

## ارزیابی روابط بین صفات مرتبط با عملکرد و کیفیت دانه در تعدادی از لاین‌های امیدبخش برنج (*Oryza sativa* L.)

زهرا خادم حسینی<sup>۱</sup> و بابک ربیعی<sup>۲\*</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۱

### چکیده

بررسی ارتباط بین صفات، نقش مهمی در اصلاح نباتات دارد و می‌تواند شاخص‌های انتخاب مناسب برای اصلاح جمعیت را شناسایی و معرفی کند. در این تحقیق، روابط بین صفات مرتبط با عملکرد و کیفیت دانه در ۶۲ لاین امیدبخش برنج ارزیابی شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در موسسه تحقیقات برنج کشور در سال ۱۳۹۹ انجام شد. برآورد ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات نشان داد که بین عملکرد دانه با صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه در بوته و روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، همبستگی مثبت و معنی‌دار و با ارتفاع بوته و طول خوشه، همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت. وراثت‌پذیری خصوصی صفات اندازه‌گیری شده نیز از حدود ۳۲ درصد برای تعداد دانه پر در خوشه تا ۴۹ درصد برای عرض برگ پرچم و طول دانه متغیر بود. تجزیه علیت بین عملکرد دانه با سایر صفات مورد مطالعه نشان داد که سه صفت وزن هزار دانه، تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه دارای اثر مستقیم مثبت و معنی‌دار بر عملکرد دانه بودند و می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت انتخاب لاین‌های پرمحصول استفاده شوند. تجزیه به عامل‌ها نشان داد که چهار عامل اصلی و مستقل که ۷۸/۵۰ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند، عامل‌های پنهانی موثر بر صفات مورد مطالعه بودند. این عامل‌ها به ترتیب تحت عنوان عامل عملکرد دانه و تیپ بوته، ویژگی‌های ظاهری دانه، راندمان تبدیل و نرخ باروری نام‌گذاری شدند. تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش حداقل واریانس "وارد" نیز لاین‌های مورد بررسی را در سه خوشه مجزا گروه‌بندی کرد و گروه اول با تعداد ۱۳ لاین، از نظر تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه، درصد باروری خوشه و عملکرد دانه، میانگین بیش‌تر و از نظر ارتفاع بوته و تعداد دانه پوک در خوشه، میانگین کم‌تری از سایر گروه‌ها داشت. این گروه، از نظر میزان آمیلوز نیز متوسط و از نظر طول دانه و طویل شدن دانه‌ها بعد از پخت نیز مقادیر بیش‌تری از سایر گروه‌ها داشت و بنابراین به‌نظر می‌رسد لاین‌های این گروه بتوانند پس از ارزیابی در آزمایش‌های ناحیه‌ای به‌عنوان رقم‌های جدید پرمحصول و کیفی معرفی شوند.

**واژه‌های کلیدی:** تجزیه‌های چند متغیره، تنوع ژنتیکی، شاخص‌های انتخاب، عملکرد و اجزای عملکرد

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

\* نویسنده مسئول: [rabiei@guilan.ac.ir](mailto:rabiei@guilan.ac.ir)

مقدمه

گیاه برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین گیاهانی است که در جهان کشت شده و غذای بیش از یک‌سوم جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد. از ۲۴ گونه برنج موجود تنها دو گونه *Oryza sativa* و *Oryza glaberrima* (برنج آسیایی و برنج آفریقایی) زراعی هستند (Lakshmi, 2020). پیش‌بینی شده است که جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به حدود نه میلیارد نفر برسد و بنابراین تولید ارقام پرمحصول برنج با پتانسیل عملکرد بالاتر، پاسخ مناسبی به تقاضای روزافزون این محصول و راه‌کار مناسبی برای امنیت غذایی دنیا است (Nomura., 2019). برای تولید ارقامی با عملکرد زیاد و کیفیت دانه مناسب، داشتن اطلاعات اولیه از ارقام موجود در مورد صفات مهم مرتبط با عملکرد و کیفیت ضروری است. ژرم‌پلاسما برنج موجود در ایران دارای تنوع مطلوبی از نظر بیش‌تر صفات کمی و کیفی است. با توجه به ماهیت پیچیده عملکرد که در نتیجه تعامل اجزای مختلف ایجاد می‌شود، گزینش مستقیم برای دستیابی به عملکرد بالا بسیار مشکل است. با ارزیابی صفات مختلف زراعی و به‌ویژه صفات مهم مرتبط با عملکرد دانه برنج، می‌توان برنامه‌های اصلاحی آن را به‌طور دقیق‌تری برنامه‌ریزی کرد. انتخاب بر اساس صفات مرفولوژیک، دارای وراثت‌پذیری بالا و دارای ارتباط مثبت با عملکرد، می‌تواند در بهبود عملکرد دانه بسیار موثر باشد (Chuchert et al., 2018). برای تعیین صفات موثر بر عملکرد به‌عنوان شاخص انتخاب جهت بهبود عملکرد دانه، می‌توان از روش‌های آماری مانند تجزیه رگرسیون و تجزیه علیت بهره‌برداری کرد. تجزیه علیت می‌تواند روابط مخفی و پنهان بین صفات را از طریق تفکیک ضرایب همبستگی بین صفات معلول و علت به آثار مستقیم و غیرمستقیم آشکار کند. با استفاده از سایر روش‌های آماری چندمتغیره مانند تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به مولفه‌های اصلی و تجزیه عاملی نیز می‌توان ضمن گروه‌بندی ارقام، حجم داده‌ها را نیز به‌منظور تحلیل بهتر جمعیت مورد مطالعه کاهش داد.

سلواراج و همکاران (Selvaraj et al., 2011) جهت ارزیابی روابط بین صفات، ۲۱ ژنوتیپ برنج را بررسی و با استفاده از تجزیه مسیر نشان دادند که صفات تعداد دانه پر خوشه و ارتفاع بوته به‌ترتیب با دارا بودن بیش‌ترین اثر مستقیم مثبت و منفی بر عملکرد دانه، مهم‌ترین معیارهای انتخاب جهت افزایش غیرمستقیم عملکرد دانه بودند.

سنگیر و همکاران (Sangare et al., 2017) در مطالعه‌ای روی یک جمعیت اینبرد لاین نوترکیب مشاهده کردند که تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه دارای وراثت‌پذیری متوسط تا بالا بودند. ضریب تنوع فنوتیپی برای تمام صفات بالاتر از ضریب تنوع ژنتیکی و بیش‌ترین پیشرفت ژنتیکی مربوط به صفت تعداد دانه در خوشه (۱۰،۵۲) بود. تجزیه همبستگی بین صفات نیز نشان داد که صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، ارتفاع بوته و تعداد خوشه در بوته دارای همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه بودند.

دانش‌گیلویی و همکاران (Danesh Gilevaei et al., 2017) نیز به‌منظور تعیین صفات مهم موثر بر عملکرد دانه برنج، ۱۵۰ لاین نوترکیب را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که صفات طول برگ پرچم و تعداد خوشه در بوته، اثر مستقیم مثبت و بالایی بر عملکرد دانه داشتند. تجزیه خوشه‌ای بر اساس روش "وارد" نیز با احتمال صحت ۹۴ درصد، لاین‌های مورد بررسی را در سه گروه مجزا گروه‌بندی کرد. لاین‌های گروه سوم به علت داشتن مقادیر بالای صفات تعداد پنجه و خوشه در بوته، نرخ باروری، وزن هزار دانه، عملکرد، محتوای آب نسبی برگ (RWC) و مقدار کلروفیل ارزشمند بودند و از این‌رو این لاین‌ها را برای گزینش لاین‌های پرمحصول دارای صفات زراعی مطلوب پیشنهاد کردند.

نیلی و همکاران (Nili et al., 2017) با استفاده از نشانگرهای ریزماهواره و تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA بر اساس ضریب تشابه جاکارد، ۵۷ رقم برنج را در چهار گروه جداگانه قرار دادند، به‌طوری‌که ارقام بومی، اصلاح‌شده و وارداتی تا حدود زیادی از هم تفکیک شدند. این محققین بر اساس نتایج تحقیقات خود، پیشنهاد کردند که ضمن استفاده از نشانگرهای ریزماهواره به‌عنوان نشانگرهای مناسب در مطالعات مربوط به تعیین تنوع ارقام برنج، از تلاقی بین ارقام موجود در گروه‌های دورتر حاصل از تجزیه خوشه‌ای نیز می‌توان برای تهیه ارقام جدید دارای ویژگی‌های کمی و کیفی متنوع استفاده کرد.

کوچرت و همکاران (Chuchert et al., 2018) در آزمایشی ۲۲ ژنوتیپ برنج را ارزیابی و مشاهده کردند که صفات طول برگ پرچم، تعداد خوشه در بوته و تعداد سنبلچه در خوشه، همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. نتایج تجزیه علیت نشان داد که

بیش‌ترین اثر مستقیم و مثبت به‌ترتیب مربوط به صفات تعداد سنبلچه در خوشه و تعداد خوشه در بوته بود. تجزیه و تحلیل خوشه‌ای نیز ۲۲ ژنوتیپ را در سه گروه مجزا قرار داد که به‌ترتیب دارای ۹، ۵ و ۶ ژنوتیپ بودند.

