

ارزیابی روابط عملکرد دانه و اجزای عملکرد و گروه‌بندی لاین‌های نوترکیب برنج (*Oryza sativa* L.) Relationship between grain yield and its components and grouping of rice (*Oryza sativa* L.) recombinant inbred lines

مریم دانش گیلوایی^۱، حبیب‌اله سمیع‌زاده^۲ و بابک ربیعی^۳

چکیده

دانش گیلوایی، م. ح. سمیع‌زاده و ب. ربیعی. ۱۳۹۵. ارزیابی روابط عملکرد دانه و اجزای عملکرد و گروه‌بندی لاین‌های نوترکیب برنج (*Oryza sativa* L.).
مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(۳): ۲۵۷-۲۷۲.

به منظور تعیین روابط میان عملکرد دانه و اجزای عملکرد و گروه‌بندی ۱۵۰ لاین نوترکیب (F8) برنج حاصل از تلاقی ارقام سپیدرود و غریب، تحقیقی در قالب طرح آگمنت در بهار سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان انجام شد. بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد کل دانه در خوشه و طول خوشه وجود داشت. در تجزیه علیت عملکرد دانه، بیشترین آثار مستقیم مثبت مربوط به طول برگ پرچم و تعداد خوشه در بوته بود که نشان دهنده اهمیت این صفات در عملکرد دانه می‌باشد. این صفات می‌توانند به عنوان معیارهای انتخاب غیر مستقیم در بهبود ژنتیکی عملکرد در برنامه‌های اصلاحی استفاده شوند. تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش وارد با احتمال صحت ۹۴ درصد لاین‌های مورد بررسی را در سه خوشه مجزا گروه‌بندی کرد. لاین‌های گروه سوم به علت داشتن مقادیر بالای صفات تعداد پنجه و خوشه در بوته، ارتفاع بوته، طول خوشه، نرخ باروری، وزن هزار دانه، عملکرد، محتوای آب نسبی برگ (RWC) و مقدار کلروفیل ارزشمند هستند و می‌توان از این لاین‌ها برای گزینش لاین‌های پرمحصول و صفات زراعی مطلوب در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: برنج، همبستگی، تجزیه به مولفه‌ها، تجزیه خوشه‌ای، حداقل واریانس وارد.

این مقاله مستخرج از پایان نامه دکتری نگارنده اول می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۴

۱- دانشجوی دکتری دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

۲- دانشیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: hsamizadeh@guilan.ac.ir)

۳- استاد دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

مقدمه

در برنامه‌های اصلاح نباتات، انتخاب بر اساس تعداد زیادی صفت زراعی صورت می‌گیرد که ممکن است بین آن‌ها همبستگی مثبت و منفی وجود داشته باشد. محققان با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های مورد بررسی را بر اساس شباهت آن‌ها از نظر تعدادی از صفات گروه‌بندی می‌نمایند. در این حالت افرادی که در یک گروه قرار می‌گیرند، شبیه بهم بوده و افراد گروه‌های دورتر، تفاوت بیشتری با هم خواهند داشت (Romesborg, 1990).

مطالعات متعددی در زمینه همبستگی بین صفات و تجزیه خوشه‌ای در برنج انجام شده است. صفایی چایکار و همکاران (Safaei Chaeikar *et al.*, 2009) در بررسی ۴۹ ژنوتیپ برنج گزارش نمودند که در محیط نرمال، تعداد خوشه در بوته و در محیط تنش تعداد دانه پر در خوشه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد شلتوک داشتند. نتایج حاصل از تجزیه علیت نشان داد که در هر دو شرایط محیطی، تعداد خوشه در بوته و میزان آب نسبی برگ بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد شلتوک داشتند. در شرایط آبیاری مطلوب بیشترین اثر غیرمستقیم و مثبت را میزان آب نسبی برگ از طریق تعداد خوشه در بوته اعمال کرد در حالی که در شرایط تنش رطوبتی بیشترین اثر غیرمستقیم و مثبت بر عملکرد مربوط به صفت تعداد دانه پر در خوشه از طریق تعداد خوشه در بوته بود. ناندان و همکاران (Nandan *et al.*, 2010) در بررسی ۳۳ ژنوتیپ برنج همبستگی مثبت و معنی‌دار میان عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا گلدهی، ارتفاع گیاه، تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه و نرخ باروری دانه گزارش کردند. سانی و همکاران (Sanni *et al.*, 2010) در بررسی ۴۳۴ نمونه از ژرم پلاسم برنج بر اساس ۱۴ صفت مرفولوژیک با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA نمونه‌ها را در هفت خوشه گروه‌بندی کردند.

رحیمی و همکاران (Rahimi *et al.*, 2010) به منظور بررسی همبستگی و روابط بین عملکرد و سایر صفات کمی و زراعی شش رقم برنج گزارش کردند که عملکرد دانه همبستگی مثبت معنی‌داری با عرض، زاویه و مساحت برگ پرچم، تعداد خوشه در بوته و طول دوره رویشی داشت. همبستگی وزن هزار دانه با عملکرد منفی بود. تجزیه خوشه‌ای به روش وارد صفات مورد مطالعه و ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه طبقه‌بندی نمود. باقری و همکاران (Bagheri *et al.*, 2011) در بررسی ۲۶ ژنوتیپ برنج نشان دادند که طول خوشه، تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه و تعداد خوشه در بوته همبستگی معنی‌داری با عملکرد داشت. قربانی و همکاران (Ghorbani *et al.*, 2011) در بررسی ۲۹ رقم برنج با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را در ۹ گروه قرار دادند.

راویندرا بابو و همکاران (Ravindra Babu *et al.*, 2012) در بررسی تجزیه علیت ۷ صفت کمی در ۲۱ برنج هیبرید نشان دادند که تعداد پنجه بارور در گیاه دارای بالاترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه بود و اثر غیر مستقیم تعداد پنجه بارور از طریق صفات طول خوشه، تعداد روز تا گلدهی و ارتفاع گیاه بر روی عملکرد دانه منفی بود. بعد از تعداد پنجه بارور، طول خوشه اثر مستقیم مثبت روی عملکرد دانه در بوته داشت و تعداد دانه پوک در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، وزن هزار دانه، تعداد روز تا گلدهی و ارتفاع گیاه اثر مستقیم منفی روی عملکرد دانه در بوته داشتند. این محققین پیشنهاد نمودند که انتخاب بر مبنای تعداد پنجه بارور به علت همبستگی بالا و معنی‌دار با عملکرد و اثر مستقیم مثبت و بالا بر عملکرد در بهبود عملکرد مفید است. چاکراورتی و همکاران (Chakravorty *et al.*, 2013) در بررسی ۱۸ صفت کمی در ۵۱ رقم برنج با استفاده از تجزیه کلاستر ارقام را بر اساس تنوع مکان

افزایش عملکرد در واحد سطح مشخص نمود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد مطالعه در این پژوهش شامل ۱۵۰ لاین نوترکیب (F₈) حاصل از تلاقی ارقام سپیدرود (یک رقم اصلاح شده و پاکوتاه ایرانی، کیفیت پخت و تبدیل پایین، تعداد پنجه و خوشه زیاد و عملکرد نسبتاً بالا و حساس به خشکی به عنوان والد نر) و غریب (یک رقم محلی گیلان با ارتفاع متوسط تا بلند، کیفیت پخت متوسط تا خوب، تعداد پنجه و خوشه کم و عملکرد پایین، در مرحله گلدهی و رسیدگی متحمل به خشکی، به عنوان والد ماده) (Abarshahr *et al.*, 2011) بود که به همراه شش رقم غریب، سپیدرود، طارم محلی، هاشمی، علی کاظمی و شاه‌پسند به عنوان ارقام شاهد در قالب طرح آگمنت با استفاده از طرح بلوک کامل تصادفی با ۴ تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان واقع در رشت با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۷ متر از سطح دریای آزاد در سال زراعی ۱۳۹۳ انجام شد. برای اجرای آزمایش، بذرها در خزانه کشت و گیاهچه‌ها در مرحله چهار برگی به زمین اصلی منتقل شدند، به طوری که از هر لاین تعداد ۲۵ بوته به صورت تک بوته با فاصله ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر (یک خط در هر کرت) نشاکاری شدند.

