



برآورد پارامترهای ژنتیکی و تجزیه عاملی ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های F2:4 برنج (*Oryza sativa* L.) در مرحله جوانه‌زنی تحت شرایط شوری

پروین جریده^۱، رضا امیری‌فهلپانی^{۲*}، اسد معصومی‌اصل^۳، علی مرادی^۴، مریم حسینی‌چالشتی^۵

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۲. استادیار اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۳. دانشیار بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۴. استادیار علوم تکنولوژی و فیزیولوژی بذر، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۵. استادیار اصلاح نباتات (بیوتکنولوژی)، موسسه تحقیقات برنج کشور

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۰۸

چکیده

تنش شوری موجب کاهش عملکرد گیاه برنج، غذای نیمی از مردم جهان، می‌گردد. به‌منظور ارزیابی پارامترهای ژنتیکی برخی از ویژگی‌های گیاه برنج در مرحله جوانه‌زنی به‌عنوان عاملی مهم در استقرار مطمئن گیاهان، تعداد ۱۱۷ لاین F2:4 به همراه والدین تلاقی (موسی‌طارم و ۳۰۴)، در دو آزمایش تنش شوری (۸ دسی‌زیمنس بر متر) و بدون تنش، به‌صورت جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹۵ کشت گردیدند. پرولین محلول ساقه‌چه بیشترین تنوع ژنتیکی را در هر دو حالت تنش و بدون تنش داشت و پروتئین و قندهای محلول در رده‌های بعدی بودند. ژنوتیپ‌ها کمترین ضریب تنوع ژنتیکی را در هر دو حالت تنش و بدون تنش برای درصد جوانه‌زنی نشان دادند. بالاترین میزان وراثت‌پذیری در شرایط تنش و بدون تنش به ویژگی‌های پرولین، پروتئین و قندهای محلول تعلق داشت. بیشترین همبستگی فنوتیپی در شرایط بدون تنش، مربوط به طول ریشه‌چه با شاخص بنیه طولی گیاهچه (۰/۷۵) و وزن خشک ساقه‌چه با شاخص بنیه وزنی گیاهچه (۰/۷۵) و در شرایط تنش بین سرعت جوانه‌زنی با شاخص بنیه طولی گیاهچه (۰/۸۰) دیده شد. بر اساس چرخش واریمکس در شرایط بدون تنش، پنج عامل بخش‌های گیاهچه، بخش زیرزمینی گیاهچه، شاخص‌های جوانه‌زنی، خصوصیات فیزیولوژیکی و پروتئین کل با ۷۴ درصد مجموع واریانس توجیهی و در شرایط تنش شش عامل مؤثر بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، ریشه‌چه، وزن گیاهچه، قندهای محلول، پرولین و پروتئین کل با ۷۸ درصد مجموع واریانس توجیهی شناسایی شدند. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که می‌توان ویژگی‌های پرولین و قندهای محلول گیاهچه و همچنین طول ساقه‌چه، وزن تر و خشک ساقه‌چه و درصد و سرعت جوانه‌زنی را به‌عنوان شاخص‌های مؤثر در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل شوری برنج در مرحله جوانه‌زنی مورد استفاده قرار داد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تنش، تنوع فنوتیپی و فیزیولوژیکی، همبستگی

مقدمه

پنج درصد اراضی زراعی، ۹۰٪ شالیزارهای دنیا (Flowers et al., 1986) و تقریباً ۱۵ درصد اراضی ایران به‌نوعی تحت تأثیر شوری بوده (Pazira and Sadeghzadeh, 1998) که می‌تواند کشت و عملکرد بسیاری از محصولات زراعی را بخصوص در اقلیم‌های خشک

در بین گیاهان زراعی، برنج جایگاه خاصی در تأمین نیاز غذایی بشر، از مهم‌ترین اهداف به‌نژادگران، دارد و حدود ۵۰ درصد جمعیت جهان از آن تغذیه می‌کنند (Tavakoli et al., 2006; MajidiMehr, 2014; IRRI, 2017).

محتوی نسبی آب برگ و کاهش اثرات منفی تنش بر سلامت غشا سلولی می‌شود (Munns and Tester, 2008). تنش شوری باعث می‌شود که بذر نتواند رطوبت کافی جذب نماید و با ایجاد خشکی فیزیولوژیکی، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر را کاهش می‌دهد (Jamil et al., 2005). در شوری‌های صفر تا ۱ درصد نمک طعام درصد جوانه‌زنی و میزان رشد ریشه و ساقه برنج کاهش یافت (Sujata et al., 2005). اثر کاهشی تنش شوری بر جوانه‌زنی نشان می‌دهد این مرحله یک آزمون قابل اطمینان جهت ارزیابی میزان تحمل بسیاری از گونه‌های گیاهی است (Munns and Tester, 2008).

تجمع قندهای محلول در پاسخ به تنش در جهت تنظیم اسمزی و یا حفاظت از غشاهای سلولی است. افزایش جذب سدیم و سنتز اسمولیت‌هایی چون پرولین، گلیسین بتائین و دیگر قندهای محلول از راه کارهای گیاهان جهت کاهش اثرات تنش شوری است (Kavi kishor et al., 2005). برای درک توانایی تحمل تنش‌های محیطی گیاهان، شناسایی تغییرات القایی در میزان پروتئین آن‌ها در پاسخ به تنش‌ها مفید است. سنتز پروتئین تحت تنش شوری در اندام‌های مختلف برنج (Dubey and Rani, 1989) افزایش یافته است. غلظت پرولین در طول دوره رشد در ارقام مقاوم برنج، بالاتر از ارقام حساس و نسبتاً حساس است (Lutts et al., 1995).

تجزیه ضرایب همبستگی ساده صفات مختلف با عملکرد دانه به تعیین اهمیت نسبی صفات به عنوان معیارهای گزینش کمک می‌کند (Agrama, 1996 و Griffiths and Miller, 1996). تجزیه به عامل‌ها توصیفی از همبستگی چند متغیر توسط تعداد کمی عامل یا متغیر پنهانی است (Johnson and Wichern, 1996). در تجزیه به عامل‌ها در ژنوتیپ‌های گیاه برنج، تعداد ۴ عامل؛ با ۸۳/۸ درصد توجیه جمعی تغییرات معرفی شدند و عامل‌های اول تا چهارم به ترتیب بنیه جوانه‌زنی، بنیه گیاهچه، فیزیولوژی بذر و وزن بذر نام‌گذاری شدند. در دو عامل اول، صفات طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و سرعت جوانه‌زنی بیشترین همبستگی را با شاخص بنیه به عنوان مهم‌ترین صفت مورد بررسی داشتند (Mohamadi et al., 2018). در پژوهشی دیگر در مرحله رویشی گیاه برنج در شرایط بدون تنش ۵ و در شرایط تنش شوری ۴ عامل معرفی گردیدند و به ترتیب ۷۹/۷۹ و ۶۸/۱۰ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند (MajidiMehr et al., 2014).

