



ارزیابی تنوع بنیه بذر در ژنوتیپ‌های مختلف برنج (*Oryza sativa* L.)

سالار منجم^۱، ابراهیم زینلی^۲، فرشید قادری فر^۳، الیاس سلطانی^۳ و

مریم حسینی چالشتی^۴

^۱ و ^۲ به ترتیب فارغ التحصیل دکتری علوم و تکنولوژی بذر و دانشیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ استادیار گروه زراعت دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، ^۴ استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات برنج کشور
تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۴

چکیده

سابقه و هدف: بنیه بذر برآیند مجموعه‌ای از فرآیندهای فیزیولوژیکی است که از پس‌زمینه ژنتیکی وسیعی برخوردار است. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی ژنوتیپ‌های برنج از نظر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرتبط با بنیه بذر و گروه‌بندی آنها به منظور دستیابی به والدین مناسب برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی و دورگ‌گیری برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تنوع بنیه بذر برنج، ۴۹ ژنوتیپ برنج در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۲ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت مورد ارزیابی قرار گرفت. در این آزمایش در شرایط جوانه‌زنی استاندارد، تعدادی از صفات مرتبط با جوانه‌زنی و رشد گیاهچه اندازه‌گیری شد. به منظور برآورد رابطه بین صفات، ابتدا ضرایب همبستگی محاسبه و سپس از رگرسیون گام به گام به منظور تعیین صفاتی که سهم بیشتری در توجیه تنوع بنیه بذر دارند، استفاده شد. در این پژوهش پس از آزمون نرمالیت با روش کالموگراف-اسمیرنوف، تجزیه به‌عوامل‌ها برای گروه‌بندی صفات و درک روابط پنهانی بین آنها به روش مولفه‌های اصلی انجام گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد اثر رقم برای صفات مرتبط با بنیه بذر همانند سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، تعداد گیاهچه نرمال، وزن خشک گیاهچه، طول گیاهچه، کارایی مواد تخلیه شده از بذر، شاخص بنیه، شاخص جوانه‌زنی و انرژی جوانه‌زنی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است که نشان دهنده تنوع بنیه بذر بین ژنوتیپ‌های

*مسئول مکاتبه: monajjems@gmail.com

مورد بررسی می‌باشد. با در نظر گرفتن شاخص بنیه به‌عنوان مهم‌ترین صفت مورد ارزیابی، صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه و سرعت جوانه‌زنی (R_{50}) بیشترین همبستگی را با شاخص بنیه داشتند. بر اساس نتایج رگرسیون گام‌به‌گام صفات طول گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی (R_{50}) و وزن خشک ریشه‌چه سهم موثرتری در توجیه تغییرات شاخص بنیه داشتند. در تجزیه به عامل‌ها، تعداد ۴ عامل معرفی شدند که در مجموع ۸۳/۸۳ درصد از تنوع موجود را توجیه نمودند. با توجه به ضرایب صفات در هر عامل، عامل اول به‌عنوان عامل بنیه جوانه‌زنی، عامل دوم به‌عنوان عامل بنیه گیاهچه، عامل سوم به‌عنوان عامل فیزیولوژی بذر و عامل چهارم به‌عنوان عامل وزن بذر نامگذاری شد. در دو عامل اصلی اول و دوم صفات شاخص جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، D_{05} و D_{95} (به ترتیب مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۵ و ۹۵ درصد حداکثر خود برسد)، سرعت جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، شاخص بنیه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه و طول گیاهچه در مجموع ۶۳ درصد از تنوع را به خود اختصاص دادند. بر اساس صفات موثر در دو عامل اصلی اول، تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های برنج را در ۳ خوشه مجزا قرار داد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، بررسی حاضر با تفکیک مناسب ژنوتیپ‌های برنج بر اساس بنیه بذر در سه گروه (ژنوتیپ‌های بومی، اصلاح شده و وارداتی) نشان داد که بنیه بذر در ارقام بومی پائین‌تر از ارقام اصلاح شده و وارداتی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بنیه بذر، ژنوتیپ‌های برنج، تنوع ژنتیکی و تجزیه به عامل‌ها.

مقدمه

استان گیلان با سطح زیر کشت حدود ۱۸۰ هزار هکتار پس از مازندران دومین استان مهم تولید برنج در کشور به شمار می‌رود (۹). در طی سال‌های اخیر در گیلان کمبود آب قابل دسترس و وقوع تنش خشکی در مرحله خوشه‌دهی عامل مهمی در بروز کاهش پتانسیل عملکرد برنج بوده است (۱۴). درچنین شرایطی استفاده از ارقام زودرس و کشت زود هنگام برنج از راهکارهای کاهش احتمال هم‌زمانی دوره خوشه‌دهی با خشکی می‌باشند. از آنجایی که استفاده از ارقام زودرس برنج به کاهش پتانسیل عملکرد منتهی می‌شود (۳۳)، کشت زود هنگام برنج راهکار مناسب‌تری به‌نظر می‌رسد. در کشت زود هنگام برنج، دمای پایین آب و خاک در مرحله بذریاشی و نشاکاری مهم‌ترین عامل محدودکننده استقرار مطلوب گیاهچه می‌باشد (۱۸). در این راستا، تحقیقات قبلی نشان می‌دهد ارقام مختلف برنج واکنش‌های متفاوتی به دماهای پایین در مرحله جوانه‌زنی دارند و تنوع ژنتیکی بنیه بذر عامل اصلی این تفاوت‌ها می‌باشد (۶).

بنیه بذر نشان دهنده پتانسیل بذر برای جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و تحمل شرایط نامطلوب محیطی از جمله سرمای اول فصل می‌باشد (۱۰). استفاده از بذرها با بنیه قوی‌تر که سرعت، یکنواختی و درصد جوانه‌زنی بیشتری داشته باشند، می‌تواند به تولید نشاهای قوی‌تر برای دست‌یابی به پتانسیل عملکرد در شرایط مختلف محیطی منتهی شود (۱۷، ۳۲). بنیه بذر به عنوان یک ویژگی جامع شناخته شده است که تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله ژنتیک، شرایط محیطی در دوره نمو بذر و در مدت انبارداری و تیمارهای بهبود جوانه‌زنی بذر قرار می‌گیرد (۴، ۱۳). گزارش‌های مختلف حاکی از تنوع ژنتیکی در ارقام مختلف برنج از نظر بنیه بذر است (۱۲، ۲۵، ۲۹، ۳۹). در تعدادی از این بررسی‌ها با اندازه‌گیری وزن گیاهچه، طول ساقچه و طول ریشه‌چه در شرایط محیطی مختلف به عنوان بهترین شاخص‌های بنیه بذر برنج (۲۹) نشان داده شد بین ارقام مختلف، تنوع ژنتیکی وجود دارد و ارقام ایندیکا بنیه بذر بالاتری نسبت به ارقام ژاپونیکا دارند (۱۲، ۳۹). اوکه لولا و همکاران (۲۰۰۷) ضمن گزارش وجود تنوع ژنتیکی بین ارقام برنج، سرعت جوانه‌زنی و انرژی جوانه‌زنی را از مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر در شناسایی ارقام با بنیه بذر قوی‌تر دانستند (۲۵). از طرفی سلطانی و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی تنوع ژنتیکی بنیه بذر ارقام گندم با استفاده از صفات مورفولوژیکی، وجود همبستگی مثبت بین وزن خشک بذر با صفات بنیه بذر همانند سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه را گزارش کردند (۳۷).

