دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات
سال چهارم/ شماره چهارم/ ۱۳۹۳ (۳۰۷-۲۹۳)

تنوع مورفولوژیک و فیزیکوشیمیایی دانه در ژنوتیپ‌های مختلف برنج با استفاده از تجزیه به عامل‌ها و تجزیه خوشه‌ای

مهرزاد اله‌قلی پور[1*]، عزت‌اله فرشادفر[2] و بابک ربیعی[3]

۱- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه، ۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۱۸- تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۲۰)

چکیده

به منظور مطالعه ساختار مورفولوژیک و فیزیکوشیمیایی دانه و تعیین الگوی هتروتیک ارقام مختلف برنج، ۹۴ ژنوتیپ برنج موجود در کلکسیون موسسه تحقیقات برنج کشور طی دو سال زراعی ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ مورد مطالعه و تعداد ۲۴ صفت مرفولوژیک و فیزیکوشیمیایی دانه برنج مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها برای خصوصیات مورفولوژیک نشان داد که چهار عامل اصلی و مستقل ۷۵/۶۶ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمودند. عامل اول حدود ۲۴/۵ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص داد و به عنوان عامل عملکرد دانه و اجزای آن نامگذاری شد. عامل‌های دوم، سوم و چهارم با دارا بودن ۱۹/۰۲۵، ۱۷/۱۳۴ و ۱۴/۹۶۳ درصد از واریانس کل به ترتیب به عنوان عامل‌های شکل و اندازه دانه، فنولوژی گیاه و پر شدن دانه نامگذاری شدند. تجزیه به عامل‌ها برای خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه نشان داد که سه عامل اصلی و مستقل ۷۶/۱۰ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمودند. عامل اول با دارا بودن ۳۶/۳ درصد از واریانس کل به عنوان عامل کیفیت خوراک و عامل‌های دوم و سوم با اختصاص ۲۱/۲ و ۱۸/۶ درصد از واریانس کل به ترتیب به عنوان عامل کیفیت پخت و فرآیند تبدیل نامگذاری شدند. تجزیه خوشه‌ای با روش دورترین همسایه‌ها و فاصله اقلیدسی منجر به گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف برنج در نه گروه متفاوت با احتمال صحت ۹۲/۶ درصد شد. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند برای انتخاب هدفمند والدین مناسب از گروه‌های مختلف به منظور تولید رقم‌های جدید در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: برنج، تجزیه به عامل‌ها، تجزیه تابع تشخیص، تجزیه خوشه‌ای، تنوع مورفولوژیک

* نویسنده مسئول: alahgholipour@yahoo.com

مقدمه

یکی از پی آمدهای اجتناب ناپذیر کشاورزی مدرن که مبتنی بر استفاده از واریته‌های اصلاح شده با حداکثر عملکرد و کیفیت قابل قبول است، کاهش تنوع ذخائر ژنتیکی بوده است. اگر چه تخمین کاهش تنوع ژنتیکی مشکل و یا غیرممکن است، اما در این که تعداد بسیاری از ژن‌های مفید از دست رفته‌اند و ذخائر ژنتیکی با سرعت فزاینده‌ای کاهش یافته‌اند تردیدی وجود ندارد. بنابراین امروزه آگاهی از تنوع ژنتیکی و مدیریت منابع ژنتیکی به عنوان اجزای مهم پروژه‌های اصلاح نباتات تلقی می‌گردد (Rahimi *et al*., 2010). یکنواختی ژنتیکی در ارقام جدید اصلاح شده برنج، زنگ خطری است که زراعت برنج را در مقابل اپیدمی بیماری‌ها و آلودگی ناشی از آفات تهدید می‌کند. همچنین، انتخاب لاین‌های زودرس با پتانسیل عملکرد بالا در فعالیت‌های اصلاحی توسط انسان از جمله تهدیدهایی است که باعث کاهش تنوع ژنتیکی در برنج گردیده است (Lisa *et al*., 2011). با معرفی ارقام پرمحصول با زمینه ژنتیکی یکسان و مشابه توسط اصلاح گران و کشت این ارقام در مزارع کشاورزان به تدریج منجر به حذف ارقام محلی با دارا بودن تنوع ژنتیکی بالا خواهد شد. به عبارت دیگر شرایط لازم برای بروز آسیب پذیری ژنتیکی در گیاه برنج به مرور زمان آماده می‌گردد. بنابراین جمع‌آوری، نگهداری، مدیریت و ارزیابی تنوع ژنتیکی و مورفولوژی در ارقام مختلف برنج، مخصوصا ارقام محلی و بومی هر منطقه، امری بسیار ضروری و با ارزش می‌باشد (Ram *et al*., 2007). ارقام محلی ضمن برخورداری از سازگاری وسیع در شرایط مختلف محیطی، به عنوان یک منبع با ارزش در ایجاد جمعیت‌های اصلاحی به حساب می‌آیند. بنابراین لازم و ضروری است که به منظور حفظ تنوع ژنتیکی لازم، استمرار معرفی ارقام جدید با دارا بودن زمینه ژنتیکی متفاوت و جلوگیری از خسارت‌های غیرقابل پیش‌بینی ناشی از یکنواختی ارقام اصلاحی، ارقام و لاین‌های موجود از نظر خصوصیات مهم مورفولوژی و فیزیکوشیمیایی دانه مورد بررسی و ارزیابی دقیقی قرار گرفته و بدین ترتیب، ضمن شناسایی صفات و چگونگی ارتباط آنها، ارقام و لاین‌های والدینی هتروتیک برای اهداف اصلاحی متفاوت شناسایی گردند تا در زمان‌های مناسب مورد استفاده کاربردی قرار گیرند (Tabakhkar *et al*., 2012). برای مطالعه تنوع و ارتباط بین خصوصیات مهم زراعی در ارقام مختلف برنج تکنیک‌های زیادی مثل استفاده از آیزوزایم‌ها، پروتئین‌های ذخیره‌ای دانه و مارکرهای مولکولی اختصاصی همبسته با صفات وجود دارد، اما استفاده از خصوصیات مورفولوژی با تمام محدودیت‌های خود مثل سطح پائین چندشکلی، توارث پذیری پائین و تحت تاثیر عوامل محیطی بودن، جزء اولین اقداماتی است که برای ارزیابی ژرم‌پلاسم و طبقه‌بندی آن در هر گونه گیاهی انجام می‌شود (Smith *et al*., 1991; Smith and Smith, 1992). در هر برنامه اصلاحی برای رسیدن به لاین یا لاین‌های جدید، خصوصیات زراعی متعددی توسط اصلاح‌گران ارزیابی می‌گردد که ممکن است تعدادی از آنها در مدیریت، نگهداری و ارزیابی ژرم‌پلاسم دارای قدرت ممیزی بالایی نباشند. در چنین مواردی استفاده از روش‌های آماری چند متغیره مثل تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مولفه‌های اصلی می‌تواند برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و کاهش متغیرهای اولیه به چند عامل یا فاکتور مستقل از یکدیگر در ارزیابی ژرم‌پلاسم و کلکسیون موجود مفید و موثر باشد (Amy and Pritts, 1991; Adams, 1995; Raychaudhuri *et al*., 2000). در برنج، معرفی رقم جدید فرآیند پیوسته‌ای است و موفقیت و کامیابی در این مسیر بستگی به ارزیابی دقیق ژرم‌پلاسم و شناخت خصوصیات مهم مورفولوژی و فیزیکوشیمیایی دانه از نظر چگونگی توارث و ارتباط صفات با یکدیگر دارد. در واقع جهت دسترسی به ارقام جدید با دارا بودن عملکرد و کیفیت پخت قابل قبول، مقاوم به آفات و بیماری‌ها و داشتن عکس العمل مناسب به کودهای شیمیایی بستگی به گیاهان مناسب و منتخب در برنامه اصلاحی برنج دارد که این امر در وهله اول وابسته به وجود تنوع ژنتیکی بالا در ژرم‌پلاسم و ارزیابی دقیق آن می‌باشد (Krichen *et al*., Acquaah, 2007; 2012). هین و همکاران (Hien *et al*., 2007) با مطالعه ۲۲ صفت مورفولوژی، ۳۶ رقم آروماتیک برنج با منشاء

