



ارزیابی روابط بین صفات ارقام برنج در مرحله گیاهچه تحت شرایط شور

* حسین صبوری^۱، عبدالمجید رضایی^۲، علی مومنی^۳، مسعود کاوسی^۳،

حسن شکری^۳، مهرزاد اله‌قلی‌پور^۳ و حجت‌ا... جعفریان^۱

^۱مجمع آموزش عالی گنبد، ^۲دانشگاه صنعتی اصفهان، ^۳موسسه تحقیقات برنج کشور

چکیده

به منظور بررسی روابط بین صفات در گیاهچه‌های برنج ایران تحت تنش شوری ناشی از NaCl، ۷۵ رقم زراعی شامل رقم‌های بومی و اصلاح‌شده داخلی و خارجی در آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با سه سطح شوری کلرورسدیم با هدایت الکتریکی ۱/۲ (شاهد)، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر در مؤسسه تحقیقات برنج کشور در سال ۱۳۸۴ مورد بررسی قرار گرفتند. طول ریشه و ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه، درصد سدیم و پتاسیم در ساقه و کد ژنوتیپی (بر اساس دستورالعمل مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج) در مرحله گیاهچه مورد بررسی قرار گرفتند. ارقام متحمل زیست‌توده (مجموع وزن خشک ریشه و ساقه) بالا و نسبت سدیم به پتاسیم کمتری داشتند. در شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر همبستگی بین وزن ساقه، زیست‌توده و کد ژنوتیپی منفی و معنی‌دار گردید، در حالی که همبستگی بین درصد سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و کد ژنوتیپی مثبت و معنی‌دار بود. در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، شاخص‌های میانگین تولید، تحمل، تحمل به تنش، حساسیت به تنش و میانگین هندسی سدیم و میانگین تولید، تحمل، تحمل به تنش و حساسیت به تنش نسبت سدیم به پتاسیم با کد ژنوتیپی معنی‌دار و بالاتر از ۰/۵ بود. طبق نتایج تجزیه علیت، در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر، اثر مستقیم وزن خشک ساقه بالاتر از سایر آثار است، اگرچه اثر مستقیم زیست‌توده، مثبت و پایین بود، اما این صفت به طور غیرمستقیم و از طریق وزن خشک ساقه اثر بالایی بر کد ژنوتیپی ارقام داشت. تجزیه به عامل‌ها اهمیت صفات زیست‌توده، وزن خشک ساقه و درصد پتاسیم جذب شده را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: برنج؛ شوری؛ تجزیه علیت؛ تجزیه به عامل‌ها

* - مسئول مکاتبه: saboriho@yahoo.com

مقدمه

شوری یکی از اساسی‌ترین مشکلات کشاورزی و از جمله مهم‌ترین موانع موجود بر سر راه افزایش عملکرد گیاهان زراعی در سراسر کره زمین می‌باشد. وسعت کل اراضی شور دنیا دقیقاً معلوم نیست اما تخمین زده می‌شود که در حدود ۷ درصد از کل اراضی قابل کشت و حدود ۲۵ درصد از اراضی فاریاب کره زمین تحت تأثیر شوری می‌باشند. از جمله کشورهایی که با مشکل شوری مواجه هستند می‌توان به پاکستان، سوریه، ترکیه، هندوستان، عراق و ایران نام برد (هاشمی‌دزفولی و همکاران، ۱۹۹۴؛ قاسمی و همکاران، ۱۹۹۵). شوری از جمله مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد برنج و شایع‌ترین تنش خاکی در برنج‌کاری‌های آسیا می‌باشد (فلاورز و همکاران، ۱۹۷۷؛ فلاورز، ۱۹۹۰). به‌رغم اینکه برنج یک گیاه نسبتاً حساس به شوری به شمار می‌رود، اما از مناسب‌ترین گیاهان زراعی برای کشت در خاک‌های شور است (ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ ژانگ و لایوچی، ۱۹۹۴)، زیرا در مناطق مرطوب و گرمسیری، خاک‌های شور در طول فصل در معرض غرقابی نیز هستند.

میزان تأثیر شوری خاک در مراحل مختلف رشد گیاه برنج متفاوت است (ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ پیرسون و همکاران، ۱۹۶۶). تحقیقات نشان داده‌اند که برنج در مرحله جوانه‌زنی نسبت به شوری مقاوم است اما در مرحله ۱ تا ۲ برگی بسیار حساس می‌باشد. مقاومت برنج در طول دوره رویشی (پنجه‌زنی و طویل شدن ساقه) افزایش و در مرحله گرده‌افشانی و لقاح کاهش یافته و در مرحله رسیدگی مجدداً افزایش می‌یابد (اصفهانی، ۱۹۹۹؛ کلارکسون و هانسون، ۱۹۸۰؛ لی و همکاران، ۲۰۰۳؛ مرادی، ۲۰۰۲؛ یثو و همکاران، ۱۹۹۰؛ ژنگ و همکاران، ۱۹۹۶).

یثو و فلاورز (۱۹۸۴) همبستگی بین محتوای سدیم و مرگ و میر گیاهچه‌ها را مثبت گزارش نمودند و تجمع آن را یکی از مهم‌ترین عوامل مرگ گیاهچه‌ها در شرایط تنش شوری معرفی نمودند. این محققان گزارش نمودند که در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر کلوروسدیم، غلظت سدیم در گیاه ۶ برابر پتاسیم است. تغییرات پتاسیم در ژنوتیپ‌های مورد بررسی پایین‌تر از سدیم بود. آنها نشان دادند که بقای گیاهچه‌ها در تنش شوری کلوروسدیم بستگی به مقدار سدیم جذب شده توسط گیاهچه‌ها دارد و قابلیت خارج ساختن یون سدیم باعث تضمین بقای گیاهچه‌ها می‌شود.

گارسیا و همکاران (۱۹۹۷) همبستگی بین نسبت سدیم به پتاسیم با غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم را به ترتیب همبستگی مثبت و منفی گزارش نمودند. برناشتاین و همکاران (۱۹۷۴) گزارش نمودند که تحت تنش ملایم، همبستگی بین درصد سدیم با وزن خشک و مساحت برگ‌ها، منفی است و خسارت تنش شوری در اندام‌های هوایی برنج شدیدتر از ریشه‌ها است.

سوجاتا و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه‌ای روی برنج در شوری‌های ۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱۰۰ درصد نمک طعام نشان دادند که درصد جوانه‌زنی و میزان رشد ریشه و ساقه کاهش می‌یابد. آنها توانایی بذر، وزن خشک گیاهچه، نسبت ریشه به ساقه و مقدار پرولین برگ را به‌عنوان صفات مهم در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل معرفی نمودند.

جیان‌فی و همکاران (۲۰۰۴) تنوع زیادی را برای تحمل به شوری و نسبت سدیم به پتاسیم در شوری ۰/۵ درصد گزارش نمودند. آنها تغییرات زیادی برای وزن خشک ساقه در شوری ۰/۸ درصد مشاهده کردند. همچنین شوری‌های ۰/۵ و ۰/۸ درصد را بهترین میزان شوری برای سنجش تحمل گیاهچه‌ها معرفی نمودند.

لی و همکاران (۲۰۰۳) ارقام برنج ایندیکا و ژاپونیکا را از نظر تحمل به شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مقایسه نمودند. کاهش ویژگی‌های رشد در ارقام ژاپونیکا بیشتر از ارقام ایندیکا بود. ارقام متحمل ایندیکا مقدار سدیم بیشتری را دفع نمودند و با جذب پتاسیم بیشتر، نسبت سدیم به پتاسیم را در ساقه‌های خود پایین نگه داشتند. آنها نشان دادند که مقدار سدیم یا پتاسیم تنها نمی‌تواند در تفکیک ارقام متحمل و حساس معیار مفیدی باشد، بلکه باید نسبت این دو یون مورد توجه قرار گیرد.

زنگ و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از صفات فیزیولوژیک ۱۲ ژنوتیپ برنج را در گلخانه و در گلدان‌های آبیاری شده با محلول یوشیدا و در غلظت شوری ۴/۵ و ۸/۳ دسی‌زیمنس بر متر ارزیابی نمودند. آنها گزارش نمودند که سطح برگ درصد بالایی از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کند. آنها ارتباط معنی‌داری بین سطح برگ و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های حساس و متحمل گزارش نمودند. در بررسی این محققان شاخص K/Na با افزایش شوری افزایش یافت، در حالی که Na/Ca کاهش نشان داد. در نهایت این محققان شاخص Na/Ca را برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل توصیه نمودند.

