نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۹، شماره ۴ ، سال ۱۳۹۰، ص ۷۰۳-۶۹۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 9, No.4, 2012, p. 694-703

ارزیابی تحمل به شوری ژنوتیپ‌های برنج ایرانی در محیط کشت هیدروپونیک بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش

شهربانو میردارمنصوری[1*] – نادعلی بابائیان جلودار[2] – نادعلی باقری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۴/۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۲۹

چکیده

در این تحقیق تعداد ۴۰ رقم و لاین امیدبخش اصلاح شده برنج در مرحله رشد رویشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار و ۴ سطح شوری در گلخانه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری مورد بررسی و مقایسه قرارگرفتند. از این میان تعداد ۱۷ ژنوتیپ برتر انتخاب شدند و برای بررسی دقیق تر در مرحله گیاهچه جوان در سال زراعی ۱۳۸۸مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای کلیه صفات اختلاف معنی دار وجود داشت. شاخص‌های میانگین هندسی و تحمل به تنش، شاخص‌های مناسبی برای تضمین پایداری عملکرد و ارزیابی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش می باشند. با توجه به ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها ملاحظه شد که شاخص‌های میانگین تولید، میانگین هندسی، میانگین‌هارمونیک و شاخص تحمل به تنش در هر دو محیط با عملکرد همبستگی بسیار بالایی دارند. تجزیه به عامل‌ها نشان داد که چهار عامل در حدود ۸۷٪ از تغییرات مشاهده شده در شاخص‌های تحمل و حساسیت زیست توده را توصیف می کنند.

واژه‌های کلیدی: برنج، تنش شوری، شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش

مقدمه

شوری یکی از تنش‌های غیر زنده است که در مناطق وسیعی از دنیا وجود دارد. کلروسدیم (NaCl) اصلی ترین منبع شوری است و به همین علت در بیشتر موارد اصطلاح شوری به وجود بیش از اندازه نمک بویژه کلروسدیم خاک اطلاق می شود. میزان اراضی شور حدود ۳۴۰×۱۰^{۶} تا ۹۵۰×۱۰^{۶} هکتار در جهان ثبت شده است و این برآورد به دلیل میزان کم بارندگی، تبخیر زیاد از سطح خاک و آبیاری با املاح زیاد همچنان در حال افزایش است (۱ و ۸). آسیا بیشترین مساحت اراضی شور را به خود اختصاص داده است (۳ و ۱۳). از جمله کشورهایی که با مشکل شوری مواجه هستند، می توان پاکستان، سوریه، ترکیه، هندوستان، عراق و ایران را نام برد (۲). شوری مهمترین تنشی است که باعث کاهش رشد برنج در آسیا می شود (۱۲). تبخیر و تعرق زیاد در طول دوره رشد، مشکل شوری را برای کشت برنج تشدید می کند. ارقام متحمل برنج نمک را جذب می‌کنند، اما آن را در واکوئل‌های داخل سلول‌های اندام‌های هوایی ذخیره می-کنند. در نتیجه از صدمات نمک اضافی مصون می‌مانند. یئو و فلاورز، بیان کردند که وقتی سرعت رشد و در نتیجه زیست توده بیشتر باشد، سلول‌های بیشتری ساخته شده و واکوئل‌های بیشتری جهت تجمع نمک وجود خواهند داشت. نمک‌های جذب شده از ریشه در سیتوپلاسم ایجاد سمیّت کرده و با کاهش فشار تورژسانس گسترش سلول و رشد را متوقف می کنند (۱۹). لی و همکاران، در بررسی ۳۴ رقم برنج بیان کردند که گیاهچه‌های برنج در مرحله ۱ تا ۲ برگی بسیار حساس می باشند. در همین راستا لی و همکاران، ژنوتیپ‌های برنج را تحت تنش ۱۲ دسی زیمنس بر متر قرار دادند و بیان کردند که ارقام متحمل، سدیم بیشتری را دفع کرده و با جذب پتاسیم بیشتر، نسبت سدیم به پتاسیم را در اندام هوایی خود پایین نگه می دارند (۱۱). همچنین آنها گزارش کردند که تنها مقدار سدیم و پتاسیم در تفکیک ارقام متحمل از حساس نمی تواند معیار کافی باشد، بلکه نسبت این دو یون (سدیم به پتاسیم) عامل مهمتری است. بهبود تحمل به شوری در برنج می تواند تولید را در مناطق تحت تأثیر شوری افزایش دهد و کمک کند تا در آینده تولید برنج در مناطق شور که در حال حاضر مورد استفاده نیست، گسترش یابد. هدف از این

۱ ، ۲ و ۳ – به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات ، استاد و مربی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*– نویسنده مسئول: Email: mirdar_mansuri@yahoo.com)

مطالعه شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری از میان ارقام و لاین‌های مورد مطالعه و شناسایی شاخصی مناسب برای ارزیابی تحمل به شوری در گیاهچه‌های برنج می باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۴۰ رقم و لاین امیدبخش اصلاح شده برنج در مرحله رشد رویشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار و ۴ سطح شوری (۰، ۶، ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر) در گلخانه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال زراعی ۱۳۸۷ مورد بررسی و مقایسه قرارگرفتند. از این میان تعداد ۱۵ژنوتیپ برتر انتخاب شدند (جدول۱) و به همراه دو رقم شاهد متحمل (پوکالی) و شاهد حساس (IR29) برای بررسی دقیق تر در مرحله گیاهچه جوان مورد استفاده قرار گرفتند. این مرحله از آزمایش به روش لی و همکاران، در محیط کشت هیدروپونیک در سال ۱۳۸۸ انجام شد (۱۲).

برای کشت از صفحه‌های یونولیت با ۱۰۰ سوراخ (۱۰×۱۰) و ظرف‌هایی با حجم ۴ لیتر استفاده شد. ابتدا از هر ژنوتیپ به میزان لازم بذر تهیه شد، بذرها پس از ضدعفونی با محلول ۰/۱ مولار تیرام، در داخل ظروف پتری حاوی کاغذ صافی قرار داده شدند و به دستگاه ژرمیناتور به منظور جوانه زنی منتقل شدند، دمای پایه ژرمیناتور ۲۷ درجه سانتی گراد انتخاب گردید. بذرهای جوانه زده به داخل هر سوراخ و روی شبکه نایلونی (صفحه ای از جنس پلاستیک با سوراخ‌های ریز که ریشه‌ها از آن عبور داده شدند) انتقال داده شدند. در هر سوراخ ۱ عدد بذر کاشته شدند. تا چهار روز پس از انتقال از آب مقطر استفاده شد، سپس محلول غذایی یوشیدا، به ظرف‌ها اضافه شد. pH محلول هر روز کنترل می شد و در ۵ ثابت نگه داشته شد. محلول غذایی نیز هر ۷ روز تعویض شد (۲۰). متوسط دمای محیط در روز ۳۰ درجه سانتی گراد و در شب ۲۵ درجه سانتی گراد اعمال شد. گیاهچه‌های برنج تا ۴ روز در محلول غذایی غیر شور رشد نمودند، پس از آن با اضافه کردن ۰/۳درصد NaCl پیش شوری اعمال شد. سپس تا ۲ هفته گیاهچه‌ها تحت تنش ۷/. درصد NaCl قرار گرفتند. با اعمال شوری هر روز وضعیت گیاهچه‌ها مورد بررسی قرار می گرفت و عکس العمل آنها ثبت می شد، در مرحله ۳ برگی با ارزیابی ظاهری وضعیت ساقه و ریشه گیاهچه‌ها، امتیاز ژنوتیپی به روش لی و همکاران، به گیاهچه‌ها داده شد. پس از ۳ هفته گیاهچه‌های برنج جمع آوری شدند و صفات طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه و وزن خشک ساقه اندازه گیری شد (۱۲). میزان سدیم و پتاسیم به روش فلایم فتومتری در اندام هوایی گیاهچه‌ها اندازه گیری شد. با استفاده از عملکرد گیاهان در شرایط بدون تنش شوری Y_P و تحت تنش شوری Y_S، شاخص‌های زیر برای تعیین میزان تحمل یا حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش شوری محاسبه شد:

شدت تنش (SI[1]) برای هر یک از دو سطح شوری طبق فرمول زیر محاسبه شد: ۱-

$$SI = 1 - \frac{\overline{Y_S}}{\overline{Y_P}}$$

در این معادله $\overline{Y_P}$ متوسط عملکرد ارقام در شرایط بدون تنش و $\overline{Y_S}$ متوسط عمکرد ارقام در شرایط تنش می باشند.

جدول ۱- اسامی ارقام ولاین‌های* امید بخش برنج مورد بررسی در طی آزمایش

رقم	رقم	رقم	رقم
۱.پوکالی	۱۲.لاین۴۱ (IRRI2-2 × شصتک محمدی)	۲۳.سنگ طارم	۳۴.سپیدرود
IR29.۲	۱۳.لاین۷۵ (شصتک محمدی × سنگ طارم)*	۲۴.نوک سیاه*	۳۵.دشت
۳.لاین۳ (سنگ طارم × دیلمانی)*	۱۴.لاین۷۶(سپیدرود//(IR58025A / R_2))	۲۵.فجر	۳۶.گرده*
۴.لاین ۵(ندا//(IR58025A / R_9))	۱۵.لاین۸۳ (IRRI2-2 × سنگ طارم)	۲۶.ساحل	IR28.۳۷
۵.لاین۷ (IRRI2-2 × حسنی)	۱۶.لاین۱۰۹ (سنگ طارم × حسنی)*	۲۷.عنبر بو*	۳۸.خزر
۶.لاین۱۰((IRRI2-2 × شصتک محمدی) // ندا)	۱۷.لاین۱۲۶(IRRI2-2 × دیلمانی)	۲۸.طارم محلی*	۳۹.دم سیاه*
۷.لاین۱۷(ساحل × سنگ طارم)	۱۸. F_{114} (لاین موتانت سنگ طارم)	۲۹.آمل۳	۴۰.موسی طارم
۸.لاین۱۹(سنگ طارم//(IR58025A / R_2))	۱۹.حسنی*	۳۰. IR229*	۴۱.شفق
۹.لاین۲۳(IRRI2-2 × حسنی)	۲۰.دیلمانی*	۳۱.ندا	۴۲.قصرالدشتی
۱۰.لاین۳۹(سپیدرود//(IR58025A / R_9))	۲۱.شصتک محمدی*	۳۲.نعمت	۴۳.لاین MTM2 (لاین موتانت طارم) محلی)
۱۱.طارم دانش*	۲۲.طارم جلودار*	۳۳.طارم میلاد*	

* ارقام متحمل منتخب در بخش رویشی.

1- Stress Index

شاخص‌های مورد استفاده به منظور ارزیابی ارقام و لاین‌ها تحت تنش شوری بر اساس معادلات زیرمحاسبه شدند:

$SSI = 1 - \left(Y_S / Y_P\right) / SI$ ؛ شاخص حساسیت به تنش فیشر و مورر(۷)،

۲-SSI[1]

۳- STI[2]؛ شاخص تحمل به تنش فرناندز (۶)،

$$STI = \left(\frac{Y_P}{Y_P}\right)\left(\frac{Y_S}{Y_S}\right)\left(\frac{Y_S}{Y_P}\right) = \frac{(Y_P)(Y_S)}{(Y_P)^2}$$

۴- TOL[3]؛ شاخص تحمل رزیل وهامبلین (۱۵)،

$$TOL = Y_P - Y_S$$

؛ میانگین $MH = \frac{2 \times Y_P \times Y_S}{Y_P + Y_S}$ $GMP = \sqrt{Y_P - Y_S}$

۵- GMP[4] هندسی صفت در دو محیط(۶)،

۶- MH[5] ؛ میانگین‌هارمونیک صفت در دو محیط،

۷- MP[6] ؛ میانگین تولید رزیل وهامبلین (۱۶)،

$$MP = \frac{Y_P + Y_S}{2}$$

داده‌های جمع آوری شده با نرم افزارهای SAS و SPSS مورد تجزیه واریانس قرار گرفته و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن انجام گرفت. جهت شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تجزیه به عامل‌ها با کمک نرم افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای صفات ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، زیست‌توده، درصد سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۲). این نتیجه بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ارقام و لاین‌های مورد بررسی برای صفات مذکور می‌باشد. اما بین ژنوتیپ‌ها برای درصد پتاسیم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اثر سطح شوری اعمال شده برای کلیه ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات بجز طول ریشه و وزن خشک ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). این نتیجه نشان می‌دهد که تنش شوری بر رشد ریشه در ژنوتیپ‌های برنج مورد بررسی در مرحلهٔ گیاهچه تأثیر معنی‌داری نداشته است.

همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر متقابل تنش شوری و رقم برای کلیه صفات مورد بررسی بجز زیست توده معنی‌دار گردید. این نتایج نشان دهنده تأثیر منفی تنش شوری بر مؤلفه‌های رشد بررسی شده در این پژوهش می باشد. تحمل به شوری را در گیاهان می‌توان بر اساس تغییرات رشد و حیات (زنده بودن یا از بین رفتن) گیاه سنجید (۵، ۱۰ و ۱۴). امتیاز ژنوتیپی، ژنوتیپ‌های حساس و متحمل را تحت تنش Nacl تفکیک نمود (جدول ۳).

جهت گزینش ارقامی که نقش مهمی در توجیه امتیاز ژنوتیپی ارقام در تنش شوری دارند از رگرسیون مرحله ای استفاده شد. در این بررسی امتیاز ارقام به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد تنها صفت زیست توده بیشترین نقش را در توجیه امتیاز ژنتیکی دارد (جدول ۴).