امروزه در راستای بررسی تنوع ژنتیکی، روش‌های آماری چند متغیره از مهم‌ترین راهکارها برای مطالعه و دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها می‌باشند (۵). هدف کلی از تجزیه چند متغیره، در نظر گرفتن هم‌زمان چندین متغیر است که با یکدیگر در ارتباط بوده و هر یک از آن‌ها در ابتدای تجزیه داده‌ها از نظر محقق دارای اهمیت یکسان می‌باشد (۲۰). ساده‌ترین روش تعیین ارتباط بین دو متغیر محاسبه ضریب همبستگی است که متوسط رابطه بین دو متغیر را نشان می‌دهد. در صورتی که همبستگی بین دو متغیر معنی‌دار باشد نشان می‌دهد که هر دو تحت تاثیر عامل‌های مشترک قرار گرفته‌اند (۲۳). رگرسیون مرحله‌ای نیز جهت گزینش متغیرهای با ارزش از میان تعداد زیادی صفت اندازه‌گیری شده و حصول مدلی که بیشترین تغییرات تابع را توجیه کند استفاده می‌شود (۲۰). یکی دیگر از روش‌های پیشرفته آماری که در بررسی ارتباط بین متغیرها در بسیاری از علوم کاربرد فراوانی پیدا کرده است، تحلیل عاملی (تجزیه به عامل‌ها) است. در تحلیل عاملی هدف یافتن عوامل پنهانی است که باعث ایجاد همبستگی‌های خاصی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده می‌شوند (۲۰). این روش آماری ویژگی‌های گیاهی را شناسایی می‌کند که بیشترین نقش را در ایجاد تنوع در یک گروه دارند (۱) و تاکنون برای بررسی صفات گیاهان مختلف از جمله برنج (۱) استفاده شده است. تجزیه خوشه‌ای با گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس صفت یا صفات مشترک، انتخاب والدین را جهت تولید گیاه هیبرید و برتر را آسان می‌کند (۲۴). این روش برای گیاهان مختلف از جمله برنج (۱) استفاده شده است.

تحقیق حاضر با هدف ارزیابی ژنوتیپ‌های بومی، اصلاح شده و وارداتی برنج با استفاده از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرتبط با بنه بذر و گروه‌بندی آنها جهت دستیابی به والدین مناسب برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از ۴۹ ژنوتیپ بومی، اصلاح شده و وارداتی برنج (۱۶ ژنوتیپ بومی، ۱۳ ژنوتیپ اصلاح شده داخلی و ۲۰ ژنوتیپ وارداتی) موجود در کلکسیون ارقام والدینی موسسه تحقیقات برنج کشور- رشت استفاده شد (جدول ۱). برای تأمین بذر مورد استفاده در این آزمایش، ژنوتیپ‌های مورد نظر در سال زراعی ۹۲ در شرایط یکسان در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور- رشت کشت شدند. پس از ۳ ماه انبارداری نمونه‌های بذری در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد و در شرایط یکسان، مجموعه‌ای از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرتبط با خصوصیات جوانه‌زنی در شرایط

جوانه‌زنی استاندارد در آزمایشگاه بخش اصلاح بذر موسسه تحقیقات برنج کشور- رشت و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات مورفولوژیک مورد بررسی شامل وزن خشک بذر قبل از جوانه‌زنی، وزن خشک بذر بعد از جوانه‌زنی، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه، تعداد گیاهچه نرمال، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه بودند. صفات فیزیولوژیکی مرتبط با جوانه‌زنی شامل سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، D_{05} ، D_{50} و D_{95} (به ترتیب مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۵، ۵۰ و ۹۵ درصد حداکثر خود برسد)، درصد مواد تخلیه شده از بذر، مقدار مواد تخلیه شده از بذر، کارایی مواد تخلیه شده از بذر، شاخص بنیه، شاخص جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی بودند که مورد ارزیابی قرار گرفتند.

خصوصیات جوانه‌زنی بذور با استفاده از آزمون جوانه‌زنی استاندارد در پتری‌دیش‌هایی با قطر ۹ سانتی‌متر بررسی شد (۱۹). در طول آزمایش (۹ روز) هر ۸ ساعت یک‌بار بذور جوانه‌زده، براساس معیار خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر یا بیشتر (۳۶)، شمارش شدند. با استفاده از داده‌های به‌دست آمده، مؤلفه‌های سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و D_{05} ، D_{50} ، D_{95} با استفاده از برنامه Germin (۳۵) محاسبه شدند.

در این برنامه سرعت سبز شدن (برساعت) از طریق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$D_{50} \text{ یعنی مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به } 50 \text{ درصد حداکثر خود برسد. } R_{50}=1/D_{50}$$

همچنین با استفاده از آزمون رشد گیاهچه (۱۹)، تعداد گیاهچه‌های نرمال و اجزای گیاهچه‌ها برآورد شدند که شامل طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)، وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم)، طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)، وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم)، طول گیاهچه (SLL^1) (سانتی‌متر)، وزن خشک گیاهچه ($SLDW^2$) (میلی‌گرم)، و وزن خشک باقیمانده بذرها ($FSDW^3$) بودند. در نهایت، مقدار استفاده از ذخایر بذر ($SRUR^4$) (میلی‌گرم در هر بذر) (۳۸)، کسر ذخایر بذر مصرف شده ($FMOB^5$) (میلی‌گرم

1. Seedling Length
2. Seedling Dry Weight
3. Final Seed Dry Weight
4. Seed reserves usage rate
5. Final Mobility

بر میلی گرم) (۳۸)، کارائی استفاده از ذخایر بذر (SRUE^۱) (میلی گرم بر میلی گرم) (۳۸)، شاخص جوانه زنی (GI^۲) (۳۹)، انرژی جوانه زنی (GE^۳) (۳۰) و شاخص بنیه (VI^۴) (۴۰) محاسبه گردید. آزمون هدایت الکتریکی، به روش فاروغ و همکاران (۲۰۰۵) و با استفاده از دستگاه هدایت سنج مدل LF90 SER-NA31245385 انجام شد و نتایج بر حسب $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ گزارش شد (۱۵).

به منظور برآورد رابطه بین صفات، ابتدا ضرایب همبستگی محاسبه و سپس از رگرسیون گام به گام به منظور تعیین صفاتی که سهم بیشتری در توجیه تنوع بنیه بذر دارند، استفاده شد. در این پژوهش پس از آزمون نرمالیت به روش کالموگراف-اسمیرنوف، تجزیه به عامل ها برای گروه بندی صفات و درک روابط پنهانی بین آن ها به روش مولفه های اصلی انجام گردید. عامل ها به منظور توجیه بهتر به روش وریماکس دوران داده شدند و بر اساس درصد واریانس تجمعی آن تعداد عاملی که بیشتر از ۷۰ درصد تغییرات را توجیه نمودند انتخاب شدند (۲۰). ضرایب عاملی با قدر مطلق بزرگتر از ۰/۵ به عنوان ضریب معنی دار برای هر عامل مستقل در نظر گرفته شد. برای نام گذاری هر یک از عامل ها ابتدا با توجه به ضرایب صفت در هر عامل، صفات مختلف انتخاب و در نهایت با توجه به ماهیت صفات انتخابی، نامی مناسب برای آن عامل انتخاب گردید. به منظور بررسی فاصله ژنتیکی بین ۴۹ ژنوتیپ برنج (جدول ۱)، از تجزیه خوشه ای به روش بهم پیوستگی بین گروهی^۵ و با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی به عنوان معیار فاصله استفاده شد. بدین منظور از نتایج تجزیه به عامل ها و با استفاده از صفات با ضرایب تاثیر بالا در دو عامل اول و دوم استفاده گردید. داده های مورد بررسی از نظر واحد بر مبنای روش رتبه بندی Z استاندارد شد و سپس مورد تجزیه قرار گرفتند. پس از برش نمودار دندوگرام بر اساس دید چشمی، جهت ارزیابی صحت گروه بندی از آزمون تابع تشخیص به روش گام به گام استفاده شد. در این آزمون معنی داری اماره چند متغیره ویلکس-لامیدا به عنوان معیار تائید گروه ها در نظر گرفته شد. تجزیه های آماری شامل تجزیه واریانس با نرم افزار SAS (۳۴) و همبستگی خطی پیرسون، رگرسیون گام به گام، تجزیه به عامل ها و تجزیه خوشه ای با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گردید.

