دانشگاه گیلان

دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

سال چهارم/ شماره اول/ ۱۳۹۳(۵۸-۴۵)

بررسی صفات بیوشیمیایی و شیمیایی ژنوتیپ‌های مختلف برنج تحت تنش شوری

احمد مجیدی‌مهر[۱]، رضا امیری‌فهلیانی[۲*]، اسد معصومی‌اصل[۲]

۱و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات و استادیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱/۲۵)

چکیده

شوری یکی از مهم‌ترین موانع کشاورزی است که تولید محصولات زراعی را کاهش می‌دهد. جهت بررسی تأثیر شوری بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و شیمیایی گیاه برنج، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. فاکتور اصلی ۴ سطح شوری (۰، ۴۴، ۸۸ و ۱۳۲ میلی‌مولار NaCl) و فاکتور فرعی ۱۱ ژنوتیپ برنج بودند. میزان کلروفیل، قندهای محلول، پرولین و پروتئین محلول برگ، سدیم برگ و ریشه، پتاسیم برگ و ریشه، نسبت سدیم به پتاسیم برگ و ریشه اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات به جز نسبت سدیم به پتاسیم برگ دارای اختلاف معنی‌داری در سطوح ۱ و ۵ درصد بودند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین پرولین و قندهای محلول برگ در شرایط تنش مشاهده شد. تجزیه به عامل‌ها بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و چرخش وریماکس در شرایط بدون تنش ۵ و در شرایط تنش (متوسط تنش‌ها) ۴ عامل به ترتیب ۷۹/۷۹ و ۶۸/۱۰ درصد تغییرات را تبیین کردند. ژنوتیپ‌های مورد نظر با استفاده از تجزیه خوشه‌ای و روش وارد در هر دو شرایط عدم تنش و تنش، ۳ گروه را تشکیل دادند. نتایج حاصل از تجزیه ضرایب عاملی، نشانگر اهمیت مؤلفه تحمل به تنش شامل صفات پرولین و پروتئین برگ در گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب برای شرایط تنش شوری بود. با توجه به نتایج حاصله، می‌توان از تلاقی ژنوتیپ‌های خوشه اول با خوشه سوم به علت حداکثر اختلاف، جهت بهره‌وری از هتروزیس و ایجاد تنوع ژنتیکی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آبکشت، پتاسیم برگ، پرولین، چرخش وریماکس، همبستگی، *Oryza sativa*

* نویسنده مسئول: Amiri@yu.ac.ir; Amiri720@yahoo.com

مقدمه

برنج دومین غله جهان است که غذای اصلی بیش از نیمی از مردم جهان به ویژه کشورهای در حال توسعه را تشکیل می‌دهد. برنج، گیاه زراعی مناطق گرمسیری و معتدل و مرطوب بوده و بین عرض‌های جغرافیایی ۵۳ درجه شمالی تا ۴۰ درجه جنوبی کشت می‌شود (Kazemiarbt and Dahi, 1996).کشت برنج در ایران جایگاه ویژه‌ای دارد، ولی اخیراً بروز کم آبی، کشت این گیاه را در ایران و جهان در معرض خطر قرار داده است. با وقوع کم آبی نه تنها حجم آب، کم می‌شود بلکه کیفیت آن نیز تغییر یافته و شورتر می‌شود (DuNing, 2007).

شوری خاک به دلیل ایجاد سمیّت و جلوگیری از جذب آب و عناصر غذایی و برهم زدن تعادل آن‌ها، یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های رشد گیاهان زراعی و یکی از مشکلات بزرگ کشت‌های آبی محسوب می‌شود (Akbar *et al.,* 1986). گرچه شوری مشکل جدی تولید محصول در استان‌های گیلان و مازندران که بیش از ۸۰ درصد شالیزارهای کشور در آن‌ها قرار دارد نیست، ولی مشکل آینده در این استان‌ها به ویژه در زمین‌های نزدیک دریای خزر و نیز مشکل فعلی در شالیزاهای جنوب کشور به ویژه در استان خوزستان است (Fotokian, 2005). به طور کلی از مجموع ۱۶۵ میلیون هکتار اراضی ایران،مساحتی حدود ۴۴/۵ (Valipour*et al*., 2008) تا ۵۵/۶ میلیون هکتار(Moumeni, 2011) به نحوی متأثر از شوری بودهو از ۶/۸ میلیون هکتار اراضی کشاورزی کشور به نوعی مبتلا به درجاتی از شوری هستند که اکثر آن‌ها در فلات مرکزی و دشت‌های ساحلی جنوب و دشت‌های خوزستان قرار دارند. حدود ۴/۳ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی بجز شوری محدودیت دیگری ندارند (Moumeni, 2011).

به طور کلی، شوری فرآیندهای متابولیکی و فعالیت آنزیم‌ها را تغییر می‌دهد. یکی از تغییرات بیوشیمیایی که با قرار گرفتن گیاه در محیط شوری رخ می‌دهد، افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) می‌باشد (Wang *et al.*, 2003). رادیکال‌های آزاد اکسیژن در غلظت‌های بالا موجب تخریب مولکول‌های حیاتی سلول مانند DNA، پروتئین و غشای لپیدی می‌شوند (Casano*et al.,*1994). ولی در غلظت‌های پایین‌تر، نقش مهمی در تنظیم فرآیندهای مهم سلولی به ویژه در کنترل بیان ژن-ها ایفا می‌نمایند. محتوی کلروفیل برگ یک فاکتور مهم در تعیین ظرفیت فتوسنتزی برگ است (Jiang and Huang, 2001).کومار و همکاران (Kumar *et al.,*2007) با مطالعه عکس العمل ارقام برنج ایندیکا نشان دادند که در تنش شوری، درصد جوانه‌زنی، رشد گیاه و مقدار رنگیزه کلروفیل کاهش پیدا می‌کند، در حالی که سطوح پرولین و پراکسید چربی‌ها افزایش می‌یابد.آن‌ها اختلاف معنی‌داری را بین ارقام ایندیکا برای صفات مذکور مشاهده نمودند. گزارش کومار و همکاران (Kumar *et al.,* 2007) نشان داد که تحمل به شوری در رقم پنول-(Panvel-3) گیاه برنج به سطوح بالای پرولین و پراکسیداسیون چربی‌ها ارتباط دارد.میقانی و ابراهیم‌زاده (Mighaniand Ebrahimzadeh, 2004) گزارش کردند که سنتز پروتئین‌ها در پاسخ به تنش‌های محیطی نظیر شوک گرمایی، تنش سرما، تنش خشکی و شوری تغییر می‌نماید. چنین تنش‌هایی سبب افزایش سنتز برخی از پروتئین‌ها و کاهش سنتز عده‌ای دیگر از آن‌ها می‌شود. این پژوهشگران معتقدند اثر اصلی شوری کاهش سنتز پروتئین است و اثرات منفی شوری شامل تخریب سازوکار رونویسی و ترجمه می‌باشد.