شیرو و همکاران (۲۰۰۲)، ارتباط بین توزیع و تجمع سدیم و آسیب وارد شده ناشی از شوری را در برگ‌های گیاهچه‌های برنج بررسی نمودند. این محققان نشان دادند که تجمع سدیم در برگ‌های مسن‌تر بیشتر است همچنین مقدار کلروفیل در چهارمین برگ نسبت به برگ‌های دیگر کمتر بود. نتایج این مطالعه نشان داد که در مقایسه با غلظت سدیم برگ ارتباط بین سن برگ با آسیب ناشی از شوری قوی‌تر است.

گارسیا و همکاران (۱۹۹۷) در مطالعه روی دو توده برنج میزان وراثت‌پذیری غلظت یون سدیم و پتاسیم در اندام‌های هوایی را به ترتیب ۰/۴۲ و ۰/۵۲ گزارش نمودند. از آنجا که نسبت سدیم به پتاسیم

با غلظت یون سدیم و پتاسیم به ترتیب همبستگی مثبت و منفی داشت، نسبت سدیم به پتاسیم نیز تا حدودی وراثت پذیر گزارش شد.

این آزمایش به منظور بررسی روابط بین صفات گیاهچه‌های برنج تحت تنش شوری و تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر بر رشد و نمو گیاهچه‌های برنج و محتوی یون‌های سدیم و پتاسیم آنها در شرایط تنش شوری طراحی شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش ۷۵ رقم برنج شامل رقم‌های بومی، اصلاح شده و خارجی که در برنامه‌های اصلاحی مؤسسه تحقیقات برنج کشور در شرایط تنش شوری مورد استفاده قرار می‌گیرند، مطالعه شد (جدول ۱).

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار پیاده شد. از آنجا که منبع اصلی ایجاد تنش شوری در سواحل دریای خزر کلرید سدیم می‌باشد (کاوسی، ۱۳۷۴)، از این ماده برای سطوح مختلف شوری استفاده شد. ارقام یاد شده در سه سطح شوری (۱/۲) (شاهد)، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) مورد مطالعه قرار گرفتند. این مرحله از آزمایش به روش گریگوریو و همکاران (۱۹۹۷) در سال ۱۳۸۴ و در شرایط کنترل شده در فیتوترون (۲۵ درجه سانتی‌گراد در روز و ۲۱ درجه سانتی‌گراد در شب و رطوبت نسبی ۷۰ درصد) اجرا شد. ۱۰ بذر از ژنوتیپ‌های یاد شده در هر تکرار در محلول غذایی یوشیدا (یوشیدا و همکاران، ۱۹۷۶)، کشت داده شدند. دو هفته پس از جوانه‌زنی و در مرحله دو برگگی تنش شوری اعمال شد. سه هفته بعد از اعمال شوری، کد ژنوتیپی براساس دستورالعمل مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج و طبق جدول (۲) (سیستم اندازه‌گیری برنج، ۱۹۹۶) برای هر رقم مشخص شد. از ارقام Pokkali و IR29 به عنوان شاهد‌های حساس و متحمل به تنش شوری استفاده شد. طول ریشه و ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه برای هر رقم ثبت شده و میزان درصد سدیم و پتاسیم در ساقه گیاهچه‌ها به روش فلایم فتومتری اندازه‌گیری شدند. شاخص‌های تحمل^۱ روزیل و هامبلین (۱۹۸۱)، میانگین تولید^۲ (روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱)، حساسیت به تنش^۳ فیشر و مورر (۱۹۷۸)، میانگین هندسی^۴ صفت در دو محیط (دهداری، ۲۰۰۳)، شاخص

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

تحمل به تنش^۱ فرناندز (۱۹۹۰) و میانگین هم‌ساز^۲ صفت در دو محیط (دهداری، ۲۰۰۳) بررسی شد. همبستگی و تجزیه‌های چندمتغیره صفات مرتبط با گیاهچه و شاخص‌های محاسبه شده برای صفات مختلف در دو شرایط ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از نرم‌افزار SAS (دستورالعمل استفاده از SAS، ۱۹۹۴) انجام گرفت.

جدول ۱- ارقام مورد بررسی در شرایط ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و درجه تحمل ارقام در ۸ دسی‌زیمنس بر متر (صبوری و همکاران، ۲۰۰۸).

شماره	رقم	درجه تحمل	شماره	رقم	درجه تحمل	شماره	رقم	درجه تحمل
۱	خزر	نسبتاً حساس	۲۶	دم‌سرخ	متحمل	۵۱	گرده	نسبتاً متحمل
۲	بینام	نسبتاً متحمل	۲۷	نعمت	متحمل	۵۲	طارم پاکوتاه	متحمل
۳	گیل ۳	نسبتاً متحمل	۲۸	ندا	متحمل	۵۳	طارم امیری	نسبتاً متحمل
۴	گیل ۱	حساس	۲۹	دشت	متحمل	۵۴	سازندگی	نسبتاً متحمل
۵	عنبر بو	حساس	۳۰	غریب‌سیاه ریحانی	نسبتاً متحمل	۵۵	زاینده‌رود	نسبتاً متحمل
۶	دم‌سیاه	نسبتاً متحمل	۳۱	علی کاظمی	متحمل	۵۶	گرده لنجان	نسبتاً متحمل
۷	هاشمی	نسبتاً متحمل	۳۲	امل ۱	متحمل	۵۷	نوگران	نسبتاً متحمل
۸	شاه‌پسند	متحمل	۳۳	امل ۲	حساس	۵۸	پویا	نسبتاً متحمل
۹	IR28	حساس	۳۴	امل ۳	نسبتاً متحمل	۵۹	هراز	نسبتاً متحمل
۱۰	سالاری	نسبتاً متحمل	۳۵	سنگ طارم	نسبتاً متحمل	۶۰	تابش	نسبتاً متحمل

1- Stress Tolerance Index

2- Harmonic Mean

ادامه جدول ۱- ارقام مورد بررسی در شرایط ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و درجه تحمل ارقام در ۸ دسی‌زیمنس بر متر (صبوری و همکاران، ۲۰۰۸).

شماره	رقم	درجه تحمل	شماره	رقم	درجه تحمل	شماره	رقم	درجه تحمل
۱۱	دم سفید	متحمل	۳۶	مهر	نسبتاً متحمل	۶۱	کادوس	نسبتاً متحمل
۱۲	غریب	متحمل	۳۷	طارم محلی	متحمل	۶۲	ساحل	حساس
۱۳	موسی طارم	نسبتاً متحمل	۳۸	صدری	نسبتاً متحمل	۶۳	فجر	نسبتاً متحمل
۱۴	دم زرد	نسبتاً متحمل	۳۹	اهلمی طارم	متحمل	۶۴	شفق	حساس
۱۵	حسن سرایی	نسبتاً متحمل	۴۰	رشتی	متحمل	۶۵	اوندا	نسبتاً متحمل
۱۶	حسنی	نسبتاً متحمل	۴۱	طارم منطقه	نسبتاً متحمل	۶۶	لاین ۵ چپرسر	متحمل
۱۷	سپیدرود	حساس	۴۲	زیره	نسبتاً متحمل	۶۷	لاین ۷۱۶۲	نسبتاً متحمل
۱۸	چمپابودار	نسبتاً متحمل	۴۳	رشتی سرد	نسبتاً متحمل	۶۸	لاین ۲	نسبتاً متحمل
۱۹	حسن سرایی	نسبتاً متحمل	۴۴	محمدی	نسبتاً متحمل	۶۹	لاین ۷	نسبتاً متحمل
۲۰	در فک	نسبتاً متحمل	۴۵	دیلمانی	متحمل	۷۰	لاین ۷۱۶۵	نسبتاً متحمل
۲۱	شاه پسند	متحمل	۴۶	قشنگه	نسبتاً متحمل	۷۱	LD	نسبتاً متحمل
۲۲	SHZ2	نسبتاً متحمل	۴۷	میر طارم	نسبتاً متحمل	۷۲	سیه رود	نسبتاً متحمل
۲۳	لاین ۲۲۹	نسبتاً متحمل	۴۸	ابجی بوجی	نسبتاً متحمل	۷۳	اذربایجان شرقی	نسبتاً متحمل
۲۴	حسن سرایی	نسبتاً متحمل	۴۹	عنبر بو	نسبتاً متحمل	۷۴	طارم معمولی	نسبتاً متحمل
۲۵	بیجار	نسبتاً متحمل	۵۰	قصرالدشتی	متحمل	۷۵	لرستان	حساس

جدول ۲- نحوه کدبندی پس از اعمال شوری (بوشیدا و همکاران، ۱۹۷۶).