1. Seed reserves usage Efficiency
2. Germination Index
3. Germination Energy
4. Vigour Index
5. Between-groups linkage

جدول ۱- مشخصات ۴۹ ژنوتیپ بومی، اصلاح شده و وارداتی برنج مورد استفاده در بررسی حاضر

Table 1. Characteristics of 49 native, modified and imported rice genotypes used in the study

ردیف	نام ژنوتیپ	جمعیت	برخی خصوصیات زراعی	ردیف	نام ژنوتیپ	جمعیت	برخی خصوصیات زراعی
۱	طارم پا کوتاه	بومی	زودرس-متوسط-کیفیت بالا	۲۶	گیل ۱	اصلاح شده	میان رس - ارتفاع متوسط-کیفیت متوسط
۲	حسن سرابی	بومی	میان رس -پابلند-کیفیت بالا	۲۷	درفک	اصلاح شده	میان رس - ارتفاع متوسط-کیفیت متوسط
۳	هاشمی	بومی	زودرس-پابلند-کیفیت بالا	۲۸	عبداللهی-۴۱۶	اصلاح شده	زودرس - ارتفاع متوسط-کیفیت متوسط
۴	دم سیاه	بومی	زودرس-پابلند-کیفیت بالا	۲۹	عبداللهی-۲۰۳	اصلاح شده	دیررس - ارتفاع متوسط-کیفیت متوسط
۵	غریب	بومی	زودرس - متوسط -کیفیت متوسط	۳۰	IR28	وارداتی*	میان رس-پاکوتاه
۶	حسنی	بومی	زودرس- ارتفاع متوسط-کیفیت خوب	۳۱	IR36	وارداتی	میان رس-پاکوتاه
۷	گرده	بومی	زودرس-پاکوتاه-کیفیت متوسط	۳۲	IR30	وارداتی	دیررس-پاکوتاه
۸	عنبربو ایلام	بومی	دیررس -پابلند-کیفیت مطلوب	۳۳	IR58	وارداتی	میان رس-پاکوتاه
۹	علی کاظمی	بومی	زودرس -پا بلند -کیفیت بالا	۳۴	IRON-70-7953	وارداتی	زودرس-پاکوتاه
۱۰	طارم محلی	بومی	زودرس-پابلند-کیفیت بالا	۳۵	Norin-22	وارداتی	میان رس - پابلند
۱۱	دیلمانی	بومی	زودرس-پابلند-کیفیت بالا	۳۶	Line338	وارداتی	میان رس پابلند
۱۲	سنگ جو	بومی	زودرس - ارتفاع متوسط-کیفیت متوسط	۳۷	Line216	وارداتی	زودرس-پاکوتاه
۱۳	بینام	بومی	زودرس -پابلند-کیفیت بالا	۳۸	DC-Egypt	وارداتی	دیررس- ارتفاع متوسط
۱۴	موسی طارم	بومی	میان رس-پابلند-کیفیت بالا	۳۹	CE-Egypt	وارداتی	دیررس- ارتفاع متوسط
۱۵	عنبربو	بومی	متوسط رس-پابلند-کیفیت مطلوب	۴۰	IR25571-Egypt	وارداتی	دیررس- ارتفاع متوسط
۱۶	صدری دم سفید	بومی	زودرس-پابلند-کیفیت بالا	۴۱	IR74718-24-2-3	وارداتی	میان رس - ارتفاع متوسط
۱۷	صالح	اصلاح شده	میان رس - ارتفاع متوسط -کیفیت پایین	۴۲	IR74719-68-2-3-5	وارداتی	میان رس-پاکوتاه-کیفیت متوسط
۱۸	کادوس	اصلاح شده	میان رس-پاکوتاه-کیفیت متوسط	۴۳	IR74719-145-2-3-3	وارداتی	میان رس-پاکوتاه-کیفیت متوسط
۱۹	خزر	اصلاح شده	میان رس - ارتفاع متوسط-کیفیت متوسط	۴۴	IR71735-6-3-3	وارداتی	دیررس-پاکوتاه-کیفیت متوسط
۲۰	ندا	اصلاح شده	دیررس -متوسط -کیفیت پایین	۴۵	IR70422-95-1-1	وارداتی	میان رس -ارتفاع متوسط-کیفیت متوسط
۲۱	نعمت	اصلاح شده	دیررس- ارتفاع متوسط -کیفیت پایین	۴۶	IR70416-53-2-2	وارداتی	میان رس-پاکوتاه-کیفیت متوسط
۲۲	آمل ۳	اصلاح شده	میان رس-پاکوتاه-کیفیت پایین	۴۷	IR74052-232-1-3	وارداتی	دیررس- ارتفاع متوسط-کیفیت متوسط
۲۳	بچار	اصلاح شده	میان رس-متوسط-کیفیت متوسط	۴۸	IR70416-15-2-2	وارداتی	میان رس - ارتفاع متوسط-کیفیت متوسط
۲۴	گوهر	اصلاح شده	دیررس - ارتفاع کوتاه-کیفیت مطلوب	۴۹	IR70445-5-2-2	وارداتی	میان رس-پابلند-کیفیت متوسط
۲۵	سپیدرود	اصلاح شده	دیررس - ارتفاع کوتاه-کیفیت پایین				

* ارقامی که از طریق موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (IRRI) وارد ایران شده‌اند.

*The genotypes that entered to Iran from the International Rice Research Institute (IRRI).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر رقم برای تمام صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرتبط با بنیه بذر در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول ۲). در شرایط جوانه‌زنی استاندارد تفاوت بین ژنوتیپ‌ها در صفات مورد بررسی می‌تواند نشان‌دهنده وجود تنوع بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی باشد

(۶، ۴۰). در بین صفات مورد ارزیابی صفات طول ساقه‌چه، شاخص بنیه و هدایت الکتریکی دارای بالاترین مقدار ضریب تغییرات بودند. به دلیل اینکه دامنه تغییرات صفات مذکور نیز در ژنوتیپ‌های مورد بررسی وسیع می‌باشد لذا این صفات می‌توانند مورد استفاده به‌نژادگر قرار گیرد (۲۲). ولی صفات شاخص جوانه‌زنی، D_{95} ، D_{50} و تعداد گیاهچه نرمال با ضریب تغییرات پایین از شانس کمتری جهت انتخاب برخوردار بودند (جدول ۲).

جدول ۲- آمار توصیفی و تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مختلف برنج

Table 2 Descriptive statistics and analysis of variance of traits in different rice genotypes

صفات Trait	میانگین Average	انحراف معیار Standard Deviation	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	F جدول تجزیه واریانس F in analysis of variance table	ضریب تغییرات Coefficient of variation
وزن صد دانه (گرم) 100 seed weight (g)	2.538	0.304	1.93	3.599	48.31**	3.08
وزن خشک ده عدد ریشه‌چه (گرم) Dry weight of 10 rootlet (g)	0.008	0.002	0.004	0.017	31.94**	8.95
وزن خشک ده عدد ساقه‌چه (گرم) Dry weight of 10 shootlet (g)	0.023	0.005	0.011	0.035	41.17**	6.22
وزن خشک ده عدد بذر (گرم) Dry weight of 10 seed (g)	0.177	0.028	0.113	0.254	61.14**	3.66
وزن خشک ده عدد گیاهچه (گرم) Dry weight of 10 seedling (g)	0.032	0.007	0.015	0.053	34.28**	6.80
تعداد گیاهچه نرمال (درصد) Number of normal seedling (%)	91.163	6.035	72.979	99.437	16.39**	2.87
طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Length of rootlet (cm)	6.674	1.246	4.435	9.998	13.45**	8.96
طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Length of shootlet (cm)	4.331	0.875	2.766	7.475	9.11**	11.96
طول گیاهچه (سانتی‌متر) Length of seedling (cm)	11.005	1.885	8.032	17.059	10.07**	9.61
سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) Germination rate (per hours)	0.012	0.001	0.009	0.016	44.63**	3.96
یکنواختی جوانه‌زنی (در ساعت) Uniformity of germination (per hours)	33.476	12.185	19.685	64.708	445.55**	3.11
D_{05}	62.096	10.867	41.648	90.766	97.89**	3.18
D_{50}	78.926	10.835	61.875	109.875	358.72**	1.55
D_{95}	104.971	21.839	75.193	157.725	920.07**	1.23
درصد مواد تخلیه شده از بذر Percent of depleted seed reserve	19.019	6.875	2.658	39.34	89.89**	6.81

مقدار مواد تخلیه شده از ده عدد بذر (گرم)	0.041	1.344	0.015	0.08	95.43**	5.98
Amount of depleted 10 seed reserve(g)						
کارایی مواد تخلیه شده از بذر (گرم بر گرم)	0.855	0.322	0.453	1.966	81.84**	7.47
Efficiency of depleted seed reserve (g/g)						
شاخص بنيه	0.143	0.038	0.074	0.258	13.27**	13.03
Vigour index						
هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم)	33.42	11.21	11.72	82.29	12.51**	16.78
Electrical conductivity ($\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$)						
شاخص جوانه زنی	83.926	14.2	58.897	117.134	303.38**	1.75
Germination Index						
انرژی جوانه زنی	0.648	0.279	0.08	0.96	167.43**	5.98
Germination energy						

D_{05} , D_{50} and D_{95} به ترتیب مدت زمانی که طول می کشد تا ۵، ۵۰ و ۹۵ درصد بذرها جوانه برند.