سازوکار فیزیولوژیکی مختلفی در تحمل به شوری در گیاهان نقش دارد. هی و یو (He and Yu, 1995) گزارش کردند که جهش‌یافته‌های متحمل به شوری در برنج در مقایسه با ژنوتیپ‌های حساس به شوری از قند-های محلول و پرولین آزاد بیشتری برخوردار هستند. گزارش‌های مختلف، حاکی از آن است که گیاهان متحمل به شوری دارای تجمع کمتر سدیم و تجمع بیشتر پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم و مقدار پرولیندر بافت‌ها می‌باشند (Flowers *et al.,*1977; Rathert, 1983). یون پتاسیم یکی از عناصر پرمصرف می‌باشد که برای حفظ غشاء و وظایف آن لازم است و غلظت‌های تا حد ۱۳۰ میلی‌مول برای فعالیت‌های آنزیمی ضروری است (Jeschke, 1984). وین و همکاران (Wyn*et al.,*1984) بیان داشتند که نسبت بالای سطوح پتاسیم به سدیم در بافت‌ها می-تواند به عنوان یک معیار مناسب در بسیاری ازگلیکوفیت‌ها استفاده شود.یون سدیم موجب کاهش جذب یون پتاسیم و کاهش رشد عملکرد گیاهان می‌شود. با اینکه غلظت سدیم در برگ ممکن است برای حفظ تورژسانس مفید باشد، ولی سدیم نمی‌تواند جانشین مناسبی برای پتاسیم محسوب شود، زیرا پتاسیم به طور اختصاصی برای سنتز

پروتئین و فعالیت‌های آنزیمی ضروری است (Marschner, 1995). شیرو و همکاران (Shiro *et al.,* 2002)، ارتباط بین توزیع و تجمع سدیم و آسیب وارده به برگ ناشی از شوری را در گیاهچه‌های برنج بررسی کردند و نشان دادند که تجمع سدیم در برگ‌های مسن‌تر بیشتر است. همچنین مقدار کلروفیل در چهارمین برگ، نسبت به برگ‌های دیگر کمتر بود. نتایج این مطالعه نشان داد که در مقایسه با غلظت سدیم برگ، ارتباط بین سن برگ با آسیب ناشی از شوری قوی‌تر است. استفاده از روش چند متغیره تجزیه به عامل‌ها در شناسایی عوامل مستقلی که به طور جداگانه بر صفات مهم گیاهی مؤثر باشند حائز اهمیت بوده و روز به روز گسترش می‌یابد. با توجه به استفاده از چرخش واریماکس که واریانس بین عوامل را حداکثر می‌نماید، عواملی که درصد بیشتری از کل تغییرات بینصفات را تبیین می‌کند از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و بایستی مورد بررسی قرار گیرند. بدین ترتیب صفات مؤثر در هر عامل شناسایی شده و عوامل نیز بر اساس مؤثرترین صفات نام‌گذاری می‌گردند. این روش بهبود ژنتیکی عوامل را به واسطه صفات مرتبط با آن‌ها امکان‌پذیر می‌سازد (Gholparvar*et al.,*2003).متخصصین اصلاح نباتات معتقدند که هتروزیس یا برتری دورگ‌ها بر میانگین والدین، به فاصله ژنتیکی بین والدین بستگی دارد. یکی از اهداف بهنژادگران دسته‌بندی ارقام و واریته‌های مختلف به منظور پی‌بردن به فاصله ژنتیکی و استفاده از تنوع آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی است (Moghadam*et al.*, 1995;Farshadfar, 1999). زینعلی‌نژاد و همکاران (Zeynalinejad*et al.,*1999) با استفاده از میانگین ۱۳ صفت بر روی ۱۰۰ ژنوتیپ برنج، گزارش نمود که سه عامل پرشدن دانه، قد و استحکام گیاه و شکل دانه، در مجموع ۹۰ درصد تنوع کل را توجیه می‌نمایند.طوسی‌مجرد و همکاران (TousiMojarad*et al.,* 2007) بااستفاده از تجزیه به عامل‌ها برای عملکرد دانه و سایر خصوصیات گندم، گزارش دادند که ۵ عامل در مجموع ۶۷/۷ درصد از تنوع کل را توجیه نمود.در بررسی زینعلی‌نژاد و همکاران (Zeynalinejad*et al.,*1999) تجزیه خوشه‌ای ۱۰۰ ژنوتیپ برنج بر مبنای صفات مورفولوژیک، ژنوتیپ‌ها را در ۴ گروه قرار داد.

هدف از انجام این پژوهش، بررسی ساختار صفات و تعیین اهمیّت نسبی صفات مورد بررسی در ارتباط با عملکرد، گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر ویژگی‌های مطالعه شده با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای و شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری به منظور استفاده از نتایج حاصله در برنامه‌های به‌نژادی آینده برای بالا بردن میزان عملکرد در واحد سطح در شرایط شوری بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۱ در شرایط کنترل شده و به صورت آب‌کشت، در دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج به صورت طرح اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل تنش شوری با ۴ سطح (۰، ۴۴، ۸۸ و ۱۳۲ میلی‌مولار NaCl) و فاکتور فرعی شامل ۱۱ ژنوتیپ برنج (جدول۱) بود. بذرها قبل از کشت با محلول وایتکس (هیپوکلرید سدیم ۰/۵درصد) ضدعفونی شدند و در پتری حاوی کاغذ صافی قرار داده شدند. به منظور جوانه‌زنی، ظروف به دستگاه ژرمیناتور انتقال داده و دمای پایه ژرمیناتور ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. سپس بذور جوانه‌دار شده جهت خزانه‌گیری استفاده شدند. کشت برنج در گلدان‌هایی با ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر و قطر دهانه ۲۱ سانتی‌متر، در مرحله ۲ تا ۳ برگی انجام شد.در این آزمایش برای حفظ ثبات در محیط ریشه و کنترل میزان نمک و املاح موجود در آن، از محیط کشت ماسه استفاده شد. ژنوتیپ‌های مورد نظر به گلدان‌هایی که تا ارتفاع معینی از ماسه نرم پرشده بودند، منتقل شدند. از هر ژنوتیپ برنج ۳ نشاء به داخل گلدان مربوطه با رعایت فاصله ۵ سانتی‌متر از هم کشت شدند. گلدان‌ها در داخل کرت‌هایی به ابعاد (۷۹ ×۹۷) سانتی‌متر (کرت اصلی) قرار داده شدند. تا استقرار کامل بوته‌های برنج و طی شدن مرحله گیاهچه‌ای، کرت‌ها با محلول هوگلند کامل (pH=۶/۵) تغذیه شدند. با رسیدن گیاهان به مرحله ۴ تا ۵ برگی، با اضافه کردنNaCl بهمیزان لازم برای فراهم کردن غلظت‌های ۰، ۴۴، ۸۸ و ۱۳۲ میلی‌مولار تنش شوری اعمال شد. حجم محلول مورد استفاده برای تمامی کرت‌ها۵۰ لیتر بود. هر ۸ روز یک بار محلول را تعویض کرده و جهت جلوگیری از تجمع نمک درون گلدان‌ها، آبیاری به مدت ۲روز با آب لوله‌کشی انجام شد. در تمام مدت رشد رویشی و زایشی تنش شوری اعمال شد.