صفات مورد ارزیابی در این پژوهش شامل تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (تعداد روز از زمان کاشت بذر در خزانه تا زمانی که ۵۰ درصد از خوشه‌های هر لاین از غلاف بیرون آمدند)، تعداد روز تا رسیدگی کامل (تعداد روزهای از کاشت بذر در خزانه تا مرحله رسیدگی کامل دانه‌ها)، تعداد پنجه در بوته، تعداد خوشه در بوته (تعداد پنجه‌های بارور و قابل برداشت در مرحله خمیری شدن دانه)، طول برگ پرچم، عرض

جغرافیایی در ۱۰ کلاستر قرار دادند. ونکاتا لاکشمی و همکاران (Venkata Lakshmi *et al.*, 2014) در بررسی ۷۰ ژنوتیپ برنج همبستگی مثبت و معنی‌دار میان عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور در گیاه و همبستگی منفی و معنی‌دار عملکرد دانه با طول خوشه گزارش کردند. وورد و همکاران (Worede *et al.*, 2014) در بررسی ۱۷ صفت کمی در ۲۴ ژنوتیپ برنج با استفاده از تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها را بر اساس تعداد روز تا گلدهی، ارتفاع گیاه، بیوماس، عملکرد دانه و طول، عرض و وزن دانه در دو کلاستر قرار دادند.

یزدانی و همکاران (Yazdani *et al.*, 2014) در بررسی ۶۵ ژنوتیپ برنج در حال تفکیک در شرایط شوری مختلف توسط تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های مورد بررسی را در ۴ گروه قرار دادند. فتای و همکاران (Fentie *et al.*, 2014) در بررسی ۱۲ ژنوتیپ برنج همبستگی مثبت و معنی‌دار میان عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا گلدهی، طول خوشه، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه بارور در گیاه، تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه پر خوشه گزارش کردند. کیوندو و کیوندگرامی (Kundu and Kundagrami, 2015) در بررسی تجزیه علیت در ۴۳ ژنوتیپ برنج گزارش کردند که صفات تعداد دانه در خوشه، تعداد پنجه، تعداد روز تا رسیدگی اثر مستقیم مثبت روی عملکرد دانه در بوته داشتند و اثر غیرمستقیم مثبت تعداد دانه در خوشه از طریق سایر صفات نشان داد که انتخاب مستقیم تعداد دانه در خوشه برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا موثر است. با توجه به اهمیت افزایش عملکرد و شناسایی عوامل موثر در بهبود عملکرد، پژوهش حاضر با هدف بررسی روابط میان عملکرد و اجزای آن، تجزیه ضرایب همبستگی میان صفات و تعیین نقش و میزان سهم هر یک از این صفات بر عملکرد دانه صورت پذیرفت تا از طریق آن بتوان شاخص‌های مناسب انتخاب جهت استفاده در برنامه‌های به نژادی در آینده برای بالا بردن

برگ پرچم، مساحت برگ پرچم (حاصل ضرب طول در عرض برگ پرچم در ضریب $0/74$)، دمای کانوپی (دمای روی برگ مشخصی از یک بوته معین در بین بوته‌های هر لاین از چهار طرف بین ساعت ۱۰ تا ۱۴ با استفاده از دستگاه ترمومتر (Ray Tek))، میزان سبزیگی برگ پرچم (عدد کلروفیل متر) با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی (SPAD-502 Minolta Co., Japan)، ارتفاع بوته (طول ساقه اصلی پس از خوشه‌دهی از سطح خاک تا نوک بلندترین خوشه به سانتی‌متر بدون در نظر گرفتن ریشک)، طول خوشه (اندازه طول خوشه مربوط به پنجه اصلی از گره زیر خوشه تا نوک خوشه به سانتی‌متر)، تعداد دانه پوک در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد کل دانه در خوشه، نرخ باروری (نسبت دانه‌های پر در خوشه اصلی به کل دانه‌های موجود در آن خوشه)، وزن هزار دانه (وزن هزار دانه تصادفی بر حسب گرم)، عملکرد دانه (اندازه‌گیری وزن کلیه دانه‌های پر در واحد سطح مزرعه) بودند. اندازه‌گیری تمامی صفات مطابق با دستورالعمل استاندارد ارزیابی صفات در برنج (Standard Evaluation System) انجام شد (IRRI, 2002). برای اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه به غیر از عملکرد دانه که در واحد سطح مزرعه اندازه‌گیری شد، ۵ بوته به طور تصادفی انتخاب شد و میانگین آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. به منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) سه قطعه دو سانتی‌متری از برگ پرچم در مرحله گلدهی جدا و RWC با روش ساییدکیو و همکاران (Siddique *et al.*, 2000) بر اساس رابطه ۱ اندازه‌گیری شد.

برگ پرچم، مساحت برگ پرچم (حاصل ضرب طول در عرض برگ پرچم در ضریب $0/74$)، دمای کانوپی (دمای روی برگ مشخصی از یک بوته معین در بین بوته‌های هر لاین از چهار طرف بین ساعت ۱۰ تا ۱۴ با استفاده از دستگاه ترمومتر (Ray Tek))، میزان سبزیگی برگ پرچم (عدد کلروفیل متر) با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی (SPAD-502 Minolta Co., Japan)، ارتفاع بوته (طول ساقه اصلی پس از خوشه‌دهی از سطح خاک تا نوک بلندترین خوشه به سانتی‌متر بدون در نظر گرفتن ریشک)، طول خوشه (اندازه طول خوشه مربوط به پنجه اصلی از گره زیر خوشه تا نوک خوشه به سانتی‌متر)، تعداد دانه پوک در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد کل دانه در خوشه، نرخ باروری (نسبت دانه‌های پر در خوشه اصلی به کل دانه‌های موجود در آن خوشه)، وزن هزار دانه (وزن هزار دانه تصادفی بر حسب گرم)، عملکرد دانه (اندازه‌گیری وزن کلیه دانه‌های پر در واحد سطح مزرعه) بودند. اندازه‌گیری تمامی صفات مطابق با دستورالعمل استاندارد ارزیابی صفات در برنج (Standard Evaluation System) انجام شد (IRRI, 2002). برای اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه به غیر از عملکرد دانه که در واحد سطح مزرعه اندازه‌گیری شد، ۵ بوته به طور تصادفی انتخاب شد و میانگین آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. به منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) سه قطعه دو سانتی‌متری از برگ پرچم در مرحله گلدهی جدا و RWC با روش ساییدکیو و همکاران (Siddique *et al.*, 2000) بر اساس رابطه ۱ اندازه‌گیری شد.

$$RWC(\%) = \left[\frac{FW - DW}{TW - DW} \right] \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

در رابطه ۱، FW وزن تازه برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن تورژسانس برگ است. بر این اساس کاهش درصد آب برگ

$$RWD(\%) = 100 - RWC \quad (\text{رابطه ۲})$$

مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل برگ از $0/1$ گرم بافت برگ پرچم در مرحله گلدهی بر اساس روش لیچتن تالر و ولبورن (Lichtenthaler and Wellburn, 1983) تعیین شد. غلظت پرولین به روش بی‌تس و همکاران (Bates *et al.*, 1973) با استفاده از $0/5$ گرم بافت برگ پرچم در مرحله گلدهی تعیین شد.

