Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 51, No 3, Autumn 2020 (33-45)
DOI: 10.22059/ijfcs.2019.275504.654581

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۳، پائیز ۱۳۹۹ (ص۴۵-۳۳)

ارزیابی تنوع فنوتیپی، تفکیک متجاوز و روابط صفات آگرو-مورفولوژیک در جمعیت حاصل از تلاقی ارقام برنج ایرانی

زهرا تقی‌پور[۱] و علی اشرف مهرابی*[۲]
۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام.
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/٤/۱۵)

چکیده

به‌منظور تسهیل در امر گزینش ژنوتیپ‌های جدید، ارزیابی تنوع و تحلیل روابط بین صفات موثر بر عملکرد دانه برنج در جمعیت‌های F_2 حاصل از تلاقی رقم عنبربو به‌عنوان والد مادری با ارقام پاکوتاه و پرمحصول شفق و نجفی به‌عنوان والد پدری، ٤٥٠ ژنوتیپ (۲٤۰ ژنوتیپ از تلاقی عنبربو ×نجفی و تعداد ۲۱۰ ژنوتیپ از تلاقی عنبربو ×شفق)، همراه با ژنوتیپ‌های والدی در گلخانه کاشته شدند و عملکرد دانه به همراه ۱٦ صفت مختلف زراعی دیگر بررسی شد. با مقایسه آماره‌های توصیفی برآورد شده از ژنوتیپ‌های والدی و نتاج F_2 حاصل از آن‌ها، تفکیک متجاوز برای صفات مختلف برآود شد. همبستگی ساده صفات وزن خشک خوشه، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در خوشه، شاخص برداشت، وزن صد دانه، ارتفاع، طول خوشه و طول پدانکل با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود. به‌منظور گزینش صفات توجیه‌کننده عملکرد دانه، تجزیه رگرسیون گام به گام انجام شد و صفات وزن خشک خوشه، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در خوشه، فاصله گره اول تا گره دوم ساقه و فاصله طوقه تا اولین گره، به‌عنوان موثرترین صفات بر عملکرد دانه وارد مدل شدند. تجزیه ضریب مسیر نشان داد که بیشترین اثرات مستقیم و مثبت، به ترتیب به صفات تعداد دانه در بوته (۰/۸۳٤)، وزن صد دانه (۰/۳٤۸) و وزن خشک خوشه (۰/۱۲۲) تعلق داشت. در این تحقیق، صفات تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه و وزن خشک خوشه که به‌عنوان شاخص‌های انتخاب برای بهبود عملکرد دانه در برنج شناسایی شدند، به‌منظور استفاده در پروژه‌های اصلاحی برنج توصیه می‌شوند. با توجه به تنوع فنوتیپی ایجاد شده در بین نتاج F_2 برای صفات مختلف (دامنه تغییرات و ضریب تغییرات بالا) در این تحقیق و بکارگیری تفکیک یافته‌های مطلوب در برنامه‌های به‌نژادی، می‌توان در نسل‌های بعد به ارقامی با خصوصیات مورد نظر و افزایش عملکرد دست یافت.
واژه‌های کلیدی: برنج ، تفکیک متجاوز، تجزیه مسیر، رگرسیون گام به گام.

Evaluation of phenotypic diversity, transgressive segregation and agro-morphological trait relations in generated populations from cross-breeding of Iranian rice cultivars

Zahra Taghipour[1] and Ali-Ashraf Mehrabi*[1]
1. Agronomy and Plant Breeding Department, College of Agriculture, Ilam University.
(Received: February 5, 2019- Accepted: July 6, 2019)

ABSTRACT

In order to facilitate the selection of new genotypes, diversity evaluation and analysis of relationships of effective traits on grain yield of rice in F_2 populations produced by crossing of Anbarbo cultivar as mother parent with semi dwarf and highly produced by Shafagh and Najafi as paternal parents, 450 F_2 genotypes with three control varieties (Anbarbo, Shafagh and Najafi) were evaluated and grain yield and 16 different agronomic traits were investigated. By comparing the descriptive statistics of the parental cultivars and the resulting F_2 progenies, positive and negative transgressive segregation was observed for most traits such as yield, harvest index, peduncle length and number of fertile tillers. Dry weight of panicle, number of grains per plant, biological yield, number of fertile tillers and grain per panicle, harvest index, 100-grain weight, height, panicle length and peduncle length had positive and significant correlations with grain yield. To select grain yield justifying traits, stepwise regression analysis was performed and dry weight of panicle ,number of grain per plant, 100-grain weight, number of grains per panicle, first and second internode lengths were introduced into the model as the most effective traits on grain yield. Path coefficient analysis showed that the most direct and positive affecting traits were number of grains per plant (0.834), 100-grain weight (0.348) and dry weight of panicle (0.122), respectively. In this research, grain number per plant, 100-grain weight and dry weight of panicle were identified as selection indexes for improving grain yield in rice and recommended for use in rice modification projects. According to the phenotypic variation observed among F_2 progenies for different traits (variation range and coefficient of variation) in this study and applying the desired segregation in breeding programs, it could be achieved new lines with the desired

* Corresponding author E-mail: a.mehrabi@ilam.ac.ir

characteristics and increased yield in later generations.
Keywords: Path analysis, rice, stepwise regression, transgressive segregation.