جدول ۱. ژنوتیپ‌های برنج مورد ارزیابی
Table 1. Evaluated Rice genotypes

ردیف Row	ژنوتیپ Genotype	منشأ Origin	واکنش به شوری reaction to salinity
1	غریب* Gharib	مؤسسه تحقیقات برنج کشور-گیلان Iran Rice Research Institute -Guilan	متحمل Tolerance
2	محلی یاسوج Yasouj local	کهگیلویه و بویراحمد - یاسوج Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad -Yasouj	نامعلوم Unknown
3	چمپای لوداب Loudab- champa	کهگیلویه و بویراحمد- لوداب Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad - Loudab	نامعلوم Unknown
4	شهری لوداب Loudab- shahri	کهگیلویه و بویراحمد- لوداب Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad - Loudab	نامعلوم Unknown
5	۳۰۴ 304	مؤسسه تحقیقات برنج کشور- گیلان Iran Rice Research Institute- Guilan	نامعلوم Unknown
6	لنجان عسکری Lenjan- Askari	اصفهان- فلارد Esfahan-Felard	نامعلوم Unknown
7	کامفیروز Kamfirouz	فارس- کامفیروز Fars-Kamfirouz	نامعلوم Unknown
8	دم‌سیاه ممسنی Mammasani-Domsiah	فارس- ممسنی Fars-Mammasani	نامعلوم Unknown
9	موسی طارم* Mousa-Tarom	مؤسسه تحقیقات برنج کشور-گیلان Rice Research Institute - Guilan	نسبتاً متحمل Relatively Tolerance
10	حسن سرایی* Hasan-Seraie	مؤسسه تحقیقات برنج کشور-گیلان Iran Rice Research Institute- Guilan	نسبتاً متحمل Relatively Tolerance
11	دولار Dullar	آمریکا American	نامعلوم Unknown

* بر اساس گزارش صبوری و همکاران (Sabouri *et al*., 2007).

اندازه‌گیری صفات مختلف بیوشیمیایی (کلروفیل، قندهای محلول، پرولین و پروتئین محلول برگ) و شیمیایی یک ماه پس از اعمال تنش شوری صورت گرفت. میزان کلروفیل برگ‌های ژنوتیپ‌های مختلف برنج با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (JapanSPAD-502 Readings Minolta,) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری قندهای محلول از روش ایریگوئن و همکاران (Irigoyen *et al.,*1992) استفاده شد. بدین صورت که ابتدا به تعداد تیمارهای آزمایشی لوله‌های درب‌دار انتخاب شد. یک‌دهم میلی‌لیتر از عصاره الکلی انتخاب و داخل لوله آزمایش ریخته شد. سپس ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه، تهیه شده و به لوله آزمایش اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده‌شد. برای تهیه آنترون، ۱۵۰ میلی‌گرم آنترون در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲٪ (V/V) حل شد. پس از خنک شدن نمونه‌ها در محیط آزمایشگاه، میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. قبل از انجام قرائت‌های فوق، استانداردهایی از گلوکز با غلظت‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ قسمت در میلیون (پی‌پی‌ام) تهیه شد و کلیه مراحل مذکور روی آن‌ها انجام شد. سپس منحنی کالیبراسیون با استفاده از استاندارد گلوکز رسم و میزان قندهای محلول نمونه‌ها بر اساس میلی‌گرم در هر گرم وزن تر برگ محاسبه شدند (Torknezhad, 2000).

برای اندازه‌گیری پرولین از روش پاکوئین و لچاژر (Paquin and Lechasseur) و به نقل از جووان و همکاران (Juan *et al*., 2002) استفاده شد. ابتدا به تعداد تیمارها لوله آزمایش درب‌دار به حجم حداقل ۳۰ میلی لیتر تهیه شد. یک میلی‌لیتر از عصاره الکلی به لوله‌های مذکور منتقل و ۱۰ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر به هر لوله اضافه شد. سپس ۵ میلی‌لیتر ناین‌هیدرین به نمونه‌ها اضافه شده و به مدت ۱۶ ساعت با استفاده از همزن به هم زده تا کاملاً حل شود. بعد از آن ۵ میلی‌لیتر اسید استیک گلاشیال (۹۹/۹٪) به هر نمونه اضافه و نمونه‌ها به مدت

۴۵ دقیقه داخل حمام آب گرم (بن‌ماری) قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها خارج شده و در دمای محیط خنک شدند. بعد از آن، به هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر بنزن اضافه و به شدت تکان داده شدند، تا پرولین وارد فاز بنزن شد. بعد از این مرحله، نمونه‌ها به مدت نیم ساعت به حالت سکون نگه‌داری و سپس میزان جذب نور نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل Shimadzo54A) قرائت شد.

برای اندازه‌گیری پروتئین از روش لیو و هانگ (Liu and Huang, 2000) استفاده شد. دویست میلی‌گرم از بافت برگ نگهداری شده در فریزر (دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد) در هاون چینی سرد و در ظرف یخ با ۲ میلی لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار با اسیدیته ۶/۸ یکنواخت شده (هموژن) و سپس به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، سانتریفیوژ شد. فاز بالایی عصاره (سوپرناتانت) به دست آمده برای اندازه‌گیری پروتئین محلول، مورد استفاده قرار گرفت. همه سوپرناتانت به میکروتیوپ انتقال داده شده و در یخچال با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پنجاه میکرولیتر از سوپرناتانت برداشته شده و ۲/۵ میلی-لیتر محلول برادفورد به آن اضافه کرده و جذب نمونه در طول موج ۵۹۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. به منظور اندازه‌گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم و توزیع آن‌ها در برگ و ریشه، نمونه‌های برداشت شده با آب مقطر کاملاً شسته و به مدت دو روز در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند.دویست میلی‌گرم از نمونه‌های خشک‌شده برگ‌ها و یک گرم از نمونه‌های خشک شده ریشه‌ها توزین و در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت خاکستر شدند. با اضافه کردن ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال به خاکستر حاصله، مخلوط حاصله روی هیتر قرار داده شد. با شروع جوشیدن، محلول حاصل را از کاغذ صافی عبور داده و حجم نمونه‌ها با آب دوبار تقطیر به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. سپس مقادیر سدیم و پتاسیم نمونه‌های برگی و ریشه‌ای با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر برحسب میلی-گرم بر گرم برگ خشک، قرائت شده و اعداد قرائت شده با مقایسه با نمودارهای استاندارد تعدیل شدند و در نهایت نسبت سدیم به پتاسیم محاسبه شد (Patterson *et al.,* 1984).

