فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۳، شماره ۵۹، فروردین و اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۳ صفحه: ۳۴۳-۳۶۳
https://doi.org/10.22034/13.59.343

مقاله پژوهشی

مطالعه اثر تنش شوری بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در ژنوتیپ‌های برنج در مرحله گیاهچه‌ای تحت شرایط هیدروپونیک

سیده‌فاطمه محمدی[۱]، نادعلی بابائیان جلودار[۱]، نادعلی باقری[۱*]، قربانعلی نعمت‌زاده قراخیلی[۲] و سیدحمیدرضا هاشمی پطرودی[۲]

[۱] گروه اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[۲] پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی ساری، ساری، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴)

چکیده

برنج از مهم‌ترین محصولات غذایی در جهان است. شوری خاک عملکرد و کیفیت محصول برنج را کاهش می‌دهد. غربال کردن ارقام برنج برای شناسایی ارقام متحمل به شوری برای تولید ارقام جدید و کشت در مناطق شور دارای اهمیت زیادی می‌باشد. در این مطالعه، صفات مورفوفیزیولوژیک ۴۲ ژنوتیپ برنج به همراه ژنوتیپ‌های NONA BOKARA به‌عنوان شاهد متحمل و IR29 به‌عنوان شاهد حساس به شوری در مرحله گیاهچه‌ای در دو سطح صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار شوری (از منبع نمک‌های NaCl، $CaCl_2$، Na_2SO_4) در شرایط هیدروپونیک به صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ برنج، شوری و برهمکنش آن‌ها در تمام صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین نتایج نشان داد که صفات طول ریشه و ساقه، وزن تر و خشک ساقه و ریشه، محتوای نشت الکترولیت، زیست‌توده و شاخص سبزینگی تحت تنش شوری کاهش معنی‌داری نشان دادند. محتوای پرولین تحت تنش شوری افزایش یافته بود. بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات زیست‌توده با وزن خشک ریشه و ساقه وجود دارد. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که صفات زیست‌توده، وزن تر و خشک ساقه، طول ساقه و وزن تر ریشه در مؤلفه اول بیشترین تأثیر را در جهت مثبت داشتند. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای نشان داد که ۱۲ ژنوتیپ به همراه NONA BOKARA در خوشه متحمل قرار گرفتند که می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی برای توسعه ارقام متحمل به شوری مورد استفاده قرار گیرند.

کلمات کلیدی: تجزیه خوشه‌ای، حساس، غربال‌گری، متحمل، همبستگی

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی در جهان است و یکی از اصلی‌ترین منابع غذایی بیش از نیمی از جمعیت جهان است (Mohammadinezhad *et al.*, 2010 ; Zheng *et al.*, 2023). صدگرم برنج حاوی ۳۴۵ کیلوکالری، ۷۸/۲ گرم کربوهیدرات و ۶/۸ گرم پروتئین و مقدار قابل توجهی روی و نیاسین است (Ali *et al.*, 2014). با توجه به قابلیت هضم ۸۸ درصدی برنج، پروتئین آن به‌عنوان غنی‌ترین

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: n.bagheri@sanru.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

پروتئین بیولوژیک شناخته می‌شود. برنج تقریباً ۵۰ تا ۸۰ درصد کالری دریافتی روزانه را در میان طبقه فقیر جامعه تأمین می‌کند. در واقع برنج یک غذای اصلی برای بیش از سه میلیارد نفر در جهان است (Ma *et al*., 2007). کشاورزان آسیایی حدود ۹۲ درصد از کل گروه تولیدکننده برنج جهان را تشکیل می‌دهند. در ایران نیز این گیاه دارای وسعت کاشت ۸۹۲ هزار هکتار و تولید ۴/۴۲ میلیون تن است (FAO, 2020).

شوری پس از خشکسالی دومین مشکل شایع خاک در کشورهای تولیدکننده برنج است و به‌عنوان یک محدودیت جدی برای افزایش تولید برنج در سراسر جهان است (Yokoi *et al*., 2002). حدود شش درصد از مساحت کل زمین تحت تأثیر شوری قرار دارد (Gao *et al*., 2023). شوری خاک نشان‌دهنده وجود افزایش سطوح مختلف نمک‌ها مانند کلرید سدیم، سولفات‌های کلسیم و منیزیم و بی‌کربنات‌ها است که در اثر هوازدگی سنگ‌ها، آبیاری شدید با آب شور، ورود آب دریا به مناطق آب شیرین، مدیریت ضعیف آب، تبخیر زیاد و استفاده منظم از کودهای شیمیایی ایجاد می‌شود (Kumari *et al*., 2019). شوری باعث کاهش رشد، عملکرد و همچنین کاهش ارزش تغذیه‌ای محصولات کشاورزی می‌شود (Yokoi *et al*., 2002; Munns *et al*., 2006). گیاه برنج بسیار حساس به تنش شوری است که به‌عنوان حساس‌ترین محصول غلات به شوری با آستانه ۳ دسی‌زیمنس بر متر ذکر شده است (Mohammadinezhad *et al*., 2010). همچنین این گیاه بیشترین حساسیت را به تنش شوری در مراحل گیاهچه‌ای و رویشی دارد (Somaddar *et al*., 2023). عملکرد برنج در زمین‌های متأثر از نمک به‌طور قابل‌توجهی حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (Eynard *et al*., 2005). همچنین حساسیت برنج به شوری به قدری بالاست که شوری خاک ۶/۵ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش بیش از ۵۰ درصدی عملکرد آن می‌شود.

شدت اثر تنش شوری بر محصول برنج به مرحله رشدی گیاه، شدت و مدت تنش و میزان تحمل ارقام برنج بستگی دارد (Zeng and Shannon, 2000). مطالعات متعدد نشان داد که برنج در طول دوره جوانه‌زنی، رشد رویشی و رسیدگی متحمل به شوری و در مرحله اولیه گیاهچه‌ای (مرحله ۲ تا ۳ برگی)، در طول دوره گرده‌افشانی و خوشه‌دهی حساس به شوری است (Lutts *et al*., 1995). ارزان‌ترین و ساده‌ترین راه برای غلبه بر مشکل شوری از طریق توسعه ارقام متحمل به شوری است. برای این کار، مهم‌ترین مرحله غربال‌گری ژرم‌پلاسم‌های موجود برای شناسایی مواد بالقوه اصلاحی است. برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری، غربال‌گری مرحله گیاهچه اهمیت بیشتری دارد زیرا تغییرات در ژنوتیپ‌ها در این مرحله از نظر ژنتیکی قابل کنترل است (Ali *et al*., 2014). همچنین با غربال‌گری در مرحله گیاهچه‌ای صرفه‌جویی قابل‌توجهی در زمان شده و سطوح تنش را نیز می‌توان به خوبی در این مرحله کنترل کرد (Arifuddin *et al*., 2021). علاوه‌براین، غربال‌گری در سطح مزرعه به‌دلیل ناهمگونی خاک، عوامل اقلیمی و سایر عوامل محیطی که ممکن است بر مراحل فیزیولوژیکی تأثیر بگذارد، دشوار است. از این‌رو، غربال‌گری در شرایط آزمایشگاهی نسبت به غربال‌گری در شرایط مزرعه دارای مزیت است (Ali *et al*., 2014). بنابراین، غربال‌گری مورفولوژیکی ژنوتیپ‌های برنج از نظر تحمل به شوری را می‌توان با استفاده از پارامترهای معرفی شده به‌عنوان شاخص‌های مؤثر شوری مانند طول ریشه، طول ساقه، زیست‌توده گیاهی و نسبت یون سدیم به یون کلسیم ساقه در شرایط آزمایشگاهی انجام داد (Flowers and Yeo, 1995; Zeng *et al*., 2007). علاوه‌براین، غربال‌گری ژنوتیپ‌ها در شرایط کنترل‌شده اثرات جانبی محیط را در سیستم به حداقل می‌رساند و سیستم هیدروپونیک به دلیل عاری بودن از مشکلات ناشی از عوامل تنش مرتبط با خاک برای این منظور دارای ارجحیت است (Bhowmik *et al*., 2007).

مطالعات متعددی در مورد ارزیابی تحمل به شوری و غربال‌گری ارقام برنج در مرحله گیاهچه‌ای انجام شده است. Zhang و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای ۱۱۴ رقم برنج در شرایط بدون تنش شوری و تنش شوری (۱۲۰ میلی‌مولار) در مرحله جوانه‌زنی مورد بررسی قرار داده و واریته‌های متحمل و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

حساس به شوری را شناسایی کردند. در مطالعه‌ای دیگر Rasel و همکاران (۲۰۲۰)، ۲۸ ژنوتیپ برنج را به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی از نظر تحمل به شوری در مرحله گیاهچه‌ای در شرایط هیدروپونیک مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها از دو سطح شوری ۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر (شاهد) و ۷ دسی‌زیمنس بر متر برای ۱۸ روز استفاده کردند و صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که کاهش معنی‌داری در همه صفات مشاهده شد و این کاهش در صفات در ژنوتیپ‌های متحمل به شوری کمتر مشاهده شد. همچنین Ali و همکاران (۲۰۱۴) به‌منظور بررسی تحمل به شوری ۳۳ رقم برنج در مرحله گیاهچه‌ای، پارامترهای رشد مانند طول ریشه و ساقه و زیست‌توده را ۱۲ روز بعد از تیمار تنش شوری در غلظت‌های مختلف اندازه‌گیری و دریافتند صفات مورد بررسی با افزایش غلظت شوری کاهش معنی‌داری داشتند. محمدی و همکاران (۱۳۹۷) واکنش ژنوتیپ‌های مختلف برنج در پاسخ به شوری در مرحله جوانه‌زنی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که تنش شوری موجب کاهش معنی‌داری در صفات مورد مطالعه شد. کامروا و همکاران (۱۴۰۰) در بررسی اثر تنش شوری بر صفات فیزیولوژیک چند رقم برنج در محیط هیدروپونیک بیان داشتند که تنش شوری باعث افزایش مقدار پرولین و محتوای یون سدیم و کاهش شاخص سبزینگی و محتوای پتاسیم می‌شود.

واریته‌های متحمل و حساس به شوری را می‌توان از طریق غربال‌گری انواع واریته‌ها و ژنوتیپ‌های برنج و با تجزیه و تحلیل صفات مورفولوژیکی و مکانیسم فیزیولوژیکی تحمل به شوری بدست آورد (Zhang *et al.*, 2021). در واقع توسعه و غربال‌گری ارقام برنج متحمل به شوری، اثرات شوری بر تولید برنج را تعدیل می‌کند و به پیشرفت به سمت امنیت غذایی در مقیاس جهانی کمک می‌کند. علاوه‌براین، با کاشت ارقام برنج متحمل به شوری، می‌توان کارایی اراضی برنج را در مناطق شور افزایش داد. همچنین، غربال‌گری ژنوتیپ‌های برنج از نظر تحمل به شوری در مراحل اولیه ممکن است برای غربال‌گری تحمل به شوری مهم باشد زیرا صرفه‌جویی قابل‌توجهی در زمان می‌شود. بنابراین، هدف اصلی مطالعه حاضر غربال‌گری ارقام برنج متحمل به شوری تحت شرایط عدم تنش شوری و تنش شوری از ۴۲ ژنوتیپ برنج در مرحله گیاهچه‌ای و تعیین ارقام بسیار متحمل و حساس به شوری است. نتایج حاصل از این مطالعه به محققان کمک می‌کند تا ژرم‌پلاسم‌های برنج با تحمل شوری بالا را برای توسعه و استفاده در مناطق شور انتخاب کنند.

مواد و روش‌ها

کشت گیاه و اعمال تنش: مطالعه حاضر در گلخانه تحقیقاتی واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. دمای محیط گلخانه با نصب فن کولر و ترموستات تنظیم گردید و دما بین ۲۵ درجه سانتی‌گراد در شب و ۳۰ درجه در روز تنظیم شد. به‌منظور مطالعه تحمل به تنش شوری، تعداد ۴۲ ژنوتیپ برنج به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در مرحله گیاهچه‌ای در دو سطح شاهد (بدون شوری) و شوری (۱۰۰ میلی‌مولار) مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۱). از ژنوتیپ NONA BOKARA به‌عنوان شاهد متحمل و IR29 به‌عنوان شاهد حساس به شوری استفاده شد (Kranto *et al.*, 2016).

بذور ژنوتیپ‌های برنج با استفاده از هیپوکلرید سدیم دو درصد حجمی و الکل ۷۰ درصد ضدعفونی شدند. سپس بذور برای جوانه‌زنی در داخل پتری‌دیش حاوی کاغذ صافی مرطوب قرار داده و به مدت سه روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در شرایط تاریکی انکوبه شده تا جوانه‌زنی القا شود (Rasel *et al.*, 2021). سپس بذور جوانه‌زده شده با رشد کافی به تشت‌های چهار لیتری محیط‌کشت هیدروپونیک حاوی محلول یوشیدا (Yoshida *et al.*, 1971) با pH حدود ۵/۵–۵ منتقل شدند. این محلول به‌طور هفتگی تعویض و pH محیط به‌طور منظم با دستگاه pHمتر کنترل شد. چهار هفته بعد از استقرار و رشد گیاهچه‌های برنج در محیط‌کشت هیدروپونیک، تنش شوری اعمال شد (کامروا و همکاران، ۱۴۰۰).

برای اعمال تنش شوری،۱۰۰ میلی‌مولار از مخلوط

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ۱- فهرست ژنوتیپ‌های برنج مورد استفاده در این مطالعه

تلاقی (والد نر× والد ماده)	نام ژنوتیپ	شماره	تلاقی (والد نر×والد ماده)	نام ژنوتیپ	شماره
موتانت طارم محلی×جلودار	LF24	۲۳	P103	IR29	۱
موتانت طارم محلی×جلودار	LF35	۲۴	P101	NONA BOKRA	۲
موتانت طارم محلی×جلودار	LF37	۲۵	نوک سیاه×دانش	LA10	۳
موتانت طارم محلی×جلودار	LF48	۲۶	نوک سیاه×دانش	LA7	۴
موسی طارم×دانش	LG1	۲۷	نوک سیاه×دانش	LA5	۵
موسی طارم×دانش	LG3	۲۸	نوک سیاه×دانش	LA4	۶
229R×دانش	LH6	۲۹	باسماتی 370×دانش	LB1	۷
229R×دانش	LH2	۳۰	باسماتی 370×دانش	LB4	۸
229R×دانش	LH12	۳۱	باسماتی 370×دانش	LB5	۹
باسماتی 370×جلودار	LI3	۳۲	طارم محلی×طارم جلودار	LC3	۱۰
باسماتی 370×جلودار	LI6	۳۳	جهش×دانش	LD9	۱۱
باسماتی 370×جلودار	LI11	۳۴	جهش×دانش	LD12	۱۲
سنگ طارم×جلودار	LL1	۳۵	جهش×دانش	LD16	۱۳
جهش×جلودار	LN1	۳۶	بینام×دانش	LE3	۱۴
جهش×جلودار	LN3	۳۷	بینام×دانش	LE5	۱۵
جهش×جلودار	LN8	۳۸	بینام×دانش	LE6	۱۶
229R×جلودار	LP4	۳۹	بینام×دانش	LE8	۱۷
229R×جلودار	LP5	۴۰	موتانت طارم محلی×جلودار	LF7	۱۸
229R×جلودار	LP6	۴۱	موتانت طارم محلی×دانش	LS3	۱۹
بینام×جلودار	LT2	۴۲	موتانت طارم محلی×جلودار	LF13	۲۰
بینام×جلودار	LT4	۴۳	موتانت طارم محلی×جلودار	LF15	۲۱
موتانت طارم محلی×دانش	LS2	۴۴	موتانت طارم محلی×جلودار	LF19	۲۲

نمک‌های NaCl، $CaCl_2$ و Na_2SO_4 با نسبت ۷: ۲: ۱ استفاده گردید (Kumari *et al.*, 2019) و در محلول یوشیدا به گیاهچه‌های برنج اضافه و این شرایط تا ۱۴ روز ادامه داشت. هدایت الکتریکی (EC) محیط با استفاده از دستگاه ECمتر اندزه‌گیری شد. در تیمار شاهد، گیاهچه‌ها در محلول غذایی بدون افزودن نمک رشد کردند. ۱۴ روز بعد از اعمال تنش شوری از گیاهچه‌های برنج برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک نمونه‌برداری شد (Kumari *et al.*, 2019). داده‌های صفات مختلف گیاهی از ۱۰ گیاهچه در هر تکرار برای هر ژنوتیپ گرفته و سپس میانگین گرفته شد.