و نیمه‌خشک به شدت محدود کند (Emam et al., 2013). شوری از طریق اسمزی، سمیت یون‌ها و یا اختلال در فرآیندهای متابولیکی، اثرات مضر بر رشد و نمو گیاهان و از جمله برنج در سطوح مختلف فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی دارد و باعث کاهش عملکرد گیاهان می‌گردد (Yeo and Flowers, 1986; Fougere et al., 1991; Munns and Tester, 2008; Gharbi et al., 2014). گیاه برنج در مقایسه با دیگر غلات حساسیت بیشتری نسبت به شوری دارد. از سوی دیگر، واکنش گیاه برنج به شوری در مراحل مختلف رشد متفاوت بوده به نحوی که در مرحله جوانه‌زنی نسبتاً متحمل، در مرحله گیاهچه‌ای خیلی حساس می‌گردد. همچنین ژنوتیپ‌های مختلف واکنش متفاوتی به شوری دارند (Lafitte et al., 2004; Montgomery et al., 2006; Mamnoie and Seyed Sharifi, 2010).

کاهش شوری خاک با استفاده از روش‌های به‌زراعی معمولاً اقتصادی نیست و در چنین شرایطی، ارزان‌ترین راه استفاده از اراضی شور، شناخت، انتخاب و اصلاح گیاهان زراعی مقاوم به شوری است (Munns and Tester, 2008). منابع ژنتیکی نقش مهمی در افزایش پتانسیل عملکرد و بهبود کمی و کیفی گیاهان و مقاومت آن‌ها به تنش‌ها دارند (Johnson and Wichern, 1996; Subhashchandra et al., 2009; Wang et al., 2013). تنوع ژنتیکی بیشتر امکان بیشتر گزینش را در جامعه فراهم می‌کند (Falconer and Mackay, 1996). وراثت‌پذیری صفات، نقش ارزنده‌ای در فرایند گزینش دارد (Beigi Nassiri, 2008) و گزینش بر اساس صفات ظاهری دارای وراثت‌پذیری نسبتاً بالا، روشی سریع برای غربال جوامع گیاهی و بهبود عملکرد دانه است (Lafitte et al., 2004). متخصصین به‌نژادی گیاهی به منظور انتخاب والدین جهت انجام تلاقی و دستیابی به ژنوتیپ‌های برتر در نسل‌های در حال تفکیک، وراثت‌پذیری صفات را بررسی می‌نمایند (Akbar and Yabuno, 1997). مرحله جوانه‌زنی نقش عمده‌ای در تعیین تراکم نهایی گیاهان دارد (Gholizade, 2012) و مراحل جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای، در انتخاب گیاهان مقاوم به تنش شوری مهم هستند (Rabiei et al., 2014). تجمع یون‌های ناشی از تنش شوری می‌تواند سبب تأخیر در جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، تأخیر در گلدهی و افزایش دانه‌های پوک شود (Flowers, 2004). در شرایط شوری تجمع پرولین و کربوهیدرات‌های سلول در گیاهچه‌های برنج موجب افزایش

(گرم)، اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری پرولین ساقه‌چه، ۱ ml از عصاره الکلی نمونه گیاهی به لوله‌آزمایش منتقل و ۱۰ ml آب دو بار تقطیر به آن اضافه گردید. ۵ ml ناین‌هیدرین و ۵ ml اسیداستیک گلاسیال به هر نمونه اضافه شده و به مدت ۴۵ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شد. پس از خنک شدن، به هر نمونه ۱۰ ml بنزن اضافه کرده و به‌خوبی تکان داده شدند. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه به حالت سکون نگهداری و سپس جذب نور در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت و مقدار پرولین نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (Paquine and Lechasseur, 1979). برای اندازه‌گیری قندهای محلول، ۱ ml ۳ آنترون تازه به ۱ ml عصاره الکلی درون لوله‌آزمایش افزوده شده و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم قرار داده شدند. پس از خنک شدن، میزان جذب نور در طول موج ۶۲۵ نانومتر، میزان قندهای محلول نمونه‌ها محاسبه گردید (Irigoyen et al., 1992). جهت اندازه‌گیری پروتئین محلول کل، مقدار ۰/۲ گرم از بافت گیاهی موجود در فریزر (۴۰°C-) در هاون چینی سرد با ۲ ml بافر فسفات ۰/۱ مولار (pH=۶/۸) یکنواخت گردید و به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۳۰۰۰ در دقیقه و در دمای ۴°C، سانتریفیوژ گردید. ۵/۲ ml محلول برادفورد به فاز بالایی عصاره جدا شده اضافه کرده و جذب نور در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت و مقدار پروتئین اندازه‌گیری شد (Liu and Zhang, 2000).

آمار توصیفی صفات برای شرایط تنش شوری و بدون تنش محاسبه شدند و از امید ریاضی میانگین مربعات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت روابط زیر برای ارزیابی پارامترهای ژنتیکی استفاده شد (Majidi Mehr, 2014).