برای تعیین قرابت ژنوتیپ‌های مورد بررسی و گروه‌بندی آن‌ها براساس صفات شیمیایی و بیوشیمیایی و پس از استاندارد کردن مشاهدات، از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد بر مبنای فاصله اقلیدسی مشاهدات حاصل از آزمایش در شرایط بدون تنش و شرایط تنش شوری (متوسط سطوح شوری ۴۴، ۸۸ و ۱۳۲ میلی‌مولار) به عنوان معیار فاصله استفاده شده و تعداد خوشه‌ها به کمک آزمون T^2 کاذب هتلینگ انجام و مورد تأیید F بیل قرار گرفته و دندروگرام آن رسم شد. برای انجام تجزیه کلاستر و تجزیه به عامل‌ها از میانگین داده‌های استاندارد شده استفاده شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1(2002) و StatGraphics 2.1 (2012) استفاده و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ × شوری برای صفات پرولین و پروتئین برگ، سدیم برگ و ریشه و پتاسیم ریشه معنی‌دار و برای بقیه صفات مورد مطالعه غیرمعنی‌دار و اثر تنش شوری و ژنوتیپ برای تمامی صفات به‌جز پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم برگ معنی‌دار ($p< 0.01$) بودند (جدول ۲). این موضوع بیانگر آن است که تمامی صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر اثرات اصلی فاکتورهای اعمال شده قرار گرفته و تغییر کرده‌اند. اثر متقابل شوری × ژنوتیپ برای کلروفیل غیرمعنی‌دار بود، که بیانگر این است که تغییر در میزان کلروفیل برگ در سطوح متفاوت شوری به نوع ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بستگی نداشته و با توجه به میانگین کلروفیل، با افزایش شدت تنش، میزان کلروفیل برگ تمامی ژنوتیپ‌ها کاهش‌یافته و در برخی سبب بی‌رنگی برگ‌ها شده‌است. ژنوتیپ‌ها از لحاظ کلیه صفات مورد بررسی بجز نسبت سدیم به پتاسیم برگ تفاوت معنی‌داری با هم داشتند که نشان‌دهنده تنوع بین ارقام بود و عمل انتخاب را می‌توان برای صفات مرتبط با تنش شوری و میزان حداکثری عملکرد ژنوتیپ‌ها را در شرایط تنش شوری فراهم ساخت. نتایج بررسی صالح (Saleh, 2000) نشان داد که با افزایش سطوح کلرید سدیم ۰، ۱۲/۵، ۳۷/۵ و ۵۰ میلی‌اکی والان در کیلوگرم، کاهش وزن اندام

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی و شیمیایی ارقام مختلف برنج تحت تنش شوری

Table 2. Analysis of variance for biochemical and chemical traits of rice varieties under salt stress

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	کلروفیل Chlorophyll	قندهای محلول Soluble Sugar	پرولین برگ Proline leaf	پروتئین برگ Protein leaf	برگ سدیم Na -leaf	پتاسیم برگ K leaf	نسبت سدیم به پتاسیم برگ Na/K leaf	سدیم ریشه Na -root	پتاسیم ریشه K-root	نسبت سدیم به پتاسیم ریشه Na/K root	عملکرد دانه Grain Yield
بلوک Block	2	4.62^{ns}	9717.02^{**}	0.007^{**}	0.088^{*}	9677.06^{ns}	51.18^{ns}	327.08^{ns}	446.73^{ns}	434169.55^{**}	0.030^{ns}	1299.18^{**}
شوری Salinity	3	369.57^{**}	10612.33^{**}	0.071^{**}	1.06^{**}	1373366.35^{**}	33.84^{ns}	3582.52^{**}	11993.45^{**}	1745148.39^{**}	0.011^{*}	9860.20^{**}
خطای a Error a	6	12.002	72.83	0.0002	0.010	12368.69	61.90	173.00	175.57	15929.57	0.016	24.54
ژنوتیپ Genotype	10	79.96^{**}	12436.07^{**}	0.0112^{**}	2.05^{**}	24833.54^{*}	58.09^{**}	117.29^{ns}	810.63^{**}	24414.45^{**}	0.01^{**}	384.88^{**}
شوری× ژنوتیپ Genotype × Salinity	30	9.83^{ns}	132.73^{ns}	0.0012^{**}	0.62^{**}	15580.18^{*}	20.91^{ns}	89.57^{ns}	351.11^{*}	19936.57^{**}	0.002^{ns}	47.09^{ns}
خطای b Error b	80	10.55	301.31	0.0005	0.016	8168.42	21.40	69.76	212.01	7595.05	0.002	96.07
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		9.63	21.52	24.54	8.24	20.54	28.07	29.02	23.07	20.83	29.42	23.79

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and ** Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

هوایی، سطح برگ و مقدار کلروفیل در گیاه برنج کاملاً مشهود است. جونز و ترنر(Jones and Turner, 1980) گزارش دادند که با افزایش شوری، غلظت کربوهیدارت‌های محلول در شرایط شور زیاد می‌شود. در اکثر مطالعات انجام شده روی گیاهان مختلف، مردانی‌نژاد و وزیرپور (Mardaninezhad and Vazirpour, 2008) در برنج، کومار و همکاران (Kumar *et al.*,2007) در برنج، وندروسکول و همکاران (Vendruscolo *et al.,* 2007) در گندم تراریخته و سایرام و تیاگی (Sairam and Tyagi, 2004) در کلزا نشان دادند که مقدار پرولین در اثر شوری بطور معنی‌داری افزایش یافته است، که نتایج تحقیق حاضر نیز با این گزارشات مطابقت داشت.

همبستگی صفات

بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مختلف باعث می‌شود تا بتوان در مورد شاخص‌های غیر مستقیم انتخاب و حذف صفات غیر مؤثر بطور دقیق تصمیم‌گیری نمود (Gholparvar *et al.*,2003). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل همبستگی داده‌ها نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کلروفیل و پروتئین محلول برگ در شرایط بدون تنش وجود دارد، می‌توان چنین استنباط نمود که ژنوتیپ‌های با محتوای کلروفیل بالا دارای پروتئین بالاتری نیز هستند. بالاترین میزان همبستگی در شرایط عدم تنش بین کلروفیل و پروتئین محلول برگ (r=۰/۵۹) بود (جدول ۳). بین کلروفیل و عملکرد دانه در شرایط بدون تنشهمبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت، که این رابطه بیانگر آن است که با افزایش کلروفیل، عملکرد دانه افزایش می‌یابد. همبستگی بین میزان سدیم و پتاسیم برگ با میزان قندهای محلول برگ معنی‌دار نشد که با نتایج نعمتی و همکاران (Nemati *et al.,* 2010) مطابقت داشت. به طور کلی همبستگی بین صفات در شرایط تنش بیشتر از بدون تنش بود. در شرایط تنش بین عملکرد دانه و کلروفیل و پرولین برگ و پتاسیم ریشه همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت، که بیانگر این مطلب است که افزایش کلروفیل، پرولین برگ و پتاسیم ریشه افزایش عملکرد دانه را به همراه دارد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین پتاسیم برگ و نسبت سدیم به پتاسیم ریشه وجود داشت که این نشان‌دهنده وابستگی فعالیت این دو صفت با هم می‌باشد. در شرایط تنش بین عملکرد دانه و صفات سدیم ریشه و نسبت سدیم به پتاسیم برگ و ریشه همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت، این رابطه حاکی از آن است با افزایش این صفات عملکرد دانه کاهش می‌یابد که احتمال دارد با افزایش این صفات شرایط محیط شور شده و در نهایت کاهش عملکرد دانه را به همراه دارد.همبستگی بین کلروفیل و پروتئین برگ در شرایط تنش معنی‌دار نبودند، که با نتایج حسینیان و همکاران (Hosseiniyan *et al.*,2012) در بررسی ژنوتیپ‌های مختلف آجیلوپس ایران مطابقت داشت. همبستگی بین صفات قندهای محلول با کلروفیل، پتاسیم برگ با پروتئین محلول برگ، نسبت سدیم به پتاسیم برگ با پتاسیم برگ، سدیم ریشه با پروتئین برگ، پتاسیم ریشه با قندهای محلول و پرولین برگ و نسبت سدیم به پتاسیم ریشه با کلروفیل، پروتئین برگ و پتاسیم برگ منفی و معنی‌دار بود. در شرایط تنش در این پژوهش همبستگی بین پرولین و پروتئین برگ معنی‌دار نبود. این امر نشان می‌دهد که فعالیت پرولین و پروتئین برگ مستقل از هم می‌باشند و بنابراین می‌توان امیدوار بود که افزایش پرولین که راه‌کاری ازسوی گیاه برنج برای ایجاد مقاومت می‌باشد، سبب کاهش پروتئین نشود. به دیگر سخن، افزایش پرولین به ضرر پروتئین نبوده‌است. همبستگی بین میزان سدیم ریشه و نسبت سدیم به پتاسیم ریشه مثبت و در سطح ۱٪ معنی‌دار بود، که بیانگر این است که احتمالاً با افزایش میزان سدیم ریشه، میزان سدیم به پتاسیم افزایش نشان می‌دهد. همبستگی بین میزان سدیم با پرولین برگ مثبت و معنی‌دار شد. بین صفات کلروفیل، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم برگ و ریشه، سدیم ریشه در شرایط تنش شوری معنی‌دارنشد، که با نتایج حسیبی و همکاران (Hassibi *et al.,* 2011) مطابقت داشت.