پارامترهای مختلف رشد مانند طول ریشه، طول ساقه، وزن تر ریشه و وزن تر ساقه، وزن خشک ریشه و وزن خشک ساقه تعیین شد (Rasel *et al.*, 2021). طول ریشه از ناحیه شروع ساقه تا نوک ریشه و طول ساقه با کسر طول گیاه از طول ریشه اندازه‌گیری شد. بلافاصله پس از برداشت، نمونه‌های ساقه از ریشه جدا شده و وزن تر ریشه و وزن تر ساقه با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک ریشه و وزن خشک ساقه، نمونه‌های گیاهی به‌طور جداگانه در یک پاکت قرار داده شدند و سپس در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه روز در آون خشک شدند

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

(Rasel *et al.*, 2021). شاخص سبزینگی برگ (در قسمت میانی برگ دوم) با استفاده از دستگاه SPADمتر (SPAD-502، مینولتا، ژاپن) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری نشت الکترولیت: شاخص پایداری غشا با ثبت هدایت الکتریکی شیرابه‌های برگ در آب مقطر دوبار در دمای ۴۰ و ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد (Sairam *et al.*, 2002). دیسک‌های برگی (۰/۱ گرم) با اندازه یکنواخت بریده و در لوله‌های آزمایشی حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب دوبار مقطر قرار گرفتند. لوله‌های آزمایش ابتدا در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه و هدایت الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شد (EC1) و در مرحله بعد نمونه‌ها در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در حمام آب گرم به مدت ۱۵ دقیقه نگه داشته شد و هدایت الکتریکی مربوطه آن‌ها (EC2) با ECمتر اندازه‌گیری شد. میزان نشت الکتریکی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$EC = [1 - (\frac{EC1}{EC2})] \times 100$$

اندازه‌گیری محتوای پرولین: محتوای پرولین از بافت برگ ژنوتیپ‌های برنج با استفاده از روش Rasel و همکاران (۲۰۲۰) با اندکی تغییر انجام شد (Rasel *et al.*, 2020). حدود ۵۰ میلی‌گرم از نمونه برگ تازه با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد در هاون با همزن همگن شد. هموژن در g ۸۰۰۰ سانتریفیوژ شد و سپس ۲ میلی‌لیتر از مایع رویی به تیوب جدید منتقل شد. پس از آن، ۲ میلی‌لیتر معرف اسید نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال مخلوط شدند و مخلوط به‌طور کامل تکان داده شد. لوله‌ها به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در یک حمام آب گرم انکوبه شدند و در ادامه مخلوط واکنش در حمام یخ قرار داده شد. چهار میلی‌لیتر تولوئن به هر یک از لوله‌ها اضافه شد و سپس به مدت ۱۵–۲۰ ثانیه به شدت هم زده شدند. تولوئن از فاز آبی جدا و با دقت جمع‌آوری شد. جذب تولوئن جمع‌آوری‌شده در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر (Shimadzu، UV-1201، کیوتو، ژاپن) در برابر بلانک اندازه‌گیری شد. غلظت پرولین با استفاده از منحنی استاندارد تخمین زده شد و به صورت میکرومول در یک گرم وزن تر برگ بیان شد.

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS نسخه ۲۶، STATGRAPH نسخه ۱۹ و SAS نسخه نه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. روش‌های آماری چند متغیره از جمله تجزیه ضرایب همبستگی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رگرسیون مرحله‌ای برای صفات مورد مطالعه انجام گرفت. با استفاده از روش وارد (Ward) و براساس ضریب تشابه فاصله اقلیدوسی خوشه‌بندی ژنوتیپ‌های برنج انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف برنج تحت تنش شوری نشان داد که اثر ژنوتیپ، شوری و برهمکنش ژنوتیپ آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). این نتایج نشان می‌دهد که بین ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه از لحاظ پاسخ به تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای تفاوت ژنتیکی وجود دارد.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و ژنوتیپ‌های برنج برای صفت طول ساقه نشان داد ژنوتیپ LA7 دارای بیشترین طول ساقه (۵۱/۵۰ سانتی‌متر) در شرایط عدم تنش شوری و IR29 دارای کمترین طول ساقه (۱۴/۲۶ سانتی‌متر) در شرایط تنش شوری بود (جدول ۳). تحت شرایط عدم تنش شوری ژنوتیپ‌های LA7 و LN8 دارای بیشترین طول ساقه و ژنوتیپ‌های IR29 و NONA BOKRA دارای کمترین طول ساقه بودند. در شرایط تنش ژنوتیپ LI6 دارای بیشترین طول ساقه و ژنوتیپ IR29 به‌عنوان شاهد حساس دارای کمترین طول ساقه بود. برهمکنش تنش شوری و ژنوتیپ‌های برنج نشان داد که تنش شوری باعث کاهش ارتفاع گیاه شد به‌طوری‌که IR29 دارای بیشترین (۳۹/۲۹ درصد) و NONA BOKRA کمترین کاهش را در طول ساقه (۱/۳۴ درصد) نشان داد (جدول ۴). نتایج مشابهی هم توسط Ali و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ**های مختلف برنج تحت تنش شوری در محیط هیدروپونیک**

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ساقه	طول ریشه	وزن تر ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک ساقه
شوری (S)	۱	۵۴۲۵/۴۹۳**	۱۰۳/۶۲۶**	۲/۹۰۸**	۰/۳۴۸۲**	۰/۰۵۸**
خطای اصلی (E_a)	۴	۰/۷۹۳	۰/۰۲۹	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۰۰۰۵
ژنوتیپ (G)	۴۳	۱۶۶/۳۹۹**	۲۹/۱۹۰**	۰/۰۴۹**	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۱**
(G×S)	۴۳	۳۶/۶۱۴**	۱۸/۷۸۱**	۰/۰۲۴**	۰/۰۰۸۱**	۰/۰۰۰**
خطای آزمایش (E_b)	۱۷۲	۰/۳۵۷	۰/۱۶۳	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۰۴
ضریب تغییرات (٪)		۱/۷۱	۳/۹۳	۹/۷۷	۵/۱۳	۳/۷۷

**** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد است.**

ادامه جدول ۲-

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	پرولین	نشت الکترولیت	شاخص سبزینگی	زیست‌توده
شوری (S)	۱	۰/۰۰۷**	۰/۰۴۲**	۲۰۹۹/۵۲۹**	۹۲۹۷/۵۳۴**	۰/۱۰۴**
خطای اصلی (E_a)	۴	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲۰	۰/۰۸۶	۰/۰۰۰۰۱
ژنوتیپ (G)	۴۳	۰/۰۰۱**	۰/۰۳۱**	۸۱۳/۲۲۷**	۶۵/۱۵۹**	۰/۰۰۲**
(G×S)	۴۳	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۳۰**	۶۸۶/۲۵۷**	۷۸/۹۰۵**	۰/۰۰۱**
خطای آزمایش (E_b)	۱۷۲	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۸۹۳	۰/۵۳۳	۰/۰۰۰۰۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۷/۱۴	۸/۶۲	۱/۵۷	۳/۰۲	۳/۴

**** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد است.**

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف برنج تحت تنش شوری در محیط هیدروپونیک

ژنوتیپ/تیمار	طول ساقه	طول ریشه	وزن تر ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	پرولین	نشت الکترولیت	شاخص سبزینگی	زیست توده
IR29-N	۲۳/۵^{yz}	۱۲/۸۳$^{g-f}$	۰/۲۰۷^{qrs}	۰/۱۱۵^{mno}	۰/۰۴۷^{jkl}	۰/۰۱۴^{mno}	۰/۲۴۵^{ijk}	۶۳/۶۸^{m}	۳۱/۸۸^{efg}	۰/۰۶۱^{kl}
IR29-S	۱۴/۲۶^{z}	۷/۵$^{v-x}$	۰/۱۰^{wx}	۰/۰۵۷^{t}	۰/۰۰۹^{u}	۰/۰۰۵^{vwx}	۰/۱۷۹^{qrs}	۸۸/۱۶^{c}	۱۹/۵۶^{opq}	۰/۰۱۴^{w}
NONA-N	۲۴/۸۳^{yz}	۹/۵^{rs}	۰/۳۲۵^{kl}	۰/۱۴۱^{kl}	۰/۰۵۱^{jk}	۰/۰۱۴^{mno}	۰/۱۶۸^{rst}	۵۱/۸۶^{qr}	۳۱/۴^{fgh}	۰/۰۶۵^{jkl}
NONA-S	۲۴/۴۳^{yz}	۹/۴۳$^{r-t}$	۰/۳۱^{klm}	۰/۲۲۶^{efg}	۰/۰۵۰^{jk}	۰/۰۱۴^{mno}	۰/۱۵^{tuv}	۴۸/۹۳^{rs}	۳۰/۱۰^{fghi}	۰/۰۶۴^{jkl}
LA10-N	۳۲/۵^{tu}	۱۲/۱۶$^{g-i}$	۰/۳۹^{gh}	۰/۱۳^{klm}	۰/۰۸^{ef}	۰/۰۸۵^{a}	۰/۳۸۹^{d}	۳۶/۷۴^{w}	۳۵/۵^{def}	۰/۱۶۵^{a}
LA10-S	۲۸/۵^{x}	۷^{wx}	۰/۱۵^{u}	۰/۰۸۱^{pqr}	۰/۰۳۱^{op}	۰/۰۰۸^{stu}	۰/۲۶۵^{ghi}	۶۹/۱۵^{kl}	۱۹/۱۵^{opq}	۰/۰۳۹^{opq}
LA7-N	۵۱/۵^{a}	۵/۸۳^{x}	۰/۶^{b}	۰/۱۹^{ghi}	۰/۰۸۷^{cd}	۰/۰۱۷^{jkl}	۰/۳۰۹^{efg}	۴۷/۷۶^{rst}	۳۶/۹۵^{b}	۰/۱۰۲^{def}
LA7-S	۳۸/۷۳^{kl}	۷/۲۳^{wx}	۰/۱۸۵^{rst}	۰/۰۳۷^{u}	۰/۰۳۹^{lmn}	۰/۰۰۸^{stu}	۰/۱۶۳^{rst}	۷۲/۶۷^{hij}	۲۴/۰۸^{mno}	۰/۰۴۷^{mno}
LA5-N	۴۳/۵^{gh}	۹/۸۳^{qr}	۰/۵۱۶^{c}	۰/۲۴^{ef}	۰/۰۸^{ef}	۰/۰۲۱^{fgh}	۰/۱۵۵^{stu}	۸۱/۰۷^{def}	۳۳/۷۶^{de}	۰/۱۰۱^{ef}
LA5-S	۲۷/۱۶^{xyz}	۹/۷۳^{qrs}	۰/۱^{wx}	۰/۰۶۵^{qrs}	۰/۰۲۵^{rs}	۰/۰۰۶^{uvw}	۰/۱۱۲^{wxy}	۸۰/۶۷^{ef}	۱۰/۹۵^{w}	۰/۰۳۱^{tu}
LA4-N	۳۶/۵^{no}	۶/۴۰^{wx}	۰/۳۶^{ij}	۰/۱۸۵^{hi}	۰/۰۶۲^{ghi}	۰/۰۲^{ghi}	۰/۲۱۳^{mno}	۵۳/۹۹^{pqr}	۳۳/۷۶^{de}	۰/۰۸۲^{ghi}
LA4-S	۳۵/۶۶^{op}	۹/۱۰$^{s-u}$	۰/۴۱^{fg}	۰/۱۲۴^{lmn}	۰/۰۴۱^{lm}	۰/۰۱۱^{pq}	۰/۲۷۸^{gh}	۲۶/۷۹^{y}	۲۰/۱۶^{op}	۰/۰۵۲^{lmn}