D_{05} , D_{50} and D_{95} are time it takes to reach germination percentage to 5, 50 and 95 percent respectively.

** Significant level of F test at 1% level.

** سطح معنی داری آزمون F در سطح ۱ درصد.

به منظور تصمیم گیری در مورد اهمیت نسبی صفات مورد بررسی و ارزش آنها به عنوان معیارهای انتخاب از تجزیه ضرایب همبستگی استفاده شد (۳). بر اساس نتایج بررسی های سایر محققین (۱۷، ۲۱) و با در نظر گرفتن شاخص بنيه بذر به عنوان مهم ترین صفت در استقرار مطلوب گیاهچه، صفات طول ریشه چه، طول ساقه چه، طول گیاهچه و سرعت جوانه زنی (R_{50}) بیشترین ضریب همبستگی مثبت و معنی دار و صفات D_{50} و شاخص جوانه زنی بیشترین ضریب همبستگی منفی و معنی دار را با شاخص بنيه داشتند (جدول ۳). با توجه به این نتایج به نظر می رسد می توان با اعمال گزینش مثبت برای صفات طول ریشه چه، طول ساقه چه، طول گیاهچه و سرعت جوانه زنی (R_{50}) و گزینش منفی برای صفات D_{50} و شاخص جوانه زنی، غیر مستقیم به گزینش ارقام با بنيه بالا در طول دوره اصلاحی اقدام نمود. مطابق با نتایج حاضر وجود رابطه مثبت و معنی دار بین شاخص بنيه با صفات طول گیاهچه، سرعت جوانه زنی، وزن دانه و وزن خشک گیاهچه توسط سایر محققین گزارش شده است (۶، ۲۸، ۲۹، ۴۰). ژانگ و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی های خود نشان دادند همبستگی بین بنيه بذر با سرعت جوانه زنی، طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه در دماهای مختلف جوانه زنی وجود دارد (۴۰). اکیرا و همکاران (۲۰۱۲) به منظور بررسی صفات کمی کنترل کننده بنيه بذر، با قرار دادن نمونه های بذری در دمای ۲۵ درجه و ارزیابی صفات مورفولوژیکی آنها اظهار نمودند علی رغم همبستگی مثبت

بین وزن دانه و وزن خشک گیاهچه، تفاوت در ارتفاع گیاهچه‌ها دلیل تفاوت در بنیه بذر ژنوتیپ‌های برنج می‌باشد (۶). در بررسی آنها طویل شدن متناسب میانگره‌ها دلیل طول ساقچه بیشتر در ارقام با بنیه بالا بود (۶). در این راستا سایر محققین نقش جیبرلین در جوانه‌زنی و طویل شدن ساقچه را در ارقام با بنیه بالا را مطرح نمودند (۲۶). کیو و همکاران (۲۰۰۲) با ارزیابی مولکولی بنیه بذر و صفات فیزیولوژیکی مرتبط نشان دادند همبستگی معنی‌داری بین بنیه بذر، سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه وجود دارد (۲۸).

جدول ۳- همبستگی بین تعداد گیاهچه نرمال، یکنواختی جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، شاخص بنیه با سایر صفات مورد بررسی.

Table 3. Correlation between the number of normal seedlings, uniformity of germination, germination index, germination energy, vigour index with other traits.

صفات Trait	تعداد گیاهچه نرمال Number of normal seedling (%)	یکنواختی جوانه‌زنی Uniformity of germination	شاخص بنیه Vigour index	شاخص جوانه‌زنی Germination Index	انرژی جوانه‌زنی Germination energy
وزن صد دانه (گرم) 100 seed weight (g)	0.10 ^{ns}	-0.29 ^{**}	0.31 ^{**}	-0.10 ^{ns}	0.15 ^{ns}
وزن خشک ده عدد ریشه‌چه (گرم) Dry weight of 10 rootlet (g)	0.29 ^{**}	-0.23 ^{**}	0.65 ^{**}	-0.33 ^{**}	0.37 ^{**}
وزن خشک ده عدد ساقچه‌چه (گرم) Dry weight of 10 shootlet (g)	0.36 ^{**}	-0.26 ^{**}	0.60 ^{**}	-0.29 ^{**}	0.33 ^{**}
وزن خشک ده عدد بذر (گرم) Dry weight of 10 seed (g)	-0.05 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.08 ^{ns}	-0.07 ^{ns}
وزن خشک ده عدد گیاهچه (گرم) Dry weight of 10 seedling (g)	0.37 ^{**}	-0.27 ^{**}	0.66 ^{**}	-0.33 ^{**}	0.37 ^{**}
تعداد گیاهچه نرمال (درصد) Number of normal (%) seedling	1	-0.36 ^{**}	0.52 ^{**}	-0.53 ^{**}	0.56 ^{**}
طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Length of rootlet (cm)	0.3 ^{**}	-0.35 ^{**}	0.84 ^{**}	-0.41 ^{**}	0.42 ^{**}
طول ساقچه‌چه (سانتی‌متر) Length of shootlet (cm)	0.38 ^{**}	-0.26 ^{**}	0.80 ^{**}	-0.31 ^{**}	0.36 ^{**}
طول گیاهچه (سانتی‌متر) Length of seedling (cm)	0.37 ^{**}	-0.34 ^{**}	0.91 ^{**}	-0.41 ^{**}	0.44 ^{**}
سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) Germination rate (per hours)	0.57 ^{**}	-0.53 ^{**}	0.79 ^{**}	-0.90 ^{**}	0.89 ^{**}
یکنواختی جوانه‌زنی Uniformity of germination	-0.36 ^{**}	1	-0.46 ^{**}	0.66 ^{**}	-0.63 ^{**}
D ₀₅	-0.44 ^{**}	0.44 ^{**}	-0.63 ^{**}	0.90 ^{**}	-0.83 ^{**}
D ₅₀	-0.53 ^{**}	0.59 ^{**}	-0.72 ^{**}	0.96 ^{**}	-0.93 ^{**}
D ₉₅	-0.52 ^{**}	0.88 ^{**}	-0.65 ^{**}	0.89 ^{**}	-0.83 ^{**}

درصد مواد تخلیه شده از بذر Percent of depleted seed reserve	0.25**	-0.18**	0.43**	-0.34**	0.36**
مقدار مواد تخلیه شده از ده عدد بذر (گرم) Amount of depleted 10 seed reserve(g)	0.33**	-0.24**	0.57**	-0.40**	0.45**
کارایی مواد تخلیه شده از بذر (گرم بر گرم) Efficiency of depleted seed reserve (g/g)	0.08 ^{ns}	0.16*	-0.17*	0.20**	-0.23**
شاخص بنیه Vigour index	0.52**	-0.46**	1	-0.70**	0.71**
هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم) Electrical conductivity ($\mu\text{S.cm}^{-1}\text{.g}^{-1}$)	0.09**	0.29**	-0.06 ^{ns}	0.32**	-0.27**
شاخص جوانه زنی Germination Index	-0.53**	0.66**	-0.69**	1	-0.89**
انرژی جوانه زنی Germination energy	0.56**	-0.63**	0.71**	-0.89**	1

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.
ns, * and **: Not significant, Significant at 5% and 1% levels, respectively.

D_{05} , D_{50} and D_{95} به ترتیب مدت زمانی که طول می کشد تا ۵، ۵۰ و ۹۵ درصد بذرها جوانه بزنند.
 D_{05} , D_{50} and D_{95} are time it takes to reach germination percentage to 5, 50 and 95 percent respectively.