برای درک روابط بین صفات از همبستگی پیرسون و برای تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات موثر بر عملکرد دانه از تجزیه علیت استفاده گردید. برای گروه‌بندی لاین‌های مورد بررسی بر اساس شباهت آن‌ها از نظر صفات مرفولوژیک و فیزیولوژیک از تجزیه خوشه‌ای استفاده گردید. برای تعیین واقعی گروه‌ها و تأیید گروه‌بندی از تجزیه تابع تشخیص به روش گام به گام استفاده شد (Jobson, 1992). برای محاسبه همبستگی، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه تابع تشخیص از نرم افزار SPSS19 (SPSS-Inc, 2010) استفاده شد و برای تجزیه ضرایب علیت از نرم افزار path استفاده شد.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین بین والدین با آزمون t-استیودنت نشان داد که تفاوت معنی‌داری برای اکثر صفات مورد مطالعه وجود داشت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که لاین‌های مورد آزمایش از لحاظ کلیه صفات دارای اختلاف معنی‌داری بودند (جدول ارائه نشده است) که با توجه به معنی دار بودن تنوع بین شاهد‌ها و بین لاین‌ها، برای تعیین روابط بین صفات ابتدا از تجزیه همبستگی ساده، تفکیک همبستگی کل به اثرات مستقیم و غیرمستقیم از تجزیه علیت و از تجزیه خوشه‌ای برای گروه‌بندی لاین‌ها استفاده شد.

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن برای لاین‌های نوترکیب برنج

Table 1. Correlation coefficients between grain yield and related characteristics in recombinant inbred lines of rice

Plant characteristics	صفات گیاهی	DF	DM	NTP	NPP	FLL	FLW	FLA	PH	PL	AL	NESP	NFGP	NTSP	PF
DF	تعداد روز تا گل‌دهی	1													
DM	تعداد روز تا رسیدگی	0.99**	1												
NTP	تعداد پنجه در بوته	0.04 ^{ns}	0.04 ^{ns}	1											
NPP	تعداد خوشه در بوته	0.05 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.91**	1										
FLL (cm)	طول برگ پرچم	0.22**	0.22**	-0.03 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	1									
FLW (cm)	عرض برگ پرچم	0.29**	0.30**	0.05 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.26**	1								
FLA (cm ²)	مساحت برگ پرچم	0.32**	0.32**	0.01 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.80**	0.78**	1							
PH (cm)	ارتفاع بوته	-0.15 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.17*	-0.00 ^{ns}	0.09 ^{ns}	1						
PL (cm)	طول خوشه	0.13**	0.14 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.26**	0.15 ^{ns}	0.25**	0.42**	1					
AL (cm)	طول ریشک	-0.30 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	-0.17*	-0.13 ^{ns}	0.03 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	1				
NUGP	تعداد دانه پوک در خوشه	0.31**	0.31**	0.10 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.05 ^{ns}	-0.19*	0.11 ^{ns}	0.05 ^{ns}	1			
NFGP	تعداد دانه پر در خوشه	0.05 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.02 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.20*	0.21*	0.14 ^{ns}	0.18*	-0.09 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	1		
NTSP	تعداد کل دانه در خوشه	0.27**	0.09 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.20*	0.20*	-0.03 ^{ns}	0.22**	-0.03 ^{ns}	0.64**	0.68**	1	
PF (%)	میزان باروری خوشه	-0.29**	-0.05 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	-0.10 ^{ns}	0.01 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.21*	-0.03 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	-0.91**	0.43**	0.34**	1
1000 GW (g)	وزن هزار دانه	-0.37**	-0.07 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	0.00 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.19*	-0.03 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.75**	-0.00 ^{ns}	-0.56**	0.71**
GY (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه	-0.04 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.41**	0.45**	0.26**	0.23**	0.26**	0.14 ^{ns}	0.26**	0.04 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.28**	0.26**	0.06 ^{ns}
RWC (%)	محتوای آب نسبی برگ	-0.17*	-0.17*	0.16 ^{ns}	0.12 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	0.01 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.05 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	-0.17*	-0.17*	0.00 ^{ns}
RWD (%)	کمبود آب نسبی برگ	0.17*	0.17*	-0.16 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.05 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.17*	0.17*	-0.00 ^{ns}
CT (°C)	دمای پوشش گیاهی	-0.04 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	-0.34**	-0.39**	-0.00 ^{ns}	-0.17*	-0.11 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	0.08 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.24**	-0.24**	-0.05 ^{ns}
SPAD	عدد کلروفیل متر	0.06 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.13 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.05 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.24**	0.08 ^{ns}	0.24**	-0.13 ^{ns}
Cha (mg.g ⁻¹ Fw)	کلروفیل a	-0.12 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	0.19*	0.15 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.05 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	-0.18*	-0.17*	-0.00 ^{ns}
Chb (mg.g ⁻¹ Fw)	کلروفیل b	-0.08 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	0.19*	0.15 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.04 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.18*	-0.14 ^{ns}	-0.02 ^{ns}
TCh (mg.g ⁻¹ Fw)	کلروفیل کل	-0.10 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.19*	0.15 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.05 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	-0.18*	-0.16*	-0.01 ^{ns}
Proline (μmol.g ⁻¹ Fw)	پرولین	-0.09 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.10 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.02 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	0.02 ^{ns}	-0.10 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.00 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}

جدول ۱- ادامه

Table 1. Continued

Plant characteristics	صفات گیاهی	1000GW	GY	RWC	RWD	CT	SPAD	Cha	Chb	TCh	Proline
DF	تعداد روز تا گل دهی										
DM	تعداد روز تا رسیدگی										
NTP	تعداد پنجه در بوته										
NPP	تعداد خوشه در بوته										
FLL (cm)	طول برگ پرچم										
FLW (cm)	عرض برگ پرچم										
FLA (cm ²)	مساحت برگ پرچم										
PH (cm)	ارتفاع بوته										
PL (cm)	طول خوشه										
AL (cm)	طول ریشک										
NUGP	تعداد دانه پوک در خوشه										
NFGP	تعداد دانه پر در خوشه										
NTSP	تعداد کل دانه در خوشه										
PF (%)	میزان باروری خوشه										
1000 GW (g)	وزن هزار دانه	1									
GY (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه	0.07 ^{ns}	1								
RWC (%)	محتوای آب نسبی برگ	0.09 ^{ns}	0.27 ^{**}	1							
RWD (%)	کمبود آب نسبی برگ	-0.09 ^{ns}	-0.27 ^{**}	-1.00 ^{**}	1						
CT (°C)	دمای پوشش گیاهی	0.01 ^{ns}	-0.59 ^{**}	-0.12 ^{ns}	0.12 ^{ns}	1					
SPAD	عدد کلروفیل متر	-0.15 ^{ns}	0.26 ^{**}	0.00 ^{ns}	-0.00 ^{ns}	-0.18 [*]	1				
Cha (mg.g ⁻¹ Fw)	کلروفیل a	0.09 ^{ns}	0.28 ^{**}	0.92 ^{**}	-0.92 ^{**}	-0.11 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	1			
Chb (mg.g ⁻¹ Fw)	کلروفیل b	0.07 ^{ns}	0.29 ^{**}	0.87 ^{**}	-0.87 ^{**}	-0.10 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	0.98 ^{**}	1		
TCh (mg.g ⁻¹ Fw)	کلروفیل کل	0.08 ^{ns}	0.29 ^{**}	0.91 ^{**}	-0.91 ^{**}	-0.11 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	0.998 ^{**}	0.99 ^{**}	1	
Proline (μmol.g ⁻¹ Fw)	پرولین	0.03 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.14 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.22 ^{**}	0.08 ^{**}	0.06 ^{ns}	0.07 ^{ns}	1