جغرافیایی مختلف را با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش دورترین همسایه‌ها و فاصله اقلیدسی در پنج گروه متفاوت طبقه‌بندی کردند. آنان اعلام نمودند که با وجود محدودیت در برآورد تنوع ژنتیکی کل از نظر خصوصیات مورفولوژی، استفاده از این صفات در ارزیابی اولیه ژرم‌پلاسم و تهیه جمعیت‌های اصلاحی جهت دستیابی به ارقام معطر و خوش کیفیت برنج مفید و موثر می‌باشد. لاسالیتا-ژاپیکو (Lasalita-Zapico *et al*., 2010) با بررسی تنوع مورفولوژی، ۳۲ رقم برنج آپلند جمع‌آوری شده از استان‌های مختلف در کشور فیلیپین را با استفاده از تجزیه کلاستر در چهار گروه مشخص و غیرمشابه طبقه‌بندی نمودند، به طوری که هر گروه از نظر یکسری از صفات مورفولوژی برجسته بود. آنها ضمن تائید گروه‌ها به کمک تجزیه به مولفه های اصلی، اعلام نمودند که دو مولفه اصلی اول ۸۲/۷ درصد از تغییرات کل را توضیح می‌دهد. برای نگهداری و استفاده موثر از منابع ژنتیکی، درک و استنباط واضح و دقیقی از تنوع ژنتیکی و ارتباط بین ارقام مختلف ضروری است. تنوع ژنتیکی موجود در ژرم‌پلاسم، منبع تنوع و پراکندگی به حساب می‌آید که به عنوان مواد خام در کارهای اصلاحی به شمار می‌آیند. اطلاع دقیق از طبیعت و درجه تنوع ژنتیکی والدین، شرط لازم برای انجام یک برنامه اصلاحی موثر و مفید می‌باشد. بهره‌برداری از والدین متقابل در دورگ‌گیری و برنامه هیبریداسیون باعث افزایش شانس برای استفاده از هتروزیس شده و همچنین باعث ایجاد طیف وسیعی از تنوع در نسل‌های در حال تفکیک می‌گردد که شانس انتخاب لاین‌های مناسب بالا می رود (Tu *et al*., 2007). بنابراین هدف از این بررسی، شناسایی و طبقه‌بندی مطلوب ژنوتیپ‌های برنج بر اساس خصوصیات مورفولوژیک و فیزیکوشیمیایی دانه جهت شناسایی ارقام والدینی مناسب برای تولید ارقام جدید در برنامه‌های اصلاحی آینده بود.

مواد و روش ها

به منظور مطالعه تنوع مورفولوژی، طبقه‌بندی و تعیین گروه‌های هتروتیک ارقام مختلف برنج، تعداد ۹۴ رقم سازگار با شرایط محیطی استان گیلان، شامل ۲۳ لاین از ارقام بومی، ۵۶ لاین اصلاح شده و ۱۵ رقم وارداتی و خارجی موجود در کلکسیون موسسه تحقیقات برنج کشور انتخاب و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار طی دو سال زراعی ۹۱-۹۰ بررسی شدند. مساحت هر کرت ۶ مترمربع بود و بوته‌ها به فواصل ۲۵ سانتی‌متر بین ردیف و ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف به صورت تک نشاء کشت شدند. خزانه گیری در فروردین و نشاءکاری در اردیبهشت ماه در مرحله ۵-۴ برگی صورت گرفت. کلیه عملیات زراعی از قبیل آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز، مبارزه با آفات و کودپاشی مطابق روش‌های معمول انجام شد. در طول دوره رشد در زمان‌های مناسب طبق دستورالعمل ثبت مشخصات، خصوصیات مهم زراعی شامل عملکرد دانه (تن در هکتار)، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول خوشه (سانتی‌متر)، تعداد خوشه در بوته، طول و عرض دانه (میلی‌متر)، تعداد دانه پر در خوشه، وزن صد دانه (گرم)، تعداد روز از کاشت بذر تا ۵۰ درصد گلدهی و کیفیت پخت دانه شامل میزان آمیلوز (درصد)، دمای ژلاتینی شدن (درجه سانتی گراد)، قوام ژل (درصد) و خصوصیات چسبندگی نشاسته شامل حداکثر چسبندگی، فروریختگی، چسبندگی نهائی و پس روی چسبندگی بر حسب واحد RVU مورد مطالعه قرار گرفتند (AACC, 1995). برای اندازه‌گیری عملکرد دانه تعداد ۶۰ بوته از متن هر کرت با حذف یک خط حاشیه برداشت و پس از توزین با رطوبت ۱۴ درصد در محاسبات آماری استفاده شد. کلیه ارزیابی‌ها بر روی ۱۰ بوته در هر کرت که به طور تصادفی انتخاب گردیدند انجام شد. قبل از ارزیابی، بوته‌های خارج از تیپ حذف، سپس میانگین مشاهدات در هر کرت جهت انجام تجزیه‌های آماری مورد استفاده قرار گرفتند. از میانگین داده‌های حاصل از ارزیابی مورفولوژی ارقام طی دو سال زراعی برای انجام تجزیه خوشه‌ای به روش دورترین همسایه‌ها با برآورد فاصله اقلیدسی بین افراد برای شناسایی و تعیین گروه‌های غیرخویشاوند بر اساس داده‌های استاندارد شده و از تجزیه به عامل‌ها با روش تجزیه به مولفه‌های اصلی و چرخش وریماکس برای کاهش متغیرهای اولیه به دو یا چند عامل مستقل از هم