برای تعیین سهم اثر تجمعی صفات در تعیین شاخص بنیه، از روش رگرسیون مرحله‌ای (گام به گام) استفاده گردید. طول گیاهچه اولین متغیری بود که به مدل رگرسیون گام به گام وارد شد و حدود ۸۰ درصد تغییرات شاخص بنیه را توجیه نمود. سرعت جوانه زنی (R_{50}) دومین صفت وارد شده به مدل بود که به تنهایی ۱۵ درصد از تغییرات و در مجموع همراه با طول گیاهچه ۹۹ درصد از تغییرات شاخص بنیه را توجیه کرد. سومین و چهارمین متغیر وارد شده به مدل رگرسیونی، D_{50} و وزن خشک ریشه‌چه بودند و همراه با دو صفت فوق‌الذکر ۹۹ درصد از تغییرات شاخص بنیه را توجیه کردند (جدول ۴). با توجه به نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام می‌توان نتیجه گرفت دو صفت طول گیاهچه و سرعت جوانه زنی (R_{50}) مهم‌ترین اجزای تعیین شاخص بنیه هستند.

در بررسی حاضر، تابع نهایی رگرسیون بدست آمده برای شاخص بنیه یک رابطه‌ی خطی مثبت و معنی‌داری بین طول گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی (R_{50})، D_{50} و وزن خشک ریشه‌چه بود، که این تابع ۹۹ درصد تغییرات شاخص بنیه را توجیه نمود (جدول ۴). بنابراین با توجه به این تابع به ازای هر واحد افزایش در هر یک از صفات طول گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی (R_{50}) و وزن خشک ریشه‌چه، مقدار شاخص بنیه به ترتیب ۰/۰۱، ۱۴/۶۹ و ۰/۶۳ درصد افزایش یافت.

جدول ۴- تجزیه رگرسیونی گام به گام بین تعداد گیاهچه نرمال، یکنواختی جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، شاخص بنیه به عنوان متغیرهای وابسته با سایر صفات مورد بررسی.

Table 4. Stepwise regression analysis between the number of normal seedlings, uniformity of germination, germination index, germination energy and vigour index as the dependent variables with other traits.

متغیر وابسته dependent variable	متغیر مستقل independent variable	شماره گام step number	معادله رگرسیونی regression equation	R ²
تعداد گیاهچه نرمال (درصد) Number of normal seedling (NS)	انرژی جوانه‌زنی Germination energy (GE)	1	NS=83.01 +12.57 (GE)	0.33
شاخص جوانه‌زنی Germination Index (GI)	D_{50}	1	GI= -0.10 + 1.06 (D_{50})	0.92
	D_{95}	2	GI= 1.99 + 0.77 (D_{50}) + 0.20 (D_{95})	0.94
انرژی جوانه‌زنی Germination energy (GE)	D_{50}	1	GE= 2.25 - 0.02 (D_{50})	0.87
	یکنواختی جوانه‌زنی Uniformity of germination (GU)	2	GE= 2.22 - 0.01 (D_{50})- 0.02(GU)	0.88
طول گیاهچه Seedling length (SL)		1	VI= -0.05+0.01(SL)	0.80
شاخص بنیه Vigour index (VI)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (R_{50})	2	VI= -0.13+0.01(SL)+9.74(R_{50})	0.95
	D_{50}	3	VI= -0.25+0.01(SL)+14.59(R_{50})+0.007(D_{50})	0.98
	وزن خشک ریشه‌چه dry weight of rootlet (RD)	4	VI = -0.26+0.01(SL)+14.69(R_{50})+0.007(D_{50})+0.63(RD)	0.99

D_{50} ، D_{95} به ترتیب مدت زمانی که طول می‌کشد تا ۵۰ و ۹۵ درصد بذرها جوانه بزنند و R^2 ضریب تبیین.

D_{50} and D_{95} are time it takes to reach germination percentage to 50 and 95 percent respectively and R^2 is coefficient of determination.

مطابق با یافته‌های این مطالعه، سایر محققین نیز سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را به عنوان کلیدهای فنوتیپی در تفاوت بنیه بذر ارقام مختلف دانستند (۸، ۱۶). صبوری (۲۰۱۰) گزارش کرد که ارقام برنج از نظر اغلب صفات جوانه‌زنی مربوط به بنیه بذر، تنوع ژنتیکی بالایی دارند. او نشان داد که بیشترین وراثت‌پذیری عمومی به طول گیاهچه (۸۷ درصد) و وزن گیاهچه (۸۱ درصد) تعلق دارد (۳۱). وانگ و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی‌های خود نشان دادند صفات مربوط به بنیه بذر برنج در طی مرحله جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاهی شامل سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی می‌باشد که مقادیر این صفات در ارقام ایندیکا بیشتر از ارقام ژاپونیکا بود (۱۱). کی همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که سرعت جوانه‌زنی و سرعت رشد گیاهچه در برنج با همدیگر در ارتباط هستند (۱۱).

به منظور تفکیک و تمایز صفات مورد مطالعه در تنوع ژنتیکی، تجزیه به عامل‌ها انجام گردید. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه عاملی بر مبنای تمام صفات مورد بررسی، تعداد ۴ عامل معرفی شدند که در مجموع ۸۳/۸۳ درصد از تنوع موجود را توجیه نمودند (جدول ۵). در بین ۴ عامل شناسایی شده، اولین عامل ۳۷/۵ درصد از تنوع را به خود اختصاص داد که دارای بیشترین ضرایب مثبت برای صفات شاخص جوانه‌زنی (۰/۹۴ درصد)، یکنواختی جوانه‌زنی (۰/۶۵ درصد) و شاخص‌های مربوط به مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی ۵، ۵۰ و ۹۵ درصد بذور (به ترتیب ۰/۹۱، ۰/۹۴، ۰/۸۹ درصد) و بیشترین ضرایب منفی برای صفات سرعت جوانه‌زنی (۰/۹۴- درصد)، انرژی جوانه‌زنی (۰/۸۹- درصد) و شاخص بنیه (۰/۶۵- درصد) می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده عامل اول که بیشتر تحت تاثیر خصوصیات جوانه‌زنی بود به عنوان عامل بنیه جوانه‌زنی نامگذاری شد. عامل دوم ۲۵/۵ درصد از کل تنوع را به خود اختصاص داد و شامل صفات وزن خشک ریشه‌چه (۰/۸۴ درصد)، وزن خشک ساقه‌چه (۰/۹۱ درصد)، وزن خشک گیاهچه (۰/۹۵ درصد) و طول گیاهچه (۰/۸۶ درصد) بود و از این جهت به عنوان عامل بنیه گیاهچه نامگذاری شد. در عامل اصلی سوم صفات درصد مواد تخلیه شده از بذر (۰/۷۵ درصد)، مواد تخلیه شده از بذر (۰/۷۶ درصد) و کارایی مواد تخلیه شده از بذر (۰/۹۶- درصد) قرار داشتند و ۱۰/۶ درصد از تنوع کل را در قالب این عامل به خود اختصاص دادند. در عامل سوم که بیشتر تحت تاثیر ویژگی‌های شیمیایی بذر بود به عنوان عامل فیزیولوژی بذر نامگذاری شد. عامل چهارم ۱۰/۱۲ درصد از کل تنوع را به خود اختصاص داده بود که در این عامل صفات وزن ۱۰۰ دانه (۰/۸۸ درصد) و وزن خشک بذر بعد از جوانه‌زنی (۰/۸۹ درصد) غالب بودند و از این جهت به عنوان عامل وزن بذر نامگذاری شد.

جدول ۵- نتایج تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورد بررسی و مقادیر ویژه در تجزیه به عامل‌ها.

Table 5. The results of Factor analysis for traits and eigen values in factor analysis.