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

LB1-N	۳۲/۵^{tu}	۱۰/۷۳$^{m-o}$	۰/۴۷^{cde}	۰/۱۹۲^{efg}	۰/۰۶۸^{fgh}	۰/۰۱۸^{ijk}	۰/۰۱۸^{z}	۸۲/۰۲^{de}	۲۹/۶۵^{ghi}	۰/۰۸۶^{gh}
LB1-S	۲۹/۵^{v}	۱۱/۵i^{-m}	۰/۰۸۵^{wx}	۰/۰۹^{opq}	۰/۰۲۶^{qrs}	۰/۰۰۷^{tuv}	۰/۲۴۴^{ijk}	۷۵/۲۳^{hi}	۱۴/۸۳^{tu}	۰/۰۳۳^{qrs}
LB4-N	۴۱/۵^{i}	۱۱/۵i^{-m}	۰/۵^{cd}	۰/۳۲^{b}	۰/۰۸۷^{cd}	۰/۰۳^{d}	۰/۲۱۳^{mno}	۵۰/۲۵^{qrs}	۳۳/۲۵^{def}	۰/۱۱۷^{cd}
LB4-S	۳۳/۶۶^{rs}	۱۴/۹^{c}	۰/۲۵^{op}	۰/۲۱^{fg}	۰/۰۴۴^{kl}	۰/۰۱۳^{nop}	۰/۱۱۵^{wxy}	۸۳/۴۰^{de}	۱۹/۸^{op}	۰/۰۵۷^{klm}
LB5-N	۳۷/۵^{mn}	۷/۸۳$^{v-x}$	۰/۳۵^{jk}	۰/۲۱^{fg}	۰/۰۶۰^{ghi}	۰/۰۲۲^{fg}	۰/۲۳۱^{kl}	۴۹/۵۸^{qrs}	۲۷/۱۶^{ijk}	۰/۰۸۲^{ghi}
LB5-S	۳۲/۵^{tu}	۸/۱^{vw}	۰/۱۵^{u}	۰/۰۹^{opq}	۰/۰۳۱^{op}	۰/۰۱^{qrs}	۰/۵۰۸^{b}	۴۹/۱۴^{qrs}	۱۳/۶۳^{tu}	۰/۰۴۱^{opq}
LC3-N	۴۸/۷۳^{b}	۹/۴۰$^{r-t}$	۰/۳۸۵^{gh}	۰/۱۹^{ghi}	۰/۰۵۵^{ijk}	۰/۰۱۲^{opq}	۰/۳۰۶^{efg}	۴۰/۷۷^{vw}	۳۴/۹^{bcd}	۰/۰۶۷^{jk}
LC3-S	۳۰/۵^{v}	۶/۰۶^{x}	۰/۱۴^{uv}	۰/۰۹۵^{opq}	۰/۰۳۲^{op}	۰/۰۰۷^{tuv}	۰/۲۱۳^{mno}	۸۶/۹۷^{d}	۱۳/۴۶^{tu}	۰/۰۳۹^{opq}
LD9-N	۴۶/۵^{de}	۱۰/۴۰^{op}	۰/۴۴^{ef}	۰/۲۲۵^{efg}	۰/۰۸^{ef}	۰/۰۲۱^{fgh}	۰/۲۴۴^{ijk}	۵۶/۷۱^{op}	۳۳/۹^{de}	۰/۱۰۱^{ef}
LD9-S	۳۵/۵^{op}	۸/۲۳^{vw}	۰/۱۹^{rst}	۰/۱^{opq}	۰/۰۴۹^{jk}	۰/۰۱۲^{opq}	۰/۲۹۱^{fgh}	۷۳/۱۲^{hij}	۱۳/۹^{tu}	۰/۰۶۱^{kl}
LD12-N	۴۸/۵^{bc}	۱۱$^{l-o}$	۰/۷۱۶^{a}	۰/۳۵۵^{a}	۰/۰۹۵^{ab}	۰/۰۳۶^{b}	۰/۱۷۹^{qrs}	۷۰/۱۹^{k}	۳۸/۱^{a}	۰/۱۳۱^{b}
LD12-S	۳۴/۵$^{p-s}$	۶/۲۶^{x}	۰/۲^{qrs}	۰/۱۱^{nop}	۰/۰۵۳^{ijk}	۰/۰۰۹^{rst}	۰/۳۱۷^{ef}	۸۶/۸۱^{d}	۱۸/۴^{pq}	۰/۰۶۲^{kl}
LD16-N	۴۰/۱۶^{j}	۱۱/۵$^{i-m}$	۰/۵۰۶^{cd}	۰/۲۷۶^{d}	۰/۰۸۷^{cd}	۰/۰۳۲^{c}	۰/۰۷۳^{xy}	۸۴/۱۴^{de}	۳۱/۹^{efg}	۰/۱۱۹^{cd}
LD16-S	۲۶/۵^{yz}	۴/۲۳^{y}	۰/۰۸^{wx}	۰/۰۵۵^{t}	۰/۰۲۶^{qrs}	۰/۰۰۸^{stu}	۰/۲۲۱^{lmn}	۵۴/۲۸^{pqr}	۱۶/۲۵^{s}	۰/۰۳۴^{qrs}
LE3-N	۳۳/۵st	۸/۹$^{t-v}$	۰/۲۱۵^{qr}	۰/۱۳۱^{klm}	۰/۰۴۵^{jkl}	۰/۰۱۳^{nop}	۰/۱۶۷^{rst}	۵۱/۲۹^{qr}	۳۳/۹۵^{de}	۰/۰۵۸^{klm}
LE3-S	۳۱/۵^{uv}	۶/۲۳^{x}	۰/۱۴^{uv}	۰/۰۸۷^{pq}	۰/۰۴^{lm}	۰/۰۰۷^{tuv}	۰/۶۷۵^{a}	۶۹/۳۱^{kl}	۱۰/۵^{w}	۰/۰۴۷^{mno}
LE5-N	۴۲/۸۳^{h}	۱۵^{c}	۰/۵^{cd}	۰/۲۹۵^{c}	۰/۰۷۷^{f}	۰/۰۳^{d}	۰/۲۵۵^{hij}	۴۴/۸۴^{stu}	۳۱/۷^{efg}	۰/۱۰۷^{de}
LE5-S	۲۸^{y}	۷/۲۳^{wx}	۰/۱۱۵^{vwx}	۰/۱۲۲^{lmn}	۰/۰۳۴^{no}	۰/۰۱^{qrs}	۰/۳۶۶^{de}	۴۶/۷۶st	۱۶/۶۶^{s}	۰/۰۴۴^{nop}
LE6-N	۳۶/۵^{no}	۱۵/۵^{bc}	۰/۴۴۶^{ef}	۰/۲۹۵^{c}	۰/۰۷۷^{f}	۰/۰۲^{ghi}	۰/۰۹۷^{wxy}	۶۱/۳۱^{mno}	۲۷/۰۳^{ijk}	۰/۰۹۷^{efg}
LE6-S	۲۶/۵^{yz}	۹$^{s-u}$	۰/۱۶^{tu}	۰/۱۳۵^{klm}	۰/۰۳۹^{lmn}	۰/۰۱۱^{pqr}	۰/۲۱۹^{lmn}	۶۲/۸۰^{mn}	۲۲/۷^{nop}	۰/۰۵^{mn}
LE8-N	۴۱/۵^{i}	۱۱/۹$^{h-k}$	۰/۴۲^{f}	۰/۱۸۵^{hi}	۰/۰۶۹^{fgh}	۰/۰۱۸^{ijk}	۰/۱۹۵^{opq}	۴۳/۳۱^{tuv}	۳۵/۸۳^{bc}	۰/۰۸۷^{fgh}
LE8-S	۲۹/۵^{w}	۳/۵^{z}	۰/۰۶۵^{z}	۰/۰۵۶^{t}	۰/۰۲^{t}	۰/۰۰۳^{xy}	۰/۲۸۸^{fgh}	۶۳/۷۴^{m}	۱۳/۴^{tu}	۰/۰۲۳^{v}
LF7-N	۴۴/۵^{fg}	۱۱$^{l-o}$	۰/۴۵^{de}	۰/۱۹^{ghi}	۰/۰۶۵^{fgh}	۰/۰۱۵۱^{mn}	۰/۱۴۱^{vw}	۷۷/۹۳^{g}	۲۸/۳۵^{ij}	۰/۰۸۳^{ghi}
LF7-S	۲۹/۵^{w}	۸/۱۶۶^{vw}	۰/۱۲^{vw}	۰/۰۷۵^{qr}	۰/۰۲۹^{pq}	۰/۰۰۵^{vwx}	۰/۳۹^{d}	۸۰/۶۸^{ef}	۱۲/۶^{v}	۰/۰۳۴^{qrs}
LS3-N	۳۴/۶۶$^{p-r}$	۹/۲۳^{uv}	۰/۳۶^{ij}	۰/۱۲۱^{mn}	۰/۰۵۴^{ijk}	۰/۰۱۴^{mno}	۰/۱۵۲^{tu}	۵۹/۴۶^{nop}	۳۰/۷^{fgh}	۰/۰۶۸^{jk}
LS3-S	۳۰/۵^{v}	۱۰/۲۳$^{o-q}$	۰/۱۷^{stu}	۰/۱۰۸۳^{nop}	۰/۰۴۵^{jkl}	۰/۰۰۹^{rst}	۰/۱۶۴^{rst}	۴۸/۴۴^{rs}	۲۷/۰۶^{ijk}	۰/۰۵۴^{lmn}
LF13-N	۲۸/۸۳^{wx}	۱۱/۹$^{h-k}$	۰/۲۲۵^{pqr}	۰/۲۲۵^{efg}	۰/۰۴۵^{jkl}	۰/۰۱۲^{opq}	۰/۳۱۲^{ef}	۴۹/۶۹^{qrs}	۳۴/۳^{cd}	۰/۰۵۷^{klm}
LF13-S	۲۴/۵^{yz}	۸/۵$^{u-w}$	۰/۰۷^{wxz}	۰/۰۷۵^{qr}	۰/۰۲۵^{rs}	۰/۰۰۷^{tuv}	۰/۲۸۳^{fgh}	۵۰/۴^{qrs}	۱۱/۴^{vw}	۰/۰۳۲^{stu}
LF15-N	۳۱/۵^{uv}	۸/۲۳^{vw}	۰/۳^{lm}	۰/۱۲۵^{lmn}	۰/۰۴۵^{jkl}	۰/۰۱۲^{op}	۰/۱۹۶^{opq}	۸۹/۱۱^{b}	۳۴/۵۵^{cd}	۰/۰۵۷^{klm}
LF15-S	۲۷/۵^{xy}	۶/۲۳^{x}	۰/۰۶۵^{z}	۰/۰۷۵^{qr}	۰/۰۳^{opq}	۰/۰۰۶^{uvw}	۰/۱۶۴^{rst}	۷۳/۶۳^{hij}	۱۰/۹^{w}	۰/۰۳۶^{pqr}
LF19-N	۴۱/۵^{i}	۱۲/۵$^{f-h}$	۰/۵۶^{bc}	۰/۱۶۵^{ij}	۰/۰۸۲^{de}	۰/۰۱۳^{nop}	۰/۲۰۴^{nop}	۶۲/۳۳^{mn}	۳۴/۳۶^{cd}	۰/۰۹۵^{fg}
LF19-S	۳۵/۵^{op}	۱۵/۵۶^{bc}	۰/۳۷^{hi}	۰/۱۱۵^{mno}	۰/۰۶۵^{gh}	۰/۰۱^{qrs}	۰/۱۶۵^{rst}	۳۳/۲۴^{w}	۲۳/۸^{no}	۰/۰۷۵^{hij}
LF24-N	۳۸/۵$^{k-m}$	۷^{wx}	۰/۴۸^{cde}	۰/۱۲۵^{lmn}	۰/۰۸۵^{de}	۰/۰۱۳^{nop}	۰/۲۰۶^{nop}	۴۸/۸۱^{rs}	۲۳/۸۳^{no}	۰/۰۹۸^{defg}
LF24-S	۳۴/۵$^{p-s}$	۱۲$^{h-j}$	۰/۴۵^{de}	۰/۱۶۲^{ijk}	۰/۰۵۷^{ij}	۰/۰۰۷^{tuv}	۰/۲۳۲^{kl}	۳۸/۸۴^{vw}	۲۳/۵^{no}	۰/۰۶۴^{jkl}
LF35-N	۴۷/۵^{cd}	۷/۵$^{v-x}$	۰/۵۱^{c}	۰/۱۶۵^{ij}	۰/۰۷۲^{fg}	۰/۰۱۴^{mno}	۰/۳۴۱^{de}	۲۵/۵۶^{z}	۲۶/۳۶^{kl}	۰/۰۸۶^{gh}
LF35-S	۳۳/۵st	۹/۹^{qr}	۰/۲۴^{opq}	۰/۱۱۵^{mno}	۰/۰۴۱^{mn}	۰/۰۰۶^{uvw}	۰/۱۳۷^{vw}	۷۲/۲۲^{hij}	۲۲/۶^{nop}	۰/۰۴۶^{no}
LF37-N	۳۹/۹۰^{v}	۷/۲۳^{wx}	۰/۲۴۵^{opq}	۰/۱۱۵^{mno}	۰/۰۴۲^{klm}	۰/۰۱۸^{ijk}	۰/۰۸۵^{xy}	۶۰/۷۸^{no}	۳۰/۷۶^{fgh}	۰/۰۶۰^{klm}
LF37-S	۲۸/۵^{x}	۱۰/۲۳$^{o-q}$	۰/۲۲^{pqr}	۰/۱۳۵^{klm}	۰/۰۲۲st	۰/۰۱^{qrs}	۰/۱۹۵^{opq}	۵۱/۹۶^{qr}	۲۲/۹۶^{nop}	۰/۰۳۲^{stu}
LF48-N	۳۷/۵^{mn}	۷/۲۳^{wx}	۰/۳۱^{klm}	۰/۱۰^{pq}	۰/۰۴۴^{kl}	۰/۰۱۱^{pqr}	۰/۱۹۹^{nopq}	۶۳/۴۸^{m}	۲۶/۱^{kl}	۰/۰۵۵^{lmn}
LF48-S	۲۸/۶^{wx}	۱۰/۹$^{m-o}$	۰/۲۲^{pqr}	۰/۲^{fgh}	۰/۰۳^{opq}	۰/۰۰۹^{rst}	۰/۱۸۸^{pqr}	۶۴/۳۷^{m}	۲۳/۰۸^{no}	۰/۰۳۹^{opq}