ارتباط میان امتیاز ژنوتیپی ارقام و زیست توده یک ارتباط معکوس می باشد، بدین معنی که هر چه زیست توده بیشتر باشد ارقام امتیاز ژنوتیپی پایین تری خواهند داشت و متحمل تر می باشند، چنانچه رقمی مانند پوکالی، IR229 و لاین ۱۰۹ که بیشترین تولید ماده خشک را در شرایط تنش دارند، به ترتیب امتیازهای ۱، ۳ و ۳ را به خود اختصاص دادند و جز ارقام بسیار متحمل و متحمل قرار گرفتند. بنابراین با توجه به اینکه زیست توده مهمترین معیار شناسایی ارقام جهت تحمل به تنش شوری می باشد، امتیاز ژنتیکی توجیه کننده خوبی جهت رفتار ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه در تنش کلرید سدیم است. اشرف بیان داشت که رشد تحت شرایط شور در صورتی می‌تواند به عنوان یک معیار مناسب مقاومت به شوری مورد استفاده قرار گیرد که به صورت نسبتی از رشد تحت شرایط غیر شور در نظر گرفته شود که در این رابطه زیست توده گیاهی به عنوان بیانی از رشد کلی گیاه می‌تواند یک معیار مهم باشد (۴). ژنوتیپ‌ها با قرار گرفتن تحت تنش شوری زیست توده پایین تری یافتند (جدول۵ و ۶).

نتایج نشان می دهد که کلیه ارقام برنج مورد مطالعه با قرار گرفتن تحت تنش شوری دچار کاهش ارتفاع شدند (جدول۵ و ۶). کمترین کاهش ارتفاع بوته مربوط به رقم پوکالی (۱۰/۳۸ درصد) و بیشترین کاهش ارتفاع مربوط IR229 (۴۰/۹۶ درصد) می باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد اکثر ارقام متحمل و نیمه متحمل از ارقام پابلند می‌باشند به استثناء طارم دانش و طارم جلودار که از لحاظ ارتفاع بوته در رده متوسط قرار دارند. رقم IR29 بسیار حساس به شوری در گروه واریته‌های پا کوتاه می‌باشد. ارقام پابلند مورد بررسی از لحاظ نسبت سدیم به پتاسیم نیز میزان کمتری دارند. والیا و همکاران، گزارش کردند واریته‌های پاکوتاه برنج که سرعت رشد کمتری دارند، تحت تنش NaCl در مرحله رشد گیاهچه‌ای جوان، از تجمع سدیم خسارت بیشتری می بینند (۱۷). این امکان وجود دارد که ارقام پابلند

1- Stress Susceptibility Index
2- Tolerance Index Stress
3- Tolerance Index
4- Geometric Mean Productivity
5- Harmonic Mean
6- Mean Productivity

کاهش رشد را در محیط تنش شوری بهتر تحمل کنند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه تحت تنش شوری.

منابع تغییر	درجه آزادی	MS ارتفاع (cm)	طول ریشه (cm)	وزن خشک ساقه (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	زیست توده (gr)	درصد سدیم	درصد پتاسیم	نسبت سدیم به پتاسیم
تکرار	۲	۲۶/۹۸۶*	۲/۹۲۳*	۰/۰۰۰۶۳	۰/۰۰۰۰۳۲**	۰/۰۰۰۱۹**	۰/۱۵۰	۱/۸۱*	۰/۰۷۳
ژنوتیپ	۱۶	۹۵/۱۵۶**	۱۳/۴۵۷**	۰/۰۰۰۹۰*	۰/۰۰۰۰۳۴**	۰/۰۰۱۴۲**	۳/۳۶۷**	۰/۸۶۶	۰/۲۶۰**
شوری	۱	۱۳۸۹/۹۶۳**	۰/۱۱۵	۰/۰۰۰۴۲*	۰/۰۰۰۰۴۳	۰/۰۰۷۳**	۴۸۸/۲۰۴**	۱۸/۴۴۸**	۳۵/۴۷**
ژنوتیپ × شوری	۱۶	۱۲/۰۱۳**	۱/۲۹۶*	۰/۰۰۰۹۶*	۰/۰۰۰۰۷۶**	۰/۰۰۰۱۵	۲/۹۲۶**	۰/۶۰۶*	۰/۲۲۲**
خطا	۶۶	۱/۵۸	۰/۶۳۳	۰/۰۰۰۸۱	۰/۰۰۰۰۳۶	۰/۰۰۰۰۴۹	۰/۴۸۷**	۰/۵۰۱	۰/۰۳۱**
ضریب تغییرات %		۴/۶	۸/۲۲	۱۱/۲۳	۱۸/۸۰	۲۷/۶	۲۷/۷	۱۶/۷۰	۲۶/۵

* و ** ؛ به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول۳- امتیاز ژنوتیپی* ارقام و لاین‌های برنج تحت تنش شوری.

ژنوتیپ	امتیاز ژنوتیپی	ژنوتیپ	امتیاز ژنوتیپی	ژنوتیپ	امتیاز ژنوتیپی	ژنوتیپ	امتیاز ژنوتیپی
پوکالی	۱	دیلمانی	۳	IR229	۳	طارم جلودار	۵
IR29	۹	عنبربو	۵	لاین۱۰۹	۳	طارم میلاد	۳
لاین۳	۵	حسنی	۳	دم سیاه	۳		
گرده	۷	نوک سیاه	۳	شصتک محمدی	۵		
طارم محلی	۳	لاین ۷۵	۳	طارم دانش	۳		

۱ (بسیار متحمل)؛ ۳ (متحمل)؛ ۵ (نسبتاً متحمل)؛ ۷ (حساس)؛ ۹ (بسیار حساس).

جدول ٤- نتایج رگرسیون مرحله ای برای امتیاز ارقام در مرحله گیاهچه رشد برنج تحت تنش NaCl.

مرحله	صفت	ضریب تبیین (٪)	میانگین مربعات رگرسیون	عرض از مبدا	ضرایب رگرسیون صفات
۱	زیست توده (X_5)	۵۹/۶	۲۳/۹۲**	۱۱/۴۹	-۰/۷۷۲
مدل پیشنهادی					$\hat{y}$ =۱۱/۴۹ - ۰/۷۷ X_5

*معنی دار ($p<0/01$)

این خصوصیت واریته‌های پابلند حتی نسبت به دیگر سازوکارهای فیزیولوژیکی تحمل به تنش شوری برتری دارد (۱۸). مونس و همکاران، گزارش کردند که رشد دارای اثر رقیق کنندگی است بدین معنی که مثلاً رقمی همانند پوکالی که جزء واریته‌های پابلند محسوب می‌شود میزان جذب سدیم در ریشه‌اش معادل ژنوتیپ پا کوتاه IR29 است، اما پوکالی دارای غلظت کمتری از یون سدیم در ساقه اش می-باشد (۱۴). بنابراین ارتفاع بوته در غربال‌گری ژنوتیپ‌های برنج در تحمل به شوری معیار مهمی می‌باشد و ژنوتیپ‌هایی که از کاهش ارتفاع بوته کمتری در شرایط تنش شوری نسبت به شاهد برخوردار باشند تحمل بیشتری به تنش شوری نشان می‌دهند.