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad [۱]$$

$$\sigma_g^2 = \frac{MSg - MSe}{r} \quad [۲]$$

$$\sigma_e^2 = MSe \quad [۳]$$

$$\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2 \quad [۴]$$

$$\frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2} = H_b \quad [۵]$$

$$CV_p = \frac{\sqrt{\sigma_p^2}}{\bar{X}} \quad [۶]$$

$$CV_g = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{X}} \quad [۷]$$

با توجه به نکات ذکر شده در بالا، هدف از اجرای این تحقیق برآورد تنوع ژنتیکی برای صفات مورد مطالعه، بررسی اثر شوری بر ویژگی‌های مختلف مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در مرحله جوانه‌زنی برنج، تعیین ارتباط میان صفات و شناسایی صفات مؤثر بر گزینش غیرمستقیم ژنوتیپ‌های متحمل به شوری و شناسایی عوامل پنهانی برای تشخیص روابط داخلی میان صفات در ژنوتیپ‌های مختلف برنج بود تا به‌منظور تسهیل و تسریع در گزینش در برنامه‌های بهنجاری مورد استفاده قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های فامیل‌های نسل F2:4 برنج در مرحله جوانه‌زنی، آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج طراحی و اجرا شد. تعداد ۱۱۷ لاین F2:4 حاصل از تلاقی بین برنج موسی‌طارم و ۳۰۴ به همراه والدین تلاقی در دو آزمایش: (۱) اعمال تنش شوری ۸ دسی زیمنس بر متر (محلول NaCl) (Amiri-Fahliani, 2011) و (۲) بدون تنش شوری (آب مقطر استریل) به‌صورت مجزا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت شدند. هر تکرار شامل ۳۵ عدد بذر سالم از هر کدام از ژنوتیپ‌ها (جمعاً ۱۱۹ ژنوتیپ) بود. بذرها پس از ضدعفونی با محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به مدت ۵ دقیقه و شستشو با آب دو بار تقطیر، در ظروف پتری‌دیش استریل و بر روی کاغذ صافی واتمن شماره ۴۰ قرار داده شدند و در طول اجرای آزمایش پتری‌دیش‌ها در درون ژرمیناتور با دمای ۲۵ ± ۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. تعداد بذرهای جوانه‌زده برای هر ژنوتیپ در طول ۱۴ روز شمارش شدند (ISTA, 2010) و اندازه‌گیری ویژگی‌های سرعت جوانه‌زنی بذور به‌صورت مجموع نسبت تعداد بذور جوانه‌زده به تعداد روز سپری شده (Subhashchandra et al., 2009). شاخص طولی و وزنی بنیه بذر به ترتیب از طریق محاسبه نسبت حاصل ضرب سرعت جوانه‌زنی در طول و یا وزن خشک گیاهچه به عدد ۱۰۰ (Maguire, 1962)، درصد جوانه‌زنی (درصد بذرهای جوانه‌زده به کل بذرهای بررسی‌شده) (Ikic et al., 2012) و همچنین ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه (بخش هوایی گیاهچه) (میلی‌متر)، وزن تر و خشک ریشه‌چه (گرم) (۱۰ عدد بذر به ترتیب به‌صورت تر و یا پس از خشک شدن در دمای ۷۵°C پس از ۴۸ ساعت)، وزن تر و خشک ساقه‌چه

داشت. پروتئین و قندهای محلول در رده‌های بعدی قرار داشتند که این امر نشان‌دهنده وجود تنوع زیاد بین ژنوتیپ‌های موردبررسی از این منظر است. درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها کمترین درصد CV_g و CV_p را در حالت تنش (به ترتیب حدود ۸ و ۱۵) و بدون تنش شوری (به ترتیب ۴ و ۸) نشان دادند. با توجه به اینکه ضریب تنوع فنوتیپی با ژنتیکی در ویژگی درصد جوانه‌زنی تفاوت چندانی ندارد، می‌توان گفت که اثرات محیطی در این ویژگی در میان ژنوتیپ‌ها کم بوده و سهم عوامل ژنتیکی در وراثت آن بسیار بالا است (Chaubey and Richhardria, 1993; Nematzadeh and Kyani, 2005).

قابلیت توارث عمومی

وراثت‌پذیری پرولین در حالت تنش و بدون تنش شوری تغییراتی چندانی نشان نداد (جدول ۱). وراثت‌پذیری پروتئین در حالت تنش نسبت به بدون تنش، حدود ۱۳ نقطه درصد (۱۵ درصد) کاهش داشت. تنش شوری باعث افزایش وراثت‌پذیری قندهای محلول گشته به نحوی که در حالت تنش نسبت به بدون تنش افزایش ۶ نقطه درصدی آن دیده شد. تنش شوری همچنین باعث افزایش وراثت‌پذیری صفات درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، وزن تر ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و شاخص بنیه طولی گیاهچه نسبت به حالت بدون تنش شده است. گزارش شده است که تنش خشکی در گندم باعث کاهش پارامترهای ژنتیکی اکثر صفات می‌گردد (Allah et al., 2011). در ارزیابی تغییرپذیری ژنوتیپ‌های برنج با توجه به افزایش میزان وراثت‌پذیری در شرایط تنش نسبت به بدون تنش برای صفات قندهای محلول، درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه و شاخص بنیه طولی گیاهچه، می‌توان گفت این افزایش دلالت بر کنترل صفات توسط ژن‌هایی با اثرات افزایشی دارد (Monajjem et al., 2016) و یا ژن‌های دیگری در کنترل صفات در شرایط تنش ایفای نقش نموده‌اند که کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند.

که در آن‌ها H_b وراثت‌پذیری عمومی، σ^2_g واریانس ژنتیکی، σ^2_p واریانس فنوتیپی، σ^2_e واریانس خطا، CV_g ضریب تغییرات ژنتیکی، CV_p ضریب تغییرات فنوتیپی، $\bar{X}$ میانگین، MS_g میانگین مربعات ژنوتیپ، MS_e میانگین مربعات خطای آزمایشی برای هر صفت و T تعداد تکرار در آزمایش می‌باشند. تجزیه به عامل‌ها بعد از کنترل امکان تجزیه مشاهدات از طریق آزمون‌های KMO و بارتلت با استفاده از نرم‌افزار SPSS V.16 انجام و داده‌ها به روش واریمکس دوران داده شدند، بر مبنای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، عامل‌ها برای شرایط تنش شوری و بدون تنش استخراج و تفسیر شدند. ضرایب بزرگ‌تر از ۰/۵ صرف‌نظر از علامت مربوطه، به عنوان ضرایب عاملی معنی‌دار برای صفات در نظر گرفته شدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

آمار توصیفی صفات موردبررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. در شرایط تنش نسبت به عدم تنش میانگین پرولین ۴۰ درصد، پروتئین ۶/۶ درصد و قندهای محلول ۲۳ درصد افزایش داشتند؛ بنابراین هم‌نظر با برخی محققین (Ho et al., 2001; Majdi et al., 2008) می‌توان گفت که افزایش قندهای محلول در جهت افزایش تحمل شرایط شوری توسط برنج در مرحله جوانه‌زنی استفاده شده است.