قربانی و همکاران (Ghorbani *et al.*, 2019) با انجام تجزیه همبستگی و تجزیه علیت در برنج نشان دادند که عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا خوشه‌دهی، تعداد دانه پر در خوشه و درصد باروری خوشه همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد دانه پوک در خوشه، درصد عقیمی خوشه و وزن هزار دانه همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. تجزیه علیت نیز نشان داد که صفات تعداد روز تا خوشه‌دهی و تعداد دانه پر در خوشه به‌ترتیب دارای بیش‌ترین اثر مستقیم فنوتیپی و ژنوتیپی بر عملکرد دانه بودند.

بودالاکوتی و همکاران (Budhlakoti *et al.*, 2019) نیز نشان دادند که صفات تعداد خوشه، طول خوشه، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه، همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند و با تجزیه علیت نیز نشان دادند که بیش‌ترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه مربوط به وزن هزار دانه بود.

زربافی و همکاران (Zarbaifi *et al.*, 2019) به‌منظور بررسی ارتباط بین صفات و شناسایی صفات موثر بر عملکرد دانه در ۱۲۱ لاین و رقم برنج، از تجزیه علیت استفاده و تعداد دانه پر در خوشه را که دارای بالاترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه بود، به‌عنوان معیار انتخاب غیرمستقیم جهت اصلاح عملکرد دانه معرفی کردند.

جوکارفرد و ربیعی (Jokarfard and Rabiei 2020) برای شناسایی و معرفی معیارهای گزینش مناسب جهت اصلاح عملکرد دانه، ۱۴۴ لاین نوترکیب F<sub>11</sub> را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تجزیه علیت فنوتیپی و ژنوتیپی نشان داد که صفات تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه و وزن هزار دانه دارای بیش‌ترین اثر مستقیم و معنی‌دار بر عملکرد دانه بودند و در نتیجه این صفات را به‌عنوان معیارهای گزینشی غیرمستقیم برای اصلاح عملکرد جمعیت مورد مطالعه خود پیشنهاد دادند.

سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2020) طی پژوهشی مشاهده کردند که بیش‌ترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به صفات عملکرد زیست توده در واحد کرت، شاخص برداشت و تعداد دانه پر در خوشه بود.

اسلام و همکاران (Islam *et al.*, 2020) به‌منظور بررسی روابط بین صفات، ۴۷ ژنوتیپ برنج را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تجزیه همبستگی بین صفات نشان داد که عملکرد دانه با صفات تعداد پنجه بارور و تعداد دانه پر در خوشه در هر دو سطح ژنوتیپی و فنوتیپی، همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت.

در تحقیق حاضر نیز ۶۲ لاین نسل F<sub>12</sub> برنج مورد مطالعه قرار گرفت که هدف از تحقیق حاضر، علاوه بر شناسایی صفات مهم موثر بر عملکرد دانه جهت تعیین معیارهای گزینشی مناسب، شناسایی لاین‌های برتر و پرمحصول کیفی جهت قرار گرفتن در برنامه‌های معرفی ارقام جدید پرمحصول بود.

### مواد و روش‌ها

مواد گیاهی این آزمایش، ۶۲ لاین امیدبخش برنج حاصل از تلاقی غریب و سپیدرود بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در موسسه تحقیقات برنج کشور در سال ۱۳۹۹ کشت و از نظر صفات مورفولوژیک مرتبط با عملکرد و کیفیت دانه ارزیابی شد. لاین‌های مورد مطالعه در کرت‌هایی به مساحت سه متر مربع (۵/۱×۲ متر) به‌صورت تک‌نشا با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر کشت و فاصله بین کرت‌ها و بین تکرارها به‌ترتیب نیم و یک متر در نظر گرفته شد. کلیه عملیات زراعی از جمله تهیه خزانه و زمین اصلی، کرت‌بندی مزرعه و مراقبت‌های زراعی در خزانه و مزرعه شامل استفاده از پوشش نایلونی برای جلوگیری از سرمازدگی ابتدای بهار و رشد سریع‌تر بذرها و نشاها، مصرف کودهای شیمیایی، مبارزه با علف‌های هرز (علف‌کش و وجین)، آبیاری و کنترل آفات و بیماری‌ها از جمله کرم ساقه‌خوار و بلاست در زمان مناسب با توجه به توصیه‌های موسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد.

صفات مورد ارزیابی در این تحقیق، صفات زراعی و مورفولوژیک مرتبط با عملکرد دانه شامل تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، ارتفاع بوته (cm)، طول خوشه (cm)، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه پر و پوک در خوشه، وزن هزار دانه (g)، درصد باروری خوشه، عملکرد دانه (kg/ha)، طول برگ و عرض برگ پرچم و طول خروج خوشه از غلاف (cm) و صفات مرتبط با کیفیت و بازاریابی شامل میزان آمیلوز، درجه حرارت ژلاتینی شدن، طول، عرض و شکل دانه (mm)، طولیل شدن دانه بعد از پخت

این تفاوت را می‌توان به تفاوت ژنتیکی بین لاین‌ها نسبت داد، در نتیجه می‌توان گفت که تفاوت ژنتیکی بسیار معنی داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این تحقیق وجود داشت. ضریب تغییرات اشتباه آزمایشی برای اکثر صفات در حد قابل قبولی بوده و حاکی از دقت خوب آزمایش و اندازه‌گیری‌ها بوده است.

نتایج برآورد واریانس‌های فنوتیپی (PV) و ژنوتیپی (GV) و نیز ضریب تغییرات فنوتیپی (PCV) ژنوتیپی (GCV) صفات مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان واریانس فنوتیپی و ژنوتیپی به ترتیب مربوط به صفات عملکرد دانه و عرض برگ پرچم بود. برآورد ضریب تغییرات فنوتیپی (PCV) و ژنوتیپی (GCV) صفات اندازه‌گیری شده نیز نشان داد که طول خوشه کم‌ترین تنوع و طول خروج خوشه از غلاف بیش‌ترین تنوع را در بین لاین‌های مورد مطالعه داشت، به طوری که میزان تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی برای طول خوشه به ترتیب ۵/۹۲ و ۵/۰۴ درصد و برای خروج خوشه از غلاف به ترتیب ۷۴/۷۲ و ۷۱/۹۸ درصد متغیر بود. صفاتی مانند طول خروج خوشه از غلاف، تعداد دانه پوک و پر در خوشه، تعداد خوشه در بوته و عملکرد دانه نیز ضریب تغییرات نسبتاً بالایی داشتند که نشان می‌دهد می‌توان این صفات را در جمعیت مورد مطالعه اصلاح کرد. همچنین ضریب تغییرات فنوتیپی (PCV) برای همه صفات بالاتر از ضریب تغییرات ژنوتیپی (GCV) و البته تفاوت بین آن‌ها بسیار کم بود که نشان‌دهنده تاثیر کم‌تر عوامل محیطی و نقش بیش‌تر عوامل ژنتیکی در کنترل تنوع این صفات بود.

برآورد وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی صفات مورد مطالعه نیز نشان داد که عرض برگ پرچم به ترتیب با مقدار حدود ۹۸ و ۴۹ درصد بیش‌ترین میزان وراثت‌پذیری را دارا بود، در حالی که تعداد دانه پر در خوشه به ترتیب با مقدار حدود ۶۸ و ۳۲ درصد کم‌ترین مقدار وراثت‌پذیری را نشان داد. اگرچه مطابق با نتایج به دست آمده از این آزمایش، بیش‌تر صفات مطالعه شده از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بودند (به‌ویژه وراثت‌پذیری عمومی)، اما توجه داشته باشیم که میزان وراثت‌پذیری برآورد شده در هر آزمایش، مربوط به همان شرایط محیطی و خاص همان ژنوتیپ‌های مطالعه شده است. به هر حال، بالا بودن مقادیر وراثت‌پذیری عمومی نقش بیش‌تر عوامل ژنتیکی را در کنترل صفات مورد مطالعه در مقایسه با عوامل

(CM) و عطر دانه بودند. برای اندازه‌گیری صفات مورد بررسی به غیر از عملکرد دانه که در واحد سطح مزرعه اندازه‌گیری شد، پنج بوته در حال رقابت با یکدیگر به طور تصادفی انتخاب و میانگین آن‌ها برای تجزیه و تحلیل‌های آماری استفاده شد.

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا تجزیه واریانس داده‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام و سپس ضرایب تغییرات ژنوتیپی (GCV) و فنوتیپی (PCV) با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها ( $MS_G$ ) و خطای آزمایش ( $MS_E$ ) و بر اساس واریانس‌های ژنوتیپی ( $\sigma_G^2$ ) و فنوتیپی ( $\sigma_P^2$ ) و نیز میانگین صفات ( $\bar{X}$ ) محاسبه شد (رابطه‌های ۱ تا ۴). با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این تحقیق، لاین‌های خالص (نسل  $F_{12}$ ) بودند، بنابراین واریانس ژنتیکی بین لاین‌ها برابر با دو برابر واریانس افزایشی در نظر گرفته شد و وراثت‌پذیری عمومی ( $h_b^2$ ) و خصوصی ( $h_n^2$ ) به ترتیب با استفاده از رابطه‌های (۵) و (۶) محاسبه شد (Falconer and Mackay, 1996):

$$GCV = \frac{\sqrt{\sigma_G^2}}{\bar{X}} \times 100 \quad (1)$$

$$PCV = \frac{\sqrt{\sigma_P^2}}{\bar{X}} \times 100 \quad (2)$$

$$\sigma_G^2 = \frac{MS_G - MS_E}{r} \quad (3)$$

$$\sigma_P^2 = \sigma_G^2 + \frac{\sigma_E^2}{r} \quad (4)$$

$$h_b^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2} \quad (5)$$

$$h_n^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2} \quad (6)$$

کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس طرح آزمایشی به‌منظور برآورد واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی، بررسی هم‌راستایی بین صفات مستقل، ضرایب همبستگی، تجزیه رگرسیون گام به گام، تجزیه علیت، تجزیه عاملی و تجزیه خوشه‌ای با استفاده از نرم‌افزارهای SAS نسخه ۹ و SPSS نسخه ۲۵ انجام شد.

