دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

پاسخ لاین‌های نوترکیب برنج ایرانی (*Oryza sativa* L.) به تنش شوری در مرحله گیاهچه

سیده مینو میرعرب رضی[۱]، رضا شیرزادیان خرم‌آباد[۲]، حسین صبوری[۳]، بابک ربیعی[۴] و حسین حسینی‌مقدم[۵]

۱، ۲ و ۴- دانشجوی دکترا، استادیار و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت
۳- دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد، گنبد کاووس، (نویسنده مسوول: hos.sabouri@gmail.com)
۵- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد، گنبد کاووس

تاریخ دریافت: ۹۶/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۲۱
صفحه: ۶۵ تا ۸۴

چکیده

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی مورفولوژیک ۱۱٤ لاین حاصل از تلاقی طارم محلی × خزر آزمایشی در مرحله گیاهچه‌ای در سطح نرمال و شوری ۸ دسی‌زیمنس بصورت طرح کاملا تصادفی در سه تکرار در شرایط کشت هیدروپونیک انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در دو شرایط نرمال و تنش شوری نشان داد که اختلاف بین لاین‌ها برای کلیه صفات معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفات مورد بررسی نشان داد که اختلاف دو محیط فوق برای کلیه صفات به غیر از قطر ریشه معنی‌دار است. کد ژنوتیپی، تعداد و تراکم روزنه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه در تنش شوری افزایش یافت و برای سایر صفات نسبت به شرایط نرمال کاهش نشان داد. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در هر دو شرایط حاکی از اختلاف معنی‌دار بین لاین‌ها در همه صفات درسطح احتمال یک درصد بود. در تجزیه همبستگی نیز در هر دو شرایط بالاترین همبستگی بین زیست توده و وزن خشک ساقه بود. در رگرسیون گام‌به‌گام در شرایط نرمال به ترتیب صفات طول ساقه، چگالی سطح ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه و در شرایط شوری نسبت وزن خشک ریشه به ساقه، سطح برگ، طول ساقه و قطر ریشه بیشترین تغییرات زیست توده را توجیه کردند. نتایج تجزیه به عوامل نشان داد که در شرایط نرمال و شوری به ترتیب ۵ عامل در توجیه تغییرات نقش دارند. در شرایط نرمال طول ساقه، زیست توده و سطح برگ در شوری وزن خشک ساقه، بیوماس و طول ساقه بیشترین اثر را بر واریانس کل داشتند. تجزیه کلاستر لاین‌ها را در شرایط نرمال، براساس زیست توده، در۲ دسته و در شرایط شوری، در ۳ دسته و بر اساس کد ژنوتیپی در ۳ دسته گروه‌بندی نمود. لاین‌هایی که در گروه متحمل قرار گرفتند دارای زیست توده بالا نیز بودند. به‌طورکلی صفات طول ساقه، وزن خشک ساقه، به‌عنوان صفات موثر بر بیوماس به‌عنوان معیار گزینش مناسب جهت افزایش زیست توده در شرایط شوری می‌تواند معرفی گردد.

واژه‌های کلیدی: برنج، مقایسه میانگین، تجزیه همبستگی، رگرسیون گام به گام، تجزیه به عامل‌ها

مقدمه

برنج گونه‌ای دیپلوئید با ۲۴ کروموزوم و فرمول ژنومی AA می‌باشد. این گیاه یک‌ساله دارای شاخساره مدور و تو خالی، برگ‌های مسطح، گل آذین خوشه انتهایی و ریشه افشان و کم عمق است (۴). چرخه زندگی برنج شامل ده مرحله جوانه‌زنی، گیاهچه‌ای، پنجه‌زنی، طویل شدن میان‌گره، خوشه‌زنی، نمو خوشه، گل‌دهی، شیری، خمیری و بلوغ است. این ده مرحله در سه فاز رویشی، زایشی و بلوغ قرار می‌گیرند (۳۲). اهمیت برنج در چرخه غذایی جهان بویژه کشورهای آسیایی برکسی پوشیده نیست. نقش مهم برنج درتغذیه تا جایی که غذای اصلی بیش از ۵۰ درصد مردم جهان را به خود اختصاص می‌دهد و تقریبا زنده ماندن سه چهارم فقیرترین مردم دنیا وابسته به برنج است که بیش از ۹۰ درصد آن در آسیا تولید و مصرف می‌شود. بدیهی است با افزایش جمعیت نیاز به این محصول اقتصادی نیز بیش از پیش خواهد بود (۱۷،۲۸).

شوری از جمله اصلی‌ترین تنش‌های محیطی برای شالیزارهای دنیا است و به‌عنوان محدودیت جدی برای افزایش تولید جهانی برنج محسوب می‌شود (۳۷). از سویی دیگر، سیستم اصلی تولید محصول در ایران بر اساس کشاورزی فاریاب است که این اراضی به‌طور جدی مستعد شور شدن می‌باشند. به‌طورکلی از ۱۶۵ میلیون هکتار اراضی ایران، مساحتی حدود ۴۴/۵ (۳۱) تا ۵۵/۶ میلیون هکتار (۲۳) به نحوی متاثر از شوری هستند. میزان تحمل به تنش شوری در مراحل مختلف رشد گیاه برنج از جوانه‌زنی تا رسیدن کامل متفاوت است به‌طوری‌که در مرحله جوانه‌زنی به شوری نسبتا متحمل، در اوایل دوره گیاهچه‌ای (سه برگی) خیلی حساس شده و مجددا در مرحله رشد رویشی مقاوم می‌گردد. در مرحله گرده افشانی و لقاح نیز به شوری حساس و در مرحله رسیدن دانه به طور فزاینده‌ای مقاوم‌تر می‌گردد (۲۱). بهترین واکنش برای افزایش تحمل به شوری با بهینه کردن چندین صفت فیزیولوژیکی که احتمالا مستقل از هم هستند بدست می‌آید (۹). تحمل به شوری مانند سایر تنش‌های محیطی در گیاهان عالی یک صفت پیچیده ژنتیکی و فیزیولوژیکی است. بیشتر فرآیندهای گیاهی که در تحمل به شوری مهم هستند دارای وراثت کمی بوده و تنوع پیوسته نشان می‌دهند و تحت تاثیر شرایط محیطی نیز می‌باشند (۲۰). یکی از اثرات شوری بر گیاه کاهش مساحت برگ بوده که باعث مختل شدن فتوسنتز و کاهش آن می‌شود. محققان با مطالعه بر روی برنج نشان دادند که برگ‌های کاملا توسعه یافته و ضخامت قبل از برگ‌های کوچک و جوان تحت تاثیر شوری قرار می‌گیرند. در واقع در اثر شوری مساحت برگ به عنوان اولین پاسخ گیاه کاهش می‌یابد (۱). با افزایش شوری پتانسیل آب موجود در خاک کم خواهد شد و بسته شدن روزنه‌ها یک واکنش سریع است که می‌تواند ناشی از پتانسیل آب پایین اثرات منفی یون سدیم بر روی سیگنال‌های ریشه و یا سلول‌های محافظ روزنه

باشد (۲۲). روزنه‌های هوایی در گیاهان حفره‌های میکروسکوپی در سطح برگ و ساقه هستند که تبادل CO_2، بخار آب و ترکیبات دیگر با اتمسفر را انجام می‌دهند. روزنه‌ها بر اثر تنش‌های غیر زیستی به علت اینکه سلول‌ها اندازه‌شان کوچکتر شده و نرخ رشد کاهش می‌یابد تعداد و بنابراین تراکم‌شان در واحد سطح افزایش می‌یابد اما طول و مساحت روزنه کاهش می‌یابد (۳۳). صبوری و همکاران نیز (۲۹) با بررسی ۷۵ رقم برنج ایرانی در ۳ سطح شوری همبستگی بین وزن ساقه و زیست توده با امتیاز ارقام را 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 اثر مستقیم وزن خشک ساقه بر صفت امتیاز ارقام بالاتر از سایر صفات بود. قلی‌زاده (۱۰) ثابت کرد با اعمال تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس در مرحله گیاهچه تحت شرایط هیدروپونیک صفاتی چون طول اندام هوایی، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ، محتوای کلروفیل کاهش پیدا کرد اما نسبت سدیم به پتاسیم افزایش پیدا کرد. مرادی (۲۱) نیز بیان داشت رشد ریشه نسبت به اندام هوایی، بیشتر تحت تاثیر شوری است و نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که کاهش ارتفاع گیاهچه ممکن است به‌دلیل رشد پایین ناشی از تنش اسمزی ایجاد شده از طریق غلظت بالای نمک در منطقه ریشه باشد. کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی گیاهچه در مطالعات مختلف نیز گزارش شده است. الم و همکاران (۱) اعلام داشتند که کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در ارقام مختلف برنج با افزایش تنش شوری ممکن است به علت کاهش یون کلسیم و افزایش یون سدیم در اندام‌های فوق باشد. هم‌چنین به منظور تعین حساسیت ۲۷ ژنوتیپ برنج محلی و اصلاح شده آزمایشی در دو سطح شوری صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار در مرحله گیاهچه به روش کشت هیدروپونیک انجام شد. نتایج این‌طور بود که بین ژنوتیپ‌های محلی شمال، اصلاح شده شمال و مرکزی ایران تنوع زیادی برای شوری مشاهده شد. تمامی صفات در تنش کاهش یافت. طول ریشه کاهش بیشتری نسبت به اندام هوایی داشت. محتوای کلروفیل نیز از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ولی اثر ژنوتیپ و بر هم کنش شوری و ژنوتیپ بر این صفت از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. در مقایسه با سایر صفات اندازه‌گیری شده محتوای کلروفیل کمتر تحت شوری قرار گرفت یک عامل موثر در تحمل به شوری ژنوتیپ‌های برنج معرفی شد (۱۹). نعمت‌زاده و همکاران (۲۴) ۴۱۹ ژنوتیپ برنج را با استفاده از صفات مورفولوژیکی در ۶ گروه مختلف با فاصله تشابه ژنتیکی ۳۵ درصد قرار دادند. در حالی که در مطالعه زینعلی‌نژاد و همکاران (۳۶) با بررسی تنوع ژنتیکی ۱۰۰ ژنوتیپ برنج و گروه‌بندی آنها با استفاده از تجزیه کلاستر بر پایه صفات فنوتیپی، ارقام برنج را در چهار گروه اصلی قرار دادند و همچنین با بهره از تجزیه عاملی، سه عامل اصلی که ۹۰ درصد از تغییرات را توجیه می‌کردند، معرفی شدند. هدف از این پژوهش بررسی همبستگی بین صفات در مرحله گیاهچه در شرایط نرمال و تنش شوری و شناسایی صفاتی است که دارای بیشترین اثر بر زیست توده از طریق تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه به عامل بود، هم‌چنین گروه‌بندی لاین‌ها بر اساس تجزیه خوشه‌ای در شرایط نرمال بر اساس تمامی صفات و زیست توده همچنین در شرایط تنش شوری بر اساس تمامی صفات، زیست توده و کد ژنوتیپی نیز از اهداف این پژوهش بودند.

