doi: 10.22124/cr.2020.16522.1602

(مقاله پژوهشی)

تحقیقات غلات

دوره دهم/ شماره اول/ بهار ۱۳۹۹ (۱۷-۱)

گروه‌بندی لاین‌های نوترکیب برنج با استفاده از روش‌های تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مولفه‌های اصلی

منا پیشنمازاده امامی[۱]، علی‌اکبر عبادی[۲*]، ناصر محب‌علی‌پور[۳]، حسن نورافکن[۴] و جلیل اجلی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۴

چکیده

به‌منظور مطالعه تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی لاین‌های نوترکیب برنج، تعداد ۱۴۴ لاین نوترکیب حاصل از تلاقی دو رقم برنج ایرانی نعمت و هاشمی در موسسه تحقیقات برنج کشور در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ ارزیابی شدند. آزمایش بر اساس طرح حجیم‌شده (آگمنت) انجام شد و چهار رقم (دو والد هاشمی و نعمت و دو رقم علی‌کاظمی و خزر) به‌عنوان تیمارهای شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت‌های معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های برنج از نظر تمامی صفات مورد مطالعه وجود داشت. بیش‌ترین تنوع در هر دو سال به‌ترتیب برای صفات طول خروج خوشه از غلاف و عملکرد دانه و کم‌ترین تنوع برای ضریب تبدیل مشاهده شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بعضی از لاین‌ها از لحاظ عملکرد و سایر صفات مهم زراعی نسبت به سایر لاین‌ها برتری داشتند. تجزیه خوشه‌ای بر مبنای میانگین داده‌های دو سال، لاین‌های مورد مطالعه را در چهار گروه قرار داد. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی نیز نشان داد که پنج مولفه اصلی مستقل در حدود ۸۲ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند و نمودار دوبعدی حاصل نیز لاین‌های مورد مطالعه را در سه گروه دسته‌بندی کرد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مولفه‌های اصلی، لاین‌های ۱۵۷، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۴۲ و ۱۳۰ با داشتن بیش‌ترین مقدار عملکرد و کم‌ترین مقدار دوره رسیدگی، به‌عنوان لاین‌های برتر پرمحصول و زودرس در این مطالعه انتخاب شدند و می‌توانند برای معرفی رقم یا تولید هیبرید در برنامه‌های اصلاحی بعدی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: تنوع ژنتیکی، زودرسی، ضریب تبدیل، عملکرد دانه

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی ، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران

۲- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران

۴- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی ، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران

۵- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی ، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران

* نویسنده مسئول: ebady al@yahoo.com

مقدمه

برنج مهم‌ترین منبع غذایی بیش از نیمی از جمعیت جهان است و در حدود ۲۰ درصد از انرژی تغذیه‌ای جهان را تامین می‌کند (FAO, 2017). روش‌های اصلاح برنج همان روش‌های اصلاح سایر گیاهان خودگشن شامل وارد کردن مواد ژنتیکی به مجموعه‌های ژرم‌پلاسم، انتخاب، هیبریداسیون و ایجاد ارقام هیبرید است (Arzani, 2001). با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و نیاز کشور به تولید برنج بیش‌تر، استفاده از واریته‌های هیبرید باید مورد توجه قرار گیرد. در این راستا، شناسایی ارقام مناسب برای استفاده در برنامه‌های تولید هیبرید ضروری است، به‌طوری که ارقام مورد استفاده به‌عنوان والدین ارقام هیبرید باید ضمن داشتن ترکیب‌پذیری خصوصی بالا برای عملکرد دانه و اجزای آن، پذیرش لازم را نیز در بین کشاورزان داشته باشند (Nili *et al.*, 2017). عدم پذیرش ارقام اصلاح شده و هیبریدهای با عملکرد بالا از سوی کشاورزان و مصرف‌کنندگان به‌دلیل کیفیت پخت پایین آن‌ها، این تفکر را تقویت کرده است که شاید استفاده از ارقام بومی و کیفی ایرانی برای تولید برنج‌های هیبرید بتواند از نظر کیفیت نیز مورد پذیرش کشاورزان و مصرف‌کنندگان قرار گیرد (Tabkhkar *et al.*, 2012). بنابراین، در صورتی که بتوان والدین مناسب برای تولید هیبرید را به‌درستی شناسایی کرد تا ضمن تولید هیبریدهای پرمحصول، از نظر کیفیت پخت نیز مورد توجه کشاورزان و مصرف‌کنندگان قرار گیرند، در این صورت برنامه‌های تولید هیبرید در کشور نیز موفقیت‌آمیز خواهد بود. از طرفی کاهش سطح زیر کشت محصولات زراعی، آب و نیروی کار موجب شده است تا به‌نژادگران به فکر افزایش راندمان تولید در واحد سطح باشند، زیرا تولید برنج به کاربرد فناوری‌های پیشرفته و جدید، استفاده از واریته‌های با عملکرد بالا و مدیریت بهتر محصول وابسته است.

از اقدامات اساسی که قبل از آغاز هر برنامه اصلاحی باید مورد توجه قرار گیرد، ارزیابی تنوع ژنتیکی است تا به‌نژادگر به نحو مطلوبی بتواند به ویژگی‌های ذخایر ژنتیکی آگاه شود (Schlegel, 2009). ده‌ها هزار واریته بومی در مناطق با کشت متداول برنج ایجاد شده و از طریق برنامه‌های به‌نژادی برنج در تعداد زیادی از کشورها تعدادی نیز به آن‌ها اضافه شده است (Arzani, 2001). تنوع ژنتیکی می‌تواند اطلاعات لازم برای توسعه منابع ژنتیکی در جهت انتخاب والدین مناسب در برنامه‌های به‌نژادی و حداکثر بهره‌وری از پدیده هتروزیس را در اختیار به‌نژادگر قرار دهد (Onda and Mochida, 2016). دانش کافی از تنوع ژنتیکی به‌نژادگران را قادر می‌سازد منابع والدی مناسب در جهت ایجاد جمعیت متنوع از نظر ژنتیکی انتخاب کنند. ارزیابی سطوح تنوع ژنتیکی بین ژرم‌پلاسم‌های سازگار باعث تخمین تنوع ژنتیکی نسل‌های در حال تفرق می‌شود و ممکن است باعث تخمین درجه هتروزیس در برخی از ترکیبات والدینی شود (Kordrostami *et al.*, 2016). تنوع ژنتیکی، نقش بسیار مهمی در پیشبرد برنامه‌های اصلاحی و حفاظت از منابع ژنتیکی در زمینه برآورد محصولات زراعی دارد که از طریق صفات مورفولوژیک و بررسی شجره‌ها میسر می‌شود. تنوع ژنتیکی زیادی بین ارقام موجود برنج وجود دارد. جهش‌های طبیعی که با فراوانی نسبتاً بالایی در برنج رخ می‌دهند، امکان سازش آن‌را به دامنه وسیعی از اقلیم‌های زراعی فراهم می‌سازند. تعیین تنوع ژنتیکی در مواد گیاهی، برای شناسایی، حفظ و نگهداری ذخایر توارثی ضروری و پایه اساسی و اولیه برای تحقیقات ژنتیکی و اصلاحی است (Ulukapi and Nasircilar, 2018).

مطالعات مختلفی در مورد تنوع ژنتیکی در برنج و بررسی ارتباط بین صفات انجام شده است. در پژوهشی که شریفی و همکاران (Sharifi *et al.*, 2013) به‌منظور بررسی روابط ژنتیکی بین صفات زراعی در هفت رقم برنج انجام دادند، بین کلیه صفات موجود اختلاف معنی‌داری گزارش کردند. آن‌ها همبستگی بین عملکرد دانه را با صفات عملکرد زیستی، شاخص برداشت، تعداد خوشه، وزن خوشه و شکل دانه مثبت و معنی‌دار و با ارتفاع بوته منفی و معنی‌دار ارزیابی کردند. نتایج تجزیه علیت نیز حاکی از آن بود که صفات تعداد خوشه، وزن خوشه و ارتفاع بوته، عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار دادند. نتایج پژوهش قربانی و همکاران (Ghorbani *et al.*, 2011) روی ۲۹ ژنوتیپ مختلف برنج نشان داد که بین عملکرد دانه و صفات ارتفاع بوته و تعداد دانه پوک در خوشه همبستگی منفی وجود داشت. نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد که تعداد سه مولفه که تحت عنوان عامل ویژگی‌های مورفولوژیک، عامل عملکرد و عامل فنولوژیک نامگذاری شدند، ۷۷/۱ درصد از تنوع کل را توجیه کردند. این محققین، ژنوتیپ‌های مورد

مطالعه خود را با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA در نه گروه قرار دادند. آگاهی و همکاران (Agahi *et al.*, 2012) نیز با بررسی تنوع ژنتیکی و همبستگی بین صفات مهم زراعی در ۲۵ رقم برنج، بیان داشتند که اختلاف معنی‌دار بین ارقام مورد آزمایش از لحاظ ۱۴ صفت مورد مطالعه وجود داشت. آن‌ها همبستگی بین زمان خوشه‌دهی، زمان رسیدگی، تعداد دانه در خوشه، تعداد ساقه بارور، تعداد پنجه کل و طول و عرض برگ پرچم با عملکرد دانه را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. این محققین با تجزیه به مولفه‌های اصلی تعداد شش مولفه شناسایی کردند که در مجموع ۹۰ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند و با تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA، رقم‌ها را در چهار گروه قرار دادند.