## نتایج و بحث

### ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی و وراثت‌پذیری

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت بسیار معنی‌داری بین ۶۲ لاین برنج از نظر کلیه صفات مورد مطالعه وجود داشت (نتایج ارائه نشده است). از انجایی که

آن‌ها که قابل توجه نیز می‌باشند، این صفات در یک نمونه تصادفی از هر لاین و در قالب سه تکرار تکنیکی ارزیابی شدند، بنابراین انجام تجزیه واریانس آن‌ها امکان‌پذیر نبود، اما برای سایر تجزیه‌های آماری از میانگین این صفات در لاین‌های مورد مطالعه استفاده شد. همان‌طور که در جدول ۲ نیز مشاهده می‌شود، بالاترین مقادیر همبستگی به‌ترتیب بین نرخ باروری خوشه و تعداد دانه پوک در خوشه (\*\*/۹۳-۰)، درصد برنج خرد با درصد برنج سالم (\*\*/۹۳-۰)، طول شلتوک و طول دانه خام (\*\*/۸۶-۰)، عرض شلتوک با عرض دانه خام (\*\*/۸۵-۰)، تعداد دانه پر در خوشه و وزن هزار دانه (\*\*/۸۱-۰)، تعداد خوشه در بوته با ارتفاع بوته (\*\*/۷۳-۰) و شکل دانه با عرض دانه خام (\*\*/۷۱-۰) مشاهده شد. شکل دانه با عرض شلتوک و عرض دانه خام همبستگی منفی و معنی‌دار و با طول دانه خام همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت که با نتایج ربیعی و همکاران (Rabiei et al., 2004) در جمعیت F<sub>2</sub> برنج مطابقت داشت.

عملکرد دانه نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار با صفات تعداد دانه پر در خوشه (\*\*/۷۸-۰)، وزن هزار دانه (\*\*/۷۹-۰)، تعداد خوشه در بوته (\*\*/۶۷-۰)، روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی (\*\*/۵۲-۰) و درصد باروری خوشه (\*\*/۴۹-۰) و همبستگی منفی و معنی‌دار با صفات ارتفاع بوته (\*\*/۶۳-۰) و طول خوشه (\*\*/۵۱-۰) داشت که با یافته‌های دیگران از جمله بودالاکوتی و همکاران (Budhlakoti et al., 2019)، سونداریا و همکاران (Soundhrya et al., 2020) و اسلام و همکاران (Islam et al., 2020) مطابقت داشت. سینگ و همکاران (Singh et al., 2020) نیز همبستگی بالایی بین تعداد دانه پر در خوشه و وزن هزار دانه گزارش کردند. در این تحقیق، همبستگی منفی و معنی‌داری بین طول خوشه و ارتفاع بوته با عملکرد دانه وجود داشت که با نتایج سنگیر و همکاران (Sangare et al., 2017) هم‌خوانی داشت، درحالی‌که ژائو و همکاران (Zhao et al., 2020) رابطه بین طول خوشه و عملکرد دانه را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. وجود تفاوت در نتایج را می‌توان به متفاوت بودن مواد گیاهی و شرایط محیطی موجود در هر آزمایش نسبت داد. به هر حال، از صفات با همبستگی معنی‌دار و قابل توجه با عملکرد دانه می‌توان به‌عنوان معیارهای انتخاب غیرمستقیم برای اصلاح و افزایش عملکرد استفاده کرد.

محیطی و بالا بودن وراثت‌پذیری خصوصی نقش بیش‌تر آثار ژنتیکی افزایشی و قابل انتقال به نسل بعد را در جمعیت مورد نظر نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان گفت که اصلاح جمعیت مورد مطالعه با روش انتخاب موفقیت‌آمیز خواهد بود و می‌توان لاین‌های با ویژگی‌های برتر را انتخاب کرد. بیش‌تر مطالعات دیگر از جمله سلواراج و همکاران (Selvaraj et al., 2011)، دوی و همکاران (Devi et al., 2020) و لاکشمی و همکاران (Lakshmi et al., 2020) نیز مقدار پایین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی را برای طول خوشه گزارش کردند. کوچرت و همکاران (Chuchert et al., 2018) با بررسی تنوع ژنتیکی در برنج نشان دادند که صفات عملکرد دانه در بوته، تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه در بوته دارای ضریب تنوع بالا بودند، در حالی‌که در تحقیق حاضر این صفات از مقدار متوسط تنوع برخوردار بودند. بودالاکوتی و همکاران (Budhlakoti et al., 2019) برای روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، نیتیا و همکاران (Nithya et al., 2020) برای وزن هزار دانه و صبری و همکاران (Sabri et al., 2020) برای روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، طول خوشه و وزن هزار دانه، مقادیر پایین تنوع را گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر در یک راستا بود. دوی و همکاران (Devi et al., 2020) نیز مقادیر بالای ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی را برای تعداد دانه پر در خوشه، عملکرد دانه در بوته و وزن خوشه گزارش کردند. بدیهی است که میزان تنوع و تغییرات موجود در هر آزمایشی به ژنوتیپ‌ها و مواد گیاهی مورد مطالعه در آن آزمایش بستگی دارد.

### همبستگی بین صفات

بررسی ضریب همبستگی بین صفات موجب می‌شود تا بتوان ضمن بررسی وجود یا عدم وجود ارتباط بین صفات، صفات با ارتباط معنی‌دار را شناسایی و از آن‌ها به‌عنوان معیارهای گزینش غیرمستقیم جهت اصلاح جمعیت استفاده کرد (Perween et al., 2020). ضرایب همبستگی بین صفات در لاین‌های مورد مطالعه در تحقیق حاضر در جدول ۲ ارائه شده است. توضیح اینکه در این آزمایش، علاوه بر صفات زراعی مرتبط با عملکرد، صفات دیگری که بیش‌تر تحت عنوان صفات مرتبط با کیفیت دانه مطرح هستند، نیز اندازه‌گیری شدند، اما چون این صفات در قالب طرح آزمایش اندازه‌گیری نشدند و در حقیقت برای کاهش هزینه‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری

جدول ۱- ضریب تنوع فنوتیپی، ژنوتیپی و وراثت‌پذیری صفات در لاین‌های برنج مورد مطالعه

Table 1. Phenotypic and genotypic coefficient of variation and heritability in the studied rice lines

Trait †	Statistical parameters ‡					
	PV	GV	PCV	GCV	$h_n^2$	$h_n^2$
DF	37.00	32.38	5.80	5.43	87.51	43.76
PH	163.10	150.90	10.23	9.84	92.52	46.26
NPP	4.59	3.78	15.62	14.73	82.35	41.18
PL	3.05	2.21	5.92	5.04	74.46	37.23
PEL	16.68	15.49	74.72	71.98	92.86	46.43
FLL	20.58	15.24	13.22	11.35	74.05	37.03
FLW	0.0103	0.0101	9.26	9.26	98.06	49.03
NFGP	145.39	94.18	13.11	10.54	64.78	32.39
NUGP	101.77	95.36	31.32	30.30	93.70	46.85
PF	89.74	44.89	12.7	9.03	89.74	44.87
GL	0.97	0.99	10.04	9.94	97.98	48.99
GW	0.07	0.068	9.09	9.09	95.77	47.89
GS	0.32	0.34	16.71	16.21	94.12	47.06
TGW	3.28	2.68	6.30	5.71	81.17	40.59
GY	203428	184501.56	13.38	12.74	90.70	45.35

†: DF, days to flowering; PH, plant height (cm); NPP, number of panicle per plant; PL, panicle length (cm); PEL, panicle extension length (cm); FLL, flag leaf length (cm); FLW, flag leaf width (cm); NFGP, number of filled grains per panicle; NUGP: number of unfilled grains per panicle, PF, panicle fertility (%); GL, grain length (mm); GW, grain width (mm); GS, grain shape; TGW, 1000-grain weight (g); GY, grain yield (kg/ha).

‡: PV, phenotypic variance; GV, genotypic variance; PCV, phenotypic coefficient of variation; GCV, genotypic coefficient of variation;  $h_n^2$ , narrow-sense heritability.