مواد و روش‌ها

۱۱۴ لاین F_8 حاصل از تلاقی طارم محلی × خزر در شرایط نرمال و تنش ۸ دسی‌زیمنس حاصل از NaCl در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در شرایط هیدروپونیک بررسی شد. بذرهای لاین‌های مورد مطالعه، ابتدا با محلول ۲٪ هیپوکلریت سدیم برای ۱۰ دقیقه ضد عفونی و سپس ۳ بار با آب مقطر شسته شدند. سپس بذرها به انکوباتور منتقل شده و به مدت ۵ روز در دمای ۴۰°C قرار گرفتند تا عمل جوانه‌زنی انجام شود. ابتدا صفحه‌های یونیلیت، با ابعاد ۳۰×۳۴×۲ سانتی‌متر تهیه شده و ۱۳۰ سوراخ با قطر ۱ سانتی‌متر روی آنها ایجاد شد. زیر این صفحه یونیلیت، یک شبکه نایلونی ریز چسبانده شد. مجموعه مذکور روی یک سینی ۱۰ لیتری و با ابعاد ۳۳×۳۷×۱۴ سانتی‌متر گذاشته شد. هر سینی تا شبکهٔ با ۱۰ لیتر از محلول یوشیدا پر شد و محلول هر ۸ روز تعویض شد. بذرهای جوانه زده به صفحات یونولیت مشبکی که شبکه نایلونی توسط نخ و سوزن به آن‌ها دوخته شده توسط پنس انتقال داده شد. در هر سوراخ روی یونولیت ۲ بذر جوانه زده، نشاء شد. برای محیط کشت برنج pH مناسب ۵ است و از این رو لازم بود pH محلول، هفته‌ای ۳ بار کنترل شود تا در صورت افزایش توسط HCl یک نرمال تنظیم شود. آزمایش در اتاقک رشد در شرایط دمایی ۲۹ درج سلسیوس در روز و ۲۱ درجه سلسیوس در شب و رطوبت ۷۰ درصد انجام شد. برای اندازه‌گیری خصوصیات گیاهچه از گیاهانی که ۱۴ روز در محلول یوشیدا (۳۵) کشت داده شده بودند و سپس ۱۴ روز تیمار شوری روی آنها اعمال شده بود، استفاده شد. تعداد ۲۳ صفت مورد بررسی قرار گرفتند که عبارتند از: طول ریشه: فاصله نوک ریشه اصلی تا محل طوقه بر حسب سانتی‌متر، طول ساقه: فاصله طوقه تا نوک ساقه اصلی بر حسب سانتی متر، تعداد ریشه: شمارش ریشه‌های هرلاین از طوقه، طول بزرگترین برگ: اندازه‌گیری بزرگترین برگ از نوک تا جایگاه اتصال روی ساقه با خط کش برحسب سانتی‌متر، عرض بزرگترین برگ: عرض برگ در پهن‌ترین قسمت، ضخامت ریشه: توسط میکروسکوپ بینوکولار در ۵ بوته تصادفی از هر تکرار اندازه‌گیری و سپس میانگین آن‌ها ثبت می‌شود، میزان سبزینگی برگ: میزان سبزینگی برگ در سه نقطه از هر برگ در اطراف رگبرگ اصلی توسط دستگاه کلروفیل متر دستی مدل SPAD502 Minolta اندازه‌گیری شده و سپس میانگین آن‌ها به‌عنوان سبزینگی برگ ثبت می‌شود، وزن ریشه: شامل وزن تر و وزن خشک ریشه توسط ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱ گرم، وزن اندام هوایی: شامل وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی توسط ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱ گرم، بیوماس: شامل وزن تر و خشک کل گیاهچه توسط ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱ گرم، کد

ژنوتیپی: توسط جدول ۱ (۱۴) در ۵ بوته تصادفی از هر تکرار سنجش شد، سطح برگ (طول برگ × عرض برگ × ۰/۷۵)، چگالی سطح ریشه (۱۵): با استفاده از فرمول (π× قطر ریشه× طول ریشه) انجام شد، صفات مربوط به روزنه: ابتدا روزنه‌های سطح زیرین برگ برنج که گیاهی تک لپه می‌باشد و روزنه بیشتری دارد توسط قلم مو با لاک بیرنگ حدود یک سانتی‌متر کشیده شد و پس از خشک شدن لایه‌ای چسب نواری روی آن کشیده و به سرعت ان را جدا کرده که تصویر لایه اپیدرم روی چسب ایجاد شد و سپس چسب حاوی نمونه را روی لام گذاشته و زیز میکروسکوپ نوری دارای دوربین دیجیتال عکس‌ها با لنز ۴۰ گرفته شد. توسط عکس‌های گرفته شده صفات روزنه شامل طول روزنه، عرض روزنه، مساحت، تراکم (طول× عرض تصویر/ تعداد روزنه)، تعداد روزنه توسط نرم‌افزار Image tool محاسبه شد، نسبت طول ریشه/ ساقه: تقسیم طول ریشه‌های هر لاین بروی طول ساقه‌های هر لاین، نسبت وزن خشک ریشه/ ساقه: تقسیم وزن خشک ریشه هرلاین بر وزن خشک ساقه هرلاین. بیشتر صفاتی که در این مرحله مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، به‌عنوان صفات و خصوصیات مرتبط با تحمل یا حساسیت به تنش شوری معرفی شدند (۲۶) و (۱۴). تجزیه داده‌های فنوتیپی شامل تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین بین لاین‌های F_8 از نظر هر یک از صفات مطالعه شده در مراحل گیاهچه‌ای و تجزیه واریانس شرایط نرمال و تجزیه واریانس شرایط شوری با استفاده از نرم‌افزار SAS9.2 انجام شد و برای محاسبه سایر تجزیه‌ها شامل محاسبه ضرایب همبستگی، رگرسیون گام‌به‌گام، تجزیه به عامل و تجزیه کلاستر از نرم‌افزار SPSS18 استفاده شد.

جدول ۱- نحوهٔ ارزیابی لاین‌ها برای تحمل به شوری پس از اعمال تنش (۱۲)

Table 1. Genotypic scores in terms of salinity (12)

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

نتایج و بحث

پس از تایید یک‌نواختی واریانس‌ها برای تجزیه واریانس مرکب با استفاده از آزمون بارتلت، تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در مجموع شرایط نرمال و تنش شوری انجام شد و نشان داد که اختلاف بین لاین‌ها برای کلیه صفات معنی‌دار بود (جدول ۲). این نتیجه بیانگر وجود تنوع فنوتیپی برای صفات ارزیابی شده در مرحله گیاهچه‌ای در شرایط تنش ۸ دسی‌زیمنس و نرمال در لاین‌های مورد بررسی است. واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به تنش موجب شد که اثر متقابل لاین × تنش، برای همه صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردد. به عبارت دیگر روند تغییرات یا تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر هر خصوصیت در دو سطح نرمال و تنش متفاوت بود. معنی‌دار بودن اثر متقابل نشان‌دهنده رفتار متفاوت لاین‌ها در شرایط نرمال و تنش از نظر صفات فوق است.

مقایسه شرایط کشت برای صفات مورد بررسی

اختلاف دو محیط نرمال و تنش شوری برای صفت قطر ریشه معنی‌دار نبود و برای سایر صفات معنی‌دار بود. تحت تنش شوری قطر ریشه در طیف وسیعی از گیاهان از جمله هالوفیت‌ها، گراس‌ها (*Cynodon dactylon*)، برنج (*Oryza sativa*) و *Triticum sp* کاهش می‌یابد. کاهش قطر ریشه به علت کاهش توسعه و تقسیم سلولی که تحت تنش قرار گرفته اند می‌باشد (۳۰). تنش شوری باعث افزایش ریشه‌های جانبی در یکسری گیاهان مثل اربیدوپسیس Cicer arietinum و ارقام برنج شده و اما طول ریشه کاهش می‌یابد (۱۶). همچنین در ارقامی از برنج که مقاوم هستند طول ریشه افزایش و در ارقامی که حساس هستند طول ریشه کاهش می‌یابد (۳). در این تحقیق نیز طول ریشه در تنش کاهش نسبت به وضع نرمال داشت. شرایط نرمال وضعیت مساعدی را در مراحل مختلف رشد برای برنج فراهم می‌کند در حالی که در شرایط تنش شوری، تمامی خصوصیات به جز کد ژنوتیپی تعداد و تراکم روزنه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه افزایش یافت (جدول ۳). نظر به معنی‌دار شدن اثر متقابل لاین در تنش برای صفات مورد مطالعه، ارقام به تفکیک در دو شرایط نرمال و تنش، مورد مقایسه قرار گرفتند.

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

قبل از تجزیه واریانس فرض‌های واریانس شامل نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌های درون گروهی با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تایید قرار گرفت. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط نرمال نشان داد که اختلاف بین لاین‌ها در همه صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در شرایط نرمال، بیش‌ترین ضریب تغییرات مربوط به محتوای کلروفیل و کم‌ترین ضریب تغییرات متعلق به طول روزنه بود. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط تنش شوری (جدول ۵) نشان داد که اختلاف بین لاین‌ها در تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. معنی‌دار شدن اختلاف بین لاین‌ها از نظر صفات مورد بررسی بیانگر وجود تنوع فنوتیپی گیاهچه‌های برنج مورد مطالعه در شرایط تنش شوری بود. در شرایط تنش شوری، بیشترین ضریب تغییرات مربوط به محتوای کلروفیل (۲۹/۶۷) و کم‌ترین ضریب تغییرات متعلق به صفت طول ساقه (۸/۵۴) بود.

همبستگی صفات ارزیابی شده

با استفاده از ضرایب همبستگی بین صفات مختلف می‌توان در مورد شاخص‌های انتخاب غیرمستقیم و حذف صفات غیر مؤثر به‌طور دقیق‌تری تصمیم‌گیری نمود. همبستگی بالا می‌تواند حاکی از وجود لینکاژ ژنی یا ژن‌هایی با اثرات چندگانه (پلیوتروپی) باشد. وجود این گونه همبستگی‌ها به محقق این امکان را می‌دهد که بتواند به‌طور غیرمستقیم و با دقت بیشتری با توجه به اهمیت همه صفات، عمل انتخاب را انجام دهد (۱۳). زیست‌توده به ترتیب بالاترین همبستگی را با وزن خشک ساقه (۰/۹۷۲**)، طول ساقه (۰/۵۲۸**)، وزن خشک ریشه (۰/۴۷۷**)، چگالی سطح ریشه (۰/۴۰۷**)، سطح برگ (۰/۳۹۹**)، طول ریشه (۰/۳۷۷**)، محتوای کلروفیل (۰/۲۵۲**) و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه (۰/۲۰۵*) داشت (جدول ۶). در شرایط تنش شوری طول ساقه همبستگی مثبت معنی‌دار با طول ریشه و تعداد ریشه داشت، بدین صورت که هرچه طول ساقه بیشتر شود تعداد ریشه نیز افزایش می‌یابد. وزن خشک ریشه نیز با طول و تعداد ریشه و طول ساقه همبستگی مثبت معنی‌دار داشت. محتوای کلروفیل نیز با طول ریشه و وزن خشک ساقه همبستگی مثبت معنی‌دار داشت. محتوای کلروفیل همبستگی مثبت معنی‌دار با طول ریشه ۰/۳۰۴** نشان داد که با نتایج فلاح و همکاران (۷) مطابقت داشت. با زیاد شدن رنگدانه‌های کلروفیل، آسیمیلاسیون فرایندهای فتوسنتزی افزایش یافته و در پی آن سهم انتقال مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها افزایش می‌یابد (۷). زیست توده نیز به ترتیب بالاترین همبستگی مثبت معنی‌دار را با وزن خشک ساقه (۰/۹۸۶**)، طول ساقه (۰/۵۰۸**)، سطح برگ (۰/۵۰۲**) وزن خشک ریشه (۰/۴۶۷**) و محتوای کلروفیل (۰/۳۱۹**) داشت که با نتایج قمی و همکاران (۱۱) و صبوری و همکاران (۲۹) در یک راستا بود. با نسبت وزن خشک ریشه به ساقه همبستگی منفی (۰/۵۳۵**) و با بقیه صفات همبستگی نداشت. کد ژنوتیپی نیز با بیوماس همبستگی منفی معنی‌دار (۰/۲۴۰*-) داشت. چگالی سطح ریشه با طول ریشه همبستگی مثبت معنی‌دار (۰/۸۴۲**) داشت. تراکم روزنه همبستگی منفی با مساحت روزنه داشت و تعداد روزنه همبستگی منفی با مساحت روزنه و همبستگی مثبت با تراکم روزنه داشت. بدین صورت که در تنش شوری مساحت روزنه در واحد سطح کاهش یافته و تعداد و تراکم روزنه افزایش می‌یابد. در تحقیقی اثر تنش شوری بر ۳ رقم پنبه انجام شد تعداد و تراکم روزنه در واحد سطح برگ افزایش داشته و طول و مساحت کاهش یافت. به‌طورکلی ژنوتیپ‌هایی که کاهش بیشتری در سطح برگ داشتند، تراکم روزنه در آنها بیشتر بود. صفاتی نظیر نرخ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و نرخ تعرق با افزایش سطوح شوری کاهش یافت (۲). بین سطح برگ با طول ساقه و محتوای کلروفیل نیز همبستگی مثبت معنی‌دار به‌ترتیب ۰/۶۱۰** و ۰/۴۶۹** مشاهده شد و همبستگی منفی معنی‌دار (۰/۴۴۸**-) نیز با کد ژنوتیپی داشت بدین صورت که هرچه سطح برگ بزرگتر باشد کد ژنوتیپی کمتر و گیاه متحمل‌تر و هرچه سطح برگ کمتر کد ژنوتیپی بالاتر است. قمی و همکاران (۱۳) و صبوری و همکاران (۲۹) نیز گزارش کردند زیست توده بالاترین ضریب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی را با وزن خشک ساقه دارد و پس از آن وزن خشک ریشه، وزن تر ساقه و وزن تر ریشه و دارای بالاترین ضریب همبستگی با زیست توده بودند و امتیاز ارقام که شاخص تحمل گیاهان به تنش شوری بود دارای همبستگی منفی معنی‌دار با زیست توده بود. در مطالعه‌ای اثر تنش شوری بر گیاهچه‌های برنج مطالعه شد و بیشترین مقدار همبستگی زیست توده با وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، ارتفاع بوته، طول ریشه، نسبت Na^+ در ریشه، طول ساقه و اثرات منفی غلظت K^+/Na^+ در ساقه و غلظت K^+ در ساقه بود (۸).