نسبت سدیم به پتاسیم در ارقام برنج مورد مطالعه با قرار گرفتن تحت تنش شوری افزایش یافت. گرهام تنظیم انتخاب یون به ویژه جایگزینی Na با K را از ساز و کارهای مهم در تحمل به شوری می‌داند (۹). نتایج مقایسه میانگین برای نسبت سدیم به پتاسیم نشان می‌دهد که شصتک محمدی، لاین ۱۰۹، دیلمانی، طارم دانش، لاین ۷۵، لاین ۳ و IR229 اختلاف معنی‌داری با پوکالی (شاهد متحمل) نشان ندادند. همچنین ارقام دم سیاه، نوک سیاه، طارم محلی، حسنی و عنبربو نیز از نسبت پایین سدیم به پتاسیم برخوردار بودند. یئو و فلاورز نشان دادند که ارقام متحمل برنج، نمک را جذب می‌کنند، اما آن را در واکوئل‌های داخل سلول‌های اندام‌های هوایی ذخیره می‌کنند (۱۹). در نتیجه از صدمات نمک اضافی مصون می‌مانند. احتمالاً این ارقام از چنین ساز و کاری استفاده کردند (جدول۵ و ۶).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و شوری صفات در سطح شاهد برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه.

ژنوتیپ	ارتفاع (cm)	طول ریشه (cm)	وزن خشک ساقه (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	زیست توده (gr)	Na%	K%	Na/K
پوکالی	۳۵/۹۵^{ab}	۸/۰۱^{gh}	۰/۰۲۱^{b}	۰/۰۰۳۳^{ef}	۰/۰۲۵^{def}	۰/۲۸۱^{bc}	۵/۲۳۰^{ab}	۰/۰۵۶^{bc}
IR29	۱۵/۱۱^{g}	۹/۰۷^{defg}	۰/۰۱۱^{b}	۰/۰۰۲۶^{f}	۰/۰۱۴^{g}	۰/۵۳۲^{a}	۳/۶۷۹^{b}	۰/۱۵۶^{a}
لاین۳	۳۱/۶۶^{c}	۱۱/۷۹^{ab}	۰/۰۸۲^{a}	۰/۰۰۳۶^{def}	۰/۰۲۵^{def}	۰/۲۶۲^{bc}	۴/۵۴۱^{ab}	۰/۰۶۰^{bc}
گرده	۳۱/۹۹ ^{c}	۱۲/۵۴^{a}	۰/۰۱۹^{b}	۰/۰۰۳۳^{ef}	۰/۰۲۳^{f}	۰/۴۲۵^{ab}	۴/۴۷۶^{ab}	۰/۰۹۶^{b}
طارم محلی	۳۲/۰۸ ^{c}	۸/۵۸^{fgh}	۰/۰۲۷^{b}	۰/۰۰۳۶^{def}	۰/۰۳۰^{bc}	۰/۳۴۰^{abc}	۴/۵۲۹^{ab}	۰/۰۷۳^{bc}
دیلمانی	۳۰/۶۶ ^{c}	۹/۴۹^{def}	۰/۰۲۵^{b}	۰/۰۰۳۳^{ef}	۰/۰۲۹^{cd}	۰/۲۸۹^{bc}	۵/۰۵۲^{ab}	۰/۰۵۰^{bc}
عنبربو	۳۱/۰۸ ^{c}	۸/۲۴^{fgh}	۰/۰۲۰^{b}	۰/۰۰۴۳^{cde}	۰/۰۲۵^{def}	۰/۳۸۰^{abc}	۴/۵۱۵^{ab}	۰/۰۸۰^{bc}
حسنی	۳۵/۹۷^{ab}	۱۰/۲۶^{cd}	۰/۰۲۵^{b}	۰/۰۰۳۳^{ef}	۰/۰۲۸^{cd}	۰/۳۵۳^{abc}	۴/۷۴۱^{ab}	۰/۰۷۶^{bc}
نوک سیاه	۲۹/۳۴^{d}	۱۱/۰۰^{bc}	۰/۰۲۰^{b}	۰/۰۰۳۰^{f}	۰/۰۲۳^{f}	۰/۳۶۵^{abc}	۴/۳۹۸^{ab}	۰/۰۸۲^{bc}
لاین ۷۵	۳۵/۲۰^{ab}	۸/۱۷^{fgh}	۰/۰۲۴^{b}	۰/۰۰۴۶^{bcd}	۰/۰۲۹^{cd}	۰/۲۸۶^{bc}	۴/۵۰۸^{ab}	۰/۰۶۳^{bc}
IR229	۳۶/۵۸^{ab}	۱۱/۰۲^{bc}	۰/۰۲۸^{b}	۰/۰۰۵۳^{abc}	۰/۰۳۴^{ab}	۰/۲۰۴^{c}	۳/۵۶۲^{b}	۰/۰۶۶^{bc}
لاین۱۰۹	۳۶/۹۴^{a}	۷/۵۴^{h}	۰/۰۳۰^{b}	۰/۰۰۵^{cde}	۰/۰۳۵^{a}	۰/۰۲۳^{c}	۵/۲۸۴^{ab}	۰/۰۴۳^{c}
دم سیاه	۳۷/۰۰^{a}	۱۰/۰۵^{cde}	۰/۰۲۵ ^{b}	۰/۰۰۴۶^{bcd}	۰/۰۳۰^{bc}	۰/۲۷۳^{bc}	۴/۶۷۶^{ab}	۰/۰۶۳^{c}
شصتک محمدی	۳۵/۴۴^{ab}	۱۱/۳۱^{abc}	۰/۰۲۳^{b}	۰/۰۰۳۶^{def}	۰/۰۲۷^{cde}	۰/۲۴۱^{bc}	۶/۱۱۳^{a}	۰/۰۴۳^{c}
طارم دانش	۲۳/۷۰^{c}	۹/۱۹^{defg}	۰/۰۲۹^{b}	۰/۰۰۵۶^{ab}	۳/۵۳^{a}	۰/۳۷۹^{abc}	۴/۴۲۴^{ab}	۰/۰۸۳^{bc}
طارم جلودار	۲۱/۶۳^{f}	۸/۷۷^{fgh}	۰/۰۱۹^{b}	۰/۰۰۴۳^{cde}	۰/۰۲۳^{ef}	۰/۴۲۲^{ab}	۴/۷۰۵^{ab}	۰/۰۹۰^{bc}
طارم میلاد	۳۴/۴۶^{b}	۹/۹۶^{cde}	۰/۰۳۰^{b}	۰/۰۰۶^{a}	۰/۰۳۶^{a}	۰/۲۶۸^{bc}	۴/۸۰۲^{ab}	۰/۰۵۳^{bc}

*حروف غیر مشابه در هر ستون به معنای اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و شوری صفات در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تحت تنش شوری.