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در لاین‌های امیدبخش برنج

Table 2. Correlation coefficients of the studied traits in rice promising lines

Trait	DF	PH	NPP	PL	PEL	FLL	FLW	NFGP	NUGP	PF	GL	GW
DF	1											
PH	-0.47**	1										
NPP	0.48**	-0.73**	1									
PL	-0.41**	0.62**	-0.49**	1								
PEL	-0.24	0.25*	-0.18	0.24	1							
FLL	-0.04	0.24	-0.05	0.48**	0.38**	1						
FLW	0.05	0.27*	-0.19	0.19	0.11	0.26*	1					
NFGP	0.48**	-0.58**	0.53**	-0.43**	-0.05	-0.15	-0.05	1				
NUGP	0.07	0.13	-0.03	0.09	-0.13	0.08	0.47**	-0.13	1			
PF	0.09	-0.29*	0.20	-0.20	0.09	-0.13	-0.43**	0.45**	-0.93**	1		
GL	0.15	-0.41**	0.33**	-0.02	-0.05	-0.05	-0.29*	0.19	-0.19	0.23	1	
GW	0.01	0.29*	-0.16	0.12	0.17	0.25*	-0.01	-0.14	0.01	-0.05	-0.41**	1
GS	0.18	-0.33**	0.29*	-0.13	-0.14	-0.23	-0.14	0.25*	-0.01	0.09	0.64**	0.64**
TGW	0.65**	-0.55**	0.52**	-0.47**	-0.08	-0.13	-0.13	0.81**	-0.16	0.40**	0.17	-0.05
GY	0.52**	-0.63**	0.67**	-0.51**	-0.11	-0.10	-0.12	0.78**	-0.26*	0.49**	0.24	-0.04
MP	-0.09	0.16	-0.13	0.20	0.33**	0.23	0.04	0.01	0.02	-0.02	-0.11	0.08
HR	0.33**	-0.23	0.25*	-0.21	0.04	-0.11	-0.03	0.20	0.10	-0.04	0.16	-0.14
BR	-0.41**	0.33**	-0.34**	0.32*	0.09	0.21	0.05	-0.22	-0.11	0.04	-0.22	0.18
AC	0.07	-0.27*	0.16	-0.12	-0.11	0.01	-0.07	0.01	0.14	-0.11	0.14	-0.40**
GT	0.06	-0.25*	0.13	0.06	0.01	0.06	-0.01	0.10	-0.05	0.09	0.32**	-0.20
L	0.09	-0.37**	0.28*	-0.05	0.06	-0.06	-0.29*	0.22	-0.25*	0.30*	0.86**	-0.41**
W	-0.12	0.38**	-0.28*	0.16	0.26*	0.25	-0.02	-0.22	0.01	-0.09	-0.53**	0.85**
CRL	-0.03	-0.06	0.08	0.28*	0.30*	0.21	-0.11	0.03	-0.15	0.16	0.44**	0.11
EP	-0.14	0.34**	-0.19	0.28*	0.34**	0.34**	0.24	0.21	-0.14	0.02	-0.05	-0.39**

جدول ۲- ادامه

Table 2. Continued

Trait	GS	TGW	GY	MP	HR	BR	AC	GT	L	W	CRL	EP
GS	1											
TGW	0.29*	1										
GY	0.21	0.79**	1									
MP	-0.22	-0.19	-0.08	1								
HR	0.21	0.19	0.13	0.44**	1							
BR	-0.32**	-0.29*	-0.18	-0.08	-0.93**	1						
AC	0.21	0.04	0.02	-0.15	0.07	-0.14	1					
GT	0.25	0.16	0.05	-0.28*	-0.01	-0.10	0.24	1				
KL	0.65*	0.20	0.28*	-0.06	0.11	-0.14	0.22	0.18	1			
KW	-0.71**	-0.15	-0.15	0.21	-0.16	0.26	-0.28*	-0.30*	-0.40**	1		
CRL	0.15	0.05	0.16	0.02	-0.28*	0.32*	-0.08	-0.01	0.61**	0.08	1	
EP	-0.57**	0.54**	-0.18	-0.03	0.12	-0.39**	0.48**	-0.32**	-0.23	-0.38**	0.43**	1

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

†: DF, days to flowering; PH, plant height (cm); NPP, number of panicle per plant; PL, panicle length (cm); PEL, panicle extension length (cm); FLL, flag leaf length (cm); FLW, flag leaf width (cm); NFGP, number of filled grains per panicle; NUGP: number of unfilled grains per panicle, PF, panicle fertility (%); GL, grain length (mm); GW, grain width (mm); GS, grain shape; TGW, 1000-grain weight (g); GY, grain yield (kg/ha); MP, milling percentage; HR, head rice (%); BR, broken rice (%); AC, amylose content; GT, gelatinization temperature; KL, kernel length (mm); KW, kernel width (mm); CRL, cooked rice length (mm); EP, elongation percentage.

### رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت

به‌منظور شناسایی صفات معنی‌دار موثر بر عملکرد دانه از روش رگرسیون گام به گام استفاده و در آن، عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات اندازه‌گیری شده به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد. نتایج به دست آمده نشان داد که پنج صفت وزن هزار دانه، تعداد خوشه در بوته، میزان باروری خوشه، میزان ری آمدن و تعداد دانه پر در خوشه، دارای ضریب رگرسیون معنی‌دار روی عملکرد دانه بودند و در مجموع توانستند بیش از ۷۹ درصد از تغییرات و تنوع عملکرد دانه را در لاین‌های مورد مطالعه توجیه کنند ( $R^2=0.79$ ). رابطه رگرسیونی به‌دست آمده به‌صورت رابطه (۷) بود که در آن، تمامی صفات اثر مثبت و معنی‌دار بر عملکرد دانه داشتند:

$$GY = -3011.20 + 98.63 TGW + 82.68 NPP + 11.45 PF + 469.67 EP + 8.024 NGPP \quad (7)$$

که در آن، GY عملکرد دانه، TGW وزن هزار دانه، NPP تعداد خوشه در بوته، PF میزان باروری خوشه، EP میزان ری آمدن، NGPP تعداد دانه پر در خوشه بوده و عدد  $3011.20$  عرض از مبدا رگرسیون است.

در ادامه به‌منظور تعیین معیارهای انتخاب موثر جهت اصلاح عملکرد دانه، از روش تجزیه علیت استفاده و ضریب همبستگی بین عملکرد و پنج صفت موجود در مدل رگرسیونی به آثار مستقیم و غیرمستقیم تفکیک شد. نتایج

تجزیه علیت در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، وزن هزار دانه با اثر معنی‌دار  $0.397$  بالاترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه داشت که با توجه به همبستگی بالای وزن هزار دانه و عملکرد دانه، اثر مستقیم معنی‌دار این صفت بر عملکرد دانه قابل پیش‌بینی بود. آثار غیرمستقیم وزن هزار دانه از طریق تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه نیز مثبت و به‌ترتیب  $0.174$  و  $0.174$  بود و به این ترتیب همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن هزار دانه با عملکرد دانه را توجیه کرد. تعداد خوشه در بوته نیز دارای اثر مستقیم معنی‌دار و مثبت بالا ( $0.342$ ) و آثار غیرمستقیم مثبت از طریق دو صفت وزن هزار دانه و تعداد دانه پر در خوشه (به‌ترتیب  $0.205$  و  $0.114$ ) بر عملکرد دانه بود. صفت تعداد دانه پر در خوشه نیز دارای اثر مستقیم مثبت ( $0.215$ ) و دارای اثر غیرمستقیم مثبت از طریق صفات وزن هزار دانه، تعداد خوشه در بوته و میزان باروری خوشه (به‌ترتیب  $0.321$ ،  $0.181$  و  $0.080$ ) بود. در نهایت صفت میزان ری آمدن نیز که یکی دیگر از صفات وارد شده به مدل رگرسیونی بود، دارای اثر مستقیم مثبت ( $0.146$ ) و آثار غیرمستقیم منفی و ناچیز از طریق سایر صفات بود، به‌طوری که آثار مستقیم مثبت و غیرمستقیم منفی آن بر عملکرد دانه یکدیگر را خنثی کرده و موجب همبستگی غیرمعنی‌دار و بسیار کم آن با عملکرد دانه شد. بنابراین، وزن هزار دانه، تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه، مهم‌ترین صفات

موثر بر عملکرد دانه بودند و می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت انتخاب لاین‌های پرمحصول در جمعیت مورد مطالعه در این تحقیق استفاده شوند.

گزارش‌های سایر محققین در خصوص تعیین مهم‌ترین معیارهای انتخاب غیرمستقیم عملکرد دانه متفاوت است، اما بیش‌تر محققین مانند سلواراج و همکاران (Selvaraj *et al.*, 2011)، کوچرت و همکاران (Chuchert *et al.*, 2019)، زربافی و همکاران (Zarbafti *et al.*, 2019)، سانیدیپ و همکاران (Sandeep *et al.*, 2020) و سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2020) همانند تحقیق حاضر وزن هزار دانه و تعداد دانه پر در خوشه را به‌عنوان موثرترین صفات برای افزایش عملکرد دانه در برنج معرفی کرده‌اند. تقی‌پور و مهرابی (Taghipour and Mehrabi, 2019) با مطالعه ۴۵۰ ژنوتیپ برنج، سه صفت تعداد دانه پر در خوشه، وزن صد دانه و وزن خشک خوشه را به‌عنوان صفات موثر بر عملکرد دانه معرفی و میزان آثار مستقیم آن‌ها را به‌ترتیب ۰/۸۳۴، ۰/۳۴۸ و ۰/۱۲۲ گزارش کردند. بر اساس نتایج پروین و همکاران (Perween *et al.*, 2020) جهت تعیین صفات موثر بر عملکرد دانه در ۴۸ ژنوتیپ برنج، صفات تعداد دانه پر در خوشه، تعداد پنجه بارور (تعداد خوشه) و وزن هزار دانه دارای اثر مستقیم مثبت بودند که با نتایج تحقیق حاضر در یک راستا بود. در مقابل در مطالعه اسلام و همکاران (Islam *et al.*, 2020)، علاوه بر تعداد دانه پر در خوشه و وزن هزار دانه، روز تا رسیدگی کامل نیز دارای اثر مستقیم مثبت و اثر غیرمستقیم مثبت و نسبتاً بالایی از طریق تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی بر عملکرد دانه بود. سانداریا و همکاران (Soundharya *et al.*, 2020) با مطالعه ۲۰ ژنوتیپ برنج، نشان دادند که صفات تعداد دانه پر در خوشه، وزن هزار دانه و طول خوشه، دارای تاثیر زیادی بر عملکرد دانه بودند و می‌توانند برای افزایش عملکرد دانه در برنج مورد استفاده قرار گیرند، اما لاکشمی و همکاران (Lakshmi *et al.*, 2020) صفات نسبت طول به عرض دانه، طول خوشه و عرض دانه را به‌عنوان مهم‌ترین صفات موثر بر عملکرد دانه و معیارهای انتخاب غیرمستقیم ارقام پرمحصول معرفی کردند که با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت نداشت.