با توجه به روند رو به رشد جمعیت، افزایش تولید مواد غذایی از طریق گسترش برنامه‌های اصلاحی جهت تولید ارقام پرمحصول از جمله برنج ضروری به نظر می‌رسد. برای این منظور، ابتدا لازم است تنوع ژنتیکی و روابط خویشاوندی بین ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف مورد مطالعه قرار گیرد. در این پژوهش، یک جمعیت لاین‌های نوترکیب برنج از نظر صفات مورفولوژیک، فنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد مورد مطالعه قرار گرفت که هدف از آن، انتخاب بهترین لاین‌ها جهت معرفی رقم و نیز گروه‌بندی آن‌ها جهت انتخاب والدین مناسب به‌منظور دورگ‌گیری و تولید هیبریدهای جدید بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی این تحقیق، ۱۴۴ لاین نوترکیب حاصل از تلاقی دو رقم برنج ایرانی هاشمی و نعمت به‌همراه هر دو والد و دو رقم علی‌کاظمی و خزر به‌عنوان تیمارهای شاهد بود که در قالب یک طرح حجیم‌شده (آگمنت) از نظر برخی صفات مرتبط با عملکرد و کیفیت دانه مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش در مزارع تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) طی دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ انجام شد و چهار رقم شاهد مورد نظر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. صفات مورد مطالعه شامل تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد خوشه در بوته، طول خوشه، طول و عرض برگ پرچم، طول خروج خوشه از غلاف، عملکرد دانه، درصد برنج سفید و ضریب تبدیل بود. اندازه‌گیری تمامی صفات مورد مطالعه بر اساس دستورالعمل ارزیابی استاندارد صفات در برنج (SES, 2005) انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه، میزان شلتوک تمامی بوته‌های هر کرت پس از حذف حاشیه، توزین و بر حسب کیلوگرم در هکتار ثبت شد. سایر صفات مورد مطالعه در پنج بوته تصادفی از هر کرت، اندازه‌گیری و سپس میانگین آن‌ها جهت انجام تجزیه‌های آماری مورد استفاده قرار گرفت.

برای بررسی میزان شباهت‌ها و تفاوت‌های بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه، تجزیه خوشه‌ای به روش نزدیک‌ترین و دورترین همسایه‌ها، UPGMA و حداقل واریانس Ward انجام شد و چون روش حداقل واریانس Ward دارای بیش‌ترین ضریب همبستگی کوفنتیک و بهترین شکل دندروگرام (عدم وجود حالت پله‌ای یا زنجیره‌ای) بود، این روش انتخاب شد. برش دندروگرام جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس بیش‌ترین فاصله بین دو ادغام متوالی انجام و سپس صحت گروه‌بندی حاصل با تجزیه تابع تشخیص ارزیابی شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش‌های LSD و توکی در سطح احتمال انجام شد. تجزیه خوشه‌ای و تابع تشخیص نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های مهم والدین مورد مطالعه (هاشمی و نعمت) در جدول ۱ ارایه شده است. والد نعمت برای صفات روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، طول خوشه، طول و عرض برگ پرچم، میزان خروج خوشه از غلاف، عملکرد دانه، وزن کل تبدیل، وزن برنج سالم و درصد تبدیل دارای میانگین‌های بیش‌تری از والد هاشمی بود که مزیت نسبی این والد را از نظر این صفات نشان می‌دهد.

حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیار، دامنه تغییرات و ضریب تغییرات فنوتیپی صفات به‌طور جداگانه برای دو سال به‌ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ ارایه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین همه صفات مورد مطالعه، به‌جز عملکرد دانه در هکتار، به‌طور نسبی در سال دوم بیش‌تر از سال اول بود. در میان انواع شاخص‌های پراکندگی، ضریب تغییرات به‌عنوان یک شاخص استاندارد و بدون واحد، بهترین و مناسب‌ترین شاخص جهت مقایسه میزان تنوع صفات مختلف است (Rabiei and Mohit, 2013).

جدول ۱- ویژگی‌های مهم والدین مورد مطالعه در این تحقیق (هاشمی و نعمت)

Table 1. Important characteristics of the parents studied in this research (Hashemi and Nemat)

Trait	Hashemi	Nemat	Trait	Hashemi	Nemat
Days to 50% flowering	78.25	109.25	Panicle exertion (cm)	8.20	1.40
Plant height (cm)	140.00	109.25	Grain yield (kg/ha)	4660.00	6300.00
No. of panicle	15.75	18.25	Milling ratio	104.60	107.36
Panicle length (cm)	27.00	30.95	Head rice percentage	73.95	84.29
Flag leaf length (cm)	28.92	35.45	Milling yield	70.70	78.51
Flag leaf width (cm)	0.82	1.02	-	-	-

با توجه به جدول‌های ۲ و ۳، بیش‌ترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی در سال اول و دوم مربوط به عملکرد دانه و طول خروج خوشه از غلاف و کم‌ترین آن مربوط به درصد تبدیل بود. بر این اساس، شاید بتوان نتیجه گرفت که عملکرد دانه و طول خروج خوشه از غلاف می‌توانند معیارهای مناسبی برای انتخاب والدین مناسب در هر دو سال باشند. نتایج حاصل نشان داد که صفات عملکرد دانه و طول خروج خوشه از غلاف دارای بیش‌ترین ضریب تغییرات و صفات ضریب تبدیل و روز تا ۵۰ درصد گلدهی دارای کم‌ترین ضریب تغییرات و تنوع در لاین‌های نوترکیب مورد مطالعه بودند. وجدان و همکاران (Vejdan *et al.*, 2015) نشان دادند که اختلاف معنی‌داری میان ژنوتیپ‌های برنج برای صفات عملکرد تک‌بوته، تعداد پنجه‌های بارور، تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، طول خوشه، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و طول و عرض برگ پرچم وجود داشت. عیدی کهنکی و همکاران (Eidi Kohneki *et al.*, 2015) نیز نشان دادند که تعداد خوشه در بوته، تعداد کل دانه در خوشه و وزن هزار دانه برنج به‌ترتیب با ضرایب تغییرات ۳۲/۶۶، ۳۲/۲۱ و ۲۸/۷۷ درصد، بیش‌ترین و طول دانه، عرض دانه و تعداد دانه پوک در خوشه، کم‌ترین تغییرات فنوتیپی را داشتند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول‌های ۴ و ۵) نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر کلیه صفات بررسی شده در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف معنی‌داری بودند. ضریب تغییرات نیز که نشان‌دهنده دقت در اندازه‌گیری، یکنواختی ماده آزمایشی و تأثیر کم عوامل محیطی است، برای تمامی صفات مطالعه شده کم‌تر از ده درصد بود. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که تنوع ژنتیکی نسبتاً زیادی بین ژنوتیپ‌ها و لاین‌های مورد مطالعه از نظر صفات اندازه‌گیری شده وجود داشت که می‌توان از آن در برنامه‌های دورگ‌گیری جهت تولید ارقام پرمحصول استفاده کرد.

نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در جدول ۶ ارایه شده است. بر این اساس، برای صفت روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی لاین‌های ۱۴۶، ۱۶۳، ۱۰۸، ۵۲ و ۱۴۱ داری بیش‌ترین مقادیر و ارقام هاشمی، علی‌کاظمی و لاین‌های ۳۷، ۵۳، ۶۴، ۱۶۶ و ۷۰ دارای کم‌ترین مقدار بودند. برای صفت ارتفاع بوته، لاین‌های ۱۵۸، ۳۳، ۱۶۶ و ۳۸ کم‌ترین و لاین‌های ۱۵۹، ۱۶۱، ۱۱۷، ۱۱۸ و ۱۴۶ بیش‌ترین مقدار را داشتند. از نظر تعداد خوشه، لاین‌های ۱۶، ۱۶۹، ۲۱، ۲۶ و ۱۲۲ کم‌ترین و لاین‌های ۵۹، ۱۷۴، ۱۱۶ و ۱۰۵ بیش‌ترین مقدار و برای طول خوشه، لاین‌های ۷۷، ۱۶۶، ۳۸، ۱۵۹، ۱۳ و ۹۲ کم‌ترین و لاین‌های ۴۸، ۷۵، ۱۶۱، ۱۵۰ و ۱۱۷ بیش‌ترین مقدار را دارا بودند. نتایج مقایسه میانگین برای عملکرد دانه نیز نشان داد که لاین‌های ۱۳، ۱۵، ۲۸، ۳۲، ۹۳ و ۱۰ دارای کم‌ترین و لاین‌های ۱۵۷، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۴۲ و ۱۳۰ دارای بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه بودند.

با توجه به رابطه بین عملکرد دانه و ویژگی‌های مهم زراعی، یافتن شاخص‌های مناسب جهت اعمال گزینش برای بهبود عملکرد دانه اهمیت زیادی دارد (Allahgholipour, 1997). از آنجایی که بیش‌تر پروژه‌های اصلاحی بر بهبود عملکرد دانه متمرکز هستند، بنابراین شناسایی صفاتی که بیش‌ترین تاثیر را بر عملکرد دانه دارند، می‌تواند در گزینش غیرمستقیم جهت بهبود عملکرد دانه مفید باشد (Bapu and Pandian, 1992). عملکرد نهایی شلتوک در برنج با استفاده از اجزای تشکیل دهنده آن نظیر تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و صفات مرتبط دیگر تا حدودی قابل پیش‌بینی است (Siadat *et al.*, 2004).