استفاده گردید (Rincon *et al*., 1996). در هر عامل اصلی و مستقل ضرایب عاملی ۰/۵ به بالا معنی‌دار در نظر گرفته شدند. بزرگترین ضریب عاملی در هر عامل یا مجموعی از صفات معنی‌دار که در یک عامل از نظر خصوصیات مورفولوژی و فیزیکوشیمیائی دانه متمایز و مهم بودند برای نامگذاری عامل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. علامت ضریب عاملی مشخص کننده رابطه خطی آن با صفات در هر عامل اصلی است. برای تهیه ماتریس ضرایب عاملی، آن تعداد از عامل‌ها که ریشه مشخصه آن‌ها بزرگتر از یک بود انتخاب شدند. برای تعیین واقعی گروه‌ها و تائید گروه‌بندی از تجزیه تابع تشخیص به روش گام به گام استفاده شد (Jobson, 1992). کلیه محاسبه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای NTSYS-pc ver. 2.02 (Rohlf, 2000) و SPSS ver. 19 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها برای خصوصیات مورفولوژی مورد بررسی نشان داد که ۴ عامل اصلی و مستقل ۷۵/۶۶ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمودند (جدول ۱). میزان اشتراک اکثر صفات بالا بوده که این امر نشان می‌دهد که تعداد فاکتور مورد انتخاب مناسب و عامل‌های منتخب توانسته‌اند تغییرات صفات را به نحو مطلوبی توجیه نمایند. بالا بودن میزان (۰/۶۳۱) KMO نیز بیانگر مطلوبیت تجزیه عاملی برای این خصوصیات می‌باشد. عامل اول با مقدار ویژه بالا (۳/۶۸۰) ۲۴/۵ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص داده است و شامل صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد خوشه، طول آخرین میانگره و تعداد دانه پر می‌باشد. در این عامل، علامت ضریب عاملی برای خصوصیات عملکرد دانه، تعداد خوشه و تعداد دانه پر منفی و برای ارتفاع بوته، طول خوشه و طول آخرین میانگره مثبت می‌باشد. در واقع مشابه بودن علامت ضرایب عاملی نشان دهنده تاثیر صفات در یک جهت می‌باشد. به عبارت دیگر ارقامی که دارای تعداد خوشه و دانه پر بیشتری هستند از عملکرد بالایی برخوردار می‌باشند. همچنین مثبت بودن ضریب عاملی سه خصوصیت دیگر بیانگر آن است که ارقامی که از ارتفاع بوته بالایی برخوردار هستند دارای خوشه و میانگره بلندتری می‌باشند. اما به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که ارقام با عملکرد بالا دارای ارتفاع بوته، طول خوشه و میانگره کوتاه‌تری نسبت به ارقام کم محصول می‌باشند. نمونه بارز این امر، وجود ارقام محلی با عملکرد پایین، تعداد خوشه و تعداد دانه پر کمتر ولی پابلند و دارای طول خوشه و میانگره زیاد می‌باشند. خصوصیات تشکیل دهنده عامل اول دارای همبستگی بالایی با یکدیگر بوده و مستقل از صفات تشکیل دهنده سه عامل دیگر هستند. این عامل به دلیل بالا بودن میزان اشتراک صفت عملکرد به عنوان عامل عملکرد دانه و اجزای آن نامگذاری گردید. میزان همبستگی ساده بین عملکرد دانه با تعداد خوشه (۰/۴۷۳) و تعداد دانه پر (۰/۸۸۳) مثبت و بسیار معنی‌دار است، در حالی که با ارتفاع بوته (۰/۵۶۱-)، طول خوشه (۰/۲۶۸-) و طول آخرین میانگره (۰/۴۱۷-) منفی و بسیار معنی‌دار است. همچنین همبستگی بین ارتفاع بوته با طول خوشه (۰/۶۱۱) و طول آخرین میانگره (۰/۷۹۳) مثبت و بسیار معنی‌دار می‌باشد (جدول همبستگی ارایه نشده است). الهقلی‌پور و محمدصالحی (Allahgholipour and Mohammad Salehi, 2003) با بررسی ۲۰ صفت مورفولوژی شامل عملکرد و اجزای آن در ۱۰۰ رقم از ارقام بومی و اصلاح شده ایرانی گزارش نمودند که بین عملکرد دانه با صفاتی مثل تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد خوشه و تعداد دانه پر همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. آنها با گروه‌بندی خصوصیات مورفولوژی با استفاده از تجزیه به عامل‌ها اعلام نمودند که ۶ عامل اصلی و مستقل ۸۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کند. طول، عرض و شکل دانه از خصوصیات تشکیل دهنده عامل دوم با دارا بودن مقدار ویژه ۲/۸۵۴ بودند. این عامل ۱۹/۰۲۵ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌نماید و با دارا بودن میزان اشتراک خیلی بالای شکل دانه (۰/۹۸۲) به عنوان شکل و اندازه دانه معرفی می‌شود. طول و شکل دانه (نسبت طول به عرض دانه) دارای ضرایب عاملی مثبت بوده در حالی که عرض دانه ضریب عاملی منفی داشته و به عبارتی نقش صفات دارای ضرایب عاملی مثبت را در این عامل خنثی کرده و رابطه خطی معکوس با آن‌ها دارد. زینعلی نژاد (Zinalinejad, 1999) با استفاده از تجزیه به عامل‌ها به روش حداکثر درست‌نمائی و با استفاده از میانگین۱۳ صفت برروی ژنوتیپ‌های برنج

گزارش نمود که سه عامل پنهانی در مجموع ۹۰ درصد از تنوع کل را توجیه می‌کند که سهم عامل اول (پرشدن دانه)، عامل دوم (ارتفاع و استحکام گیاه) و عامل سوم (شکل دانه) به ترتیب ۴۴، ۲۴ و ۲۱ درصد بود. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین طول و شکل دانه (۰/۸۹۲) و همبستگی منفی و معنی‌دار بین عرض دانه با طول دانه (۰/۶۵۵-) و شکل دانه (۰/۹۱۲-) نیز مبین همین نکته می‌باشد. عامل سوم با دارا بودن ۱۷/۱۳۴ درصد از واریانس کل و مقدار ویژه ۲/۵۷۰، عامل مربوط به خصوصیات فنولوژی گیاه نامگذاری گردید. در این عامل صفات تعداد روز تا زمان خوشه‌دهی و ۵۰ درصد گلدهی به همراه تعداد خوشچه قرار گرفتند. سه صفت مذکور دارای ضریب عاملی مثبت و معنی‌داری می‌باشند. وجود همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار بین صفات مذکور دلیلی بر قرار گرفتن آنها در یک عامل مستقل می‌باشد. عامل چهارم با اختصاص دادن ۱۴/۹۶۳ از واریانس کل به عنوان عامل پر شدن دانه در نظر گرفته شد. این عامل با مقدار ویژه ۲/۲۴۵ شامل صفات طول و عرض برگ پرچم به عنوان منابع تامین کننده مواد غذائی و وزن صد دانه به عنوان نتیجه انتقال مواد غذائی از برگ به دانه با ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار بود. بررسی ضرایب همبستگی نیز نشان می‌دهد که بین صفات تشکیل دهنده عامل چهارم همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری وجود دارد که می‌تواند دلیل استقرار آنها در یک عامل جداگانه باشد.

جدول ۱ - نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها برای خصوصیات مورفولوژی در ژنوتیپ‌های برنج

Table 1. Results of factor analysis for morphology traits in rice genotypes

Characters	صفات	عامل ۱ Factor 1	عامل ۲ Factor 2	عامل ۳ Factor 3	عامل ۴ Factor 4	واریانس مشترک Communality
Grain yield	عملکرد دانه	-0.827*	0.063	0.106	0.292	0.784
Plant height	ارتفاع بوته	0.861*	0.006	0.020	0.161	0.768
Panicle length	طول خوشه	0.628*	0.333	0.215	0.424	0.732
Panicle number	تعداد خوشه	-0.699*	0.202	0.268	-0.290	0.685
Grain length	طول دانه	0.023	0.891*	-0.097	0.220	0.852
Grain width	عرض دانه	0.058	-0.914*	-0.123	0.199	0.894
Grain shape	شکل دانه	-0.046	0.989*	0.032	0.023	0.982
Flag leaf length	طول برگ پرچم	0.393	0.182	-0.182	0.681*	0.684
Flag leaf width	عرض برگ پرچم	-0.040	0.087	0.217	0.678*	0.516
Last internode length	طول آخرین میانگره	0.777*	-0.088	0.074	0.288	0.700
Filling Grain Number	تعداد دانه پر	-0.773*	-0.001	0.100	0.334	0.719
100-gGrain weight	وزن صد دانه	0.000	-0.201	-0.259	0.680*	0.571
Days to heading	روز تا خوشه دهی	-0.032	0.018	0.931*	0.0153	0.892
Days to 50% flowering	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	-0.079	0.033	0.932*	-0.144	0.897
Spikelet number	تعداد خوشچه	-0.022	0.000	0.718*	0.397	0.674
Eigen values	مقادیر ویژه	3.680	2.854	2.570	2.245	
Variance	واریانس	24.533	19.025	17.134	14.963	KMO = 0.631**
Cumulative variance	واریانس تجمعی	24.533	43.558	60.692	75.655	

*: ضرایب عاملی معنی‌دار. *: Significant factor coefficients.