کاظمی و همکاران (۱۹) نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار محتوای کلروفیل و سطح برگ را تصدیق نموده و محتوای کلروفیل را به‌عنوان یک عامل موثر در تحمل به تنش شوری ژنوتیپ‌های برنج معرفی کردند. زیست توده نیز بیشترین ضریب همبستگی مثبت معنی‌دار را به‌ترتیب با وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، سطح سبز برگ، حجم و طول ریشه داشت. همچنین گزارش کردند در مقایسه با اندام هوایی، ریشه گیاه برنج به تنش شوری حساس‌تر بوده و با سرعت بیشتری به تنش پاسخ داد.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب

Table 2. Combined analysis of variance

		میانگین مربعات										
	درجه آزادی	طول ریشه	طول ساقه	تعداد ریشه	طول بزرگترین برگ	عرض بزرگترین برگ	وزن تر ریشه	وزن تر ساقه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	کلروفیل	وزن خ گیاهچه	وزن تر گیاهچه
لاین	۱۱۳	۱۴/۶۴**	۵۱/۶۶**	۸/۳۶**	۳۲/۱۹**	۱/۰۱۶**	۰/۰۰۰۰۸**	۰/۰۰۰۵۸**	۰/۰۰۰۰۰۳۴**	۰/۰۰۰۰۹۲۳۴**	۰/۰۳۱۳۱۵**	۰/۰۰۰۱۰۸**	۰/۰۰۰۸۳**
لاین*استرس	۱۱۳	۵/۴۵**	۷/۸۱**	۵/۵۴**	۷/۸۶**	۰/۴۵۵**	۰/۰۰۰۰۵۴**	۰/۰۰۰۲۲**	۰/۰۰۰۰۰۲۱۲**	۰/۰۰۰۰۲۰۱۵**	۰/۰۱۴۸۷**	۰/۰۰۰۰۲۲۹۳**	۰/۰۰۰۳۳**
خطا	۴۵۲	۱/۳۲	۱/۵۶	۷/۵۳	۱/۵۴	۰/۷۷	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۳۹	۰/۰۰۰۰۰۲۱۹	۰/۰۰۲۱۹۳۰۹	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳۳
ضریب تغییرات		۱۰/۳۰	۷/۴۲	۱۳/۱۴	۹/۹۷	۹/۹۶	۱۷	۱۲/۸۸	۲۰/۲۵	۹/۹۲	۲۱/۹۳	۹/۶۲	۱۱/۰۴

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب

Continued Table 2. Combined analysis of variance

		میانگین مربعات										
	درجه ازادی	کد	قطریشه	چگالی سطح ریشه	سطح برگ	طول روزنه	عرض روزنه	مساحت روزنه	تراکم روزنه	تعداد روزنه	نسبت طول ریشه به ساقه	نسبت وزن خشک ریشه به ساقه
لاین	۱۱۳	۰/۸۱۲۸۶**	۰/۰۰۰۲۸**	۰/۳۱۶**	۲۰۹/۴۳۰**	۲۵/۳۱**	۱۱/۰۴**	۱۳۴۹۴/۳۱**	۰/۰۰۰۰۴**	۴۷/۷۳**	۰/۰۵۹۷**	۰/۰۳۷۰۹**
لاین*استرس	۱۱۳	۶/۰۱۹**	۰/۰۰۰۱۴**	۰/۱۷۰۰**	۷۶/۱۳۷**	۳۰/۹۷**	۱۰/۱۴**	۱۵۱۴۵/۲۴**	۰/۰۰۰۰۰۴**	۴۴/۸۶**	۰/۰۲۴۸۳**	۰/۰۲۶۰۴**
خطا	۴۵۶	۰/۷۵	۰/۰۰۰۰۲۳	۰/۰۱۱۳	۱۴/۳۰	۱/۹۶	۱/۸۰	۸۹۵/۸۳	۰/۰۰۰۰۰۰۵	۶/۰۱	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۸۹
ضریب تغییرات		۳۰/۱۴	۹/۹۳	۱۰/۷۵	۱۴	۸/۰۴	۱۱/۱۸	۱۳/۸۷	۱۶/۵۹	۱۶/۵۷	۱۲/۶۷	۲۳/۷۸

جدول ۳- مقایسه شرایط کشت برای صفات مورد بررسی

Table 3. Compare means of planting conditions for evaluated traits

شرایط	طول ریشه (سانتی‌متر)	طول ساقه (سانتی‌متر)	تعداد ریشه	طول بزرگترین برگ (سانتی‌متر)	عرض بزرگترین برگ (سانتی‌متر)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر ساقه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	محتوای کلروفیل	وزن خشک گیاهچه (گرم)	وزن تر گیاهچه (گرم)
نرمال ۱	۷/۲۰۹^{a}	۱۷/۹۹^{a}	۷/۳۹^{a}	۱۳/۱۵^{a}	۲/۹۳۴^{a}	۰/۰۱۳۳^{a}	۰/۰۴۲۱^{a}	۰/۰۰۳۲۶^{a}	۰/۰۱۵۳^{a}	۰/۲۷۴^{a}	۰/۰۱۸۶^{a}	۰/۰۵۵۵^{a}
شوری ۲	۵/۹۳^{b}	۱۵/۷۲^{b}	۷/۱۲^{b}	۱۱/۷۸^{b}	۲/۶۳۴^{b}	۰/۰۱۱۱^{b}	۰/۰۳۸۲^{b}	۰/۰۰۲۹۲^{b}	۰/۰۱۴۴^{b}	۰/۱۵۲^{b}	۰/۰۱۷۲^{b}	۰/۰۴۹۴^{b}

ادامه جدول ۳- مقایسه شرایط کشت برای صفات مورد بررسی

Continued Table 3. Compare means of planting conditions for evaluated traits

شرایط	کد ژنوتیپی	قطر ریشه (سانتی‌متر)	چگالی سطح ریشه (سانتی‌متر مکعب)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	طول روزنه (میکرومتر)	عرض روزنه (میکرومتر)	مساحت روزنه (میکرومتر مربع)	تراکم (میلی‌متر مربع)	تعداد روزنه (میلی‌متر مربع)	نسبت طول ریشه به ساقه	نسبت وزن خشک ریشه به ساقه
نرمال ۱	۱[b]	۰/۰۴۸۵[a]	۱/۰۸۴[a]	۲۸/۹۷[a]	۱۹/۱۲[a]	۱۳/۴۹[a]	۲۶۲/۴۲[a]	۰/۰۰۴[b]	۱۳/۱۴[b]	۰/۴۰۹[a]	۰/۲۲۱۵[b]
شوری ۲	۴/۷۶۰[a]	۰/۰۴۸۷[a]	۰/۸۹۴[b]	۲۳/۲۷[b]	۱۵/۷۵[b]	۱۰/۵۱[b]	۱۶۹/۱۴۹[b]	۰/۰۰۵۰[a]	۱۶/۳۹[a]	۰/۳۹۰[b]	۰/۲۳۰۵[a]

جدول ۴- تجزیه واریانس برای شرایط نرمال

Table 4. Analysis of variance for normal condition

		میانگین مربعات										
	درجه آزادی	طول ریشه	طول ساقه	تعداد ریشه	طول بزرگترین برگ	عرض بزرگترین برگ	وزن تر ریشه	وزن تر ساقه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	محتوای کلروفیل	وزن خشک گیاهچه	وزن تر گیاهچه
لاین	۱۱۳	۸/۴۰**	۳۰/۵۷**	۷/۸۱۶**	۲۳/۲۰۲**	۰/۷۳۳**	۰/۰۰۰۶۳**	۰/۰۰۰۳۷**	۰/۰۰۰۰۳۲**	۰/۰۰۰۴۵**	۰/۰۲۷۷۶**	۰/۰۰۶۱۸**	۰/۰۰۰۵۲**
خطا	۲۲۸	۰/۵۶۹	۱/۳۷	۰/۷۰۸	۱/۷۱۳	۰/۰۶۹۴	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۱۷۵	۰/۰۰۲۴۸	۰/۰۰۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۰۲۹۱۳
ضریب تغییرات		۱۰/۴۶	۶/۵۲	۱۱/۳۸	۹/۹۵	۸/۹۸	۱۴/۸۴	۱۱/۲۸	۱۴/۷۸	۸/۶۰	۱۸/۱۵	۸/۴۳	۹/۷۲

ادامه جدول ۴- تجزیه واریانس برای شرایط نرمال

Continued Table 4. Analysis of variance for normal condition

		میانگین مربعات										
	درجه آزادی	کد ژنوتیپی	قطر ریشه	چگالی سطح ریشه	سطح برگ	طول روزنه	عرض روزنه	مساحت روزنه	تراکم	تعداد روزنه	نسبت طول ریشه به ساقه	نسبت وزن خشک ریشه به ساقه
لاین	۱۱۳	–	۰/۰۰۰۱۸۸**	۰/۲۱۵۲**	۱۷۱/۹۶**	۳۱/۷۴**	۱۲/۹۷**	۱۷۸۹۲/۷۲**	۰/۰۰۰۰۰۲۹۷**	۳۱/۶۵۴**	۰/۰۳۰۵**	۰/۰۱۸۵۸**
خطا	۲۲۸	–	۰/۰۰۰۰۱۴	۰/۰۱۱۲۷۶	۱۶/۹۹	۱/۳۱۸۹	۱/۷۹	۸۹۷/۷۲	۰/۰۰۰۰۰۰۳۵	۳/۷۳۳	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۰۷۲
ضریب تغییرات		–	۷/۷۷	۹/۷۸	۱۴/۲۳	۶	۹/۹۱	۱۱/۴۱	۱۴/۶۹	۱۴/۶۹	۱۰/۵۷	۱۴/۷۸

جدول ۵- تجزیه واریانس برای شرایط تنش شوری

Table 5. Analysis of variance for saline condition

		میانگین مربعات										
	درجه آزادی	طول ریشه	طول ساقه	تعداد ریشه	طول بزرگترین برگ	عرض بزرگترین برگ	وزن تر ریشه	وزن تر ساقه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	محتوای کلروفیل	وزن خشک گیاهچه	وزن تر گیاهچه
لاین	۱۱۳	۱۱/۶۹**	۲۸/۹۰**	۶/۰۹۶**	۱۶/۸۵**	۰/۷۳۷**	۰/۰۰۰۰۷۳۵**	۰/۰۰۰۴۴**	۰/۰۰۰۰۰۲۲۹**	۰/۰۰۰۰۶۷۲۶**	۰/۰۱۸۴**	۰/۰۰۰۰۷۶۵۴**	۰/۰۰۰۰۸**
خطا	۲۲۸	۰/۳۶۵	۱/۸۰۵	۱/۱۰۲	۱/۴۳	۰/۰۸۷۶	۰/۰۰۰۰۰۵۶۱	۰/۰۰۰۰۳۱۰۷	۰/۰۰۰۰۰۰۵۶	۰/۰۰۰۰۰۲۶۸	۰/۰۰۲۰۴۲	۰/۰۰۰۰۰۳۶	۰/۰۰۰۰۳۸۳۷
ضریب تغییرات		۱۰/۱۸	۸/۵۴	۱۴/۷۳	۱۰/۱۸۰	۱۱/۲۳	۲۱/۷۹	۱۴/۵۶	۲۵/۴۶	۱۱/۳۴	۲۹/۶۷	۱۰/۹۲	۱۲/۵۲

* و **: معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، ns: نبودن اختلاف معنی‌دار است.

