوری‌های مختلف



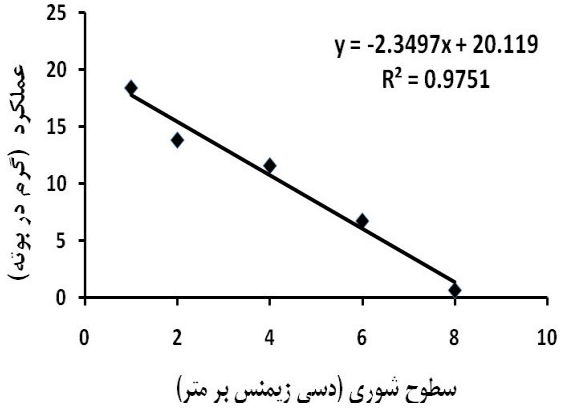
شکل ۵. عملکرد رقم خزر در شوری‌های مختلف

همان‌گونه که پیش‌تر هم گفته شد، لاین SA13 به خشکی نیز حساس است. بنابراین، با توجه به حساسیت آن به شوری و در صورت بروز هر دو تنش به‌صورت توأم می‌توان انتظار کاهش عملکرد زیادی از آن داشت. لذا با توجه به یافته‌های فوق و این‌که شاخص‌های تحمل مورد استفاده در این آزمایش هم حساسیت لاین SA13 را به تنش شوری تأیید کرده‌اند، استفاده از آن در شرایط با تنش شوری، خشکی و یا تنش‌های توأم توصیه نمی‌شود.

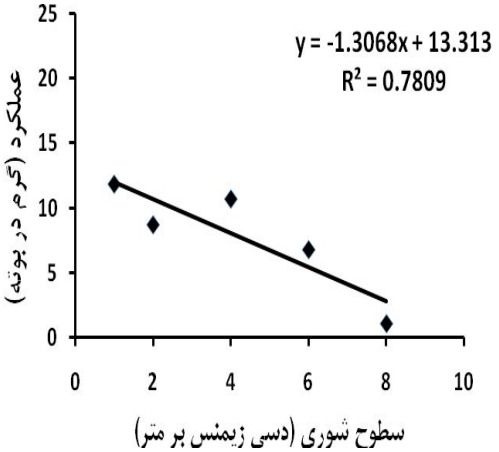
همان‌گونه که از شکل ۵ برمی‌آید، عملکرد رقم خزر نیز در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر به صفر می‌رسد درحالی‌که عملکرد ژنوتیپ‌های سپیدرود (شکل ۶) و ۸۳۱ (شکل ۷) در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به صفر می‌رسد. رقم خزر علاوه بر شوری، به خشکی نیز حساس است درحالی‌که ژنوتیپ‌های سپیدرود و ۸۳۱ متحمل به خشکی هستند. بررسی داده‌های عملکرد رقم دیلم در شوری‌های مختلف (شکل ۸) نشان داد که اگرچه حداکثر شوری قابل تحمل در این گیاه بالا است ولی عملکرد آن در شرایط بهینه پایین می‌باشد. بررسی توابع برازش یافته روی داده‌های عملکرد ژنوتیپ بومی سنگ‌جو در شوری‌های مختلف نشان داد که عملکرد این ژنوتیپ در شوری ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر به صفر می‌رسد که بیشتر از حداکثر شوری اعمال شده در این آزمایش است (شکل ۹) که بیانگر توان بالای تحمل شوری در این ژنوتیپ است. با این حال، در کنار شیب کند کاهش عملکرد این ژنوتیپ، عملکرد آن در شرایط بدون تنش تفاوت زیادی با رقم دیلم ندارد. در این