کد ژنوتیپی	مشاهده	تحمل
۱	رشد نرمال، بدون علایم برگگی	بسیار مقاوم
۳	رشد تقریباً نرمال، برگ‌ها در نوک سفید شده و تعداد کمی از برگ‌ها سفید و لوله شده	مقاوم
۵	رشد عقب افتاده، بسیاری از برگ‌ها لوله شده، تعدادی از برگ‌ها بلندند	نسبتاً مقاوم
۷	رشد متوقف، بسیاری از برگ‌ها خشک و تعدادی از گیاهان مرده‌اند	حساس
۹	همه گیاهان مرده و خشک‌اند	بسیار حساس

نتایج و بحث

اختلاف بین ارقام و شوری‌های مختلف برای کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۳). رقم شاه‌پسند در بین ارقام مورد بررسی دارای زیست توده (۱/۳۸۵ گرم) و وزن خشک ریشه (۰/۱۴۶ گرم) بالاتری بود (جدول ۴). همچنین این رقم دارای کمترین نسبت سدیم به پتاسیم (۰/۰۲) بود. در هر دو سطح شوری همبستگی بالا و معنی‌داری بین طول ساقه، وزن خشک ریشه و وزن خشک ساقه با زیست‌توده وجود داشت (جدول ۴)، در حالی‌که همبستگی بین طول ریشه و زیست‌توده پایین و غیرمعنی‌دار بود. ارقام متحمل و نسبتاً متحمل شاه‌پسند، موسی طارم، دم‌زرد، علی‌کاظمی و آمل ۳، طول ریشه بالاتری داشتند، از آنجا که این ارقام سطح بیشتری از ریشه را برای جذب آب دارند (صبوری و همکاران، ۲۰۰۸)، وجود غشاء سلول‌های ریشه به‌عنوان اولین مانع در برابر ورود سدیم و کلر به درون گیاه، سازوکاری جهت تحمل به شوری در آنها است (فلاورز و یئو، ۱۹۸۱). روند مشابه همبستگی‌های بین طول ریشه، طول ساقه، وزن ریشه، وزن ساقه، زیست‌توده و کد ژنوتیپی ارقام در شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر (جدول ۵) نشان داد که کلیه ارقام مورد بررسی در این مطالعه واکنش یکسانی را در مواجهه با این تنش نشان می‌دهند.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات ارقام برنج در سطوح مختلف شوری.

منابع تغییر	درجه آزادی	امتیاز	طول		وزن خشک		زیست		درصد		نسبت سدیم به پتاسیم
			ریشه	ساقه	ساقه	ریشه	توده	سدیم	پتاسیم		
تکرار	۲	۶۳۳ ^{**}	۲/۱۶۷ ^{**}	۸/۲۲۹ ^{**}	۰/۰۱۸ ^{**}	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۱۸۳ ^{**}	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۴۶۹ [*]	۰/۰۰۰۰۱	
رقم	۷۴	۴۷۳ ^{**}	۱۰/۸۶۶ ^{**}	۳۵۸/۹۲۳ ^{**}	۰/۱۰۱ ^{**}	۰/۰۰۰۱۱	۰/۱۸۳۳ ^{**}	۰/۸۸۵ ^{**}	۰/۴۳۹۲ ^{**}	۰/۰۰۶۱۲ ^{**}	
شوری	۲	۹۴۵/۹۹۷ ^{**}	۴۵۹/۰۸۵ ^{**}	۱۳۶۱/۸۴۵ ^{**}	۹/۶۹۱ ^{**}	۰/۶۸۴ ^{**}	۱۲/۴۱۵ ^{**}	۶۸۷/۰۹۰ ^{**}	۸۰/۴۹۴۶ ^{**}	۵۶/۸۷۹۶ ^{**}	
رقم x شوری	۱۴۸	۱/۵۵۲ ^{**}	۲/۷۰۹ ^{**}	۲۰/۵۵ ^{**}	۰/۰۲۷ ^{**}	۰/۰۰۰۳۳ ^{**}	۰/۰۲۹۸ ^{**}	۰/۳۵۱ ^{**}	۰/۲۳۷۹ ^{**}	۰/۰۲۹۱۲ ^{**}	
خطا	۴۴۸	۰/۴۸۹	۰/۲۲۹	۱/۱۶۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۲۰	۱۹/۰۰۹	۰/۰۱۴۲	۰/۰۰۱۰۴	
ضریب تغییرات	۴۴۸	۲۰/۸۷	۵/۸۹۶	۳/۳۴۹	۷/۴۶۵	۷/۸۶۷	۶/۷۶۱	۴/۵۰۷	۳/۰۷۴	۵/۳۷۲	

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

جدول ۴- میانگین و دامنه صفات گیاهیچه در شورهای ۴ و ۸ دسی زمینس بر متر و شرایط نرمال.

دامنه	میانگین	صفت و شورى (دسی زمینس بر متر)	صفت و شورى (دسی زمینس بر متر)	میانگین	دامنه	میانگین	صفت و شورى (دسی زمینس بر متر)
۱/۳۸۵	۰/۸۳±۰/۰۲۶	(IR29) -۰/۴۵۹ (شاهپسند)	زیست توده (گرم)	۹/۶۱±۰/۱۷۸	(سیهرود آذربایجان شرقی) ۲۱۷۷- (بجان) ۱۷۹۳	۹/۶۱±۰/۱۷۸	طول ریشه (سانتی متر)
۱/۰۸۰	۰/۵۹±۰/۰۱۷	(IR29) -۰/۲۲۷ (شاهپسند مازندران)	نرمال	۷/۹۹±۰/۱۴۰	طلام معمولی لرستان) ۴/۳۷ (IR28) - ۱۰/۰۵	۷/۹۹±۰/۱۴۰	نرمال
۰/۹۴۹	۰/۴۷±۰/۰۱۳	(لاین) ۲۲۹ (IR29) -۰/۲۸۷ (پوکالی)	۸	۶/۷۲±۰/۱۴۷	(سیهرود آذربایجان شرقی) ۴/۳۳ (آمل) ۹/۵۳	۶/۷۲±۰/۱۴۷	۸
۰/۴۶۱ (IR29)	۰/۸۸±۰/۰۰۶	طلام منطقه) ۱۱ (IR29) -۰/۴۶۱	درصد سلبیم	۴/۱۷±۰/۷۷۳	(درک) ۲۸۰۷- (شاهپسند مازندران) ۵۳۰۷	۴/۱۷±۰/۷۷۳	طول ساقه (سانتی متر)
۴/۸۵	۷/۸۹±۰/۰۶۲	طلام امیری) ۱۸۳- چمبا بودا) ۸/۵	نرمال	۲۹/۹۴±۰/۸۱۲	(نعمت) ۱۵/۳۳- (غریب) ۴۴/۵	۲۹/۹۴±۰/۸۱۲	نرمال
۵/۳۷ (IR28)	۳/۵۰±۰/۰۵۸	(پوکالی) ۲۵۵ (IR28) -۰/۳۷	۸	۲۵/۵۷±۰/۶۸۵	(زاینده رود) ۱۴/۶۰- (رشتی) ۳۶	۲۵/۵۷±۰/۶۸۵	۸
۵/۴۵	۴/۵۶±۰/۰۳۸	(فجر) ۳/۸۸- (غریب) ۵/۴۵	درصد پانسیم	۰/۰۹۸±۰/۰۲۰	(سیهرود آذربایجان شرقی) ۰/۲۲- (شاهپسند) ۰/۱۴۶	۰/۰۹۸±۰/۰۲۰	وزن خشک ریشه (گرم)
۴/۴۴	۳/۶۲±۰/۰۴۲	(رشتی سرد) ۲/۸۶- (شاهپسند مازندران) ۴/۴۴	نرمال	۰/۰۵۹±۰/۰۰۱	(سیهرود آذربایجان شرقی) ۰/۳۳- (پوکالی) ۰/۰۹۷	۰/۰۵۹±۰/۰۰۱	نرمال
۳/۹۶	۳/۴۳±۰/۰۳۱	(پوکالی) ۲/۸۷- (غریب) ۳/۹۶	۸	۰/۰۴۵±۰/۰۰۱	(فجر) ۰/۲۶- (شاهپسند) ۰/۰۷۷	۰/۰۴۵±۰/۰۰۱	۸
۰/۰۰۹ (IR28)	۰/۰۴±۰/۰۰۱	(شاه پسند) ۰/۰۲- (IR28) ۰/۰۰۹	نسبت سلبیم به پانسیم	۰/۰۸۲±۰/۰۲۳	(لاین) ۱/۲۴۳- (دشت) ۴/۵۵ (IR28) ۱/۲۴۳	۰/۰۸۲±۰/۰۲۳	وزن خشک ساقه (گرم)
۱/۲	۰/۷۴±۰/۰۱۵	(غریب) ۰/۴۹- (سیهرود) ۱/۲	نرمال	۰/۵۳±۰/۰۱۵	(غریب) ۳۵۵- (شاهپسند مازندران) ۱/۰۰۲	۰/۵۳±۰/۰۱۵	نرمال
۱/۵۲	۱/۰۱±۰/۰۱۸	(موسی طلام) ۰/۲۷- (خوری) ۱/۵۲	۸	۰/۵۳±۰/۰۱۳	(طلام پاکوتاه) ۰/۳۳- (پوکالی) ۰/۶۴۷	۰/۵۳±۰/۰۱۳	۸