ادامه جدول ۵- تجزیه واریانس برای شرایط تنش

Continued Table 5. Analysis of variance for saline condition

		میانگین مربعات									
	درجه ازادی	وزن تر گیاهچه	کد ژنوتیپی	قطرریشه	چگالی سطح ریشه	طول روزنه	عرض روزنه	مساحت روزنه	تراکم	تعداد روزنه	نسبت طول ریشه به ساقه	نسبت وزن خشک ریشه به ساقه
لاین	۱۱۳	۱۲/۰۳۸**	۰/۰۰۰۲۴۳۳۵**	۰/۲۷۱۴۸**	۱۱۳/۶۰**	۲۴/۵۳**	۸/۲۱**	۱۰۷۴۶/۸۳**	۰/۰۰۰۰۰۵**	۶۰/۹۴**	۰/۰۵۴۰۳**	۰/۰۴۴۵۵**
خطا	۲۲۸	۱/۵۰۸	۰/۰۰۰۰۳۲۵۴	۰/۰۱۱۶۲	۱۲/۶۶	۲/۶۱	۱/۷۹	۸۹۳/۹۴	۰/۰۰۰۰۰۷۷	۸/۲۵	۰/۰۰۳۲۹	۰/۰۰۴۷۴۱۳۶
ضریب تغییرات		۲۵/۸۰	۱۱/۶۹	۱۲/۰۵	۱۵/۲۹	۱۰/۲۶	۱۲/۷۲	۱۷/۶۷	۱۷/۵۱	۱۷/۵۱	۱۴/۷۰	۲۸/۲۹

* و **: معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. ns: نبودن اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۶- ماتریس همبستگی بین صفات برای شرایط نرمال

Table 6. Correlation matrix between traits for normal condition

	طول ریشه	طول ساقه	تعداد ریشه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	محتوای کلروفیل	بیوماس	قطر ریشه	چگالی سطح ریشه	سطح برگ	مساحت روزنه	تراکم روزنه	تعداد روزنه	نسبت طول ریشه به ساقه	نسبت وزن خشک ریشه به ساقه
طول ریشه	۱														
طول ساقه	۰/۳۰۵**	۱													
تعداد ریشه	۰/۱۳۲ns	۰/۱۶۲ns	۱												
وزن خشک ریشه	۰/۲۶۴**	۰/۳۸۲**	۰/۱۷۳ns	۱											
وزن خشک ساقه	۰/۳۴۴**	۰/۴۷۸**	۰/۱۵۲ns	۰/۲۵۶**	۱										
کلروفیل	۰/۳۶۳**	۰/۱۸۸*	۰/۲۲۸*	۰/۲۳۹*	۰/۲۱۳*	۱									
بیوماس	۰/۳۷۷**	۰/۵۲۸**	۰/۱۸۱ns	۰/۴۷۷**	۰/۹۷۲**	۰/۲۵۲**	۱								
قطر ریشه	-۰/۲۵۷**	۰/۰۶۷ns	۰/۲۸۲**	۰/۲۱۸*	۰/۰۳۷ns	-۰/۰۰۴ns	۰/۰۸۷ns	۱							
چگالی سطح ریشه	۰/۷۷۱**	۰/۳۳۸**	۰/۳۳۹**	۰/۳۹۹**	۰/۳۴۰**	۰/۳۳۹**	۰/۴۰۷**	۰/۴۰۳**	۱						
سطح برگ	۰/۴۰۲**	۰/۶۷۵**	۰/۱۱۴ns	۰/۴۱۱**	۰/۳۲۹**	۰/۳۱۴**	۰/۳۹۹**	-۰/۰۵۹ns	۰/۳۴۹**	۱					
مساحت	۰/۰۳۹ns	-۰/۰۹۴ns	۰/۰۳۲ns	-۰/۰۸۹ns	-۰/۰۴۷ns	-۰/۰۱۸ns	۰/۰۲۰ns	۰/۰۱۵ns	۰/۰۵۴ns	-۰/۱۲۳ns	۱				
تراکم	۰/۰۳۹ns	-۰/۰۶۷ns	۰/۰۳۰ns	۰/۰۸۶ns	-۰/۱۴۵ns	۰/۰۹۹ns	-۰/۱۱۱ns	۰/۰۸۰ns	۰/۰۹۱ns	-۰/۰۰۱ns	-۰/۴۲۶ns	۱			
تعداد روزنه	۰/۰۳۹ns	-۰/۰۶۷ns	۰/۰۳۰ns	۰/۰۸۶ns	-۰/۱۴۵ns	۰/۰۹۹ns	-۰/۱۱۱ns	۰/۰۸۰ns	۰/۰۹۱ns	-۰/۰۰۱ns	-۰/۴۲۶ns	۰/۸۵۵**	۱		
نسبت طول ریشه به ساقه	۰/۶۸۶**	-۰/۴۴۵**	-۰/۰۲۴ns	-۰/۰۴۶ns	-۰/۰۲۳ns	۰/۱۵۴ns	-۰/۰۳۲ns	-۰/۳۰۴**	۰/۴۴۱**	-۰/۱۴۰ns	۰/۱۱۹ns	۰/۰۵۹ns	۰/۰۵۹ns	۱	
نسبت وزن خشک ریشه به ساقه	-۰/۰۰۱ns	۰/۰۴۲ns	۰/۰۳۰ns	۰/۷۱۳**	-۰/۴۱۷**	۰/۰۲۷ns	-۰/۲۰۵*	۰/۱۷۸ns	۰/۱۲۳ns	۰/۱۲۱ns	-۰/۰۹۶ns	۰/۱۴۳ns	۰/۱۴۳ns	-۰/۰۴۷ns	۱

جدول ۷- ماتریس همبستگی بین صفات برای شرایط تنش شوری

Table 7. Correlation matrix between traits for saline condition

	طول ریشه	طول ساقه	تعداد ریشه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	محتوای کلروفیل	بیوماس	کد	قطر ریشه	چگالی سطح ریشه	سطح برگ	مساحت روزنه	تراکم روزنه	تعداد روزنه	نسبت طول ریشه به ساقه	نسبت وزن خشک ریشه به ساقه
طول ریشه	۱															
طول ساقه	۰/۱۹۹*	۱														
تعداد ریشه	۰/۰۵۵ns	۰/۲۸۳*	۱													
وزن خشک ریشه	۰/۲۲۴*	۰/۳۴۰**	۰/۳۲۱**	۱												
وزن خشک ساقه	۰/۰۹۲ns	۰/۴۹۰**	۰/۰۸۸ns	۰/۳۲۷**	۱											
کلروفیل	۰/۳۱۰**	۰/۰۷۳ns	۰/۰۷۴ns	۰/۱۷۸ns	۰/۳۰۲**	۱										
بیوماس	۰/۱۳۰ns	۰/۵۰۸**	۰/۱۴۵ns	۰/۴۶۷**	۰/۹۸۶**	۰/۳۱۹**	۱									
کد ژنوتیپی	-۰/۳۵۵**	-۰/۱۶۵ns	-۰/۲۳۰*	-۰/۱۶۲ns	-۰/۲۳۶*	-۰/۴۹۴**	-۰/۲۴۰*	۱								
قطر ریشه	-۰/۲۱۲*	-۰/۰۰۹ns	۰/۲۰۳*	۰/۲۸۵**	-۰/۰۰۶ns	۰/۰۸۰ns	۰/۰۴۹ns	-۰/۰۷۲ ns	۱							
چگالی سطح ریشه	۰/۸۴۳**	۰/۱۸۹*	۰/۱۶۹ns	۰/۳۷۹**	۰/۰۸۲ns	۰/۳۶۹**	۰/۱۵۰ns	-۰/۳۸۶ ns	۰/۳۲۵**	۱						
سطح برگ	۰/۴۱۵**	۰/۶۱۰**	۰/۱۹۷*	۰/۴۵۳**	۰/۴۵۶**	۰/۴۶۹**	۰/۵۰۲**	۰/۴۴۸**	۰/۰۷۰ ns	۰/۴۵۶**	۱					
مساحت روزنه	-۰/۰۲۰ns	-۰/۰۶۸ns	۰/۱۲۸ns	۰/۰۳۵ns	-۰/۰۹۴ns	-۰/۰۳۵ns	-۰/۰۸۷ns	-۰/۰۱۹ ns	-۰/۰۲۰ ns	-۰/۰۳۳ ns	-۰/۰۶۳ ns	۱				
تراکم	-۰/۰۴۶ns	-۰/۰۳۰ ns	-۰/۰۰۶ns	۰/۰۴۶ns	۰/۰۴۷ns	۰/۱۳۳ns	۰/۰۵۹ ns	-۰/۱۶۲ ns	۰/۰۵۹ ns	۰/۰۱۶ ns	۰/۰۱۹ ns	-۰/۴۱۳**	۱			
تعداد روزنه	۰/۰۴۶ns	۰/۰۳۰ ns	-۰/۰۰۶ns	۰/۰۴۶ns	۰/۰۴۷ns	۰/۱۳۳ns	۰/۰۵۹ ns	-۰/۱۶۲ ns	۰/۰۵۹ ns	۰/۰۱۶ ns	۰/۰۱۹ ns	-۰/۴۱۳**	۱**	۱		
نسبت طول ریشه به ساقه	۰/۷۷۵**	-۰/۴۲۸**	-۰/۰۹۹ns	۰/۰۳۰ns	-۰/۲۳۸*	-۰/۲۲۲*	-۰/۲۰۹*	۰/۲۲۳*	-۰/۱۵۷ ns	۰/۶۵۸ ns	-۰/۰۱۲ ns	۰/۰۲۶ ns	-۰/۰۱۲ ns	-۰/۰۱۲ ns	۱	
نسبت وزن خشک ریشه به ساقه	۰/۰۸۵ns	-۰/۲۲۷*	۰/۱۸۰ns	۰/۳۵۶**	-۰/۶۳۶**	-۰/۱۰۵ns	-۰/۵۳۵**	۰/۱۰۷ ns	۰/۲۵۷*	۰/۲۳۲*	-۰/۱۲۰ ns	۰/۱۵۰ ns	-۰/۰۳۰ ns	-۰/۰۳۰	۰/۲۸۱**	۱

* و **: معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. ns: نبودن اختلاف معنی‌دار است.

رگرسیون گام‌به‌گام

جهت گزینش صفاتی که نقش مهم‌تری در توجیه تغییرات بیوماس داشتند، از رگرسیون مرحله‌ای به روش گام به‌گام استفاده شد. رگرسیون یکی از کاربردی‌ترین روش‌های آماری می‌باشد که در مطالعه روابط بین متغیرها در علوم مختلف از جمله کشاورزی کاربرد دارد زیرا روابط بین متغییرها را به سادگی و به صورتی با مفهوم بیان می‌کند. به‌طورکلی تجزیه رگرسیون، مجموعه‌ای از روش‌ها و تکنیک‌هایی است که برای کمک به درک رابطه بین گروهی از متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۷). نتایج رگرسیون گام‌به‌گام در شرایط نرمال (جدول ۸)، نشان داد زمانی که زیست توده به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شوند، به ترتیب صفات طول ساقه، چگالی سطح ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه بیشترین تغییرات (۰/۴۰۴ درصد) را توجیه کردند. در تجزیه رگرسیون پیش رونده در شرایط شوری (جدول ۹) به‌ترتیب نسبت وزن خشک ریشه به ساقه، سطح برگ، طول ساقه و قطر ریشه بیشترین توجیه تغییرات (۰/۵۳۰ درصد) را به خود اختصاص دادند. فرهمند فر و همکاران (۸) با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام نشان دادند که صفات وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در مرحله جوانه‌زنی و صفت‌های وزن خشک ریشه و اندام هوایی در مرحله گیاهچه‌ای در تولید بیوماس کل سهیم‌اند. هم چنین وقتی کد ژنوتیپی (جدول ۱۰) به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند محتوای کلروفیل و سطح برگ بیشترین توجیه تغییرات (۰/۳۰۴ درصد) را به خود اختصاص دادند. نیک سیر و همکاران (۲۵) به‌منظور تحمل به خشکی آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در شرایط نرمال و تنش خشکی در شرایط کشت هیدروپونیک روی ۲۲ ژنوتیپ برنج انجام دادند. در رگرسیون مرحله‌ای با در نظر گرفتن زیست توده به‌عنوان متغیر وابسته در شرایط تنش به ترتیب صفات وزن ساقه و ریشه و وقتی کد ژنوتیپی را به‌عنوان متغیر وابسته به ترتیب طول ساقه، طول ریشه، قطر ریشه و وزن ریشه به ترتیب وارد مدل گردید.