شکل ۶. عملکرد رقم سپیدرود در شوری‌های مختلف



شکل ۷. عملکرد لاین ۸۳۱ در شوری‌های مختلف

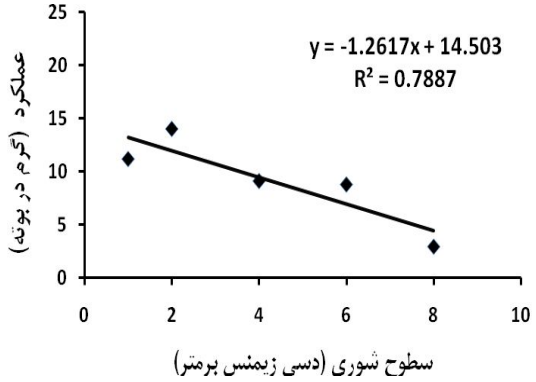


شکل ۸. عملکرد هیبرید دیلم در شوری‌های مختلف

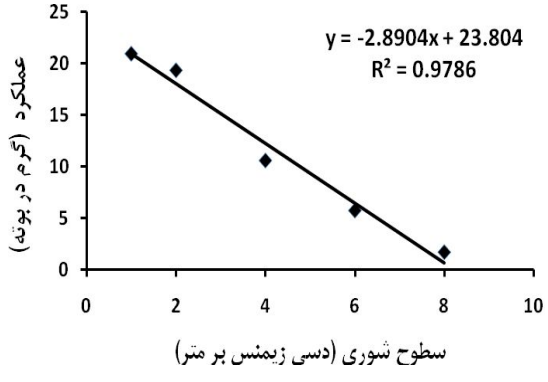
آزمایش عملکرد لاین T5 در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به صفر نزدیک شد درحالی‌که عملکرد آن در شرایط بهینه بیش از سایر ژنوتیپ‌ها بود (شکل ۱۰). لاین T5 هم که مشابه ژنوتیپ‌های سپیدرود و ۸۳۱ متحمل به خشکی ارزیابی شده بود، بر پایه شاخص‌های مقاومت مورد استفاده در این آزمایش نیز به‌عنوان ژنوتیپ مقاوم به شوری در نظر گرفته شد. در کل، ژنوتیپ‌های SA13 و خزر با شیب افت عملکرد شدید، حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها نسبت به شوری بودند درحالی‌که رقم بومی سنگ‌جو با کمترین شیب افت عملکرد و بدون در نظر گرفتن عملکرد در شرایط بدون تنش، مقاوم‌ترین ژنوتیپ نسبت به شوری در نظر گرفته شد. به بیان دیگر، اگرچه بر پایه عملکرد دانه در دو محیط تنش و بدون تنش، لاین T5 برتری محسوسی نسبت به سنگ‌جو دارد، ولی سنگ جو می‌تواند در مقایسه با T5 شوری‌های بالاتری را تحمل نماید.

نتیجه‌گیری

از آنجا که تأمین آب شالیزارهای استان گیلان وابسته به آب رودخانه سفیدرود است و در دهۀ گذشته دبی این رودخانه در مقایسه با دورۀ بین سال‌های ۸۰ – ۱۳۵۰ به نصف کاهش یافته و هدایت الکتریکی آن هم دو برابر شده است و روند مشابهی مرکزی هم مشاهده می‌شود (۱) می‌توان انتظار داشت که در آینده، تولید و عملکرد برنج که گیاهی حساس به شوری است، به شدت کاهش یابد. لذا یافتن ژنوتیپ‌های متحمل به شوری و خشکی می‌تواند راه‌حل مناسبی برای مقابله با مشکلات پیش‌رو باشد و در این راستا یافتن شاخص‌های مناسب برای تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل از حساس اهمیت کلیدی دارد. در کل، یافته‌های این آزمایش نشان داد که شاخص‌های STI و MP به‌واسطه دارا بودن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، احتمالاً مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل به تنش در ژنوتیپ‌های برنج هستند. در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، لاین T5 دارای بیشترین مقدار عددی شاخص‌های STI، MP، GMP، HM و



شکل ۹. عملکرد رقم سنگ‌جو در شوری‌های مختلف



شکل ۱۰. عملکرد لاین T5 در شوری‌های مختلف

YI بود و رقم خزر از نظر همه این شاخص‌ها بیشترین حساسیت را نشان داد. بنابراین، می‌توان انتظار داشت که با جایگزینی بذر رقم‌های متداول با ژنوتیپ‌های متحمل معرفی شده در این آزمایش، در سال‌های کم بارانی که شوری آب آبیاری افزایش می‌یابد، از کاهش زیاد عملکرد جلوگیری کرد. با این‌حال نتیجه‌گیری و توصیهٔ قطعی و کاربردی نیازمند آزمایش‌های بیشتری است.

منابع مورد استفاده

1. Ahmadpour, H. 2012. Mapping of groundwater salinity in Guilan province and using a GIS based model to forecast future. MSc. Thesis. Faculty of Aricultural Sciences. University of Guilan. Iran. (In Farsi).
2. Ahmadi, A., A. Sio-Se Mardeh. 2003. Relationship between drought tolerance indices and yield in bread wheat cultivars for the different climate of Iran in stress and non-stress condition. *Iranian Journal of Agriculture Science* 34 (3): 667-679. (In Farsi).
3. Akbar, M., I. E. Gunawardena and F. N. Ponnamperuma. 1986. Breeding for soil stresses. *In*: Progress in rainfed lowland rice. International Rice Research Institute. Manila, Philippines. pp. 263-272.
4. Asch, F., M. Dingkuhn and K. Dorffling. 2000. Salinity increases CO_2 assimilation but reduces growth in field-grown irrigated rice. *Plant and Soil* 218: 1–10.
5. Belhassen, E. 1997. Drought Tolerance in Higher Plants: Genetical, Physiological and Molecular Biological Analysis. Springer, Netherlands.
6. Bouslama, M. and W. T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science* 24: 933-937.
7. Castillo, E. G., T. O. Toung Phuc, M. A. Abdelbaghi and I. Kazuyuki. 2007. Response to salinity in rice: comparative effects of osmotic and Ionic stress. *Plant Production Science* 10 (2): 159-170.
8. Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *In:* Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crop to Temperature and Water Stress. Taiwan. pp. 257-270.
9. Fernandez, R. J. and J. F. Reynolds. 2000. Potential growth and drought tolerance of eight desert grasses. *Oecologia* 123: 90-98.
10. Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research* 29: 897-912.
11. Gabriel, K. R. 1992. The biplot graphical display of matrices with applications to principal component analysis. *Biometrika* 58: 453-467.
12. 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. *Canadian Journal of Plant Science* 77: 523-531.
13. Ghodsi, M. 2010. Rice (*Oryza sativa* L.) genotypes tolerance to water deficit. Annual Research Report on Research Projects. National Rice Research Institute. Rasht, Iran
14. Ghafari, M. 2007. Evaluation and selection of inbred lines of sunflower under normal and drought. *Seed and Plant Production Journal* 23 (4): 633-649.