جدول ۲- آماره‌های توصیفی صفات مورد بررسی در لاین‌های نوترکیب برنج در سال اول

Table 2. Descriptive statistics of rice recombinant inbred lines in first year

Trait	No. of sample	Range	Min.	Max.	Mean	Standard error	Standard deviation	Variance	CV	Skewness		Kurtesis	
										Value	Std. error	Value	Std. error
Days to 50% flowering	148	32.75	78.25	111.00	97.89	0.545	6.635	44.03	0.07	-0.366	0.199	-0.089	0.396
Plant height (cm)	148	86.25	87.00	173.25	127.58	1.492	18.151	329.48	0.14	-0.031	0.199	-0.457	0.396
No. of panicle	148	15.25	8.75	24.00	13.99	0.212	2.574	6.63	0.18	0.505	0.199	0.476	0.396
Pancle length (cm)	148	19.15	18.08	37.23	29.64	0.262	3.192	10.19	0.11	-0.197	0.199	0.586	0.396
Flag leaf length (cm)	148	31.68	21.45	53.13	31.47	0.429	5.221	27.26	0.17	0.804	0.199	1.510	0.396
Flag leaf width (cm)	148	.60	0.80	1.40	1.03	0.009	0.109	0.012	0.11	0.345	0.199	0.810	0.396
Panicle exertion (cm)	148	24.68	-5.55	19.13	3.62	0.345	2.196	17.61	0.61	0.602	0.199	1.173	0.396
Grain yield (kg/ha)	148	7080.00	1726.67	8806.67	4860.67	122.790	1493.850	2231588.67	0.31	0.296	0.199	-0.337	0.396
Milling ratio	148	22.71	90.44	113.15	103.66	0.323	3.929	15.44	0.04	-0.198	0.199	0.365	0.396
Head rice (%)	148	68.74	21.68	90.42	58.76	1.143	13.905	193.34	0.24	-0.123	0.199	-0.280	0.396
Milling yield	148	63.41	21.10	84.51	56.67	1.080	13.138	172.61	0.23	-0.222	0.199	-0.375	0.396

جدول ۳- آماره‌های توصیفی صفات مورد بررسی در لاین‌های نوترکیب برنج در سال دوم

Table 3. Descriptive statistics of rice recombinant inbred lines in second year

Trait	No. of sample	Range	Min.	Max.	Mean	Standard error	Standard deviation	Variance	CV	Skewness		Kurtesis	
										Value	Std. error	Value	Std. error
Days to 50% flowering	148	33.00	79.00	112.00	98.05	0.562	6.835	46.71	0.07	-0.328	0.199	0-.253	0.396
Plant height (cm)	148	86.33	83.33	169.67	132.56	1.483	18.045	325.61	0.14	-0.210	0.199	-0.359	0.396
No. of panicle	148	12.67	8.67	21.33	14.02	0.201	2.447	5.99	0.17	0.483	0.199	0.316	0.396
Pancle length (cm)	148	15.23	22.17	37.40	30.01	0.224	2.728	7.44	0.09	0.174	0.199	0.784	0.396
Flag leaf length (cm)	148	31.51	21.33	53.13	31.72	0.444	5.221	27.26	0.17	0.804	0.199	1.510	0.396
Flag leaf width (cm)	148	0.63	0.73	1.37	1.04	0.008	0.102	0.01	0.10	0.111	0.199	1.460	0.396
Panicle exertion (cm)	148	26.03	- 4.60	21.43	4.12	0.335	4.080	16.65	0.50	0.904	0.199	2.727	0.396
Grain yield (kg/ha)	148	7106.67	1346.67	8453.33	4424.59	112.069	1363.374	1858788.17	0.31	0.240	0.199	-0.343	0.396
Milling ratio	148	25.43	93.25	118.68	107.06	0.389	4.730	22.37	0.04	0.072	0.199	0.312	0.396
Head rice (%)	148	55.07	51.24	106.31	88.22	1.095	13.328	177.63	0.15	-1.012	0.199	0.338	0.396
Milling yield	148	49.93	47.20	97.13	82.26	0.914	11.117	123.58	0.14	-1.154	0.199	0.717	0.396

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در لاین‌های نوترکیب برنج در سال اول

Table 4. Analysis of variance of the studied traits in recombinant inbred lines of rice in first year

Source of variations	df	Mean squares										
		Days to 50% flowering	Plant height	No. of panicle	Panicle length	Flag leaf length	Flag leaf width	Panicle exertion	Grain yield	Milling ratio	Head rice percent	Milling yield
Block	2	0.19^{ns}	0.04^{ns}	0.77^{ns}	0.35^{ns}	0.09^{ns}	0.001^{ns}	0.04^{ns}	99270.4^{ns}	4.27^{ns}	31.24^{ns}	17.24^{ns}
Genotype	147	53.52**	332.66**	6.38**	10.23**	26.89**	0.013**	17.44**	1931787**	15.33**	201.6**	180.48**
Line	143	39.13**	328.30**	5.92**	9.28**	25.06**	0.011**	17.03**	1878084**	15.21**	180.9**	162.55**
Control	3	607.96**	578.56**	25.5**	7.81**	23.33**	0.03**	24.73**	4802439**	18.09**	356.1**	253.911**
Line vs Control	1	447.24**	217.35**	15.1**	9.25**	13.50**	0.13**	53.90**	999385^{ns}	1.22^{ns}	2687**	2525.5**
Error	6	0.22	5.59	0.46	0.88	1.84	0.0001	0.07	215028.3	1.50	18.66	16.07
CV (%)	-	0.48	1.86	4.86	3.17	4.32	2.91	7.22	9.50	1.18	7.27	6.99

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

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در لاین‌های نوترکیب برنج در سال دوم

Table 5. Analysis of variance of the studied traits in recombinant inbred lines of rice in second year

Source of variations	df	Mean squares										
		Days to 50% flowering	Plant height	No. of panicle	Panicle length	Flag leaf length	Flag leaf width	Panicle exertion	Grain yield	Milling ratio	Head rice percent	Milling yield
Block	2	0.001*	41.79^{ns}	6.92^{ns}	2.38^{ns}	16.83^{ns}	0.002**	4.90^{ns}	15092.5^{ns}	52.18**	208.6**	71.47**
Genotype	147	56.39**	336.09**	6.45**	7.72**	10359**	0.12**	17.50**	1927170**	22.26**	182.5**	126.84**
Line	143	42.27**	314.55**	5.84**	7.55**	10299**	0.009**	16.08**	1570409*	21.38**	180.2**	125.98**
Control	3	560.75**	1233.09**	31.3**	11.61**	7.08^{ns}	0.055**	46.06**	4090603**	8.22**	177.2**	134.65**
Line vs Control	1	464**	9.07^{ns}	6.30**	15.2**	682.7**	0.18**	58.88**	1783814.5*	13.27^{ns}	326.4**	201.72**
Error	6	0.0001	15.40	1.87	1.52	21.29	0.0001	1.16	282806.3	3.64	8.34	6.39
CV (%)	-	0.53	2.23	4.53	4.42	3.57	2.87	6.59	8.64	1.12	6.72	5.44

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

جدول ۶- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های برنج بر اساس میانگین صفات مورد مطالعه طی دو سال اجرای آزمایش

Table 6. Comparison of means rice genotypes based on two years aerage of the studied traits

Genotype	Days to 50% flowering	Plant height	No. of panicle	Panicle length	Flag leaf length	Flag leaf width	Panicle exertion	Grain yield	Milling ratio	Head rice percentage	Milling yield
Khazar	98	116.67	10.67	28.93	31.70	1.03	9.23	3693.33	110.85	82.35	74.29
Ali_Kazemi	82	149.33	15.00	30.57	30.70	0.73	6.03	4846.67	106.52	92.78	87.10
Nemat	108	105.33	18.33	29.73	20.53	1.00	0.90	6226.67	112.36	90.42	80.47
Hashemi	79	150.00	15.33	32.80	33.33	0.83	9.70	4580.00	110.25	97.36	88.31
HN10-2	88	135.00	18.67	30.00	25.43	1.00	0.33	4326.67	106.81	95.25	89.18
HN10-6	105	108.33	15.33	28.97	33.93	1.00	1.57	3060.00	101.84	88.36	86.76
HN10-8	94	114.33	13.00	27.53	30.77	1.00	3.43	3106.67	117.51	104.25	88.72
HN10-9	109	134.00	12.67	28.07	31.93	1.13	3.57	4000.00	111.25	101.39	91.14
HN10-10	105	127.33	12.67	30.47	29.93	1.00	2.53	2006.67	100.36	81.22	80.93
HN10-13	102	125.00	11.00	24.43	33.70	1.00	4.27	1346.67	109.34	91.54	83.72
HN10-15	94	127.67	14.00	29.87	39.13	1.00	6.10	1880.00	114.85	86.34	75.18
HN10-16	97	139.00	8.67	30.43	30.83	0.93	12.17	3613.33	106.57	95.87	89.96
HN10-17	101	118.33	15.00	30.40	26.90	1.03	0.50	3400.00	108.45	96.4	88.89
HN10-18	106	131.00	15.00	29.17	35.97	1.10	2.83	2700.00	104.23	93.85	90.04
HN10-19	107	127.00	14.00	28.27	26.37	0.97	5.43	3860.00	109.25	88.63	81.13
HN10-20	96	124.33	15.33	29.83	30.53	0.80	5.87	3693.33	109.34	102.25	93.52
HN10-21	97	126.00	9.33	31.97	36.27	1.17	4.60	2953.33	111.47	104.32	93.59
HN10-22	97	128.33	18.33	29.33	31.33	0.93	3.97	4020.00	100.47	87.44	87.03
HN10-23	102	150.67	12.67	29.57	26.20	1.00	3.10	2526.67	110.25	105.34	95.55
HN10-24	101	118.67	13.00	29.37	26.20	1.00	0.77	4486.67	109.25	81.47	74.57
HN10-25	101	150.00	13.67	29.17	26.43	1.00	3.70	2866.67	112.27	87.3	77.76
HN10-26	99	149.33	9.67	35.30	29.93	1.03	1.80	2980.00	103.45	57.69	55.77
HN10-27	97	148.00	14.33	29.07	27.97	1.10	11.60	3793.33	107.25	92.36	86.12
HN10-28	104	113.00	12.67	29.57	29.50	1.10	2.47	1893.33	112.58	102.25	90.82
HN10-29	96	105.33	12.33	28.13	36.27	1.03	5.47	4086.67	114.36	105.98	92.67
HN10-30	97	95.67	12.33	29.77	23.13	1.10	0.93	4553.33	115.47	103.57	89.69
HN10-31	100	151.00	14.00	28.83	26.07	1.00	4.83	2966.67	106.39	81.98	77.06
HN10-32	108	138.33	12.00	29.93	36.70	1.10	4.60	1966.67	99.63	75.32	75.60
HN10-33	107	90.67	12.00	25.30	25.10	1.17	3.47	4540.00	107.21	85.36	79.62
HN10-34	96	123.67	16.00	28.73	33.20	0.97	4.60	4460.00	93.58	75.41	80.58
HN10-35	97	119.00	12.67	32.53	41.30	1.03	0.03	2820.00	109.35	96.58	88.32
HN10-36	94	110.33	12.33	27.63	28.73	0.90	6.30	2740.00	104.25	91.58	87.85
HN10-37	83	147.67	11.33	35.70	32.37	1.03	4.63	4793.33	105.25	87.57	83.20
HN10-38	102	93.67	14.00	23.40	26.82	1.00	1.83	3266.67	115.36	95.68	82.94
HN10-39	104	133.33	12.00	29.17	27.67	1.10	2.03	3553.33	106.35	94.58	88.93
HN10-40	107	150.33	11.33	28.77	31.60	1.00	5.27	3373.33	104.25	100.21	96.12
HN10-41	91	142.67	13.33	26.27	34.17	1.03	8.77	3100.00	106.35	99.82	93.86
HN10-42	97	108.67	13.67	31.37	26.23	1.07	1.87	4520.00	105.67	63.35	59.95
HN10-43	99	103.67	14.33	30.67	30.50	1.03	1.10	4073.33	105.53	92.57	87.72
HN10-45	98	158.33	11.33	26.47	29.73	1.33	7.23	3926.67	105.33	96.87	91.97
HN10-46	98	132.67	13.67	27.57	23.73	1.00	2.50	2893.33	115.87	104.63	90.30
HN10-47	104	130.33	15.00	32.27	37.73	1.03	3.30	3733.33	100.32	71.54	71.31
HN10-48	95	150.67	11.67	37.40	37.30	1.00	4.67	5173.33	118.68	91.52	77.11
HN10-49	94	120.33	10.00	32.93	30.17	0.97	0.77	4473.33	115.65	102.36	88.51
HN10-51	105	122.33	18.67	31.37	29.83	1.07	2.47	4280.00	107.24	91.36	85.19
HN10-52	110	101.67	14.33	26.33	24.93	1.03	1.73	4173.33	117.47	94.21	80.20
HN10-53	83	147.33	12.00	34.47	33.47	0.97	3.40	4706.67	102.35	84.36	82.42
HN10-54	106	158.00	12.00	31.52	36.43	1.27	6.50	3160.00	116.81	99.68	85.34
HN10-55	105	153.00	15.33	31.97	1267.57	1.00	10.77	4766.67	108.55	51.24	47.20
HN10-56	101	116.33	13.67	31.40	28.57	1.03	2.13	5466.67	109.36	88.24	80.69
HN10-57	91	110.00	17.00	29.10	32.73	0.97	1.40	5206.67	108.64	92.35	85.01