ضریب همبستگی بین درصد سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم بسیار بالا و معنی دار بود، در حالی که همبستگی بین درصد پتاسیم با این نسبت و همبستگی بین درصد سدیم و پتاسیم پایین بود. از آنجایی که نسبت سدیم به پتاسیم اندام‌های هوایی در شرایط ۸ دسی‌زیمنس بر متر بالاتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۴) به نظر می‌رسد که با افزایش میزان سدیم در محیط رشد، ارقام متحمل سعی در افزایش جذب پتاسیم جهت مقابله با شوری دارند. همبستگی بالا و معنی دار بین زیست‌توده و نسبت سدیم به پتاسیم (** 0.333 - و ** 0.527 -) نشان می‌دهد که ارقام متحملی که از زیست‌توده بالایی برخوردار هستند، نسبت سدیم به پتاسیم کمتری نیز دارند و از چند مکانیسم (رشد و نمو و تنظیم نسبت سدیم به پتاسیم) برای مقابله با تنش شوری استفاده می‌کنند. همبستگی یاد شده در تنش‌های بالاتر بیشتر بود (** 0.333 - در ۴ دسی‌زیمنس بر متر و ** 0.527 - در ۸ دسی‌زیمنس بر متر)، که دلیلی بر این مدعا است. البته ارقامی نیز وجود دارند که از یکی از دو مکانیسم (درصد جذب کمتر سدیم و قدرت رشد بالاتر) بهره می‌گیرند. ارقام خزر و IR28 نسبت سدیم به پتاسیم بالاتری نسبت به IR29 (صبوری و همکاران، ۲۰۰۸) داشتند. صبوری و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی روی این ارقام نشان دادند که برخلاف زیست‌توده، تنوع ژنتیکی در نسبت سدیم به پتاسیم با افزایش شدت تنش بیشتر است.

همبستگی بین طول ریشه و طول ساقه در شرایط طبیعی مثبت و پایین بود، اما در شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر منفی و پایین بود (جدول ۵). همبستگی بین کد ژنوتیپی ارقام با طول ساقه منفی و معنی دار بود. چون اکثر ارقام متحمل و نسبتاً متحمل در مرحله گیاهچه (صبوری و همکاران، ۲۰۰۸) و در مرحله زایشی (صبوری و همکاران، ۲۰۰۸) دارای ساقه طولی‌تری بودند، بنابراین بهتر است در برنامه‌های اصلاحی تولید ارقام پاکوتاه پرمحصول و در عین حال مقاوم به شوری در نظر گرفته شود. ارقام متحمل مانند طارم محلی، غریب، پوکالی شاخص سطح برگ کمتری داشتند، چون برگ‌های آنها باریک‌تر و در عین حال ضخیم‌تر است. برخی از ارقام دارای طول ریشه بالا و برخی طول ریشه کوتاهی بودند (صبوری و همکاران، ۲۰۰۸). ریشه و ساقه واکنش‌های متفاوتی را در مواجهه با تنش شوری از خود نشان می‌دهند.

جدول ۵- ماتریس ضرایب همبستگی بین صفات در مرحله گیاهچه در شرایط مختلف مورد بررسی (n=۷۵).

نسبت سداب به پتاسیم	درصد پتاسیم	درصد سداب	بیوماس	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ریشه	طول ساقه	طول ریشه	کل	شوری
۰/۳۲۲ ^{***}	۰/۳۲۴ [°]	۰/۴۶۱ ^{***}	-۰/۴۲۸ ^{***}	-۰/۴۵۵ ^{***}	-۰/۲۵۷ [°]	-۰/۳۲۹ ^{***}	۰/۱۳۷	۰/۸۳۳ ^{***}	۴ و ۸ دسی زمینش بر متر	۴
۰/۵۳۳ ^{***}	۰/۱۸۶	۰/۴۷۹ ^{***}	-۰/۴۸۳ ^{***}	-۰/۴۹۶ ^{***}	-۰/۳۳۵ [°]	-۰/۴۷۷ ^{***}	۰/۲۹۰ [°]	۱	۴ دسی زمینش بر متر	۴
۰/۷۰۶ ^{***}	۰/۱۲۷	۰/۳۵۴ ^{***}	-۰/۵۱۰ ^{***}	-۰/۵۰۶ ^{***}	-۰/۳۱۹ ^{***}	-۰/۴۱۵ ^{***}	۰/۴۹۹	۱	۸ دسی زمینش بر متر	۸
۰/۱۰۱۲	-۰/۱۳۵	۰/۱۰۰۰	۰/۱۳۹	۰/۱۰۰۰	۰/۱۷۶	-۰/۱۳۵	۰/۴۹۶ ^{***}	۰/۵۶	۴ و ۸ دسی زمینش بر متر	۴ و ۸ دسی زمینش بر متر
۱۲۰/۰	-۰/۱۷۰	-۰/۱۴۹	۰/۱۵۴	۰/۱۰۱	۰/۲۰۷	۰/۱۳۵	۱	۱	نرمال	نرمال
۳۷۰/۰	۰/۱۹۰/۰	۱۲۱/۰	۰/۵۷/۰	۰/۱۲۹	۰/۱۹۱	-۰/۱۸۵	۱	۱	۴ دسی زمینش بر متر	۴
۲۷۰/۰	-۰/۱۰۳	۰/۱۰۹	۰/۱۰۷	-۰/۲۰۱	۰/۲۰۲	-۰/۱۱۳	۱	۱	۸ دسی زمینش بر متر	۸
۳۳۳/۰	۰/۷۸۵ [°]	-۰/۴۳۹ ^{***}	۰/۶۰۹ ^{***}	۰/۵۹۶ ^{***}	۰/۴۴۲ ^{***}	۰/۹۰۵ ^{***}	-۰/۱۲۲	-۰/۵۳۵ ^{***}	۴ و ۸ دسی زمینش بر متر	۴ و ۸ دسی زمینش بر متر
-۰/۴۰۶ ^{***}	۰/۸۷۵ [°]	-۰/۳۳۱ ^{***}	۰/۷۴۰/۰	۰/۶۵۱ ^{***}	۰/۳۳۱ ^{***}	۱	۱	۱	نرمال	نرمال
-۰/۳۳۳/۰	۱۱۷/۰	-۰/۳۳۱ ^{***}	۰/۵۷۳ ^{***}	۰/۵۶۵ ^{***}	۰/۳۸۹ ^{***}	۱	۱	۱	۴ دسی زمینش بر متر	۴
-۰/۳۶۸/۰	۸۸۲/۰	-۰/۴۳۰ ^{***}	۰/۳۳۹ ^{***}	۰/۶۷۷ ^{***}	۰/۴۲۵ ^{***}	۱	۱	۱	۸ دسی زمینش بر متر	۸
۱۱۷/۰	۶۷۰/۰	-۰/۱۰۷/۰	۰/۶۴۰ ^{***}	۰/۶۱۰ ^{***}	۰/۸۱۶ ^{***}	۰/۳۸۵ ^{***}	۰/۵۱	-۰/۳۱۵ ^{***}	۴ و ۸ دسی زمینش بر متر	۴ و ۸ دسی زمینش بر متر
-۰/۱۶۱/۰	۰/۳۱۶ ^{***}	-۰/۱۱۴/۰	۰/۶۴۰ ^{***}	۰/۵۹۶ ^{***}	۱	۱	۱	۱	نرمال	نرمال
-۰/۱۲۰/۰	-۰/۱۰۱/۰	-۰/۱۰۰۶	-۰/۱۰۲۱ ^{***}	۰/۳۴۹ ^{***}	۱	۱	۱	۱	۴ دسی زمینش بر متر	۴
-۰/۱۹۰/۰	۱۸۱/۰	۰/۲۸۰ ^{***}	۰/۳۰۰ ^{***}	۰/۶۷۸ ^{***}	۱	۱	۱	۱	۸ دسی زمینش بر متر	۸
-۰/۱۹۰/۰	۰/۴۷/۰	-۰/۳۳۳ ^{***}	۰/۷۵۲ ^{***}	۰/۷۴۴ ^{***}	۰/۴۹۱ ^{***}	۰/۵۰۱ ^{***}	-۰/۱۲۹	-۰/۴۹۳ ^{***}	۴ و ۸ دسی زمینش بر متر	۴ و ۸ دسی زمینش بر متر
-۰/۱۰۹/۰	۰/۳۸۴ ^{***}	-۰/۱۵۳ ^{***}	۰/۹۷۶ ^{***}	۱	۱	۱	۱	۱	نرمال	نرمال
-۰/۳۳۷/۰	۰/۱۰۵۹	-۰/۲۹۱/۰	۰/۹۸۳ ^{***}	۱	۱	۱	۱	۱	۴ دسی زمینش بر متر	۴
-۰/۳۴۰/۰	۰/۲۲۷ [°]	-۰/۱۰۰ ^{***}	۰/۹۷۹ ^{***}	۱	۱	۱	۱	۱	۸ دسی زمینش بر متر	۸

ادامه جدول ۵- ماتریس ضرایب همبستگی بین صفات در مرحله گیاهچه در شرایط مختلف مورد بررسی (n=75).