جدول ۸- نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای زیست توده (مجموع وزن ساقه و ریشه) به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط نرمال

Table 8. Results of forward regression while biomass (total weight of stems and roots) is the dependent variable and other traits as independent variables for normal conditions

مرحله	صفات	مقدار ثابت	ضرایب رگرسیون برای صفات			ضرایب تبیین
			B1	B2	B3	
۱	طول ساقه	۰/۰۰۶**	۰/۰۱*			۰/۲۷۹
۲	چگالی سطح ریشه	۰/۰۰۴ns	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۴*		۰/۳۳۸
۳	نسبت وزن ریشه به ساقه	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۵*	-۰/۰۱۴**	۰/۴۰۴

جدول ۹- نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای زیست توده (مجموع وزن ساقه و ریشه) به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط شوری

Table 9. Results of forward regression while the biomass (total weight of stems and roots) is the dependent variable and other traits as independent variables for saline condition

مرحله	صفات وارد شده	مقدار ثابت	ضریب رگرسیون برای صفات				ضریب تبیین
			B1	B2	B3	B4	
۱	نسبت وزن خشک ریشه به ساقه	۰/۰۲۳*	-۰/۰۲۳*				۰/۲۸۶
۲	سطح برگ	۰/۰۱۴*	-۰/۰۲۱*	۰۰/۰			۰/۴۸۰
۳	طول ساقه	۰/۰۱۰*	-۰/۰۲۰*	۰/۰۰*	۰/۰۰**		۰/۵۰۸
۴	قطر ریشه	۰/۰۰۷*	-۰/۰۲۱*	۰/۰۰*	۰/۰۰*	۰/۰۸۷**	۰/۵۳۰

جدول ۱۰- نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای کد ژنوتیپی به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط شوری

Table 10. Results of forward regression while the genotype code is as the dependent variable and other traits as independent variables for saline condition

مرحله	صفات وارد شده	مقدار ثابت	ضریب رگرسیون		ضریب تبیین
			B1	B2	
۱	محتوای کلروفیل	۶/۶۸*	-۱۲/۶۳*		۰/۲۴۴
۲	سطح برگ	۸/۲۷*	-۹/۱۳*	-۰/۰۹۰*	۰/۳۰۴

نتایج تجزیه به عامل‌ها

در این تحقیق تجزیه به عامل‌ها بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی و چرخش واریماکس انجام شد. در شرایط نرمال (جدول ۱۱) ۵ عامل اول ۷۷/۵۳ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند. به‌طوری‌که عامل اول ۲۶/۳۹ درصد را به خود اختصاص دادند و متغیرهای طول ساقه، بیوماس و سطح برگ به ترتیب بیشترین نقش را ایفا نمودند که صفات مربوط به بیوماس و اندام هوایی نامیده شد. عامل دوم ۱۶/۹۵ درصد را توجیه نمود در این عامل متغیرهایی چون طول ریشه و نسبت طول ریشه به ساقه بار عاملی مثبت داشتند. عامل سوم نیز ۱۴/۰۱ درصد از تغییرات را به خود اختصاص دادند و متغیرهایی چون تعداد و تراکم روزنه بار عاملی مثبت و مساحت بار عاملی منفی داشت هرچه تعداد و تراکم بالاتر باشد مساحت در واحد سطح کاهش خواهد یافت که البته در جدول همبستگی نیز همبستگی منفی معنی‌دار مساحت با تعداد و تراکم روزنه ثابت شده است، صفات مربوط به روزنه نامیده شد. عامل پنجم شامل صفاتی چون تعداد و قطر ریشه بود که همبستگی هردومثبت و معنی‌دار بود، صفت ضخامت و تعداد ریشه نامیده شد. در شرایط تنش شوری (جدول ۱۲) ۵ عامل اول ۷۵/۹۳ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند. متغیرهایی چون وزن خشک ساقه، بیوماس، طول ساقه، سطح برگ و وزن خشک ریشه بیشترین اثر را برعامل اول داشته و اثر منفی نسبت وزن خشک ریشه به ساقه نیز مشهود بود، که صفت بیوماس و اجزای آن نام‌گذاری شد و ۲۵/۵۵ درصد تغییرات را توجیه کردند. صفات موثر بر عامل دوم شامل طول ریشه، چگالی سطح ریشه و نسبت طول ریشه به ساقه بود به همراه صفات موثر بر عامل چهارم شامل قطرریشه، نسبت وزن خشک ریشه به ساقه و تعداد ریشه صفات مربوط به ریشه نامیده شدند که به‌ترتیب ۱۸/۰۵ و ۱۱/۳۳ درصد تغییرات را توجیه کردند. صفات موثر بر عامل سوم شامل تعداد و تراکم و اثر منفی مساحت روزنه بود که ۱۴/۳۳ درصد تغییرات را توجیه کردند، صفات مربوط به روزنه نامیده شدند. صفات موثر بر عامل پنجم شامل محتوای کلروفیل و اثر منفی صفت کد ژنوتیپی بر این عامل بود که ۶/۶۶ درصد تغییرات را توجیه کرد که عامل تحمل شوری نامیده شد و همبستگی منفی بین این دو نیز مبین این نکته بود. صبوری و همکاران (۲۹) به‌منظور بررسی روابط بین گیاهچه‌های برنج تحت تنش شوری و تعیین مهم‌ترین صفات موثر بر رشد ونمو گیاهچه در تجزیه به عامل‌ها ۴ عامل پنهانی ۸۳/۰۷ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند، که اهمیت صفات بیوماس، وزن خشک ساقه و درصد پتاسیم جذب شده را نشان داد.

قمی و همکاران (۱۱) در بررسی اثر تنش شوری بر خصوصیات گیاهچه برنج مطالعه‌ای انجام دادند درتجزیه به عامل‌ها ۵ عامل اول ۸۴/۷ درصد از کل تغییرات بین ژنوتیپ‌ها را توجیه کردند که به ترتیب عامل بیوماس و اجزای آن، عامل تحمل شوری، عامل محتوای یونی، عامل پتاسیم اندام هوایی و ارتفاع گیاهچه‌ها نامیده شدند. قربانی و همکاران (۱۷) نیز جهت بررسی روابط عملکرد و صفات وابسته از تجزیه به عامل‌ها استفاده نمودند.

جدول ۱۱- تجزیه به عامل‌ها در شرایط نرمال

Table 11. Factor analysis in normal conditions

	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم	میزان اشتراک
طول ریشه	۰/۳۲۳	۰/۹۰۳	-۰/۰۰۸	۰/۰۶۵	-۰/۰۹۷	۰/۹۳۴
طول ساقه	۰/۸۵۰	-۰/۰۸۱	۰/۰۰۸	۰/۲۰۹	۰/۰۳۷	۰/۷۷۴
تعداد ریشه	۰/۱۲۵	۰/۱۵۵	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۶۴۹	۰/۴۶۱
وزن خشک ریشه	۰/۴۳۸	۰/۱۷۲	۰/۰۵۱	۰/۷۳۲	۰/۲۲۰	۰/۸۰۸
وزن خشک ساقه	۰/۸۰۱	۰/۱۸۸	-۰/۱۱۰	-۰/۳۹۶	۰/۱۸۳	۰/۸۷۹
کلروفیل	۰/۲۹۲	۰/۴۲۴	۰/۱۱۵	۰/۰۸۷	۰/۱۱۶	۰/۲۹۹
وزن خشک گیاهچه	۰/۸۳۵	۰/۲۱۳	-۰/۰۸۸	-۰/۱۸۱	۰/۲۲۰	۰/۸۳۲
قطر ریشه	-۰/۰۱۳	-۰/۲۰۹	۰/۰۳۳	۰/۱۵۳	۰/۸۶۸	۰/۸۲۲
چگالی سطح ریشه	۰/۲۹۶	-۰/۷۱۵	۰/۰۱۳	۰/۱۷۲	۰/۴۸۵	۰/۸۶۴
سطح برگ	۰/۷۲۴	۰/۱۵۰	۰/۰۶۷	۰/۳۳۲	-۰/۱۴۱	۰/۶۸۱
مساحت	-۰/۱۴۹	۰/۱۴۱	-۰/۶۶۶	-۰/۰۸۰	۰/۱۵۴	۰/۵۱۶
تراکم	-۰/۱۰۶	۰/۱۰۵	۰/۹۵۲	۰/۰۳۰	۰/۰۹۹	۰/۹۳۹
تعداد روزنه	-۰/۱۰۶	۰/۱۰۵	۰/۹۵۲	۰/۰۳۰	۰/۰۹۹	۰/۹۳۹
نسبت طول ریشه به ساقه	-۰/۳۳۰	۰/۸۳۹	-۰/۰۴۱	-۰/۱۰۹	-۰/۱۴۳	۰/۹۴۰
نسبت وزن ریشه به ساقه	-۰/۱۴۱	۰/۰۰۵	۰/۰۸۴	۰/۹۵۳	۰/۰۷۳	۰/۹۴۱
واریانس تجمعی	۲۶/۳۹	۴۳/۳۴	۵۷/۳۶	۶۸/۴۰	۷۷/۵۳	
درصدواریانس	۲۶/۳۹	۱۶/۹۵	۱۴/۰۱	۱۱/۰۴	۹/۱۲	

جدول ۱۲- تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش شوری

Table 12. Factor analysis in saline conditions

	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل	میزان اشتراک
طول ریشه	۰/۱۶۶	۰/۹۴۹	-۰/۰۳۰	-۰/۰۸۹	۰/۱۴۲	۰/۹۵۷
طول ساقه	۰/۷۹۶	۰/۰۵۸	-۰/۰۱۳	۰/۲۲۱	-۰/۱۵۸	۰/۷۱۱
تعداد ریشه	۰/۱۶۳	-۰/۰۱۹	-۰/۰۹۵	۰/۶۱۷	۰/۱۲۷	۰/۴۳۳
وزن خشک ریشه	۰/۴۲۳	۰/۲۸۹	۰/۰۴۷	۰/۶۵۹	-۰/۰۷۲	۰/۷۰۳
وزن خشک ساقه	۰/۸۸۲	-۰/۰۹۶	۰/۰۳۹	-۰/۱۰۶	۰/۲۶۴	۰/۸۷۰
کلروفیل	۰/۱۸۹	۰/۲۲۹	۰/۰۶۷	۰/۰۶۱	۰/۷۶۲	۰/۶۷۸
بیوماس	۰/۸۹۱	-۰/۰۳۵	۰/۰۵۲	۰/۰۱۳	۰/۲۳۸	۰/۸۵۴
کد	-۰/۱۶۳	-۰/۲۴۰	-۰/۰۶۸	-۰/۱۴۰	-۰/۷۵۵	۰/۶۷۹
قطر ریشه	-۰/۰۶۹	-۰/۱۴۳	۰/۰۵۷	۰/۷۰۳	۰/۱۵۳	۰/۵۴۶
چگالی سطح ریشه	۰/۱۲۴	۰/۸۴۲	-۰/۰۰۱	۰/۳۰۳	۰/۲۳۰	۰/۸۶۸
سطح برگ	۰/۶۵۰	۰/۳۴۸	۰/۰۱۱	۰/۲۴۸	۰/۲۶۸	۰/۶۷۶
مساحت	-۰/۱۶۱	-۰/۰۹۴	-۰/۶۷۱	۰/۱۶۰	۰/۱۹۹	۰/۵۵۰
تراکم	-۰/۰۴۲	۰/۰۶۲	۰/۹۴۷	۰/۰۶۲	۰/۱۶۹	۰/۹۳۵
تعداد روزنه	-۰/۰۴۲	۰/۰۶۲	۰/۹۴۷	۰/۰۶۲	۰/۱۶۹	۰/۹۳۵
نسبت طول ریشه به ساقه	-۰/۳۶۱	۰/۸۴۰	-۰/۰۰۸	-۰/۱۶۵	۰/۲۰۹	۰/۹۰۸
نسبت وزن ریشه به ساقه	-۰/۵۴۱	۰/۳۱۳	-۰/۰۳۳	۰/۶۲۲	-۰/۲۶۳	۰/۸۴۷
واریانس تجمعی	۲۵/۵۵	۴۳/۶۰	۵۷/۹۴	۶۹/۲۷	۷۵/۹۳	
درصدواریانس	۲۵/۵۵	۱۸/۰۵	۱۴/۳۳	۱۱/۳۳	۶/۶۶	