**: ضریب KMO مطلوبیت تجزیه عاملی را نشان می‌دهد. **: KMO coefficient show Kaiser-Meyer-Olkin of sampling adequacy.

نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها برای خصوصیات فیزیکوشیمیائی دانه در ارقام مختلف برنج نشان داد که ۳ عامل اصلی و مستقل ۷۶/۱۰ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمودند. برآورد میزان KMO بالای ۰/۵ نیز بیانگر مطلوبیت نسبی تجزیه عاملی برای این خصوصیات می‌باشد (جدول ۲). عامل اول با مقدار ویژه بالا (۳/۲۶۶) حدود ۳۶/۳ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص داده است و شامل صفات میزان آمیلوز، حداکثر

چسبندگی، چسبندگی نهایی و پس‌روی چسبندگی با ضریب عاملی مثبت و قوام ژل با ضریب عاملی منفی می‌باشد. عامل اول به علت در بر گرفتن اکثر صفات تعیین کننده کیفیت پخت و بالا بودن میزان اشتراک آنها به عنوان عامل کیفیت خوراک نامگذاری می شود. بیشتر خصوصیات مربوط به کیفیت پخت و خوراک برنج به دلیل وجود اثر متقابل بین آنها به دو گروه تقسیم می شوند. گروه اول شامل میزان آمیلوز، قوام ژل و اغلب خصوصیات چسبندگی نشاسته به عنوان خصوصیات تعیین کننده کیفیت خوراک و گروه دوم شامل دمای ژلاتینی شدن، دمای چسبندگی و مدت زمان لازم برای رسیدن به حداکثر چسبندگی به عنوان خصوصیات تعیین کننده کیفیت پخت می باشند (Wang *et al*., 2007). بررسی ضرایب همبستگی بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه برنج نیز نشان داد که میزان آمیلوز دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با حداکثر چسبندگی (۰/۸۷۳)، چسبندگی نهایی (۰/۹۵۳) و پس‌روی چسبندگی (۰/۷۲۹) و همبستگی منفی و معنی‌داری با قوام ژل (۰/۳۶۵-) می‌باشد (جدول همبستگی ارایه نشده است). از طرف دیگر قوام ژل با حداکثر چسبندگی (۰/۳۳۴-)، چسبندگی نهایی (۰/۳۴۵-) و پس‌روی چسبندگی (۰/۲۳۱-) دارای همبستگی منفی و معنی‌داری می‌باشد. وجود چنین روابطی بین پارامترهای تعیین کننده کیفیت پخت در برنج باعث شده است که پارامترهای چسبندگی، قوام ژل و میزان آمیلوز با ضرایب عاملی معنی‌دار در یک عامل قرار گیرند. از آنجایی که اندازه‌گیری میزان آمیلوز و قوام ژل در فرآیندی وقت‌گیر و پرهزینه انجام می‌شود، با اطلاع از این روابط معنی‌دار و منطقی بین این خصوصیات مهم می‌توان با اندازه‌گیری خصوصیات چسبندگی که در زمان کوتاه‌تری (۱۲ دقیقه) نیز قابل انجام است، نسبت به شناسایی ارقام برتر در جمعیت‌های اصلاحی اقدام نمود.

میزان آمیلوز به عنوان یکی از اجزای اصلی و تعیین کننده کیفیت پخت در ارقام مختلف برنج به شمار می‌آید و دارای ارتباط تنگاتنگی با اکثر خصوصیات چسبندگی نشاسته دانه برنج می‌باشد (Allahgholipour *et al*., 2010). به عبارت دیگر هرچه میزان آمیلوز در نشاسته دانه برنج بیشتر باشد، میزان پارامترهای چسبندگی مخصوصا چسبندگی نهائی و حداکثر چسبندگی هم بیشتر می‌گردد و دانه‌ها پس از پخت خشک و سفت می‌شوند، در مقابل در صورت کم بودن میزان آمیلوز، حداکثر چسبندگی و چسبندگی نهایی نیز به حداقل مقدار خود رسیده و دانه ها پس از پخت نرم و چسبنده می‌شوند. نرم ماندن دانه‌ها پس از پخت فاکتور مهم دیگری است که به وسیله اندازه‌گیری قوام ژل مشخص و با میزان آمیلوز رابطه عکس دارد (Allahgholipour *et al*., 2006). عامل دوم با اختصاص ۲۱/۲ درصد از واریانس کل و مقدار ویژه ۱/۹۰۷ شامل دو صفت دمای ژلاتینی شدن و فروریختگی (از دیگر خصوصیات چسبندگی نشاسته) به عنوان عامل کیفیت پخت نامگذاری می‌گردد. صفت فروریختگی با ضریب عاملی منفی و معنی‌دار نقش دمای ژلاتینی شدن با ضریب عاملی مثبت و معنی‌دار را در این عامل خنثی نموده و رابطه عکس با آن دارد. وجود همبستگی منفی و معنی‌دار (۰/۵۰۵-) بین این دو صفت مبین این نکته می‌باشد. عامل سوم با دارا بودن ۱۸/۶ درصد از واریانس کل، عامل مربوط به فرآیند تبدیل نامیده شد. در این عامل دو صفت شامل میزان برنج سفید با ضریب عاملی منفی و معنی‌دار و میزان برنج خرد با ضریب عاملی مثبت و معنی‌دار قرار گرفتند. دو صفت مذکور دارای رابطه عکس بوده که با افزایش یکی از آنها، صفت دیگری کاهش می‌یابد. بررسی ضریب همبستگی هم بیانگر آن بود که بین این دو صفت مرتبط با تبدیل شلتوک به برنج سفید رابطه منفی و معنی‌داری وجود دارد.

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش دورترین همسایه‌ها با برآورد فاصله اقلیدسی با دامنه ۳۲۶/۳۰-۱۳/۸۱ نشان داد که ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف برنج در ۹ گروه متفاوت با خصوصیات بین گروهی غیر مشابه و درون گروهی مشابه طبقه‌بندی شدند (شکل ۱). میزان ضریب همبستگی کوفنیتیک بین ماتریس فاصله اقلیدسی و ماتریس خروجی حاصل از دندروگرام به دست آمده از تجزیه خوشه‌ای برابر با ۰/۸۷ بود که بیانگر گروه‌بندی قابل قبول ارقام از نظر خصوصیات مورفولوژی می‌باشد. گروه اول شامل ۹ رقم به اسامی سنگ جو، غریب سیاه ریحانی، حسنی، قشنگه، هاشمی و لاین خالص RI184376 (سالاری× صالح) و ۳ رقم خارجی شامل تایچونگ، فوجی مینوری و لاین ۴۴ بود. ارقام موجود در گروه اول با دارا بودن ارتفاع بوته (۱۳۰/۴۰ سانتی‌متر)، طول بلند و عرض کم برگ پرچم با میانگین کل اختلاف

معنی‌دار نداشته و جزء ارقام نیمه پابلند با برگ‌های خمیده به حساب می‌آیند. ارقام تشکیل‌دهنده این گروه دانه متوسط و آمیلوز پایین بوده و طول رشد کمتری دارند و از نظر این خصوصیات با میانگین کل دارای اختلاف معنی‌دار هستند. میزان حداکثر چسبندگی و چسبندگی نهایی ارقام این گروه پایین بود که ناشی از کم بودن میزان آمیلوز آنها است (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۲ - نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها برای خصوصیات فیزیکوشیمیایی در ژنوتیپ‌های برنج