Table 6. Continued

جدول ۶- ادامه

HN10-58	103	143.33	16.00	33.03	26.97	1.07	4.63	4600.00	103.32	77.87	75.37
HN10-59	95	124.67	21.33	30.53	30.70	1.00	4.37	6126.67	106.35	93.25	87.68
HN10-60	106	142.33	12.67	33.30	32.67	1.13	0.70	3880.00	112.25	89.35	79.60
HN10-61	90	125.00	15.67	27.03	27.33	1.00	6.90	3133.33	114.25	89.75	78.56
HN10-62	93	136.67	14.67	28.40	29.07	0.90	11.13	3033.33	116.32	96.84	83.25
HN10-63	99	144.67	12.00	31.03	32.67	1.00	4.17	3300.00	117.47	105.85	90.11
HN10-64	84	119.67	17.67	29.43	29.30	1.00	3.97	4366.67	102.35	88.32	86.29
HN10-65	95	98.33	16.00	27.30	25.73	1.00	4.03	5173.33	101.75	60.35	59.31
HN10-67	92	125.00	11.00	26.93	27.43	1.13	5.37	5120.00	103	94	91.26
HN10-68	102	108.00	16.33	27.40	24.07	0.97	3.73	5100.00	106.35	92.57	87.04
HN10-69	104	137.33	12.00	30.88	28.67	1.00	6.60	3266.67	107.45	90.24	83.98
HN10-70	85	134.00	14.67	31.30	35.60	1.07	8.83	5100.00	102.24	89.35	87.39
HN10-70	85	134.00	14.67	31.30	35.60	1.07	8.83	5100.00	102.24	89.35	87.39
HN10-71	96	161.67	12.67	31.60	36.83	1.20	7.77	5846.67	106.35	76.86	72.27
HN10-72	92	159.33	12.33	31.20	33.50	1.03	4.00	6233.33	105.36	80.23	76.15
HN10-73	100	146.00	12.00	35.93	35.60	1.03	1.07	6260.00	110.25	98.36	89.22
HN10-74	101	158.67	12.00	31.73	30.83	1.03	2.07	6366.67	102.45	66.85	65.25
HN10-75	98	144.00	17.00	37.13	41.57	1.07	8.67	3473.33	106.31	93.24	87.71
HN10-76	105	157.00	11.33	30.47	32.50	1.10	4.43	2166.67	109.82	92.36	84.10
HN10-77	99	116.00	14.67	22.17	25.50	1.10	6.23	4986.67	111.13	96.36	86.71
HN10-78	102	122.00	12.33	29.40	31.07	1.00	2.63	3693.33	105.45	91.57	86.84
HN10-79	102	148.33	13.67	30.07	29.17	1.00	7.03	5400.00	105.26	92.34	87.73
HN10-80	105	142.00	15.33	28.80	33.97	1.13	1.83	4166.67	108.59	101.45	93.42
HN10-81	91	140.00	15.67	26.83	32.50	1.13	20.33	6080.00	112.85	93.65	82.99
HN10-83	104	148.33	14.67	27.77	30.87	1.20	5.87	4753.33	93.25	51.78	55.53
HN10-84	104	161.00	15.00	29.67	32.77	1.10	10.50	5220.00	106.71	75.26	70.53
HN10-85	95	145.00	11.67	34.93	34.00	1.20	3.13	6820.00	104.58	93.57	89.47
HN10-87	108	129.33	18.33	32.43	34.53	0.97	1.90	6780.00	107.82	103.51	96.00
HN10-88	107	149.33	12.00	31.70	33.57	1.10	1.40	2386.67	106.58	81.45	76.42
HN10-91	87	117.67	13.67	30.80	36.40	1.03	3.80	5100.00	109.38	100.84	92.19
HN10-92	98	139.00	18.00	24.97	27.20	1.00	4.80	5620.00	113.29	105.28	92.93
HN10-93	90	133.67	12.67	29.47	30.33	1.10	3.50	1966.67	106.37	98.54	92.64
HN10-94	107	151.67	13.33	27.73	25.30	1.00	5.50	5626.67	113.45	93.25	82.19
HN10-95	105	153.67	14.00	30.97	28.03	1.03	2.47	4620.00	108.42	95.34	87.94
HN10-98	97	129.00	14.33	28.40	27.43	1.00	8.77	6833.33	110.53	99.31	89.85
HN10-99	104	143.00	14.33	32.60	30.97	1.03	7.33	5766.67	104.93	63.35	60.37
HN10-100	90	134.33	17.67	30.83	26.80	0.83	6.97	5933.33	111.48	104.4	93.65
HN10-101	95	107.00	16.33	30.37	27.77	0.93	2.27	5780.00	109.7	69.98	63.79
HN10-102	99	109.33	12.33	28.27	28.37	1.10	0.33	5806.67	104.55	92.73	88.69
HN10-103	95	125.33	15.00	28.10	29.43	1.00	2.77	4873.33	102.52	58.26	56.83
HN10-104	107	147.00	13.00	30.27	31.70	1.07	5.43	6160.00	100.93	87.29	86.49
HN10-105	93	118.00	19.67	28.87	30.53	1.13	7.53	4980.00	105.37	53.29	50.57
HN10-106	90	118.67	11.67	29.87	32.70	0.97	4.13	4893.33	113.92	95.39	83.73
HN10-107	107	144.67	12.67	29.80	32.63	1.23	21.43	2700.00	108.58	93.54	86.15
HN10-108	110	137.67	14.67	31.10	31.73	1.10	7.37	4086.67	100.25	76.54	76.35
HN10-110	92	117.00	15.67	29.07	28.60	1.00	3.13	4653.33	110.92	102.63	92.53
HN10-111	85	120.67	13.67	28.03	29.37	0.97	1.73	5100.00	108.77	84.19	77.40
HN10-112	92	138.67	13.00	31.13	32.20	1.13	3.20	6333.33	108.45	103.61	95.54
HN10-113	91	140.67	16.33	26.80	29.97	1.03	3.93	7566.67	109.58	63.88	58.30
HN10-114	93	131.33	13.00	29.07	29.70	0.97	3.97	7286.67	102.85	83.57	81.25
HN10-115	96	154.33	15.33	29.57	30.97	1.20	7.60	5773.33	108.61	102.34	94.23
HN10-116	93	151.00	20.33	29.33	28.97	1.07	8.07	6306.67	95.53	56.31	58.94
HN10-117	108	168.67	12.67	36.07	28.13	1.30	1.33	4540.00	104.21	76.13	73.05
HN10-118	109	168.33	16.33	31.47	34.27	1.17	1.70	5966.67	103.25	88.24	85.46

