دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی مرحله گیاهچه‌ای و شناسایی معیارهای مناسب انتخاب یک جمعیت در حال تفرق برنج (*Oryza sativa* L.) در شرایط تنش شوری

خدیجه قمی[۱]، حسین صبوری[۲]، بابک ربیعی[۳] و عاطفه صبوری[۴]

۱ و ۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، دانشگاه گیلان
۲- استادیار، دانشگاه گنبد کاووس
۳- دانشیار، دانشگاه گیلان، (نویسنده مسوول: rabiei@guilan.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۲۸

چکیده

به منظور مطالعه اثر تنش شوری بر خصوصیات گیاهچه‌های برنج و شناسایی معیارهای انتخاب مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در مرحله گیاهچه در شرایط شوری، تعداد ۱۵۰ فامیل از جمعیت F_4 حاصل از تلاقی دو رقم برنج ایرانی سپیدرود و غریب در قالب طرح کاملاً تصادفی تحت تأثیر شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در مرحله گیاهچه تحت شرایط کنترل شده، مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کلیه فامیل‌ها از لحاظ تمامی صفات مورد بررسی دارای تفاوت معنی‌داری بوده و لذا وجود تنوع ژنتیکی بالایی در بین فامیل‌ها را به اثبات رساند. محاسبه ضرایب همبستگی نشان داد که میزان بیوماس بیشترین ضریب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی را با وزن خشک ساقه داشت و پس از آن وزن خشک ریشه و وزن تر ساقه دارای بالاترین همبستگی با میزان بیوماس بودند، اما امتیاز ارقام که شاخص تحمل گیاهان به تنش شوری بود، دارای همبستگی منفی و معنی‌دار با میزان بیوماس بود. تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که به ترتیب صفات وزن خشک و تر ساقه و ریشه بیشترین تأثیر را در توصیف تغییرات بیوماس فامیل‌ها داشتند و توانستند ۹۷ درصد از تغییرات بیوماس را توجیه نمایند. نتایج حاصل از تجزیه علیت نشان داد که وزن خشک ساقه به دلیل دارا بودن اثر مستقیم بالا می‌تواند به عنوان معیار گزینش مناسب جهت افزایش بیوماس و انتخاب لاین‌ها برای اصلاح و بهبود تحمل به شوری معرفی گردد. نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها نیز نشان داد که پنج عامل اصلی ۸۴/۷ درصد از کل تغییرات بین ژنوتیپ‌ها را توجیه نمودند. به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که صفات وزن خشک و تر ریشه و ساقه برای تولید بیوماس بیشتر در برنج در شرایط تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای در درجه اول اهمیت قرار دارند و صفاتی مانند امتیاز ارقام، طول ریشه، شاخص کلروفیل، درصد سدیم، درصد پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی و طول ساقه اهمیت کمتری برای انتخاب لاین‌های متحمل به شوری در مرحله گیاهچه‌ای برنج دارند.

واژه‌های کلیدی: برنج، تنش شوری، تجزیه علیت، تجزیه به عامل‌ها

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

مقدمه

شوری خاک از جمله اصلی‌ترین تنش‌های محیطی است که پس از خشکی، مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش محیطی برای شالیزارهای دنیا است و به عنوان محدودیت جدی برای افزایش تولید جهانی برنج محسوب می‌شود (۴۸). از سویی دیگر، سیستم اصلی تولید محصول در ایران بر اساس کشاورزی فاریاب است که این اراضی به طور جدی مستعد شور شدن می‌باشند (۳۳). میزان تحمل به تنش شوری در مراحل مختلف رشد گیاه برنج از جوانه‌زنی تا رسیدن کامل متفاوت است (۲۶)، به طوری که در مرحله جوانه‌زنی به شوری نسبتاً متحمل، در اوایل دوره گیاهچه‌ای (سه برگی) خیلی حساس شده و مجدداً در مرحله رشد رویشی مقاوم می‌گردد. در مرحله گرده‌افشانی و لقاح نیز به شوری حساس و در مرحله رسیدن دانه به طور فزآینده‌ای مقاوم‌تر می‌گردد (۲۳، ۲۴، ۳۲).

مطالعات متعددی برای بررسی اثرات سطوح مختلف تنش شوری روی ارقام مختلف برنج در مرحله گیاهچه‌ای انجام شده است (۵، ۷، ۲۰، ۲۲، ۳۴، ۳۵). در ارزیابی تحمل به شوری در برنج شانون و همکاران (۳۹) گزارش نمودند که مقدار یون سدیم در ساقه‌ها همبستگی بالایی با میزان شوری آب (r^2=۰/۸۸) دارند. از طرفی، ارتباط بین وزن خشک ساقه با غلظت سدیم منفی و معنی‌دار بود و نشان داد که ترکیبات یونی بافت به تنهایی معیار مفیدی برای گیاه مقاوم به شوری نبوده و ارتباط آن با افزایش زیست توده و افزایش عملکرد نیز باید در نظر گرفته شود. در آزمایشی توسط ایماد و همکاران (۱۷)، صد و ده ژنوتیپ برنج برای تحمل به شوری در سطوح متفاوت شوری (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ مول بر متر مکعب) در محلول غذایی مورد بررسی قرار گرفتند و مشخص شد که صفات وزن تر ریشه و ساقه به عنوان معیارهای انتخاب مناسب برای ارزیابی تحمل به شوری در برنج می‌باشند. لی و همکاران (۲۴) در مطالعه روی ارقام برنج ایندیکا و ژاپونیکا از نظر تحمل به شوری نشان دادند که تنها اندازه‌گیری سدیم یا پتاسیم نمی‌تواند در تفکیک ارقام متحمل و حساس مهم باشد و باید صفات گیاهی مثل وزن خشک ساقه، ریشه و بیوماس را نیز مورد توجه قرار داد. بررسی اثر شوری روی گیاهچه‌های برنج در پژوهش علی و اوان (۱) نشان داد که نسبت ریشه به ساقه ویژگی مهمی در گزینش ارقام برای تحمل به تنش شوری است و لاین‌های متحمل دارای نسبت ریشه به ساقه بالاتری هستند.

مطالعه عکس‌العمل ارقام برنج ایندیکا در مقابل تنش شوری در آزمایش کومار و همکاران (۲۲) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ارقام ایندیکا از نظر صفات درصد جوانه‌زنی، رشد گیاه و مقدار رنگیزه کلروفیل وجود دارد و با افزایش مقدار تنش، این صفات کاهش یافتند. همچنین بررسی همبستگی بین صفات مرتبط با تحمل به شوری در مطالعه بهومیک و همکاران (۴) نشان داد که بین امتیاز ارقام با ارتفاع بوته، بیوماس و طول ریشه رابطه منفی و معنی‌دار و بین ارتفاع بوته با بیوماس و طول ریشه ارتباط مثبت و

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

معنی‌دار وجود داشت. در آزمایشی توسط فرهمندفر و همکاران (۹) از تجزیه علیت به‌منظور پیش‌بینی روابط بین بیوماس و اجزای آن در گیاهچه‌های برنج تحت تنش شوری استفاده و نتیجه‌گیری شد که صفات وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی بیشترین اثر را روی بیوماس داشتند. صبوری و همکاران (۳۷)، با بررسی هفتاد و پنج رقم برنج ایرانی در سه سطح شوری همبستگی بین وزن ساقه و زیست‌توده با امتیاز ارقام منفی و معنی‌دار و همبستگی بین درصد سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و امتیاز ارقام نسبت به یکدیگر مثبت و معنی‌دار گزارش نمودند. نتایج تجزیه علیت نیز نشان داد که اثر مستقیم وزن خشک ساقه بر صفت امتیاز ارقام بالاتر از سایر آثار بود.