در حالت تنش نسبت به حالت بدون تنش، میانگین درصد جوانه‌زنی ۸/۹ درصد، سرعت جوانه‌زنی ۲۶ درصد و طول ساقه‌چه ۱۶ درصد کاهش نشان دادند. میانگین طول ریشه‌چه (۴/۹٪)، وزن تر ساقه‌چه (۱۸/۷٪) و ریشه‌چه (۰/۷٪) و وزن خشک ساقه‌چه (۱۴٪) و ریشه‌چه (۱۹٪) نیز نسبت به حالت بدون تنش کاهش نشان دادند. میانگین بنیه طولی گیاهچه در شرایط تنش نسبت به بدون تنش کاهش ۱۸ درصدی و میانگین بنیه وزنی گیاهچه کاهش ۲۲ درصدی نشان دادند. در برنج طول ریشه در گیاهان مقاوم ثابت مانده و یا کاهش می‌یابد و باعث کاهش ورود یون‌های سمی به گیاه می‌شود (Pattanagul and Thitiakul, 2008) که در این آزمایش نیز طول ریشه‌چه تحت تأثیر تنش کاهش یافته است.

در میان ویژگی‌های موردبررسی، میزان پرولین، بیشترین درصد CV_g را در هر دو حالت تنش (۷۷) و بدون تنش (۸۹)

جدول ۱. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی و وراثت‌پذیری عمومی صفات در شرایط تنش شوری و بدون تنش

Table 1. The phenotypic and genetic coefficients of variation, and the broadsense heritability of the traits in salinity stress and non-stress conditions

Traits	صفات	میانگین Average		ضریب تنوع ژنتیکی Genetic coefficient of variation (%)		ضریب تنوع فنوتیپی Phenotypic coefficient of variation (%)		وراثت‌پذیری عمومی Broad-sense Heritability (%)	
		بدون تنش Non-stress		تنش Stress		بدون تنش Non-stress		تنش Stress	
		تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress	بدون تنش Non-stress	تنش Stress
Proline	پروлін	8.43	11.81	89.54	77.22	91.20	78.3	98	97
Leaf protein	پروتئین برگ	12.63	13.46	62.19	47.79	61.97	51.2	99	86
Soluble sugar	قند محلول	26.92	33.14	39.32	34.37	40.68	34.9	92	98
Germination%	درصد جوانه‌زنی	96	87.47	4.3	8.35	7.71	15.5	31	36
Germination rate	سرعت جوانه‌زنی	6.95	5.12	14	13.85	17.73	20.5	63	46
Shoot length	طول ساقه‌چه	10.12	8.48	7.7	11.96	13.27	16.2	34	53
Root length	طول ریشه‌چه	9.45	8.99	14.58	13.34	17.51	17.5	69	57
Shoot fresh weight	وزن تر ساقه‌چه	0.458	0.372	5.34	11.71	13.28	18.6	16	39
Root fresh weight	وزن تر ریشه‌چه	0.150	0.149	19.5	24.19	28.9	32.2	45	56
Shoot dry weight	وزن خشک ساقه‌چه	0.050	0.043	7.74	11.15	11.48	52.1	45	58
Root dry weight	وزن خشک ریشه‌چه	0.021	0.017	37.41	15.56	41.83	24.9	58	38
Seedling length vigor index	شاخص بنیه طولی گیاهچه	18.77	15.33	10.29	11.41	14.68	25.7	49	56
Seedling weight vigor index	شاخص بنیه وزنی گیاهچه	0.067	0.052	9.2	16.31	31.09	53.7	67	10

گزینش را از طریق انواع روش‌های گزینش و شدت‌های مختلف گزینش پیش‌بینی کنند (Nematzadeh and Kyani, 2005). بیشترین کاهش وراثت‌پذیری (۵۷ نقطه درصد کاهش) ناشی از تنش شوری را شاخص بنیه وزنی گیاهچه داشت که نشان‌دهنده اثر بسیار زیاد محیط بر این ویژگی در بین ژنوتیپ‌ها بود.

همبستگی‌های فنوتیپی

ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات در شرایط بدون تنش در جدول ۲ (بالای قطر) آورده شده است.

وراثت‌پذیری بالای پرولین بخش هوایی گیاهچه، پروتئین کل، قندهای محلول و شاخص بنیه طولی گیاهچه در شرایط تنش نشان می‌دهند گزینش برای این صفات در شرایط تنش مناسب است چراکه در این صورت انتخاب در محیط تنش از بازدهی ژنتیکی بالاتری برخوردار خواهد بود و می‌توان از این صفات در برنامه‌های اصلاحی جهت ایجاد تنوع ژنتیکی، دورگ‌گیری و گزینش استفاده نمود (MajidiMehr et al., 2014). اثر گزینش، یکی از برنامه‌های به‌نژادی، بستگی به میزان تنوع ژنتیکی و توارث‌پذیری صفت موردبررسی در جامعه دارد. برآوردهای وراثت‌پذیری برای یک صفت به به‌نژادگران امکان می‌دهد که پیشرفت ژنتیکی تحت شرایط

جدول ۲. ضرایب همبستگی فنوتیپی صفات مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های مختلف برنج در شرایط بدون تنش (بالای قطر) و تنش شوری (پایین قطر)

Table 2. The phenotypic correlation coefficient of the salinity non-stress (up of diameter) and stress (bottom of diameter) of morphological traits in different rice genotypes

Traits	صفات	1	2	3	4	5
1	وزن خشک ساقه‌چه Shootlet dry weight	1	0.196 ^{ns}	0.673 ^{**}	-0.216 ^{ns}	0.063 ^{ns}
2	وزن خشک ریشه‌چه Rootlet dry weight	0.046 ^{ns}	1	0.126 ^{ns}	0.434 ^{**}	0.533 ^{**}
3	وزن تر ساقه‌چه Shootlet fresh weight	0.053 ^{ns}	0.260 ^{ns}	1	0.256 ^{ns}	0.168 ^{ns}
4	وزن تر ریشه‌چه Rootlet fresh weight	0.105 ^{ns}	0.535 ^{**}	0.265 ^{ns}	1	0.430 ^{**}
5	طول ریشه‌چه Rootlet length	0.114 ^{ns}	0.619 ^{**}	0.293 ^{ns}	0.464 ^{**}	1
6	طول ساقه‌چه Shootlet length	0.033 ^{ns}	0.718 ^{ns}	0.550 ^{**}	0.121 ^{ns}	0.261 ^{ns}
7	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	-0.043 ^{ns}	0.178 ^{ns}	0.391 ^{**}	0.301 ^{ns}	0.296 ^{ns}
8	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	-0.037 ^{ns}	0.267 ^{ns}	0.527 ^{**}	0.341 ^{**}	0.375 ^{**}
9	بنیه وزنی گیاهچه Seedling weight vigor	-0.007 ^{ns}	-0.041 ^{ns}	-0.004 ^{ns}	0.282 ^{ns}	-0.041 ^{ns}
10	بنیه طولی گیاهچه Seedling length vigor	0.048 ^{ns}	0.396 ^{**}	0.559 ^{**}	0.411 ^{**}	0.699 ^{**}