	عامل ۱ (Factor1)	عامل ۲ (Factor2)	عامل ۳ (Factor3)	عامل ۴ (Factor4)
وزن صد دانه (گرم) 100 seed weight (g)	-0.030	0.305	0.002	0.890
وزن خشک ده عدد ریشه‌چه (گرم) Dry weight of 10 rootlet (g)	-0.170	0.841	0.018	0.027
وزن خشک ده عدد ساقه‌چه (گرم) Dry weight of 10 shootlet (g)	-0.112	0.916	0.059	-0.041
وزن خشک ده عدد بذر (گرم) Dry weight of 10 seed (g)	0.084	-0.028	-0.360	0.894
وزن خشک ده عدد گیاهچه (گرم) Dry weight of 10 seedling(g)	-0.141	0.954	0.040	0.021
تعداد گیاهچه نرمال (درصد) Number of normal seedling (%)	-0.569	0.284	-0.039	-0.156
طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Length of rootlet (cm)	-0.295	0.732	0.072	0.230
طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Length of shootlet(cm)	-0.234	0.818	0.155	0.021
طول گیاهچه (سانتی‌متر) Length of seedling(cm)	-0.303	0.864	0.120	0.162
سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) Germination rate (per hours)	-0.944	0.181	0.106	-0.038
یکنواختی جوانه‌زنی (در ساعت) Uniformity of germination (per hours)	0.656	-0.147	-0.192	-0.361
D ₀₅	0.916	-0.164	-0.047	0.069
D ₅₀	0.948	-0.225	-0.110	0.032
D ₉₅	0.891	-0.210	-0.133	-0.157
درصد مواد تخلیه شده از بذر Percent of depleted seed reserve	-0.206	0.405	0.752	-0.445
مقدار مواد تخلیه شده از ده عدد بذر (گرم) Amount of depleted 10 seed reserve(g)	-0.238	0.535	0.762	-0.156
کارایی مواد تخلیه شده از بذر (گرم بر گرم) Efficiency of depleted seed reserve (g/g)	0.137	0.083	-0.960	0.080
شاخص بنیه Vigour index	-0.657	0.685	0.134	0.087
هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم) Electrical conductivity (μS.cm-1.g-1)	0.435	0.162	0.189	-0.435
شاخص جوانه‌زنی Germination Index	0.945	-0.208	-0.101	-0.018

انرژی جوانه‌زنی	-0.896	0.239	0.137	0.029
Germination energy				
مقادیر ویژه	8.36	5.88	2.44	2.32
Higen value				
درصد واریانس نسبی توجیح شده توسط هر عامل	37.52	25.57	10.60	10.12
% Proportional variance explained by each factor				
درصد واریانس تجمعی	37.52	63.10	73.71	83.83
% Cumulative variance				

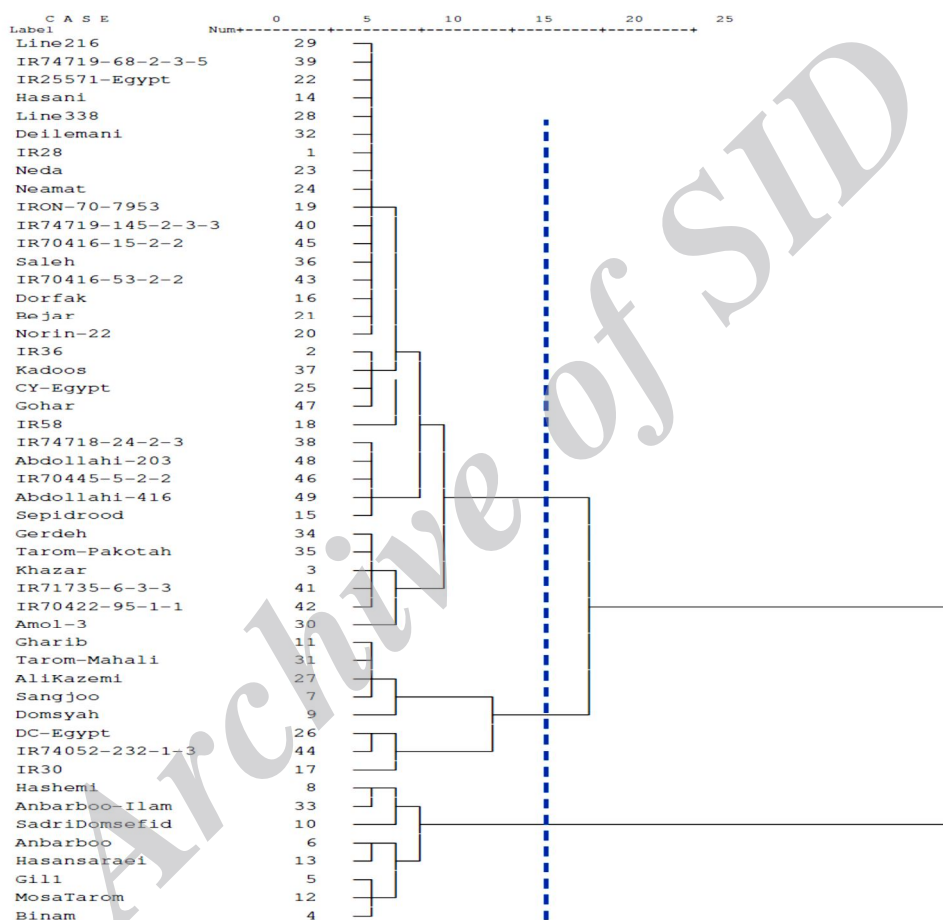
D₀₅, D₅₀ و D₉₅ به ترتیب مدت زمانی که طول می‌کشد تا ۵، ۵۰ و ۹۵ درصد بذرها جوانه بزنند.

D₀₅, D₅₀ and D₉₅ are time it takes to reach germination percentage to 5, 50 and 95 percent respectively.

براساس نتایج تجزیه به عامل‌ها و ارزیابی درصد واریانس نسبی توجیح شده توسط هر عامل (جدول ۵)، دو عامل اول که بیشترین تنوع‌ها را به خود اختصاص دادند به عنوان عامل‌های اصلی در نظر گرفته شدند. این نتایج با یافته‌های آدکویا (۲۰۰۸) مطابق بود که گزارش کرده بودند در سه عامل اصلی، صفات قدرت بذر، قدرت گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، استقرار گیاهچه، انرژی جوانه‌زنی، درصد سبز شدن و عملکرد دانه، منجر به ایجاد تنوع در ۲۴ ژنوتیپ برنج گردید (۲). در بررسی حاضر، پایین بودن درصد واریانس نسبی توجیح شده توسط هر یک از عامل‌های سوم و چهارم ناشی از همبستگی پایین صفات شناسایی شده در آنها با شاخص بنیه بود (جدول ۳). مطابق با نتایج این بررسی، پریچارد و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعات خود نشان دادند که جوانه‌زنی و انتقال مواد ذخیره‌ای هیدرولیز شده به طور مستقل تنظیم می‌شود و همبستگی زیادی با هم ندارند (۲۷). به عبارتی ممکن است بنیه بذر و سرعت جوانه‌زنی بالا در یک رقم مربوط به تسهیم و کده‌بندی نسبت C/N در بذرهای در حال نمو (۸) و یا ژن‌های کنترل کننده تجزیه ذخایر بذر و انتقال مواد تجزیه شده از آندوسپرم به جنین (۷) باشد.

به منظور بررسی فاصله ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های برنج (جدول ۱)، از تجزیه خوشه‌ای استفاده شد. بدین منظور از نتایج تجزیه به عامل‌ها و با استفاده از صفات با ضرایب تاثیر بالا در دو عامل اول و دوم استفاده گردید. برش دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش بین گروهی (شکل ۱)، ارقام برنج را در ۳ خوشه مجزا قرار داد. گروه اول شامل ۳۳ ژنوتیپ که از بین آنها فقط ارقام حسنی، دیلمانی و طارم پاکوتاه جزء ارقام محلی بودند به عبارتی اغلب ارقام موجود در این گروه، ارقام اصلاح شده و وارداتی می‌باشند. از ویژگی‌های گروه اول می‌توان به بالا بودن طول گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه و انرژی جوانه‌زنی اشاره کرد (جدول ۶). ارقام حسنی، دیلمانی و طارم پاکوتاه

که جزء ارقام محلی می‌باشند به واسطه دارا بودن مقادیر بالای این صفات در این گروه قرار داشتند. همچنین، قرار گرفتن ارقام اصلاح شده ایرانی در کنار ارقام وارداتی در این خوشه به این دلیل بود که عموماً ارقام اصلاح شده ایرانی در اثر گزینش ژرم پلاس‌های IRRI و یا دورگ‌گیری بین ارقام بومی و IRRI بوجود آمده‌اند و همین مشابهت ژنتیکی باعث شده که در یک گروه قرار بگیرند.



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای ۴۹ ژنوتیپ بومی، اصلاح شده و وارداتی برنج بر اساس صفات شاخص جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، D_{05} ، D_{50} ، D_{95} ، سرعت جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، شاخص بنیه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه و طول گیاهچه.

Figur 1. Cluster analysis of 49 genotypes of native, modified and imported rice by germination index, germination uniformity, D_{05} , D_{50} , D_{95} , germination rate, germination energy, vigour index, dry weight of rootlet, dry weight of shootlet, dry weight of seedling and seedling length.