هدف از این تحقیق، بررسی اثر تنش شوری بر گیاهچه‌های برنج و تعیین اهمیت صفات مورد بررسی برای ارائه معیارهای انتخاب مناسب در جمعیت‌های در حال تفرق برنج بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ۱۵۰ فامیل F_4 حاصل از تلاقی دو رقم غریب و سپیدرود در سال ۱۳۸۸ در دانشگاه گنبد کاووس مورد مطالعه قرار گرفتند. رقم غریب از ارقام بومی متحمل به شوری و رقم سپیدرود از ارقام اصلاح شده حساس به شوری است (۳۶).

برای بررسی واکنش فامیل‌ها به شوری، کلیه فامیل‌ها در دو تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی در شوری ناشی از کلرید سدیم با هدایت الکتریکی ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا به منظور شکستن خواب بذر، بذرهای مربوطه در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد برای ۴۸ ساعت قرار داده شدند و سپس ضد عفونی شده و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت جوانه‌دار شدند. تعداد ۳۰ بذر جوانه‌دار از هر فامیل در هر تکرار در محلول غذایی یوشیدا (۴۶) کشت شدند و تیمارهای شوری ۲۱ روز پس از کشت اعمال گردیدند. به‌منظور انتقال بذرهای جوانه‌دار به محلول شور، ابتدا یک هفته بذرها در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر قرار گرفتند تا تغییر ناگهانی محیط موجب از بین رفتن گیاهچه‌ها نشود و پس از آن، به مدت یک هفته در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر قرار داده شدند. برای کشت از صفحه‌های یونولیت به ابعاد ۱/۵×۲۵×۳۳ سانتی‌متر استفاده شد. برای تهیه صفحات، یازده مربع ۲×۲ سانتی‌متر در هر ردیف و ده مربع در هر ستون روی صفحات ایجاد شد و در دو طرف صفحه نیز فضایی جهت قرار دادن دستگیره سه سانتی‌متری قرار داده شد. سپس توسط انتهای لوله آزمایش به ابعاد ۱×۱ سانتی‌متر سوراخ‌هایی در مربع‌های مذکور ایجاد شد در ادامه از سینی‌هایی به حجم پنج لیتر و به ابعاد ۸/۵ × ۲۷ × ۳۵/۵ سانتی‌متر که ضد عفونی شده بودند، استفاده گردید و هر سینی تا شبکه نایلونی دوخته شده زیر صفحه یونولیت با آب مقطر پر شد. قابل ذکر است که هر ستون یونولیت به یک خانواده F_4 و دو ستون به دو والد، اختصاص داده شده بود، به این ترتیب با

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

وجود ده سوراخ در هر ستون و سه بذر در هر سوراخ، از هر والد و هر فامیل F_4 تعداد ۳۰ فرد برای ارزیابی‌های فنوتیپی و چهارده سینی در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفت. محلول غذایی هر ۷ روز تعویض شده و pH محلول هر روز در ۵/۵ ثابت نگه داشته شد. این مرحله از آزمایش به روش گره‌گوریو و همکاران (۱۶) در اتاقک رشد در شرایط دمایی ۲۹ درجه سانتی‌گراد در روز و ۲۱ درجه سانتی‌گراد در شب و رطوبت ۷۰ درصد اجرا شد. دو هفته بعد از اعمال شوری، امتیاز ارقام بر اساس دستورالعمل مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (۴۲) طبق جدول ۱ برای تعداد ۳۰ گیاهچه مربوط به هر فامیل در هر تکرار ثبت شد و سپس میانگین امتیاز ۳۰ گیاهچه برای انجام تجزیه‌های آماری مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- نحوهٔ امتیازدهی ژنوتیپ‌ها پس از اعمال تیمار شوری

واکنش	مشاهده	امتیاز
بسیار متحمل	رشد نرمال، بدون علائم خسارت	۱
متحمل	رشد تقریباً نرمال، برگها در نوک سفید شده و تعداد کمی از برگها سفید و لوله شده‌اند	۳
نسبتاً متحمل	رشد عقب افتاده، بسیاری از برگها لوله شده و تعدادی از برگها بلندتر از حد طبیعی‌اند	۵
حساس	رشد متوقف شده، بسیاری از برگها خشک شده‌اند و تعدادی از گیاهان مرده‌اند	۷
بسیار حساس	همه گیاهان مرده و خشک‌شده‌اند	۹

جهت اندازه‌گیری شاخص کلروفیل نیز از هر فامیل پنج برگ به طور تصادفی انتخاب شده و با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD-502, Minolta, Japan) برای هر برگ در سه نقطه از پهنک برگ (نوک، وسط و قاعده) و در یک سوی رگبرگ اصلی، عدد کلروفیل‌متر قرائت و سپس میانگین آنها محاسبه شد. وزن تر ریشه، وزن تر ساقه، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، بیوماس، طول ریشه و طول ساقه نیز در ۳۰ بوته از هر فامیل انداز ه‌گیری و میانگین آنها محاسبه شد. همچنین، درصد سدیم، درصد پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم نیز با استفاده از روش کالرا (۲۱) به وسیله دستگاه فلایم‌فتومتری (مدل CL361) تعیین شدند. برای تجزیه داده‌ها، ابتدا تجزیه واریانس صفات مربوطه در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و سپس ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی به ترتیب با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شدند:

$$CV_G = \frac{\pm_g}{X} \times 100 \qquad (۱)$$

$$CV_P = \frac{\pm_P}{X} \times 100 \qquad (۲)$$

در این روابط، σ_g و σ_p به ترتیب انحراف معیار ژنوتیپی و فنوتیپی و $\overline{X}$ میانگین صفت مربوطه در جمعیت F_4 مورد مطالعه می‌باشند.

برآورد وراثت‌پذیری صفات نیز با استفاده از رابطه ۳ انجام شد:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}} \qquad (۳)$$

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

که در آن، σ^2_g و σ^2_e به ترتیب واریانس حقیقی بین ژنوتیپ‌ها و واریانس محیطی می‌باشند که از طریق امید ریاضی میانگین مربعات جدول تجزیه واریانس محاسبه شدند و r تعداد تکرار آزمایش است. با توجه به رابطه‌های ۴ و ۵ همبستگی‌های ژنوتیپی و فنوتیپی بین صفات محاسبه شدند:

$$r_g = \frac{\sigma_{g12}}{\sigma_{g1} \times \sigma_{g2}} \quad (۴)$$

$$r_p = \frac{\sigma_{p12}}{\sigma_{p1} \times \sigma_{p2}} \quad (۵)$$

در این روابط، σ_{g12} و σ_{p12} به ترتیب کواریانس ژنوتیپی و فنوتیپی بین صفات و $\pm_{g1}$، $\pm_{g2}$، $\pm_{p1}$ و $\pm_{p2}$ انحراف معیار ژنوتیپی و فنوتیپی هر یک از صفات مورد مطالعه می‌باشند. تجزیه علیت بر اساس همبستگی‌های ژنوتیپی و تجزیه به عامل‌ها با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و دوران عامل‌ها به روش وریماکس انجام شد. تجزیه واریانس با استفاده از نسخه ۹ نرم افزار SAS (۳۸) انجام شد. برای انجام تجزیه علیت از نسخه ۱۶ نرم افزار Amos (۲) و برای انجام سایر تجزیه‌ها شامل محاسبه ضرایب همبستگی و رگرسیون گام‌به‌گام از نسخه ۱۶ نرم افزار SPSS (۴۱) استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. بین فامیل‌ها از نظر کلیه صفات اختلاف معنی‌دار وجود داشت که نشان دهنده وجود تنوع زیاد بین فامیل‌های مورد بررسی برای صفات اندازه‌گیری شده بود. بنابراین با توجه به تفاوت‌های موجود، امکان گزینش لاین‌های متحمل به شوری وجود دارد که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد. محققین مختلفی در بررسی سطوح مختلف شوری، تفاوت ژنتیکی معنی‌داری را بین ارقام و لاین‌های برنج ایرانی از نظر صفات مرتبط با تحمل به شوری مشاهده نمودند (۹، ۱۵، ۳۱، ۳۷). با بررسی نتایج این پژوهش و پژوهش‌های دیگران می‌توان چنین استنتاج نمود که علت تفاوت در تحمل به شوری ژنوتیپ‌های مختلف، احتمالاً به دلیل تفاوت در مکانیسم‌های فیزیولوژیکی مسئول تحمل به شوری در آنها می‌باشد که خود به اثرات اسمزی نمک محلول و هم چنین اثر سمیت نمک در داخل گیاه بستگی دارد و در ساده‌ترین شکل خود باعث کاهش رشد ریشه می‌گردد که در نتیجه، موجب پاسخ سریع به افزایش فشار اسمزی در محیط ریشه و پاسخ آهسته‌تر به تجمع سدیم در برگ‌های آنها خواهد شد. در این حالت، چنانچه سرعت تجمع نمک در برگ‌های مسن بیشتر از سرعت تشکیل برگ‌های جوان باشد، میزان رشد کاهش خواهد یافت (۳۰).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در لاین‌های F_4 برنج تحت تنش شوری