### تجزیه به عامل‌ها

نتایج تجزیه عامل‌ها برای ۶۲ لاین مورد مطالعه در جدول ۴ ارائه شده است. در این تجزیه صفات طول و

عرض برگ پرچم، راندمان تبدیل، میزان آمیلوز و درجه حرارت ژلاتینی شدن به‌دلیل همبستگی پایین با سایر صفات و کاهش مقدار KMO از تجزیه حذف و تجزیه عامل‌ها با سایر صفات انجام شد. نتایج نشان داد که چهار عامل اصلی و مستقل ۸۷/۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. میزان اشتراک بیش‌تر صفات بالا بود و نشان داد که تعداد عامل‌های انتخاب شده مناسب بوده و توانسته‌اند تغییرات صفات را به‌خوبی توجیه کنند. مقدار KMO (۰/۶۲۸) نیز قابل قبول و نشان دهنده مطلوبیت انجام تجزیه عاملی برای صفات در نظر گرفته شده در تجزیه بود (جدول ۴).

عامل اول با مقدار ریشه مشخصه ۵/۲۲۹ مقدار ۲۷/۵۲ درصد از واریانس کل را توصیف کرد و شامل صفات روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، ارتفاع بوته، تعداد خوشه در بوته، طول خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بود که ارتفاع بوته و طول خوشه، ضریب عاملی منفی و بقیه صفات ضریب مثبت داشتند. این عامل تحت عنوان عامل عملکرد و تیپ بوته نام‌گذاری شد، به این معنی که صفات موجود در این عامل همبستگی بالایی با یک‌دیگر و با عملکرد دانه دارند و تغییر در هر یک از این صفات موجب تغییر در عملکرد دانه خواهد شد. بنابراین با توجه به اینکه اصلاح مستقیم عملکرد عموماً نتیجه لازم را به‌دست نمی‌دهد، می‌توان با افزایش و یا کاهش صفات موجود در این گروه به‌طور غیرمستقیم عملکرد دانه را در جمعیت مورد مطالعه افزایش داد. عامل دوم با توصیف ۲۲/۸۵ درصد از واریانس کل، شش صفت مربوط به دانه را در خود جای داد و شامل طول و عرض شلتوک، طول و عرض دانه خام، شکل دانه و میزان ری آمدن بود و به‌عنوان عامل کیفیت ظاهری دانه نام‌گذاری شد. طول شلتوک و دانه خام و شکل دانه دارای ضریب عاملی منفی و عرض و ری آمدن دانه دارای ضریب عاملی مثبت بودند. عامل سوم با دارا بودن ۱۴/۳۱ درصد از واریانس کل، شامل دو صفت درصد برنج سالم (با ضریب مثبت) و خرد (با ضریب منفی) بود و تحت عنوان عامل راندمان تبدیل نام‌گذاری شد. عامل چهارم نیز که شامل دو صفت تعداد دانه پوک و میزان باروری خوشه بود، ۱۳/۸۲ درصد از واریانس کل را توجیه کرد و به‌عنوان عامل نرخ باروری نام‌گذاری شد. بدیهی است که صفات موجود در هر عامل دارای همبستگی بالایی با یک‌دیگر هستند و تغییر هر یک از آن‌ها، سایر صفات را نیز تغییر خواهد داد.



جدول ۳- نتایج تجزیه علیت عملکرد دانه در لاین‌های برنج مورد مطالعه در این تحقیق

Table 3. Results of path analysis of grain yield in the studied rice lines in this study

Causal variable <sup>†</sup>	TGW	NPP	PF	EP	NFGP	Correlation with grain yield
TGW	<u>0.397</u>	0.176	0.07	-0.025	0.174	0.79**
NPP	0.205	<u>0.342</u>	0.036	-0.027	0.113	0.669**
PF	0.157	0.068	<u>0.179</u>	-0.007	0.096	0.493**
EP	-0.06	-0.064	-0.009	<u>0.146</u>	-0.03	-0.026
NFGP	0.321	0.180	0.08	-0.02	<u>0.215</u>	0.776**

R<sup>2</sup>= 0.794.

\*\* : Significant at 1% probability level.

<sup>†</sup>: The traits abbreviation are presented in Table 2. The underlined numbers are the direct effects (path coefficients) of the studied traits on grain yield.

جدول ۴- تجزیه به عامل‌ها جهت شناسایی عامل‌های مستقل موثر بر صفات مورد بررسی

Table 4. Factor analysis to identify independent factors affecting the studied traits Factor coefficients

Trait <sup>†</sup>	Communality				
		1	2	3	4
DF	0.623	0.728	0.014	0.250	-0.173
PH	0.716	-0.766	0.348	-0.067	-0.062
NPP	0.656	0.770	-0.198	0.099	-0.060
PL	0.596	-0.656	0.131	-0.115	-0.090
PEL	0.535	-0.245	0.378	0.209	0.223
NFGP	0.702	0.808	-0.071	0.055	0.199
NUGP	0.939	-0.052	0.023	0.068	-0.961
PF	0.972	0.307	-0.046	-0.059	0.929
GL	0.819	0.174	-0.634	0.109	0.103
GW	0.761	-0.004	0.870	-0.017	-0.024
TGW	0.763	0.851	-0.017	0.105	0.161
GY	0.852	0.883	-0.009	-0.030	0.239
HR	0.933	0.165	-0.094	0.945	-0.053
BR	0.940	-0.256	0.207	-0.904	0.083
KL	0.888	0.173	-0.574	0.067	0.181
KW	0.783	-0.141	0.873	-0.023	0.014
CRL	0.916	0.067	0.065	-0.308	0.023
GS	0.771	0.185	-0.798	0.151	-0.027
EP	0.751	-0.078	0.715	-0.395	-0.076
Eigen values	-	5.229	4.342	2.719	2.625
Variance (%)	-	27.52	22.85	14.31	13.82
Cumulative variance (%)	-	27.52	50.37	64.68	78.50

<sup>†</sup>: The traits abbreviations are presented in Table 2.

گیلویایی و همکاران (Danesh Gilevaei *et al.*, 2017) نیز در بررسی لاین‌های برنج با استفاده از تجزیه عاملی، چهار عامل اصلی و مستقل شناسایی کردند که ۹۴/۲۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند و تحت عنوان عامل میزان باروری، عملکرد و اجزای عملکرد، صفات فیزیولوژیک و صفات ریخت‌شناسی گیاه نام‌گذاری شدند که از نظر دو عامل مستقل اول، با نتایج به دست آمده از این تحقیق مشابهت داشت. احمدی‌شاد و همکاران (Ahmadi Shad *et al.*, 2018) در بررسی ۱۴۴ لاین نوترکیب برنج بر اساس تجزیه به عامل‌ها نشان دادند که

قربانی و همکاران (Ghorbani *et al.*, 2011) در بررسی تنوع ژنتیکی و طبقه‌بندی ارقام برنج، از تجزیه عاملی استفاده و سه عامل اصلی و مستقل را شناسایی کردند که ۷۷/۷۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد. این سه عامل را به ترتیب تحت عنوان ویژگی‌های مورفولوژیک، عامل عملکرد و اجزای عملکرد و عامل فنولوژیک نامگذاری شدند. در عامل عملکرد و اجزای عملکرد صفات مهمی مثل عملکرد دانه، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد دانه پوک در خوشه و وزن هزار دانه قرار گرفتند که با نتایج تحقیق حاضر در یک راستا بود. دانش

سه عامل اصلی و مستقل به ترتیب ۴۹، ۲۸ و ۱۰ درصد و در مجموع ۸۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. زربافی و همکاران (Zarbafti et al., 2019) نیز ۱۲۱ ژنوتیپ برنج را در شرایط بیماری بلاست مورد مطالعه قرار دادند و با استفاده از تجزیه به عامل‌ها، گزارش کردند که ۸۶/۷۲ درصد از تغییرات و تنوع کل داده‌ها را سه عامل مستقل و پنهانی به‌عهده دارند. در مقابل، وانیسری و همکاران (Vanisri et al., 2020) در مطالعه خود پنج عامل پنهانی مستقل شناسایی کردند که ۸۵/۸۱ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد. عامل اول با صفات ارتفاع بوته، طول خوشه، درصد باروری، تعداد دانه پر در خوشه و عملکرد دانه همبستگی بالایی داشت که به‌جز صفت میزان باروری که در این تحقیق به‌طور مجزا در عامل چهارم گروه‌بندی شد، از نظر سایر صفات با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. ژائو و همکاران (Zhao et al., 2020) نیز به‌منظور بررسی رابطه بین عملکرد با سایر صفات از تجزیه عاملی استفاده و پنج عامل اصلی و مستقل تعیین کردند که ارتباط بین صفات مورد مطالعه را بر عهده داشتند و با توجه به قرارگیری عملکرد دانه به‌همراه تعداد کل دانه در خوشه و تعداد دانه پر در خوشه با بار عاملی مثبت در عامل اول، این صفات را به‌عنوان معیارهای اصلی افزایش عملکرد دانه معرفی کردند. با توجه به نتایج نسبتاً متفاوت حاصل از آزمایش‌های مختلف که دلیل آن، تفاوت در مواد ژنتیکی و شرایط محیطی اجرای آزمایش است، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برای اصلاح هر جمعیت لازم است معیارهای انتخاب آن را با توجه به وضعیت و شرایط ویژه آن مطالعه و شناسایی کرد.