شوری	کل	طول ریشه	طول ساقه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	بیوماس	درصد سدابم	درصد پاناسیم	نسبت سدابم به پاناسیم
۴ و ۸ دسی زمینس بر متر	۰/۰۵۳۲	۰/۰۴۷	۰/۰۷۳/۰	۰/۰۳۵/۰	۰/۰۳۶/۰	۰/۰۳۸/۰	۰/۰۸۸/۰	۰/۰۳۴/۰	۰/۰۵۳/۰
نرمال									
۴ دسی زمینس بر متر						۱	۰/۰۶۸/۰	۰/۰۶۸/۰	۰/۰۶۸/۰
۸ دسی زمینس بر متر						۱	۰/۰۶۶/۰	۰/۰۶۶/۰	۰/۰۶۶/۰
۴ و ۸ دسی زمینس بر متر	۰/۰۵۹۷	۰/۰۷۱/۰	۰/۰۲۹۳	۰/۰۱۲/۰	۰/۰۱۴/۰	۰/۰۴۹/۰	۰/۰۶۷/۰	۰/۰۸۱/۰	۰/۰۶۴/۰
نرمال						۱	۰/۰۳۹/۰	۰/۰۳۹/۰	۰/۰۳۹/۰
۴ دسی زمینس بر متر						۱	۰/۰۲۸/۰	۰/۰۳۵/۰	۰/۰۳۵/۰
۸ دسی زمینس بر متر						۱	۰/۰۳۸/۰	۰/۰۵۷/۰	۰/۰۵۷/۰
۴ و ۸ دسی زمینس بر متر	۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۴۶	۰/۰۳۱/۰	۰/۰۱۱/۰	۰/۰۱۰/۰	۰/۰۱۱/۰	۰/۰۱۱/۰	۰/۰۱۱/۰	۰/۰۱۱/۰
نرمال						۱	۰/۰۱۱/۰	۰/۰۱۱/۰	۰/۰۱۱/۰
۴ دسی زمینس بر متر						۱	۰/۰۱۱/۰	۰/۰۱۱/۰	۰/۰۱۱/۰
۸ دسی زمینس بر متر						۱	۰/۰۱۱/۰	۰/۰۱۱/۰	۰/۰۱۱/۰
نسبت سدابم به پاناسیم						۱	۰/۰۱۱/۰	۰/۰۱۱/۰	۰/۰۱۱/۰
۴ و ۸ دسی زمینس بر متر	۰/۰۵۹۷	۰/۰۲۰/۰	۰/۰۳۳/۰	۰/۰۱۳/۰	۰/۰۱۴/۰	۰/۰۷۶/۰	۰/۰۳۸/۰	۰/۰۶۹/۰	۰/۰۶۹/۰
نرمال						۱	۰/۰۳۸/۰	۰/۰۳۸/۰	۰/۰۳۸/۰
۴ دسی زمینس بر متر						۱	۰/۰۳۸/۰	۰/۰۳۸/۰	۰/۰۳۸/۰
۸ دسی زمینس بر متر						۱	۰/۰۳۸/۰	۰/۰۳۸/۰	۰/۰۳۸/۰
۴ دسی زمینس بر متر						۱	۰/۰۳۸/۰	۰/۰۳۸/۰	۰/۰۳۸/۰
۸ دسی زمینس بر متر						۱	۰/۰۳۸/۰	۰/۰۳۸/۰	۰/۰۳۸/۰

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

در شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر همبستگی بین وزن ساقه، زیست‌توده و کد ژنوتیپ‌ها منفی و معنی‌دار گردید، در حالی که همبستگی بین درصد سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و کد ژنوتیپی مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). همبستگی بین درصد سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و کد ژنوتیپی در شرایط ۸ دسی‌زیمنس بر متر بالاتر از سایر همبستگی‌ها بود (**۰/۶۵۲ و **۰/۶۰۶). نسبت سدیم به پتاسیم یا نسبت تمایز یک سیستم تنظیم‌کننده انتخابی است چون سدیم را در برابر پتاسیم انتخاب می‌کند، این نسبت در بسیاری از مطالعات به‌عنوان معیاری جهت طبقه‌بندی ارقام استفاده شده است (اصفهانی، ۱۹۹۹؛ دهداری، ۲۰۰۳؛ فلاورز و یئو، ۱۹۸۸؛ گریگوریو و همکاران، ۱۹۹۷؛ یئو و فلاورز، ۱۹۸۴؛ یئو و همکاران، ۱۹۹۰). ارقام متحمل سدیم را با پتاسیم جایگزین می‌کنند و این مکانیسم به نفع یون پتاسیم است. به همین جهت ارقام متحمل مقادیر زیادی یون پتاسیم در بافت‌های جوان ساقه انباشته می‌کنند. همبستگی بین درصد سدیم و پتاسیم در شرایط تنش شوری پایین و غیرمعنی‌دار است، به نظر می‌رسد در شرایط تنش شوری، جذب سدیم و پتاسیم مستقل از یکدیگر و از مسیرهای متفاوتی صورت می‌گیرد و از این نظر رقابتی با هم نداشته باشند. یون سدیم طی مکانیسم جریان تعرقی و از مسیر بین سلولی^۱ جذب می‌شود در حالی که یون پتاسیم به‌وسیله ناقل‌ها و کانال‌ها جذب می‌شود. ممانعت از جذب سدیم در برنج می‌تواند از طریق خارج‌سازی نمک، ذخیره‌سازی یون‌ها در واکوئل انجام می‌گیرد (یئو و فلاورز، ۱۹۸۴).

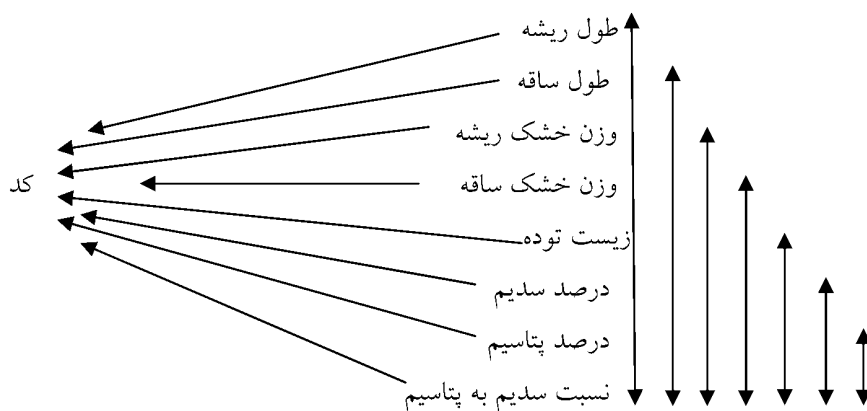
در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر، شاخص‌های تحمل و حساسیت برای زیست‌توده، وزن ساقه و نسبت سدیم به پتاسیم بالاترین همبستگی‌ها را با کد ژنوتیپی داشتند (جدول ۶). از بین همبستگی‌های یاد شده، همبستگی شاخص‌های تحمل به تنش زیست‌توده، میانگین هندسی زیست‌توده، میانگین هم‌ساز زیست‌توده، میانگین هندسی وزن ساقه و شاخص تحمل به تنش وزن ساقه معنی‌دار و بالاتر از ۰/۵ است. در شرایط ۸ دسی‌زیمنس بر متر، شاخص‌های میانگین تولید، تحمل، تحمل به تنش، حساسیت به تنش و میانگین هندسی سدیم و میانگین تولید، تحمل، تحمل به تنش و حساسیت به تنش نسبت سدیم به پتاسیم با کد ژنوتیپی معنی‌دار و بالاتر از ۰/۵ بود. نتایج مشابهی توسط دهداری (دهداری، ۲۰۰۳) در گندم گزارش شده است.