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

LG1-N	۴۶/۵^{de}	۱۱/۷۳$^{i-l}$	۰/۴۵^{de}	۰/۱۴۲^{kl}	۰/۰۶۳^{ghi}	۰/۰۱۱^{pqr}	۰/۴۵۲^{c}	۴۱/۶۲^{uv}	۳۱/۵۵e^{fg}	۰/۰۷۴^{hij}
LG1-S	۳۴/۵$^{p-s}$	۱۱/۲۳$^{j-n}$	۰/۲^{qrs}	۰/۱۰۸^{nop}	۰/۰۴۱^{mn}	۰/۰۰۹^{rst}	۰/۲۱^{mno}	۶۹/۶۶^{kl}	۳۱/۱^{fgh}	۰/۰۴۹^{mno}
LG3-N	۴۷/۵^{cd}	۱۲/۲۳$^{g-i}$	۰/۵۶۶^{bc}	۰/۲۴۵^{e}	۰/۰۹^{bc}	۰/۰۲۳^{f}	۰/۲۶۳^{hij}	۵۱/۹۷^{qr}	۲۷/۹۵^{ijk}	۰/۱۱۳^{cde}
LG3-S	۳۶/۵^{no}	۸/۵$^{u-w}$	۰/۳۶^{ij}	۰/۱۵۲^{jk}	۰/۰۶۶^{fgh}	۰/۰۱۵^{mn}	۰/۱۳۹^{vw}	۴۸/۶۴^{rs}	۲۳/۰۵^{no}	۰/۰۸۱^{ghi}
LH6-N	۳۴/۵$^{p-s}$	۱۱/۲۳$^{j-n}$	۰/۲۸۶^{n}	۰/۱۲۷^{lm}	۰/۰۴۲^{klm}	۰/۰۱۱^{pq}	۰/۱۷۹^{qrs}	۷۲/۶۲^{hij}	۳۰/۹^{fgh}	۰/۰۵۳^{lmn}
LH6-S	۲۴/۵^{yz}	۱۰/۵۶^{no}	۰/۱۲۵^{uvw}	۰/۰۶۴^{qrs}	۰/۰۲۸^{pqr}	۰/۰۰۵^{vwx}	۰/۲۵۵^{hij}	۷۷/۱۹^{gh}	۱۷/۵^{r}	۰/۰۳۳^{rst}
LH2-N	۴۴/۳۳^{g}	۱۰/۷۳$^{m-o}$	۰/۲۹^{n}	۰/۰۸۵^{pq}	۰/۰۳۸^{mn}	۰/۰۰۸^{stu}	۰/۲۲۴^{klm}	۵۷/۸۱^{nop}	۲۹/۶^{ghi}	۰/۰۴۶^{no}
LH2-S	۲۹/۵^{w}	۸/۲۳^{vw}	۰/۱۱^{vwx}	۰/۰۳۱^{u}	۰/۰۲۱st	۰/۰۰۲^{y}	۰/۲۵۳^{hij}	۳۸/۵۲^{vw}	۱۲/۷^{v}	۰/۰۲۳^{v}
LH12-N	۴۰/۵^{ij}	۱۵/۲۳^{c}	۰/۴۴^{ef}	۰/۲۱۶^{fg}	۰/۰۷۱^{fg}	۰/۰۱۹^{hij}	۰/۳۰۸^{efg}	۶۲/۷۹^{mn}	۲۹/۵^{ghi}	۰/۰۹^{fg}
LH12-S	۲۸/۵^{x}	۱۳/۵^{e}	۰/۱۸^{rstu}	۰/۱۱۵^{mno}	۰/۰۲۹^{pq}	۰/۰۰۸^{stu}	۰/۲۳۸^{jkl}	۷۶/۰۲^{ghi}	۱۱/۰۳^{vw}	۰/۰۳۷^{pqr}
LI3-N	۴۳/۵^{gh}	۹/۵^{rs}	۰/۴۱۳^{fg}	۰/۱۱۷^{mn}	۰/۰۵۲^{jk}	۰/۰۱۴^{mno}	۰/۱۲۵^{vwx}	۴۸/۹۸^{rs}	۲۴/۱۵^{mn}	۰/۰۶۶^{jk}
LI3-S	۳۵^{pq}	۱۶^{b}	۰/۱۹^{rst}	۰/۱۴۵^{kl}	۰/۰۳۸^{mn}	۰/۰۰۹^{rst}	۰/۱۹۳^{opq}	۹۴/۲۵^{a}	۱۰/۷^{w}	۰/۰۴۷^{mno}
LI6-N	۴۷/۵۰^{cd}	۱۴/۲۳^{d}	۰/۵۷^{bc}	۰/۲۲۵^{efg}	۰/۰۸^{ef}	۰/۰۱۵^{mn}	۰/۳۰۷^{efg}	۷۳/۱۵^{hij}	۲۸/۸^{hij}	۰/۰۹۵^{fg}
LI6-S	۴۴/۵^{fg}	۱۱/۹$^{h-k}$	۰/۳۹^{gh}	۰/۱۵۵^{jk}	۰/۰۶۶^{fgh}	۰/۰۱۱^{pqr}	۰/۲۳^{klm}	۵۰/۹۲^{qr}	۱۹/۰۳^{opq}	۰/۰۷۷^{hi}
LI11-N	۴۸/۷۳^{b}	۱۸/۹^{a}	۰/۵۷^{bc}	۰/۱۹۵^{gh}	۰/۰۸۵^{de}	۰/۰۱۷^{jkl}	۰/۱۶۵^{rst}	۵۵/۷۲^{p}	۲۴/۴۱^{mn}	۰/۱۰۲^{ef}
LI11-S	۳۰/۵^{v}	۱۵/۲۶^{c}	۰/۱۸^{rstu}	۰/۱۱۵^{mno}	۰/۰۳۷^{mno}	۰/۰۰۷^{tuv}	۰/۱۸۳^{qrs}	۳۰/۰۷^{x}	۱۸/۱^{pq}	۰/۰۴۴^{nop}
LL1-N	۳۷/۸۳^{lm}	۱۱/۱۶$^{k-n}$	۰/۳۸^{gh}	۰/۱۲۲^{lmn}	۰/۰۵۶^{ij}	۰/۰۱۵^{mn}	۰/۱۴۸^{uvw}	۴۱/۳۰^{uv}	۳۲/۸^{ef}	۰/۰۷۱^{ij}
LL1-S	۳۱^{v}	۱۵/۲۶^{c}	۰/۲۵^{op}	۰/۱۱۱^{nop}	۰/۰۳۹^{mn}	۰/۰۰۵^{vw}	۰/۲۱۵^{mno}	۷۶/۱۴^{ghi}	۲۵/۶۱^{m}	۰/۰۴۴^{nop}
LN1-N	۴۰/۵^{ij}	۱۱/۵$^{i-m}$	۰/۳۸^{gh}	۰/۲^{fgh}	۰/۰۶۶^{fgh}	۰/۰۱۲^{opq}	۰/۰۴۹^{y}	۵۴/۸۹^{pq}	۲۹/۳^{ghij}	۰/۰۷۸^{hi}
LN1-S	۳۶/۵^{no}	۹/۵^{rs}	۰/۳۱^{m}	۰/۱۵^{jk}	۰/۰۴۶^{jkl}	۰/۰۱۲^{opq}	۰/۲۷۷^{ghi}	۶۱/۴۴^{mno}	۱۳/۸۵^{tu}	۰/۰۵۸^{klm}
LN3-N	۳۹/۵^{jk}	۱۱$^{l-o}$	۰/۳۷۳^{ghi}	۰/۱۷۵^{hij}	۰/۰۶۰^{ghi}	۰/۰۱۳^{nop}	۰/۱۹۵^{opq}	۴۵/۷۱^{stu}	۲۷/۲۶^{ijk}	۰/۰۷۳^{hij}
LN3-S	۳۰/۸۳^{v}	۷^{wx}	۰/۱۶^{tu}	۰/۰۶۵^{qrs}	۰/۰۳^{opq}	۰/۰۰۴^{wx}	۰/۲۸۵^{fgh}	۷۷/۶۱^{gh}	۱۵/۷st	۰/۰۳۴^{qrs}
LN8-N	۴۹/۵^{b}	۱۳^{ef}	۰/۵۷۳^{bc}	۰/۲۴۵^{e}	۰/۰۸۷^{cd}	۰/۰۲۲^{fg}	۰/۲۳۸^{jkl}	۶۹/۰۹^{kl}	۲۵/۰۵^{lm}	۰/۱۰۹^{de}
LN8-S	۳۰/۵^{v}	۱۲/۵$^{f-h}$	۰/۲۸۳^{no}	۰/۱۷۵^{hij}	۰/۰۴۵^{jkl}	۰/۰۱۶^{klm}	۰/۱۷۵^{qrs}	۷۷/۹۷^{g}	۲۵/۰۰^{lm}	۰/۰۶۱^{kl}
LP4-N	۳۷/۵^{mn}	۱۳/۲۳^{ef}	۰/۲۲۵^{pqr}	۰/۱۱۵^{mno}	۰/۰۹۳^{ab}	۰/۰۱۱۳^{pq}	۰/۲۰۱^{nop}	۵۰/۲۲^{qrs}	۲۵^{lm}	۰/۱۰۴^{def}
LP4-S	۲۷/۵^{xy}	۸/۵۶$^{u-w}$	۰/۱۳^{uvw}	۰/۰۷۵^{qr}	۰/۰۲۷^{qr}	۰/۰۰۶^{uvw}	۰/۳۵۵^{de}	۸۰/۱^{ef}	۲۴/۳۳^{mn}	۰/۰۳۳^{rst}
LP5-N	۳۵/۵^{op}	۱۳^{ef}	۰/۳۰۵^{lm}	۰/۲۳۵^{ef}	۰/۰۵۳^{ijk}	۰/۰۱۶^{klm}	۰/۳۴^{de}	۴۵/۹۷^{stu}	۲۵^{lm}	۰/۰۶۹^{jk}
LP5-S	۲۶/۵^{yz}	۹$^{s-u}$	۰/۲^{qrs}	۰/۱۱^{nop}	۰/۰۴۲^{klm}	۰/۰۱۵^{lmn}	۰/۲۲۱^{lmn}	۴۵/۹۸^{stu}	۲۱/۴۵^{op}	۰/۰۵۷^{klm}
LP6-N	۳۵/۵^{op}	۱۰/۲۳$^{o-q}$	۰/۲۵۵^{op}	۰/۲۰۵^{fgh}	۰/۰۶۵^{gh}	۰/۰۱۴^{mno}	۰/۱۸۹^{pqr}	۶۱^{mno}	۲۵/۴۵^{lm}	۰/۰۷۹^{hi}
LP6-S	۲۹/۵^{w}	۱۱/۲۳$^{j-n}$	۰/۱۶^{tu}	۰/۱۲۱^{mn}	۰/۰۴۱^{lm}	۰/۰۰۶^{uvw}	۰/۲۴۴^{ijk}	۵۱/۴۰^{qr}	۱۱/۹vw	۰/۰۴۷^{mno}
LT2-N	۴۰/۵^{ij}	۱۰/۵^{no}	۰/۳۱^{klm}	۰/۱۶۵^{ij}	۰/۰۵۱^{jk}	۰/۰۱۳^{nop}	۰/۲۸۰^{fgh}	۴۹/۳۹^{qrs}	۲۷/۲i^{jk}	۰/۰۶۴^{jkl}
LT2-S	۳۰/۵^{v}	۷/۵$^{v-x}$	۰/۲^{qrs}	۰/۱۲۷^{lm}	۰/۰۳۱^{op}	۰/۰۰۸^{stu}	۰/۱۹۶^{opq}	۳۶/۴۸^{w}	۱۰/۷۵w	۰/۰۳۹^{opq}
LT4-N	۴۵/۵^{ef}	۱۲/۵۶$^{f-h}$	۰/۴۷^{cde}	۰/۲۴۵^{e}	۰/۰۹۷^{a}	۰/۰۲۸^{e}	۰/۴۴۷^{c}	۸۴/۴۴^{de}	۲۴/۹^{lmn}	۰/۱۲۵^{bc}
LT4-S	۳۵^{pq}	۱۲/۵$^{f-h}$	۰/۴^{fgh}	۰/۲۷۵^{d}	۰/۰۶۲^{ghi}	۰/۰۱۵^{mn}	۰/۴۲۷^{c}	۵۸/۷۳^{nop}	۲۳/۷۵^{no}	۰/۰۷۷^{hi}
LS2-N	۴۱/۵^{i}	۷/۵$^{v-x}$	۰/۴۵^{de}	۰/۱۳۷^{klm}	۰/۰۷۱^{fg}	۰/۰۱۲^{opq}	۰/۲۳۱^{kl}	۴۷^{rst}	۲۸/۱^{ij}	۰/۰۸۳^{ghi}
LS2-S	۳۴$^{q-s}$	۹/۲۳$^{r-u}$	۰/۱۴۴^{kl}	۰/۲۹^{n}	۰/۰۴۲^{klm}	۰/۰۰۸^{stu}	۰/۱۲۲^{vwx}	۶۴/۳۹^{m}	۱۱/۵^{vw}	۰/۰۵^{mn}

–حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن است. N نشان‌دهنده شرایط عدم تنش شوری، S نشان‌دهنده شرایط تنش شوری. طول ساقه و ریشه (سانتی‌متر)، وزن تر ساقه و ریشه (گرم)، وزن خشک ساقه و ریشه (گرم)، پرولین (میکرومول در یک گرم وزن تر برگ)، نشت الکترولیت (درصد)، زیست‌توده (گرم)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

همکاران (۲۰۱۴) گزارش شده است که بیان داشتند تنش شوری در گیاه برنج به‌علت اثر سمی نمک و جذب ناقص مواد غذایی توسط گیاه باعث کاهش رشد گیاهچه‌ها شده است. همچنین تحت شرایط تنش شوری مکانیزم چرخه سلولی گیاهان از بین می‌رود که باعث اختلال در تقسیم و تمایز سلولی شده و در نهایت باعث کاهش رشد گیاه می‌گردد (De Veylder *et al*., 2007). علاوه‌براین اثرات مضر شوری ممکن است منجر به کاهش قابل‌توجهی در سرعت فتوسنتز و افزایش سرعت تنفس گیاهچه‌ها شده که منجر به کمبود جذب در اندام‌های در حال رشد می‌شود و رشد را کند یا به‌طور کامل متوقف می‌کند (El-Hendawy *et al*., 2005). وقتی ریشه گیاه در تماس با شوری قرار گیرد آسیب می‌بیند و هنگامی که ریشه آسیب ببیند موجب می‌شود که ساقه نتواند به خوبی مواد غذایی را از طریق آوندهای چوبی ریشه از خاک جذب کند (Lauchli and Grattan, 2007; Rasel *et al*., 2021). Omisun و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که تحت شرایط تنش رشد ساقه حساس‌تر از رشد ریشه است به دلیل اینکه تنش اسمزی سطح برگ را کاهش می‌دهد. Rasel و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای در گیاه برنج تحت تنش شوری مشاهده کردند که رشد ریشه و ساقه در بیشتر ژنوتیپ‌ها کاهش یافت.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و ژنوتیپ‌های برنج برای صفت طول ریشه نشان داد طول ریشه در برخی ژنوتیپ‌ها تحت تنش شوری کاهش و در برخی ژنوتیپ‌های برنج افزایش داشت به‌طوری‌که ژنوتیپ LF24 دارای بیشترین افزایش طول ریشه (۷۱/۴۳ درصد) و ژنوتیپ LE8 دارای بیشترین کاهش طول ریشه (۷۰/۵۸ درصد) را دارا بود (جدول ۴). در شرایط بدون تنش ژنوتیپ LI11 دارای بیشترین طول ریشه (۱۸/۹ سانتی‌متر) و ژنوتیپ LA7 دارای کمترین طول ریشه (۵/۸۳ سانتی‌متر) بودند (جدول ۳). در شرایط تنش شوری، ژنوتیپ LI3 بیشترین طول ریشه (۱۶ سانتی‌متر) و ژنوتیپ LE8 کمترین طول ریشه (۳/۵ سانتی‌متر) بودند (جدول ۳). در شرایط تنش شوری ریشه‌ها نقش اصلی را در تغییرات خاص در گیاهان بازی می‌کنند زیرا ریشه‌ها برای جذب آب و سایر مواد مغذی ضروری با خاک تماس مستقیم دارند (Kumari *et al*., 2015). شوری توانایی جذب آب و مواد غذایی را از طریق ریشه کاهش می‌دهد و بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه مانند جذب عناصر غذایی، فتوسنتز، هموستاز ردوکس و جذب یون‌های سمی را به مختل می‌کند که در نهایت منجر به مرگ گیاهان می‌شود (Acosta-Motos *et al*., 2017). در این مطالعه، تنش شوری باعث کاهش رشد ریشه و ساقه شد که با نتایج پژوهشگران دیگر که کاهش رشد ریشه و ساقه تحت تنش شوری را در گیاه برنج گزارش نموده‌اند مطابقت دارد (Shahi *et al*., 2015; Rasel *et al*., 2020; Rasel *et al*., 2021).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش شوری و ژنوتیپ‌های برنج برای صفات وزن تر و خشک ساقه نشان داد که این صفات در ژنوتیپ‌های برنج تحت تنش شوری کاهش معنی‌داری داشتند. در شرایط عدم تنش شوری ژنوتیپ LD12 دارای بیشترین وزن ساقه (۰/۷۱ گرم) و IR29 دارای کمترین وزن ساقه (۰/۲ گرم) بودند. در شرایط تنش شوری ژنوتیپ LF24 دارای بیشترین (۰/۴۵ گرم) و ژنوتیپ LF15 دارای کمترین وزن ساقه (۰/۰۶۵ گرم) بودند (جدول ۳). بیشترین کاهش وزن تر ساقه در شرایط تنش شوری متعلق به ژنوتیپ LE8 (۸۴/۵۲ درصد) و کمترین مقدار کاهش وزن تر ساقه متعلق به ژنوتیپ‌های LF24 (۶/۲۵ درصد) و NONA BOKRA (۴/۶۱ درصد) بود (جدول ۴). برای صفت وزن خشک ساقه هم کاهش معنی‌داری در شرایط تنش شوری مشاهده شد و ژنوتیپ‌های IR29 (۷۹/۶۲ درصد) و LE8 (۷۱/۰۱ درصد) بیشترین مقدار کاهش در وزن خشک ساقه را نشان دادند (جدول ۴). بیشترین وزن خشک ساقه در شرایط عدم تنش شوری مربوط به ژنوتیپ‌های LT4 (۰/۰۹۷ گرم) و LD12 (۰/۰۹۵ گرم) و کمترین مقدار مربوط به ژنوتیپ LH2 (۰/۰۳۶ گرم) بود. همچنین در شرایط تنش شوری، ژنوتیپ‌های LG3، LI6 و LF19 (۰/۰۶ گرم) دارای بیشترین و ژنوتیپ IR29 دارای کمترین وزن خشک ساقه (۰/۰۰۹ گرم) بود (جدول ۳). در مطالعات انجام‌شده روی ارقام برنج تحت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ۴- درصد کاهش و افزایش صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف برنج تحت تنش شوری در محیط هیدروپونیک