Table 2. Results of factor analysis for physic-chemical traits in rice genotypes

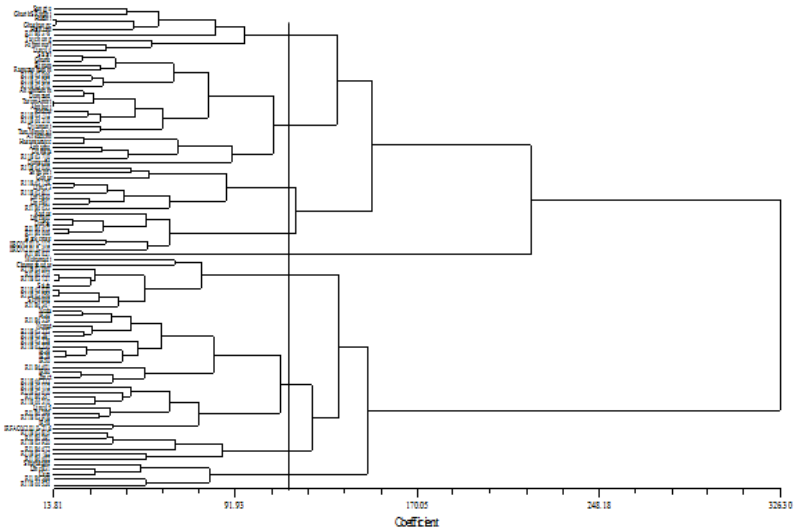
Characters	صفات	عامل ۱ Factor 1	عامل ۲ Factor 2	عامل ۳ Factor 3	واریانس مشترک Communality
Amylose content	میزان آمیلوز	0.841*	0.463	0.131	0.939
Gelatinization of temperature	دمای ژلاتینی شدن	0.091	0.872*	0.124	0.785
Gel consistency	قوام ژل	-0.581*	0.132	-0.050	0.357
Peak viscosity	حداکثر چسبندگی	0.848*	0.252	0.153	0.807
Breakdown viscosity	فروریختگی	-0.251	-0.788*	0.124	0.699
Final viscosity	چسبندگی نهایی	0.872*	0.450	0.097	0.974
Setback viscosity	پس روی چسبندگی	0.795*	0.158	0.117	0.670
Head rice recovery	میزان برنج سالم	-0.166	0.022	-0.874*	0.792
Broken rice	میزان برنج خرد	0.094	0.046	0.903*	0.826
Eigen values	مقادیر ویژه	3.266	1.907	1.676	
Variance	واریانس	36.255	21.189	18.626	KMO = 0.520**
Cumulative variance	واریانس تجمعی	36.285	57.474	76.096	

*: ضرایب عاملی معنی‌دار.

*: Significant factor coefficients.

**: ضریب KMO مطلوبیت تجزیه عاملی را نشان می‌دهد.

**: KMO coefficient show Kaiser-Meyer-Olkin of sampling adequacy.



شکل ۱- گروه‌بندی ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف برنج بر اساس خصوصیات مورفولوژیک و فیزیکوشیمیایی دانه

Figure1. Grouping of different rice genotypes based on morphologic and grain physic-chemical characters

جدول ۳- میانگین گروه‌های مختلف حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس خصوصیات مورفولوژیک

Table 3. Mean of the different groups from cluster analysis based on morphological characters

گروه Cluster	عملکرد دانه Grain yield	تعداد دانه پر Filling grain number	وزن صد دانه 100-grain weight	تعداد خوشه Panicle number	ارتفاع بوته Plant height	روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering	طول دانه Grain length	عرض دانه Grain width
گروه ۱ Cluster 1	4.93^{ns}	123.92^{ns}	2.70^{ns}	15.06*	130.40^{ns}	91.44*	8.84**	2.93**
گروه ۲ Cluster 2	4.13**	107.15**	2.58^{ns}	13.81*	145.80**	92.16^{ns}	9.97^{ns}	2.54^{ns}
گروه ۳ Cluster 3	5.67^{ns}	130.40^{ns}	2.51^{ns}	19.59^{ns}	118.18^{ns}	96.67^{ns}	10.65**	2.34^{ns}
گروه ۴ Cluster 4	5.85^{ns}	141.80**	2.52^{ns}	18.79^{ns}	109.85^{ns}	99.63**	10.39*	2.35^{ns}
گروه ۵ Cluster 5	6.27**	137.79*	1.97**	23.67**	88.84**	96.85^{ns}	8.87**	2.19**
گروه ۶ Cluster 6	5.71^{ns}	137.84*	2.63^{ns}	17.36^{ns}	118.78^{ns}	88.85**	10.32^{ns}	2.56^{ns}
گروه ۷ Cluster 7	5.76^{ns}	138.59*	2.64^{ns}	20.40**	104.73*	95.88^{ns}	9.79^{ns}	2.52^{ns}
گروه ۸ Cluster 8	4.36**	105.25**	2.59^{ns}	16.81^{ns}	131.83*	93.08^{ns}	10.33^{ns}	2.26*
گروه ۹ Cluster 9	5.13^{ns}	115.25*	2.80*	18.87^{ns}	125.60^{ns}	98.30*	9.76^{ns}	2.58^{ns}
میانگین Mean	5.31	126.44	2.54	18.26	118.46	93.87	9.88	2.47

^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- میانگین گروه‌های مختلف حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه

Table 4. Mean of the different groups from cluster analysis based on grain physico- chemical characters

گروه Cluster	میزان آمیلوز Amylose content	دمای ژلاتینی شدن Gelatinization temperature	قوام ژل Gel consistency	حداکثر چسبندگی Peak viscosity	فروریختگی Breakdown viscosity	چسبندگی نهائی Final viscosity	پس‌روی چسبندگی Setback viscosity
گروه ۱ Cluster 1	18.27*	5.06ns	34.67ns	245.76*	70.88ns	278.92*	102.94**
گروه ۲ Cluster 2	20.39ns	4.26**	31.93ns	269.70ns	67.60ns	325.98ns	125.87*
گروه ۳ Cluster 3	22.96ns	6.24*	30.00ns	284.29ns	51.56ns	351.06ns	117.22*
گروه ۴ Cluster 4	22.16ns	4.24**	31.56ns	290.80ns	92.59ns	340.13ns	141.93ns
گروه ۵ Cluster 5	15.30**	6.00ns	43.00**	210.25**	156.17*	243.21**	189.13*
گروه ۶ Cluster 6	25.32*	5.92ns	30.00ns	307.56ns	43.84ns	459.31*	195.56**
گروه ۷ Cluster 7	26.08*	6.18*	30.25ns	347.09**	48.63ns	475.14*	176.67ns
گروه ۸ Cluster 8	26.10*	6.37*	30.00ns	338.22*	37.90*	481.99**	181.66*
گروه ۹ Cluster 9	24.75ns	4.92ns	30.00ns	337.86*	44.76ns	432.16ns	139.06ns
میانگین Mean	22.37	5.40	31.23	301.76	58.97	392.08	149.54

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

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

گروه دوم مشتمل بر ۲۲ رقم به اسامی سالاری، غریب، بینام، رمضانعلی‌طارم، RI1843046 (هاشمی×صالح)، RI1843052 (هاشمی×صالح)، RI1843510 (اهلمی‌طارم ×صالح)، اهلمی‌طارم، دم زرد، طارم‌امیری، آبجی‌بوجی، خزر، RI1843712 (سالاری ×صالح)، RI1844210 (حسن‌سرایی× سپیدرود)، دیلمانی و طارم‌محلی، علی‌کاظمی، حسن‌سرایی، عنبربو، دمسیاه، دم‌سفید و لاین خالص RI1843710 (سالاری ×صالح) بود. همانطوری که ملاحظه می‌شود کلیه ارقام محلی در این دو گروه قرار گرفتند. در این گروه نیز پنج لاین اصلاح شده شامل RI1843046، RI1843052، RI1843510، RI1843712 و RI1844210 قرار گرفته است که حاصل تلاقی بین رقم اصلاح شده صالح با ارقام محلی هاشمی، اهلمی‌طارم، سالاری و حسن‌سرائی است. هم گروه شدن این لاین‌ها با ارقام محلی به عنوان والدین آنها، نشان دهنده شباهت لاین‌های به دست آمده با ارقام محلی است. ارقام گروه دوم با متوسط عملکرد ۴/۱۳ تن در هکتار، تعداددانه‌پر و تعداد خوشه کمتر جزء ارقام کم محصول به شمار رفته و دارای متوسط عملکرد و اجزای عملکردکمتری نسبت به میانگین کل ژنوتیپ‌ها هستند. اختلاف بین ارقام موجود در این گروه با میانگین کل از نظر عملکرد و اجزای آن، به استثنای وزن صد دانه معنی‌دار می‌باشد. علیرغم بیشتر بودن وزن صد دانه در این گروه، با میانگین کل وزن صددانه اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. ارقام تشکیل دهنده گروه دوم، با دارا بودن ارتفاع بوته زیاد (۱۴۵/۸ سانتی‌متر)، دوره رشد کمتر و طول دانه بلند جزء ارقام پابلند (حساس به خوابیدگی)، زودرس و دانه بلند تلقی می‌گردند. ارقام این گروه دارای میزان آمیلوز متوسطی بوده و به تبع آن دارای حداکثر چسبندگی و چسبندگی نهایی متوسط هستند. این ارقام از پس‌روی چسبندگی و فروریختگی بالایی برخوردار بوده و به همین دلایل دارای کیفیت پخت و خوراک مطلوبی هستند (جدول‌های ۳ و ۴). زینعلی نژاد (Zinalinejad, 1999) با بررسی خصوصیات مورفولوژیک روی ۱۰۰ ژنوتیپ برنج و انجام تجزیه خوشه‌ای بر اساس ۱۴ صفت مورفولوژیک، ژنوتیپ‌ها را در فاصله ژنتیکی ۱۵ در چهار گروه قرار داد که گروه اول عمدتاً شامل ارقام بومی مناطق شمالی کشور، دو رقم بومی اصفهان و دو رقم خارجی بود. از ویژگی‌های این گروه می‌توان به زودرسی، قطر کم ساقه، برگ‌های با عرض کم و طول متوسط اشاره کرد و گروه چهارم آن شامل ارقام معرفی شده ایرانی و چند لاین خالص داخلی و خارجی با عملکرد بالا، دیررسی، تعداد پنجه زیاد، طول برگ، ساقه و خوشه کوتاه و عرض متوسط برگ بود.