ژنوتیپ	ارتفاع (cm)	طول ریشه (cm)	وزن خشک ساقه (g)	وزن خشک ریشه (g)	زیست توده (g)	Na%	K%	Na/K
پوکالی	۳۰/۸۳۶^{a}	۸/۶۸۶^{def}	۰/۰۹۹۷^{a}	۰/۰۰۳۳^{bcd}	۰/۰۲۸۰^{a}	۲/۹۲۴^{e}	۴/۰۲۴^{ab}	۰/۷۲۶^{d}
IR29	۱۲/۲۵۶^{i}	۹/۵۱۰^{cd}	۰/۰۱۰۰^{b}	۰/۰۰۲۳^{d}	۰/۰۱۲۳^{f}	۶/۹۷۷^{a}	۳/۳۹۳^{ab}	۱/۸۲۳^{ab}
لاین۳	۱۹/۶۲۳^{g}	۱۲/۹۴۳^{a}	۰/۰۱۸۷^{b}	۰/۰۰۳۶^{abc}	۰/۰۲۲۳^{bcd}	۴/۰۸۹^{bcde}	۳/۹۲۲^{ab}	۱/۰۴۳^{cd}
گرده	۲۰/۸۲۰^{def}	۱۱/۷۴۳^{ab}	۰/۰۱۶۰ ^{b}	۰/۰۰۳۳^{bcd}	۰/۰۱۹۳^{de}	۷/^{۴۲a}	۳/۷۸۴^{ab}	۱/۹۶۶^{a}
طارم محلی	۲۲/۰۱۳^{def}	۷/۷۹۳^{efg}	۰/۰۲۲۰^{b}	۰/۰۰۴۳^{ab}	۰/۰۲۶۳^{ab}	۵/۹۸۱^{ab}	۴/۶۳۳^{a}	۱/۳۰۰^{c}
دیلمانی	۲۰/۱۳۶^{fg}	۱۰/۰۳۰^{cd}	۰/۰۱۷۳^{b}	۰/۰۰۳۶^{abc}	۰/۰۲۱۰^{cd}	۳/۹۳۸^{cde}	۴/۶۴۰^{a}	۰/۸۵۳^{cd}
عنبربو	۲۰/۷۸۰^{def}	۷/۶۲۶^{fg}	۰/۰۱۵۳^{b}	۰/۰۰۳۳^{bcd}	۰/۰۱۸۷^{de}	۴/۹۵۹^{bcd}	۳/۵۵۹^{b}	۱/۳۷۳^{bc}
حسنی	۲۲/۳۹۳^{de}	۱۰/۰۲۳^{cd}	۰/۰۱۹۷^{b}	۰/۰۰۳۰^{cd}	۰/۰۲۲۷^{bcd}	۴/۵۴۱^{bcde}	۳/۳۲۶^{b}	۱/۳۷۶^{bc}
نوک سیاه	۱۹/۵۱۶^{g}	۹/۲۶۳^{cde}	۰/۰۱۶۷^{b}	۰/۰۰۳۶^{abc}	۰/۰۲۰۳^{cde}	۴/۲۵۲^{bcde}	۳/۳۱۸^{b}	۱/۲۸۰^{c}
لاین ۷۵	۲۱/۴۲۳^{def}	۸/۴۸۶^{def}	۰/۰۱۹۰^{b}	۰/۰۰۴۶^{a}	۰/۰۲۳۷^{bc}	۴/۲۱۳^{bcde}	۴/۱۸۰^{ab}	۱/۰۱۳^{cd}
IR229	۲۹/۰۸۰^{a}	۱۰/۴۵۰^{bc}	۰/۰۲۴۰ ^{b}	۰/۰۰۴۶^{a}	۰/۰۲۸۷^{a}	۴/۰۶۸^{bcde}	۳/۵۰۴^{b}	۱/۱۵۶^{cd}
لاین۱۰۹	۲۶/۲۴۰^{b}	۶/۵۵۶^{g}	۰/۰۲۵۲^{b}	۰/۰۰۳۶^{abc}	۰/۰۲۹۰^{a}	۳/۱۱۷^{de}	۳/۶۲۸^{b}	۰/۸۷۳ ^{cd}
دم سیاه	۲۳/۴۸۳^{cd}	۸/۸۶۳^{cdef}	۰/۰۱۹۷^{b}	۰/۰۰۳۰^{cd}	۰/۰۲۲۷^{bcd}	۴/۴۳۲^{bcde}	۳/۶۱۰^{b}	۱/۲۴۳ ^{cd}
شصتک محمدی	۲۵/۲۰۳^{bc}	۱۲/۴۷۶^{a}	۰/۰۱۷۷^{b}	۰/۰۰۳۳^{bcd}	۰/۰۲۱۰^{cd}	۳/۳۱۹^{de}	۳/۹۱۰^{ab}	۰/۸۵۰^{cd}
طارم دانش	۲۱/۰۹۰^{def}	۹/۴۹۶^{cd}	۰/۰۲۱۷^{b}	۰/۰۰۴۳^{ab}	۰/۰۲۶۰^{ab}	۲/۹۴۳^{e}	۳/۵۶۰ ^{b}	۰/۸۳۶^{cd}
طارم جلودار	۱۷/۰۳۳^{h}	۱۰/۳۵۰^{bc}	۰/۰۱۲۷^{b}	۰/۰۰۴۰^{abc}	۰/۰۱۶۷^{e}	۵/۶۱۸^{abc}	۳/۵۶۲^{b}	۱/۲۵۶^{cd}
طارم میلاد	۲۵/۱۴۶^{bc}	۹/۶۰۳^{cd}	۰/۰۲۱۰^{b}	۰/۰۰۴۶^{a}	۰/۰۲۵۷^{ab}	۷/۰۹۵^{a}	۳/۶۲۳^{b}	۲/۰۰۰^{a}

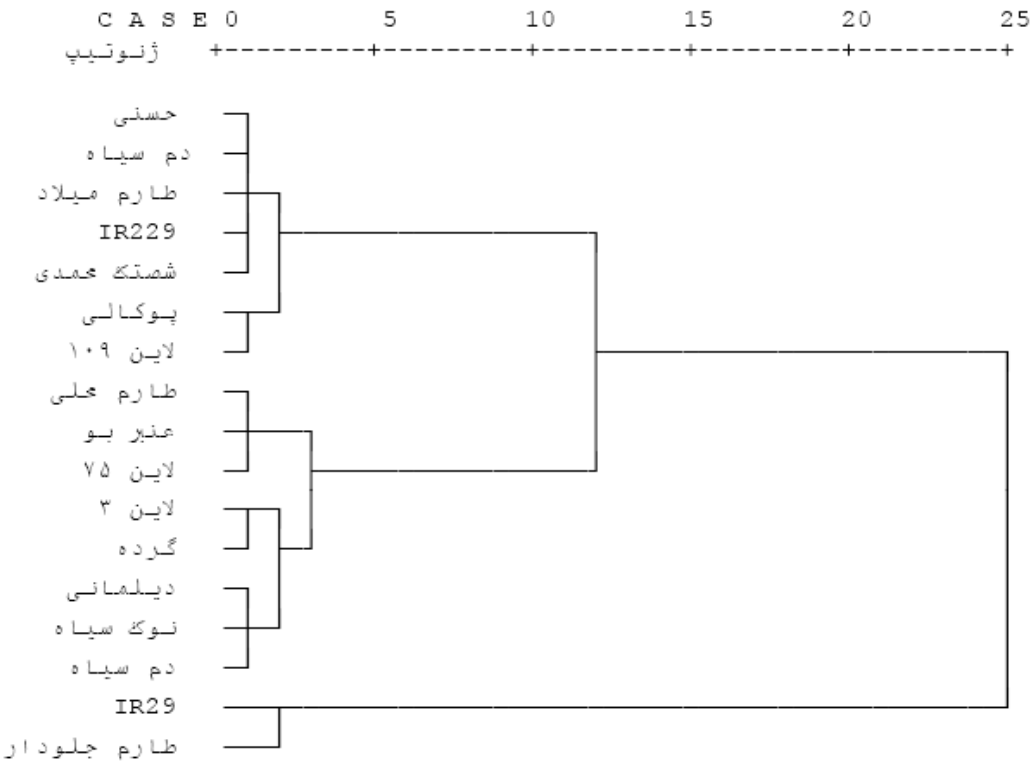
حروف غیر مشابه در هر ستون به معنای اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