جدول ۶- ماتریس ضرایب همبستگی بین امتیاز ژنوتیپ‌ها در شرایط ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر با شاخص‌های تحمل و حساسیت صفات مختلف گیاهچه.

امتیازبندی	شاخص‌های تحمل و حساسیت					
	MP	TOL	SSI	STI	GMP	HM
طول ریشه						
۴ دسی‌زیمنس بر متر	۰/۲۰۷	-۰/۱۴۲	-۰/۲۰۲	۰/۲۳۵	۰/۲۰۳	۰/۲۲۹*
۸ دسی‌زیمنس بر متر	۰/۰۴۳	۰/۰۰۸	-۰/۰۲۱	۰/۰۴۹	۰/۰۳۸	۰/۰۳۴
طول ساقه						
۴ دسی‌زیمنس بر متر	-۰/۴۷۵**	۰/۱۶۴	۰/۳۱۴**	-۰/۵۰۲**	-۰/۴۸۳**	-۰/۴۷۶**
۸ دسی‌زیمنس بر متر	-۰/۳۵۴**	۰/۰۵۲	۰/۲۵۸*	۰/۴۰۸**	-۰/۳۹۰**	-۰/۳۹۶**
وزن ریشه						
۴ دسی‌زیمنس بر متر	-۰/۲۳۹*	-۰/۱۱۸	۰/۰۲۱	-۰/۲۹۹*	-۰/۲۸۹*	-۰/۲۵۷*
۸ دسی‌زیمنس بر متر	-۰/۲۹۸**	-۰/۰۵۰	۰/۱۳۲	-۰/۳۵۹**	-۰/۳۴۷**	-۰/۳۵۰**
وزن ساقه						
۴ دسی‌زیمنس بر متر	-۰/۴۹۸**	-۰/۱۷۲	۰/۰۲۳	-۰/۵۰۹**	۰/۵۱۷**	-۰/۵۲۰**
۸ دسی‌زیمنس بر متر	-۰/۴۱۳**	-۰/۱۹۴	-۰/۰۱۴	-۰/۴۲۱**	-۰/۴۳۱**	-۰/۴۳۳**
بیوماس						
۴ دسی‌زیمنس بر متر	-۰/۴۸۹**	-۰/۱۷۴	۰/۰۲۹	-۰/۵۰۹**	-۰/۵۰۷**	-۰/۵۱۰**
۸ دسی‌زیمنس بر متر	-۰/۴۱۸**	-۰/۲۱۵	۰/۰۲۱	-۰/۴۳۲**	-۰/۴۴۰**	-۰/۴۳۸**
درصد سلیم						
۴ دسی‌زیمنس بر متر	-۰/۴۹۸**	-۰/۴۹۱**	۰/۰۵۱	۰/۳۹۱**	۰/۴۴۴**	۰/۳۱۵**
۸ دسی‌زیمنس بر متر	۰/۶۹۸**	-۰/۶۷۷**	-۰/۰۵۹	۰/۵۶۲**	۰/۶۰۰**	۰/۴۵۸**
درصد پتاسیم						
۴ دسی‌زیمنس بر متر	-۰/۰۵۶	۰/۲۲۱	-۰/۱۹۶	-۰/۰۴۷	-۰/۰۳۲	-۰/۰۰۹
۸ دسی‌زیمنس بر متر	-۰/۰۴۲	-۰/۱۴۹	-۰/۱۲۹	-۰/۰۳۹	-۰/۰۲۶	-۰/۰۱۱
نسبت سلیم به پتاسیم						
۴ دسی‌زیمنس بر متر	۰/۴۷۰**	-۰/۲۲۱	-۰/۰۲۴	۰/۴۱۲**	۰/۴۵۵**	۰/۳۵۲**
۸ دسی‌زیمنس بر متر	۰/۶۳۰**	-۰/۵۹۸**	-۰/۰۹۲	۰/۵۶۵***	۰/۵۹۶**	۰/۴۸۲**

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جهت تجزیه علیت و تعیین ضرایب مسیر (رضایی و سلطانی، ۱۹۹۸) از مدل علی ساده برای دو سطح شوری به طور جداگانه استفاده شد (شکل ۱). در این مدل، رابطه بین کد ژنوتیپی ارقام و صفات مرتبط به گیاهیچه بررسی شد. با توجه به نتایج حاصل (جدول ۷)، در شرایط ۴ دسی‌زیمنس بر متر اثر مستقیم وزن خشک ساقه بالاتر از سایر آثار بود. اگرچه اثر مستقیم زیست‌توده، مثبت و پایین بود، اما این صفت به طور غیرمستقیم و از طریق وزن خشک ساقه اثر بالایی را روی کد ژنوتیپی ارقام داشت. هرچه ژنوتیپ‌های برنج زیست‌توده بالاتری داشته باشند، کد ژنوتیپی پایین‌تر و مقبول‌تری را در مواجهه با شوری خواهند داشت. در شرایط ۸ دسی‌زیمنس بر متر علاوه بر اینکه اثر مستقیم بالایی برای زیست‌توده مشاهده شد، درصد سدیم جذب شده نیز اثر مستقیم بالا و منفی روی کد ژنوتیپی ارقام داشت، بنابراین در شرایط شدیدتر تنش، ارقام حساس دارای زیست‌توده بالا، سدیم بیشتری را جذب می‌کنند، ولی ارقام متحمل‌تر با جذب بیشتر پتاسیم اثر منفی آن را خنثی می‌کنند. نسبت سدیم به پتاسیم اثر غیرمستقیم و بالایی را از طریق درصد سدیم بر کد ژنوتیپی ارقام گذاشت.



شکل ۱- دیاگرام ضرایب مسیر جهت بررسی روابط بین کد و صفات مرتبط با گیاهیچه.

جدول ۷- آثار مستقیم⁺ و غیرمستقیم صفات گیاهچه بر امتیاز ژنوتیپها در شرایط ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر.

صفت	طول ریشه	طول ساقه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	بیوماس	درصد سدیم	درصد پتاسیم	نسبت سدیم به پتاسیم	ضریب همبستگی با کد
۴ دسی‌زیمنس بر متر									
طول ریشه	۰/۲۴۰	-۰/۰۳۳	-۰/۰۰۰۰۳	-۰/۰۳۴	۰/۰۱۱	۰/۰۱۹	۰/۰۰۸	۰/۰۱۳	۰/۲۲۴
طول ساقه	-۰/۰۲۰	-۰/۰۱۷۴	-۰/۰۰۰۴	-۰/۰۲۵۵	۰/۰۸۴	-۰/۰۵۶	۰/۰۱۰	-۰/۰۶۲	-۰/۴۷۷
وزن خشک ریشه	۰/۰۴۶	-۰/۰۶۸	-۰/۰۱۱	-۰/۰۲۹۳	۰/۱۰۶	-۰/۰۰۹	-۰/۰۰۰۹	-۰/۰۰۵	-۰/۲۴۷
وزن خشک ساقه	۰/۰۰۶	-۰/۰۹۸	-۰/۰۰۷	-۰/۰۴۵۱	۰/۱۴۴	-۰/۰۴۶	۰/۰۰۵	-۰/۰۵۰	-۰/۳۹۹
زیست توده	۰/۰۱۸	-۰/۰۹۹	-۰/۰۰۸	-۰/۰۴۴۳	۰/۱۴۷	-۰/۰۵۰	۰/۰۰۴	-۰/۰۵۱	-۰/۴۸۲
درصد سدیم	۰/۰۲۹	۰/۰۶۳	۰/۰۰۰۷	۰/۱۳۴	-۰/۰۴۸	۰/۱۵۵	۰/۰۲۵	۰/۱۳۰	۰/۴۸۹
درصد پتاسیم	۰/۰۲۲	-۰/۰۱۹	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۲۷	۰/۰۰۶	۰/۰۴۳	۰/۰۹۰	-۰/۰۳۸	۰/۰۷۷
نسبت سدیم به پتاسیم	۰/۰۲۰	۰/۰۷۱	۰/۰۰۰۳	۰/۱۴۸	-۰/۰۴۹	۰/۱۳۲	-۰/۰۲۳	۰/۱۵۲	۰/۴۵۱
۸ دسی‌زیمنس بر متر									
طول ریشه	۰/۰۲۸	۰/۰۲۳	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۴	۰/۰۶۲	۰/۰۰۰۰۴	-۰/۰۰۳	۰/۰۹۸
طول ساقه	-۰/۰۰۳	-۰/۰۲۰۱	-۰/۰۰۰۴	۰/۰۴۴۰	-۰/۰۴۰۰	-۰/۰۲۹۸	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۹	-۰/۴۵۰
وزن خشک ریشه	۰/۰۰۶	-۰/۰۸۵	-۰/۰۰۰۹	۰/۰۴۴۱	-۰/۰۴۵۷	-۰/۰۱۹۴	-۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	-۰/۲۸۸
وزن خشک ساقه	-۰/۰۰۰۳	-۰/۰۱۳۷	-۰/۰۰۰۶	۰/۰۶۵۰	-۰/۰۶۱۳	-۰/۰۳۴۶	-۰/۰۰۳	-۰/۰۲۱	-۰/۴۷۶
زیست توده	۰/۰۰۰۲	-۰/۰۱۲۸	-۰/۰۰۰۶	۰/۰۶۳۶	-۰/۰۶۲۶	-۰/۰۳۵۰	-۰/۰۰۲	۰/۰۲۲	-۰/۴۵۴
درصد سدیم	۰/۰۰۰۲	۰/۰۸۶	۰/۰۰۰۲	-۰/۰۳۲۵	۰/۰۳۱۶	۰/۰۶۹۳	-۰/۰۰۲	-۰/۰۳۶	۰/۷۳۶
درصد پتاسیم	-۰/۰۰۰۰۰۸	-۰/۰۰۴۶	-۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۴۷	-۰/۰۱۳۱	۰/۰۱۲۷	-۰/۰۱۲	۰/۰۰۸	۰/۰۹۲
نسبت سدیم به پتاسیم	۰/۰۰۰۲	۰/۰۹۴	۰/۰۰۰۳	-۰/۰۳۴۷	۰/۰۳۳۰	۰/۰۶۲۲	۰/۰۰۲	-۰/۰۴۰	۰/۶۶۶