	میانگین مربعات صفات مورد مطالعه												
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر ساقه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	بیوماس (گرم)	امتیاز ارقام	طول ریشه (سانتی‌متر)	طول ساقه (سانتی‌متر)	درصد سدیم	درصد پتاسیم	نسبت سدیم به پتاسیم	شاخص کلروفیل
تیمار	۱۴۹	۱۸۶۲/۱۸**	۵۹۹۱/۰۷**	۱۸/۶۸**	۳۵۰/۹۱**	۴۹۷/۴۹**	۰/۰۳۴۱۶*	۴/۴۱**	۳۷/۵۹**	۸/۹۴**	۰/۴۶**	۱/۰۴**	۵۳/۸۳**
خطای آزمایش	۱۵۰	۳۱۶/۸۵	۴۹۰/۴۶	۴/۰۹	۵۵/۵۷	۵۹/۴۶	۰/۰۲۵	۲/۸	۱۱/۸۴	۵/۳۸	۰/۲۲	۰/۴۷	۱۷/۸۴
ضریب تغییرات ژنوتیپی (درصد)		۲۷/۹۱	۳۵/۳۹	۲۷/۸۵	۲۹/۱۲	۲۸/۷۸	۸/۴	۹/۱۵	۱۰/۵۳	۲۷/۲۷	۱۷/۶۳	۲۰/۵۳	۲۶/۲۸
ضریب تغییرات فنوتیپی (درصد)		۳۳/۱۵	۳۸/۴۱	۳۴/۸۲	۳۴/۱۶	۳۲/۴۵	۲۱/۸	۱۹/۴۴	۱۴/۵۹	۵۴/۷	۲۹/۶۸	۳۳/۸۲	۳۷/۰۴
وراثت پذیری عمومی		۰/۷۰	۰/۷۳	۰/۶۴	۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۱۶	۰/۲۶	۰/۵۲	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۵

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

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

میانگین و اشتباه استاندارد صفات در والدین و نسل F_4

مقادیر مشاهده شده صفات مورد مطالعه در والدین غریب، سپیدرود و نسل F_4 حاصل از تلاقی آن‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. انجام آزمون t برای بررسی وجود اختلاف معنی‌دار بین والدین نشان داد که تفاوت بین والدین از نظر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین و اشتباه استاندارد ارزش‌های مشاهده شده صفات مرتبط با تحمل به شوری در والدین و نسل F_4

صفات مورد مطالعه	والدین		F_4	مقدار t (P_1-P_2)
	سپیدرود	غریب		
وزن تر ریشه (گرم)	۰/۰۶ ± ۷/۵×۱۰$^{-۳}$	۰/۱۷ ± ۸/۱×۱۰$^{-۳}$	۰/۱۰ ± ۲/۴×۱۰$^{-۳}$	۱۰/۵۱**
وزن تر ساقه (گرم)	۰/۰۶ ± ۰/۰۱۱	۰/۲۳ ± ۰/۰۱	۰/۱۵ ± ۴×۱۰$^{-۳}$	۱۱/۱۲**
وزن خشک ریشه (گرم)	۰/۰۰۵ ± ۴×۱۰$^{-۴}$	۰/۰۱۰ ± ۹×۱۰$^{-۴}$	۰/۰۰۹ ± ۲×۱۰$^{-۴}$	۱۰/۸۶**
وزن خشک ساقه (گرم)	۰/۰۲ ± ۱/۳×۱۰$^{-۳}$	۰/۰۵ ± ۱/۶×۱۰$^{-۳}$	۰/۰۴ ± ۹×۱۰$^{-۴}$	۱۴/۸۲**
زیست‌توده (گرم)	۰/۰۳ ± ۱×۱۰$^{-۲}$	۰/۰۸ ± ۱/۱×۱۰$^{-۳}$	۰/۰۵ ± ۱×۱۰$^{-۳}$	۳۹/۴۲**
امتیاز ارقام (بر اساس جدول ۱)	۹ ± ۰/۳۶	۲ ± ۰/۴۱	۴/۶۹ ± ۰/۱	-۱۲/۸۳**
طول ریشه (سانتی‌متر)	۷/۹۲ ± ۰/۲	۱۳/۳۲ ± ۰/۴۲	۹/۷۸ ± ۰/۰۲	۱۱/۸۴**
طول اندام هوایی (سانتی‌متر)	۲۵/۵۹ ± ۱/۱۵	۴۳/۳۱ ± ۰/۸۱	۳۴/۰۷ ± ۰/۰۵	۱۲/۶۰**
درصد سدیم اندام هوایی	۶/۱۲ ± ۱/۶	۲/۷۷ ± ۰/۱۶	۴/۸۹ ± ۰/۱۴	-۱۴/۸۱**
درصد پتاسیم اندام هوایی	۱/۷۵ ± ۰/۰۱	۲/۳۹ ± ۰/۰۲۳	۱/۹۶ ± ۰/۱۱	۲۴/۳۰**
نسبت سدیم به پتاسیم ساقه	۴/۰۲ ± ۱/۳۱	۱/۵۶ ±۰/۰۲۴	۲/۶۰ ± ۰/۳۳	-۱۸/۴۷**
محتوای کلروفیل	۵/۹۲ ± ۰/۵۷	۲۵/۳۴ ±۰/۹۷	۱۶/۱۴ ± ۰/۴۲	۱۷/۲۶**

وجود تنوع زیاد و معنی‌دار بین والدین منجر به تولید تنوع بیشتر در نتاج و خانواده‌های مورد مطالعه شد. هم چنین نتایج نشان داد که از نظر صفات وزن تر و خشک ریشه و ساقه و زیست توده، والد غریب دارای ارزش بالاتری نسبت به والد سپیدرود بود به طوری که اختلاف آنها از نظر آزمون t بسیار معنی‌دار بود و نشان داد که از نظر صفات مذکور تحمل والد غریب بیشتر بود. یئو و فلاورز (۴۵) 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. در ارقام حساس، نمک‌های جذب شده از ریشه در سیتوپلاسم ایجاد سمیت کرده و با کاهش فشار تورژسانس، گسترش سلول و رشد را متوقف می‌کنند. (۱۰). جانردهان و یانهت (۱۸) علت کاهش وزن خشک گیاهچه ارقام حساس را در شرایط شوری، به کاهش شدید جذب توسط ریشه گیاه مربوط دانسته‌اند که از طریق کاهش پتانسیل آب در اطراف ریشه توسط غلظت ناشی از نمک کلرید سدیم ایجاد می‌گردد. نظر برخی از محققین حاکی از آن است که تجمع ماده خشک، حاصل میزان فتوسنتز در واحد سطح فتوسنتز کننده گیاه می‌باشد و تنش شوری با