برای مشخص کردن ارقام متحمل و حساس به تنش شوری در مرحله گیاهچه ای از تجزیه خوشه‌ای نیز استفاده شد. تجزیه خوشه‌ای برای صفات گیاهچه‌ای، ارقام را در سه دسته قرار داد، در گروه اول ارقام حسنی، دم سیاه، طارم میلاد، IR229، شصتک محمدی، لاین

۱۰۹ به همراه پوکالی، گروه دوم که حد واسط بین ارقام متحمل و حساس قرار گرفتند شامل طارم محلی، عنبربو، لاین ۷۵، لاین ۳، گرده، دیلمانی، نوک سیاه و دم سیاه می باشند و در گروه سوم تنها رقم طارم جلودار به همراه IR29 حساس به شوری شناخته شدند (شکل ۱). مقایسه میانگین هندسی صفات نشان می‌دهد که ارقام متحمل برای زیست توده میانگین هندسی بالاتری نسبت به ارقام حساس دارند (جدول ۷). برای صفت زیست توده، رقم IR29 و بعد آن ارقام طارم جلودار و گرده کمترین میانگین هندسی را داشتند. از آنجا که مقادیر بالای میانگین هندسی در شرایط تنش مطلوب می‌باشد. به نظر می‌رسد که این شاخص توانسته است تفکیک بین ارقام حساس از متحمل را به درستی نشان دهد.

زیست توده نسبت به ارقام حساس دارند. میانگین تولید نیز برای ارقام متحمل بیشتر از ارقام حساس بود (جدول ۷). نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های میانگین هندسی، میانگین تولید و میانگین‌هارمونیک طبقه‌بندی منطبق‌تری را با امتیاز ژنوتیپی نشان می دهند، در حالی که شاخص تحمل نتوانست طبقه‌بندی مناسبی که با امتیاز ژنوتیپی مطابقت داشته باشد را ارئه دهد. مقایسه میانگین شاخص تحمل در جدول (۷) آورده شده است. بیشترین شاخص تحمل برای زیست توده مربوط به طارم میلاد و کمترین شاخص تحمل زیست توده را پوکالی دارا بودند. بیشترین شاخص حساسیت به تنش زیست توده مربوط به IR29 و بعد از آن طارم جلودار می باشد (جدول ۷). مقایسه میانگین ارقام برای شاخص حساسیت به تنش نشان می دهد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای زیست توده تنوع بیشتری نشان می دهند. بیشترین مقدار شاخص تحمل به تنش برای زیست توده مربوط به رقم پوکالی و کمترین شاخص تحمل به تنش مربوط به ارقام طارم جلودار و طارم میلاد بوده است (جدول۷). مناسب‌ترین شاخص‌ها براساس همبستگی‌های بین شاخص‌های تحمل و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش تعیین شد. بطور کلی شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد باشند به عنوان بهترین شاخص معرفی می‌گردند. در همین رابطه با توجه به نتایج ضرایب همبستگی شاخص‌ها (جدول ۸) ملاحظه شد که شاخص‌های میانگین تولید، میانگین هندسی، میانگین‌هارمونیک و شاخص تحمل به تنش در هر دو محیط با عملکرد همبستگی بسیار بالایی داشتند.

البته با در نظر گرفتن سایر نتایج (تجزیه همبستگی شاخص‌ها، صفات مطالعه شده و واکنش ژنوتیپ‌ها به شوری) میانگین هندسی و شاخص تحمل به تنش به عنوان بهترین شاخص‌ها برای ارزیابی گیاهچه‌های برنج تحت تنش شوری شناسایی شدند.



شکل ۱- دندروگرام ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه براساس صفات گیاهچه ای تحت تنش شوری.

جدول ۷- شاخص‌های تحمل به شوری محاسبه شده برای گیاهچه‌های برنج در شرایط تنش شوری برای صفت زیست توده.

ژنوتیپ	GMP	MH	MP	TOL	SSI	STI
پوکالی	۰/۰۲۶^{cd}	۰/۰۲۶^{cd}	۰/۰۲۶^{cd}	-۰/۰۰۳^{d}	۴/۷۳۶ ^{f}	۱/۱۰۳^{a}
IR29	۰/۰۱۳^{h}	۰/۰۱۳^{h}	۰/۰۱۳^{g}	۰/۰۰۱^{cd}	۵/۱۴۰ ^{a}	۰/۸۶۶^{b}
لاین۳	۰/۰۲۴^{de}	۰/۰۲۴^{de}	۰/۰۲۴^{de}	۰/۰۰۳^{bc}	۴/۸۱۲ ^{cdef}	۰/۸۷۰^{b}
گرده	۰/۰۲۱^{g}	۰/۰۲۱^{fg}	۰/۰۲۱^{f}	۰/۰۰۳^{bc}	۵/۰۱۵ ^{abc}	۰/۸۳۶^{bcd}
طارم محلی	۰/۰۲۸^{bc}	۰/۰۲۸^{bc}	۰/۰۲۸^{bc}	۰/۰۰۴^{bc}	۴/۷۸۷ ^{def}	۰/۸۵۶^{bc}
دیلمانی	۰/۰۲۴^{d}	۰/۰۲۴^{de}	۰/۰۲۵^{d}	۰/۰۰۸^{abc}	۴/۸۴۶ ^{bcdef}	۰/۷۱۷^{bcd}
عنبربو	۰/۰۲۱^{efg}	۰/۰۲۱^{fg}	۰/۰۲۲^{ef}	۰/۰۰۶^{abc}	۴/۹۹۹ ^{abcd}	۰/۷۴۳^{bcd}
حسنی	۰/۰۲۵^{d}	۰/۰۲۵^{de}	۰/۰۲۶^{cd}	۰/۰۰۵^{abc}	۴/۹۲۳ ^{bcdef}	۰/۸۹۳^{b}
نوک سیاه	۰/۰۲۱^{fg}	۰/۰۲۱^{fg}	۰/۰۲۱^{ef}	۰/۰۰۰۲^{cd}	۴/۹۶۳ ^{abcde}	۰/۸۸۰^{bcd}
لاین ۷۵	۰/۰۲۶^{cd}	۰/۰۲۶^{cd}	۰/۰۲۶^{cd}	۰/۰۰۵^{abc}	۴/۸۲۵ ^{bcdef}	۰/۸۱۰ ^{bcd}
IR229	۰/۰۳۱^{a}	۰/۰۳۱^{a}	۰/۰۳۱^{a}	۰/۰۰۵^{abc}	۴/۵۱۵ ^{g}	۰/۸۴۳ ^{bcd}
لاین۱۰۹	۰/۰۳۱^{a}	۰/۰۳۱^{a}	۰/۰۳۲^{a}	۰/۰۰۶^{abc}	۴/۵۱۳ ^{g}	۰/۸۲۰ ^{bcd}
دم سیاه	۰/۰۲۶^{cd}	۰/۰۲۶^{cd}	۰/۰۲۶^{cd}	۰/۰۰۷^{abc}	۴/۸۱۶ ^{cdef}	۰/۷۴۳ ^{bcd}
شصتک محمدی	۰/۰۲۳^{def}	۰/۰۲۲^{ef}	۰/۰۲۴^{d}	۰/۰۰۶^{abc}	۴/۷۹۹ ^{cdef}	۰/۷۶۰ ^{bcd}
طارم دانش	۰/۰۳۰^{ab}	۰/۰۲۹^{ab}	۰/۰۳۱^{ab}	۰/۰۰۹^{ab}	۴/۷۶۶ ^{ef}	۰/۷۳۶ ^{bcd}
طارم جلودار	۰/۰۱۶^{g}	۰/۰۱۹^{g}	۰/۰۲۰^{f}	۰/۰۰۷^{abc}	۵/۰۳۸ ^{ab}	۰/۶۹۶^{d}
طارم میلاد	۰/۰۳۰^{ab}	۰/۰۳۰^{ab}	۰/۰۳۱^{a}	۰/۰۰۱^{a}	۴/۷۵۶ ^{ef}	۰/۷۰۳^{d}