### تجزیه خوشه‌ای

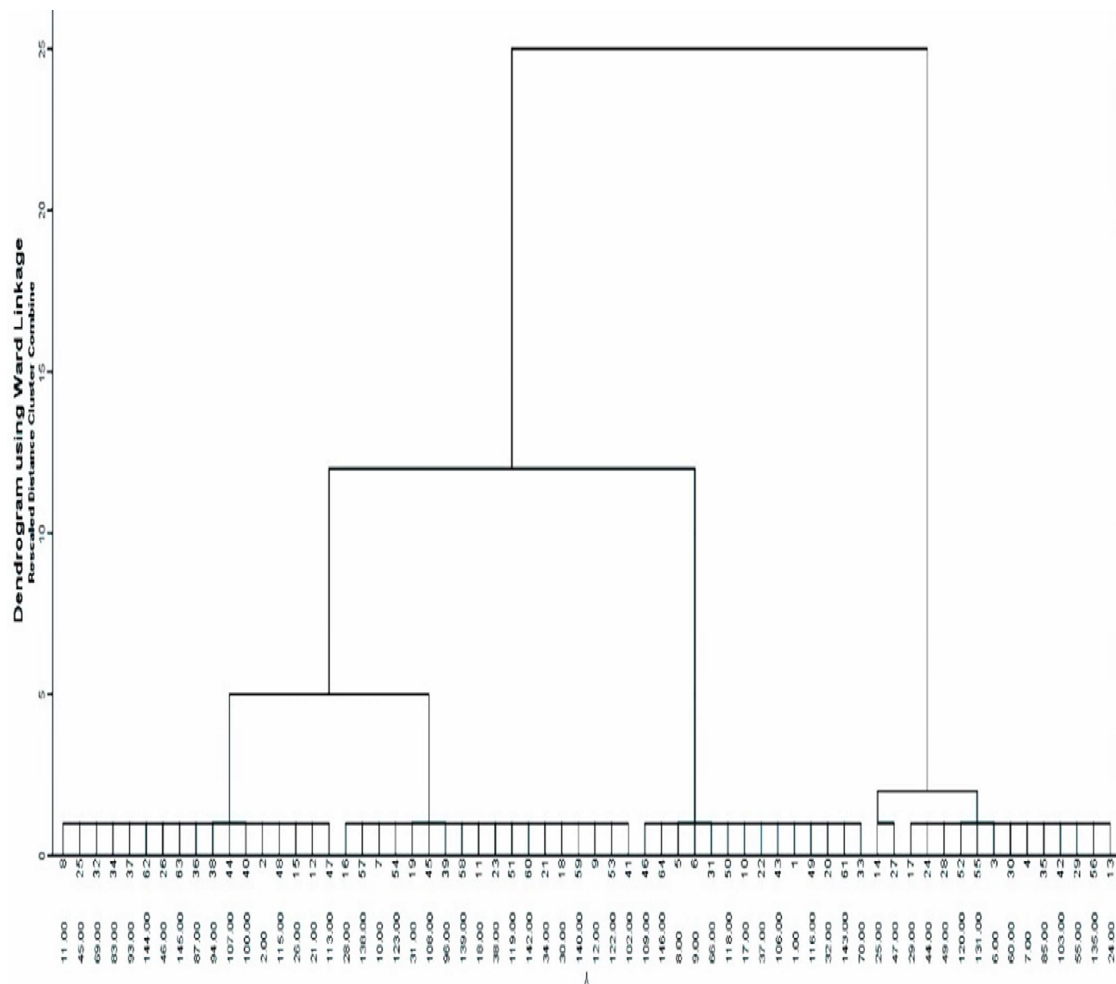
جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس کلیه صفات مورد ارزیابی، از تجزیه خوشه‌ای بر اساس روش حداقل واریانس وارد (Ward) استفاده و دندروگرام مربوطه در شکل ۱ ارائه شد. به‌منظور تشخیص ناحیه برش دندروگرام و تعیین تعداد گروه‌ها از تجزیه تابع تشخیص استفاده شد (نتایج ارائه نشده است). بر این اساس، برش دندروگرام از فاصله بین پنج تا ده واحد انجام و لاین‌ها در سه گروه مجزا گروه‌بندی شدند (شکل ۱). گروه اول شامل ۱۳ لاین به‌همراه والد سپیدرود، گروه دوم دارای ۳۴ لاین به‌همراه والد غریب و گروه سوم دارای ۱۵ لاین بود. به‌منظور تعیین

ویژگی‌ها و برتری هر گروه از نظر صفات مورد مطالعه، میانگین و اشتباه معیار صفات مختلف در هر گروه محاسبه و در جدول ۵ ارائه شد. بر این اساس، لاین‌های گروه اول از نظر صفات روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی ( $109/05 \pm 05/60$ )، تعداد خوشه در بوته ( $15/59 \pm 1/74$ )، تعداد دانه پر در خوشه ( $107/73 \pm 8/73$ )، میزان باروری خوشه ( $78/34 \pm 3/78$ )، طول شلتوک ( $10/38 \pm 1/38$ )، وزن هزار دانه ( $30/84 \pm 1/70$ )، عملکرد دانه ( $42/33 \pm 8/74$ )، درصد برنج سالم ( $3966/62 \pm 115/40$ ) و طول شدن دانه بعد از پخت ( $11/75 \pm 0/95$ ) دارای میانگین بیش‌تر از دو خوشه دیگر و میانگین کل ژنوتیپ‌ها بود. در مقابل، برای صفات ارتفاع بوته ( $110/53 \pm 8/57$ )، تعداد دانه پوک در خوشه ( $29/94 \pm 7/13$ ) و میزان آمیلوز ( $24/79 \pm 3/43$ ) کم‌ترین میانگین را به‌خود اختصاص داد. بنابراین لاین‌های این گروه از نظر عملکرد و اجزای عملکرد دارای مقادیر بالایی بودند، ارتفاع بوته کم‌تری داشتند و به‌همراه ویژگی‌های مثبت مربوط به کیفیت دانه مانند طول دانه بیش‌تر، طول شدن بیش‌تر دانه‌ها بعد از پخت و به‌ویژه میزان آمیلوز متوسط، از بازارپسندی و مطلوبیت بالاتری نیز برخوردار بوده و بهترین لاین‌های این تحقیق بودند. تنها ویژگی منفی لاین‌های این گروه، طول دوره گل‌دهی و در نتیجه رسیدگی بیش‌تر آن‌ها بود که آن را نیز می‌توان با شناسایی لاینی از این گروه که طول دوره رشد کم‌تری داشته باشد، جبران کرد. در مقابل، لاین‌های گروه سوم از نظر صفت روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی ( $101/6 \pm 04/34$ ) دارای میانگین کم‌تر و از نظر طول خوشه ( $30/61 \pm 1/38$ ) از میانگین بیش‌تری نسبت به خوشه‌های دیگر و میانگین کل برخوردار بودند. از آن جایی‌که کاهش طول دوره رشد و تولید ارقام زودرس یکی از اهداف اصلاحی در برنج است، از این‌رو از لاین‌های موجود در گروه سوم می‌توان برای تولید ژنوتیپ‌های زودرس استفاده کرد.

اله‌قلی‌پور و همکاران (Allahgholipour et al., 2015) نیز به‌منظور تعیین تنوع مورفولوژیک و فیزیکیوشیمیایی دانه و طبقه‌بندی ارقام برنج، تعداد ۹۴ ژنوتیپ برنج را بررسی و با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بر اساس روش دورترین همسایه‌ها، ژنوتیپ‌ها را در نه گروه مجزا گروه‌بندی کردند. قرار گرفتن ارقام پرمحصول، دانه بلند و دیررس در یک گروه مجزا، وجه تشابه این مطالعه با

کمی را در ۲۲ رقم برنج بررسی و با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، ارقام برنج را در سه خوشه قرار دادند. کوشواها و همکاران (Kushwaha *et al.*, 2020) با ارزیابی ۱۵ صفت کمی در ۲۲ ژنوتیپ برنج، از تجزیه خوشه‌ای استفاده و ژنوتیپ‌ها را در شش گروه مجزا گروه‌بندی کردند. آمگان و همکاران (Amegan *et al.*, 2020) نیز در آزمایشی ۱۳۰ ژنوتیپ برنج را بر اساس روش UPGMA در سه گروه قرار دادند و در گروه اول عمدتاً ارقام پرمحصول با تعداد دانه پر بیش‌تر در خوشه قرار گرفتند. اگرچه ارقام مورد بررسی این محققین با تحقیق حاضر متفاوت بود، اما قرارگیری ارقام پرمحصول با تعداد دانه پر بیش‌تر در یک گروه و در گروهی متفاوت از ارقام کم‌محصول، وجه تشابه این دو تحقیق است.