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

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

DF: روز تا ۵۰٪ گلدهی، DM: روز تا ۸۵٪ رسیدگی، NTP: تعداد پنجه در بوته، NPP: تعداد خوشه در بوته، FLL: طول برگ پرچم، FLW: عرض برگ پرچم، FLA: مساحت برگ پرچم، PH: ارتفاع بوته، PL: طول خوشه، AL: طول ریشک، NFGP: تعداد دانه پوک در خوشه، NFGP: تعداد دانه پر در خوشه، NTSP: تعداد کل دانه در خوشه، PF: میزان باروری خوشه، 1000 GW: وزن هزار دانه، GY: عملکرد دانه، RWC: محتوای آب نسبی برگ، RWD: کمبود آب نسبی برگ، CT: دمای پوشش گیاهی، SPAD: عدد کلروفیل متر، Ch a: کلروفیل a، Ch b: کلروفیل b، TCh: کلروفیل کل، Proline: پرولین

DF: Days to 50% flowering; DM: Days to 85% maturity; NTP: No. Tillers.plant⁻¹; NPP: No. Panicle.plant⁻¹; FLL: Flag leaf length, FLW: Flag leaf width, FLA: Flag leaf area; PH: Plant height; PL: Panicle length; AL: Awn length; NUGP: No. Unfilled grain.panicle⁻¹; NFGP: No. Filled grain.panicle⁻¹; NTSP: No. Total spikelet.panicle⁻¹, PF: Panicle fertility; 1000GW: Thousand grain weight; GY: Grain yield; RWC: Relative water content; RWD: Relative water deficient, CT: Canopy temperature; SPAD: SPAD value; Cha: Chlorophyll a; Ch b: Chlorophyll b; TCh: Total chlorophyll

همکاران (Chakravorty *et al.*, 2013)، فنتای و همکاران (Fentie *et al.*, 2014)، ونکاتا لاکشمی و همکاران (Venkata Lakshmi *et al.*, 2014) مطابقت داشت. صفاتی که همبستگی زیادی با عملکرد دارند می‌توانند برای بهبود عملکرد دانه در برنامه‌های به‌نژادی به عنوان مبنایی برای انتخاب قابل توصیه باشند.

هنگامی که تعداد زیادی صفت یک خصوصیت را تحت تاثیر قرار می‌دهند تفکیک همبستگی کل به اثرات مستقیم و غیرمستقیم درک بیشتری از ارتباط بین صفت وابسته مانند عملکرد و صفت غیر وابسته مانند اجزای عملکرد را می‌دهد (Nandan *et al.*, 2010). در تجزیه علیت، عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع و ۹ صفت انتخابی باقی مانده در مدل رگرسیونی به عنوان متغیر مستقل انتخاب شدند. طول برگ پرچم بیشترین اثر مستقیم مثبت (۱/۸۶) را بر عملکرد دانه داشت ولی به علت اثر غیرمستقیم منفی و بالا برخی صفات مانند تعداد خوشه در بوته (۱/۰۶-) و میزان کلروفیل b (۰/۴۱-) همبستگی طول برگ پرچم با عملکرد دانه کاهش (۰/۲۰*) یافت. تعداد خوشه در بوته پس از طول برگ پرچم بیشترین اثر مستقیم مثبت (۱/۸۰) را بر عملکرد دانه داشت و بیشترین تاثیر منفی خود را بر عملکرد دانه از طریق طول برگ پرچم (۱/۱۰-) و میزان کلروفیل b (۰/۱۴-) اعمال کرد. اثر مستقیم دمای کانوبی (۰/۹۵) مثبت و بالا بود ولی اثر غیرمستقیم آن از طریق تعداد خوشه در بوته (۰/۶۹-) منفی و بالا بود که به این ترتیب اثر غیرمستقیم آن را خنثی کرده و همبستگی کل منفی و معنی دار شده است. تعداد دانه پر در خوشه دارای اثر مستقیم مثبت (۰/۳۷) بر عملکرد دانه بود و اثر غیرمستقیم آن از طریق طول برگ پرچم مثبت (۰/۲۳) و از طریق میزان کلروفیل b منفی و کم (۰/۱۹-) و از طریق سایر صفات ناچیز بود. میزان کلروفیل b دارای اثر مستقیم منفی و بالا (۰/۹۱-) بود ولی اثرات غیرمستقیم آن از طریق طول برگ پرچم (۰/۸۴) و تعداد خوشه در بوته (۰/۲۷) مثبت بود.

بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مختلف باعث می‌شود تا بتوان ضمن تعیین نوع رابطه بین صفات و شناسایی صفات با ارتباط معنی دار با یکدیگر، در مورد شاخص‌های غیرمستقیم انتخاب و حذف صفات غیرمؤثر به‌طور دقیق تصمیم‌گیری نمود (Gholparvar *et al.*, 2002). نتایج حاصل از برآورد ضرایب همبستگی بین صفات مختلف نشان داد که بالاترین همبستگی مربوط به رابطه محتوای آب نسبی برگ و کاهش درصد آب برگ ($r = -1^{**}$)، میزان کل کلروفیل با کلروفیل a ($r = 0/998^{**}$) و با کلروفیل b ($r = 0/99^{**}$)، تعداد روز تا گلدهی رسیدگی ($r = 0/99^{**}$) و میزان کلروفیل a و b ($r = 0/98^{**}$) بود (جدول ۱). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد کل دانه در خوشه وجود داشت. نتایج مذکور با یافته‌های ناندان و همکاران (Nandan *et al.*, 2010)، باقری و همکاران (Bagheri *et al.*, 2011)، فنتای و همکاران (Fentie *et al.*, 2014) و ونکاتا لاکشمی و همکاران (Venkata Lakshmi *et al.*, 2014) مطابقت داشت. با توجه به نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد با انتخاب لاین‌هایی که تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه و تعداد دانه در خوشه بیشتری دارند، به ارقامی دست یافت که عملکرد دانه بالایی دارند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با طول خوشه وجود داشت. این نتایج در تطابق با گزارش‌های باقری و همکاران (Bagheri *et al.*, 2011) و فنتای و همکاران (Fentie *et al.*, 2014) بود در حالی که با نتیجه ونکاتا لاکشمی و همکاران (Venkata Lakshmi *et al.*, 2014) مطابقت نداشت. وجود تفاوت در نتایج را می‌توان به متفاوت بودن مواد گیاهی و شرایط محیطی در هر یک از مطالعات نسبت داد. بین عملکرد دانه با وزن هزار دانه همبستگی مشاهده نشد که با نتایج راویندرا بابو و همکاران (Ravindra Babu *et al.*, 2012)، چاکراورتی و

جدول ۲- برآورد آثار مستقیم و غیر مستقیم صفات گیاهی بر عملکرد دانه لاین‌های نوترکیب برنج

Table 2. Estimates of direct and indirect effects of plant characteristics on grain yield in recombinant inbred lines of rice

Independent characteristics	صفات مستقل	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیر مستقیم indirect effects									همبستگی صفات با عملکرد دانه Correlation coefficient with grain yield
			دمای پوشش گیاهی	خوشه در بوته	طول برگ پرچم	کلروفیل b	دانه پر در خوشه	عدد کلروفیل متر	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی	پرولین	طول خوشه	
			CT	NPP	FLL	Ch b	NFGP	SPAD	DF	Proline	PL	
CT	دمای پوشش گیاهی	0.95	1	-0.69	-0.01	0.09	-0.09	-0.03	0.02	-0.002	0.03	-0.59**
PNP	خوشه در بوته	1.80	-0.04	1	-1.10	-0.14	-0.01	0.02	-0.03	-0.01	-0.04	0.45**
FLL	طول برگ پرچم	1.86	-0.00	-1.06	1	-0.41	0.05	-0.01	-0.14	0.01	-0.09	0.20*
Chb	کلروفیل b	-0.91	-0.01	0.27	0.84	1	0.07	-0.00	0.05	-0.01	-0.01	0.29**
NFGP	دانه پر در خوشه	0.37	-0.02	-0.03	0.23	-0.19	1	0.01	-0.03	0.00	-0.07	0.28**
SPAD	عدد کلروفیل متر	0.17	-0.02	0.24	-0.08	0.02	0.03	1	-0.04	-0.03	-0.04	0.26**
DF	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی	-0.61	-0.00	0.10	0.41	0.07	0.02	0.01	1	0.01	-0.05	-0.04 ^{ns}
Proline	پرولین	-0.14	0.001	0.18	-0.11	-0.5	-0.00	0.04	0.05	1	-0.01	-0.04 ^{ns}
PL	طول خوشه	-0.37	-0.01	0.20	0.48	-0.04	0.07	0.02	-0.08	-0.00	1	0.26**