* حروف غیر مشابه در هر ستون به معنای اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها ی مختلف تحمل به شوری.

	Yp	Ys	TOL	SSI	MP	GMP	MH	STI
Yp	۱							
Ys	۰/۷۲۹**	۱						
TOL	۰/۶۲۶**	-۰/۰۷۸	۱					
SSI	۰/۴۲۶**	-۰/۲۸۸**	۰/۹۴۸**	۱				
MP	۰/۹۴۶**	۰/۹۱۱**	۰/۳۴۱*	۰/۱۲۱	۱			
GMP	۰/۹۳۶**	۰/۹۲۲**	۰/۳۱۳*	۰/۰۹۶	۰/۹۹۹**	۱		
MH	۰/۹۲۴**	۰/۹۲۳**	۰/۲۸۵*	۰/۰۷۲	۰/۹۹۷**	۰/۹۹۹**	۱	
STI	۰/۹۲۳**	۰/۹۱۱**	۰/۳۰۶*	۰/۰۸۵	۰/۹۸۶**	۰/۹۸۸**	۰/۹۸۷**	۱

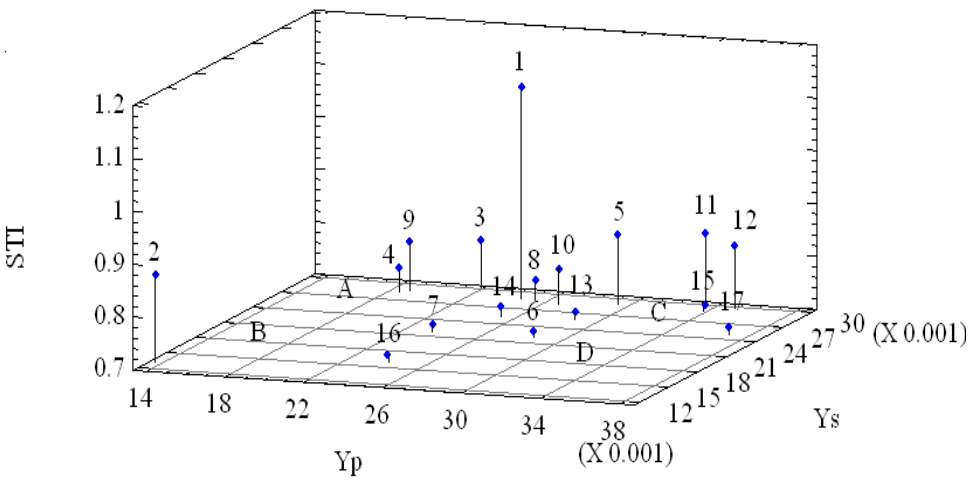
* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

در این رابطه فرناندز نیز این دو شاخص را مناسب‌ترین شاخص معرفی نمود (۶). بنابراین شاخص میانگین هندسی و تحمل به تنش شاخص‌های مناسبی برای تضمین پایداری عملکرد و ارزیابی ژنوتیپ-ها با عملکرد بالا در شرایط تنش می باشند.

با توجه به اینکه مقادیر بالای شاخص‌های GMP و STI و مقادیر پایین TOL مطلوب هستند، مقایسه میانگین شاخص‌ها برای کلیه صفات برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد که از میان شاخص‌ها، تنها شاخص تحمل به تنش بهتر از سایر شاخص‌ها توانست تمایز بین ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش شوری را نشان دهد.برای تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی براساس شاخص تحمل به تنش از نمودار سه بعدی استفاده شد که در آن عملکرد در محیط بدون تنش بر روی محور Yها، عملکرد در محیط تنش بر روی محور Xها و شاخص تحمل به تنش بر روی محور Zها نمایش داده شد. فرناندز با بررسی ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و بدون تنش ژنوتیپ‌ها را از نظر واکنش به دو محیط در ۴ گروه قرار داد (۶):

A: ژنوتیپ‌هایی که تظاهر یکسانی را در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارا هستند. B: ژنوتیپ‌هایی که فقط تظاهر خوبی در محیط بدون تنش دارا هستند. C: ژنوتیپ‌های که عملکرد بالایی را در محیط تنش دارا هستند. D: ژنوتیپ‌هایی که تظاهر ضعیفی را در هر دو محیط دارا هستند.

برای تعیین گروه متحمل به تنش سطح X-Y به وسیلهٔ خطوط متقاطع تقسیم‌بندی شد. بر این اساس ارقام گرده، نوک سیاه، لاین ۳، شصتک محمدی و عنبربو به همراه پوکالی در گروه A و رقم طارم جلودار به همراه IR29 در گروه B، ارقام دیلمانی؛ حسنی، IR229، دم سیاه، طارم محلی، طارم دانش، لاین ۷۵، لاین ۱۰۹ و طارم میلاد در گروه C قرار گرفتند (شکل ۲).



شکل۲- نمودار سه بعدی جهت تعیین ارقام متحمل به شوری در ژنوتیپ‌های برنج ایرانی بر اساس شاخص تحمل به تنش (STI)، Y_S؛ عملکرد تحت تنش، Y_P؛ عملکرد در محیط بدون تنش.

تجزیه به عامل‌ها برای صفات گیاهچه‌ای و شاخص‌های تحمل و حساسیت زیست توده در شرایط ۰/۷درصد تنش کلرید سدیم نشان داد که چهار عامل در توجیه شاخص‌های تحمل و حساسیت زیست توده در مرحله گیاهچه ای با ۸۶/۸۹ درصد نقش دارند. در عامل اول ارتفاع بوته، زیست توده، میانگین‌هارمونیک، میانگین هندسی، میانگین تولید، وزن خشک ساقه و ریشه، شاخص حساسیت به تنش در جهت مثبت و صفات درصد سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در جهت منفی نقش دارند. به طوری که این متغیرها ۴۷/۱۱ درصد از تغییرات کل را تبیین می نمایند. در عامل دوم شاخص تحمل و وزن خشک ریشه در جهت مثبت و شاخص تحمل به تنش و وزن خشک ساقه در جهت منفی بیشترین سهم را داشتند.