⁺ زیر آثار مستقیم خط کشیده شده است.

تجزیه به عامل‌ها (رضایی و سلطانی، ۱۹۹۸) روی صفات گیاهیچه و شاخص‌های تحمل و حساسیت زیست‌توده (جدول ۸) نشان داد که تأکید عامل اول که ۴۹/۸۰ درصد از تغییرات را تبیین نمود، بر وزن خشک ساقه، زیست‌توده و شاخص‌های میانگین هم‌ساز، میانگین هندسی، شاخص تحمل به تنش و متوسط تولید برای زیست‌توده بود. در عامل دوم سدیم بار عاملی بالایی را به خود اختصاص داد. شاخص‌های حساسیت به تنش زیست‌توده و تحمل زیست‌توده روی عامل سوم تأثیر داشتند و در نهایت عامل چهارم بر درصد پتاسیم تأثیر داشت. با توجه به صفات مؤثر بر هر یک از عوامل پنهانی، عامل اول را می‌توان وزن نام نهاد و عامل دوم فاکتور فیزیولوژیکی است که روی تبادل سدیم اثر می‌گذارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که فاکتورهای مختلفی در غلظت نهایی سدیم و پتاسیم و نمود گیاه اثر می‌گذارند. نتایج مشابهی در شرایط ۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. از آنجا که نمود و واکنش گیاهیچه‌های برنج حاصل نسبتی از سدیم به پتاسیم جذب شده در اندام‌های هوایی و ریشه می‌باشد (فلاورز و همکاران، ۱۹۷۷؛ فلاورز و یئو، ۱۹۸۱؛ فلاورز و یئو، ۱۹۸۸) با توجه به نتایج به‌دست آمده از تجزیه به عامل‌ها می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری نمود که کاهش عامل دوم (درصد سدیم) و افزایش عامل چهارم (درصد پتاسیم)، منجر به واکنش بهتر گیاه در مواجهه با تنش شوری خواهد شد. چون گیاه یون‌های پتاسیم بیشتری را جهت خنثی نمودن اثر سدیم در اختیار خواهد داشت. تجزیه به عامل‌ها اهمیت صفات زیست‌توده، وزن خشک ساقه و درصد پتاسیم جذب شده را نشان داد.

بررسی همبستگی‌ها و تجزیه‌های چندمتغیره در مرحله گیاهیچه‌ای نشان داد که زیست‌توده، وزن خشک ساقه و درصد جذب پتاسیم نقش مهم‌تری در پاسخ گیاه به تنش شوری دارند. توصیه می‌شود برای بالاتر بردن کارایی انتخاب در جمعیت‌های در حال تفکیک روی زیست‌توده، وزن خشک ساقه و درصد جذب پتاسیم تأکید بیشتری اعمال گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشگاه صنعتی اصفهان و مؤسسه تحقیقات برنج کشور برای تأمین بخشی از هزینه‌های این پژوهش سپاسگزاری می‌گردد.

جدول ۸- تجزیه به عامل‌ها برای صفات مرتبط با گیاهچه و شاخص‌های تحمل و حساسیت زیست‌توده در شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر.

عامل‌های پنهانی				صفات
عامل سوم	عامل دوم	عامل اول	عامل چهارم	
۴ دسی‌زیمنس بر متر				
۰/۰۹۸	۰/۰۰۹	۰/۶۵۲	-۰/۴۳۶	کد
-۰/۰۸۱	-۰/۱۸۲	۰/۱۷۴	۰/۷۸۰	وزن خشک ریشه
۰/۰۴۷	-۰/۱۸۰	-۰/۱۷۵	۰/۹۵۰	وزن خشک ساقه
۰/۰۲۷	-۰/۱۵۴	-۰/۱۵۵	۰/۹۶۲	بیوماس
۰/۱۳۲	۰/۲۹۰	۰/۵۶۹	۰/۱۸۹	طول ریشه
۰/۱۳۴	۰/۲۵۰	-۰/۳۴۲	۰/۶۱۰	طول ساقه
۰/۱۴۷	-۰/۲۴۵	۰/۸۱۷	-۰/۲۲۲	درصد سدیم
۰/۹۷۹	-۰/۰۱۸	۰/۰۹۱	۰/۰۳۷	درصد پتاسیم
-۰/۳۷۷	-۰/۲۲۴	۰/۷۸۱	-۰/۲۲۹	نسبت سدیم به پتاسیم
۰/۰۳۹	۰/۰۹۴	-۰/۱۶۶	۰/۹۷۳	میانگین هارمونیک
۰/۰۳۸	۰/۱۸۵	-۰/۱۶۶	۰/۹۶۰	میانگین هندسی
۰/۰۵۵	۰/۱۶۰	-۰/۱۵۸	۰/۹۶۱	شاخص تحمل به تنش
-۰/۰۱۶	۰/۹۶۱	-۰/۰۵۴	-۰/۲۰۱	شاخص حساسیت به تنش
۰/۰۱۷	۰/۹۴۷	-۰/۰۷۵	۰/۲۳۵	شاخص تحمل
۰/۰۳۷	۰/۲۶۹	-۰/۱۵۱	۰/۹۲۹	میانگین تولید
۷/۶۵	۱۱/۳۵	۱۶/۰۶	۴۹/۸۰	واریانس نسبی
۸۴/۸۶	۷۷/۲۰	۶۵/۸۵	۴۹/۸۰	واریانس جمعی
۸ دسی‌زیمنس بر متر				
۰/۰۶۸	-۰/۰۷۶	۰/۸۲۴	-۰/۲۴۵	کد
۰/۰۷۳	-۰/۰۳۱	-۰/۱۳۰	۰/۶۰۱	وزن خشک ریشه
-۰/۰۳۳	-۰/۲۳۴	-۰/۲۵۴	۰/۹۱۷	وزن خشک ساقه
-۰/۰۳۶	-۰/۲۲۴	-۰/۲۴۸	۰/۹۰۲	بیوماس
۰/۶۱۴	۰/۲۲۹	-۰/۰۵۲	-۰/۱۵۲	طول ریشه
۰/۲۳۷	۰/۲۶۰	-۰/۲۳۳	۰/۶۱۸	طول ساقه
۰/۰۷۹	-۰/۰۴۷	۰/۹۰۵	-۰/۳۱۱	درصد سدیم
۰/۷۹۰	-۰/۲۸۵	۰/۰۵۵	۰/۲۱۲	درصد پتاسیم

ادامه جدول ۸- تجزیه به عامل‌ها برای صفات مرتبط با گیاهچه و شاخص‌های تحمل و حساسیت زیست‌توده در شوری‌های ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر.