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای پیدا کردن دسته‌های واقعی و همچنین کاهش تعداد داده‌ها است. به‌عبارت دیگر هدف شناسایی تعداد کمتری از گروه‌ها می‌باشد، به‌طوری‌که افرادی که دارای شباهت بیشتری با یکدیگر می‌باشند در یک گروه قرار داده می‌شوند. بنابراین می‌توان گفت که تجزیه خوشه‌ای اصولی ترین روش، برای برآورد شباهت بین افراد در یک مجموعه است (۶). به‌منظور تعیین قرابت ژنتیکی لاین‌های مورد بررسی و گروه‌بندی آن‌ها بر اساس میانگین‌های تمامی صفات و میانگین صفت زیست توده ، تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش وارد[1] استفاده شد. در شرایط نرمال تمامی صفات به ۳ دسته گروه‌بندی شدند (شکل ۱ و جدول ۱۳) که گروه اول ۴۲ لاین، گروه دوم ۴۰ لاین و گروه سوم ۳۲ لاین را در برداشت، همچنین برای هرصفت میانگین کل، میانگین هر گروه و انحراف میانگین از میانگین هر گروه نیز محاسبه شد و لاین‌های مربوط به کلاستر دوم به علت داشتن میانگین صفاتی چون طول ریشه، طول ساقه، تعداد ریشه، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، محتوای کلروفیل، بیوماس، چگالی سطح ریشه، سطح برگ، مساحت روزنه و نسبت طول ریشه به ساقه بالاتر از میانگین کل ارزشمند هستند. گروه‌بندی براساس صفت زیست توده نیز لاین‌ها را به ۲ دسته گروه‌بندی نمود. گروه اول ۶۸ لاین و گروه دوم ۴۶ لاین را در برداشتند که لاین‌های مربوط به گروه دوم دارای میانگین بالاتر از میانگین کل بودند (شکل ۲ و جدول ۱۴). بنابراین لاین‌های ۲۸، ۹۴، ۵، ۵۰، ۵۲، ۸۶، ۳۷، ۱۱۱، ۶۷، ۱۳، ۶۲، ۱۱۲، ۲۷، ۳۹، ۱۰۹، ۷، ۶۶، ۳۳، ۴۱، ۵۶، ۸، ۳۸، ۱۸، ۳، ۱۹، ۱۱۳، ۸۳ و ۶ به‌عنوان لاین‌هایی که علاوه بر مقادیر بالای تمامی صفات دارای زیست توده بالا نیز بودند انتخاب شدند. در شرایط تنش شوری نیز لاین‌های مورد بررسی براساس تمامی صفات به ۴ دسته گروه‌بندی شدند (شکل ۳ و جدول ۱۵). گروه اول ۵۶ لاین، گروه دوم ۲۶ لاین، گروه سوم ۱۳ لاین و گروه چهارم ۱۹ لاین را در بر داشتند که لاین‌های مربوط به گروه دوم دارای ارزش میانگین بالاتر از میانگین کل بود که شامل مقادیر بالاتر میانگین صفات طول ساقه، تعداد ریشه، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، کلروفیل، زیست توده، قطر ریشه، سطح برگ و مساحت روزنه بودند و در صفاتی چون چگالی سطح ریشه، تعداد و تراکم روزنه، نسبت طول ریشه به ساقه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه دارای مقادیر کمتری بودند. گروه‌بندی بر اساس صفت زیست توده نیز لاین‌ها را در ۴ دسته گروه‌بندی نمود (شکل ۴ و جدول ۱۶). گروه اول ۳۷ لاین، گروه دوم ۲۴ و گروه سوم ۵۳ لاین را در بر داشتند و لاین‌های مربوط به گروه اول میانگین بیشتر از میانگین کل داشتند بر اساس کد ژنوتیپی لاین‌ها به ۳ دسته گروه‌بندی شدند (شکل ۵ و جدول ۱۶). گروه اول ۲۲ لاین با میانگین ۷/۷۸ (حساس)، گروه دوم ۵۳ لاین با میانگین ۵/۰۷ (نیمه متحمل)، گروه سوم ۳۹ لاین با میانگین ۲/۶۹ (متحمل) را در برداشتند. بنابراین لاین‌های ۵، ۹۶، ۳، ۵۱، ۳۸، ۷، ۱۹، ۶، ۹۵، ۲۴، ۱۷، ۲۰، ۳۳، ۱۳، ۹۱ متعلق به گروه سوم که متحمل بودند و زیست توده بالا نیز داشتند. ایزد دوست (۱۸) در بررسی ۱۷ ژنوتیپ برنج در مرحله گیاهچه بر اساس میانگین صفات مورفولوژیک تجزیه خوشه ای انجام داد. در شرایط نرمال در فاصله ۵/۷ به ۳ دسته در شوری ۴ دسی‌زیمنس در فاصله ۶/۵ به ۳ دسته و در شوری ۸ دسی زیمنس در فاصله ۵/۵ به ۳ دسته گروه‌بندی نمود. همچنین چونتابوری و همکاران (۵) در بررسی ۱۲ رقم برنج تحت تنش شوری بر اساس ۱۳ صفت مورفولوژی ارقام برنج را در ۴ کلاستر گروه‌بندی کردند کلاستر ۱ و ۲ که کد ژنوتیپی پایین داشتند و متحمل بودند، محتوای پرولین، H_2O_2، آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و آنتوسیانین کمتر داشتند و کلاستر ۳ و ۴ که کد ژنوتیپی بیشتر داشته و حساس بودند، محتوای پرولین، H_2O_2، آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و آنتوسیانین در آنها بیشتر بود. یزدانی و همکاران (۳۴) در بررسی ۶۵ ژنوتیپ برنج توسط تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها را در ۴ گروه قرار دادند.

1- Ward

جدول ۱۳- انحراف میانگین گروه‌های ایجاد شده بر اساس کلیه صفات از میانگین کل در شرایط نرمال

Table 13. The mean deviation related to cluster groups based on all the traits for normal conditions

	میانگین کل	میانگین گروه اول	انحراف میانگین گروه اول	میانگین گروه دوم	انحراف میانگین گروه دوم	میانگین گروه سوم	انحراف میانگین گروه سوم
طول ریشه	۷/۲۰۹	۷/۲۹	۰/۰۹	۸/۱۹	۰/۹۹	۵/۸۶	-۱/۳۳
طول ساقه	۱۷/۹۹	۱۸/۰۳	۰/۰۳	۱۹/۸۹	۱/۹۰	۱۵/۵۸	-۲/۳۱
تعداد ریشه	۷/۳۹	۷/۶۲	۰/۲۳	۷/۶۷	۰/۲۸	۶/۷۵	-۰/۶۳
وزن خشک ریشه	۰/۰۰۳۲۶	۰/۰۰۳۳۷	۰/۰۰۰۲۱	۰/۰۰۳۳۹	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۲۳۸	-۰/۰۰۰۵۸
وزن خشک ساقه	۰/۰۱۵۳	۰/۰۱۳۵۱۲	-۰/۰۰۰۷۸۸	۰/۰۱۸۱۸۳	۰/۰۰۲۸۸	۰/۰۱۲۹۰۷	-۰/۰۰۲۲۹۳
کلروفیل	۰/۰۲۷۳	۰/۰۳۲۹۱۲	-۰/۲۳۱۰۶۳	۰/۲۹۷۳۷۵	۰/۰۲۲۳۸	۰/۲۰۸۷۷۶	-۰/۰۶۵۲۲۳
وزن خشک گیاهچه	۰/۰۱۸۶	۰/۰۱۱۹۷۶	-۰/۰۰۰۶۱۳	۰/۰۲۱۶۸۱	۰/۰۰۳۰۸	۰/۰۱۵۵۹۵	-۰/۰۰۳۰۰۵
قطر ریشه	۰/۰۳۸۵	۰/۰۳۹۷۱	۰/۰۰۰۵۷	۰/۰۳۷۶۱۷	-۰/۰۰۰۸۸۳	۰/۰۳۸۸۹۱	-۰/۰۰۰۳۹
چگالی سطح ریشه	۱/۰۸۳	۰/۱۱۱۷	۰/۰۲۷۷۱	۱/۲۱۲۱۱	۰/۱۲۸۱۲	۰/۸۹۰۵۶۹	-۰/۱۹۳۴۳۱
سطح برگ	۲۸/۹۷	۳۰/۱۹	۱/۲۲	۳۲/۶۰	۳/۶۳۹۶	۲۲/۸۰۶۹۶	-۶/۱۶۳۰۴
مساحت	۲۶۲/۳۲	۲۱۳/۱۳۳	-۳۹/۲۷۷	۲۹۱/۳۲	۲۹/۰۱۳	۲۹۰/۸۵	۲۸/۴۳
تراکم	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳۸۹۳	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۰۳۳۸۵	-۰/۰۰۰۵۱۵	۰/۰۰۳۵۶۶	-۰/۰۰۰۴۳۴
تعداد روزنه	۱۴/۱۳	۱۵/۹۷۶	۲/۸۳۶۱۹	۱۱/۳۷۵	-۱/۷۶۵	۱۱/۶۳۰۶۳	-۱/۴۹۹۳۷۵
نسبت طول ریشه به ساقه	۰/۳۰۹	۰/۳۰۸۱۲۳	۰/۰۰۰۸۷۷	۰/۳۲۳۳۰۳	۰/۰۱۵۳	۰/۳۹۰۹۳۷	-۰/۰۱۸۰۰۵۳
نسبت وزن ریشه به ساقه	۰/۲۲۱۵	۰/۲۳۲۹۳	۰/۰۲۱۷۹	۰/۲۰۲۹۳۷	-۰/۰۱۷۵۵۳	۰/۲۱۳۲۷۷	-۰/۰۰۷۲۲۳

جدول ۱۴- انحراف میانگین گروه‌های ایجاد شده بر اساس زیست توده از میانگین کل در شرایط نرمال

Table 14. The mean deviation related to cluster groups based on biomass for normal conditions

	میانگین کل	میانگین گروه اول	انحراف میانگین گروه اول	میانگین گروه دوم	انحراف میانگین گروه دوم
زیست توده	۰/۰۱۸۶	۰/۰۱۵۷۱۵	۰/۰۰۲۸۸۵	۰/۰۲۲۸۹۲	-۰/۰۰۴۲۹

جدول ۱۵- انحراف میانگین گروه‌های ایجاد شده بر اساس کلیه صفات از میانگین کل بر اساس کلیه صفات در شرایط تنش شوری

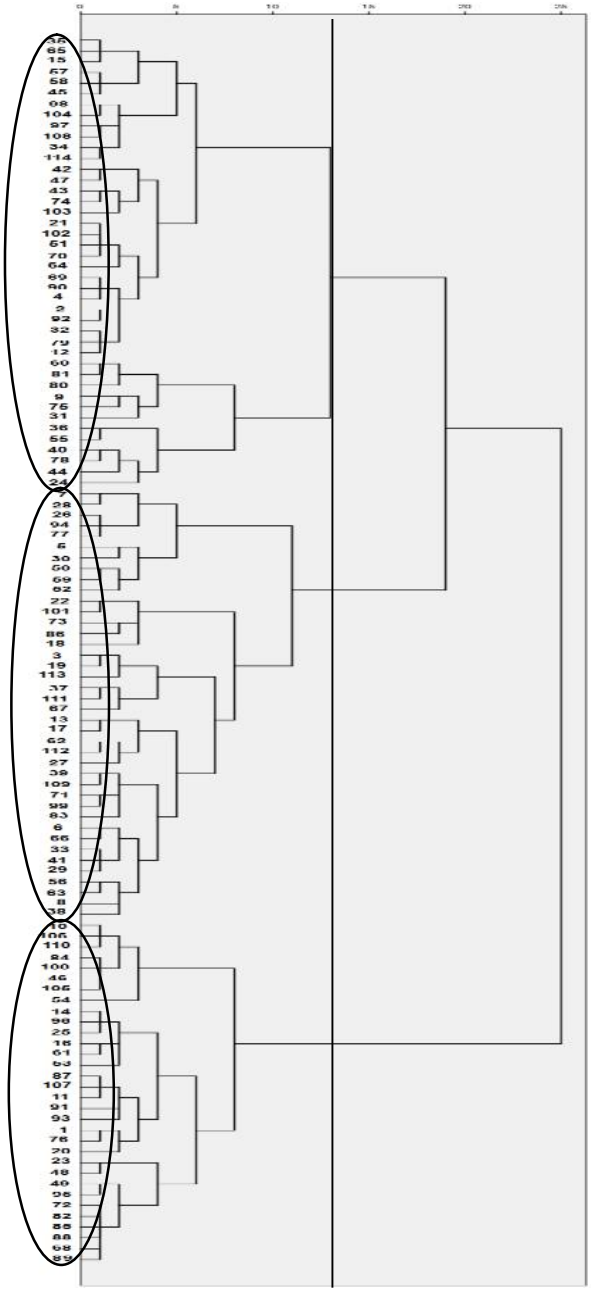
Table 15. The mean deviation related to cluster groups based on all the traits for saline conditions