15. Jabbari, H., G. A. Akbari, J. Daneshian, I. Alahdadi and N. Shahbazian. 2008. Utilization ability of drought resistance indices in sunflower (*Heliantus annus* L.) hybrids. *Electronic Journal of Crop Production* 1 (4): 1-17.
16. Kavousi, M. 1996. Determination of best model for estimation of rice yield under different salinity level in Spidroud, Hasansaraei and Khazar cultivars. MSc. Thesis. College of Agriculture. University of Tabriz. Iran. (In Farsi).
17. Kazemi Arbat, H. A. 1995. Cereal Crops. Second Edition. Tehran University Press. 253 pp. (In Farsi).
18. Lafitte, H. R., A. Ismail and J. Bennett. 2004. Abiotic stress tolerance in rice for Asia: progress and the future. *In:* Proceeding of 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia. pp.1137.
19. Mirdar Mansuri, Sh., N. Babaeian Jelodar and N. Bagheri. 2012. Effect of NaCl stress on Iranian rice genotypes in reproductive stage on the base of tolerance indexes and screen by Biplot Method. *Journal of Plant Production* 19 (1): 67-84.
20. Nematollahi. Z., Gh. A. Saeedi. 2011. Evalution of drought tolerance of some flax (*Linum usitatissimum* L.) genotypes. *Journal of Water Research in Agriculture* 25 (1): 57-65.
21. Parida, A. K. and A. B. Das. 2004. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60 (3): 324-349.
22. Pervaiz, Z., M. Afzal, Y. Xiao and. L. Ancheng. 2003. Mechanism of salt tolerance in selected wheat cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology* 5: 141-144.
23. Ramirez-Vallejo, P. and J. D. Kelly 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica* 99: 127-136.
24. Ranjbar, G. H. and M. J. Rousta. 2011. Effective Stability Index for Selecting Wheat Genotypes under Saline Conditions. *Water and Soil Science* 24 (3): 283-290. (In Farsi).
25. Rezaei, M., M. K. Motamed, A. Yousefi and E. Amiri. 2010. Evaluation of different irrigation management on rice yield. *Journal of Water and Soil* 24 (3): 565-573. (In Farsi).
26. Rosielle, A. A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non- stress environment. *Crop Science* 21: 943-946.
27. Sabouri, H., A. M. Rezai and A. Moumeni 2008. Evaluation of salt tolerance in Iranian landrace and improved rice cultivars. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 12(45): 47-63. (In Farsi).
28. Sadeghzadeh-Ahari, D. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dry land-promising durum wheat genotype. *Crop Science* 8 (1): 30-45.
29. Salehi, M. and S. A. Mosavat. 2009. Selection criteria of wheat genotypes under salt stress in Golestan province. *Electronic Journal of Crop Production* 1 (4): 19-33.
30. Shamseddin, M. and H. Farahbakhsh. 2008. Investigation of Quantitative and Qualitative Parameters of Canola under Salty Conditions for Determining the Best Tolerance index. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 12 (43): 65-78
31. Shannon, M. C. 1997. Adaptation of plant to salinity. *Advances in Agronomy* 60: 87-120.
32. Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poostini and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research* 98: 222-229.
33. Soltani Huwyzeh, M., S. A. M. Mirmohammady Maibody, A. Arzani. Evaluation of salt tolerance in commercial and promising sugarcane cultivars at the beginning of growth using different stress tolerance indices. *Seed and Plant* 24 (1): 145-159.
34. Statistics and Information Technology Office of Ministry of Agriculture. 2010. Report on agriculture statistics (Vol. 1: crops in crop season of 2008-2009). Ministry of Agriculture. Department of Planning and Economic. Tehran, Iran. (In Farsi).
35. Zabet, M., A. H. Hosein Zade, A. Ahmadi and F. Khialparast. 2003. Effect of water stress on different traits and determination of the best water stress index in mung bean (*Vigna radiata*). *Iranian Journal of Agriculture Science* 34 (4): 889-898. (In Farsi).
36. Zare, M., H. Zeinali Khaneghah and J. Daneshian. 2004. Evaluation of tolerance of some soybean genotypes to drought stress. *Iranian Journal of Agriculture Science* 35(4): 859-867. (In Farsi).