Table 2. Continued

جدول ۲. ادامه

Traits	صفات	6	7	8	9	10
1	وزن خشک ساقه‌چه Shootlet dry weight	0.462 ^{**}	0.242 ^{ns}	0.249 ^{ns}	0.747 ^{**}	0.384 ^{**}
2	وزن خشک ریشه‌چه Rootlet dry weight	-0.041 ^{ns}	0.221 ^{ns}	0.113 ^{ns}	0.624 ^{**}	0.424 ^{**}
3	وزن تر ساقه‌چه Shootlet fresh weight	0.543 ^{**}	0.296 ^{ns}	0.295 ^{ns}	0.602 ^{**}	0.482 ^{**}
4	وزن تر ریشه‌چه Rootlet fresh weight	-0.081 ^{ns}	0.232 ^{ns}	0.124 ^{ns}	0.275 ^{ns}	0.342 ^{**}
5	طول ریشه‌چه Rootlet length	-0.043 ^{ns}	0.260 ^{ns}	0.020 ^{ns}	0.396 ^{**}	0.748 ^{**}
6	طول ساقه‌چه Shootlet length	1	0.205 ^{ns}	0.299 ^{**}	0.309 ^{**}	0.523 ^{**}
7	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	0.533 ^{**}	1	0.703 ^{**}	0.632 ^{**}	0.654 ^{**}
8	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	0.518 ^{**}	0.813 ^{ns}	1	0.455 ^{**}	0.425 ^{**}
9	بنیه وزنی گیاهچه Seedling weight vigor	0.203 ^{ns}	0.127 ^{ns}	0.141 ^{ns}	1	0.652 ^{**}
10	بنیه طولی گیاهچه Seedling length vigor	0.708 ^{**}	0.781 ^{**}	0.797 ^{**}	0.132 ^{ns}	1

**, * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری است.

**, * and ns are significant at 1 and 5 percent probability levels and non-significant, respectively

ماده خشک بیشتر در ریشه‌چه و افزایش وزن آن توجیه گردد و بنابراین، افزایش جذب آب و املاح مفید موجود در آن، رشد طولی ریشه‌چه و ساقه‌چه را افزایش داد. وزن خشک ریشه‌چه با درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه همبستگی مثبتی در سطح یک درصد نشان دادند. بر اساس نتایج این پژوهش و بررسی همبستگی فنوتیپی ویژگی‌های بیوشیمیایی، پرولین محلول، پروتئین کل و قندهای محلول باهم همبستگی معنی‌داری در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای نداشتند (داده‌ها نشان داده نشده است).

تجزیه به عامل‌ها

نتایج تجزیه به عامل‌ها برای دو شرایط بدون تنش و تنش به ترتیب در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است.

در شرایط بدون تنش بیشترین میزان همبستگی مثبتی ($p < 0.01$) بین طول ریشه‌چه و شاخص بنیه طولی گیاهچه ($r = 0.748$) و بین وزن خشک ساقه‌چه و شاخص بنیه وزنی گیاهچه ($r = 0.747$) دیده شد. از وجود چنین روابطی می‌توان به‌عنوان معیاری برای ارزیابی رشد گیاهچه و بنیه آن استفاده کرد. در شرایط تنش نیز بیشترین همبستگی مربوط به طول ریشه‌چه با وزن خشک ریشه‌چه ($r = 0.619$) بود. در شرایط تنش، بین ویژگی شاخص بنیه طولی گیاهچه با ویژگی‌های وزن خشک ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه و ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی، همبستگی مثبتی در سطح یک درصد دیده شد. در گندم نشان داده شد که طول ریشه‌چه با وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه، همبستگی قوی دارد (Hosseini et al., 2012).

همچنین بین وزن خشک ریشه‌چه با وزن خشک گیاهچه همبستگی مثبتی گزارش شد که می‌تواند در راستای تجمع

جدول ۳. بار عامل‌های دوران یافته، واریانس نسبی و تجمعی در ژنوتیپ‌های مختلف برنج در شرایط بدون تنش

Table 3. Relative and cumulative variance factor load and in different genotypes under non-stress condition

		بار عامل‌های دوران یافته					
		Factor loading					
Traits	صفات	اول First	دوم Second	سوم Third	چهارم Fourth	پنجم Fifth	اشتراک‌ها commonalities
Shootlet dry weight	وزن خشک ساقه‌چه	0.896	0.057	0.038	-0.064	-0.246	0.872
Rootlet dry weight	وزن خشک ریشه‌چه	0.132	0.797	0.002	-0.051	-0.239	0.712
Shootlet fresh weight	وزن تر ساقه‌چه	0.832	0.206	0.122	0.082	-0.028	0.757
Rootlet fresh weight	وزن تر ریشه‌چه	-0.055	0.724	0.120	-0.095	0.079	0.556
Rootlet length	طول ریشه‌چه	0.062	0.837	0.089	0.242	0.037	0.772
Rootlet length	طول ساقه‌چه	0.767	-0.185	-0.254	0.042	0.163	0.715
Germination percentage	درصد جوانه‌زنی	0.158	0.250	0.884	-0.004	-0.072	0.874
Germination rate	سرعت جوانه‌زنی	0.178	-0.012	0.880	-0.043	-0.114	0.821
Seedling weight vigor index	شاخص بنیه وزنی گیاهچه	0.616	0.491	0.336	-0.031	-0.318	0.856
	شاخص بنیه طولی گیاهچه	0.461	0.571	0.520	0.176	0.081	0.844
Seedling length vigor index							
Proline	پرولین	-0.078	-0.078	0.042	0.791	-0.271	0.713
Total protein	پروتئین کل	-0.095	-0.048	-0.120	-0.009	0.840	0.731
Soluble sugars	قندهای محلول	-0.007	0.120	-0.053	0.627	0.229	0.462
Eigen values	مقادیر ویژه	4.409	1.004	1.077	1.238	1.906	-
relative variance (%)	واریانس نسبی	33.92	14.16	9.52	8.28	7.72	-
cumulative variance (%)	واریانس تجمعی	33.92	48.45	58.99	66.38	74.10	-

را توجیه می‌کنند. عامل اول (خصوصیات مورفولوژیکی) $36/7$ درصد از کل واریانس داده‌ها، عامل دوم (عملکرد و اجزای عملکرد) توانست $21/65$ درصد و عامل سوم (فنولوژیکی) $19/4$ درصد از کل تغییرات را توجیه نمودند.