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

تأثیر بر این پارامتر، به طور مستقیم باعث کاهش ماده خشک می‌شود و گونه‌های متحمل، توانایی حفظ بالای این پارامتر را دارا می‌باشند (۶). برخلاف صفاتی که در بالا ذکر شد، از نظر امتیاز ارقام والد سپیدرود دارای ارزش بیشتری بود، به طوری که امتیاز ارقام در رقم غریب ۲ و در رقم سپیدرود ۹ اندازه‌گیری شد که اختلاف آنها ۷ بود و این اختلاف از نظر آزمون t بسیار معنی‌دار بود. از نظر صفات طول ریشه، طول اندام هوایی و محتوای کلروفیل، والد غریب دارای ارزش بیشتری نسبت به والد سپیدرود بود و اختلاف بین والدین از نظر صفات مذکور بسیار معنی‌دار بود. مر و همکاران (۲۷) گزارش کردند که کاهش ارتفاع گیاهچه در رقم حساس ممکن است به دلیل رشد پایین ناشی از تنش اسمزی ایجاد شده از طریق غلظت بالای نمک در منطقه ریشه باشد. رقم متحمل به دلیل اختصاص انرژی خود برای تولید برگ‌ها جهت تشکیل منبع وسیع‌تری برای فتوسنتز می‌تواند عملکرد مناسب‌تری در شرایط تنش شوری داشته باشد و کاهش سطح برگ در ارقام حساس در اثر شوری علت اصلی کاهش فتوسنتز است. برای صفت درصد سدیم اندام هوایی، والد غریب دارای میانگین ۲/۷۷ درصد و والد سپیدرود دارای میانگین ۶/۱۲ درصد بوده و اختلاف بین والدین از نظر صفت مذکور (۳/۳۵ درصد) بسیار معنی‌دار بود. وجود درصد سدیم بیشتر در اندام هوایی سپیدرود و درصد سدیم کمتر در رقم غریب نشان داد که تحمل غریب به شوری بیشتر بود. ارقام متحمل برنج نمک اضافی را از خاک جذب می‌کنند، اما آن را در بخش‌هایی از ریشه مجدداً از آوند چوبی خارج می‌کنند، در نتیجه یون‌های سدیم به اندام هوایی انتقال نمی‌یابند (۴۴). هم چنین از نظر درصد پتاسیم اندام هوایی تفاوت بین والدین ۰/۶۴ بود، به طوری که مقدار پتاسیم در رقم غریب ۲/۳۹ و در رقم سپیدرود ۱/۷۵ درصد بود. دلیل کاهش یون پتاسیم را می‌توان به جایگزینی یون سدیم به جای یون پتاسیم در بافت گیاه حساس نسبت داد که یکی از عوامل مهم ایجاد سمیت می‌باشد. ضمناً یون پتاسیم به دلیل نقش قابل توجه در تورژسانس و توسعه سلول و هم چنین به عنوان یک کوفاکتور در فعال‌سازی بسیاری از آنزیم‌ها و روزنه‌ها عمل کرده و همبستگی خوبی با تحمل به شوری دارد (۱۳). از نظر نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی نیز، در رقم غریب میانگین ۱/۵۶ و در رقم سپیدرود میانگین ۴/۰۲ مشاهده شد که اختلاف آنها ۲/۴۶ واحد بود. از آن جایی که یون سدیم از جذب یون پتاسیم ممانعت و با آن رقابت می‌نماید افزایشی که در نسبت سدیم به پتاسیم ساقه در ارقام حساس مشاهده می‌شود به دلیل افزایش سرعت جذب یون سدیم نسبت به یون پتاسیم می‌باشد (۲۹). با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان کاهش نسبی نسبت سدیم به پتاسیم در اندام هوایی رقم غریب را به تحمل این رقم در شرایط شور مرتبط دانست که با ممانعت از ورود یون سدیم به بخش هوایی و یا با انجام مکانیسم حذف، این نسبت تا حد امکان تعدیل خواهد شد. در همه صفات مورد مطالعه والد غریب در مقایسه با والد سپیدرود

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

دارای علائم تحمل بیشتری به شوری بود و این اختلاف در صفت محتوای کلروفیل حداکثر و در صفت وزن خشک ریشه حداقل بوده است.

ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی صفات

ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی و وراثت پذیری صفات مختلف در بین فامیل‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. میزان تنوع بین فامیل‌ها از نظر بیشتر صفات بالا بود و نشان داد که با انجام گزینش، می‌توان ژنوتیپ‌های مناسب را انتخاب و صفات مورد مطالعه را در جمعیت افزایش داد. صفات وزن تر و خشک ریشه و ساقه، بیوماس، درصد سدیم و شاخص کلروفیل بالاترین ضریب تغییرات را در جمعیت مورد مطالعه داشتند و به این ترتیب احتمال گزینش لاین‌های مطلوب از نظر این صفات در جمعیت مورد مطالعه وجود دارد در حالی که کمترین ضریب تغییرات ژنوتیپی مربوط به امتیاز ارقام، طول ریشه و طول ساقه بود و از این‌رو احتمال انتخاب لاین‌های برتر از نظر این صفات کمتر از سایر صفات بود. مقادیر وراثت‌پذیری (جدول ۲) به ترتیب برای بیوماس، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه و وزن خشک ریشه نسبتاً بالا بود و نتایج حاصل از ضریب تغییرات را تا حدودی تأیید نمود به این مفهوم که محیط نقش کمتری در ایجاد تنوع بین فامیل‌های مربوطه از نظر این صفات داشته و سهم عمده تنوع بین فامیل‌ها مربوط به تفاوت‌های ژنوتیپی بین آنها است. صبوری و همکاران (۳۶) نیز وراثت‌پذیری صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، بیوماس و طول ساقه را بالا گزارش نمودند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. درصورتی‌که گارسیا و همکاران (۱۳) در مطالعه روی دو ژنوتیپ برنج میزان وراثت‌پذیری درصد سدیم و پتاسیم در اندام هوایی را به‌ترتیب ۰/۴۲ و ۰/۵۲گزارش نمودند که بیشتر از مقادیر بیان شده در این پژوهش بودند.

ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی

بیشترین مقادیر همبستگی مثبت فنوتیپی و ژنوتیپی، بین وزن خشک ساقه با بیوماس (r_p=۰/۹۹ و r_g=۰/۹۹) و بیشترین مقادیر همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی منفی بین امتیاز ارقام و وزن تر ساقه (r_p=-۰/۴۱ و ۰/۸۸- =r_g) به‌دست آمد (جدول ۴).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

جدول ۴- ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی بین صفات مورد مطالعه در لاین‌های F_4 برنج تحت تنش شوری

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱	۱	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۳	-۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۵۲	-۰/۷۶	۰/۰۸	-۰/۵۹	۰/۳۸
۲	۰/۷۳	۱	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹۵	-۰/۸۸	۰/۷۷	۰/۵۱	-۰/۷۹	۰/۱۴	-۰/۴۳	۰/۴۱
۳	۰/۷۲	۰/۶۹	۱	۰/۹۸	۰/۹۸	-۰/۵۵	۰/۶۸	۰/۴۳	-۰/۶۹	-۰/۰۹	-۰/۰۷۶	۰/۵۱
۴	۰/۶۹	۰/۸۴	۰/۶۶	۱	۰/۹۹	-۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۴۹	-۰/۷۲	۰/۱	-۰/۵	۰/۴۱
۵	۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۸۶	۰/۹۹	۱	-۰/۷۲	۰/۷	۰/۴۸	-۰/۷۲	۰/۰۶	-۰/۵۵	۰/۴۳
۶	-۰/۳	-۰/۴۱	-۰/۲۹	-۰/۳۶	-۰/۳۷	۱	۰	-۰/۵۸	-۰/۲۴	۰/۴۴	۰	-۰/۵۹
۷	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۴۱	-۰/۳	۱	۰/۰۵	۰/۷۵	۰/۴۸	۰/۱۳	۰/۴۸
۸	۰/۲۹	۰/۴	۰/۱۱	۰/۳۵	۰/۳۲	-۰/۲۴	۰/۱۴	۱	۰/۲۵	۰/۱۹	-۰/۱۶	-۰/۱
۹	-۰/۳	-۰/۳۹	-۰/۳۵	-۰/۳۹	-۰/۴۰	۰/۰۲	۰/۰۸	-۰/۱۳	۱	-۰/۴۳	۰/۷۹	-۰/۱۷
۱۰	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۸	۰	-۰/۰۸	-۰/۱۹	-۰/۵۶	۱	-۰/۱۶	۰/۰۷
۱۱	-۰/۲۳	-۰/۳۲	-۰/۳	-۰/۳۵	-۰/۳۶	۰	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۳۶	-۰/۳۷	۱	-۰/۰۵
۱۲	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۲۸	۰/۲۸	-۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۱۲	-۰/۱۲	-۰/۰۹	-۰/۰۲	۱

۱- وزن تر ریشه، ۲- وزن تر ساقه، ۳- وزن خشک ریشه، ۴- وزن خشک ساقه، ۵- بیوماس، ۶- امتیاز ارقام، ۷- طول ریشه، ۸- طول ساقه، ۹- درصد سدیم، ۱۰- درصد پتاسیم، ۱۱- نسبت سدیم به پتاسیم، ۱۲- شاخص کلروفیل. اعداد بزرگ‌تر از ۰/۱۶ در سطح احتمال پنج درصد و اعداد بزرگ‌تر از ۰/۲۳ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار هستند.