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

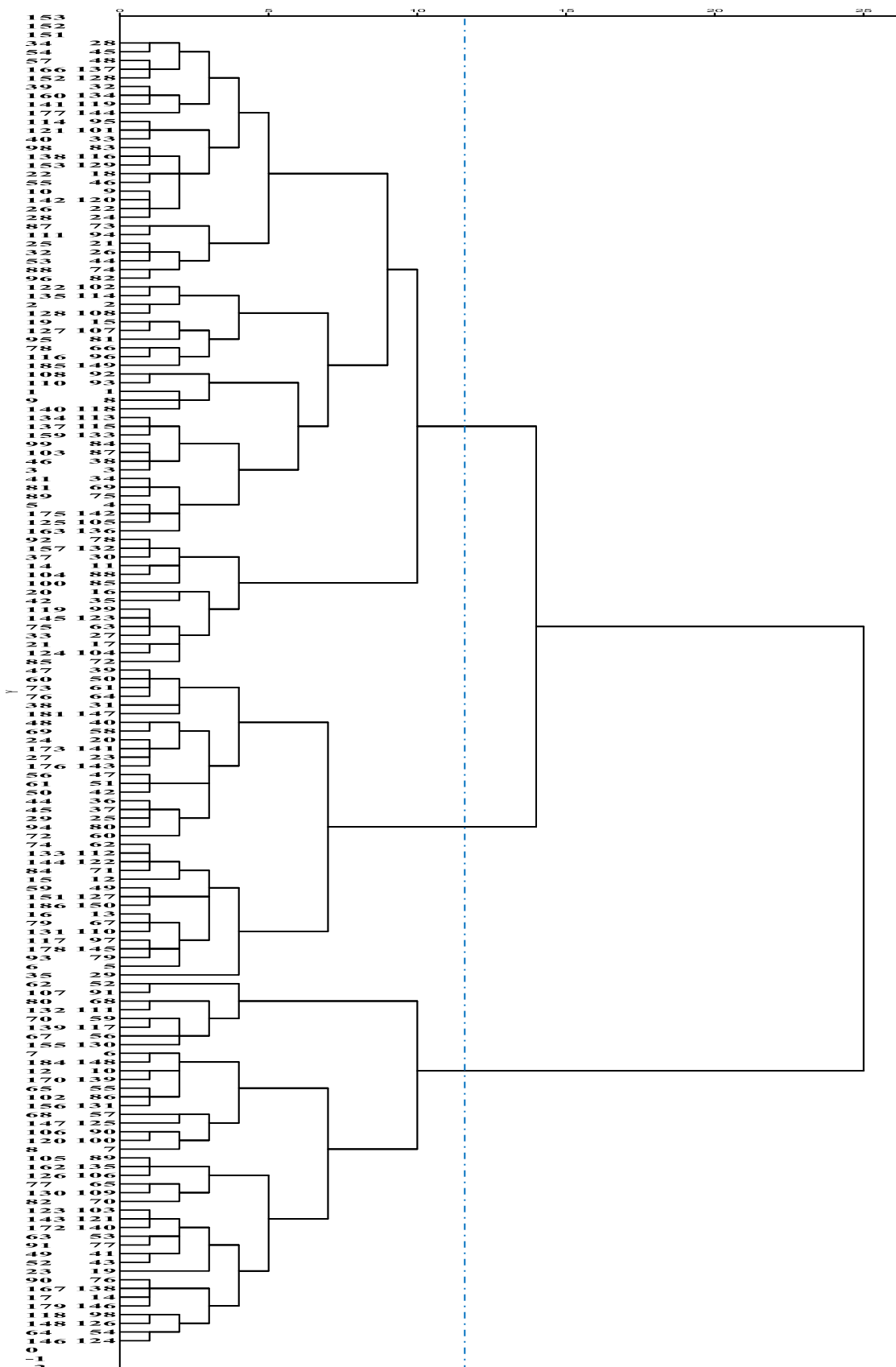
آثار باقیمانده = ۰/۲۱

Residual effect = 0.21

خوشه سوم) قرار داد. مقایسه میانگین برای صفات مورد نظر نیز در هر گروه انجام شد (جدول ۳). لاین‌های خوشه اول از نظر میانگین صفات تعداد روز تا گلدهی ($0.73 \pm 96/63$) و رسیدگی کامل ($0.81 \pm 116/21$)، طول برگ پرچم ($0.77 \pm 37/67$)، عرض برگ پرچم ($0.23 \pm 1/22$) و مساحت برگ پرچم ($1/11 \pm 34/37$)، تعداد دانه پوک در خوشه ($2/92 \pm 38/25$)، تعداد کل دانه در خوشه ($2/55 \pm 114/51$)، تعداد کل دانه در خوشه ($3/58 \pm 152/75$)، کاهش درصد آب برگ (RWD) ($0.88 \pm 33/13$) و مقدار پرولین برگ پرچم ($0.37 \pm 15/49$) نسبت به خوشه‌های دیگر و میانگین کل بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. در این گروه لاین‌های دیررس با تعداد دانه بیشتر، کاهش درصد آب برگ (RWD) و مقدار پرولین برگ پرچم بالا قرار گرفتند. برگ پرچم در مقایسه با سایر اندام‌های گیاه برنج موثرترین ساختمان فتوسنتزی محسوب می‌گردد که به میزان ۴۱ تا ۴۳ درصد در افزایش وزن دانه سهم است. از اینرو برگ پرچم از نظر فتوسنتزی، فعال‌ترین برگ در طول دوره تشکیل دانه محسوب می‌شود. به نظر می‌رسد ارقامی که مساحت برگ پرچم بالاتری دارند، سطح برگ بیشتری برای به دام انداختن نور و انجام فتوسنتز داشته و در نتیجه قادر به تولید مواد فتوسنتزی بیشتری نیز باشند، بنابراین افزایش مساحت برگ پرچم در مرحله پر شدن دانه می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد ارقام داشته باشد (Mahmood and Chowdhry, 2000). به دلیل هم‌زمانی اوج فعالیت این برگ با دوره تشکیل و پر شدن دانه، سطح این برگ عاملی مهم در انتخاب ارقام پر محصول می‌باشد. برای معرفی ارقام با عملکرد بالا در آینده ممکن است افزایش سطح برگ مدنظر گرفته شود (Horton, 2000). همچنین صفات تعداد دانه پر در خوشه و تعداد کل دانه در خوشه از اجزای عملکرد دانه به حساب می‌آیند، بنابراین لاین‌های دارای تعداد دانه پر

تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی دارای اثر مستقیم منفیو بالا ($0/61-$) بود و اثر غیرمستقیم آن از طریق طول برگ پرچم مثبت ($0/41$) و از طریق سایر صفات ناچیز بود که به این ترتیب اثر غیرمستقیم آن را خنثی کرده و همبستگی کل غیر معنی‌دار شده است. طول خوشه دارای اثر مستقیم منفی ($0/37-$) بود و اثر غیرمستقیم آن از طریق طول برگ پرچم ($0/48$) و تعداد خوشه در بوته ($0/20$) مثبت و از طریق سایر صفات ناچیز بود. اثر مستقیم سایر صفات وارد شده در مدل رگرسیون بر عملکرد دانه کم بود (جدول ۲). با توجه به نتایج حاصل از ضرایب همبستگی و تجزیه علت توصیه می‌شود که صفات تعداد خوشه در بوته، طول برگ پرچم و تعداد دانه پر در خوشه به منظور دستیابی به لاین‌های با عملکرد بالا در لاین‌های نوترکیب مورد مطالعه استفاده شوند. راویندرا بابو و همکاران (Ravindra Babu *et al.*, 2012) و کیوندو و کیونداگرامی (Kundu and Kundagrami, 2015) نیز اثر مستقیم مثبت و بالا تعداد پنجه روی عملکرد دانه را گزارش نمودند. بیشترین اثر غیرمستقیم مثبت بر عملکرد مربوط به میزان کلروفیل b از طریق طول برگ پرچم ($0/84$) و بعد از آن طول خوشه از طریق طول برگ پرچم ($0/48$) بود و بیشترین اثر غیرمستقیم منفی را تعداد خوشه در بوته از طریق طول برگ پرچم ($1/10-$) بر عملکرد اعمال کرد. صفایی چایکار و همکاران (Safaei Chaeikar *et al.*, 2009) گزارش کردند که در شرایط تنش رطوبتی بیشترین اثر غیرمستقیم مثبت بر عملکرد شلتوک مربوط به صفت تعداد دانه پر در خوشه از طریق تعداد خوشه در بوته بود.

دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۱۵۰ لاین بر اساس صفات زراعی و فیزیولوژی در شکل ۱ ارائه شده است. گروه‌بندی لاین‌ها با روش حداقل واریانس وارد (شکل ۱) لاین‌ها را در سه گروه (۷۲ لاین در خوشه اول، ۳۶ لاین در خوشه دوم و ۴۲ لاین در



شکل ۱- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای لاین‌های مورد بررسی برنج با استفاده از روش وارد

Fig. 1. Dendrogram of cluster analysis in studied rice lines by ward method

جدول ۳- میانگین خصوصیات گروه‌های مختلف لاین‌های برنج حاصل از تجزیه خوشه‌ای

Table 3. Mean of plant characteristics of different groups of rice lines in cluster analysis

Plant traits	صفات گیاهی	میانگین و انحراف معیار Mean and Standard Error			میانگین کل Total mean
		Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	
Traits	صفات گیاهی	96.63 ± 0.73	93.75 ± 1.03	93.98 ± 0.77	95.19 ± 0.49
DF	تعداد روز تا گل‌دهی	116.21 ± 0.81	112.94 ± 1.16	113.21 ± 0.87	114.59 ± 0.55
DM	تعداد روز تا رسیدگی	12.62 ± 0.39	11.60 ± 0.43	14.71 ± 0.59	12.96 ± 0.28
NTP	تعداد پنجه در بوته	11.52 ± 0.37	10.49 ± 0.45	12.80 ± 0.60	11.63 ± 0.27
NPP	تعداد خوشه در بوته	37.67 ± 0.77	34.23 ± 0.84	36.18 ± 1.04	36.43 ± 0.52
FLL (cm)	طول برگ پرچم	1.22 ± 0.23	1.07 ± 1.19	1.19 ± 0.03	1.17 ± 0.02
FLW (cm)	عرض برگ پرچم	34.37 ± 1.11	27.03 ± 0.92	31.86 ± 1.24	31.91 ± 0.71
FLA (cm ²)	مساحت برگ پرچم	115.40 ± 2.50	114.42 ± 3.17	122.69 ± 2.45	117.21 ± 1.59
PH (cm)	ارتفاع بوته	29.69 ± 0.37	28.52 ± 0.72	30.78 ± 0.47	29.72 ± 0.29
PL (cm)	طول خوشه	1.21 ± 0.19	1.42 ± 0.23	0.89 ± 0.20	1.17 ± 0.12
AL (cm)	طول ریشک	38.25 ± 2.92	34.52 ± 3.23	27.86 ± 4.03	34.44 ± 1.98
NUGP	تعداد دانه پوک در خوشه	114.51 ± 2.55	84.66 ± 3.90	106.45 ± 3.59	105.09 ± 2.07
NFGP	تعداد دانه پر در خوشه	152.75 ± 3.58	119.18 ± 4.19	134.31 ± 5.07	139.53 ± 2.68
NTSP	تعداد کل دانه در خوشه	76.27 ± 1.45	71.29 ± 2.44	80.99 ± 2.12	76.40 ± 1.11
PF (%)	میزان باروری خوشه	20.66 ± 0.57	21.19 ± 0.68	23.18 ± 0.74	21.49 ± 0.39
1000 GW (g)	وزن هزار دانه	1.03 ± 0.04	0.81 ± 0.03	1.34 ± 0.08	1.06 ± 0.03
GY (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه	1030.71 ± 36.44	814.39 ± 33.50	1339.77 ± 79.20	1065.33 ± 33.12
RWC (%)	محتوای آب نسبی برگ	33.13 ± 0.88	25.77 ± 0.85	18.39 ± 0.76	72.76 ± 0.72
RWD (%)	کمبود آب نسبی برگ	31.56 ± 0.16	32.39 ± 0.21	30.77 ± 0.23	31.54 ± 0.12
CT (°C)	دمای پوشش گیاهی	36.87 ± 0.50	36.31 ± 0.53	36.92 ± 0.74	36.75 ± 0.34
SPAD	عدد کلروفیل متر	54.50 ± 0.49	60.32 ± 0.81	68.62 ± 0.90	59.85 ± 0.62
Cha (mg.g ⁻¹ Fw)	کلروفیل a	42.34 ± 0.22	45.16 ± 0.43	50.39 ± 0.65	45.27 ± 0.36
Chb (mg.g ⁻¹ Fw)	کلروفیل b	96.84 ± 0.71	105.48 ± 1.23	119.01 ± 1.54	105.12 ± 0.98
TCh (mg.g ⁻¹ Fw)	کلروفیل کل	15.49 ± 0.37	13.48 ± 0.51	15.31 ± 0.52	14.96 ± 0.27

روز تا گل‌دهی می‌توان ارقام زودرس‌تر را در برنامه‌های اصلاحی ایجاد نمود، همچنین ژنوتیپ‌های دارای ارتفاع بوته کمتر و طول ریشک بیشتر می‌توانند برای رسیدن به ژنوتیپ پرمحصول مطلوب باشند، از اینرو با انتخاب لاین‌های گروه دوم می‌توان گامی موثر در بهبود و افزایش عملکرد برداشت. در خوشه سوم صفات تعداد پنجه (۱۴/۷۱ ± ۰/۵۹) و تعداد خوشه در بوته (۱۲/۸۰ ± ۰/۶۰)، ارتفاع بوته (۱۲۲/۶۹ ± ۲/۴۵)، طول خوشه (۳۰/۷۸ ± ۰/۴۷)، نرخ باروری (۲۳/۱۸ ± ۰/۷۴) و وزن هزار دانه (۸۰/۹۹ ± ۲/۱۲) عملکرد (۱۳۳۹/۷۷ ± ۷۹/۲۰)، محتوای آب نسبی برگ (RWC) (۸۱/۶۱ ± ۰/۷۶)، میزان سبزی‌نگی برگ پرچم (عدد کلروفیل متر) (۳۶/۹۲ ± ۰/۷۴)، مقدار کلروفیل a (۵۰/۳۹ ± ۰/۶۵) و کل کلروفیل