در حالت تنش شوری (جدول ۴)، شش عامل استخراج شد که در عامل اول با توجیه $32/2$ درصد از تغییرات کل، صفات وزن تر و طول ساقه‌چه، درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه طولی گیاهچه در جهت مثبت بیشترین تأثیر را داشتند و می‌توان آن را عامل خصوصیات مورفولوژیکی نامید. در عامل دوم با توجیه 12 درصد از تغییرات کل، صفات وزن خشک و تر ریشه‌چه و طول ریشه‌چه در جهت مثبت بیشترین تأثیر را داشتند که می‌توان آن را عامل ریشه‌چه نامید. عامل سوم $9/2$ درصد از تغییرات را توجیه می‌کند که شاخص بنیه وزنی گیاهچه بیشترین تأثیر را در جهت مثبت در آن دارد و عامل شاخص بنیه وزنی گیاهچه نامیده‌شد. در عامل چهارم با $8/47$ درصد توجیه تغییرات، ویژگی قندهای محلول بیشترین تأثیر را در جهت مثبت دارد و این عامل، عامل مؤثر بر قندهای محلول نام‌گذاری شد. عامل پنجم (عامل مؤثر بر پرولین) $8/23$ درصد از تغییرات را توجیه کرده و میزان پرولین در جهت مثبت بیشترین تأثیر را در آن دارد. عامل ششم (عامل مؤثر بر پروتئین) $7/76$ درصد از تغییرات را توجیه کرده و ویژگی وزن خشک ساقه‌چه در جهت مثبت و پروتئین کل در جهت منفی بیشترین تأثیر را داشتند.

منجم و همکاران (Monajjem et al., 2016) در مطالعه‌ای با استفاده از روش تجزیه به عامل‌ها، تعداد ۴ عامل که در مجموع توجیه‌کننده $83/8$ درصد از تغییرات بودند را در گیاه برنج معرفی کردند. با توجه به ضرایب صفات، عامل اول بنیه جوانه‌زنی، عامل دوم بنیه گیاهچه، عامل سوم فیزیولوژیکی بذر و عامل چهارم وزن بذر نام‌گذاری شد. با در نظر گرفتن شاخص بنیه طولی به‌عنوان مهم‌ترین صفت موردبررسی، صفات طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و سرعت جوانه‌زنی بیشترین همبستگی را با شاخص بنیه طولی داشتند و بنابراین می‌توان در جهت بهبود وضعیت بنیه گیاه و لذا استقرار بهتر و سریع‌تر گیاه در مزرعه، ژنوتیپ‌های موردبررسی برنج را از نظر این صفات مورد ارزیابی قرار داد.

جهت توجیه بهتر، عامل‌ها را به روش واریمکس دوران داده و بر مبنای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک استخراج شدند. در جداول مذکور میزان اشتراک اکثر ویژگی‌ها بالاست (بیشتر از $0/7$). میزان اشتراک، بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود و هر چه بیشتر باشد نشان‌دهنده دقت بیشتر در استخراج عامل‌های مشترک به‌عنوان عامل‌های تأثیرگذار بر متغیر مربوطه است (Jackson, 1991) و عامل‌های منتخب توانسته‌اند بخش عمده‌ای از تغییرات صفات را به نحو مطلوبی توجیه نمایند (Majidimehr and Khoshchereh, 2017). در شرایط بدون تنش پنج عامل و در شرایط تنش شوری شش عامل شناسایی شدند که به ترتیب 74 و 78 درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه کردند. در شرایط بدون تنش (جدول ۳) عامل اول $33/92$ درصد از تغییرات را توجیه کرد که در این عامل صفات طول ساقه‌چه، وزن تر و خشک ساقه‌چه و شاخص بنیه وزنی گیاهچه بیشترین تأثیر را در جهت مثبت داشتند که می‌توان نام این عامل را عامل مربوط به بخش هوایی گیاهچه نامید. عامل دوم $14/66$ درصد از تغییرات را توجیه کرد که در این عامل، صفات وزن خشک و تر ریشه‌چه، طول ریشه‌چه و شاخص بنیه وزنی و طولی گیاهچه بیشترین تأثیر را در جهت مثبت داشتند و می‌توان این عامل را عامل مربوط به بخش زیرزمینی گیاهچه نام‌گذاری کرد. در عامل سوم که حدود $9/5$ درصد از تغییرات را توجیه کرد، صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه طولی گیاهچه در جهت مثبت بیشترین تأثیر را داشتند که می‌توان نام این عامل را عامل مؤثر بر شاخص‌های جوانه‌زنی نامید.

در عامل چهارم $8/3$ درصد از تغییرات را توجیه کرد، صفات پرولین و قندهای محلول گیاهچه در جهت مثبت بیشترین تأثیر را داشتند که می‌توان نام این عامل را عامل مؤثر بر پروتئین کل نامید. قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2011) برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف برنج با استفاده از تجزیه عاملی و تجزیه خوشه‌ای، سه عامل معرفی نمودند که توانستند $77/7$ درصد از تغییرات کل

جدول ۴. بار عامل‌های دوران یافته، واریانس نسبی و تجمعی در ژنوتیپ‌های مختلف برنج در شرایط تنش

Table 4. Relative and cumulative variance factor load and in different genotypes under stress condition