هم‌چنین، بیوماس به عنوان یکی از صفات مهم در گیاهچه‌ها با وزن تر ریشه، وزن تر ساقه، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، طول ریشه، طول ساقه و شاخص کلروفیل، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار داشت اما با امتیاز ارقام، درصد سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد که با نتایج بهومیک و همکاران (۴)، مونس (۲۸) و صبوری و همکاران (۳۷) در یک راستا بود. با توجه به این نتایج می‌توان با اعمال گزینش مثبت به خصوص برای صفات وزن تر و خشک ریشه و ساقه و طول ریشه و ساقه و اعمال گزینش منفی برای صفات امتیاز ارقام، درصد سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم به طور غیرمستقیم به گزینش لاین‌های با بیوماس بیشتر و در نتیجه متحمل در برابر شوری در طول دوره اصلاحی اقدام نمود. امتیاز ارقام نیز به عنوان یکی از شاخص‌های تحمل ارقام به تنش شوری اهمیت زیادی در مطالعات تحمل به شوری دارد. همان طوری که در جدول ۴ نیز نشان داده شده است، امتیاز ارقام به غیر از درصد پتاسیم اندام هوایی، که همبستگی ژنوتیپی بین آنها مثبت و معنی‌دار بود و صفات طول ریشه و نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی که همبستگی معنی‌داری با آنها نداشت، با سایر صفات مورد مطالعه همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. به این ترتیب، به نظر می‌رسد که گیاهچه‌های برنج با وزن تر و خشک ریشه و ساقه، بیوماس، طول ساقه و شاخص کلروفیل بیشتر، امتیاز ارقام کمتری داشته و در نتیجه تحمل بیشتری در برابر تنش شوری داشته باشند. همبستگی ژنوتیپی منفی و معنی‌دار بین بیوماس و درصد سدیم (r_g=-۰/۷۲) و نسبت سدیم به پتاسیم (r_g=-۰/۵۵) نیز نشان داد که فامیل‌های متحمل به شوری احتمالاً از یکی از

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

دو مکانیسم تنظیم نسبت سدیم به پتاسیم و قدرت رشد و نمو بالاتر بهره می‌گیرند. ژنوتیپ‌های حساس برنج آنهایی هستند که میزان جذب نمک بیشتری داشته و یون Na^+ بیشتری را به اندام هوایی و ساقه‌ها انتقال می‌دهند (۲۸). در صورتی که رقم‌های متحمل، Na^+ کمتری را از ریشه به بخش هوایی گیاه انتقال داده و در نتیجه از تجمع زیاد نمک در سیتوپلاسم و دیواره سلولی ممانعت کرده و بخش اعظمی از آن را احتمالاً در واکوئل سلول‌های اندام هوایی و یا در غلاف ساقه و حتی برگ‌های مسن‌تر ذخیره می‌نمایند (۱۹، ۲۸). در حقیقت، در غلظت‌های بالای نمک، گیاهان با ورود و خروج یون‌ها، میزان Na^+ درون سیتوپلاسم را کاهش داده و با ثابت نگه داشتن غلظت یون پتاسیم نسبت Na^+/K^+ را پایین نگه می‌دارند (۱۲). این مکانیسم به حدی در مقابله با اثرات سوء ناشی از تنش شوری مؤثر است که این نسبت در گیاهان به‌عنوان یک خصوصیت مهم جهت تفکیک گونه‌های متحمل از حساس گزارش شده است (۴۳). دانگجای و همکاران (۸) در ارزیابی واریته‌های متحمل به شوری، همبستگی مثبت و بسیار بالایی بین امتیاز ارقام و نسبت سدیم به پتاسیم ساقه (r=۰/۸۸) گزارش نمودند که با نتایج پژوهش حاضر (که همبستگی معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد)، تناقض داشت که احتمالاً دلیل آن، تفاوت مواد گیاهی و میزان تنش شوری اعمال شده در دو پژوهش بود، برن‌استین و همکاران (۳)، فتوکیان و همکاران (۱۱) و لین و همکاران (۲۵) تأکید داشتند که به ترتیب بین غلظت سدیم در اندام هوایی با وزن تر اندام هوایی و بین غلظت سدیم و درصد سدیم با وزن خشک اندام هوایی ارتباط معنی‌دار و منفی وجود دارد که نتایج حاصل از این پژوهش نیز نتایج این محققین را تأیید نمود.

تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت

صفت وزن خشک ساقه، به عنوان نخستین متغیر وارد مدل شد و به تنهایی ۹۴/۲ درصد از تغییرات بیوماس را توجیه نمود (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه رگرسیون گام به گام برای وزن خشک کل بوته (بیوماس) به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل تحت شرایط تنش شوری

مرحله	صفات	عرض از مبدأ	ضرایب رگرسیون برای صفات				ضریب تبیین تجمعی	خطای معیار رگرسیون
			X_1	X_2	X_3	X_4		
۱	وزن خشک ساقه (X_1)	۰/۲۰۴	۰/۹۲۹	_	_	_	۰/۹۴۲	۰/۰۳۱
۲	وزن خشک ریشه (X_2)	۰/۲۶۳	۰/۷۴۵	۰/۲۴۳	_	_	۰/۹۶۵	۰/۰۲۴
۳	وزن تر ساقه (X_3)	۰/۱۹۲	۰/۶۵۸	۰/۱۹۸	۰/۱۱۹	_	۰/۹۶۸	۰/۰۲۳
۴	وزن تر ریشه (X_4)	۰/۱۳۲	۰/۶۴۴	۰/۱۶	۰/۰۹۷	۰/۰۸۴	۰/۹۷	۰/۰۲۲

$Y=۰/۱۳۲+۰/۶۴۴X_۱+۰/۱۶X_۲+۰/۰۹۷X_۳+۰/۰۸۴X_۴$

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

پس از وزن خشک ساقه، به ترتیب صفات وزن خشک ریشه، وزن تر ساقه و وزن تر ریشه وارد مدل رگرسیونی شدند و چهار متغیر مجموعاً ۹۷ درصد از تغییرات بیوماس را توجیه نمودند. با توجه به نتایج تجزیه رگرسیون، برای دستیابی به لاین‌های با بیوماس بیشتر می‌توان انتخاب را بر اساس صفات وزن تر و خشک ساقه و ریشه انجام داد. سایر صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر مدل نداشتند و به همین دلیل، اختلاف فامیل‌ها از نظر صفت بیوماس را می‌توان به تفاوت در صفات فوق نسبت داد. انجام تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام توسط فرهمندفر و همکاران (۹) جهت انتخاب صفات مرتبط با تحمل به شوری در مرحله گیاهچه‌ای برنج نیز به ترتیب وزن خشک اندام هوایی و ریشه را به عنوان صفات مؤثر بر بیوماس گزارش نمود.