ژنوتیپ/تیمار	طول ساقه	طول ریشه	وزن تر ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	پرولین	نشت الکترولیت	شاخص سبزینگی	زیست توده
IR29	-۳۹/۲۹	-۴۱/۵۶	-۵۱/۶۹	-۵۰/۱۴	-۷۹/۷۲	-۶۴/۲۹	-۲۶/۹۴	۳۸/۴۳	-۳۸/۶۳	-۷۶/۲۲
NONA	-۱/۳۵	-۰/۷۰	-۴/۶۲	۶۰/۰۰	-۱/۹۶	۰	-۱۰/۹۸	-۵/۶۴	-۴/۱۴	-۱/۵۴
LA10	-۱۲/۳۱	-۴۲/۴۷	-۶۱/۵۴	-۳۷/۱۸	-۶۰/۴۲	-۹۰/۵۹	-۳۱/۸۸	۸۸/۱۹	-۴۲/۸۴	-۱۵/۹۶
LA7	-۲۴/۷۹	۲۴/۰۰	-۶۹/۱۷	-۸۰/۳۵	-۵۵/۳۴	-۵۲/۹۴	-۴۷/۲۵	۵۲/۱۷	-۳۴/۸۲	-۵۴/۹۵
LA5	-۳۷/۵۵	-۱/۰۲	-۸۰/۶۵	-۷۲/۹۲	-۶۸/۶۶	-۷۱/۴۳	-۲۷/۷۴	-۰/۴۹	-۶۷/۵۷	-۶۹/۴۱
LA4	-۲/۲۸	۴۲/۱۶	۱۳/۸۹	-۳۲/۹۷	-۳۳/۸۷	-۴۳/۳۳	۳۰/۵۲	-۵۰/۳۸	-۴۰/۲۸	-۳۶/۱۸
LB1	-۹/۲۳	۷/۱۴	-۸۰/۸۵	-۵۹/۷۰	-۶۰/۷۸	-۶۱/۱۱	۱۲۳۰/۹۱	-۸/۲۷	-۴۹/۹۷	-۶۰/۸۵
LB4	-۱۸/۸۸	۲۹/۵۷	-۵۰/۰۰	-۳۴/۳۸	-۴۹/۸۱	-۵۶/۶۷	-۴۶/۰۱	۶۵/۹۷	-۴۰/۴۵	-۵۱/۵۶
LB5	-۱۳/۳۳	۳/۴۰	-۵۷/۱۴	-۵۷/۱۴	-۴۸/۶۲	-۵۴/۵۵	۱۱۹/۹۱	-۰/۸۹	-۴۹/۸۲	-۵۰/۲۰
LC3	-۳۷/۴۱	-۳۵/۴۶	-۶۹/۶۴	-۵۰/۰۰	-۴۰/۶۱	-۴۱/۶۷	-۳۰/۳۹	۱۱۳/۲۹	-۶۱/۴۱	-۴۰/۸۰
LD9	-۲۳/۶۶	-۲۰/۸۳	-۵۶/۸۲	-۵۵/۵۶	-۳۸/۷۵	-۴۲/۸۶	۱۹/۲۶	۲۸/۹۴	-۵۹/۰۰	-۳۹/۶۰
LD12	-۲۸/۸۷	-۴۳/۰۳	-۷۲/۰۹	-۶۹/۰۱	-۴۴/۲۱	-۷۵/۰۰	۷۷/۰۹	۲۳/۶۷	-۵۱/۷۱	-۵۲/۶۷
LD16	-۳۴/۰۲	-۶۳/۱۹	-۸۴/۲۱	-۸۰/۱۲	-۶۹/۵۸	-۷۵/۰۰	۲۰۲/۷۴	-۳۵/۵۴	-۴۹/۰۶	-۷۱/۰۳
LE3	-۵/۹۷	-۲۹/۹۶	-۳۴/۸۸	-۳۳/۶۷	-۱۰/۳۷	-۴۶/۱۵	۳۰۴/۱۹	۳۵/۱۳	-۶۹/۰۷	-۱۸/۳۹
LE5	-۳۴/۶۳	-۵۱/۷۸	-۷۷/۰۰	-۵۸/۴۲	-۵۶/۲۲	-۶۶/۶۷	۴۳/۵۳	۴/۲۸	-۴۷/۴۲	-۵۹/۱۳
LE6	-۲۷/۴۰	-۴۱/۹۴	-۶۴/۱۸	-۵۴/۲۴	-۴۹/۷۹	-۴۵/۰۰	۱۲۵/۷۷	۲/۴۴	-۱۶/۰۳	-۴۸/۸۱
LE8	-۲۸/۹۲	-۷۰/۵۹	-۸۴/۵۲	-۶۹/۷۳	-۷۱/۰۱	-۸۳/۳۳	۴۷/۶۹	۴۷/۱۷	-۶۲/۶۰	-۷۳/۵۶
LF7	-۳۳/۷۱	-۲۵/۷۶	-۷۳/۳۳	-۶۰/۵۳	-۵۷/۳۵	-۶۶/۶۷	۱۷۶/۶۰	۳/۵۲	-۵۵/۵۶	-۵۹/۰۴
LS3	-۱۲/۰۲	۱۰/۸۳	-۵۲/۷۸	-۹/۷۲	-۱۷/۶۸	-۳۵/۷۱	۷/۸۹	-۱۸/۵۳	-۱۱/۸۳	-۲۱/۳۶
LF13	-۱۵/۰۳	-۲۸/۵۷	-۶۸/۸۹	-۶۶/۶۷	-۴۳/۷۰	-۴۱/۶۷	-۹/۲۹	۱/۴۲	-۶۶/۷۶	-۴۳/۲۷
LF15	-۱۲/۷۰	-۲۴/۲۹	-۷۸/۳۳	-۴۰/۰۰	-۳۳/۳۳	-۵۱/۳۵	-۱۶/۳۳	-۱۷/۳۶	-۶۸/۴۵	-۳۷/۲۱
LF19	-۱۴/۴۶	۲۴/۵۳	-۳۳/۹۳	-۳۰/۳۰	-۲۱/۰۵	-۲۳/۰۸	-۱۹/۱۲	-۴۶/۶۷	-۳۰/۷۵	-۲۱/۳۳
LF24	-۱۰/۳۹	۷۱/۴۳	-۶/۲۵	۳۰/۱۳	-۳۲/۹۴	-۴۶/۱۵	۱۲/۶۲	-۲۰/۴۱	-۱/۴۰	-۳۴/۶۹
LF35	-۲۹/۴۷	۳۲/۰۰	-۵۲/۹۴	-۳۰/۳۰	-۴۴/۷۰	-۵۷/۱۴	-۵۹/۸۲	۱۸۲/۵۱	-۱۴/۲۹	-۴۶/۷۲
LF37	-۷/۷۷	۴۱/۴۷	-۱۰/۲۰	۱۷/۳۹	-۴۶/۸۸	-۴۴/۴۴	۱۲۹/۴۱	-۱۲/۳۲	-۲۵/۳۵	-۴۶/۱۵
LF48	-۲۳/۷۳	۵۰/۶۹	-۲۹/۰۳	۱۰۰/۰۰	-۳۲/۸۴	-۱۸/۱۸	-۵/۵۳	۱/۴۰	-۱۱/۵۶	-۲۹/۹۴
LG1	-۲۵/۸۱	-۴/۲۶	-۵۵/۵۶	-۲۴/۰۷	-۳۶/۵۱	-۱۸/۱۸	-۵۳/۵۴	۶۷/۳۵	-۱/۴۳	-۳۳/۷۸
LG3	-۲۳/۱۶	-۳۰/۵۲	-۳۶/۴۷	-۳۷/۶۹	-۲۶/۶۷	-۳۴/۷۸	-۴۶/۸۹	-۶/۴۰	-۱۷/۵۳	-۲۸/۳۲
LH6	-۲۸/۹۹	-۵/۹۳	-۵۶/۴۰	-۴۹/۸۷	-۳۳/۳۳	-۵۵/۸۸	۴۲/۴۶	۶/۲۸	-۴۳/۳۷	-۳۸/۱۳
LH2	-۳۳/۴۶	-۲۳/۲۹	-۶۲/۰۷	-۶۳/۵۳	-۴۴/۷۴	-۷۵/۰۰	۱۲/۹۵	-۳۳/۳۷	-۵۷/۰۹	-۵۰/۰۰
LH12	-۲۹/۶۳	-۱۱/۳۸	-۵۹/۰۹	-۴۶/۹۲	-۵۹/۱۵	-۵۷/۸۹	-۲۲/۷۳	۲۱/۰۶	-۶۲/۶۰	-۵۸/۸۹
LI3	-۱۹/۵۴	۶۸/۴۲	-۵۴/۰۳	۲۳/۲۳	-۲۷/۸۵	-۳۵/۷۱	۵۴/۴۰	۹۲/۴۱	-۵۵/۶۹	-۲۹/۵۰
LI6	-۶/۳۲	-۱۶/۳۹	-۳۱/۹۸	-۳۱/۱۱	-۱۷/۵۰	-۲۶/۶۷	-۲۵/۰۸	-۳۰/۴۲	-۳۳/۹۱	-۱۸/۹۵
LI11	-۳۷/۴۱	-۱۹/۲۲	-۶۸/۶۰	-۴۱/۰۳	-۵۶/۶۴	-۵۸/۸۲	۱۰/۹۱	-۴۶/۰۳	-۲۵/۸۷	-۵۷/۰۰
LL1	-۱۸/۰۶	۳۶/۷۲	-۳۴/۲۱	-۸/۹۷	-۳۱/۱۸	-۶۴/۴۴	۴۵/۲۷	۸۴/۳۵	-۲۱/۹۵	-۳۸/۱۴
LN1	-۹/۸۸	-۱۷/۳۹	-۲۱/۰۵	-۲۵/۰۰	-۳۰/۳۰	۰	۴۶۵/۳۱	۱۱/۹۳	-۵۲/۷۳	-۲۵/۶۴
LN3	-۲۱/۹۴	-۱۷/۳۹	-۵۷/۱۴	-۶۲/۸۶	-۵۰/۲۸	-۶۹/۲۳	۴۶/۱۵	۶۹/۷۹	-۴۲/۴۲	-۵۳/۶۴

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

LN8	−۳۸/۳۸	−۳۶/۳۶	−۵۰/۵۸	−۲۸/۵۷	−۴۸/۶۷	−۲۷/۲۷	−۲۶/۴۷	۱۲/۹۱	−۰/۲۰	−۴۴/۳۸
LP4	−۲۶/۶۷	−۳/۸۵	−۴۲/۲۲	−۳۴/۷۸	−۷۰/۹۷	−۴۷/۰۶	۷۶/۹۵	۵۹/۵۰	−۲/۶۷	−۶۸/۳۷
LP5	−۲۵/۳۵	−۳۵/۲۶	−۳۴/۴۳	−۵۳/۱۹	−۲۰/۷۵	−۶/۲۵	−۳۵/۷۱	۰/۰۳	−۱۴/۲۰	−۱۷/۳۹
LP6	−۱۶/۹۰	−۳۰/۷۷	−۳۷/۲۵	−۴۱/۴۶	−۳۶/۹۲	−۵۷/۱۴	۲۹/۱۰	−۱۵/۷۵	−۵۳/۲۴	−۴۰/۵۱
LT2	−۲۴/۶۹	۹/۷۷	−۳۵/۴۸	−۲۲/۶۳	−۳۹/۲۲	−۳۸/۴۶	−۳۰/۱۷	−۲۶/۱۳	−۶۰/۴۸	−۳۹/۰۶
LT4	−۲۳/۰۸	−۲۸/۵۷	−۱۴/۸۹	۱۲/۲۴	−۳۶/۱۸	−۴۶/۴۳	−۴/۴۷	−۳۰/۴۴	−۴/۶۲	−۳۸/۴۶
LS2	−۱۸/۰۷	−۰/۵۳	−۳۵/۵۶	۴/۶۰	−۴۰/۸۵	−۳۳/۳۳	−۴۷/۱۹	۳۷/۰۰	−۵۹/۰۷	−۳۹/۷۶

تنش شوری گزارش شده است که ارقام حساس به شوری دارای وزن تر و خشک کمتری هستند (tatar *et al*., 2010; Rasel *et al*., 2020; Rasel *et al*., 2021). نتایج مشابهی هم توسط Amirjani (۲۰۱۱) گزارش شده است که بیان داشتند وزن تر ساقه و ریشه واریته‌های برنج تحت تنش شوری کاهش معنی‌داری داشت.