و تعداد کل دانه بیشتر و همچنین لاین‌های دارای دانه پوک کمتر، لاین‌های مطلوب برای رسیدن به ارقام پرمحصول هستند. با توجه به نقش پرولین در مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده می‌توان از لاین‌های با پرولین بالا در گروه اول برای رسیدن به ارقام مقاوم به تنش در شرایط تنش استفاده نمود. لاین‌های خوشه دوم از نظر صفات طول ریشک (۱/۴۲ ± ۰/۲۳) و دمای کانوپی (۳۲/۳۹ ± ۰/۲۱) از میانگین بالاتری نسبت به خوشه‌های دیگر و میانگین کل برخوردار بودند. در این گروه لاین‌های زودرس، با کمترین تعداد پنجه و خوشه و ارتفاع کم و عملکرد کم قرار گرفتند. از آنجایی که کاهش طول دوره کاشت تا برداشت در گیاهان زراعی برای اصلاح کنندگان مهم هست و با توجه به این که با کاهش تعداد

مشابه یکدیگر و ۳ لاین باقی مانده متعلق به این گروه نیست. ۲ لاین با احتمال ۲/۸ درصد جایگاه واقعی آن در گروه دوم و ۱ لاین دیگر با احتمال ۱/۴ درصد جایگاه واقعی آن در گروه سوم می باشد. از ۳۶ لاین قرار گرفته در گروه دوم ۳۲ لاین با احتمال ۸۸/۹ درصد مشابه یکدیگر و ۴ لاین باقی مانده متعلق به این گروه نیست. ۳ لاین با احتمال ۸/۳ درصد جایگاه واقعی آن در گروه اول و ۱ لاین دیگر با احتمال ۲/۸ درصد جایگاه واقعی آن در گروه سوم می باشد. از ۴۲ لاین قرار گرفته در گروه سوم ۴۰ لاین با احتمال ۹۵/۲ درصد مشابه یکدیگر و ۲ لاین باقی مانده متعلق به این گروه نیست. یک لاین با احتمال ۲/۴ درصد جایگاه واقعی آن در گروه اول و ۱ لاین دیگر با احتمال ۲/۴ درصد جایگاه واقعی آن در گروه دوم می باشد.

($1/54 \pm 119/01$) از میانگین بالاتری برخوردار بودند. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین می توان چنین استنباط کرد که لاین های موجود در خوشه سوم از نظر صفات مورد بررسی از اهمیت خوبی در افزایش عملکرد برخوردار می باشند در حالی که لاین های موجود در خوشه دوم کمترین میزان میانگین را در اکثر صفات نشان دادند.

برای بررسی صحت گروه بندی های انجام شده از تجزیه تابع تشخیص استفاده شد که نتایج حاصل در جدول ۴ نمایش داده شده است. احتمال صحت گروه بندی با تابع تشخیص برای ۳ گروه، ۹۴ درصد بود بنابراین احتمال انتساب اشتباه لاین ها به گروهی که متعلق به آن نبودند ۶ درصد بود. نتایج تجزیه تابع تشخیص نشان داد که از ۷۲ لاین قرار گرفته در گروه اول ۶۹ لاین با احتمال ۹۵/۸ درصد

جدول ۴- نتایج تجزیه تابع تشخیص برای صحت گروه بندی در لاین های برنج مورد مطالعه

Table 4. Result of discriminant analysis for original grouped cases correctly classified in studied rice lines

گروه بندی	Grouping	تعداد افراد پیش بینی شده در هر گروه	Predicted group membership			جمع کل
			1	2	3	
Total	مجموع	1	69	2	1	72
		2	3	32	1	36
		3	1	1	40	42
Original	اصلی	%	درصد			
		1	95.8	2.8	1.4	100
		2	8.3	88.9	2.8	100
		3	2.4	2.4	95.2	100

در برنامه های به نژادی استفاده کرد. ضمن اینکه از گروه اول با صفات مطلوب تعداد کل دانه و پرولین بیشتر نیز می توان برای افزایش تعداد دانه و تحمل گیاه به تنش های زنده و غیرزنده بهره گرفت. لاین های گروه سوم شامل ۷، ۸، ۱۲، ۱۷، ۲۳، ۴۹، ۵۲، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵، ۶۷، ۶۸، ۸۰، ۸۲، ۹۰، ۹۱، ۱۰۲، ۱۰۵، ۱۰۶، ۱۰۷، ۱۱۸، ۱۲۰، ۱۲۳، ۱۲۶، ۱۳۰، ۱۳۲، ۱۳۹، ۱۴۳، ۱۴۶، ۱۴۷، ۱۴۸، ۱۵۵، ۱۵۶، ۱۶۲، ۱۶۷، ۱۷۰، ۱۷۲، ۱۷۹ و ۱۸۴ به عنوان بهترین لاین ها برای ارزیابی و

با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر می توان چنین بیان کرد که لاین های گروه سوم به علت داشتن مقادیر بالای صفات تعداد پنجه و خوشه در بوته، ارتفاع بوته، طول خوشه، نرخ باروری، وزن هزار دانه، عملکرد، محتوای آب نسبی برگ، میزان سبزینگی برگ پرچم و مقدار کلروفیل ارزشمند هستند و با انتخاب برای بهبود همزمان این صفات می توان عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داد و همچنین از آنها به عنوان معیارهایی جهت انتخاب لاین های با عملکرد بالا

آنها به عنوان معیارهای انتخاب غیر مستقیم در بهبود ژنتیکی عملکرد در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود و در انتخاب لاین‌های پرمحصول برنج کاربرد خواهند داشت. در کل با توجه به نتایج گروه بندی‌ها و درجه اهمیت صفات در عملکرد دانه لاین‌های گروه سوم به عنوان بهترین لاین‌ها در میان ۱۵۰ لاین مورد ارزیابی معرفی شده و استفاده از آن‌ها برای ارزیابی و مقایسه بیشتر تا دستیابی به لاین‌های اصلاح شده در برنامه‌های اصلاحی آتی توصیه می‌گردد و می‌توان از این لاین‌ها برای گزینش لاین‌های پرمحصول و صفات زراعی مطلوب استفاده کرد. لاین‌های موجود در هر یک از گروه‌ها براساس میزان تشابه صفات مختلف دسته بندی شده‌اند. بنابراین در برنامه‌های به نژادی با توجه به هدف اصلاحی مورد نظر می‌توان از تنوع بین گروه‌ها و لاین‌های موجود در این گروه‌ها استفاده نمود و با انجام تلاقی بین آنها امکان دستیابی به لاین‌های مطلوب‌تر از نظر عملکرد دانه و اجزاء عملکرد را فراهم نمود. با توجه به این که کلاستر ۱ و ۳ بیشترین فاصله (۴/۳۴) را از یکدیگر دارند، تلاقی بین لاین‌هایی که در گروه‌های دورتری قرار گرفته‌اند (به عنوان والدین)، می‌تواند نتایج با تنوع زیاد و حداکثر هتروزیس تولید نماید و از حداکثر تنوع جهت اصلاح برنج استفاده نمود. بنابراین، 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.

مقایسه بیشتر تا دستیابی به لاین‌های اصلاح شده و همچنین انتخاب والدین مناسب برای دورگ گیری‌ها شناسایی شدند.

سانی و همکاران (Sanni *et al.*, 2010) در بررسی ۴۳۴ نمونه از ژرم پلاسما برنج بر اساس ۱۴ صفت مرفولوژیک نمونه‌ها را در هفت خوشه گروه‌بندی کردند. رحیمی و همکاران (Rahimi *et al.*, 2010) با اندازه گیری ۱۵ صفت کمی در ۶ رقم برنج توانستند رقم‌ها را با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد در چهار گروه طبقه بندی نمایند. قربانی و همکاران (Ghorbani *et al.*, 2011) در بررسی ۲۹ رقم برنج با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA، آن‌ها را در نه گروه قرار دادند. چاکراورتی و همکاران (Chakravorty *et al.*, 2013) در بررسی ۱۸ صفت کمی در ۵۱ رقم برنج ارقام را بر اساس تنوع مکان جغرافیایی در ۱۰ کلاستر قرار دادند. یزدانی و همکاران (Yazdani *et al.*, 2014) در بررسی ۶۵ ژنوتیپ برنج توسط تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های مورد بررسی را در چهار گروه قرار دادند.