به منظور ارزیابی میزان اثر هر یک از صفات فوق بر بیوماس گیاهچه‌ها، از روش تجزیه علیت استفاده شد و همبستگی‌های ژنوتیپی بین بیوماس و صفات فوق به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تفکیک شد. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین اثرات مستقیم به ترتیب مربوط به صفات وزن خشک ساقه (۰/۶۷۳) و وزن تر ریشه (۰/۰۸۷) بودند (جدول ۶).

جدول ۶- تجزیه علیت برای تفکیک همبستگی‌های ژنوتیپی به اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات موثر بر بیوماس گیاهچه‌های برنج در شرایط تنش شوری

صفات	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	وزن تر ساقه	وزن تر ریشه	همبستگی ژنوتیپی با بیوماس
وزن خشک ساقه	۰/۶۷۳	۰/۱۰۲	۰/۰۹۸	۰/۰۶۲	۰/۹۹**
وزن خشک ریشه	۰/۴۳۱	۰/۱۶۰	۰/۰۸۱	۰/۰۶۳	۰/۸۶**
وزن تر ساقه	۰/۵۶۵	۰/۱۱۰	۰/۱۱۷	۰/۰۶۴	۰/۷۷**
وزن تر ریشه	۰/۴۶۴	۰/۱۱۵	۰/۰۸۵	۰/۰۸۷	۰/۷۴**

اعدادی که زیر آن خط کشیده شده است، نشان‌دهنده اثر مستقیم (ضریب علیت) صفات روی بیوماس می‌باشند. ۰/۲۳۶= اثرات باقی‌مانده

همچنین، بیشترین اثرات غیر مستقیم مربوط به وزن تر ساقه از طریق وزن خشک ساقه (۰/۵۶۵) و کمترین اثر غیر مستقیم نیز مربوط به صفت وزن خشک ساقه بود که از طریق وزن تر ریشه (۰/۰۶۲) بر بیوماس گیاهچه‌ها اعمال شد. مقدار آثار باقی‌مانده نیز برابر R=۰/۲۳۶ که مربوط به اشتباه آزمایشی و متغیرهای مستقلی بود که مورد بررسی قرار نگرفته یا ناشناخته می‌باشند.

اگرچه بین وزن خشک ریشه و وزن تر ساقه و ریشه با بیوماس همبستگی مثبت و معنی‌داری ملاحظه شد (جداول ۴ و ۶)، با این وجود اثرات مستقیم آنها بر بیوماس زیاد نبوده و همبستگی معنی‌دار آنها با بیوماس مربوط به اثرات غیر مستقیم آنها بود که اختصاصاً برای هر سه صفت، از طریق وزن خشک ساقه بر بیوماس گیاهچه‌ها اعمال شد. از اینرو به نظر می‌رسد، صفت وزن خشک ساقه به دلیل دارا بودن همبستگی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

ژنوتیپی مثبت و معنی‌دار با بیوماس، اثر مستقیم بالا و اثرات غیرمستقیم بالای صفات دیگر از طریق این صفت، واسطه بین تمامی صفات دیگر بوده و می‌تواند به عنوان معیار گزینش مناسب برای افزایش بیوماس و در نتیجه اصلاح و بهبود تحمل به شوری در لاین‌های مورد مطالعه مورد استفاده قرار گیرد. فرهمندفر و همکاران (۹) نیز با انجام تجزیه علیت در مرحله رشد اولیه گیاهچه‌های برنج، همانند تحقیق حاضر نشان دادند که وزن خشک اندام هوایی دارای بیشترین‌اثر مستقیم بر بیوماس کل بوته‌ها بود.

تجزیه به عامل‌ها

در تجزیه به عامل‌ها انجام شد و نتایج آن در جدول ۷ ارائه گردید. میزان اشتراک اکثر صفات بالا بود و نشان داد که تعداد عامل‌های انتخاب شده مناسب بوده و عامل‌های منتخب توانسته‌اند تغییرات صفات را به نحو مطلوبی توجیه نمایند (جدول ۷).

جدول ۷- نتایج تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد بررسی در فامیل‌های F_4 برنج در شرایط تنش شوری

صفات	بار عامل					میزان اشتراک
	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	
وزن تر ریشه	۰/۸۸۷	-۰/۱۰۳	-۰/۱۶۵	۰/۰۷۷	۰/۰۱۴	۰/۸۳
وزن تر ساقه	۰/۹۱۹	-۰/۰۷۰	-۰/۲۱	۰/۰۴۲	۰/۰۴	۰/۸۹۷
وزن خشک ریشه	۰/۹۰۵	-۰/۰۸۷	-۰/۰۹۶	-۰/۰۲۱	۰/۰۶۳	۰/۸۳۹
وزن خشک ساقه	۰/۹۲۳	-۰/۰۵۴	-۰/۲۰۸	۰/۰۱۶	-۰/۰۱۷	۰/۸۹۹
بیوماس	۰/۹۵۶	-۰/۰۶۶	-۰/۲	۰/۰۱۸	۰/۰۰۳	۰/۹۵۹
امتیاز ارقام	۰/۰۰۹	-۰/۷۶۶	۰/۲۵۵	-۰/۰۰۳	۰/۱۶۵	۰/۶۷۹
طول ریشه	۰/۱۰۵	۰/۶۲۱	-۰/۴۶	۰/۰۲۳	۰/۳۶۹	۰/۵۳۵
طول ساقه	۰/۰۸۸	۰/۳۹	-۰/۱۴۱	-۰/۲۳	-۰/۸۴۲	۰/۸۸۹
درصد سدیم	۰/۴۲۴	۰/۲۳۹	۰/۷۲۶	۰/۲۳۳	-۰/۰۳۹	۰/۹۸۷
درصد پتاسیم	-۰/۰۴۴	۰/۱۲	۰/۰۹۲	۰/۹۸۳	۰/۰۰۷	۰/۹۹۱
نسبت سدیم به پتاسیم	۰/۳۲۴	۰/۱۶۶	۰/۷	-۰/۳۶۲	-۰/۰۸۳	۰/۹۸۹
شاخص کلروفیل	۰/۰۳۳	۰/۷۰۶	-۰/۱۲۱	-۰/۱۵۶	۰/۳۶۳	۰/۶۷۱
درصد واریانس	۴۰/۹۸۳	۱۴/۶۰۶	۱۰/۷۵۳	۹/۸۷۴	۸/۴۹	
درصد واریانس تجمعی	۴۰/۹۸۳	۵۵/۵۸۹	۶۶/۳۴۲	۷۶/۲۱۵	۸۴/۷۰۶	
ریشه مشخصه	۴/۹۱۸	۱/۷۵۳	۱/۲۹	۱/۱۸۵	۱/۰۱۹	

اعدادی که زیر آن خط کشیده شده است، مربوط به صفات با ضرایب عاملی بزرگتر بوده و در یک گروه قرار گرفته‌اند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

در مجموع پنج عامل مستقل، حدود ۸۴/۷ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. عامل اول که عامل بیوماس نامیده شد، ۴۰/۹۸ درصد از کل واریانس داده‌ها را توجیه نمود. در این عامل، بزرگ‌ترین ضرایب عاملی مثبت به ترتیب متعلق به صفات بیوماس، وزن خشک ساقه، وزن تر ساقه، وزن خشک ریشه و وزن تر ریشه بود. با توجه به میزان همبستگی بین صفات موجود در عامل اول، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که این صفات معیارهای انتخاب مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با بیوماس بالا در شرایط شور می‌باشند. اصولاً گیاهانی که بتوانند در شرایط تنش، میزان تولید و بیوماس خود را افزایش دهند، مطلوب می‌باشند یئو و فلاورز (۴۵) بیان کردند که وقتی سرعت رشد و در نتیجه بیوماس بیشتر باشد، سلول‌های بیشتری ساخته شده و واکوئل‌های بیشتری جهت تجمع نمک وجود خواهند داشت.