نتایج مقایسه میانگین برای برهمکنش تنش شوری و ژنوتیپ‌های برنج برای صفات وزن تر و خشک ریشه نشان داد برای صفت وزن تر ریشه بیشتر ژنوتیپ‌های برنج تحت تنش شوری کاهش معنی‌داری داشتند و برای صفت وزن خشک ریشه همه ژنوتیپ‌های برنج در شرایط تنش کاهش یافتند (جدول ۳). بیشترین وزن تر ریشه در شرایط عدم تنش شوری برای ژنوتیپ‌های LD12 (۰/۳۵ گرم) و کمترین مربوط به ژنوتیپ LH2 (۰/۰۸۵ گرم) بود. در شرایط تنش شوری، بیشترین وزن تر ریشه برای ژنوتیپ‌های NONA BOKARA (۰/۲۲ میلی‌گرم) و LT4 (۰/۲۷ گرم) و کمترین وزن ریشه برای ژنوتیپ‌های LH2 (۰/۰۳۱ گرم) و LA7 (۰/۰۳۷ گرم) مشاهده شد. همچنین ژنوتیپ‌های LA7 و LD16 بیشترین مقدار کاهش وزن تر ریشه (۸۰/۱ درصد) را در شرایط شوری نسبت به شرایط عدم تنش شوری نشان دادند. اضافه می‌گردد بیشترین مقدار افزایش این صفت مربوط به ژنوتیپ LF48 (۱۰۰ درصد) بود (جدول ۴). بیشترین وزن خشک ریشه در شرایط عدم تنش شوری متعلق به ژنوتیپ LA10 (۰/۰۸۵ گرم) و کمترین مقدار این صفت در این شرایط مربوط به ژنوتیپ LH25 (۰/۰۰۸ گرم) بوده است. در شرایط تنش شوری، ژنوتیپ‌های LN8 (۰/۰۱۶ گرم) و LH2 (۰/۰۰۲ گرم) به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک ریشه را نشان دادند. همچنین بیشترین کاهش این صفت در شرایط تنش شوری نسبت به شرایط عدم تنش شوری مربوط به ژنوتیپ LA10 (۹۰/۵۹ درصد) بود. نتایج مشابهی هم در مطالعات قبلی گزارش شده است که تنش شوری باعث کاهش وزن تر و خشک ریشه شده است (Akhzari *et al*., 2012; Chunthaburee *et al*., 2016). اثر تنش شوری بر وزن تر و خشک در واریته‌های حساس بیشتر از واریته‌های متحمل است و باعث کاهش قابل‌توجهی در واریته‌های حساس می‌شود (Pattanagul and Thitisaksakul, 2008).

مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و ژنوتیپ‌های برنج برای صفت زیست‌توده نشان داد که مقدار زیست‌توده در ژنوتیپ‌های برنج تحت تنش شوری کاهش یافت به‌طوری‌که ژنوتیپ LA10 دارای بیشترین مقدار زیست‌توده (۰/۱۶۵ گرم) در شرایط عدم تنش شوری و ژنوتیپ IR29 دارای کمترین مقدار زیست‌توده (۰/۰۱۴ گرم) در شرایط تنش شوری بودند (جدول ۳). در شرایط عدم تنش شوری ژنوتیپ‌های LD12 (۰/۱۳۱ گرم) و LA10 و در شرایط تنش ژنوتیپ‌های LG3 (۰/۰۸۱ گرم) و LI6 (۰/۰۷۷ گرم) دارای بیشترین مقدار زیست‌توده بودند و کمترین مقدار زیست‌توده در شرایط عدم تنش شوری و تنش شوری به ترتیب در ژنوتیپ‌های LH2 (۰/۰۴ گرم) و IR29 (۰/۰۱۴ گرم) مشاهده شد (جدول ۳). همچنین بیشترین مقدار کاهش صفت زیست‌توده متعلق به IR29 (۷۶/۲۲ درصد) و LA10 (۷۵/۹۶ درصد) و LE8 (۷۳/۵۶ درصد) و کمترین مقدار کاهش صفت زیست‌توده متعلق به NONA BOKRA (۱/۵۴ درصد) بود (جدول ۴). نتایج مشابهی هم در کاهش مقدار زیست‌توده گیاه تحت تنش شوری در گیاه برنج گزارش شده است که با نتایج پژوهش ما

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

مطابقت دارد (Rasel *et al*., 2020; Rasel *et al*., 2021). تنش شوری باعث کاهش رشد ریشه و ساقه گیاه و تجزیه کلروفیل می‌شود که در نتیجه کاهش زیست‌توده را در پی دارد (Rasel *et al*., 2020).

نتایج مقایسه میانگین برای صفت نشت الکترولیت در ژنوتیپ‌های برنج نشان داد که بیشترین مقدار نشت الکترولیت مربوط به ژنوتیپ LI3 در شرایط تنش شوری (۹۴/۲۵ درصد) و کمترین مقدار نشت الکترولیت مربوط به ژنوتیپ LF35 در شرایط عدم تنش شوری (۲۵/۵۶ درصد) بود (جدول ۳). مقدار کاهش و افزایش نشت الکترولیت در شرایط تنش شوری نسبت به شرایط عدم تنش شوری در ژنوتیپ‌های مختلف برنج متفاوت بود. بیشترین مقدار نشت الکترولیت در ژنوتیپ LI3 (۹۴/۲۵ درصد) و کمترین مقدار نشت الکترولیت در ژنوتیپ‌های LA4 (۵۳/۹۹ درصد) در شرایط تنش مشاهده شد. ژنوتیپ LF35 بیشترین مقدار افزایش (۱۸۲/۵۱ درصد) و ژنوتیپ LP5 کمترین مقدار افزایش (۰/۰۳ درصد) را در مقدار نشت الکترولیت تحت شرایط شوری نشان دادند (جدول ۴). قدیرنژاد و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای در گیاه برنج تحت تنش شوری بیان داشتند که با افزایش سطح شوری نشت الکترولیت افزایش می‌یابد که با نتایج ما مطابقت دارد. تحت تنش شوری ممکن است به دلیل آسیب به غشای سلول نشت الکترولیت در گیاه افزایش یابد.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و ژنوتیپ‌های برنج برای صفت پرولین نشان داد که بیشترین مقدار پرولین در ژنوتیپ LE3 (۰/۶۷۵ میکرومول در یک گرم وزن تر برگ) در شرایط تنش شوری و کمترین مقدار پرولین در ژنوتیپ LB1 (۰/۰۱۸ میکرو ول در یک گرم وزن تر برگ) در شرایط عدم تنش شوری مشاهده شد (جدول ۳). مقدار پرولین در ژنوتیپ‌های برنج تحت تنش شوری نسبت به شرایط عدم تنش شوری در برخی ژنوتیپ‌های کاهش و در برخی افزایش یافته بود. در شرایط عدم تنش شوری بیشترین مقدار پرولین در ژنوتیپ‌های LT4 (۰/۴۴ میکرومول در یک گرم وزن تر برگ) و LG1 (۰/۴۵ میکرومول در یک گرم وزن تر برگ) و کمترین مقدار پرولین در ژنوتیپ‌های LB1 (۰/۰۱۸ میکرومول در یک گرم وزن تر برگ) مشاهده شد. در شرایط تنش شوری، ژنوتیپ LE3 دارای بیشترین مقدار پرولین (۰/۶۷ میکرومول در یک گرم وزن تر برگ) و ژنوتیپ‌های LA5 و LB4 دارای کمترین مقدار پرولین (۰/۱۱ میکرومول در یک گرم وزن تر برگ) بودند (جدول ۳). همچنین ژنوتیپ‌های LB1 (۱۲۳۰ درصد)، LN1 (۴۶۵ درصد) و LE3 (۳۰۴ درصد) بیشترین مقدار افزایش پرولین را در شرایط شوری نشان دادند (جدول ۴). تجمع پرولین مکانیسم دیگری است که برای تحمل تنش شوری در گونه‌های گیاهی است. پرولین با جلوگیری از آسیب اکسیداتیو در ساختارهای سلولی از طریق از بین بردن رادیکال‌های آزاد، تحت تنش غیرزیستی نقش بسیار مهمی دارد (Silva *et al*., 2013). پرولین پتانسیل ردوکس را تنظیم می‌کند و از پروتئین‌ها در برابر دناتوره شدن در گیاهان محافظت می‌کند (Saha *et al*., 2010). در این مطالعه مشاهده شد که مقدار پرولین در برخی ژنوتیپ‌ها تحت تنش شوری افزایش یافت. این نتایج در تطابق است با نتایج Rasel و همکاران (۲۰۲۰) که گزارش کردند مقدار پرولین در ژنوتیپ‌های متحمل برنج تحت تنش شوری افزایش یافت. افزایش محتوای پرولین در گیاهان متحمل به شوری ممکن است به‌علت آسیب اکسیداتیو القا شده ناشی از تنش باشد و ظاهراً یک واکنش تطبیقی تحت تنش شوری است (Parihar *et al*., 2015) و کاهش تجمع پرولین در ژنوتیپ‌های حساس به شوری احتمالاً به دلیل تولید پرولین کم یا تخریب بیشتر پرولین تحت تنش شوری بالا باشد (Kibria *et al*., 2017).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و ژنوتیپ‌های برنج برای صفت شاخص سبزینگی نشان داد که بیشترین مقدار شاخص سبزینگی مربوط به ژنوتیپ LD12 (۳۸/۱۰) در شرایط عدم تنش شوری و کمترین شاخص سبزینگی مربوط به ژنوتیپ LE3 (۱۰/۵۰) در شرایط تنش شوری مشاهده شد (جدول ۳). شاخص سبزینگی تحت تنش شوری نسبت به شرایط عدم تنش شوری کاهش معنی‌داری پیدا کرد و بیشترین مقدار کاهش شاخص سبزینگی در ژنوتیپ

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

LE3 (۶۹/۰۷ درصد) و کمترین مقدار کاهش شاخص سبزینگی در ژنوتیپ LF24 (۱/۴۰ درصد) مشاهده شد (جدول ۴). در شرایط تنش شوری ژنوتیپ LG1 بیشترین شاخص سبزینگی (۳۱/۱۰) و ژنوتیپ‌های LE3 (۱۰/۵۰)، LI3 (۱۰/۷۰) و LT2 (۱۰/۷۵) دارای کمترین شاخص سبزینگی بودند (جدول ۳). سمیت نمک عمدتاً در برگ‌های مسن ظاهر می‌شود، یون‌های سدیم و کلر در برگ‌های در حال تعریق ایجاد شده که منجر به تجمع نمک بالا و مرگ برگ می‌شود و در نتیجه باعث کاهش سطح برگ و همچنین سرعت فتوسنتز می‌شود که ممکن است مرتبط با مجموعه فتوسیستم II باشد (Amirjani, 2011). کاهش شاخص سبزینگی برگ ممکن است به علت تجزیه شدن کلروفیل b تحت تنش نمک باشد (Ashraf and Harris, 2013). تنش شوری باعث ایجاد استرس اکسیداتیو شده که تعداد و اندازه کلروپلاست ها را کاهش داده و آن ها را از بین می‌برد (Khafagy *et al.*, 2009). پدیده‌های کاهش پتانسیل آب در سلول تحت تنش شوری باعث بسته شدن روزنه، افزایش یون کلر، کاهش منیزیم و مهار جذب دی‌اکسید کربن شده که تأثیر بسیار بدی بر فتوسنتز دارد و باعث کاهش شاخص سبزینگی می‌گردد (Acosta-Motos *et al.*, 2017). کاهش شاخص سبزینگی گیاه برنج تحت تنش شوری توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Rasel *et al.*, 2021). Radi و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که شاخص سبزینگی با افزایش تنش شوری در گیاهان حساس به شوری کاهش یافت. بنابراین کاهش یا افزایش شاخص سبزینگی می‌توان به‌عنوان شاخص برای شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به شوری استفاده کرد. نتایج بدست آمده در این پژوهش با نتایج بررسی Somaddar و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد.

تجزیه ضرایب همبستگی و تجزیه رگرسیون مرحله‌ای: نتایج ضرایب همبستگی (جدول ۵) نشان داد که بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفت زیست‌توده با وزن خشک ساقه (۰/۹۳) وجود داشت. علاوه‌براین صفت زیست‌توده همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفت وزن خشک ریشه (۰/۷۱) نشان داد. با توجه به این نتایج می‌توان بیان داشت که افزایش وزن خشک ساقه و وزن خشک ریشه تحت شرایط تنش موجب افزایش مقدار زیست‌توده می‌شود. بین صفات وزن خشک ساقه و وزن تر ساقه همبستگی مثبت و معنی داری (۰/۸۵) مشاهده شد (جدول ۵). همچنین وزن تر ساقه با طول ساقه همبستگی بالای مثبت و معنی‌داری (۰/۷۲) نشان داد. نتایج مشابهی هم توسط علی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شد. آن‌ها بیان داشتند همبستگی بین طول ساقه، وزن خشک ساقه و زیست‌توده مثبت و معنی‌دار بوده و ژنوتیپ‌های متحمل دارای طول ساقه و وزن خشک بیشتری بودند. Rasel و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که افزایش ارتفاع گیاه باعث افزایش زیست‌توده می‌شود. اضافه می‌گردد صفت طول ریشه، همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات وزن تر ساقه و ریشه، وزن خشک ریشه و در نهایت زیست‌توده داشته است. بر این اساس می‌توان بیان نمود با افزایش طول ریشه در شرایط تنش شوری، جذب آب و مواد مغذی از خاک افزایش می‌یابد. این مکانیسم سبب بهبود رشد گیاه افزایش تحمل آن در این شرایط می‌گردد.

از تجزیه رگرسیونی مرحله‌ای برای تعیین صفاتی که بر صفت زیست‌توده تأثیر داشتند استفاده شد (جدول ۶). بدین منظور صفت زیست‌توده به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. مقدار ضریب تبیین (R^2) درصد تغییرات متغیر وابسته را نشان می‌دهد که توسط متغیرهای مستقل توضیح داده شده است. در این مطالعه مشاهده شد که درصد تغییرات صفت زیست‌توده توسط متغیرهای وزن تر و خشک ساقه حدود صد درصد است. همچنین نتایج تجزیه رگرسیون نشان داد که صفات وزن خشک ساقه و وزن خشک ریشه به ترتیب با ضریب رگرسیون ۰/۷۷ و ۰/۳۹ دارای بیشترین نقش را در صفت زیست‌توده بودند. رضی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از رگرسیون مرحله‌ای نشان دادند که صفات نسبت وزن خشک ریشه به ساقه، سطح برگ، طول ساقه و قطر ریشه در تولید زیست‌توده نقش دارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ۵- تجزیه ضرایب همبستگی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف برنج تحت تنش شوری در محیط هیدروپونیک

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱. طول ساقه	۱									
۲. طول ریشه	۰/۱۳	۱								
۳. وزن تر ساقه	۰/۷۲**	۰/۳۱*	۱							
۴. وزن تر ریشه	۰/۳۲*	۰/۳۴*	۰/۵۹**	۱						
۵. وزن خشک ساقه	۰/۶۵**	۰/۳۳*	۰/۸۶**	۰/۶۵**	۱					
۶. وزن خشک ریشه	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۲۸	۰/۴۱**	۰/۴۱**	۱				
۷. پرولین	۰/۱۴	-۰/۱۲	-۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۲۰	۱			
۸. الکترولیت	-۰/۰۸	۰/۰۰	-۰/۱۲	۰/۰۷	-۰/۰۴	-۰/۰۰	-۰/۱۵	۱		
۹. شاخص سبزینگی	۰/۰۰	-۰/۰۵	۰/۲۹	۰/۰۷	۰/۲۵	۰/۲۲	-۰/۰۵	-۰/۰۹	۱	
۱۰. زیست‌توده	۰/۵۲**	۰/۲۷	۰/۷۷**	۰/۶۶**	۰/۹۳**	۰/۷۱**	۰/۱۵	-۰/۰۳	۰/۲۸	۱

*** همبستگی در سطح احتمال ۰/۰۵ و ** همبستگی در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار است.**

جدول ۶- تجزیه رگرسیون مرحله‌ای صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف برنج تحت تنش شوری در محیط هیدروپونیک