Table 6. Continued

جدول ۶- ادامه

HN10-120	88	136.33	14.33	28.90	29.23	1.07	3.07	4866.67	105.71	56.39	53.34
HN10-121	94	102.67	11.67	28.90	29.23	1.10	1.17	5393.33	103.57	86.21	83.24
HN10-122	92	149.33	9.67	29.77	23.07	1.10	5.17	4686.67	105.35	92.54	87.84
HN10-123	95	143.67	13.67	25.27	23.50	1.00	5.97	5486.67	103.77	73.51	70.84
HN10-124	102	138.33	12.00	30.67	24.70	0.93	10.70	4840.00	110.53	83.42	75.47
HN10-126	104	120.33	11.00	28.13	29.40	1.03	1.40	3300.00	101.82	71.39	70.11
HN10-127	103	137.00	9.67	33.87	29.33	1.07	1.80	3153.33	104.96	93.64	89.21
HN10-128	86	140.33	15.67	31.50	31.60	1.00	7.90	4473.33	105.42	95.36	90.46
HN10-129	101	120.00	16.33	28.30	29.50	1.07	7.57	5240.00	106.37	98.37	92.48
HN10-130	102	118.67	18.67	30.83	29.03	0.77	4.00	6913.33	101.63	68.82	67.72
HN10-133	89	117.67	15.00	31.60	31.43	1.00	2.60	2266.67	98.25	73.24	74.54
HN10-134	99	132.33	15.00	27.53	29.37	0.97	4.27	6480.00	105.58	86.31	81.75
HN10-135	99	129.33	13.67	27.77	30.80	1.07	9.03	3160.00	105.36	97.47	92.51
HN10-139	96	151.67	10.67	32.10	30.50	1.00	12.07	4166.67	105.71	91.35	86.42
HN10-140	85	143.33	12.67	32.83	28.07	0.80	4.57	4026.67	109.24	103.24	94.51
HN10-141	109	120.00	15.00	28.90	31.60	1.00	1.57	3706.67	107.39	88.74	82.63
HN10-142	105	142.33	15.67	29.60	28.20	0.87	3.33	6966.67	105.76	99.34	93.93
HN10-143	96	149.67	13.67	31.83	31.23	1.00	10.33	6106.67	104.15	71.24	68.40
HN10-145	97	121.00	14.67	30.63	36.10	1.03	1.03	6626.67	106.82	69.37	64.94
HN10-146	112	167.33	13.33	31.77	32.20	1.00	11.10	3806.67	101.31	71.91	70.98
HN10-147	95	163.00	13.33	35.13	26.00	1.03	5.80	3846.67	112.75	98.76	87.59
HN10-148	98	134.00	10.00	28.53	27.20	0.87	4.03	3160.00	106.87	81.36	76.13
HN10-149	98	128.00	13.33	32.83	24.13	1.00	3.30	4413.33	113.63	101.27	89.12
HN10150	103	130.00	12.67	36.13	27.57	1.23	1.90	4133.33	106.05	96.85	91.32
HN10152	99	152.00	13.67	32.77	25.43	1.00	4.83	4226.67	105.32	94.65	89.87
HN10153	99	130.67	16.67	28.27	34.50	0.97	3.10	3880.00	102.36	98.71	96.43
HN10154	97	150.00	15.33	31.93	24.37	1.20	0.70	3013.33	102.25	91.47	89.46
HN10-156	97	129.00	16.00	27.90	23.53	1.10	1.40	5706.67	108.69	97.27	89.49
HN10-157	95	143.67	12.67	31.17	33.00	1.03	5.77	8453.33	102.81	93.58	91.02
HN10-158	97	83.33	17.67	27.87	28.67	0.97	0.37	4413.33	100.56	61.37	61.03
HN10-159	100	169.67	11.67	24.17	30.60	1.37	11.67	5333.33	106.39	99.81	93.82
HN10-160	97	131.67	11.67	29.43	34.60	1.03	7.53	3100.00	107.46	66.71	62.08
HN10-161	95	168.67	16.00	36.30	32.07	1.17	4.90	4533.33	112.25	102.58	91.39
HN10-163	111	116.67	13.33	31.47	35.60	1.07	1.70	3093.33	103.52	56.42	54.50
HN10-164	88	114.00	18.00	28.23	29.47	0.87	6.33	2513.33	109.32	99.64	91.15
HN10-165	96	125.33	16.00	29.23	28.87	1.13	1.03	3240.00	110.47	106.31	96.23
HN10-166	84	92.33	18.33	22.83	22.83	0.80	0.33	3260.00	102.58	99.64	97.13
HN10-167	96	131.67	13.33	33.87	32.73	1.00	5.13	4960.00	105.67	91.47	86.56
HN10-169	93	131.67	8.67	29.33	29.03	1.07	3.13	2913.33	107.81	83.74	77.67
HN10-170	89	107.33	15.67	27.27	31.67	1.20	2.17	6866.67	102.47	90.84	88.65
HN10-171	96	135.67	12.00	30.73	30.20	1.10	3.07	3180.00	99.64	85.21	85.52
HN10-172	101	115.00	14.00	29.40	34.07	1.10	4.90	3920.00	105.27	99.68	94.69
HN10-173	102	111.33	14.67	28.17	32.67	1.13	1.03	5686.67	105.68	81.95	77.55
HN10-174	104	144.67	21.00	34.93	28.67	1.20	1.50	5586.67	103.25	75.54	73.16
HSD (5%)	2.45	10.22	2.12	3.75	2.33	0.09	0.25	123	4.8	5.2	4.9
LSD (1%)	1.74	8.65	1.65	2.22	1.47	0.04	0.17	98	3.7	4.6	3.7

در برنامه‌های به‌نژادی، گزینش بر اساس تعداد زیادی صفت انجام می‌شود که ممکن است بین آن‌ها همبستگی مثبت یا منفی وجود داشته باشد. روش‌های تجزیه و تحلیل آماری که بتوانند تعداد صفات مؤثر بر عملکرد را کاهش دهند، برای اصلاح‌گران باارزش است. در این رابطه، استفاده از ضرایب همبستگی بین صفات مرسوم است. اگرچه این همبستگی‌ها، نوع رابطه علت و معلولی بین صفات را بیان نمی‌کنند (Stoskopf *et al.*, 2019)، اما بررسی ضرایب همبستگی بین صفات باعث می‌شود تا بتوان در مورد شاخص‌های انتخاب غیرمستقیم و حذف صفات غیرمؤثر تصمیم‌گیری بهتری داشت. همبستگی بالای بین صفات می‌تواند حاکی از وجود پیوستگی ژنی یا ژن‌هایی با آثار چندگانه (پلیوتروپی) باشد. وجود این همبستگی‌ها این امکان را می‌دهند تا بتوان به‌طور غیرمستقیم و با دقت بیش‌تری عمل انتخاب را انجام داد (Rabiei *et al.*, 2004).

نتایج به‌دست آمده از ضرایب همبستگی (جدول ۷) نشان داد که تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی، همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با طول خوشه، تعداد خوشه در بوته، عرض برگ پرچم، وزن برنج سالم و درصد تبدیل و همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با طول خروج خوشه از غلاف داشت. تعداد خوشه با صفات طول خوشه و عملکرد دانه همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌دار سطح احتمال یک درصد نشان داد، به‌عبارت دیگر ژنوتیپ‌هایی که تعداد خوشه بیش‌تری داشتند، دارای عملکرد بیش‌تری هم بودند و این مورد انتظار بود، زیرا تعداد خوشه یک صفت مرتبط با عملکرد و از اجزای آن است. با افزایش تعداد خوشه، طول خوشه و احتمالاً درصد باروری خوشه نیز افزایش می‌یابد.

ارتفاع بوته همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌دار با طول خوشه و منفی و معنی‌دار با تعداد خوشه و درصد تبدیل داشت. هنرنژاد (Honarnezhad, 2002) نیز همانند نتایج این تحقیق نشان داد که طول خوشه در ارقام پابلند بیش‌تر است و علت آن همبستگی مثبت طول خوشه با ارتفاع بوته است. محدثی و همکاران (Mohaddesi *et al.*, 2017) با مطالعه پایداری هفت ژنوتیپ برنج در دو منطقه طی سه سال و ارزیابی روابط بین صفات، همبستگی بین عملکرد دانه با صفات تعداد کل دانه، تعداد دانه پر و ارتفاع بوته را مثبت و معنی‌دار و با صفات تعداد پنجه در بوته و طول خوشه، منفی و معنی‌دار گزارش کردند که در مورد تعدادی از این همبستگی‌ها با نتایج تحقیق حاضر مطابقت نداشت. در مقابل، احمدی‌شاد و همکاران (Ahmadi Shad *et al.*, 2018) با مطالعه روی ۱۳۷ لاین نوترکیب نسل F6 برنج، ضرایب همبستگی بین صفات را مورد ارزیابی قرار دادند و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با صفات وزن صد دانه، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه پر در خوشه، طول خوشه و طول و عرض برگ پرچم گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در لاین‌های نوترکیب برنج بر اساس میانگین داده‌های دو سال

Table 7. Correlation coefficients among the studied traits in recombinant inbred lines of rice based on average of two years data