عامل دوم که عامل تحمل شوری نام‌گذاری شد، ۱۴/۶ درصد از واریانس کل جمعیت را توجیه نمود و در آن صفات طول ریشه و شاخص کلروفیل دارای ضرایب عاملی مثبت و امتیاز ارقام دارای ضریب عاملی منفی بود. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین طول ریشه و شاخص کلروفیل و همبستگی منفی امتیاز ارقام با این دو صفت (جدول ۴) نیز مبین این نکته بود. عامل سوم که ۱۰/۷۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین کرد و عامل محتوای یونی نام‌گذاری شد، دارای ضرایب عاملی بزرگ برای صفات درصد سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم بود. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین این دو صفت نیز مؤید این نکته بود. عامل چهارم که عامل پتاسیم اندام هوایی نامیده شد، ۹/۸۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمود و فقط شامل درصد پتاسیم با ضریب عاملی مثبت و بسیار بالا بود. یون K^+ به دلیل نقش قابل توجه در تورژسانس، توسعه سلول و هم چنین به عنوان یک فاکتور همراه در فعال‌سازی بسیاری از آنزیم‌ها و روزنه‌ها عمل کرده و همبستگی خوبی با تحمل به شوری دارد و در صورت کاهش این یون در شرایط شوری باعث ایجاد اختلال در رشد گیاه برنج می‌شود (۱۴).

در حقیقت، یکی از مکانیسم‌های مقاومت به شوری که در ارقام متحمل دیده می‌شود، انتقال پتاسیم به اندام‌های هوایی و وجود غلظت بیشتر آن در ساقه نسبت به ریشه می‌باشد تا بتواند تنش اسمزی را تنظیم نماید (۳۵). عامل پنجم نیز که عامل ارتفاع گیاهچه‌ها نام گذاری شد، فقط شامل طول ساقه بود و به تنهایی توانست حدود ۸/۴۹ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نماید. ذکر این نکته ضروری است که اگر چه در معادله رگرسیونی و تجزیه علیت (جداول ۴ و ۵)، درصد پتاسیم و طول ساقه به عنوان صفات موثر بر بیوماس گیاهچه‌ها، شناسایی نشدند، اما تجزیه به عامل‌ها قادر به تشخیص اهمیت آنها بوده و آنها را به عنوان عامل‌های مستقل و پنهانی تأثیر گذار در ایجاد تنوع بین لاین‌ها در شرایط شوری معرفی نموده است. یئو و فلاورز (۴۵) معتقدند که ارقامی که مقدار کمتری یون سدیم در اندام‌های هوایی خود انباشته می‌کنند،

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

از سازوکار رقیق‌سازی نمک و تجمع آن در واکوئل‌ها برخوردارند و موفق می‌شوند که از اثرات سوء نمک تا حدودی مصون بمانند. یکی از دلایل تحمل بیشتر ارقام پا بلند برنج نظیر پوکالی نیز همین سازوکار است. با توجه به نتایج تجزیه به عامل‌ها می‌توان نتیجه‌گیری نمود که کاهش صفت موجود در عامل سوم و افزایش صفات مربوط به عامل‌های اول، دوم، چهارم و پنجم منجر به واکنش بهتر گیاه در مواجهه با تنش شوری خواهد شد. تجزیه به عامل‌ها در تحقیق صبوری و همکاران (۳۷) روی صفات گیاهچه و شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش نیز همانند این پژوهش، اهمیت صفات بیوماس، وزن خشک ساقه و درصد پتاسیم جذب شده را نشان داد.

نتایج حاصل از این پژوهش در مرحله گیاهچه‌ای در شرایط شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نشان داد که صفات بیوماس و وزن خشک و تر ریشه و ساقه، در مقایسه با سایر صفات مورد مطالعه نقش مهم‌تری در پاسخ گیاهچه‌های برنج به تنش شوری داشتند و توصیه می‌شود برای افزایش کارآیی انتخاب در جمعیت‌های در حال تفکیک روی صفات نامبرده تأکید بیشتری اعمال گردد. صفات امتیاز ارقام، طول ریشه، شاخص کلروفیل، درصد سدیم، درصد پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم و طول ساقه در درجه بعدی اهمیت قرار داشتند و در صورت لزوم می‌توان از آنها نیز برای گزینش لاین‌های متحمل به شوری در نسل‌های در حال تفرق برنج استفاده نمود.

منابع

1. Ali, Y. and A.R. Awan. 2004. Influence of salinity at seedling stage and on yield and yield yield components of different rice lines. International Journal of Biology and Biotechnology, 1(2): 175-179.
2. Arbuckle, J.L. 2007. Amos 16.0 Users Guide. Amos Development Corporation, Spring House, PA 19477, U.S.A.
3. Bernstein, L., L.E. Francois and R.A. Clark. 1974. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetable. Agronomy Journal, 66: 412-421.
4. Bhowmik, S.K., S. Titov, M.M. Islam, A. Siddika, S. Sultana and M.D.S. Haque. 2009. Phenotypic and genotypic screening of rice genotypes at seedling stage for salt tolerance. Global Journal of Biotechnology & Biochemistry, 4(2): 126-131.
5. Cha-Um, S., T. Trakulyingcharoen, P. Smitamana and C. Kirdmanee. 2009. Salt tolerance in two rice cultivars differing salt tolerant abilities in responses to iso-osmotic stress. Australian Journal of Crop Science, 3(4): 221-230.
6. Croser, C., S. Renault, J. Franklin and J. Zwiazek. 2001. The effets of salinity on the emergence and seedling growth of *Picea mariana*, *Picea glauca*, and *Pinus banksiana*. Environmental Polluation, 115: 9-16.
7. Dionisio-Sese, M.L. and S. Tobita. 2000. Effect of salinity on sodium content and photosynthetic responces of rice seedlings in salt tolerance. Journal of Plant Physiology, 157: 54-58.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

8. Duangjai, S.A., N. Supapoj, T. Toojinda and A. Vanavichit. 2004. Relative leaf water content as an efficient method for evaluating rice cultivars for tolerance to salt stress. Sience Asia, 30: 411-415.
9. Farahmandfar, A., K. Poustini, A. Fallah, R. Tavakol Afshari and F. Moradi. 2009. Effects of salt stress on seed germination and seedling growth of some Iranian rice (*Oryza sativa* L.) genotypes and cultivars. Iranian Journal of Field Crop Science, 3(40): 71-94. (In Persian)
10. Flowers, T.J. and A.R. Yeo. 1981. Variability in the resistance of sodium chloride salinity within rice (*Oryza sativa* L.) varieties. New Phytology, 88: 363-373.
11. Fotokian, M., A. Taleie, B. Ghareyazie, K. Postini, A.A. Shahnejat Bushehri and Z.K. Li. 2004. QTL mapping of genes affecting salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) using microsatellite markers. Iranian Journal of Field Crop Sciences, 6(4): 361-373. (In Persian)
12. Francois, L.E., E. Mass, T.J. Donovand and V.L. Yoongs. 1986. Effect of salinity on grain and quality, vegetative growth and germination of semi dwarf and durum wheat. Agronomy Journal, 78: 1053-1058.
13. Garcia, A.B., E. Almeida, S. Iyer, T. Gerats, M. Vanmontagu and A. Caplan. 1997. Effects of osmoprotectants upon NaCl stress in rice. Plant Physiology, 115: 159-169.
14. Gareia, A.C., A. Rizzo, L. Bartos, D. Senakhi, T.J. Flowers and A.R. Yeo. 1997. Sodium and potassium transport to the xylem independently in rice and the mechanism of sodium: potassium selectivity differs between rice and wheat. Plant Cell and Environment, 20: 1167-1174.
15. Ghorbani, M.H., R. Hosseini and M. Zahed. 2007. The response of ten rice vegetative growth to salinity. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14(5): 1-8. (In Persian)
16. Gregorio, G.B., D. Senadhira and R. Mendoza. 1997. Screening rice for salinity tolerance. IRRI, Dis. Paper No. 22, Los Banos, Philipine. 31 pp.
17. Imad, A.M., S. Nawaz and M. Aslam. 2000. Screening of rice (*oryza sativa* L.) genotypes against NaCl salinity. Journal of Agriculture and Biology, 2: 147-150.
18. Janrdhan, R.P. and R.V. Yanaht. 1982. Note on the salt tolerance of some rice varieties of Andra Pradesh during germination and early seedling growth. Indian Journal of Agricultural Science, 52(7): 472-474.
19. Jian- Kang, Z. 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. Current Opinion in Plant Biology, 6: 441-445.
20. Jian-Fei, W., C. Hong-You, Y. Qing-Li, Y. Ming-Zhe, Z. Guo-An and Z. Hong-Sheng. 2004. Effect of salt concentration and temperature on the screening of salt-tolerance on rice. Chinese Journal of Rice Science, 18(5): 449-454.
21. Kalra, Y.P. 1998. Handbook of reference methods for plant analysis. CRC Press, Boca Raton. New York Washington, D.C. 300 pp.
22. Kumar, V., V. Shiram, N. Jawali and M.G. Shitole. 2007. Differential response of indica rice genotypes to NaCl stress in relation to physiological and biochemical parameters. Archives of Agronomy and Soil Science, 53(5): 581-592.
23. Lang, N.T., S. Yanagihara and B.C. Buu. 2001. A microsatellite marker for gene contributing salt tolerance on rice at the vegetative and reproductive stages. Journal of Breeding and Genetics, 33: 1-10.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