تجزیه به عامل‌ها

چنانچه در جدول‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود، به منظور تعیین عامل‌های توجیه کننده خصوصیات مورد بررسی، تجزیه به عامل‌ها بر مبنای مقادیر ویژه بزرگتر از یک بر اساس روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط عدم تنش و تنش ۵ و ۴ عامل شناسایی کرد که به ترتیب ۷۹/۷۹ و ۶۸/۱۰ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه کردند. ضرایب عاملی بزرگتر از ۰/۵ صرف‌نظر از علامت

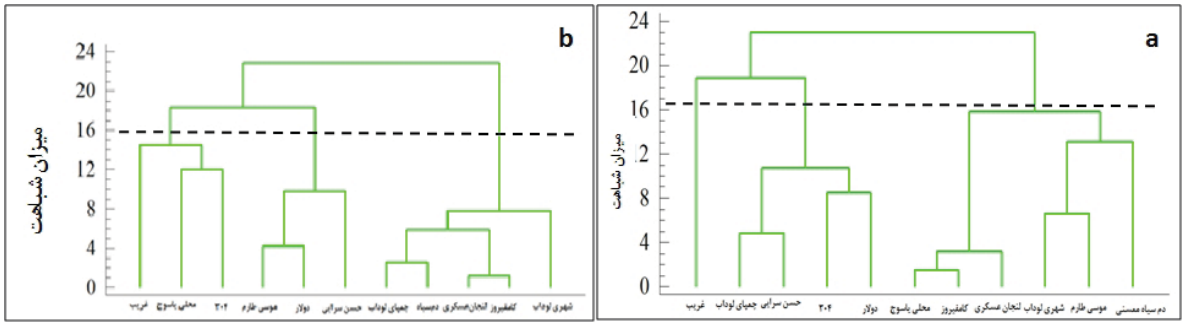
جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین صفات بیوشیمیایی و شیمیایی ارقام مختلف برنج در شرایط عدم تنش (بالای قطر) و تنش (پایین قطر)

Table 3. Correlation coefficient of biochemical and chemical traits of rice varieties in normal (above- diagonal) and stress (below- diagonal) conditions

صفات مورد بررسی	Traits	کلروفیل Chlorophyll	قندهای محلول Soluble Sugar	پرولین برگ Proline leaf	پروتئین برگ Protein leaf	سدیم برگ Na -leaf	پتاسیم برگ K- leaf	سدیم به پتاسیم برگ Na/K leaf	سدیم ریشه Na- root	پتاسیم ریشه K- root	سدیم به پتاسیم ریشه Na/K- root	عملکرد دانه Grain Yield
کلروفیل	Chlorophyll	1	-0.21 ns	ns0.13	0.59 **	ns-0.22	ns0.03	ns-0.16	ns-0.02	ns-0.02	-0.32ns	-0.46**
قندهای محلول	Soluble Sugar	-0.35 **	1	ns0.25	-0.44 **	ns0.07	ns-0.12	ns0.06	ns0.18	ns-0.20	ns0.06	-0.04 ns
پرولین برگ	leaf Proline	ns-0.17	0.27 **	1	ns-0.18	ns0.08	ns-0.31	-0.22 ns	ns0.07	ns0.26	ns0.12	0.15 ns
پروتئین برگ	leaf Protein	ns0.08	ns0.02	ns0.15	1	ns-0.12	ns0.10	ns0.25	ns0.18	ns0.27	ns0.27	-0.42*
سدیم برگ	leaf Sodium	ns-0.01	ns0.04	0.22 *	ns0.08	1	ns-0.06	0.37 *	ns0.11	ns0.21	ns0.17	0.22 ns
پتاسیم برگ	leaf Potassium	ns0.09	ns-0.07	ns0.18	-0.25 *	0.22 *	1	ns0.10	ns0.12	ns-0.21	0.50 **	0.09 ns
سدیم به پتاسیم برگ	Na/K leaf	ns-0.08	ns0.08	ns0.02	ns0.16	0.49 **	-0.67 **	1	ns0.26	0.38 *	ns0.07	0.61 ns
سدیم ریشه	root Sodium	-0.22 *	ns0.17	ns0.01	-0.33 **	ns-0.07	ns0.12	-0.22 *	1	ns0.30	ns0.13	-0.19 ns
پتاسیم ریشه	root Potassium	ns0.19	-0.33 **	-0.26 **	ns0.08	ns0.02	-0.19 *	ns0.18	ns-0.17	1	ns0.23	0.11 ns
سدیم به پتاسیم ریشه	Na/K root	-0.27**	0.32 **	0.18	-0.23 *	ns0.03	ns0.14	ns-0.10	0.53 **	-0.74 **	1	-0.17 ns
عملکرد دانه	Grain Yield	0.0.23*	-0.13 ns	0.44**	-0.11 ns	0.08 ns	-0.10 ns	0.20-*	-0.35**	0.21*	-0.24*	1

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and ** Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از بررسی ژنوتیپ‌های برنج در شرایط بدون تنش (**a**) و تنش (**b**) با استفاده از روش وارد.

Figure1. Dendrogram resulted from study of rice genotypes in non-stress (**a**) and stress (**b**) conditions using Ward's method.