بار عامل‌های دوران یافته								
Factor loading								
Traits	صفات	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	اشتراک‌ها
		First	Second	Third	Fourth	Fifth	Sixth	commonalities
weight Shootlet dry	وزن خشک ساقه‌چه	0.052	0.016	-0.030	-0.157	-0.026	0.879	0.801
Rootlet dry weight	وزن خشک ریشه‌چه	0.102	0.882	-0.097	0.048	0.062	-0.009	0.804
Shootlet fresh weight	وزن تر ساقه‌چه	0.745	0.137	-0.126	0.180	0.183	0.034	0.656
Rootlet fresh weight	وزن تر ریشه‌چه	0.172	0.735	0.407	0.174	-0.044	0.110	0.779
Rootlet length	طول ریشه‌چه	0.339	0.716	-0.123	-0.194	0.037	0.095	0.780
Rootlet length	طول ساقه‌چه	0.818	-0.077	0.128	0.019	0.249	0.075	0.759
Germination percentage	درصد جوانه‌زنی	0.740	0.191	0.112	-0.148	-0.369	-0.155	0.779
Germination rate	سرعت جوانه‌زنی	0.831	0.234	0.102	-0.001	-0.202	-0.102	0.807
Seedling weight vigor index	شاخص بنیه وزنی گیاهچه	0.096	-0.023	0.956	-0.028	0.011	-0.007	0.925
Seedling length vigor index	شاخص بنیه طولی گیاهچه	0.965	0.408	0.058	-0.151	-0.069	0.004	0.946
Proline	پرولین	0.007	0.07	0.013	-0.064	0.912	-0.045	0.843
Total protein	پروتئین کل	0.113	-0.104	-0.041	-0.310	0.005	-0.528	0.401
Soluble sugars	قندهای محلول	0.024	-0.011	-0.018	0.923	-0.052	0.019	0.856
Eigen values	مقادیر ویژه	4.189	1.517	1.193	1.102	1.070	1.010	-
relative variance (%)	واریانس نسبی	32.22	12.08	9.18	8.47	8.23	7.76	-
cumulative variance (%)	واریانس تجمعی	33.22	44.30	53.49	61.96	74.19	77.96	-

نتیجه‌گیری نهایی

استفاده نمود. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها، در شرایط بدون تنش و تنش شوری به ترتیب ۵ و ۶ عامل جهت تبیین بیشترین میزان تغییرات داده‌ها معرفی شدند که بر همین اساس می‌توان از وزن تر و طول ساقه‌چه به‌عنوان ویژگی‌های مؤثر در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در هر دو شرایط تنش و بدون تنش در مرحله جوانه‌زنی استفاده نمود. از سوی دیگر می‌توان ویژگی‌های پروترین، پروتئین و قندهای محلول برگ را به‌عنوان شاخص‌های مؤثر در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل شوری در مرحله جوانه‌زنی برنج معرفی کرد.

سیاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه یاسوج به‌پاس حمایت‌های مالی انجام‌شده برای اجرای این تحقیق در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد سپاسگزاری می‌نمایند.

لاین‌ها و ارقام مختلف برنج در شرایط تنش‌های محیطی مختلف واکنش‌های متفاوتی را از خود نشان می‌دهند که بررسی این واکنش‌ها و تغییرات آن‌ها، از نظر به‌نژادگران اهمیت ویژه‌ای دارند. در میان ویژگی‌های موردبررسی در این پژوهش، پروترین محلول برگ، بیشترین ضریب تنوع ژنتیکی را در هر دو حالت تنش و بدون تنش داشت و پروتئین و قندهای محلول در رده‌های بعدی قرار داشتند. بالاترین میزان وراثت‌پذیری در شرایط تنش و بدون تنش به پروترین برگ، پروتئین کل و قندهای محلول تعلق داشت. این شرایط نشان داد گزینش برای صفات قندهای محلول، پروترین کل و پروتئین برگ امیدبخش بوده و بالا بودن قابلیت توارث نشان‌دهنده این است که صفات موردنظر با اطمینان بیشتری قابل انتقال به نتاج می‌باشند. لذا می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی جهت ایجاد تنوع ژنتیکی، دورگ‌گیری و گزینش

منابع

- Agrama, H.A.S., 1996. Sequential path analysis of grain yields its components in maize. *Plant Breeding*. 115, 343-346.
- Akbar, M., Yabuno, T., 1997. Breeding for saline-resistant varieties of rice. III. Response of F1 hybrids to salinity in reciprocal crosses between Jhona 349 and magnolia. *Japanese Journal of Breeding*. 25, 215-220.
- Allah, S.U., Khan, A.S., Ashfaq, W., 2011. Genetic analysis of physio-morphological traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under water stress conditions. *Cereal Research Communications*. 39, 544-550.
- Amiri-Fahliani, R., 2011. The study of some agronomic traits and aroma compounds in rice (*Oryza sativa* L.) and mapping their controlling genes using microsatellite markers. Ph.D. thesis Agriculture Field, Plant Breeding. Shahrekord University., 147p. [In Persian].
- Beigi Nassiri, M.T., 2008. Population Genetics. Ramin Agricultural University press, Ahwaz, Iran, 640p. [In Persian]
- Chaubey, P.K., Richhardria, A.K., 1993. Genetic variability correlation and path coefficient in Indian rices. *Indian Journal of Genetics*. 53, 356-36.
- Dubey, R.D., Rani, M., 1989. Influence of NaCl salinity on growth and metabolic status of protein and amino acids in rice seedling. *Agronomy Journal*. 162, 67-72.
- Emam, Y., Hosseini, A., Rafiie, N., Pirasteh Anousheh, H., 2013. Primary growth, and sodium and potassium concentration response of 10 barley (*Hordeum vulgare* L.) in salinity stress. *Crop Physiology*. 5, 5-15. [In Persian].
- Falconer, D.S., Mackay, T.F.C., 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. (4th Ed.), Longmans Green, Harlow, Essex, UK. 480p.
- Flowers, T., Hajibagheri, J., Clipson, M.A., 1986. Halophytes. *The Quarterly Review of Biology*. 61, 313-337.
- Flowers, T.J., 2004. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*. 55, 307-319.
- Fougere, F., Rudulier, D.L., Streeter, J.G., 1991. Effects of salt stress on amino acid, organic acid, and carbohydrate composition of roots bacteroids, and cytosol of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Plant Physiology*. 96, 1228-1236.
- Gharbi, A., Rashidi, V., Tarinejad, A.R., Chalabi Yani, S., 2014. Evaluation of durum wheat lines tolerance to salinity and drought stress under greenhouse conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*. 7, 393- 410. [In Persian with English Summary].
- Gholizade, F., 2012. Effects of salt stress in germination stage in rice genotypes (*Oryza sativa* L.). *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*. 2, 75-81. [In Persian with English Summary].
- Ghorbani, H., Samizadeh Lahiji, H.A., Rabie, B., Allahgholipour, M., 2011. Grouping different rice genotypes using factor and cluster analysis. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 21, 89 - 104. [In Persian].
- Griffiths, A.J.F., Miller, J.H., 1996. *An Introduction to Genetic Analysis*. 6th Ed., W. H. Freeman Co., New York. 916p.
- Ho, S., Chuo, Y., Tong, W., Yu, S., 2001. Suger coordinately and differentially regulates growth and stress-related genes expression via a complex signal and transduction network and multiple control mechanism. *Plant physiology*. 46, 281-285.
- Hosseini, F., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Cha'ab, A., 2012. Evaluation of the effects of lack of oxygen on the components of seedling germination and growth of five wheat varieties. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 9, 631-638.
- Ikic, I. Maric-Evic, M. Tomasovic, S. Gunjaca, J. Atovic, Z.S., Arcevic, H.S. 2012. The effect of germination temperature on seed dormancy in creation-grown winter wheats. *Euphytica*. 188, 25-34.
- Irigoyen, J.J., Emerich, D.W., Sanchez-Diaz. M., 1992. Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*. 84, 55-60.
- IRRI., 2017. World rice statistics online query facilities. <http://ricestat.irri.org:8080/wrsv3/entrypoint.htm>.
- ISTA (International seed Testing Association), 2010. *International rules for seed testing*. Bassersdorf, Switzerland.
- Jacson, J.E., 1991. *A User guide to Principal components*. John Wiley and sons Pub. New York. P. 34.