	میانگین کل	میانگین گروه ۱	انحراف میانگین گروه ۱	میانگین گروه ۲	انحراف میانگین گروه ۲	میانگین گروه ۳	انحراف میانگین گروه ۳	میانگین گروه۴	انحراف از میانگین گروه ۴
طول ریشه	۵/۹۳	۶/۱۸۶	۰/۲۵۶	۵/۴۲۴	-۰/۵۰۵۸	۸/۱۶	۲/۲۳	۴/۳۸۱۹	-۱/۵۴۸۱
طول ساقه	۱۵/۷۳	۱۶/۰۲	۰/۲۹	۱۶/۹۶	۱/۲۳	۱۴/۴۳	-۱/۳	۱۴/۰۷	-۱/۶۶
تعداد ریشه	۷/۱۲	۷/۱۵	۰/۰۳	۷/۶۳	۰/۵۱۵	۷/۴۹	۰/۳۷۹	۶/۰۷۲	-۱/۰۴۸
وزن خشک ریشه	۰/۰۰۲۹۳	۰/۰۰۲۹۷	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۳۲۷۶	۰/۰۰۰۳۵	۰/۰۰۳۳۱۵	۰/۰۰۰۳۹	۰/۰۰۲۲۵۷	-۰/۰۰۰۶۷۳
وزن خشک ساقه	۰/۰۱۴۴۰	۰/۰۱۵۳۸	۰/۰۰۰۹۹	۰/۰۱۷۸۰	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۸۲۴	-۰/۰۰۶۱۵	۰/۰۱۱۳۱	-۰/۰۰۳۰۸
کلروفیل	۰/۰۱۵۲	۰/۱۶۶۸	۰/۰۱۴۸	۰/۱۷۳۳	۰/۰۲۱۳	۰/۱۵۱۷	-۰/۰۰۰۲	۰/۰۸۱۰	-۰/۰۷۰۹
بیوماس	۰/۰۱۷۳	۰/۰۱۸۳۶	۰/۰۰۱۰۶	۰/۰۲۰۹۳۹	۰/۰۰۳۶۴	۰/۰۱۱۵۵	۰/۰۰۵۷۴۲	۰/۰۱۳۵۶۹	-۰/۰۰۳۷۳۱
کد	۴/۷۶	۴/۵۷	-۰/۱۸۸	۳/۶۶	-۱/۱	۴/۲۳	-۰/۵۳	۷/۱۷	۲/۴۱
قطر ریشه	۰/۰۴۸۷	۰/۰۴۶۳	-۰/۰۰۲۳	۰/۰۵۲۱	۰/۰۰۳۴	۰/۰۵۶۸	۰/۰۰۸۱	۰/۰۴۵۷	-۰/۰۰۲۹
چگالی سطح ریشه	۰/۸۹۴	۰/۸۸۵۰	-۰/۰۰۸۹	۰/۸۷۵۴	-۰/۰۱۸۵	۱/۳۸۰۰	۰/۴۸۶۰۹	۰/۶۱۷۹۰۷	-۰/۲۷۶۰۹۳
سطح برگ	۲۳/۲۷	۲۳/۷۲۵	۰/۴۵۵۳	۲۶/۳۲۸	۳/۰۵۸۰	۲۳/۸۵۷	۰/۵۸۷۱	۱۷/۳۷۰۰	-۵/۹
مساحت	۱۶۹/۱۴۹	۱۴۱/۱۹۳	-۲۷/۹۵۵	۲۲۱/۷۵۶	۵۲/۶۰	۱۸۰/۶۴۶	۱۱/۴۹۷	۱۷۱/۶۸۷	۲/۵۳۸
تراکم	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۴۹	-۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۰۴۹۷۶	-۰/۰۰۰۰۲۴	۰/۰۰۴۰۰۴	-۰/۰۰۰۹۹۶
تعداد روزنه	۱۶/۳۹	۱۹/۱۰۱	۲/۷۱۱	۱۳/۰۸۹	-۳/۳۰۰	۱۶/۲۴	-۰/۱۵	۱۳/۰۷۰۱	-۳/۳۱۹۹
نسبت طول ریشه به ساقه	۰/۳۹	۰/۴۰۰۷	۰/۰۱۰۷	۰/۳۲۴۵	۰/۰۶۵۴	۰/۵۸۱۱	۰/۰۱۹۱	۰/۳۲۰۵	-۰/۰۶۹۴
نسبت وزن ریشه به ساقه	۰/۲۳	۰/۲۰۱۴	-۰/۰۲۸۵	۰/۱۹۱۶۷	-۰/۰۳۸۳۳	۰/۴۶۱۷۱	-۰/۲۳۱۷۲	۰/۲۰۳۶۷۸	-۰/۰۲۶۳۳۲

جدول ۱۶- انحراف میانگین گروه‌های ایجاد شده براساس صفات کد ژنوتیپی و زیست توده در شرایط تنش شوری

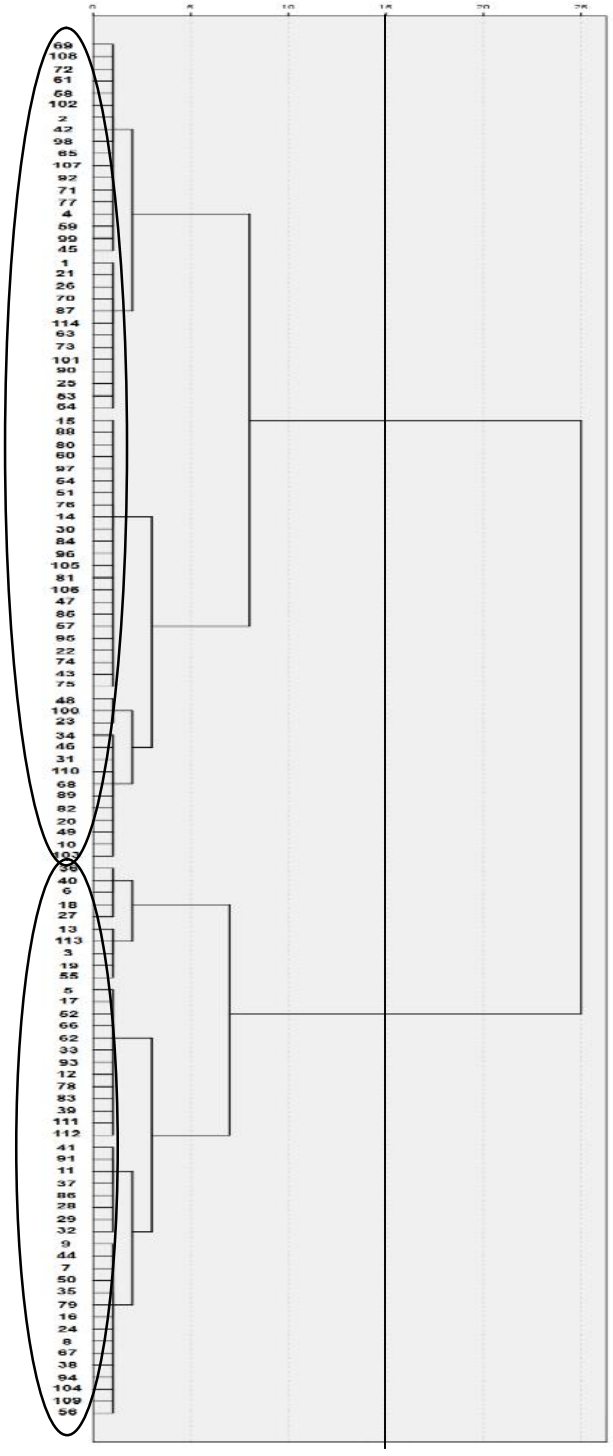
Table 16. The mean deviation related to cluster groups based on Genotypice code and biomass for saline conditions

	میانگین کل	میانگین گروه ۱	انحراف میانگین گروه ۱	میانگین گروه ۲	انحراف میانگین گروه ۲	میانگین گروه ۳	انحراف میانگین گروه ۳
زیست توده	۰/۰۱۷۳	۰/۰۲۲۸۷۲	۰/۱۵۰۱۲۸	۰/۰۱۰۵۴	-۰/۱۶۲۴۶	۰/۰۱۶۶۲۵	-۰/۰۰۰۶۷۵
کد	۴/۷۶	۷/۷۸	۳/۰۲۷۸	۵/۰۷	۰/۳۱	۲/۶۹	-۲/۱۳۶۰۶۸



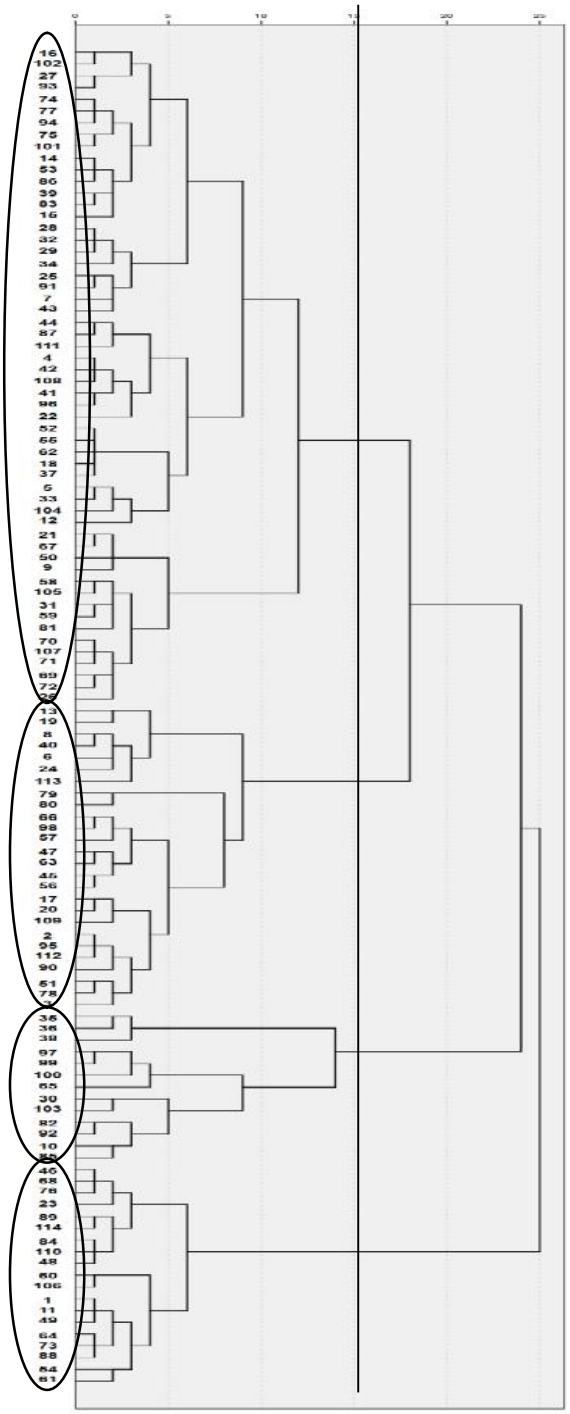
شکل ۱- (راست) دندروگرام تجزیه خوشه‌ای بر اساس تمامی صفات در شرایط نرمال

Figure 1. (Right) Dendrogram of cluster analysis on all the traits in normal condition



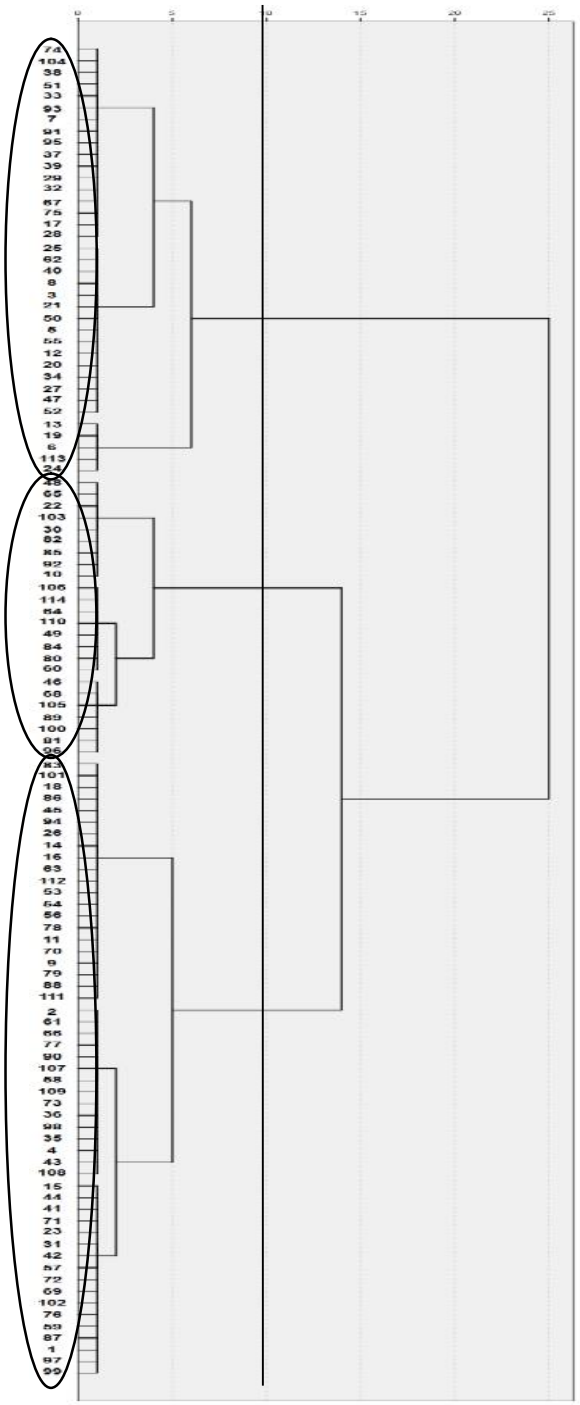
شکل ۲- (چپ) دندروگرام تجزیه خوشه‌ای بر اساس زیست توده در شرایط نرمال