تحقیق حاضر بود. نیلی و همکاران (Nili *et al.*, 2017) در مطالعه خود ۵۷ رقم برنج را بر اساس تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA در چهار گروه جداگانه قرار دادند. طبخ‌کار و همکاران (Tabkhkar *et al.*, 2018) نیز توانستند ۸۳ ژنوتیپ برنج را با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بر مبنای شاخص‌های تحمل به خشکی به گروه‌های متحمل و حساس تفکیک کنند. شیجاگورومایوم و همکاران (Shijagurumayum *et al.*, 2018) بر اساس کیفیت شیمیایی، فیزیکی و پخت و پز دانه در ۱۴ رقم برنج بومی و اصلاح شده و با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بر پایه تحلیل سلسله مراتبی، ارقام را در سه گروه مجزا قرار دادند، به طوری که ارقام بومی و اصلاح شده تا حدود زیادی از هم تفکیک شدند. کوچرت و همکاران (Chuchert *et al.*, 2018) در مطالعه خود ۱۱ صفت



شکل ۱- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای لاین‌های برنج به روش حداقل واریانس "وارد"

Figure 1. Dendrogram of cluster analysis of rice lines based on Ward's minimum variance method

جدول ۵- میانگین و انحراف از میانگین کل صفات مورد مطالعه برای سه گروه حاصل از تجزیه خوشه‌ای

Table 5. Mean and deviation from total mean of the studied traits for three groups from the cluster analysis

Trait	Mean $\pm$ standard error			
	Cluster 1	Cluster 3	Cluster 3	Total mean
DF	109.05 $\pm$ 5.60	104.75 $\pm$ 5.18	101.04 $\pm$ 6.34	104.75 $\pm$ 6.10
PH	110.53 $\pm$ 8.57	127.41 $\pm$ 12.25	131.93 $\pm$ 6.96	124.78 $\pm$ 12.96
NPP	15.59 $\pm$ 1.74	13.58 $\pm$ 1.47	12.47 $\pm$ 1.55	13.76 $\pm$ 1.87
PL	28.27 $\pm$ 1.36	29.60 $\pm$ 1.73	30.61 $\pm$ 1.38	29.55 $\pm$ 1.74
PEL	5.62 $\pm$ 3.12	5.22 $\pm$ 4.53	5.88 $\pm$ 3.96	5.46 $\pm$ 4.08
FLL	34.20 $\pm$ 3.58	34.25 $\pm$ 5.18	34.73 $\pm$ 3.79	34.35 $\pm$ 4.51
FLW	1.06 $\pm$ 0.06	1.09 $\pm$ 0.12	1.08 $\pm$ 0.06	1.08 $\pm$ 0.09
NFGP	107.73 $\pm$ 8.73	90.23 $\pm$ 7.96	81.44 $\pm$ 7.79	91.99 $\pm$ 12.11
NUGP	29.94 $\pm$ 7.13	31.25 $\pm$ 10.06	36.57 $\pm$ 11.71	32.21 $\pm$ 10.09
PF	78.34 $\pm$ 3.78	74.52 $\pm$ 6.65	69.43 $\pm$ 7.92	74.16 $\pm$ 7.07
GL	10.38 $\pm$ 1.38	9.68 $\pm$ 0.90	9.82 $\pm$ 0.63	9.87 $\pm$ 0.99
GW	2.82 $\pm$ 0.25	2.89 $\pm$ 0.27	2.83 $\pm$ 0.27	2.86 $\pm$ 0.27
TGW	30.84 $\pm$ 1.70	28.59 $\pm$ 1.12	27.07 $\pm$ 1.29	28.72 $\pm$ 1.82
GY	3966.62 $\pm$ 115.40	3390.98 $\pm$ 211.43	2767.66 $\pm$ 226.93	3370.81 $\pm$ 451.72
MP	65.48 $\pm$ 2.97	63.86 $\pm$ 3.20	65.60 $\pm$ 4.33	64.62 $\pm$ 3.49
HR	42.33 $\pm$ 8.74	37.95 $\pm$ 10.83	38.31 $\pm$ 6.15	38.99 $\pm$ 9.52
BR	23.14 $\pm$ 8.05	25.94 $\pm$ 9.99	27.35 $\pm$ 4.66	25.66 $\pm$ 8.61
AC	24.79 $\pm$ 3.43	25.10 $\pm$ 2.08	25.40 $\pm$ 1.94	25.10 $\pm$ 2.38
GT	5.35 $\pm$ 1.11	5.47 $\pm$ 1.05	5.53 $\pm$ 1.27	5.46 $\pm$ 1.10
LK	6.89 $\pm$ 0.72	6.60 $\pm$ 0.56	6.54 $\pm$ 0.48	6.65 $\pm$ 0.59
WK	2.08 $\pm$ 0.24	2.20 $\pm$ 0.22	2.17 $\pm$ 0.21	2.16 $\pm$ 0.22
CRL	11.75 $\pm$ 0.95	11.68 $\pm$ 1.00	11.48 $\pm$ 0.94	11.65 $\pm$ 0.97
GS	3.26 $\pm$ 0.62	3.04 $\pm$ 0.47	2.95 $\pm$ 0.50	3.07 $\pm$ 0.52
EP	1.73 $\pm$ 0.12	1.77 $\pm$ 0.15	1.73 $\pm$ 0.12	1.75 $\pm$ 0.14

†: The traits abbreviation are presented in Table 2.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که وزن هزار دانه، تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه، شاخص‌های گزینش مناسبی برای گزینش لاین‌های با عملکرد دانه بالا هستند. وراثت‌پذیری خصوصی صفات اندازه‌گیری شده نیز از حدود ۳۲ درصد برای تعداد دانه پر در خوشه تا ۴۹ درصد برای عرض برگ پرچم و طول دانه متغیر بود. با محاسبه ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی مشاهده شد که کم‌ترین تنوع مربوط به طول خوشه و بیش‌ترین تنوع مربوط به طول خروج خوشه از غلاف بود. تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس "وارد" لاین‌های مورد مطالعه را در سه گروه متفاوت گروه‌بندی کرد و لاین‌های گروه اول با تعداد ۱۳ لاین، از نظر تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه، درصد باروری خوشه، طول شلتوک و عملکرد دانه، میانگین بیش‌تر و از نظر ارتفاع بوته و تعداد دانه پوک در خوشه، میانگین کم‌تری داشتند و ارزشمندتر از سایر لاین‌ها بودند. این لاین‌ها از نظر طول دانه و طویل

شدن دانه‌ها بعد از پخت نیز مقادیر بیش‌تری داشتند و میزان آمیلوز در آن‌ها متوسط بود و بنابراین می‌توان آن‌ها را پس از ارزیابی در آزمایش‌های ناحیه‌ای به‌عنوان رقم‌های جدید پرمحصول معرفی کرد.

### سپاسگزاری

از مدیریت و همکاران محترم موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) که نهایت همکاری را در اجرای این تحقیق داشتند، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

### تضاد منافع

نویسنده (گان) تایید می‌کند که این تحقیق در غیاب هر گونه روابط تجاری یا مالی که می‌تواند به‌عنوان تضاد منافع بالقوه تعبیر شود، انجام شده است.

### رعایت اخلاق در نشر

نویسنده (گان) اعلام می‌کند که در نگارش این مقاله به‌طور کامل از اخلاق نشر از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار،

## اجازه انتشار مقاله

نویسنده (گان) با چاپ این مقاله به صورت دسترسی باز موافقت کرده و کلیه حقوق استفاده از محتوا، جدول‌ها، شکل‌ها، تصویرها و غیره را به ناشر واگذار می‌کنند.

جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پیروی کرده‌اند. همچنین این مقاله حاصل یک کار تحقیقاتی اصیل بوده و تا کنون به‌طور کامل به هیچ زبانی و در هیچ نشریه یا همایشی چاپ و منتشر نشده و هیچ اقدامی نیز برای انتشار آن در هیچ نشریه یا همایشی صورت نگرفته و نخواهد گرفت.