جدول۹- تجزیه به عامل‌ها برای صفات گیاهچه ای و شاخص‌های تحمل و حساسیت زیست توده در شرایط تنش ۰/۷ درصد کلرید سدیم.

صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم
ارتفاع	۰/۸۰۳	-۰/۱۸۶	۰/۱۲۶	۰/۲۲۵
طول ریشه	-۰/۲۵۲	-۰/۰۱۱	-۰/۰۹۹	۰/۹۱۵
وزن خشک ساقه	۰/۵۲۷	-۰/۶۸۸	۰/۲۰۴	۰/۱۵۳
وزن خشک ریشه	۰/۶۷۴	۰/۵۷۹	۰/۲۰۴	-۰/۰۷۸
زیست توده	۰/۹۵۹	۰/۲۲۴	۰/۱۰۳	-۰/۰۰۸
درصد سدیم	-۰/۶۳۴	۰/۳۷۳	۰/۴۹۱	۰/۰۷۵
درصد پتاسیم	۰/۲۹۵	-۰/۲۹۲	-۰/۶۲۳	۰/۲۲۶
نسبت سدیم به پتاسیم	-۰/۶۳۸	۰/۴۳۳	۰/۵۵۷	۰/۰۷۶
شاخص تحمل	۰/۲۵۰	۰/۹۰۴	-۰/۲۶۱	۰/۱۳۲
میانگین‌هارمونیک	۰/۹۶۱	۰/۱۸۴	۰/۱۳۳	-۰/۰۱۷
میانگین هندسی	۰/۹۶۱	۰/۲۰۸	۰/۱۱۴	-۰/۰۰۶
شاخص تحمل به تنش	۰/۰۵۸	-۰/۸۹۰	۰/۳۷۳	-۰/۱۴۷
شاخص حساسیت به تنش	۰/۷۱۰	-۰/۳۷۹	۰/۲۱۸	۰/۰۰۹
میانگین تولید	۰/۹۶۰	۰/۲۳۱	۰/۰۰۸	-۰/۰۰۵
واریانس نسبی	۴۷/۱۱۱	۲۲/۷۸۳	۹/۶۵۶	۷/۳۴۵
واریانس تجمعی	۴۷/۱۱۱	۶۹/۸۹۴	۷۹/۵۵۰	۸۶/۸۹۵

درصد پتاسیم در جهت منفی و نسبت سدیم به پتاسیم در جهت مثبت در عامل سوم بیشترین نقش را داشتند (جدول ۹).طول ریشه بار عاملی بالایی را در عامل چهارم به خود اختصاص داد. از اینرو عامل اول را می‌توان به عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و عامل وزن نام نهاد. عامل دوم به عنوان مؤلفه تحمل به تنش می‌توان محسوب کرد که ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا را در شرایط تنش جدا می‌کند. عامل سوم فیزیولوژیکی می‌باشد و بر تبادل پتاسیم اثر می‌گذارد. از این روابط می‌توان نتیجه گرفت که کاهش عامل سوم و افزایش عامل اول می-تواند به رشد بهتر گیاه در شرایط تنش شوری کمک کند.

با توجه به حساسیت زیاد برنج در مرحله رشد گیاهچه ارقامی همچون حسنی، شصتک محمدی، طارم میلاد و لاین ۱۰۹ توانستند تحمل مطلوبی به تنش شوری نشان دهند، بنظر می رسد که این ژنوتیپ‌ها برای کشت مستقیم در شرایط شور مناسب باشند. این تحقیق نشان داد که صفاتی همچون میزان ماده خشک تولید شده در شرایط شور (زیست توده)، تسهیم و سرعت جذب سدیم و نسبت پایین سدیم به پتاسیم به همراه شاخص تحمل به تنش از مهمترین پارامترها در ارزیابی تحمل به تنش شوری در مرحله رشد گیاهچه می باشد.

منابع

۱- حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۴. تنش شوری. اولین همایش اثر تنش‌های محیطی بر گیاهان.

۲- یوسفی، م. ۱۳۸۴. ارزیابی کارایی انتخاب برای تحمل به خشکی در گندم، پایان نامه کارشناسی ارشد.

3- Akbar, M., I. E. Gunawardena and F. N. Ponnamperuma. 1986. Breeding for soil stresses. Progress in rainfed lowland rice, IRRI, Philippines. 263-272.

4- Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plant. Critical Review Plant Science. 13: 17-42.

5- Dvorak, J., M. M. Norman. and S. Goyal. 1994. Enhancement of the salt tolerance in Triticum turgidum L. by the Knal locus transferred from the Triticum aestivum L. chromosome 4D by homologous recombination. Theor. Genetic. 87: 872-877.

6- Fernandes, G. C. I. 1980. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C. G. Kuo, Adaptation of food to temperature and water proc. Int. Symp. Water stress, Taiwan, Asian Veget. Res. Develop. Center.

7- Fisher, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.

8- Flowers. T. J. and A. R. Yeo. 1986. Ion relations of plants under drought and salinity. Aust. J. of Plant Physiol. 13: 75-91.

9- Gorham, J. 1993. Genetics and physiology of enhanced K/Na discrimination.In: P. Randall Genetic aspects of plant mineral nutrition. Kluwer Academ. Pub. The Netherlands. PP: 151-159.

10- Lauchi, A. and U. Luttge.2002. Salinity: Enviroment-Plant-Molecules. Kluwer Academic Publisher.PP: 552.

11- Lee, S. Y.,W. Y. Choi, J. C. Ko, T. S. Kim. and G. B. Gregorio. 2003. Salinity tolerance of japonica and indica rice (Oryza sativa L.) at seedling stage. Planta. 216(6): 1043-1046.

12- Lee, S. Y., J. H. Ahn., Y. S. Cha., D. W. Yun., M. C. Lee., J. C. Ko., K. S. Lee and M. Y. Fun. 2007. Mapping QTLs related to salinity tolerance of rice at the young seedling stage. Plant Breeding. 126: 43-46.

13- Massoud, F. J. 1974. Salinity and alkalinity as soil degradation. FAO.

14- Moons, A., G. Bauw, M. V. Montagu and D. Van Der Strtant. 1995. Molecular and physiology salt tolerance of indicia rice varieties. Plant Physiol. 107: 177-186.

15- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Envir. 25: 239-250.

16- Rosielle, A. T. and J. Hamblin. 1981. Theatrical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science. 21: 943-945.

17- Walia, H., C.Wilson, P. COndamine, X. Liu, A.M. Ismail, L.Zeng, S. I. Wanamaker, J. Mandal, J. Xu, X. Cui and T. J. Close. 2005. Comparative transcriptional profiling of two contrasting rice genotypes under salinity stress during the vegetative growth stage. Plant Physiol. 84: 61-66.

18- Xiond, L., K. S. Schumaker and J. K. Zhu. 2002. Cell signaling during cold, drought and salt stress. Plant Cell. 198: 165-183.

19- Yeo, A. R. and T. J. Flowers. 1984. Mechanism of salinity resistance in rice and their role as

physiological criteria in plant breeding. In: Salinity tolerance in plants. Willey. Intersci. New York, PP. 151-170.

20- Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock and K. A. Gomez. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. IRRI, Los Babos, Philippines.