گروه سوم شامل ۹ رقم با اسامی RI1843030، شیرودی، گوهر، RI1843129، لاین ۲۳، RI1843611، لاین ۸۳۰، لاین۸۴۱ و RI184433 است که از نظر صفاتی چون عملکرد دانه، تعداد دانه پر، تعداد خوشه، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و طول دانه دارای ارزش میانگین بیشتری از میانگین کل هستند، که می‌توان آنها را در زمره ارقام پرمحصول، دانه بلند و میان‌رس تا دیررس طبقه‌بندی نمود. ارقام تشکیل دهنده این گروه تنها از نظر صفاتی مانند طول دانه، دمای ژلاتینی شدن و پس‌روی چسبندگی با ارزش میانگین کل گروه‌ها اختلاف معنی‌دار دارند. رقم اصلاح شده گوهر نمونه‌ای از این ارقام است که دارای عملکرد بین ۷/۵-۷ تن در هکتار و دوره رشد طولانی (۱۴۰-۱۳۵روز) است و به عنوان یک رقم پرمحصول و دیررس شناخته می‌شود. ارقام این گروه از نظر خصوصیاتی نظیر وزن صددانه و ارتفاع بوته علی‌رغم نداشتن اختلاف معنی‌دار، دارای میانگین کمتری نسبت به میانگین کل هستند. خصوصیت بارز این گروه در کم بودن ارتفاع بوته (۱۱۸/۱۸ سانتی‌متر) است که باعث مقاومت بیشتر آنها نسبت به عارضه خوابیدگی می‌شود. ارقام این گروه دارای میزان آمیلوز، حداکثر چسبندگی و چسبندگی نهایی متوسطی هستند (جدول‌های ۳ و۴).

تعداد ۸ رقم شامل کادوس، لاین ۸۴۰، درفک، RI184413، RI184446، لاین حاصل از تلاقی برگشتی بین دو رقم صالح و آبجی‌بوجی، IRON-112 و IRON-410 ارقام گروه چهارم حاصل از طبقه‌بندی را تشکیل دادند. ارقام تشکیل دهنده این گروه از نظر خصوصیاتی مانند تعداد دانه پر، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، طول دانه و دمای ژلاتینی شدن دارای اختلاف معنی‌دار با ارزش میانگین کل می‌باشند. بیشترین تعداد دانه پر در خوشه متعلق به ارقام این گروه می‌باشد و از این نظر با داشتن متوسط ۱۴۱/۸۰ دانه‌پر در هر خوشه در بین گروه‌های دیگر متمایز می‌باشد. ارقام موجود در این گروه علاوه بر داشتن ارتفاع بوته مناسب (۱۰۹/۸۵ سانتی‌متر)، میزان آمیلوز متوسط (۲۲/۹۶ درصد)، عملکرد دانه (۵/۸۵ تن در

هکتار) و طول دوره رشد مناسب در دامنه مناسبی از پارامترهای چسبندگی دانه نشاسته قرار دارند که نشان از داشتن کیفیت پخت و خوراک مطلوب این ارقام می‌باشد (جدول‌های ۳ و ۴). قرار گرفتن سه لاین امید بخش RI184413 (هاشمی × سپیدرود) با عملکرد ۶/۴۶۸ تن در هکتار، میزان آمیلوز ۲۲ درصد با دوره رشد ۱۲۵-۱۱۵ روز، RI184446 (اهلمی‌طارم × سپیدرود) با عملکرد ۵/۴۲۰ تن در هکتار با آمیلوز ۲۰/۷ درصد با دوره رشد ۱۲۰-۱۱۰ روز و لاین حاصل از تلاقی برگشتی بین دو رقم صالح و آبجی‌بوجی با عملکرد ۵/۴۲۰ تن در هکتار با میزان آمیلوز ۲۱/۶ درصد با دوره رشد ۱۱۰-۱۰۰ روز در این گروه این امکان را فراهم نموده است که ارقام پرمحصول کیفی با دوره رشد کمتر به عرصه کشاورزی معرفی شوند.

در گروه پنجم، تنها یک لاین RI184421 حاصل تلاقی بین رقم اصلاح شده سپیدرود و رقم بومی حسن‌سرایی قرار گرفته است. این لاین با متوسط عملکرد ۶/۲۷ تن در هکتار، تعداد ۲۳/۶۷ خوشه، طول دوره رشد بین ۱۳۰-۱۲۰ روز، ارتفاع بوته ۸۸/۸۴ سانتی‌متر، طول دانه ۸/۸۷ میلی‌متر و میزان آمیلوز ۱۵/۳۰ درصد، جزء ارقام پاکوتاه، دانه متوسط و آمیلوز پایین بوده و با داشتن میزان پس‌روی چسبندگی بالا (۱۸۹/۱۳) بعد از پخت نرم باقی می‌ماند. با توجه به خصوصیات بارز این لاین و متفاوت بودن زمینه ژنتیکی آن با سایر لاین‌ها، ژنوتیپ مذکور می‌تواند برای تهیه جمعیت‌های اصلاحی به منظور انتقال صفات مطلوب در برنامه‌های دورگ‌گیری مورد استفاده قرار گیرد.

گروه ششم مشتمل بر ۱۰ رقم به اسامی محمدی و چمپابودار (ارقام محلی)، سپیدرود، صالح و لاین‌های خالص RI1843040، RI184314، RI1843121، RI1843020، RI1843056 و RI184347 است که حاصل تلاقی دو رقم سپیدرود و صالح با ارقام محلی هستند. در واقع شباهت ژنتیکی و مورفولوژیک این لاین‌ها با دو رقم سپیدرود و صالح، باعث هم گروه شدن آنها شده است. عملکرد بالا، زودرسی، پاکوتاهی و بالا بودن میزان آمیلوز و به تبع آن بالا بودن خصوصیات چسبندگی از شاخص‌های مهم این گروه می‌باشد که باعث تفکیک این ارقام از سایرین شده است.