عامل‌های پنهانی				صفات
عامل چهارم	عامل سوم	عامل دوم	عامل اول	
-۰/۳۰۳	۰/۱۴۰	۰/۸۰۴	-۰/۳۸۰	نسبت سدیم به پتاسیم
-۰/۰۲۱	۰/۰۵۴	-۰/۲۵۵	۰/۹۵۸	میانگین هارمونیک
-۰/۰۱۵	۰/۲۰۰	-۰/۲۴۸	۰/۹۴۰	میانگین هندسی
-۰/۰۲۶	۰/۱۸۶	-۰/۲۴۰	۰/۹۴۳	شاخص تحمل به تنش
-۰/۰۱۱	۰/۹۶۳	۰/۰۸۱	-۰/۱۰۸	شاخص حساسیت به تنش
۰/۰۳۱	۰/۸۷۲	-۰/۰۷۸	۰/۴۴۱	شاخص تحمل
-۰/۰۱۰	۰/۳۳۲	-۰/۲۲۹	۰/۹۰۷	میانگین تولید
۷/۸	۱۴/۷۱	۱۷/۳۰	۴۳/۲۵	واریانس نسبی
۸۳/۰۷	۷۵/۲۷	۶۰/۵۶	۴۳/۲۵	واریانس تجمعی

منابع

- Bernstein, L., Francois, L.E., and Clark, R.A. 1974. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetable. *Agron. J.* 66: 412-421.
- Clarkson, D.T., and Hanson, J.B. 1980. The mineral nutrition of higher plant. *Ann. Rev. Plant physiol.* 31: 239-250.
- Dehdari, A. 2003. Genetic dissection of salt tolerance in breed wheat crosses. Ph.D. thesis. Isfahan University of Technol, 141p.
- Esfahani, M. 1999. Evaluation of molecular and physiological reaction in different rice cultivar to salinity. Ph.D. thesis. Tarbiat Modarres University, 156p.
- Fernandes, G.C. 1990. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.G. (ed.), *Adaptation of food crops temperature and water proc. Int. Symp. For water stress, Taiwan, Asian Veget. Res. Develop. Center.*
- Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 897-912.
- Flowers, T.J., Troke, P.F., and Yeo, A.R. 1977. The mechanisms of salt tolerance in halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 28: 89-121.
- Flowers, T.J., and Yeo, A.R. 1981. Variability in the resistance of sodium chloride salinity within rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *New phytol.* 88: 363-373.
- Flowers, T.J., and Yes, A.R. 1988. Salinity and rice: A physiological approach to breeding for resistance. *Proceedings of the international Congress of plant Physiology.* Now Delhi, India, Feb. Pp: 15-20.
- Flowers, T.J. 1990. Salt in the rice? *Biol. Sci. Rev.* 2: 27-30.

- Garcia, A.B., Almeida, E., Iyer, S., Gerats, T., Vanmontagu, M., and Caplan, A. 1997. Effects of osmoprotectants upon NaCl stress in rice. *Plant Physiol.* 115: 159-169.
- Gregorio, G.B., Senadhira, D., and Mendoza, R. 1997. Screening rice for salinity tolerance. IRRI. Dis. Paper No. 22.
- Ghassemi, F., Jakeman, A.J., and Nix, H.A. 1995. Salinisation of land and water resources: Human causes, extent, management and case studies. UNSW Press, Sydney, Australia, and CAB International, Wallingford, UK.
- Hashemi Dezfoli, A., Kochehi, A., and Banayan, M. 1994. Increasing Crop Yield. Ferdowsi Univ. Press, 284p.
- JianFei, W.C., HongYou, Y., QingLi, Y., MingZhe, Z., Guo, A.N., and HongSheng, Z. 2004. Effect of salt concentration and temperature on the screening of salt-tolerance on rice. *Chinese J. Rice Sci.* 18: 449-454.
- Kavousi, M. 1996. Determination of best model for estimation of rice yield under different salinity level in Spidroud, Hasansaraei and Khazar. M.Sc. thesis. College of Agriculture. University of Tabriz.
- Lee, S.Y., Ahn, J.K., Lee, S.Y., Ahn, S.Y., and Kwon, J.H. 2003. Evaluation and classification of selected rice varieties for salinity tolerance at seedling stage. *Korean J. Sci.* 48: 339-344.
- Maas, E.V., and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance: current assessment. *J. Irrig Drain, Div Proc Am Soc Civil Engn.* 103: 115-134.
- Moradi, F. 2002. Physiological characterization of rice cultivars for salinity tolerance during vegetative and reproductive stages. Ph.D. thesis. University of the Philippines at Los Banos.
- Pearson, G.A., Ayers, S.D., and Eberhard, D.L. 1966. Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development. *Soil Sci.* 102: 151-156.
- Rezai, A.M., and Soltani, A. 1998. Analysis of applied regression. Isfahan University of Technology Press, 294p.
- Rosiel, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selections for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci.* 21: 943-946.
- SAS Institute. 1994. SAS/STAT user's guide. Version 6. 4th ed. SAS Inst., Cary, NC.
- Sabouri, H., Rezai, A.M., and Moumeni, A. 2008. Evaluation of salt tolerance in iranian landrace and improved rice cultivars. *J. of Sci. and Tech. of Agric. and Nat. Res.* 45: 47-63.
- Shiro, M., Katsuya, Y., Michio, K., Mitsutaka, T., and Hiroshi, M. 2002. Relationship between the distribution of Na and the damages caused by salinity in the leaves of rice seedling grown under a saline condition. *Plant Prod. Sci.* 5: 269-274.
- Standard Evaluation System for rice 4th edition. 1996. INGER Genetics Resource Cente. IRRI. Manila. Philippines, 1996.
- Sujatha, K., Ansari, N.A., and Rao, T.N. 2004. Laboratory studies on screening for salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *J. Agric. Res.* 32: 27-33.

- Yeo, A.R., and Flowers, T.J. 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.
- Yeo, A.R., Yes, M.E., Flowers, S.E., and Flowers, T.J. 1990. Screening of rice genotypes for physiological characters Contributing to Salinity resistance and their relation ship to overall performance. Theor. Appl. Genet. 79: 377-384.
- Yoshida, S., Forno, D.A., Cock, J.H., and Gomez, K.A. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. IRRI. Los Babos. Philippines.
- Zhang, Y.H., Somantri, I.H., Tobita, S., Nagamine, T., Senboku, T., and Zhang, Y.H. 1996. Variation of Salt Tolerance at germination in cultivated rice (*Oryza Sative* L.) varieties. Korean J. Sci. 28: 15-24.
- Zhong, H., and Lauchli, A. 1994. Spatial distribution of solutes, K, Na, Ca and their deposition rates in the growth zone of primary cotton roots: effects of NaCl and CaCl₂. Planta, 194: 34-41.
- Zeng, L., Poss, J.A., Wilson, C., Drez, A.E., Gregorio, G.B., and Grieve, C.M. 2003. Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. Euphytica. 1293: 281-292.



Evaluation of relationship between some traits of Iranian rice (*Oryza sativa*. L.) seedlings under saline conditions

*H. Sabouri¹, A.M. Rezaei², A. Moemeni³, M. Kavousi³,
H. Shokri³, M. Allahgholipour³ and H. Jafarian¹

¹Gonbad High Education Center, Iran, ²Faculty of Member, Rice Research Institute of Iran

³Isfahan University of Technology

Abstract

In order to evaluate the relationships between some traits of Iranian rice seedlings under saline conditions, 75 Iranian cultivars as traditional, improved and introduced cultivars were used, as a randomized complete block design experiment with 3 replications at Rice Research Institute of Iran in three levels of salinity (normal, 1.2, 4 and 8 dS.m⁻¹) in 2006. Root and shoot length, root and shoot dry weight, Na⁺ and K⁺ concentration in shoot and genotypic code (based on IRRI protocol) were recorded. Tolerant cultivars had high biomass (root and shoot dry weight) and low Na⁺/K⁺ ratio. Negative and significant correlations were detected among shoot dry weight, biomass and genotype code, while positive and significant correlations were seen among Na⁺ concentration, Na⁺/K⁺ ratio and genotype code in 4 and 8 dS.m⁻¹ levels. Significant and robust correlations were seen between mean productivity index (MP), tolerance index (TOL), stress tolerance index (STI), stress susceptibility index (SSI) and harmonic mean (HM) for Na⁺ and mean productivity, stress tolerance index and stress susceptibility index for Na⁺/K⁺ ratio with genotypic code (P<0.05). Path analysis for 4 dS.m⁻¹ showed that shoot dry weight had a high direct effect on genotypic code. Although biomass had low direct effect on genotypic code, but had high indirect effect on genotypic code via shoot dry weight. Factor analysis revealed that biomass, shoot dry weight and K concentration explained the most of the total variation.

Keywords: Rice; Salinity; Correlation; Path analysis; Factor analysis

*- Corresponding Author; Email: saboriho@yahoo.com