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که تنوع ژنتیکی گسترده‌ای بین لاین‌ها از نظر صفات مورد بررسی وجود دارد که حاکی از ارزشمند بودن این ذخائر و لزوم توجه بیشتر در حفظ، نگهداری و ارزیابی آنهاست. برای گزینش لاین‌های با عملکرد دانه بالا در برنج می‌توان گزینش‌های هم‌زمانی را برای صفاتی نظیر تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه، طول برگ پرچم و دمای کانوپی انجام داد. لذا می‌توان از

References

- Abarshahr, M., B. Rabiei and H. Samizadeh-Lahigi. 2011.** Assessing genetic diversity of rice varieties under drought stress conditions. *Notulae Scientia Biologicae*. 3: 114-123.
- Bagheri, N., N. Babaeian-Jelodar and A. Pasha. 2011.** Path coefficient analysis for yield and yield components in diverse rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Biharean Biologist*. 5 (1): 32-35.
- Bates, I. S., R. P. Waldern and I. D. Teare. 1973.** Rapid determination of free proline water stress studies.

منابع مورد استفاده

Plant Soil. 39: 205-207.

- Chakravorty, A., P. D. Ghosh and P. K. Sahu. 2013.** Multivariate analysis of phenotypic diversity of landraces of rice of west Bengal. Am. J. Exp. Agric. 3(1): 110-123.
- Fentie, D., G. Alemayehu, M. Siddalingaiah and M. Tadesse. 2014.** Genetic variability, heritability and correlation coefficient analysis for yield and yield component traits in upland rice (*Oryza sativa* L.). East Afr. J. Sci. 8 (2): 147-154.
- Ghorbani, H., H. Samizadeh Lahiji, B. Rabiei and M. Allahgholipour. 2011.** Grouping different rice genotypes using factor and cluster analyses. J. Sus. Agric. Prod. Sci. 21(3): 89-104.
- Golparvar, A. R., M. R. Ghannadha, A. A. Zali and A. Ahmadi. 2002.** Evaluation of some morphological traits as selection criteria for improvement of bread wheat. Iran. J. Crop Sci. 4: 202-207. (In Persian with English abstract).
- IRRI. 2002.** International Rice Research Institute. (<http://www.irri.org>).
- Jobson, J. D. 1992.** Applied Multivariate Data Analysis. Vol. II. Categorical and Multivariate Methods. Springer-Verlag, New York, USA.
- Kundu, S. and S. Kundagrami, 2015.** Estimation of path coefficient analysis to identify the yield contributing traits in rice (*Oryza sativa* L.) under saline and non-saline coastal regions of West Bengal. J. Adv. Biol. 8(1): 1433-1438.
- Lichtenthaler, H. K. and A. R. Wellburn. 1983.** Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochem. Soc. Transactions. 11: 591 - 592.
- Nandan, R., D. Sweta and S. K. Singh. 2010.** Character association and path analysis in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. World J. Agric. Sci. 6 (2): 201 - 206.
- Rahimi, M., B. Rabiei, M. Ramezani and S. Movafegh. 2010.** Evaluation of agronomic traits and determine the variables to improve rice yield. Iran. J. Field Crops Res. 8(1): 111-119. (In Persian with English abstract).
- Ravindra Babu, V., K. Shreya, K. Singh Dangi, G. Usharani and A. Siva Shankar. 2012.** Correlation and path analysis studies in popular rice hybrids of India. Int. J. Sci. Res. Pub. 2(3): 1-5.
- Romesborg, H. C. 1990.** Cluster analysis for researches. Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, USA.
- Safaei Chaeikar, S., H. Samizadeh, B. Rabiei and M. Esfahani. 2009.** Correlation of agronomic traits under optimum irrigation and water stress in rice (*Oryza sativa* L.). J. Sci. Technol.AGRIC. NATUR. Resour. 13(48): 91-105. (In Persian with English abstract).
- Sanni, K. A., I. Fawole, A. Ogunbayo, D. Tia, E. A. Somado, K. Futakuchi, M. Sié, F. E. Nwilene and R. G. Guéi. 2010.** Multivariate analysis of diversity of landrace rice germplasm. In: Innovation and Partnerships to Realize Africa's Rice Potential. Proceedings of the Second Africa Rice Congress, Bamako, Mali, 22–26 March 2010. Africa Rice Center (AfricaRice), Cotonou, Benin.

- Siddique, M. R. B., A. Hamid and M. S. Islam. 2000.** Drought stress effects on water relations of wheat. Botanic. Bull. Academia Sinica. 41: 35-38.
- SPSS-Inc. 2010.** IBM SPSS statistics 19 core system user's guide. USA: SPSS Inc., an IBM Company Headquarters. USA.
- Tourneux, C., A. Devaux, M. R. Camacho, P. Mamani, and J. F. Ledent. 2003.** Effect of water shortage on six potato genotypes in the highlands of Bolivia (II): Water relations, physiological parameters. Agronomie. 23: 169-179.
- Venkata Lakshmi, M., Y. Suneetha, G. Yugandhar and N. Venkata Lakshmi. 2014.** Correlation studies in rice (*Oryza sativa* L.). Int. J. Genet. Engin. Biotechnol. 5(2): 121-126.
- Worede, F., T. Sreewongchai, Ch. Phumichai and P. Sripichitt. 2014.** Multivariate analysis of genetic diversity among some rice genotypes using morpho-agronomic traits. J. Plant Sci. 9(1): 14-24.
- Yazdani, M., M. Kochak and H. Bagheri. 2014.** Segregating rice genotypes by cluster analysis procedure at different salt stress condition. Adv. Environ. Biol. 8(10): 383-387.

Relationship between grain yield and its components and grouping of rice (*Oryza sativa* L.) recombinant inbred lines

Danesh Gilevaei, M.¹, H. Samizadeh Lahiji² and B. Rabiei³

ABSTRACT

Danesh Gilevaei, M., H. Samizadeh Lahiji and B. Rabiei. 2017. Relationship between grain yield and its components and grouping of rice (*Oryza sativa* L.) recombinant inbred lines . *Iranian Journal of Crop Sciences*. 18(3):257 -272. (In Persian).

To determine the relationship between grain yield and yield components and grouping of 150 F₈ recombinant inbred lines derived from a cross between two Iranian rice varieties; Gharib and Sepidroud, a field experiment was conducted using Augmented design in the research field of Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran, in 2013. Correlation coefficients showed positive and significant correlation between grain yield with number of panicle per plant, number of filled grain per panicle, number of spikelet per panicle and panicle length. Path coefficient analysis for grain yield also showed that maximum positive direct effect belonged to flag leaf length and number of panicle per plant that implies these traits are important characteristics associated with grain yield. These traits can be used as selection criteria for indirect selection for genetic improvement of grain yield in rice breeding programs in Iran. Rice recombinant inbred lines were classified in three distinct groups by cluster analysis using ward method with 94% confidence. Recombinant inbred lines in third cluster had higher tiller number per plant, panicle number per plant, panicle length, spikelet fertility, thousand grain weight, grain yield, RWC and chlorophyll content were identified as highly valuable sources to be incorporated in rice breeding programs. These lines can also be used for selection of high yielding cultivars with desirable traits.

Key words: Correlation, Cluster analysis, Factor analysis, Rice and Ward's Minimum Variance

Received: June 2016

Accepted: December 2017

1- PhD Student, University of Guilan, Rasht, Iran

2- Associate Prof., University of Guilan, Rasht, Iran (Corresponding author) (Email: hsamizadeh@guilan.ac.ir)

3- Professor, University of Guilan, Rasht, Iran