جدول ۵- تجزیه تابع تشخیص به منظور بررسی صحت گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۹۴ ژنوتیپ برنج مورد مطالعه

Table 5. Discriminant analysis for studying the grouping accuracy of 94 studied rice genotypes by cluster analysis

گروه Cluster	گروه ۱ Cluster 1	گروه ۲ Cluster 2	گروه ۳ Cluster 3	گروه ۴ Cluster 4	گروه ۵ Cluster 5	گروه ۶ Cluster 6	گروه ۷ Cluster 7	گروه ۸ Cluster 8	گروه ۹ Cluster 9	تعداد Total
	تعداد اعضای پیش‌بینی شده در هر گروه و درصد صحت گروه‌بندی Predicted membership number in each cluster and percentage of correctly classified									
گروه ۱ Cluster 1	9 (100%)	0	0	0	0	0	0	0	0	9
گروه ۲ Cluster 2	0	20 (90.9%)	0	2 (9.1%)	0	0	0	0	0	22
گروه ۳ Cluster 3	0	0	8 (88.9%)	1 (11.1%)	0	0	0	0	0	9
گروه ۴ Cluster 4	0	0	0	8 (100%)	0	0	0	0	0	8
گروه ۵ Cluster 5	0	0	0	0	1 (100%)	0	0	0	0	1
گروه ۶ Cluster 6	0	0	0	0	0	9 (90%)	1 (10%)	0	0	10
گروه ۷ Cluster 7	0	0	0	0	0	1 (4.2%)	23 (95.8%)	0	0	24
گروه ۸ Cluster 8	0	0	0	0	0	0	1 (16.7%)	5 (83.3%)	0	6
گروه ۹ Cluster 9	0	0	0	0	0	1 (20%)	0	0	4 (80%)	5

صحت گروه‌بندی کل: ۹۲/۶٪. The accuracy of total grouping is 92.6%.

ارقام محمدی و چمپابودار از جمله ارقام محلی زودرس و با عملکرد بالا هستند، ولی به دلیل کیفیت پخت پایین از گردونه کشت خارج شده و چندان مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، اما در برنامه‌های اصلاحی به عنوان منابع مهم، جهت ایجاد ارقام زودرس مد نظر اصلاح‌گران هستند. ارقام اصلاح شده سپیدرود و صالح به عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول که در سال‌های نه چندان دور معرفی شده‌اند، به دلیل نداشتن کیفیت پخت و بازار پسندی خوب مورد قبول واقع نشده‌اند. عملکرد بالا، طول دانه بلند، زودرسی و مقاومت به خوابیدگی و بیماری بلاست از جمله خصوصیات مهم ارقام این گروه می‌باشد که می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند.

تعداد ۲۴ رقم و ژنوتیپ مانند ندا، نعمت (ارقام اصلاح شده ایرانی)، IR30، IR36، IR28، IR50 (ارقام ارسالی از ایری)، RI184329، RI1843223، RI1843267، RI1843228، RI1843230 (لاین‌های خالص اصلاحی حاصل از تلاقی بین ارقام صالح و محمدی)، زینت، RI184401 (آبجی‌بوجی×سپیدرود)، IR60 (ارسالی از ایری)، RI1844222 (حسن‌سرایی×سپیدرود)، RI1843112 (آبجی‌بوجی×صالح)، RI1843410 (حسنی×صالح)، RI184357 (اهلمی‌طارم×صالح)، RI1844310 (محمدی×سپیدرود)، لاین۴۵، RI184399 (غریب×صالح)، RI1843916 (غریب×صالح)، IR58 و IRFAON-216 (ارسالی از ایری) در گروه هفتم قرار گرفتند. ارقام تشکیل دهنده این گروه دارای متوسط عملکرد دانه (۵/۷۶ تن در هکتار)، تعداد دانه پر (۱۳۸/۵۹ دانه) و تعداد خوشه (۲۰/۴۰ عدد) بالاتر از میانگین کل بودند. ارقام موجود در این گروه از نظر ارتفاع بوته نسبت به میانگین کل دارای اختلاف معنی‌داری بودند و در بین تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارای کمترین ارتفاع بوته بودند. این ارقام با طول دوره رشد بین ۱۲۵-۱۲۰ روز جزء ارقام میان‌رس به حساب می‌آیند. مهم‌ترین معیار و شاخص این گروه، بالا بودن میزان آمیلوز آنهاست که با آمیلوز ۲۶/۰۸ درصد، جزء ارقام آمیلوز بالا به شمار می‌آیند (جدول‌های ۳ و ۴). به دلیل بالا بودن میزان آمیلوز، پارامترهای چسبندگی مانند حداکثر چسبندگی و چسبندگی نهایی این ارقام نیز بالا می‌باشد. لاین‌های به دست آمده از تلاقی بین ارقام صالح و سپیدرود با ارقام محلی متفاوت، به دلیل دارا بودن خصوصیات مشابه با ارقام سپیدرود و صالح در این گروه قرار گرفته‌اند. عملکرد و میزان آمیلوز بالا از خصوصیات بارز ارقام اصلاح شده دو رقم سپیدرود و صالح می‌باشد.

در گروه هشتم نیز تعداد ۶ ژنوتیپ به اسامی RI1843615 (حسن‌سرایی×صالح)، RI184391 و RI1843920 (غریب×صالح)، RI184472 (غریب×سپیدرود)، RI1843742 (سالاری×صالح)، و RI184402 (آبجی‌بوجی×سپیدرود)، قرار گرفتند. عملکرد دانه پایین، طول دانه بلند، میزان آمیلوز و چسبندگی بالا از خصوصیات بارز این لاین‌ها می‌باشد (جدول‌های ۳و ۴).

ارقام تشکیل دهنده گروه نهم (۵ رقم) شامل شاهپسند (رقم محلی)، لاین ۸۳۱ (لاین اصلاح شده)، یوزن (لاین خارجی)، RI184368 (حسن‌سرایی×صالح) و RI1844524 (حسنی×سپیدرود) بودند. ارقام موجود در این گروه از نظر عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد دانه پر از ارزش کمتری نسبت به میانگین کل گروه‌ها برخوردار بودند و جزء ارقام با آمیلوز بالا به شمار می‌آیند. الهقلی‌پور و همکاران (Allahgholipour *et al.*, 2004) به منظور تعیین تنوع ژنتیکی و طبقه‌بندی ارقام مختلف برنج، تعداد ۱۰۰ رقم برنج از ارقام بومی و خارجی را در قالب طرح لاتیس ساده مورد بررسی قرار دادند. گروه‌بندی ارقام بر اساس تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش حداقل واریانس وارد انجام و ارقام در هفت گروه قرار گرفتند که تعداد گروه‌ها بر اساس آزمون T^2 کاذب هتلینگ و معیار توان سوم خوشه‌ها مورد تایید قرار گرفت. گروه اول عمدتاً شامل ارقام اصلاح شده و وارداتی بود و ارقام بومی و خوش کیفیت هم در گروه جداگانه‌ای قرار گرفتند. اگرچه بیشتر ارقام مورد بررسی توسط این محققین با ارقام مطالعه حاضر متفاوت بودند، اما قرار گرفتن ارقام با میزان آمیلوز متوسط (خوش کیفیت) و کم‌محصول در گروهی متفاوت از ارقام با میزان آمیلوز بالا و پرمحصول، وجه تشابه نتایج این محققین با مطالعه حاضر می‌باشد.

تجزیه تابع تشخیص خطی فیشر نشان داد که معیار فاصله اقلیدسی با استفاده از داده‌های استاندارد شده با روش دورترین همسایه‌ها توانست ژنوتیپ‌ها را با احتمال صحت ۹۲/۶ درصد گروه‌بندی نماید و تفاوت بین ژنوتیپ‌ها را نشان دهد (جدول ۵). همچنین، قرارگیری ارقام در گروه‌های ۱، ۴ و ۵ صد در صد صحیح بود، در

حالی که صحت گروه‌بندی ارقام در گروه‌های دوم، سوم، ششم، هفتم، هشتم و نهم به ترتیب برابر با ۹۰/۹، ۸۸/۹، ۹۰، ۹۵/۸، ۸۳/۳ و ۸۰ درصد بود صفائی‌چایی‌کار و همکاران (Safaei Chaeikar *et al.*, 2008) نیز معیارهای مختلف فاصله و روش‌های مختلف تجزیه خوشه‌ای را با استفاده از تابع تشخیص خطی فیشر برای گروه‌بندی ۴۹ رقم برنج مورد ارزیابی قرار دادند و فاصله اقلیدسی را بهترین معیار برای تعیین فاصله بین ارقام برنج گزارش نمودند. ابرشهر (Abarshar *et al.*, 2011) سی ژنوتیپ برنج را با روش‌های مختلف تجزیه خوشه‌ای گروه‌بندی و سپس میزان صحت گروه‌بندی حاصل را با تابع تشخیص خطی فیشر مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که روش حداقل واریانس وارد توانسته است ژنوتیپ‌ها را صد درصد به طور صحیح گروه‌بندی کند.