مربوطه، به عنوان ضرایب عاملی معنی‌دار در نظر گرفته شدند و بر این اساس در شرایط عدم تنش عامل اول و چهارم و پنجم در مجموع ۴۳/۲۸ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کردند، که صفات کلروفیل و پروتئین برگ در عامل اول، قندهای محلول در عامل چهارم و پرولین برگ در عامل پنجم بیشترین تأثیر مثبت و معنی‌دار را شامل شدند که می‌توان آن‌ها را عوامل مؤثر بر صفات بیوشیمیایی نامگذاری کرد. عامل دوم و عامل سوم که در مجموع ۳۳/۵ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کردند، که عامل دوم شامل صفات سدیم برگ و ریشه، نسبت سدیم به پتاسیم برگ و پتاسیم ریشه و عامل سوم شامل پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم ریشه که بیشترین تاثیر را داشتند که به عنوان عامل مؤثر بر عناصر معدنی نامگذاری شدند. در شرایط تنش عامل اول، دوم و چهارم که در مجموع ۵۵/۴۹ درصد از تنوع کل را توجیه می-کردند که صفات قندهای محلول، سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم ریشه بیشترین تأثیر مثبت و پتاسیم ریشه بیشترین تأثیر منفی را در عامل اول، صفات پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم برگ به ترتیب دارای بیشترین تأثیر مثبت و منفی در عامل دوم و صفات سدیم برگ و نسبت سدیم به پتاسیم برگ دارای بیشترین تأثیر مثبت و معنی‌دار را در عامل چهارم داشتند،که مؤلفه‌های مؤثر بر عناصر معدنی نامگذاری شدند (جدول۵). در عامل سوم بزرگترین ضرایب عاملی متعلق به پرولین، پروتئین برگ و عملکرد دانه بود، با توجه به آنکه افزایش در میزان پرولین و پروتئین در شرایط تنش شوری باعث افزایش تحمل به تنش می‌شود، لذا نام این عامل را مؤلفه تحمل به شوری نامگذاری می‌کنیم. قربانی و همکاران (Ghorbani *et al.*,2012) برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف برنج با استفاده از تجزیه به عاملی و تجزیه خوشه‌ای، تعداد ۳ عامل اصلی و مستقل را گزارش دادند که ۷۷/۷۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کردند. این ۳ عامل تحت عنوان عوامل مربوط به خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد و فنولوژیک نامگذاری شدند. با توجه نتایج به دست آمده از تجزیه به عامل‌ها می‌توان در شرایط تنش این گونه نتیجه‌گیری نمود که انتخاب مقادیر بالای عامل سوم (مؤلفه تحمل به شوری) احتمالاً نشان‌دهنده انتخاب ژنوتیپ‌های دارای تحمل بالا به شرایط تنش می‌باشد.

تجزیه خوشه‌ای

براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در ۳ گروه مجزا قرار گرفتند (شکل ۱- a). براساس دندروگرام حاصله، ژنوتیپ غریب در گروه اول قرار گرفت. در گروه دوم، ژنوتیپ‌های چمپای لوداب، حسن‌سرایی، ۳۰۴ و دولار قرار گرفتند. گروه سوم، ژنوتیپ‌های محلی یاسوج، کامفیروز، لنجان‌عسکری، شهری لوداب موسی‌طارم و دم‌سیاه ممسنی قرار گرفتند. در شرایط تنش در فاصله ۱۶ تعداد ۳ کلاستر بوجودآمد (شکل ۱- b). کلاستر اول شامل ژنوتیپ‌های غریب، محلی یاسوج و ۳۰۴ بود. در کلاستر دوم، ژنوتیپ‌های موسی طارم، دولار و حسن سرایی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های چمپای محلی لوداب، دم‌سیاه ممسنی، لنجان عسکری، کامفیروز و شهری لوداب در کلاستر سوم واقع شدند که نشان دهنده این مطلب است که این ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد بررسی در این پژوهش بیشترین قرابت را با هم داشتند. نتایج دیگر محققین نشان داد که رقم غریب نسبت به شرایط شوری در مرحله جوانه‌زنی (Mohammadzadeh, *et al*.,2009) و یا شرایط مزرعه-ای (Sabouri*et al*., 2007) رقمی متحمل بود.رقم حسن سرایی نیز رقمی متحمل (Mohammadzadeh *et al*., 2009; Moumeni, *et al*., 2009) و یا نسبتاً متحمل (Sabouri *et al*., 2007) گزارش شده است. رقم موسی طارم نیز در شرایط رشد رویشی در شرایط گلخانه‌ای رقمی متحمل (MirdarMansuri, *et al.,*2009) و در شرایط مزرعه‌ای بسته به شدت تنش رقمی نسبتاً متحمل تا متحمل(Sabouri *et al*., 2007) گزارش شده است. براساس گروه‌بندیگزارش شده (Sabouri *et al*., 2007)، ارقام غریب، موسی‌طارم و حسن‌سرایی در یک گروه از نظر مقاومت به تنش شوری قرار گرفتند. با بررسی نتایج حاصل از همبستگی صفات و نیز تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های گروه سوم از لحاظ صفات مورد بررسی وضعیت بهتری از لحاظ تحمل به شوری و صفات مورد بررسی نسبت به کلاستر اول دارد، لذا در برنامه‌های اصلاحی می‌توان از تلاقی ژنوتیپ‌های کلاستر اول با کلاستر سوم،جهت هتروزیس و تنوع ژنتیکی لازم برای ایجاد و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل از نظر شوری استفاده‌کرد.

جدول ۴- تجزیه به عامل‌ها برای صفات بیوشیمیایی و شیمیایی در شرایط بدون تنش

Table 4. Factor analysis for biochemical and chemical traits under non-stress condition

Studied traits	صفات مورد بررسی	عامل اول Factor 1	عامل دوم Factor 2	عامل سوم Factor3	عامل چهارم Factor 4	عامل پنجم Factor 5	میزان اشتراک Communality
Chlorophyll (SPAD)	کلروفیل	**0.82**	-0.16	-0.10	-0.16	0.22	0.79
Leaf soluble sugars	قندهای محلول برگ	-0.15	0.03	-0.01	**0.92**	0.16	0.90
Leaf proline	پرولین برگ	-0.03	-0.17	-0.25	0.20	**0.81**	0.79
Leaf protein	پروتئین برگ	**0.77**	0.27	0.03	-0.39	-0.05	0.84
Leaf Na	سدیم برگ	-0.42	**0.57**	-0.04	-0.04	0.17	0.54
Leaf K	پتاسیم برگ	0.10	-0.04	**0.88**	-0.09	-0.17	0.82
Leaf Na/K	سدیم به پتاسیم برگ	0.07	**0.78**	0.10	0.18	-0.27	0.73
Root Na	سدیم ریشه	0.17	**0.60**	0.31	0.11	0.48	0.73
Root K	پتاسیم ریشه	0.08	0.72	-0.32	-0.26	-0.18	0.73
Root Na/K	سدیم به پتاسیم ریشه	-0.36	0.02	**0.77**	0.06	0.00	0.73
Grain yield	عملکرد دانه	**-0.71**	-0.06	0.23	-0.31	0.40	0.83
Eigen value	مقادیر ویژه	2.51	2.02	1.66	1.19	1.05	-
Variance (%)	درصد واریانس	22.89	18.39	15.11	10.83	9.56	-
Cumulative variance (%)	درصد واریانس تجمعی	22.89	41.28	**56.39**	**67.23**	**76.79**	-