جدول ۶- میانگین صفات مورفولوژیکی در گروه‌های مختلف حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های برنج

Table 6. The mean morphological characteristics in different rice genotype groups of cluster analysis.

صفات مورد بررسی trait	گروه ۱ (Group 1)	گروه ۲ (Group 2)	گروه ۳ (Group 3)
وزن خشک ده عدد ریشه‌چه (گرم) Dry weight of 10 rootlet (g)	0.009	0.008	0.007
وزن خشک ده عدد ساقه‌چه (گرم) Dry weight of 10 shootlet (g)	0.024	0.024	0.018
وزن خشک ده عدد گیاهچه (گرم) Dry weight of 10 seedling(g)	0.0335	0.0337	0.025
طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Length of rootlet (cm)	7.066	6.129	5.602
طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Length of shootlet(cm)	4.509	4.451	3.476
طول گیاهچه (سانتی‌متر) Length of seedling(cm)	11.576	10.580	9.079
سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) Germination rate (per hours)	0.013	0.012	0.009
یکنواختی جوانه‌زنی Uniformity of germination	26.244	46.599	50.189
D ₀₅	57.565	62.495	80.388
D ₅₀	72.513	81.907	102.4
D ₉₅	91.811	119.349	144.876
شاخص بنبه Vigour index	0.160	0.131	0.088
شاخص جوانه‌زنی Germination Index	76.244	90.382	108.86
انرژی جوانه‌زنی Germination energy	0.793	0.519	0.175

D₀₅, D₅₀ و D₉₅ به ترتیب مدت زمانی که طول می‌کشد تا ۵، ۵۰ و ۹۵ درصد بذرها جوانه بزنند.

D₀₅, D₅₀ and D₉₅ are time it takes to reach germination percentage to 5, 50 and 95 percent respectively.

گروه دوم شامل ۸ ژنوتیپ بود که به دو زیر گروه ارقام بومی (غریب، طارم محلی، علی کاظمی، سنگ جو و دمسیاه) و ارقام وارداتی (DC-Egypt، IR74052-232-1-3 و IR30) تقسیم می‌شود. گروه سوم شامل ۸ ژنوتیپ می‌باشد که فقط ژنوتیپ گیل ۱ از ارقام اصلاح شده می‌باشد. علت قرارگیری ژنوتیپ گیل ۱ در این گروه که اکثریت آن را ارقام بومی تشکیل می‌دهد به این دلیل است که این ژنوتیپ یک رقم اصلاح شده حاصل از تلاقی رقم بومی (موسی طارم) با یکی از ارقام IRRI (Ansitco) می‌باشد و به دلیل تعدادی از خصوصیات یکسان با ارقام بومی در این گروه قرار گرفته

است. از صفات بارز گروه سوم می‌توان به بالا بودن یکنواختی جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و شاخص‌های نشان دهنده مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی ۵، ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد و پایین بودن مقادیر صفات وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه و سرعت جوانه‌زنی اشاره نمود. با توجه به نتایج تجزیه خوشه و خوشه‌بندی‌های انجام شده می‌توان اظهار نمود ارقام موجود در خوشه اول که بیشتر ارقام اصلاح شده بودند دارای شاخص بینه بالا و ارقام موجود در خوشه سوم که بیشتر ارقام بومی بودند دارای شاخص بینه پایین می‌باشند.

به‌منظور تایید گروه‌بندی از تجزیه تابع تشخیص استفاده شد. در این بررسی دو تابع بدست آمد که در تابع اول به ترتیب صفات سرعت جوانه‌زنی، D5، D10، D95، شاخص بینه بذر، شاخص جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه و در تابع دوم به ترتیب صفات شاخص بینه بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، وزن خشک ساقه‌چه و انرژی جوانه‌زنی دارای بیشترین ضرایب تاثیر بودند. با توجه به توابع بدست آمده و بر اساس ضرایب تاثیر هر صفت در هر تابع، به‌نظر می‌رسد این نتایج ضمن تایید نتایج تجزیه به عامل‌ها بیشترین شباهت را به عامل اول دارد که این عامل به تنهایی ۳۷/۵ درصد از تنوع ژنتیکی بینه بذر برنج را به خود اختصاص داده بود. همچنین در این آزمون نتایج آماره چند متغیره ویلکس-لامبدا به عنوان معیار تایید گروه‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های مختلف از ژنوتیپ‌های برنج وجود دارد (جدول ۷).

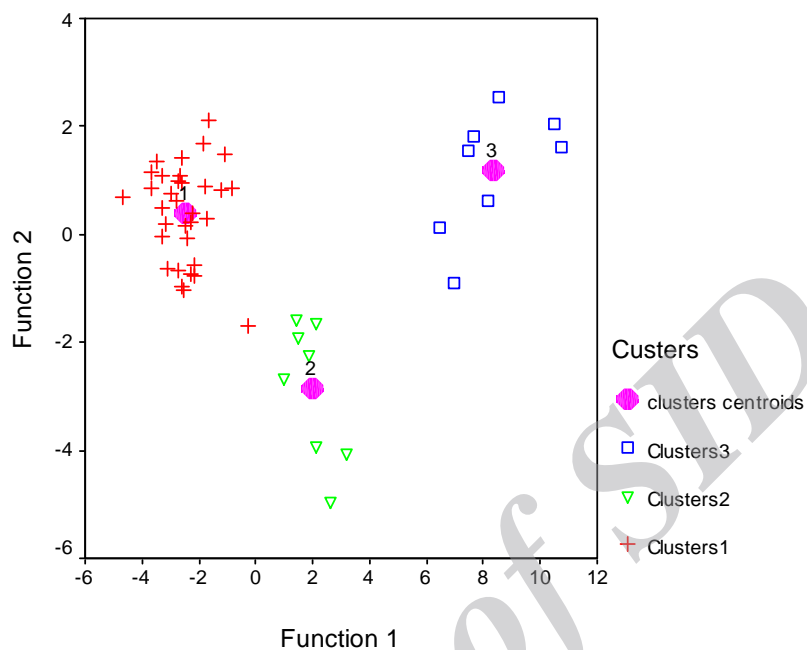
جدول ۷- مقادیر ضریب ویلکس- لامبدا و سطح معنی‌داری برای دو تابع بدست آمده.

Table 7. Wilkes-lambda and significant level for the two functions.

	ضریب ویلکس-لامبدا (Wilkes-lambda)	سطح معنی‌داری (significant level)
First functions تابع اول	0.02	0.000*
Second functions تابع دوم	0.35	0.000*

* Significant at 1% level.

* معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.



شکل ۲- نمودار تابع تشخیص در نقطه برش انتخاب شده در دندوگرام حاصل از تجزیه کلاستر صفات مورد بررسی در ۴۹ ژنوتیپ بومی، اصلاح شده و وارداتی برنج.

Figure 2. The detection function graph in cut-off point selected in Dendrogram of cluster analysis for traits in 49 genotypes of native, modified and imported of rice.

نتیجه گیری کلی

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد صفات طول ریشه چه، طول ساقه چه، طول گیاهچه، وزن خشک ریشه چه و سرعت جوانه زنی (R_{50}) مهم ترین صفات در تعیین بنیه بذر برنج می باشد. بر اساس صفات موثر در تعیین بنیه بذر، تجزیه خوشه ای، ژنوتیپ های مورد مطالعه را در سه گروه ژنوتیپ های بومی، اصلاح شده و وارداتی طبقه بندی نمود. ارقام بومی با دارا بودن کمترین مقادیر و ارقام اصلاح شده و وارداتی با دارا بودن بیشترین مقادیر صفات موثر بر بنیه بذر به ترتیب از شاخص بنیه پایین و بالایی برخوردار بودند.