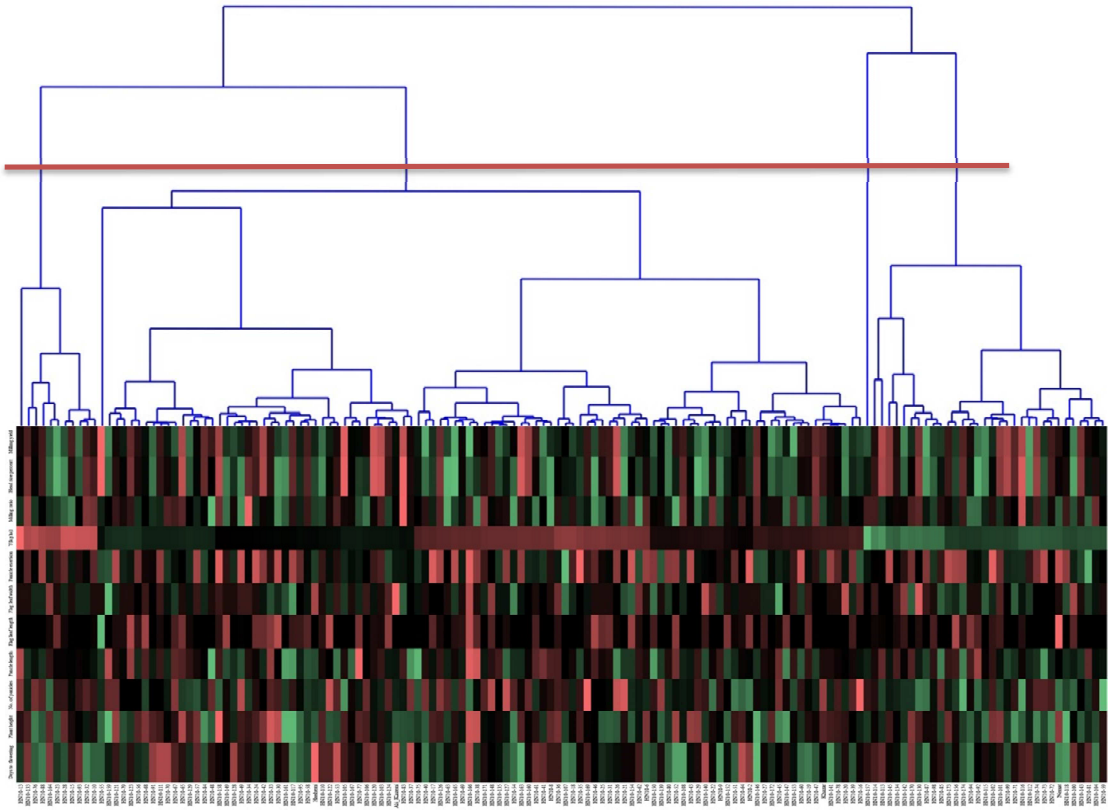
	Days to flowering	Plant height	No. of panicle	Panicle length	Flag leaf length	Flag leaf width	Panicle exertion	Grain yield	Milling ratio	Head rice percent
Days to 50% flowering	1									
Plant height	0.093	1								
No. of panicle	0.452	-0.39	1							
Panicle length	0.345	0.42	0.442	1						
Flag leaf length	0.084	0.101	0.04	0.072	1					
Flag leaf width	0.314	0.256	-0.19	0.068	-0.025	1				
Panicle exertion	-0.341	0.386	-0.059	-0.08	0.151	0.045	1			
Grain yield	-0.141	0.08	0.507	0.251	0.018	0.003	0.02	1		
Milling ratio	0.562	-0.268	-0.158	-0.038	0.023	-0.076	0.049	-0.122	1	
Head rice percent	0.442	-0.02	-0.116	-0.062	-0.231	-0.023	-0.006	-0.146	0.535	1
Milling yield	-0.118	-0.001	-0.084	-0.057	-0.261	-0.004	-0.021	-0.124	0.282	0.961

نتایج تجزیه خوشه‌ای بر مبنای میانگین صفات در دو سال، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را در چهار گروه مختلف قرار داد (شکل ۱). برای حصول اطمینان از نقطه برش دندروگرام و تعیین تعداد واقعی گروه‌ها از تجزیه تابع تشخیص استفاده شد (نتایج نشان داده نشده است). نتایج تجزیه تشخیص نشان داد که موفقیت تجزیه خوشه‌ای در گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها ۱۰۰ درصد بوده است. گروه اول شامل ۳۲ لاین HN10-114، HN10-113، HN10-145، HN10-134، HN10-142، HN10-170، HN10-130، HN10-87، HN10-98، HN10-85، HN10-173، HN10-156، HN10-174، HN10-94، HN10-92، HN10-115، HN10-102، HN10-101، HN10-99، HN10-71، HN10-116، HN10-112، HN10-74، HN10-73، HN10-72، HN10-118، HN10-100، HN10-143، HN10-81، HN10-104، HN10-59 و رقم نعمت بود. بررسی میانگین صفات مورد مطلعه در ژنوتیپ‌های گروه اول

نشان داد که این گروه از نظر تاریخ گل‌دهی وضعیت متوسط و از نظر تعداد پنجه و طول پنجه مقادیر بالایی را دارا بود و عملکرد دانه در این گروه نیز بالاتر از متوسط کل بود. در گروه دوم تنها یک لاین (HN10-157) قرار گرفت. این لاین از نظر صفات مرتبط با کیفیت دانه وضعیت مطلوبی داشت و از نظر عملکرد دانه بالا و قابل قبولی برخوردار بود.

گروه سوم به‌عنوان بزرگترین گروه دارای سه زیرخوشه بود. زیرخوشه اول شامل لاین‌های HN10-150، HN10-139، HN10-80، HN10-52، HN10-108، HN10-43، HN10-29، HN10-140، HN10-22، HN10-9، HN10-152، HN10-51، HN10-64، HN10-2، HN10-146، HN10-27، HN10-172، HN10-45، HN10-147، HN10-153، HN10-60، HN10-19، HN10-47، HN10-141، HN10-78، HN10-20، HN10-39، HN10-16 و رقم خزر بود. این لاین‌ها از نظر صفات مرتبط با کیفیت دانه وضعیت مطلوبی داشتند و مقادیر حداکثری را برای این صفات دارا بودند. اما از نظر صفت روز تا گل‌دهی نیز مقادیر بالایی داشتند که زیاد مطلوب نیست. از نظر عملکرد دانه نیز مقادیر متوسطی داشتند. زیرخوشه دوم دارای لاین‌های HN10-75، HN10-40، HN10-17، HN10-126، HN10-63، HN10-165، HN10-69، HN10-166، HN10-38، HN10-171، HN10-148، HN10-135، HN10-127، HN10-54، HN10-163، HN10-160، HN10-61، HN10-41، HN10-8، HN10-36، HN10-107، HN10-18، HN10-35، HN10-169، HN10-46، HN10-25، HN10-31، HN10-26، HN10-21، HN10-154 و HN10-62 بود. این زیرگروه وضعیت تقریباً مشابهی با زیرگروه قبلی داشت، اما از نظر عملکرد دانه ضعیف‌تر بود و ارتفاع بوته کم‌تری نیز نسبت به زیرگروه قبلی داشت. زیرگروه سوم، شامل لاین‌های HN10-55، HN10-159، HN10-121، HN10-79، HN10-123، HN10-56، HN10-68، HN10-91، HN10-111، HN10-70، HN10-67، HN10-65، HN10-129، HN10-57، HN10-84، HN10-48، HN10-158، HN10-149، HN10-128، HN10-49، HN10-34، HN10-24، HN10-42، HN10-33، HN10-30، HN10-161، HN10-117، HN10-95، HN10-58، HN10-110، HN10-122، HN10-53، HN10-105، HN10-167، HN10-77، HN10-106، HN10-120، HN10-103، HN10-124، HN10-83 و HN10-37 همراه با ارقام هاشمی و علی‌کاظمی بود. بیش‌تر لاین‌های موجود در این زیرگروه ویژگی‌های مشابه والد هاشمی داشتند. آن‌ها دارای مقادیر حداقلی برای تعداد روز تا رسیدگی بودند، اما از نظر عملکرد مقادیر متوسط و رو به بالا و بیش‌تر این لاین‌ها از نظر صفات مرتبط با کیفیت دانه نیز دارای مقادیر مطلوبی بودند. در گروه چهارم نیز لاین‌های HN10-13، HN10-133، HN10-76، HN10-88، HN10-164، HN10-23، HN10-28، HN10-15، HN10-93، HN10-32 و HN10-10 قرار گرفتند. این گروه از نظر تعداد روز تا گلدهی، ارتفاع بوته و عملکرد دانه وضعیت مطلوبی نداشت و ژنوتیپ‌های این گروه دیررس و پابلند بودند و از نظر عملکرد نیز کم‌ترین مقادیر را داشتند.

بین میانگین کل و میانگین هر گروه انحرافات نسبتاً زیادی ملاحظه شد که می‌تواند نشان‌دهنده وجود تنوع در بین ژنوتیپ‌ها باشد. بررسی میزان شباهت‌ها و فاصله‌های بین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای (جدول ۸) نشان داد که بیش‌ترین تشابه بین گروه‌های سوم و چهارم و سپس بین گروه‌های اول و دوم و در مقابل، بیش‌ترین فاصله بین گروه‌های اول و دوم با گروه چهارم و سپس با گروه سوم وجود داشت. از آن‌جایی که ژنوتیپ‌های موجود در هر یک از خوشه‌ها دارای قرابت ژنتیکی بیش‌تری با ژنوتیپ‌های موجود در همان خوشه و برعکس فاصله ژنتیکی بیش‌تری با ژنوتیپ‌های موجود در خوشه‌های متفاوت هستند، بنابراین برای بهره‌وری بیش‌تر از پدیده‌هایی مانند هترویس و تفکیک متجاوز، می‌توان دورگ‌گیری را با توجه به ارزش میانگین صفات برای هر خوشه، بین ژنوتیپ‌های موجود در خوشه‌های مختلف انجام داد. بر این اساس، به‌نظر می‌رسد با دورگ‌گیری بین ژنوتیپ‌های موجود در خوشه‌های اول و دوم با ژنوتیپ‌های موجود در خوشه‌های سوم و چهارم، بتوان دورگ‌هایی تولید کرد که از نظر صفات مختلفی برتر از والدین خود باشند.