24. Lee, K.S., W.Y. Choi, J.C. Ko, T.S. Kim and G.B. Gregorio. 2003. Salinity toleranc of *japonica* and *indica* rice (*Oryza sativa* L.) at seedling stage. Planta, 216(6): 1043-1046.
25. Lin, H.X., M.Z. Zhu, M. Yano, J.P. Gao, Z.W. Liang, W.A. Su, X.H. Hu, Z.H. Ren and D.Y. Chao. 2004. QTLs for Na and K uptake of the shoots and roots controlling rice salt tolerance. Theoretical and Applied Genetics, 108: 253-260.
26. Lutts, S., J.M. Kinet and J. Bouharmont. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. Journal of Experimental Botany, 46: 1843-1852.
27. Mer, R.K., P.K. Prajith, D.H. Pandya and A.N. Dandey. 2000. Growth of young plants of *Hourdum vulgare*, *Triticum aestivum*, *Cicer aritinum* and *Brassica juncea*. Journal of Agronomy and Crop Science, 185: 209-217.
28. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment, 25: 239-250.
29. Munns, R., R.A. James and A. Lauchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, 57: 1025-1043.
30. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.
31. Nemati, I., F. Moradi, M.A. Esmaeili and S. Gholizadeh. 2009. Ions and total soluble carbohydrates compartmentation in different leaves of rice genotypes in response to salt stress. Plant Production, 16(2): 143-158. (In Persian)
32. Pearson, G.A. and L. Bernstein. 1959. Salinity effects at several growth stages of rice. Agronomy Journal, 51: 654-657.
33. Qureshi, A.S., M. Qadir, N. Heydari, H. Turral and A. Javadi. 2007. A review of management strategies for salt-prone land and water resources in Iran. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka. 30 pp.
34. Raja Babu, C., C. Vijayalakshmi and S. Mohandass. 2005. Evaluation of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes for salt tolerance. Journal of Food Agricultural & Environment, 3(1): 190-194.
35. Rengel, Z. 1992. The role of calcium in salt toxity. Plant Cell Environment, 15: 625-632.
36. Sabouri, H., A.M. Rezaei and A. Moemeni. 2008. Evaluation of salt tolerance in Iranian landrace and improved rice cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 12(45): 47-67. (In Persian)
37. Sabouri, H., A.M. Rezaei, A. Moemeni, M. Kavousi, H. Shokri, M. Allahgholipour and H. Jafarian. 2009. Evaluation of relationship between some traits of Iranian rice (*Oryza sativa*. L.) seedlings under saline conditions. Electronic Journal of Crop Production, 2(4): 1-22. (In Persian)
38. SAS Institute. 2002. The SAS system for windows. Release 9.0. SAS Inst, Cary, NC. USA.
39. Shanon, M.C., J.D. Rhoades, J.H. Draper, S.C. Scardaci and M.D. Spyres. 1998. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in California. Crop Ecology, Production & Management, 38: 394-398.
40. Singh, M.P., D.K. Singh and M. Rai. 2007. Assessment of growth, physiological and biochemical parameters and activities of antioxidative enzymes in salinity tolerant and sensitive Basmati rice varieties. Journal of Agronomy and Crop Science, 193: 398-412.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

41. SPSS Institute. 2007. The SPSS system for windows. Release 16.0. SPSS Inc, IBM Company, Headquarters, USA.
42. SES. 1996. Standard evaluation system for rice 4th ed. INGER Genetics Resourse Center, IRRI, Manila, Philippines. 48 pp.
43. Weimberg, R. 1987. Solute adjustments in leaves of two specious of wheat at two different stages of growth in response to salinity. Physiologia Plantarum, 70: 381-388.
44. Yeo, A.R. and T.J. Flowers. 1983. Varetial differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. Physiologia Plantarum, 59: 189-195.
45. Yeo, A.R. and T.J. Flowers. 1984. Mechanism of salinity resistance in rice and their role as physiological criteria in plant breeding. In: Staples R.C. and G.H. Toenniessen (eds.), Salinity Tolerance in Plants. pp: 151-170. John Willey and Sons, New York, USA.
46. Yoshida, S., D.A. Forno, J.H. Cock and K.A. Gomez. 1976. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. IRRI, Los Baños, Philippines. 83 pp.
47. Zeng, L., J.A. Poss, C. Wilson, A.S.E. Drez, G.B. Gregorio and C.M. Grieve. 2003. Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. Euphytica, 129(3): 281-292.
48. Zhu, J.K. 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science, 6: 66-71.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

Evaluation of Seedling Stage and Identification of Appropriate Selection Criteria in an Rice Segregating Population (*Oryza Sativa* L.) under Salinity Stress Condition

Khadijeh Ghomi[1], Hossein Sabouri[2], Babak Rabiei[3] and Atefeh Sabouri[4]

1 and 4- Former M.Sc. Student and Assistant Professor, University of Guilan
2- Assistant Professor, Gonbad Kavous University
3- Associate Professor, University of Guilan (Corresponding author: rabiei@guilan.ac.ir)
Received: May 21, 2012 Accepted: May 18, 2013

Abstract

The objective of present research was investigating the effects of salinity stress on rice seedling characteristics in order to identify appropriate selection criteria for selecting genotypes in seedling stage under salinity stress conditions. A population of 150 F_4 families derived from a cross between two Iranian cultivars, Sepidrood and Gharib has been evaluated in controlled conditions by electrical conductivity of 12 dS m^{-1} in seedling stage. Analysis of variance showed significant differences between all families for all of the studied traits that were implicated high genetic diversity among families. Calculation of the correlation coefficient revealed high correlation coefficient of phenotyping and genotyping between biomass and shoot dry weight and, therefore, root dry weight and shoot fresh weight had high correlation with biomass, but standard tolerance ranking that was tolerance indices to salinity stress had negative and significant correlation with biomass. Stepwise regression analysis indicated that shoot and root dry and fresh weight had the greatest effects in explanation of lines biomass changes, respectively, so that they canexplain 97% of phenotypic variation for biomass. Path analysis showed that shoot dry weight had high direct effect and thus, it can be introduced as an appropriate selection index to increase biomass and selectinglines for improved salt tolerance. Also, factor analysis revealed five main factors that can explain 84.7% of the total variation among genotypes. Generally, the results of present study indicated that shoot and root dry and fresh weight were more important for producing higherbiomass in salt stress conditions at seedling stage and traits such as standard tolerance ranking, root length, chlorophyll, shoot Na^+ concentration, K^+ concentration, shoot Na^+/K^+ ratio and shoot lengthwere lower important for selecting salt tolerant lines at rice seedling stage.

Keyword: Rice (*Oryza sativa* L.), Salt stress, Path analysis, Factor analysis

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-13]