جدول ۵- تجزیه به عامل‌ها برای صفات بیوشیمیایی و شیمیایی در شرایط تنش

Table 5. Factor analysis for biochemical and chemical traits under stress condition

Studied traits	صفات مورد بررسی	عاملی اول Factor 1	عاملی دوم Factor 2	عاملی سوم Factor 3	عاملی چهارم Factor 4	میزان اشتراک Communality
Chlorophyll (SPAD)	کلروفیل	-0.48	0.33	-0.31	0.04	0.44
Leaf soluble sugars	قندهای محلول برگ	**0.56**	-0.26	0.25	0.12	0.46
Leaf proline	پرولین برگ	0.17	0.16	**0.76**	0.33	0.75
Leaf protein	پروتئین برگ	-0.38	-0.36	**0.62**	-0.15	0.67
Leaf Na	سدیم برگ	0.00	0.03	0.00	**0.94**	0.89
Leaf K	پتاسیم برگ	0.07	**0.91**	0.08	0.18	0.88
Leaf Na/K	سدیم به پتاسیم برگ	-0.09	**-0.78**	-0.08	**0.54**	0.92
Root Na	سدیم ریشه	**0.68**	0.16	-0.14	-0.21	0.55
Root K	پتاسیم ریشه	**-0.68**	-0.17	-0.21	-0.05	0.55
Root Na/K	سدیم به پتاسیم ریشه	**0.87**	0.10	0.01	0.05	0.77
Grain yield	عملکرد دانه	-0.31	-0.16	**0.64**	0.20	0.58
Eigen value	مقادیر ویژه	2.85	1.90	1.39	1.36	-
Variance (%)	درصد واریانس	25.88	17.27	12.61	12.35	-
Cumulative variance (%)	درصد واریانس تجمعی	25.88	43.15	55.76	68.10	-

نتیجه گیری کلی

ژنوتیپ‌ها و لاین‌های برنج در شرایط تنش‌های محیطی مختلف عکس‌العمل‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند که بررسی این عکس‌العمل‌ها و تغییرات آن‌ها، از نظراصلاح نباتات اهمیت ویژه‌ای دارد. لذا جهت دست‌یابی به بهترین ترکیبات بیوشیمیایی و شیمیایی در این پژوهش، از تجزیه به عامل‌ها در شرایط بدون تنش و تنش استفاده شد. در شرایط تنش و بدون تنش به ترتیب ۴ و ۵ عامل معرفی شدند که بیشترین میزان تنوع را تبیین می‌کردند. از آن‌جائیکه به‌نژادگران بیشتر دنبال تغییرات حاصل از شرایط محیطی و تنش هستند (که باعث کاهش عملکرد و کیفیت می‌شوند) لذا عامل سوم در شرایط تنش (دارای مقادیر مثبت و بالایی از میزان پرولین و پروتئین برگ) مؤلفه تحمل به شوری نامگذاری شد. با توجه به تجزیه به عامل‌ها می‌توان صفات پرولین و پروتئین را که نقش مفید و بسیار مؤثری در تنش‌های غیر زنده از جمله تنش شوری

دارند، جهت گزینش ژنوتیپ‌هایی متحمل به شوری در نظر گرفت.نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای نشان داد که ژنوتیپ‌های خوشه سوم (ژنوتیپ‌های چمپای محلی لوداب، دم‌سیاه ممسنی، لنجان عسکری، کامفیروز و شهری لوداب) وضعیت بهتری از لحاظ صفات مورد بررسی نسبت به تنش شوری از خود نشان دادند. ژنوتیپ‌های گروه اول (غریب، محلی یاسوج و ۳۰۴) نسبت به گروه سوم وضعیت خوبی نسبت به تنش شوری از خود نشان ندادند و لذا جهت رسیدن به حداکثر تنوع و هتروزیس، تلاقی گروه‌های اول و سوم امید بخش خواهد بود.

سپاسگزاری

از کارشناسان محترم آزمایشگاه‌های ژنتیک و مرکزی دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج سرکار خانم‌ها مهندس حکیمه کرمی و مهندس سمیه حاجی‌زاده به خاطر همکاری در اجرای این تحقیق صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

References

Akbar, M., Gunawardena, L.E. and Ponnampereuma, F. N. 1986. Breeding for soil stresses. In: Progress in rainfed lowland rice. International Rice Research Institute, Manila, Philippines, pp: 263-272

Casano, L. M, Lascano, H. R. and Trippi, V. S. 1994. Hydroxyl radicals and a thylakoid bond and peptidase are involved in light and oxygen induced proteolysis in at chloroplast. **Plant Cell Physiology** 35: 145-152.

DuNing, X., Lix, Y., Song, D. and Yang, G. 2007. Temporal and spatial dynamical simulation of groundwater characteristics in Minqin Oasis. **Science China Ser D-Earth Science** 2: 261-273.

Farshadfar, A. 1999. Application of quantitative genetics in plant breeding (Vol. 1). Kermanshah University Press. (In Persian).

Flowers, T. J., Troke, P. F. and Yeo, A. R. 1977. The mechanisms of salt tolerance in halophytes. **Annual Review of Plant Physiology** 28: 183-221.

Fotokian, M. 2005. QTL analysis of genes related to salinity tolerance and grain quality in rice. Ph.D. Dissertation, University of Tehran, Iran. (In Persian).

Gholparvar, A. R., Ghanadha, M. R., Zali, A. A. and Ahmadi, A. 2003. Evaluation of some morphological traits as selection criteria in breeding wheat. **Iranian Journal of Crop Sciences** 4 (3): 202-208. (In Persian).

Ghorbani, H. R., Samizadehlahiji, H., Rabiei, B. and Allahgholipour, M. 2012. Grouping different rice genotypes using factor and cluster analysis. **Journal of Agriculture and Stable Production** 21 (3): 90-104. (In Persian).

Hassibi, P., Zandiye, L., Ghaemmaghami, N., Rashidi Rezvan, N., Najafi, H. and GhaemMaghami, F. 2011. Study of some physiological characteristics of two wheat (*Triticumaestivum* L.) cultivars under salinity stress from sodium and calcium chloride sources.**Crop Plant Physiology** 2: 3-24. (In Persian).

He, D. Y. and Yu, S. W. 1995. In vitro selection of a high proline producing variant from rice callus and studies on it salt tolerance. **Acta Phytophsiologica** 21 (1): 65-72.

Hosseiniyan-Khoshroo, H., Bihamta, M. R., Ali-Soltanni, A. and Aghaei, M. J. 2012. Study and comparison of some biochemical characteristics in different genotypes of Iran *Agilops tauchii*. **Iranian Journal of Crop Sciences** 4: 649-661. (In Persian).

Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. **Physiologia Plantarum** 84: 55-60.

Jeschke, W. D. 1984. K-Na exchange at cellular membranes, intracellular compartment of cautions, and salt tolerance. In: Staples, R. C. and Toenniessen, G. H. (Eds.). Salinity tolerance in plants. strategies for crop improvement. John Wiley & Sons, New York, USA. pp: 37-66.

Jiang, Y., and Huang, B. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrass in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. **Crop Science** 41: 463-442.