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با از استفاده از میانگین داده‌های دو سال
Figure 1. Cluster analysis of the studied genotypes using average of two years data

جدول ۸- شباهت (بالای قطر) و فاصله ژنتیکی (پایین قطر) بین گروه‌های ایجاد شده توسط تجزیه خوشه‌ای
Table 8. Similarity (above diameter) and genetic distance (below diameter) among the groups derived from cluster analysis

Cluster	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
Cluster 1	-	0.751	0.208	0.142
Cluster 2	0.249	-	0.208	0.142
Cluster 3	0.792	0.792	-	0.792
Cluster 4	0.858	0.858	0.208	-

نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی در جدول ۹ ارایه شده است. با توجه به اینکه در تجزیه به مولفه‌های اصلی، مولفه‌ها مستقل و غیر همبسته هستند، بنابراین نقش مهمی در شناسایی جنبه‌های مختلف صفات و گزینش ارقام در برنامه‌های اصلاح نباتات ایفا می‌کند (Rahimi *et al.*, 2009). همان‌طور که جدول ۹ نشان می‌دهد، تعداد پنج مولفه مستقل توسط تجزیه به مولفه‌های اصلی شناسایی شد که در مجموع حدود ۸۲ درصد از تنوع کل صفات را در جمعیت مورد مطالعه توجیه کردند. مولفه اول دارای ضرایب منفی متوسطی برای صفات طول برگ پرچم و عملکرد و ضرایب مثبت و بزرگی برای صفات درصد تبدیل و درصد برنج سفید بود. بنابراین با توجه به این مولفه می‌توان ژنوتیپ‌های با ضریب تبدیل بالای دانه را تفکیک کرد. مولفه دوم، بالاترین ضرایب مثبت را برای صفاتی مانند ارتفاع بوته، طول خوشه، روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، طول خروج خوشه از غلاف و طول و عرض برگ پرچم داشت، ولی برای تعداد پنجه ضریب منفی و نسبتاً بزرگی مشاهده شد و بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌ها با این مولفه می‌تواند ژنوتیپ‌های با قامت و خوشه بلند را تفکیک کند. مولفه سوم دارای بزرگ‌ترین ضرایب مثبت برای عملکرد دانه، طول خروج خوشه از غلاف،

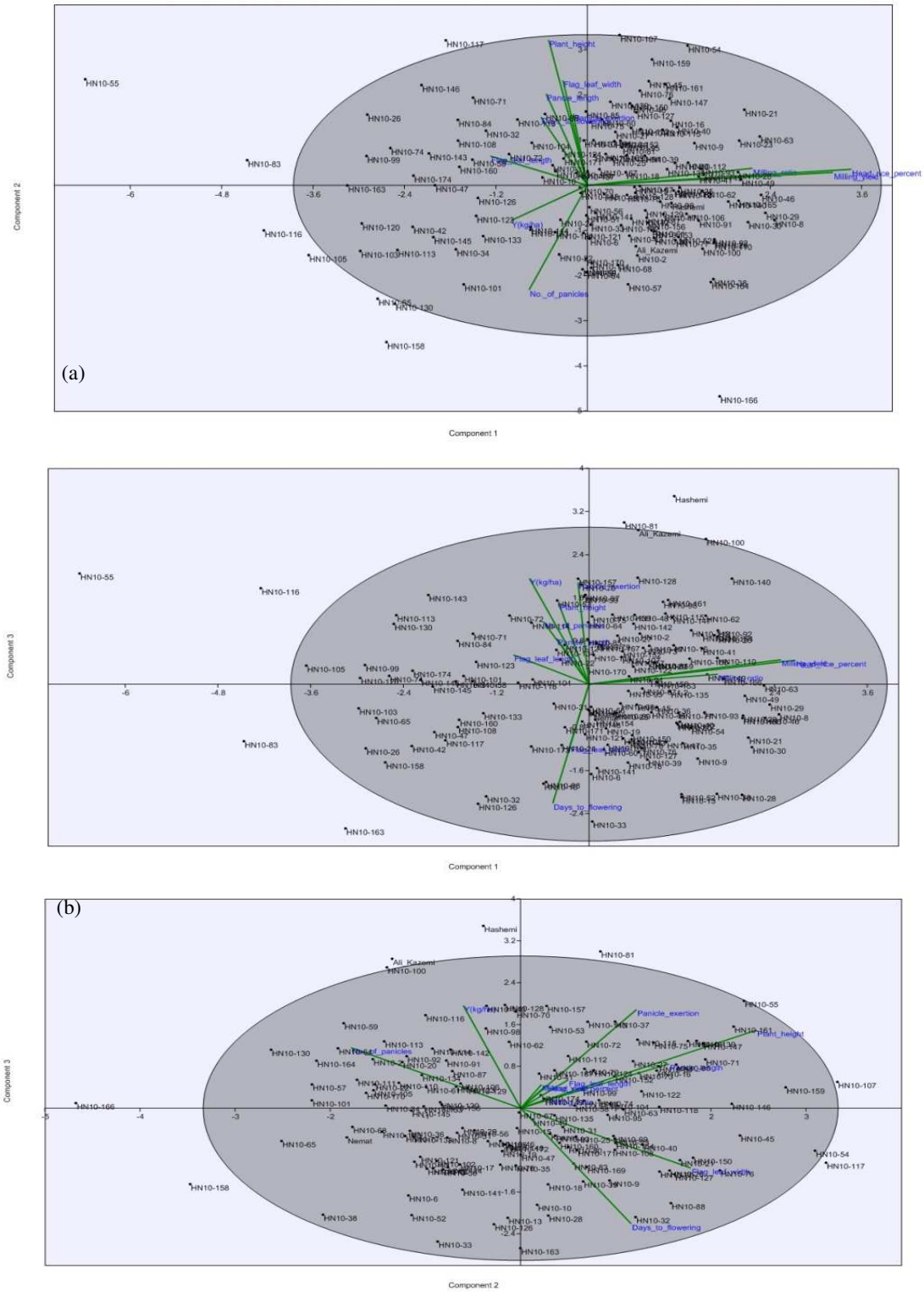
ارتفاع بوته، تعداد خوشه و طول خوشه و بزرگ‌ترین ضریب منفی برای روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی بود. بنابراین با توجه به این مولفه می‌توان ژنوتیپ‌های پرمحصول و زودرس را تفکیک کرد. مولفه چهارم دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای عملکرد دانه، طول و تعداد خوشه و ضرایب منفی برای طول برگ پرچم، طول خروج خوشه از غلاف و ضریب تبدیل و مولفه پنجم دارای ضرایب مثبت و بزرگ برای عرض برگ پرچم و طول خروج خوشه از غلاف و منفی بزرگ برای طول خوشه بود. رحیمی و همکاران (Rahimi *et al.*, 2009) نیز پنج مولفه اصلی با توصیف ۸۲ درصد از تنوع کل را گزارش دادند، اما برخی از محققین از جمله الهقلی‌پور و محمدصالحی (Allahgholipour and Mohammad Salehi, 2003) و باقری و همکاران (Bagheri *et al.*, 2008) تا شش مولفه را نیز معرفی کردند.

به‌منظور تعیین پراکنش ژنوتیپ‌ها و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از نمودار دوبعدی حاصل از مولفه‌های اصلی به‌همراه صفات مورد مطالعه (که محورهای افقی و عمودی آن‌را مولفه‌ها تشکیل می‌دهند و صفات مربوطه نیز در داخل نمودار مشخص می‌شوند)، استفاده و سه مولفه اصلی مهم‌تر برای تفکیک ژنوتیپ‌ها در نمودار دوبعدی انتخاب شد (شکل ۲). نتایج نشان داد که لاین‌های HN10-8، HN10-29، HN10-46، HN10-63، HN10-30، HN10-21، HN10-49، HN10-23، HN10-165، HN10-28، HN10-140، HN10-166، HN10-92، HN10-20، HN10-110، HN10-38، HN10-164، HN10-149، HN10-100، HN10-62، HN10-93، HN10-41، HN10-91، HN10-9، HN10-112، HN10-54، HN10-106، HN10-35، HN10-13، HN10-52، HN10-40، HN10-77، HN10-80، HN10-172، HN10-16، HN10-147، HN10-135، HN10-161 به‌همراه رقم هاشمی در یک گروه قرار گرفتند. این ارقام از نظر صفات مرتبط با کیفیت دانه نسبت به سایر ارقام برتر بودند. لاین‌های HN10-107، HN10-117، HN10-54، HN10-159، HN10-55، HN10-45، HN10-161، HN10-146، HN10-76، HN10-71، HN10-147، HN10-139، HN10150، HN10-48، HN10-21، HN10-85، HN10-127، HN10-88، HN10-26، HN10-118، HN10-60، HN10-84، HN10-16، HN10-75، HN10-40، HN10-122، HN10-73، HN10-115، HN10-32، HN10-27 و HN10-63 نیز در گروه دوم قرار گرفتند و از نظر صفات ارتفاع بوته، روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، طول و عرض برگ پرچم، طول خوشه و تعداد خوشه برتر بودند. سایر لاین‌ها نیز در گروه سوم قرار گرفتند و از نظر عملکرد دانه وضعیت مطلوبی داشتند.

جدول ۹- بار مولفه‌های صفات ارزیابی شده به‌همراه واریانس نسبی و تجمعی مولفه‌های اصلی

Table 9. Component loading of the studied traits together with relative and cumulative variance of the principal components

Traits	Principal component				
	1	2	3	4	5
Days to 50% flowering	-0.11	0.27	-0.51	0.04	0.25
Plant height	0.09	0.57	0.35	0.11	0.01
No. of panicle	-0.14	-0.41	0.29	0.18	0.27
Panicle length	-0.09	0.36	0.19	0.36	-0.62
Flag leaf length	-0.23	0.11	0.13	-0.52	-0.11
Flag leaf width	-0.06	0.41	-0.26	0.27	0.45
Panicle exertion	0.03	0.28	0.44	-0.43	0.41
Grain yield	-0.18	-0.14	0.46	0.38	0.25
Milling ratio	0.39	0.07	0.04	-0.33	-0.12
Head rice percent	0.62	0.06	0.10	0.07	0.07
Milling yield	0.58	0.05	0.10	0.19	0.11
Relative variance	31.97	16.43	12.49	11.70	9.47
Cumulative variance	31.97	48.4	60.89	72.59	82.06



شکل ۲- نمودارهای دو بعدی مولفه‌های اصلی و صفات مورد مطالعه جهت گروه‌بندی لاین‌های برنج. a) مولفه‌های اول و دوم، b) مولفه‌های اول و سوم، c) مولفه‌های دوم و سوم.