References

Abarshar, M., Rabiei, B. and Samizadeh Lahigi, H. 2011. Assessing genetic variability of rice varieties under drought stress conditions. **Notulae Scientia Biologicae** 3 (1): 114-123.

Acquaah, G. 2007. Principles of plant genetics and breeding. Blackwell Publishing Ltd.

Adams, M. W.1995. An estimate of homogeneity in crop plants with special reference to genetic vulnerability in dry season (*Phseolus vulgaris*). **Ephytica** 26: 665-679.

Allahgholipour, M. and Mohammad Salehi, M. S. 2003. Factor and path analysis in different rice genotypes. **Seed and Plant** 19: 76-87. (In Persian).

Allahgholipour, M., Mohammad Salehi, M. S. and Ebadi, A. A. 2004. An evaluation of genetic diversity and classification of rice cultivars. **Iranian Journal of Agricultural Science** 35 (4): 973-981. (In Persian).

Allahgholipour, M., Ali, A. J., Alinia, F., Nagamine, T. and Kojima, Y. 2006. Relationship between rice grain amylose and pasting properties for breeding better quality rice varieties. **Plant Breeding** 125: 357-362.

Allahgholipour, M., Rabiei, B., Ebadi, A. A., Hossieni, M. and Yekta, M. 2010. Starch viscosity properties: New criteria for assessment of cooking quality of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Iranian Journal of Crop Sciences** 12 (2):140-151. (In Persian).

Allahgholipour, M., Moumeni, A., Nahvi, M., Yekta, M. and Zarbafi, S. S. 2012. Identification of parental combinations for improvement of rice grain quality, yield and yield components in rice. **Cereal Research** 1 (1): 1-10. (In Persian).

AACC. 1995. Approved methods for the AACC, 9th end. Methods 61-02 for RVA. The American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA.

Amy, E. L. and Pritts, M. P. 1991. Application of principal component analysis to horticultural research. **HortScience** 26 (4): 334-338.

Hien, N. L., Sarhadi, W. A., Oikawa, Y. and Hirata, Y. 2007. Genetic diversity of morphological responses and the relationships among Asia aromatic rice (*Oryza sativ*a L.) cultivars. **Tropics** 16 (4): 343-355.

Jobson J. D. 1992. Applied multivariate data analysis. Vol. II. Categorical and multivariate methods. Springer-Verlag, New York.

Krichen, L., Audergon, J. M. and Trifi-Farah, N. 2012. Relative efficiency of morphological characters and molecular markers in the establishment of an apricot core collection. **Heredity** 149: 163-172.

Lasalita-Zapico, F. C., Namocatcat, J. A. and Carino-Turner, J. L. 2010. Genetic diversity analysis of traditional upland rice cultivars in Kihan, Malapatan, Sarangani province, Philippines using morphometric markers. **Philippine Journal of Science** 139 (2): 177-180.

Lisa, L. A., Elias, S. M., Rahman, M. S., Shahid, S., Iwasaki, T. and Hasan, A. K. M. M. 2011. Physiology and gene expression of the rice landrace under salt stress. **Functional Plant Biology** 38: 282-292.

Rahimi, M., Rabiei, B., Samizadeh, H. and Kafi Ghasemi, A. 2010. Combining ability and heterosis in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Journal of Agricultural Science and Technology** 12: 223-231.

Ram, S. G., Thiruvengadam, V. and Vinod, K. K. 2007. Genetic diversity among cultivars, landraces and wild relatives of rice as revealed by microsatellite markers. **Journal of Applied Genetics** 48: 337-345.

Raychaudhuri, S., Stuart, J. M. and Altman, R. B. 2000. Principal components analysis to summarize microarray experiments: Application to sporulation time series. **Pacific Symposium on Biocomputing** 455-466.

Rohlf, F. J. 2000. NTSYS-pc: Numerical taxonomy and multivariate analysis system. Ver. 2.1. Exeter Publications, New York, USA.

Rincon, F., Johnson, B., Crossa, J. and Taba, S. 1996. Cluster analysis, an approach to sampling variability in maize accessions. **Maydica** 41: 307-316.

Safaei Chaeikar, S., Rabiei, B., Samizadeh, H. and Esfahani, M. 2008. Evaluation of tolerance to terminal drought stress in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. **Iranian Journal of Crop Sciences** 9 (4): 315-331.

Smith, J. S. C. and Smith, O. S. 1992. Fingerprinting crop varieties. **Advance Agronomy** 47: 85-140.

Smith, S. E., Al-Doss, A. and Warburton, M. 1991. Morphological and agronomic variation in North African and Arbian alfalfas. **Crop Science** 31**:** 1159-1163.

Tabkhkar, N., Rabiei, B. and Sabouri, A. 2012. Genetic diversity of rice cultivars by microsatellite markers tightly linked to cooking and eating quality. **Australian Journal of Crop Science** 6 (6): 980-985.

Tu, M., Lu, B. R., Zhu, Y. and Wang, Y. 2007. Abundant within-varietal genetic diversity in rice germplasm from Yunnan Province of China revealed by SSR fingerprints. **Biochemical Genetics** 45 (11-12): 789-801.

Wang, L. Q., Liu, W. J., Xu, Y., He, Y. Q. and Luo, L. J. 2007. Genetic basis of 17 traits and viscosity parameters characterizing the eating and cooking quality of rice grain. **Theoretical and Applied Genetics** 115: 463-476.

Zinalinejad, K. 1999. Genetic diversity and classification of Iranian rice germplasm using morphological and RAPD markers. M. Sc. Dissertation. Isfahan University of Technology, Isfahan, The Islamic Republic of Iran.

Morphological and Physico-Chemical Diversity in Different Rice Cultivars by Factor and Cluster Analysis

Mehrzad Allahgholipour[1*], Ezatollah Farshadfar[2] and Babak Rabiei[3]

1. Research Assist. Prof., Rice Research Institute of Iran, Rasht, 2. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Razi University, 3. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran

(Received: December 9, 2013- Accepted: August 11, 2014)

Abstract

To study the structure of morphologic and physico-chemical traits and determining of the heterotic pattern of rice varieties, the ninety four selected rice varieties from the existing germplasm of Rice Research Institute of Iran were evaluated during the growing season for two consecutive years of 2011 and 2012 and 24 rice morphologic and physico-chemical characteristics were measured. Factor analysis for morphologic traits showed the first four independent factors explained 75.66 percent of total variance in all genotypes. The first factor with 24.5 percent of variance was included the yield and its components and was named as yield factor. The second, third and fourth factors with 19.025, 17.134 and 14.963 percent of variance were nominated as grain shape, phonology and filled grains factors, respectively. Factor analysis for physico-chemical traits also revealed the three independent factors explaining 36.3, 21.2 and 18.6 percent of variance in all cultivars, respectively, and were nominated as eating, cooking quality and milling rice recovery factors, respectively. All of the studied genotypes were classified in 9 different and heterotic groups using complete linkage method and Euclidean distance with a 92.6 percent of original grouped cases correctly classified. Results of this study can be utilized for selecting the suitable parents from different clusters to establish new varieties in rice breeding programs.

Keywords: Cluster analysis, Discriminant analysis, Factor analysis, Morphological diversity, Rice

*Corresponding author: alahgholipour@yahoo.com