Jones, M. M. and Turner, N. C. 1980. Osmotic adjustment in expanding and fully expanded leaves of sunflower in response to water deficits.**Australian Journal of Plant Physiology** 7: 181-192.

Juan, M. R., Esteban, S., Pablo, C. G., Luis, R. L., Rosa, M. R. and Luis, R. 2002. Proline metabolism and NAD kinase activity in green bean plants subjected to cold-shock. Phytochemistry 59: 473–478.

Kazemi-Arbat, H. and Dahi, M. 1996. Special Agronomy: Cereals (2nd ed.). Tehran University Press. 253 p.

Kumar, V., Shiram, V., Jawali, N. and Shitole, M. G. 2007. Differential response of indica rice genotypes to NaCl stress in relation to physiological and biochemical parameters. **Archives of Agronomy and Soil Science** 48: 339-344.

Liu, X. and Huang, B. 2000. Heat stress injury in relation to membrane lipid peroxidation in creeping. **Crop Science** 40: 503-510.

Mardaninezhad, S. and Vazirpour, M. 2008. Potential changes in viability proline and chlorophyll race rice genotypes under salinity stress**. Journal of Modern Agricultural Knowledge** 8 (3): 69-80. (In Persian).

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants.Academic press.pp:200-255.

Mighani, P. and Ebrahimzadeh, H. 2004. Response of leaf proteins of two wheat cultivars to salt stress. **Rostaniha** 4: 1-9. (In Persian).

Mirdar Mansuri, S., Babaeian Jelodar, N. and Bagheri, N. 2009. Resistance of Iranian rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to NaCl stress. **Journal of Agronomy Sciences** 3: 49-58. (In Persian).

Moghadam, M., Mohammadi, S. A. and Aghaei Sarbarze, M. 1995. Introduction to multivariate statistical methods. (Translation). Parivar Publisher. 280 p. (In Persian).

Mohammadzadeh, M., Norozi, M., Peighambari, S. A. and Nabipoor, A. 2009. Evaluating the response of rice genotypes to salinity stress in germination stage. **Journal of Crop Breeding** 1: 10-21. (In Persian).

Moumeni, A. 2011. Geographical distribution and salinity of soil resources in Iran. **Iranian Journal of Soil Research** 24: 203- 215**.** (In Persian).

Moumeni, A., Mohammadian, M. and Nouri, M. Z. 2009. Field screening of rice genotypes for salinity tolerance in Mazandaran. **Electronic Journal of Crop Production** 2: 129-144. (In Persian).

Nemati, F., Esmaeili, M. A. and Gholizadeh, S. 2010. Ions and total soluble carbohydrates compartment in different leaves of rice genotypes in response to salt stress. **Journal of Plant Production** 16 (2): 143-158. (In Persian).

Patterson, B., Macrae, E. and Ferguson, I. 1984. Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts using titanium (IV). **Annual Biochemical** 139: 487-492.

Rathert, G. 1983. Effects of high salinity stress on mineral and carbohydrate metabolism of two cotton varieties. **Plant and Soil** 73: 247-256.

Sabouri, H., Rezaie, A. and Moumeni, A. 2007. Evaluation of salinity tolerance in native and developed cultivars of Iranian rice. **Agricultural and Natural Resources Sciences and Technologies** 45: 47-63. (In Persian).

Sairam, R. K. and Tyagi, A. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants**. Current Science** 86: 407-421.

SAS Institute. 2002. SAS user's guide: Statistics. Ver 9.1. SAS Institute Cary, NC.

Shiro, M., Katsuya, Y., Michio, K., Mitsutaka, T. and Hiroshi, M. 2002. Relationship between the distribution of Na and the damages caused by salinity in the leaves of rice seedling grown under a saline condition. **Plant Production Science** 5: 269-274.

StatGraphics. 2012. Statistical analysis and data visualization system (revised version). Stat Point Technologies, Incorporation.

Torknezhad, A. 2000. Study potential of ecological Iran's annual alfalfa. Ph.D. Dissertation, Trbiat Modarres University, Iran. (In Persian).

TousiMojaarad, M., Ghannadha, M. R., Khodarahmi, S. and Shahabi, S. 2007. Factor analysis for grain yield and other attributes in bread wheat. **Pajouhsh & Sazandegi** 66: 9-16. (In Persian).

Valipour, M., Karimian-Eqball, M., Malakouti, M. J. and Khoshgoftar Manesh, A. H. 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. (In Persian).

Vendruscolo, E. C. G., Schuster, I., Pilegg, M., Scapim, C. A., Molinari, H. B. C., Marur, C. J. and Vieira, L. G. E. 2007. Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. **Journal of Plant Physiology** 164 (10): 1367-1376.

Wang, W. X., Vinocur, B. and Altman, A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures towards genetic engineering for stress tolerance. **Planta** 218: 1-14.

Wyn, R. G., Gorham, J. and Mcdonnell, E. 1984. Organic solute contents as selection criteria for salt tolerance in plants. In: Staples, R. C. and Toennressen, G. H. (Eds.). John Wiley. New York, USA. pp: 189-205.

Zeynalinejad, Kh., Nematzadeh, Gh., Mirlouhi, A. F. and Rezaee, A. 2000. Study of genetic diversity of some Iranian rice germplasms based on morphological traits. Proceedings of the 6th Iranian Crop Sciences Congress. 4-7 September, Mazandaran University, Babolsar, Iran. pp:88.

Study of biochemical and chemical traits of different rice genotypes under salinity stress

Ahmad Majidimehr[1], Reza Amiri-Fahliani[2] and Asad Masoumiasl[2]

1 and 2. M.Sc. Student and Assist. Profs., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University

(Received: December 22, 2013- Accepted: April 14, 2014)

Abstract

Salinity is one of the most important obstacles in agriculture which reduces crop production. To investigate the salt stress effect on some biochemical and chemical traits of 11 rice genotypes, an experiment was conducted as split-plot based on randomized complete blocks design with three replications in Agricultural College of Yasouj University, in 2012. The main plots were included 4 levels of salinity (0, 44, 88 and 132 mM NaCl) and subplots were 11 rice genotypes and 10 characteristics including of chlorophyll, soluble sugar, leaf proline, leaf soluble protein, leaf and root sodium, leaf and root potassium, leaf and root sodium to potassium ratio were measured and analyzed. Results showed that genotypes were significantly different for all traits except leaf sodium to potassium ratio at both 5% and 1% probability levels. Positive and significant correlation was observed between leaf proline and soluble sugars in stress conditions. Factor analysis on the basis of principal components method and varimax rotation, extracted 5 factors in non-stress and 4 factors in stress conditions that explained 79.79 and 68.10 percent of total variations, respectively. Using ward's method of cluster analysis, the studied genotypes were grouped in 3 clusters in both non-stress and stress conditions. Results from factor coefficients analysis indicated the importance of stress tolerance component including leaf proline and protein in selection of desirable genotypes for salt stress condition. Considering the results, it could be exploited from heterosis and genetic diversity in breeding programs, using genotypes of the first and third clusters in hybridization because of their maximum difference.

Keywords: Correlation, Hydroponic culture, Leaf potassium, Proline, *Oryza sativa,* Varimax Rotation

*Corresponding author: Amiri@yu.ac.ir; Amiri720@yahoo.com