Figure 2. Bi-plot plots of principal components and the studied traits to group rice lines. a) First and second pricipals, b) First and third pricipals, c) Second and third pricipals.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع مناسبی در بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر همه صفات اندازه‌گیری شده وجود داشت. نتایج مقایسه میانگین بین لاین‌ها و نیز گروه‌بندی لاین‌ها با تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که لاین‌های ۱۵۷، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۴۲ و ۱۳۰ بیش‌ترین و لاین‌های ۱۳، ۱۵، ۲۸، ۳۲، ۹۳ و ۱۰ دارای کم‌ترین مقدار عملکرد دانه بودند. بررسی ضرایب همبستگی بین صفات نیز نشان داد که عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با تعداد خوشه و طول خوشه و همبستگی منفی با تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی داشت. روز تا ۵۰ درصد گلدهی نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار با درصد تبدیل، وزن برنج سالم، طول خوشه، تعداد خوشه و عرض برگ پرچم و همبستگی منفی و معنی‌دار با طول خروج خوشه از غلاف داشت. بنابرین می‌توان انتظار داشت که با انتخاب لاین‌های دارای تعداد و طول خوشه بیش‌تر و در مقابل روز تا ۵۰ درصد گلدهی کم‌تر، بتوان به لاین‌های با عملکرد دانه بیش‌تر و دوره گلدهی و طبیعتاً رسیدگی کم‌تر دست یافت. همچنین تجزیه به مولفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها را به‌ترتیب به سه و چهار گروه مختلف تقسیم کردند، به‌طوری که با تلاقی بین لاین‌های با فاصله بیش‌تر می‌توان دورگ‌های برتر از والدین را تولید کرد.

References

Agahi, K., Fotokian, M. H. and Younesi, Z. 2012. Study of genetic diversity and important correlations of agronomic traits in rice genotypes (*Oryza sativa* L.). **Iranian Journal of Biology** 25 (1): 97-100. (In Persian with English Abstract).

Ahmadi Shad, M. A., Sohani, M. M., Ebadi, A. A., Samizadeh Lahiji, H. and Hosseini Chaleshtori, M. 2018. Choice of the effective traits on grain yield as selection indices in progressive F_6 populations in rice (*Oryza sativa* L.). **Cereal Research** 8 (2): 157-167. (In Persian with English Abstract).

Allahgholipour, M. 1997. Correlation of some important crop characteristics of rice with yield through causality analysis. M. Sc. Dissertation, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Tehran, Iran. (In Persian).

Allahgholipour, M. and Mohammad Salehi, M. S. 2003. Factor and path analysis in different rice genotypes. **Seed and Plant Journaol** 19 (1): 76-86. (In Persian with English Abstract).

Arzani, M. 2001. Plant breeding. Isfahan University of Technology Press.

Bagheri, N., Babaeian-Jelodar, N. and Hassan-Nataj, E. 2008. Genetic diversity of Iranian rice germplasm based on morphological traits. **Iranian Journal of Field Crops Research** 6 (2): 235-243. (In Persian with English Abstract).

Bapu, J. R. K. and Pandian, G. S. 1992. Genotypic association and path analysis in F_3 generation of rice crosses. **Madras Agricultural Journal** 11: 619-623.

Eidi Kohneki, M., Kiani, Gh. and Nematzadeh, Gh. 2015. Morphological and molecular selection of fertility restorer gene (s) in segregating populations of rice. **The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture)** 38 (2): 89-98. (In Persian with English Abstract).

FAO. 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT database. www.fao.org/faostat.

Ghorbani, H., Samizadeh Lahiji. H., Rabiei, B. and Allahgholipour, M. 2011. Grouping different rice genotypes using factor and cluster analyses. **Journal of Agricultural Science** 21: 89-104. (In Persian with English Abstract).

Honarnezhad, R. 2002. Study of correlation between some quantitative traits and grain yield in rice (*Oryza sativa* L.) using path analysis. **Iranian Journal of Crop Science** 4 (1): 25-34. (In Persian with English Abstract).

Kordrostami, M., Rabiei, B. and Hassani Kumleh, H. 2016. Association analysis, genetic diversity and haplotyping of rice plants under salt stress using SSR markers linked to *SalTol* and morpho-physiological characteristics. **Plant Systematics and Evolution** 302 (7): 871-890.

Mohaddesi, A., Erfani, R., Sharifi, P., Aminpanah, H. and Abbasian, A. 2017. Studying the relationships between yield and yield components and stability of some of rice genotypes using biplot method. **Cereal Research** 6 (4): 411-421. (In Persian with English Abstract).

Nili, A., Rabiei, B., Allahgholipour, M. and Ebadi, A. A. 2017. Assessing molecular diversity and genetic relationships among rice (*Oryza sativa* L.) varieties. **Cereal Research** 7 (1): 33-50. (In Persian with English Abstract).

Onda, Y. and Mochida, K. 2016. Exploring genetic diversity in plants using high-throughput sequencing techniques. **Current Genomics** 17 (4): 358-367.

Rabiei, B. and Mohit, A. 2013. Analysis and interpretation of experimental designs in agricultural researches (with emphasis on SAS software). University of Guilan Press. (In Persian). 430 p.

Rabiei, B., Valizadeh, M., Ghareyazie, B. and Moghaddam, M. 2004. Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. **Field Crops Research** 89: 359-367.

Rahimi, M., Ramezani, M. and Rabiei, B. 2009. Identification of elite lines and hybrids of rice using factor analysis. **Pajouhesh and Sazandegi** 84: 78-85. (In Persian with English Abstract).

Schlegel, R. H. 2009. Dictionary of plant breeding. CRC Press.

SES. 2005. Standard evaluation system for rice. International Rice Research Institute (IRRI), Philippines. 56 p.

Sharifi, P., Dehghani, H., Momeni, A. and Moghaddam, M. 2013. Study the genetic relations of some of rice agronomic traits with grain yield by using multivariate statistical methods. **Iranian Journal of Field Crops Research** 44 (2): 1-13. (In Persian with English Abstract).

Siadat, S. A., Fathi, G., Hemaiaty, S. S. and Biranvand, M. 2004. Effect of planting dates on paddy yield and yield components in three rice cultivars. **Iranian Journal of Agricultural Sciences** 35: 234-242. (In Persian with English Abstract).

Stoskopf, N. C., Tomes, D. T., Christie, B. R. and Christie, B. R. 2019. Plant breeding: Theory and practice. CRC Press.

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.

Vejdan, R., Nematzadeh, Gh., Kiani, Gh., Ouladi, M. and Gholizadeh, A. 2015. Evaluation of genetic diversity of some rice restoration and maintenance cultivars using morphological traits. Proceeding of the 16th National Rice Conference, Feb. 15-16, 2015, Sari, Iran. (In Persian).

Ulukapi, K. and Nasircilar, A. G. 2018. Induced mutation: Creating genetic diversity in plants. In: El-Esawi, M. (Ed.). Genetic diversity in plant species: Characterization and conservation. IntechOpen.

doi: 10.22124/cr.2020.16522.1602

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

(Research Article)

Cereal Research
Vol. 10, No. 1, Spring 2020 (1-17)

Grouping rice recombinant inbred lines using cluster and principal component analysis methods

Mona Pishnamazzadeh Emami[1], Ali Akbar Ebadi[2*], Nasser Mohebalipour[3], Hassan Nourafcan[4] and Jalil Ajali[5]

Received: December 14, 2019 Accepted: May 13, 2020

Abstract

To study the genetic diversity and grouping of rice recombinant inbred lines (RILs), 144 RILs derived from a cross between two Iranian rice varieties, Nemat and Hashemi, were evaluated in Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran, in two crop seasons, 2018 and 2019. The experiment was carried out based on augmented design with four varieties (two parents, Hashemi and Nemat, and two other varieties, Ali Kazemi and Khazar) as control treatments in randomize complete block design with three replications. The results of data analysis of variance showed that there was a significant difference among rice genotypes for all studied traits. The highest coefficient of variation in both years was observed for panicle exertion and grain yield, respectively, and the lowest for milling ratio. Comparison of means showed that some lines were superior to others in terms of yield and other important agronomic traits. Cluster analysis based on the average of two years data grouped the studied genotypes into four clusters. The results of principal component analysis showed that five independent principal components explained about 82% of the total variation and the related two dimensional plot also classified the studied genotypes into three groupes. According to the results of comparison of means, cluster analysis and principal component analysis, the RILs 157, 113, 114, 142 and 130 with the highest grain yield and the lowest early maturity were selected as the superior lines in this study and can be used to introduce cultivar and/or hybrid production in future breeding programs.

Keywords: Early maturity, Genetic diversity, Grain yield, Milling ratio

1. Ph. D. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Facutly of Agriculture, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran
2. Research Assist. Prof., Rice Reaserch Institute of Iran, Agricultural Reaserch, Education and Extention Organization (AREEO), Rasht, Iran
3. Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Facutly of Agriculture, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran
4. Assist. Prof., Dept. of Horticultural Sciences, Facutly of Agriculture, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran
5. Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Facutly of Agriculture, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran
* Corresponding author: ebady al@yahoo.com