صفت وابسته (Y)	مرحله	صفات مستقل	میانگین مربعات رگرسیون	ضریب رگرسیون استانداردشده	ضریب تبیین (R^2)
زیست‌توده	۱	وزن خشک ساقه (X_5)	۰/۰۱۰**	۰/۷۷۳	۰/۸۷۳
	۲	وزن خشک ریشه (X_6)	۰/۰۰۶**	۰/۳۹۲	۰/۱۲۷
مدل پیشنهادی		$Y= -1.041\times10^{-17} + 0.773(X_5) + 0.392(X_6)$			

**** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد است.**

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی: تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی متداول‌ترین روش چند متغیره است که می‌تواند رابطه بین پارامترهای مختلف مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی را تحت شرایط تنش بررسی کند که می‌تواند یکی از راه‌های کارآمد برای اصلاح‌کنندگان برای درک بهتر تغییرات فیزیولوژیکی اتفاق افتاده در طول بررسی واریته‌های برنج متحمل به تنش باشد (Chunthaburee *et al.*, 2016). نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات مورد مطالعه نشان داد که چهار مؤلفه اول در مجموع ۷۷/۲۷ درصد تغییرات را توجیه کردند (جدول ۷). همچنین ضریب KMO در این تجزیه و تحلیل برابر با ۰/۷۸ بدست آمد. در مؤلفه اول صفات طول ساقه، وزن تر ریشه و ساقه، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، زیست‌توده دارای بیشترین تأثیر در جهت مثبت بودند و در مجموع مؤلفه اول ۴۱/۶ درصد از تغییرات را توجیه کردند. بر این اساس می‌توان این مؤلفه را با نام زیست‌توده معرفی نمود. در مؤلفه دوم صفت پرولین در جهت مثبت بیشترین تأثیر را داشت و مؤلفه دوم ۱۳/۱۴ درصد از تغییرات را توجیه نمود. در عامل سوم صفت الکترولیت بیشترین تأثیر را در جهت مثبت داشت و این عامل ۱۱/۶۴ درصد از تغییرات را توجیه نمود. در عامل چهارم شاخص سبزینگی بیشترین نقش را در جهت منفی داشت و این عامل ۱۰/۸۴ درصد از تغییرات را نشان دادند. در نتیجه مؤلفه‌های دوم، سوم و چهارم را می‌توان به ترتیب با نام‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

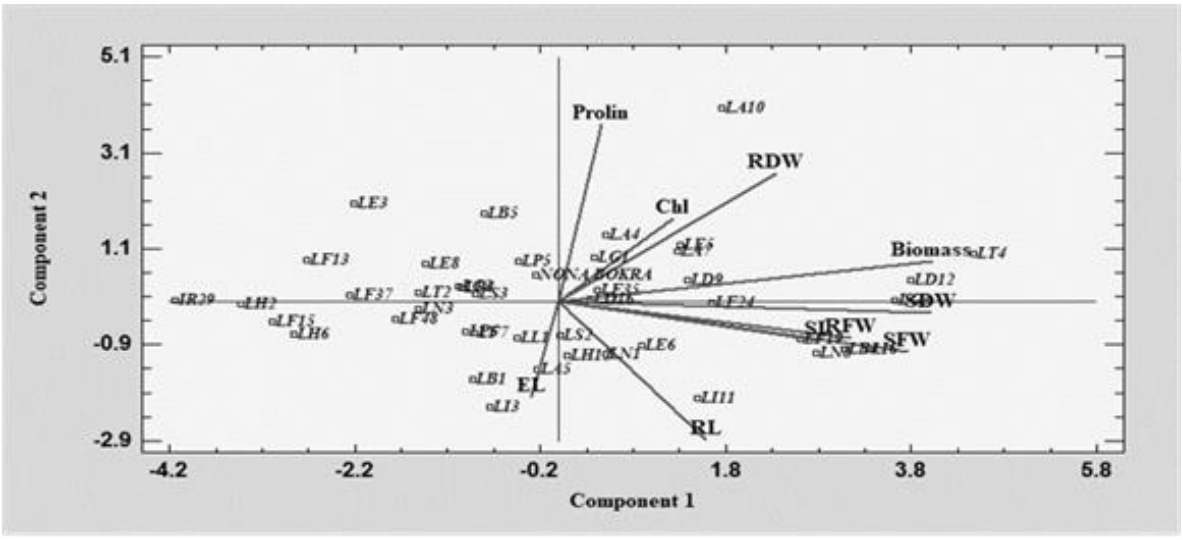
جدول ۷- جدول تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، واریانس نسبی و تجمعی چهار مؤلفه اول در ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه تحت تنش شوری در شرایط هیدروپونیک

صفات	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم
طول ساقه	۰/۶۶	-۰/۱۵	-۰/۵۵	۰/۰۲
طول ریشه	۰/۳۸	-۰/۵۳	۰/۰۴	۰/۱۴
وزن تر ساقه	۰/۸۹	-۰/۱۸	-۰/۱۷	-۰/۲۲
وزن تر ریشه	۰/۷۵	-۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۲۳
وزن خشک ساقه	۰/۹۵	-۰/۰۵	-۰/۰۶	-۰/۰۲
وزن خشک ریشه	۰/۵۶	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۱۹
پرولین	۰/۱۰	۰/۶۷	-۰/۳۲	۰/۵۰
الکترولیت	-۰/۰۷	-۰/۳۷	۰/۵۸	۰/۳۶
شاخص سبزینگی	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۲	-۰/۷۳
زیست‌توده	۰/۹۵	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۰۶
مقادیر ویژه	۴/۱۶	۱/۳۱	۱/۱۶	۱/۰۸
واریانس نسبی (٪)	۴۱/۶۴	۱۳/۱۴	۱۱/۶۵	۱۰/۸۵
واریانس تجمعی (٪)	۴۱/۶۴	۵۴/۷۸	۶۶/۴۳	۷۷/۲۷

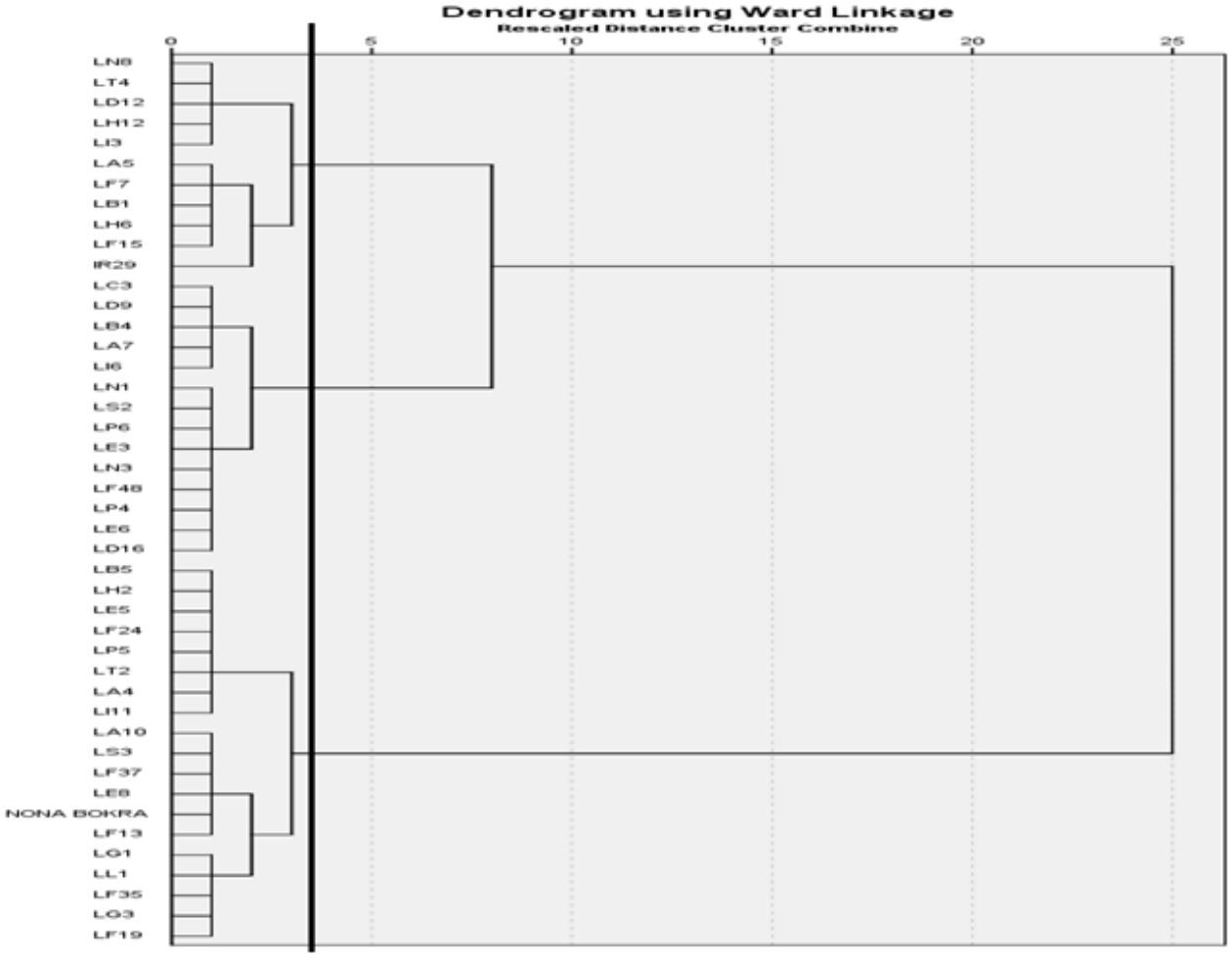
پرولین، الکترولیت و شاخص سبزینگی نامگذاری نمود. در مطالعه‌ای که توسط رضی و همکاران (۱۳۹۸) انجام شد و برای بررسی اثر تنش شوری بر خصوصیات گیاهچه‌ای برنج با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صورت گرفت، پنج مؤلفه اول که توانستند ۸۴/۷ درصد از تغییرات را توجیه کنند، معرفی شدند. این عامل‌ها به ترتیب زیست‌توده و اجزای آن، صفات ریشه، صفت مربوط به روزنه و کلروفیل نامیده شدند. در مطالعه‌ای دیگر محمدی و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی ژنوتیپ‌های برنج تحت تنش شوری با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تعداد دو مؤلفه را معرفی نمودند که در مجموع ۷۷/۶۶ درصد از تغییرات را توجیه نمودند.

با توجه به نمایش بای‌پلات ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه براساس صفات مورد بررسی در دو شرایط بدون تنش و با تنش شوری براساس اولین و دومین مؤلفه اصلی (شکل ۱)، ژنوتیپ‌های سمت راست نمودار از عملکرد بالایی در دو شرایط محیطی برخوردار بودند به طوری‌که هر چه بیشتر به گوشه سمت راست و بالای نمودار نزدیک شویم با ژنوتیپ‌هایی روبرو می‌شویم که در شرایط تنش شوری تحمل بیشتری از خود نشان داده و به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل معرفی شدند. با توجه به توضیحات ارائه‌شده ژنوتیپ LA4، LG1، LE5 و LA10 در گروه ژنوتیپ‌های متحمل قرار می‌گیرد. در مقابل، سمت چپ نمودار، ژنوتیپ‌هایی را به ما معرفی می‌نماید که در هر دو شرایط محیطی از پتانسیل تحمل بالایی برخوردار نبودند، پیشرفت به سمت چپ و پایین نمودار، نشان‌دهنده حساسیت بیشتر ژنوتیپ‌ها در برابر تنش است. در این بین می‌توان به ژنوتیپ‌های LI3، LF15، LB1 و LH6 اشاره نمود. در مجموع ژنوتیپ‌های برنج از پراکنش خوبی برخوردار بودند که نشان‌دهنده اختلاف ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه است. اضافه می‌گردد براساس نتایج نمودار بای‌پلات مشاهده گردید صفات زیست‌توده، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر ریشه و طول ساقه نزدیک به مؤلفه اول در سمت راست نمودار قرار گرفتند و از همبستگی بالایی نسبت بهم برخوردار بودند. همچنین صفات محتوای پرولین و وزن خشک ریشه نیز در قسمت بالای نمودار و در مؤلفه دوم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]



شکل ۱- تجزیه بای‌پلات صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف برنج تحت تنش شوری در محیط هیدروپونیک



شکل ۲- دندوگرام حاصل از بررسی ژنوتیپ‌های مختلف برنج تحت تنش شوری به روش Ward

قرار گرفتند. **تجزیه کلاستر:** به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

مطالعه با استفاده صفات اندازه‌گیری‌شده، تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و براساس فاصله اقلیدوسی انجام گرفت (شکل ۲) (Ravikiran *et al*., 2018). در این بررسی ضریب کوفنتیک برابر با ۰/۸۸ محاسبه گردید. بر این اساس دو خوشه مجزا از نظر حساسیت و تحمل به تنش شوری برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ایجاد شد. هر خوشه دارای دو زیر خوشه است. خوشه ژنوتیپ‌های حساس شامل زیر خوشه حساس و نیمه‌حساس است که ژنوتیپ‌های LA5، LB1، LD12، LF7، LF15، LH6، LH12، LI3، LN8 و LT4 به همراه IR29 (شاهد حساس) در زیرخوشه حساس و ژنوتیپ‌های LA7، LC3، LD9، LB4، LD16، LE3، LE6، LF48، LI6، LN3، LN1، LS2، LP6 و LP4 در زیر خوشه نیمه‌حساس قرار گرفتند (شکل ۲).

خوشه متحمل شامل زیرخوشه متحمل و نیمه متحمل است که NONA BOKARA (شاهد متحمل) به همراه ژنوتیپ‌های LA10، LE8، LS3، LG1، LF37، LL1، LF13، LF35، LG3 و LF19 در زیرخوشه متحمل و ژنوتیپ‌های LA4، LB5، LE5، LF24، LH2، LI11، LP5 و LT2 در زیرخوشه نیمه‌متحمل قرار گرفتند (شکل ۲). کامروا و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای ژنوتیپ‌های برنج تحت تنش شوری در مرحله گیاهچه‌ای با استفاده از فاصله اقلیدوسی و روش وارد به چهار دسته حساس، نیمه‌حساس، متحمل و نیمه‌متحمل گروه‌بندی کردند. این محققان ژنوتیپ‌هایی را که با NONA BOKRA در یک خوشه قرار گرفته بودند به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به شوری و ژنوتیپ‌هایی که با IR29 در یک خوشه قرار گرفتند به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به شوری معرفی نمودند. بسیاری از محققان نشان دادند که تجزیه و تحلیل خوشه‌ای می‌تواند ابزار امیدوارکننده‌ای برای غربال‌گری تعداد زیادی از ژرم‌پلاسم‌ها براساس شباهت باشد (Chunthaburee *et al*., 2016; Siddiqui *et al*., 2017; Rasel *et al*., 2020).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه ۴۲ ژنوتیپ برای تحمل به شوری در مرحله گیاهچه‌ای براساس صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی به همراه ژنوتیپ‌های شاهد متحمل و حساس مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنش شوری باعث کاهش قابل توجهی در صفات طول ساقه، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک ساقه، شاخص سبزینگی شد. کاهش قابل توجه رشد گیاهچه توسط شوری ممکن است به دلیل اثرات سمی نمک و جذب نامتعادل مواد مغذی توسط گیاهچه باشد. همچنین مشاهده شد که تنش شوری در گیاهچه‌های برنج باعث افزایش صفات محتوای پرولین و الکترولیت شد. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های LA10، LE8، LS3، LG1، LF37، LL1، LF13، LF35، LG3 و LF19 با NONA BOKARA (شاهد متحمل) به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به شوری شناسایی شدند که می‌تواند به‌عنوان جمعیت پایه برای برنامه‌های اصلاحی به کاربرده شود.