Figure 2. (Left) Dendrogram of cluster analysis on biomass in normal condition

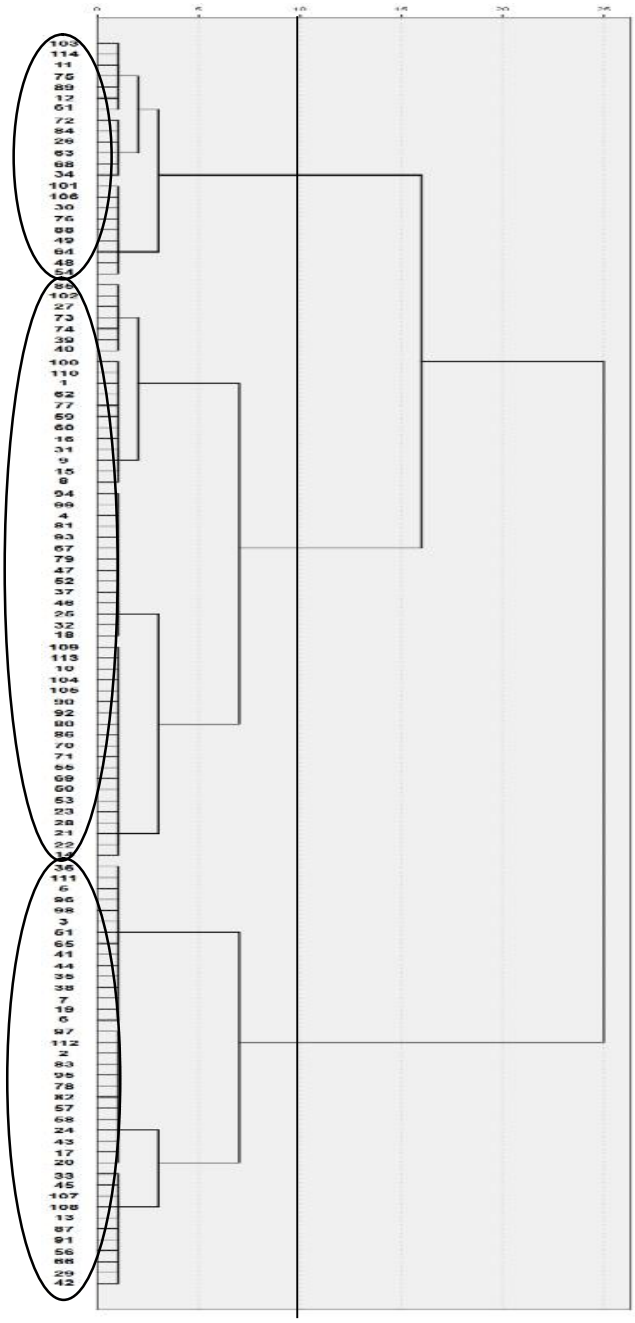


شکل ۳- (راست) دندروگرام تجزیه خوشه‌ای بر اساس تمامی صفات در شرایط تنش شوری

Figure 3. (Right) Dendrogram of cluster analysis on all the traits in saline condition



شکل۴- (چپ) دندروگرام تجزیه خوشه‌ای بر اساس زیست توده در شرایط تنش شوری
Figure 4. (Left) Dendrogram of cluster analysis on biomass in saline condition



شکل ۵- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای بر اساس کد ژنوتیپی در شرایط تنش شوری
Figure 5. Dendrogram of cluster analysis on genotype code in saline condition

منابع

1. Alam, M.Z., T. Stuchbury, R.E.L. Naylor and M.A. Rashid. 2004. Effect of salinity on growth of some modern rice cultivars. Journal of Agronomy, 3(1): 1-10.
2. Basanagouda, S.J. 2007. Salinity induced changes on stomatal response, biophysical parameters, solute accumulation and growth in cotton (*Gossypium spp*). The world Cotton Conference-4, Lubbock, TX. www.wcrc4.org
3. Bernstein, N. and U. Kafkafi. 2002. Root growth under salinity stress, In: Y. Waisel, A. Eshel, And U. Kafkafi (Eds). Plant roots: The hidden half 3ed. Plant roots: The hidden half. 3ed ed. Marcel Dekker, Inc. New York, 787-819.
4. Chang, T.T. and E.A. Bardenas. 1965. The morphology and varietal chatacteristics of the rice plant. The International Rice Research Institute, Technical Bulletin, 4 pp.
5. Chunthaburee, S., A. Dongsansuk, J. Sanitchon, W. Pattanagul and P. Theerakulpisut. 2015. Physiological and biochemical parameters for evaluation and clustering of rice cultivars differing in salt tolerance at seedling stage. Saudi Journal of Biological Sciences, 23: 467-477.
6. Cormack, R.M. 1991. A review of classification (with discussion) Journal of Royal Statistical Society, 134(3): 321- 367.
7. Fallah, A., A. Farahmandfar and F. Moradi. 2016. Effect of salinity in different growth stages on some morpho-physiological traits of two rice cultivars under greenhouse conditions, 107: 175-182 (In Persian).
8. 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).
9. Flowers, T.J., M.L. Koyama, S.A. Flowers, C. Sudhakar, K.P. Singh and A.R. Yeo. 2000. QTL: their place in engineering tolerance of rice to salinity. Journal of Experimental Botany, 51: 99-106.
10. Gholizade, M. 2013**.** Study effect salt stress genotypes rice in germination stage. Journal Biotechnology Cells- Molecular, 2(6): 75-81.
11. Ghomi, Kh, B. Rabiei, H. Sabouri and A. Sabouri. 2013. Evaluation of Seedling Stage and identify appropriate criteria for selecting a segregating population of rice in saline conditions. Journal of Crop Breeding, 5(12): 48-30 (In Persian).
12. Ghorbani, H., H.A. Samizadeh-Lahiji, B. Rabiei and M. Allahgholipour. 2011. Grouping different rice genotypes using factor and cluster analysis. Journal of Agrcultural Science, 3: 89-104.
13. Golparvar, A.R., M.R. Ghanadha, A.A. Zali and A. Ahmadi. 2003. Evaluation of some morphological traits as selection criteria in breeding wheat. Iranian Journal of Crop Sciences, 4(3): 202-208 (In Persian).
14. Gregorio, G.B., D. Senadhira and R.D. Mendoza. 1997. Screening rice for salinity tolerance. IRRI 502 Discussion Paper Series No. 22. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 503 pp.
15. Hajabbasi, M.A. 2001. Tillage effects on soil compactness and wheat root morphology. Journal of Agricultural Science and Technology, 3: 67-77 (In Persian).
16. He, X.G., R.L. Mu, W.H. Zhang, G.S. Zhang and S.Y. Chen. 2005. AtNAC2, a transcription factor downstream of ethylene and auxin signaling pathways, is involved in salt stress response and lateral root development. The Plant Journal, 44(6): 903-916.
17. Islam, M.Z., M. Khalequzzaman, M.K. Bashar, N.A. Ivy, M.M. Haque and M.A.K. Mian. 2016. Variability Assessment of aromatic and fine rice germplasm in Bagladesh based on quantitative traits. The Scientific World Jounal. 2016. Article ID 2796720, 14 pp.
18. Izaddost, H. 2013. Study of gene expression salinity resistance in resistant and susceptible rice varieties (*Oryza sativa* L.), Msc thesis, Guilan University Rasht, Iran, 132 pp.
19. Kazemi, S.H., H.R. eshghizade and M. Zahedi. 2016. Agro-morphological responses of Iranian local and improved rice genotypes to salinity of the nutrient solution. Journal of science and technology of greenhouse culture, 25: 153-163 (In Persian).
20. Komaya, M.L., A. Levesly, R.M.D. Koebner, T.J. Flower and A.R. Yeo. 2001. Quantitative trait loci for component physiological trait determining salt tolerance in rice. Plant Physiology, 125: 406-422.
21. Moradi, F. 2002. Physiological characterization of rice cultivars for salinity tolerance during vegetative and reproductive stages. PhD Dissertation, The University of Philippines at los Banos, Laguna, Philippines, 190 pp.
22. Moradi, F. and M.I. Abdelbagi. 2007. Response of photosynthesis, chlorophyll Fluorescence and ROS- Scavenging Systemes to Salt stress during seedling and reproductive stages in rice. Annals of Botany, 99(6): 1161-1173.
23. Moumeni, A. 2011. Geographical distribution and salinity of soil resources in Iran. Iranian Journal of Soil Research, 24: 203-215 (In Persian).
24. Nematzadeh, G.H.A., R. Talebie, Z. Khodarahmpour and G.H. Kiani. 2003. Study of genetic and geographical variation in rice (*Oriza sativa* L.) using physiological and agronomical traits. Iranian Journal Crop Science, 5(3): 225-234 (In Persian).

25. Nikseir, P., S. Navab poor, H. Sabouri and H. Soltanloo. 2015. Evaluation of drought tolerance in rice genotypes at seedling stage. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences, 8(2): 205-216.
26. Rabiei, B., Z. Mardani, K.H. GHomi, H. Sabouri and A. Sabouri. 2014. The effect of a rice chromosome associated with tolerance to drought and salinity on seed germination and seedling stages, Seed and Plant Improvment Journal, 30(1): 1-16 (In Persian).
27. Rezaie, A.M. and A. Soltani. 1998. Introduction to applied regression analysis, Isfahan University of Technology Publications, 294 pp (In Persian).
28. Rohman, A., S. Helmiyati, M. Hapsari and D.L. Setyaningrum. 2014. Rice in health and nutrition. International Food Research Journal, 21: 13-24.
29. 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).
30. Samarajeewa, P.K., R.A. Barrero, C. Umeda-Hara, M. Kawai and H. Uchimiya. 1999. Cortical cell death, cell proliferation, macromolecular movement and rTipl expression patten in roots of rice (*Oryza sativa* L.) under salt stress. Planta, 207: 354-361 (In Persian).
31. Valipour, M., M. Karimian-Eqball, M.J. Malakouti and A.H. Khoshgoftar Manesh. 2008. Development of salinity and agricultural land degradation in Shams-Abad region of Qom. Province. Agricultural and Natural Resources Sciences and Technologies, 46: 683-691.
32. Wopereis, M.C.S., T. Defoer, P. Idinoba, S. Diack and M.J. Dugue. 2009. Participatory Learning and Action Research for Integrated Rice Management in Inland Valleys of Sub-Saharan Africa: Technical Manual. WARDA Training Series. Cotonou, Benin: Africa Rice Center, 128 pp.
33. Yang, L., M. Han, G. Zhou and J. Li. 2007. The changes of water-use efficiency and stoma density of *Leymus chinensis* along Northeast China Transect. Acta Ecologica Sinica, 27: 16-24.
34. Yazdani, M., M. Kochak and H. Bagheri. 2014. Segregating rice genotypes by cluster analysis procedure at different salt stress condition. Advances Environment Biology, 8(10): 383-387.
35. Yoshida, S., D.A. Forno, J.K. Cock and K. Gomes. 1976. Laboratory manual for phisiological studies of rice. International Rice Research Institue, Manila, Philippines, 83 pp.
36. Zaynalinejad, K., A.F. Mirlohi, G. Nematzadeh and A. Rezai. 2004. Genetic Diversity in some of Iranian Rice (*Oriza sativa* L.) Germplasm Base on Morphological Traits. Journal of Water and Soil Science, 7(4): 199-214 (In Persian).
37. Zhu, J.K. 2001. Plant Salt Tolerance. Trends in Plant Science, 6: 66-71.

Response of Iranian Rice Recombinant Inbred Lines (*Oryza sativa* L.) to Salt Stress in Seedling Stage

Seyedeh Minoo Mirarab Razi[1], Reza Shirzadian-Khorramabad[2], Hossein Sabouri[3], Babak Rabiei[4] and Hossein Hosseini Moghadam[5]

1, 2 and 4- Ph.D Student, Assistance Professor and Professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan
3- Associate Professor., Department of Plant Production, University of Gonbad, Faculty of Agriculture Science and Natural Resource, Gonbad, Iran, (Corresponding author: hos.sabouri@gmail.com)
5- Assistance Professor, Department of Plant Production, University of Gonbad, Faculty of Agriculture Science and Natural Resource, Gonbad
Received: June 7, 2017 Accepted: December 12, 2017

Abstract

Study of the morphological genetic diversity of 114 lines, which have been derived from the crosses between Tarom Mahalli and Khazar cultivars, has been performed at seedling stage as completely randomized design at the normal condition and salinity stress of 8 $dS.m^{-1}$ in a hydroponic system. Significant differences were detected between genotypes for all traits. Mean of comparison demonstrated that differences between all traits except root diameter were significant. Under salt stress, genetic code, number and stomata density and dry weight ratio root to stem increased. Significant difference was detected between the lines for traits in. The highest correlation belongs to the biomass and stem dry weight. Stem length, root area density, dry weight ratio of root to stem explained the greatest biomass variations under normal conditions. In salin conditions, dry weight ratio of root to the stem, leaf area, stem length and diameter of the root explained the greatest variations of biomass,. Factor analysis showed that in normal conditions and salinity are 5 factors involved in the observed variations. Under normal condition, stem length, biomass and leaf area and under salinity stress, stem dry weight, biomass and stem length had the greatest influence on total variance. Lines were assigned in two and three groups based on biomass and also assigned into three groups based on genetic code. Tolerant lines had a high biomass. Stem length, stem dry weight can be introduced as a selection criterion in order to increase the biomass.

Keywords: Correlation analysis, Forward regression, Factor analysis, Mean comparison, Rice