- Jamil, M., Lee, C.C., Rehman, Ur.R., Lee, D.B., Ashraf, M., Rha, U.S., 2005. Salinity (NaCl) tolerance of Brassica species at germination and early seedling growth. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*. 4, 970-976.
- Johnson, R.A., Wichern. D.W., 1996. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Sterling Book House, New Delhi.
- Kavi kishor, P.B., Sangam, S., Arnutha, R.N., Laxmi, P.S., Naidu, K.R., Rao S.S., Roa, S., Theriappan, P., Sreenivasulu, N., 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current Science*. 88, 424-438.
- Lafitte, H.R., Price, A.H. Coutois, B., 2004. Yield response to water deficit in an upland rice mapping population: Association among traits and genetic markers. *Field Crops Research*. 6, 1237-1246.
- Liu, C., Zhang, J., 2000. Heat stress injury in relation to membrane lipid per oxidation in creeping. *Crop Science*. 151, 135-143.
- Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmant, J., 1995. Changes in plant in response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany*. 46, 1843-1852.
- Majdi, A., Karimzadeh, Gh., Mahfouzi, S., 2008. Effects of low temperature and exogenous calcium on the quantum efficiency of photosystem ii (fv/fm) and relative content of chlorophyll in cold susceptible and tolerant wheat cultivars. *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 20, 175- 181. [In Persian with English Summary]
- MajidiMehr, A. 2014. Identify and evaluate the factors influencing the selection of salt tolerant cultivars in *Oryza sativa* L. Master of Science Thesis in Agriculture. Yasouj University. 150p. [In Persian with English Summary].
- Majidimehr, A., Amiri Fahliani, R., Masoumi Asl, A., 2014. Study of biochemical and chemical traits of different rice genotypes under salinity stress. *Cereal Research*. 4, 45-58. [In Persian with English Summary]
- Majidimehr, A., Khoshchereh, H., 2017. Study of different genotypes of rice using multivariate analysis. *Plant Ecophysiology*. 30, 118-128. [In Persian with English Summary].
- Mamnoie, A., Seyed Sharifi, R., 2010. Study of water deficit effect on chlorophyll fluorescence indices and proline content in six barley genotypes and its relationship to canopy temperature and yield. *Journal of Plant Biology*. 2, 51-62. [In Persian with English Summary]
- Mohamadi, S.F., Bagheri, N., Kiani, Gh., Babaeian Jelodar, N., 2018. Evaluation of Reaction of some Rice Genotypes to Salinity Stress at germination stage. *Journal of Crop Breeding*. 10, 20-30. [In Persian with English summary].
- Monajjem S., Zeinali, E., Ghaderi Far, F., Soltani, E., Hosseini Chaleshtari, M., 2016. Evaluation of the seed vigor diversity of rice genotypes (*Oryza sativa* L.). *Journal of Crop Production*. 8, 121-142. [In Persian]
- Montgomery, J., Milner, D.A., Tse, M.T., Njobvu, K., Kayira, K., Dzamalala, C.P., Taylor, T.E., Rogerson, S. J., Craig, A.G., Molyneux, M.E., 2006. Genetic analysis of circulating and sequestered population of plasmodium falciparum in fatal pediatric malaria. *The Journal of Infectious Diseases*. 194, 115-122.
- Munns, R., Tester M., 2008. Mechanism of salinity tolerance. *Annual Review of plant physiology*. 59, 651-658.
- Nematzadeh, Gh., Kyani, G., 2005. *Plant Breeding (classical methods)*. Rice Research Institute and Citrus, Babolsar. 456p. [In Persian].
- Paquine, F., Lechasseur, P., 1979. Observations sur une méthode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. *Canadian Journal of Botany*. 57, 1851-1854.
- Pattanagul, W., Thitiakul, M., 2008. Effect of salinity stress on growth and carbohydrate metabolism in tree rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance. *Indian Journal of Experimental Biology*. 46: 736-742.
- Pazira, E., Sadeghzadeh, K., 1998. National review document on optimizing soil and water use Iran. In Workshop of ICISAT. April, 1988, Niamey.
- Rabiei, B., Mardani, Z., Ghomi, K., Sabouri, H., Sabouri, A., 2014. The effect of rice chromosome 1 on traits associated with drought and salinity tolerance at germination and seedling stages. *Seed and Plant Improvement Journal*. 30(1): 1-16. [In Persian].

- Subhashchandra, B., Lohithaswa, H.C., Desai, A.S., Hanchinal, R.R., 2009. Assessment of genetic variability and relationship between genetic diversity and transgressive segregation in tetraploid wheat. *Karnataka Journal of Agricultural*. 22, 36-38.
- Sujata, K., Ansari, N.A., Rao, T.N., 2004. Laboratory studies on screening for salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes. *The Journal of Research Angraui*. 23, 27-33.
- Tavakoli, H., Beheshti, R., Kochaki, A., 2006. Evaluation of seed vigor tests to determine the quality of *Medicago sativa* seed. *Iranian Journal of Agricultural Research*. 3, 25- 34. [In Persian with English summary].
- Wang, Y., Zhang, L., Nafisah, A., Zhu, L., Xu, J., Li, Z., 2013. Selection efficiencies for improving drought/salt tolerances and yield using introgression breeding in rice (*Oryza sativa* L.). *The Crop Journal*. 1, 134-142.
- Yeo, A.R., Flowers, T.J., 1986. Salinity resistance in rice and a pyramiding approach to breeding varieties for saline soils. *Australian Journal of Plant Physiology*. 13, 161-173.