## References

- 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 F6 populations in rice (*Oryza sativa* L.). **Cereal Research** 8: 157-167. (In Persian With English Abstract).
- Allahgholipour, M., Farshadfar, E. and Rabiei, B. 2015. Morphological and physico-chemical diversity in different rice cultivars by factor and cluster analysis. **Cereal Research** 4: 293-307. (In Persian With English Abstract).
- Amegan, E., Efiue, A., Akoroda, M., Shittu, A. and Tonegnikes, F. 2020. Genetic diversity of Korean rice (*Oryza sativa* L.) germplasm for yield and yield related traits for adoption rice farming system in Nigeria. **International Journal of Genetics and Genomics** 8 (1): 19-28.
- Budhlakoti, V., Joshi, A. and Bhatt, N. 2019. Genetic variability, heritability, genetic advance and correlation studies for yield and component traits in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry** 8: 200-204.
- Chuchert, S., Nualsri, Ch., Junsawang, N. and Soonsuwon, W. 2018. Genetic diversity, genetic variability, and path analysis for yield and its components in indigenous upland rice (*Oryza sativa* L. var. glutinosa). **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 40: 609-616.
- Danesh Gilevaei, M., Samizadeh, H. and Rabiei, B. 2017. Grouping of rice (*Oryza sativa* L.) lines based on multivariate analysis under drought stress condition. **Iranian Journal of Field Crop Science** 48: 1027-1039. (In Persian with English Abstract).
- Devi, R. K., Venkanna, V., Hari, Y., Satish Chandra, B., Lingaiah, N. and Prasad, K. R. 2020. Studies on genetic diversity and variability for yield and quality traits in promising germplasm lines of rice (*Oryza sativa* L.). **The Pharma Innovation Journal** 9 (1): 391-399.
- Falconer, D. S. and Mackay, T. F. C. 1996. Introduction to quantitative Genetics. 4<sup>th</sup> Edition, Addison Wesley Longman, Harlow.
- Ghorbani, H., Samizadeh Lahiji, H., Rabiei, B. and Allahgholipour, M. 2011. Grouping different rice genotypes using factor and cluster analysis. **Journal of Agricultural Science and Sustainable Production** 21 (3): 90-104. (In Persian With English Abstract).
- Ghorbani, H., Samizadeh Lahiji, H., Rabiei, B. and Allahgholipour, M. 2019. Studying the relationship between yield and correlated yield components in rice (*Oryza sativa* L.) using regression and path analysis. **Journal of Crop Breeding** 11: 115-123. (In Persian With English Abstract).
- Islam, M. Z., Akter, N., Prince, F. R. K., Monir, N. and Kkalequzzaman, M. 2020. Genetic variability and inter-relationship between yield and yield components in Jhum rice (*Oryza sativa* L.) genotypes of Khagrachhari district in Bangladesh. **A Scientific Journal of Krishi Foundation** 18: 01-09.
- Jokarfard, V. and Rabiei, B. 2020. Selecting superior and high yielding recombinant inbred lines of an F<sub>11</sub> rice population using index selection method. **Cereal Research** 10: 19-32. (In Persian With English Abstract).
- Kushwaha, N., Kant, R., Kumar, R., Chhaya, R., Sinha, N., Singh, D. and Mohanty, T. A. 2020. Study of genetic divergence in lowland rice genotypes of Bihar. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 9 (2): 88-94.
- Lakshmi, V. G., Sreedhar, M., Gireesh, C. and Vanisri, S. 2020. Genetic variability, correlation and path analysis studies for yield and yield attributes in African rice (*Oryza glaberrima*) germplasm. **Electronic Journal of Plant Breeding** 11: 399-404.

- 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: 33-50. (In Persian with English Abstract).
- Nithya, N., Beena, R., Stephen, R., Abida, P. S., Jayalekshmi, V. G., Viji, M. M. and Manju, R. V. 2020.** Genetic variability, heritability, correlation coefficient and path analysis of morphophysiological and yield related traits of rice under drought stress. **Chemical Science Review and Letters** 9 (33): 48-54.
- Nomura, T., Arakawa, N., Yamamoto, T., Ueda, T., Adachi, Sh., Yonemaru., J.-I., Abe, A., Takagi, H., Yokoyama, T. and Ookawa, T. 2019.** Next generation long-culm rice with superior lodging resistance and high grain yield, Monster rice 1. **Plos One** 14 (8): e0221424.
- Perween, S., Kumar, A., Adan, F. and Danish, M. D. 2020.** The inter-relationship among yield and yield attributing traits of rice (*Oryza sativa* L.) under irrigated condition through correlation coefficient studies and path analysis. **International Journal of Chemical Studies** 8: 1409-1414.
- 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.
- Sabri, R. S., Rafii, M., Ismail, M. R., Yusuff, O., Chukwu, S. C. and Hasan, N. A. 2020.** Assessment of agro-morphologic performance, genetic parameters and clustering pattern of newly developed blast resistant rice lines tested in four environments. **Agronomy** 10: 1-17.
- Sandeep, S., Sujatha, M., Neeraja, C. N. and Subbarao, L. V. 2020.** Assessment of inter-relationships between yield and yield attributes for heat tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). **Agricultural Reserch** 57: 648-654.
- Sangare, J., Konate, A., Cisse, F. and Sanni, A. 2017.** Assessment of genetic parameters for yield and yield related-traits in an intraspecific rice (*Oryza sativa* L.) population. **Journal of Plant Breeding and Genetics** 5: 45-56.
- Selvaraj, I., Nagarajan, P., Thiyagarajan, K., Bharathi, M. and Rabindran, R. 2011.** Genetic parameters of variability, correlation and path coefficient studies for grain yield and other yield attributes among rice blast disease resistant genotypes of rice (*Oryza sativa* L.). **African Journal of Biotechnology** 10: 3322-3334.
- Shijagurumayum, S., Devi, G. A. S. and Singh, Ch. B. 2018.** Grain quality evaluation of some aromatic rice varieties of Manipur, India. **Research on Crops** 19 (2): 169-181.
- Singh, S. K., Singh, P., Korada, M., Khaire, A. R., Singh, D. K., Habde, S. V., Majhi, P. K. and Naik, R. 2020.** Character association and path-coefficient analysis for yield and yield-related traits in 112 genotypes of rice (*Oryza sativa* L.). **Current Journal of Applied Science and Technology** 39: 545-556.
- Soundharya, B., Rathod, R., Shahana, F., Swathi, Y., Naik, P. and Venkataiah, M. 2020.** Interrelationship and cause-effect analysis for yield and yield attributing traits in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. **Current Journal of Applied Science and Technology** 39: 511-518.
- Tabkhkar, N., Rabiei, B., Samizadeh Lahiji, H. and Hosseini Chaleshtori, M. 2018.** Assessment of rice genotypes response to drought stress at the early reproductive stage using stress tolerance indices. **Journal of Crop Production and Processing** 7: 83-106. (In Persian With English Abstract).
- Taghipour, Z. and Mehrabi, A. A. 2019.** Evaluation of phenotypic diversity, transgressive segregation and agromorphological trait relations in generated populations from cross-breeding of Iranian rice cultivars. **Iranian Journal of Field Crop Science** 51 (3): 33-45. (In Persian with English Abstract).
- Vanisri, S., Wesly, Ch., Priyanka, B., Sreedhar, M., Laxmi, I. and Srikant Rahul, V. 2020.** Mahalanobis  $D^2$  and principle component based genetic divergence, selection criteria and genetic variability studies in cold tolerant rice (*Oryza sativa*) genotypes. **International Journal of Chemical Studies** 8 (4): 1754-1761.
- Zarbaifi, S. S., Rabiei, B. and Ebadi, A. A. 2019.** Screening rice (*Oryza sativa* L.) genotypes susceptibility and tolerance to leaf blast under artificial inoculation in field conditions. **Cereal Research** 9: 193-206.
- Zhao, H., Mo, Z., Lin, Q., Pan, Sh., Duan, M., Tian, H. and Wang, Sh. 2020.** Relationships between grain yield and agronomic traits of rice in southern China. **Chilean Journal of Agricultural Research** 80: 72-79.



University of Guilan  
Faculty of Agricultural  
Sciences

doi: 10.22124/CR.2021.20707.1692

(Research Article)

Cereal Research  
Vol. 11, No. 2, Summer 2021 (105-119)

## Investigating the relationships between grain yield and quality related traits in some promising lines of rice (*Oryza sativa* L.)

Zahra Khadem Hosseini<sup>1</sup> and Babak Rabiei<sup>2\*</sup>

Received: May 1, 2021

Accepted: July 12, 2021

### Abstract

Investigating the relationship between the studied traits has an important role in plant breeding and can identify and introduce appropriate selection indices for population breeding. In this study, the relationships between yield related traits and grain quality of 62 rice promising lines were evaluated. The experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran, in 2020. Estimating the phenotypic correlation coefficients between traits showed that there was a positive and significant correlation between grain yield and 1000-grain weight, number of filled grains per panicle, number of panicles per plant and day to 50% flowering, and negative and significant correlation with plant height and panicle length. Narrow-sense heritability of the measured traits ranged from about 32% for number of filled grains per panicle to 49% for flag leaf width and grain length. Path analysis between grain yield and the other studied traits showed that 1000-grain weight, number of panicles per plant and number of filled grains per panicle had a positive and direct effect on grain yield. Factor analysis showed that four main and independent factors that explained 78.50% of the total variance were the latent factors affecting the studied traits. These factors were named as grain yield and plant type, grain appearance characteristics, milling efficiency and fertility rate factors, respectively. Cluster analysis using the Ward's minimum variance method grouped the studied lines into three separate clusters and the first cluster with 13 lines had the higher grain yield, number of panicles per plant, number of filled grains per panicle and fertility percentage than the other clusters. This cluster had also moderate amylose content and higher values for grain length and cooked rice length related to other clusters. Therefore, it seems that the lines of this group can be introduced as new high yield and qualitative cultivars after evaluation in multi-regional experiments.

**Keywords:** Genetic diversity, Multivariate analyses, Selection indices, Yield and yield components

1. M. Sc. Graduate, Dept. of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

2. Prof., Dept. of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

\* Corresponding author: [rabiei@guilan.ac.ir](mailto:rabiei@guilan.ac.ir)