سپاسگزاری

از آزمایشگاه بیوتکنولوژی گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری جهت فراهم نمودن امکانات مطالعه حاضر تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

میرعرب رضی، سیده مینو، شیرزادیان خرم‌آباد، رضا، صبوری، حسین، ربیعی، بابک، و حسینی مقدم، حسین (۱۳۹۸). پاسخ لاین‌های نوترکیب برنج ایرانی (*Oryza sativa* L.) به تنش شوری در مرحله گیاهچه. *پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۱۱(۲۹)، ۶۵-۸۴.

قدیرنژاد شیاده، سیده رقیه، اسماعیلی، محمدعلی، پیردشتی، همت‌اله، و نعمت‌زاده، قربانعلی (۱۳۹۹). ارزیابی فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نسل ششم لاین‌های موتانت برنج (*Oryza sativa* L.) تحت تنش شوری. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۹ (۳۵)، ۵۷-۷۲.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

کامروا، سمیه، بابایان جلودار، نادعلی، و باقری، نادعلی (۱۴۰۰). اثر تنش شوری بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاهچه چند رقم برنج در محیط هیدروپونیک. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۱۴، ۸۰۵-۸۲۱.

محمدی، سیده فاطمه، باقری، نادعلی، کیانی، غفار، و بابایان جلودار، نادعلی (۱۳۹۷). ارزیابی واکنش برخی ژنوتیپ‌های برنج به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی. *پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۱۰، ۲۰-۳۰.

Acosta-Motos, J. R., Ortuno, M. F., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M. J., & Hernandez, J. A. (2017). Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. *Agronomy*, *7*(1), 18. https://doi.org/10.3390/agronomy7010018

Akhzari, D., Sepehry, A., Pessarakli, M., & Barani, H. (2012). Studying the effects of salinity stress on the growth of various halophytic plant species (*Agropyron elongatum*, *Kochia prostrata* and *Puccinellia distans*). *World Applied Sciences Journal*, *16*(7), 998-1003. http://www.idosi.org/wasj/wasj16 (7)12/15.pdf

Ali, M. N., Yeasmin, L., Gantait, S., Goswami, R., & Chakraborty, S. (2014). Screening of rice landraces for salinity tolerance at seedling stage through morphological and molecular markers. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *20*, 411-423. https://doi.org/10.1007/s12298-014-0250-6

Amirjani, M. R. (2011). Effect of salinity stress on growth, sugar content, pigments and enzyme activity of rice. *International Journal of Botany*, *7*(1), 73-81. https://doi.org/10.3923/ijb.2011.73.81

Arifuddin, M., Musa, Y., Farid, M., Anshori, M. F., Nasaruddin, N., Nur, A., & Sakinah, A. I. (2021). Rice screening with hydroponic deep-flow technique under salinity stress. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, *53*(3). http://repository.unhas.ac.id:443/id/eprint/14143

Ashraf, M. H. P. J. C, & Harris, P. J. (2013). Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica*, *51*, 163-190. https://doi.org/10.1007/s11099-013-0021-6

Bhowmik, S. K., Islam, M. M., Emon, R. M., Begum, S. N., Siddika, A., & Sultana, S. (2007). Identification of salt tolerant rice cultivars via phenotypic and marker-assisted procedures. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, *10*(24), 4449-4454. https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.4449.4454

Chunthaburee, S., Dongsansuk, A., Sanitchon, J., Pattanagul, W., & Theerakulpisut, P. (2016). Physiological and biochemical parameters for evaluation and clustering of rice cultivars differing in salt tolerance at seedling stage. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *23*(4), 467-477. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.05.013

De Veylder, L., Beeckman, T., & Inze, D. (2007). The ins and outs of the plant cell cycle. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, *8*(8), 655-665. https://doi.org/10.1038/nrm2227

El-Hendawy, S. E., Hu, Y., Yakout, G. M., Awad, A. M., Hafiz, S. E., & Schmidhalter, U. (2005). Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. *European Journal of Agronomy*, *22*(3), 243-253. https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.03.002

Eynard, A., Lal, R., & Wiebe, K. (2005). Crop response in salt-affected soils. *Journal of Sustainable Agriculture*, *27*(1), 5-50. https://doi.org/10.1300/J064v27n01_03

FAO. (2020). FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT database. Available at http://faostat.fao.org/.

Flowers, T. J, & Yeo, A. R. (1995). Breeding for salinity resistance in crop plants: Where next?. *Functional Plant Biology*, *22*(6), 875-884. https://doi.org/10.1071/PP9950875

Gao, Q., Wang, H., Yin, X., Wang, F., Hu, S., Liu, W., & Liang, M. (2023). Identification of salt tolerance related candidate genes in 'Sea Rice 86'at the seedling and reproductive stages using QTL-Seq and BSA-Seq. *Genes*, *14*(2), 458. https://doi.org/10.3390/genes14020458

Khafagy, M. A., Arafa, A. A., & El-Banna, M. F. (2009). Glycinebetaine and ascorbic acid can alleviate the harmful effects of NaCl salinity in sweet pepper. *Australian Journal of Crop Science*, *3*(5), 257-267. https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.037788647325650

Kibria, M. G., Hossain, M., Murata, Y., & Hoque, M. A. (2017). Antioxidant defense mechanisms of salinity tolerance in rice genotypes. *Rice Science*, *24*(3), 155-162. https://doi.org/10.1016/j.rsci.2017.05.001

Kranto, S., Chankaew, S., Monkham, T., Theerakulpisut, P., & Sanitchon, J. (2016). Evaluation for salt tolerance in rice using multiple screening methods. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *18*(7), 1921-1931. DOR: 20.1001.1.16807073.2016.18.7.17.7

Kumari, A., Das, P., Parida, A. K., & Agarwal, P. K. (2015). Proteomics, metabolomics, and ionomics perspectives of salinity tolerance in halophytes. *Frontiers in Plant Science*, *6*, 537. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00537

Kumari, R., Kumar, P., Sharma, V. K., & Kumar, H. (2019). Seedling stage salt stress response specific characterization of genetic polymorphism and validation of SSR markers in rice. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *25*, 407-419. https://doi.org/10.1007/s12298-018-0623-3

Läuchli, A, & Grattan, S. R. (2007). Plant growth and development under salinity stress. *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*, 1-32. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5578-2_1

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

Lutts, S., Kinet, J. M., & Bouharmont, J. (1995). Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany, 46*(12), 1843-1852. https://doi.org/10.1093/jxb/46.12.1843

Ma, H. L., Zhu, J. G., Liu, G., Xie, Z. B., Wang, Y. L., Yang, L. X., & Zeng, Q. (2007). Availability of soil nitrogen and phosphorus in a typical rice–wheat rotation system under elevated atmospheric [CO_2]. *Field Crops Research, 100*(1), 44-51. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.05.005

Mohammadinezhad, G., Singh, R. K., Arzani, A., Rezaei, A. M., Sabouri, H., & Gregorio, G. B. (2010). Evaluation of salinity tolerance in rice genotypes. *International Journal of Plant Production, 4*(3), 199-207. http://www.gau.ac.ir/Jm/Programs/JurnalMgr/VolumArticle/EN_151_6.pdf

Munns, R., James, R. A., & Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany, 57*(5), 1025-1043. https://doi.org/10.1093/jxb/erj100

Omisun, T., Sahoo, S., Saha, B., & Panda, S. K. (2018). Relative salinity tolerance of rice cultivars native to North East India: A physiological, biochemical and molecular perspective. *Protoplasma, 255*, 193-202. https://doi.org/10.1007/s00709-017-1142-8

Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V. P., & Prasad, S. M. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: A review. *Environmental Science and Pollution Research, 22*, 4056-4075. https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1

Pattanagul, W, & Thitisaksakul, M. (2008). Effect of salinity stress on growth and carbohydrate metabolism in three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance. *Indian Journal of Experimental Biology, 46*, 736-742. https://www.researchgate.net/publication/23488146

Radi, A. A., Farghaly, F. A., & Hamada, A. M. (2013). Physiological and biochemical responses of salt-tolerant and salt-sensitive wheat and bean cultivars to salinity. *Journal of Biology and Earth Sciences*, *3*(1), 72-88. http://www.journals.tmkarpinski.com/index.php/jbes/article/view/41/41

Rasel, M., Tahjib-Ul-Arif, M., Hossain, M. A., Sayed, M. A., & Hassan, L. (2020). Discerning of rice landraces (*Oryza sativa* L.) for morpho-physiological, antioxidant enzyme activity, and molecular markers' responses to induced salt stress at the seedling stage. *Journal of Plant Growth Regulation, 39*, 41-59. https://doi.org/10.1007/s00344-019-09962-5

Rasel, M., Tahjib-Ul-Arif, M., Hossain, M. A., Hassan, L., Farzana, S., & Brestic, M. (2021). Screening of salt-tolerant rice landraces by seedling stage phenotyping and dissecting biochemical determinants of tolerance mechanism. *Journal of Plant Growth Regulation, 40*, 1853-1868. https://doi.org/10.1007/s00344-020-10235-9

Ravikiran, K. T., Krishnamurthy, S. L., Warraich, A. S., & Sharma, P. C. (2018). Diversity and haplotypes of rice genotypes for seedling stage salinity tolerance analyzed through morpho-physiological and SSR markers. *Field Crops Research, 220*, 10-18. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.04.006

Saha, P., Chatterjee, P., & Biswas, A. K. (2010). NaCl pretreatment alleviates salt stress by enhancement of antioxidant defense system and osmolyte accumulation in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Indian Journal of Experimental Biology, 48*, 593-600. https://www.researchgate.net/publication/47154475

Sairam, R. K., Rao, K. V., & Srivastava, G. C. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science, 163*(5), 1037-1046. https://doi.org/10.1016/S0168-9452 (02)00278-9

Shahi, C., Bargali, K., & Bargali, S. S. (2015). Assessment of salt stress tolerance in three varieties of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Progressive Agriculture, 6*(1), 50-56.

Siddiqui, M. N., Mostofa, M. G., Akter, M. M., Srivastava, A. K., Sayed, M. A., Hasan, M. S., & Tran, L. S. P. (2017). Impact of salt-induced toxicity on growth and yield-potential of local wheat cultivars: Oxidative stress and ion toxicity are among the major determinants of salt-tolerant capacity. *Chemosphere, 187*, 385-394. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.078

Silva, E. N., Vieira, S. A., Ribeiro, R. V., Ponte, L. F., Ferreira-Silva, S. L., & Silveira, J. A. (2013). Contrasting physiological responses of Jatropha curcas plants to single and combined stresses of salinity and heat. *Journal of Plant Growth Regulation, 32*, 159-169. https://doi.org/10.1007/s00344-012-9287-3

Somaddar, U., Mim, S. K., Dey, H. C., & Biswas, A. (2023). Assessment of seedling salinity tolerance of Bangladeshi coastal rice landraces using morpho-physiological stress indices. *Emirates Journal of Food and Agriculture, 35*(2), 153-161. https://doi.org/10.9755/ejfa.2023.v35.i2.3010

TATAR, O, Brueck, H., Gevrek, M. N., & Asch, F. (2010). Physiological responses of two Turkish rice (*Oryza sativa* L.) varieties to salinity. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 34*(6), 451-459. https://doi.org/10.3906/tar-0908-311

Yokoi, S., Bressan, R. A., & Hasegawa, P. M. (2002). Salt stress tolerance of plants. *JIRCAS Working Report, 23*(1), 25-33.

Yoshida, S., Forno, D. A., & Cock, J. H. (1971). Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

Zeng, L, & Shannon, M. C. (2000). Salinity effects on seedling growth and yield components of rice. *Crop Science, 40*(4), 996-1003. https://doi.org/10.2135/cropsci2000.404996x

Zeng, Y., Zhang, H., Li, Z., Shen, S., Sun, J., Wang, M., & Wen, G. (2007). Evaluation of genetic diversity of rice landraces (*Oryza sativa* L.) in Yunnan, China. *Breeding Science, 57*(2), 91-99. https://doi.org/10.1270/jsbbs.57.91

Zhang, R., Hussain, S., Wang, Y., Liu, Y., Li, Q., Chen, Y., & Dai, Q. (2021). Comprehensive evaluation of salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) germplasm at the germination stage. *Agronomy, 11*(8), 1569. https://doi.org/10.3390/agronomy11081569

Zheng, C., Liu, C., Liu, L., Tan, Y., Sheng, X., Yu, D., Sun, Z., Sun, X., Chen, J., Yuan, D., & Duan, M. (2023). Effect of salinity stress on rice yield and grain quality: A meta-analysis. *European Journal of Agronomy, 144*, 126765. https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126765

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]

Studying the effect of salinity stress on some morphological and physiological traits in rice genotypes at the seedling stage under hydroponic conditions

Seyede Fateme Mohamadi[1], Nadali Babaeian Jelodar[1], Nadali Bagheri[1*], Ghorbanali Nematzadeh[2], Seyyed Hamidreza Hashemipetroudi[2]

[1] Plant Breeding Department, Faculty of Crop Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran
[2] Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan (GABIT), Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran
(Received: 2023/01/10, Accepted: 2023/08/15)

Abstract

Rice is one of the most important food products in the world. Soil salinity reduces the yield and quality of rice. For the development of new cultivars and the cultivation of rice in saline environments, screening rice cultivars to identify salinity-tolerant cultivars is crucial. In this study, the morphophysiological characteristics of 42 rice genotypes were examined in split plots using a completely randomized design with three replications in hydroponic conditions, with NONA BOKARA representing as a tolerant control and IR29 as a sensitive control to salinity in the seedling stage at two levels of 0 and 100 mM salinity (from the source of NaCl, $CaCl_2$, and Na_2SO_4). The variance analysis results revealed that the effect of rice genotypes, salinity, and their interaction on all traits studied was significant at the 1% level of probability. Additionally, the findings of this study demonstrated that under salt stress, the root and stem length, fresh and dried weight of the stem and root, the electrolyte leakage content, biomass, and chlorophyll content were all drastically decreased. But under salt stress, the proline content increased. Moreover, the results of the correlation study revealed a significant and positive correlation between biomass features and both shoot fresh weight and shoot dry weight. According to the results of the principal component analysis, the biomass, shoot fresh and dry weight, shoot length, and root weight had the largest positive effects on the first component. The results of cluster analysis showed that 12 genotypes, along with NONA BOKARA were included in the tolerant cluster, which can be used in breeding programs to develop salinity-tolerant cultivars.

Keywords: Cluster analysis, Correlation, Screening, Sensitive, Tolerant

Corresponding author, Email: n.bagheri@sanru.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-15]