منابع

1. Adebisi, M.A., Adeniyi, T.A., Ajala, M.O., and Aki Ntobi, D.C. 2008. Varietal differences in seed physiological quality of West African rice varieties after dry heat treatment. *Nigerian Agric. J.* 39: 159-169.
2. Adekoya, M.A. 2008. Evaluation of variation, inter-character correlation and performance of okra (*Abelmoschus es-culentus*). MA Dissertation, University of Agriculture, Abeokuta, 111 p.
3. Agrama, H.A.S. 1996. Sequential path analysis of grain yields its components in maize. *Plant Breed.* 115: 343-346.
4. Agrawal, R.L. 1995. Seed technology. 2th Edition. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Dehli. 842 P.
5. Ajmal, S.U., Minhas, N.M., Hamdani, A., Shakir, A., Zubair, M., and Ahmad, Z. 2013. Multivariate analysis of genetic divergence in wheat (*Triticum aestivum*) germplasm. *Pak. J. Bot.* 45: 1643- 1648.
6. Akira, A., Hiroki, T., Takahiro, F., Koichiro, A., Mikiko, K., Hitoshi, S., Aiko, U., Makoto, M., and Ryohei, T. 2012. *OsGA20ox1*, a candidate gene for a major QTL controlling seedling vigor in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. and Appl. Genetic*, 125: 647–657.
7. Bethke, P.C., Libourel, I.G., Aoyama, N., Chung, Y.Y., Still, D.W., and Jones, R.L., 2007. The Arabidopsis aleurone layer responds to nitric oxide, gibberellin, and abscisic acid and is sufficient and necessary for seed dormancy. *Plant Physiol.* 143:1173-1188.
8. Brocard-Gifford I.M., Lynch, T.J., and Finkelstein, R.R. 2003. Regulatory networks in seeds: integrating developmental, abscisic acid, sugar, and light signaling. *Plant Physiol.* 131: 78–92.
9. Center of Information Technology and Communications Ministry of Jihad-e Agriculture in Iran. 2012. Statics of agriculture (Volume I: crops). 135 p. (In Persian).
10. Cruz, R.P., Milach, S.C.K., and Federizzi, L.C. 2006. Inheritance of rice cold tolerance at the germination stage. *Gen. and Mol. Biology.* 29: 314-320.
11. Cui, K.H., Peng, S.B., Xing, Y.Z., Yu, S.B., and Xu, C.G. 2002. Molecular dissection of relationship between seedling characteristics and seed size in rice (*Oryza sativa* L.). *Acta. Bot. Sin.* 44: 702-707.
12. Dang, X., Thi, T.G., Dong, G., Wang, H., Edzesi, W.M., and Hong, D. 2014. Genetic diversity and association mapping of seed vigor in rice (*Oryza sativa* L.). *Planta.* 239:1309-1319.
13. Di Girolamo, G., and Barbanti, L. 2012. Treatment conditions and biochemical processes influencing seed priming effectiveness. *Ital. J. Agron.* 7: 178-188.
14. Falah Shamsi, S.A. 2012. The effects of water stress on physiological traits, yield and yield component of native and modified rice varities. M.Sc Thesis, University of Guilan. (In Persian).

15. Farooq, M., Basra, S.M.A. and Hafeez, K. 2005. Seed invigoration by osmohardening in indica and japonica rice. *Seed Sci. and Technol.* 33: 623-628.
16. Finch-Savage, W.E., Clay, H.A., Lynn, J.R. and Morris, K. 2010. Towards a genetic understanding of seed vigour in small-seeded crops using natural variation in *Brassica oleracea*. *Plant Sci.* 179: 582–589.
17. Hampton, J.G., and Tekrony, D.M. 1995. Hand book of Vigor Test Methods. The International Seed Testing Association, Zurich. 27 p.
18. Hassibi, P., Moradi, F., and Nabipour, M. 2008. Effect of low temperature on antioxidant mechanisms in sensitive and tolerance (*Oryza sativa* L.) genotypes in seedling stage. *Iranian J. Crop Sci.* 10: 262-280. (In Persian).
19. ISTA, 2009. International Rules for Seed Testing. Annex to Chapter 7 Seed Health Testing. Seed Health Testing Methods. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
20. Johnson, R. and Wichern, D. 2007. Applied multivariate statistical analysis (6th Edition). Pearson Prentice Hall press, 773 p.
21. McDonald, M.B. Floyd, C.D., and Waniska, R.D., 2004. Effect of accelerated aging on maize, Sorghum and sorghum. *J. Cereal Sci.* 39: 351- 301.
22. Mohammadi, M., Ghannadha, M.R. and Taleai, A. 2002. Genetic variation in native lines of wheat bread in Iran by using of multivariate statistical methods. *Seed. Plant.* 18: 328- 347. (In Persian).
23. Montgomery, J., Milner, D.A., Tse, M.T., Njobvu, A., Kayira, K., Dzamalala, C.P., Taylor, T.E., Rogerson, S.J., Craig, A.G. and Molyneux, M.E. 2006. Genetic analysis of circulating and sequestered populations of *Plasmodium falciparum* in fatal paediatric malaria. *J. Infect. Dis.* 194:115– 122.
24. Nair, N.V., Balakrishnan, R., and Screenivasan, T.V. 1998. Variability for quantitative traits in exotic hybrid germplasm of sugarcane. *Gen. Res. Crop Evol.* 45: 459- 464.
25. Okelola, F.S., Adebisi, M.A., Kehinde, O.B., and Oluwole, A.M. 2007. Genotypic and Phenotypic variability for seed vigour traits and seed yield in West African Rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *J. Amer. Sci.* 3: 34- 41.
26. Olszewski, N., Sun, T.P., and Gubler, F. 2002. Gibberellin signaling: biosynthesis, catabolism, and response pathways. *Plant Cell*, 14: 561–580.
27. Pritchard, S.L., Charlton, W.L., Baker, A., and Graham, I.A. 2002. Germination and storage reserve mobilization are regulated independently in Arabidopsis. *Plant J.* 31: 639–647.
28. Qui, J., Fu, Y.B., Bai, Y.G., and Wilmshurst, J.F. 2009. Genetic variation in remnant *Festuca hallii* populations is weakly differentiated, but geographically associated across the Canadian Prairie. *Plant Spec. Biol.* 24: 156–168.
29. Redona, E.D., and Mackill, D.J. 1996. Genetic variation for seedling vigor traits in rice. *Am. Soc. Agro.* 36: 285-290.

30. Ruan, S., Tylkow, Q., and Ska, K. 2002. The influence of priming on germination of rice (*Oryza sativa* L.) seeds and seedling emergence and performance in flooded soils. *Seed Sci. Technol.* 30: 61- 67.
31. Sabouri, H. 2010. Positioning of QTLs for germination characters in rice genotypes using micro markers of satellite under salinity condition. *Iran. J. Biol.* 23: 333-342.
32. Sikder, S., Hasan, M.A. and Hossain, M.S. 2009. Germination characteristics and mobilization of seed reserves in maize varieties as influenced by temperature regimes. *J. Agri. Rural Develop.* 2: 51- 56.
33. Sikuku, P.A., Netondo, G. W., Musyimi, D.M. and Onyango, J.C. 2010. Effects of water deficit on days to maturity and yield of three NERICA rainfed rice varieties. *ARPJ. Agric. Biol. Sci.* 5: 1- 9.
34. Soltani, A. 2007. Application of SAS in statistical analysis, Jahad-e-Daneshgah of Mashhad Press, 182p. (In Persian).
35. Soltani, A., and Maddah, V. 2010. Simple, applied programs for education and research in agronomy. Shahid Beheshti University Press. (In Persian).
36. Soltani, A., Gholipour, M., and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Env. Exp. Bot.* 55: 195- 200.
37. Soltani, A., Zeinali, E., Galeshi, S. and Latifi, N. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea coast of Iran. *Seed Sci. Technol.* 29: 653-662.
38. Soltani, E., Kamkar, B., Galeshi, S. and Akram Ghaderi, F. 2008. The effect of seed deterioration on seed reserves depletion and heterotrophic seedling growth of wheat. *J. Agric. Sci. Nat. Res.* 15: 1-5. (In Persian).
39. Tekrony, D.M. and Eglí, D.B., 1991. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. *Crop Sci.* 31: 816- 822.
40. Zhang, Z.H., Qu, X.S., Wan, S., Chen, L.H. and Zhu, Y.G. 2005. Comparison of QTL Controlling Seedling Vigour under Different Temperature Conditions Using Recombinant Inbred Lines in Rice (*Oryza sativa* L.). *Annals of Bot.* 95: 423- 429.
41. Zhu, S.Y. and Hong, D.L. 2008. Comparison between two hybrid cultivars of indica rice (*Oryza sativa* L.) in seed vigor and biochemical traits after aging. *Chinese J. Eco-Agric.* 16: 396-400.