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) (۲n=۲۴) از خانواده گندمیان[1] و زیر خانواده اوریزوئیده[2]، یک محصول مهم زراعی است که غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان را تامین می‌کند و نقش مهمی در امنیت غذایی دارد (Brar *et al.*, 2012). تولید برنج به‌عنوان یک غذای سالم، همیشه مورد توجه بوده است و با افزایش جمعیت، تقاضا برای تولید برنج رو به افزایش است؛ بنابراین افزایش تولید از طریق افزایش بهره‌وری در واحد سطح ضروری است (Khush, 2013).

فناوری برنج هیبرید، یکی از مهم‌ترین تکنولوژی‌های قابل دسترس و عملی برای افزایش تولید در واحد سطح است. در برنامه‌های به‌نژادی بر پایه دورگ‌گیری، باید والدین از نظر ژنتیکی در صفات مورد مطالعه با هم فاصله داشته باشند. وجود آلل‌های متفاوت در دو والد و ترکیب آلل‌های آن‌ها در نتاج، منجر به بروز مقادیر بالاتر یا پایین‌تر از والدین و ظهور پدیده تفکیک متجاوز می‌شود (Bahmankar *et al*., 2013). انتخاب بر اساس صفات مورفولوژیک با دقت اندازه‌گیری زیاد، وراثت پذیری نسبتا بالا و در عین حال ساده، ممکن است راه سریعی برای غربال جوامع گیاهی و بهبود عملکرد دانه باشد (Lafitte *et al.*, 2004). با ارزیابی صفات مختلف زراعی مخصوصاً صفات مهمی که در عملکرد برنج موثر می‌باشند، می‌توان مدیریت بهبود و اصلاح گیاه برنج در آینده را دقیق‌تر برنامه‌ریزی نمود.

تعیین همبستگی بین صفات مختلف به‌ویژه عملکرد دانه و اجزای آن و تعیین روابط علت و معلول آن‌ها، به به‌نژادگران این فرصت را می‌دهد که مناسب‌ترین ترکیب اجزاء را که منتهی به عملکرد بیشتر شود، انتخاب نمایند (Balouchzaehi & Kiani, 2013). با وجود استفاده از همبستگی بین صفات در تعدادی از مطالعات، این مطالعات انواع روابط همبستگی رابطه علت و معلولی بین صفات را بیان نمی‌کنند و بنابراین برای دستیابی به اطلاعات جامع در ارتباط با روابط بین صفات، خصوصاً برای متغیرهای اثرگذار بر عملکرد اقتصادی گیاه، لازم است علاوه بر همبستگی بین صفات، از سایر روش‌های آماری پیشرفته و تبیین کننده روابط بین متغیرها مانند تجزیه علیت و تحلیل‌های مبتنی بر رگرسیون نیز استفاده نمود.

تجزیه رگرسیون، روابط میان متغیرها را به‌سادگی و به‌صورتی با مفهوم بیان می‌کند و به عبارتی دیگر، برای کمک به درک روابط بین گروهی از متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Rezai & Soltani, 1998). با وجود این‌که بررسی چنین روابطی، نقش موثری در یافتن عوامل تاثیرگذار اصلی در عملکرد دانه به‌عنوان یک متغیر وابسته دارد، اما قادر به نشان دادن اثرات مستقیم و غیر مستقیم میان متغیرها نیست. روش تجزیه و تحلیل ضریب مسیر (تجزیه علیت) که توسط Wright (1921) پیشنهاد شده است، روشی است که توضیحات قابل پذیرشی از همبستگی میان صفات بر پایه یک مدل علت و معلولی ارائه می‌دهد و اهمیت صفات موثر بر یک صفت خاص را برآورد می‌کند (Soghani *et al.*, 2010). Momeni (1995) در مطالعه همبستگی و تجزیه علیت بر روی ارقام و هیبریدهای برنج گزارش کرد که عملکرد دانه در والدها، دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع بوته، طول خوشه و طول خروج خوشه از غلاف می‌باشد و تجزیه علیت نشان داد که اثرات مستقیم تعداد دانه پر در خوشه، پنجه بارور در بوته و وزن صد دانه و اثرات غیر مستقیم دانه پوک در خوشه از طریق وزن صد دانه و طول خوشه از طریق دانه پر در خوشه روی عملکرد در والدها موثر بودند. Chau & Yamauchi (1994) در تحقیقی که بر روی پنج لاین اصلاح شده برنج انجام دادند، همبستگی مثبت و معنی‌داری میان عملکرد دانه و صفات تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه در بوته و ارتفاع بوته مشاهده کردند. همچنین آن‌ها تاکید کردند که وجود اختلاف معنی‌دار میان ژنوتیپ‌ها، ارتباط معنی‌داری با کل ماده خشک در زمان گلدهی دارد و اندازه خوشه، تاثیر زیادی در تعداد خوشه‌چه در خوشه

[1] Poaceae

[2] Oryzoideae

دارد. بنا بر پژوهش‌های Rahimi *et al.* (2010) عملکرد دانه در برنج، همبستگی مثبت و معنی‌داری با مساحت برگ پرچم، تعداد خوشه در بوته و طول دوره رویشی داشت. با این وجود، در رگرسیون به روش گام به گام برای گزینش صفات توجیه کننده عملکرد دانه، شش صفت ارتفاع بوته، تعداد دانه پوک در خوشه، طول دوره رویشی، طول خوشه، وزن هزار دانه و مساحت برگ پرچم، وارد مدل شدند که با توجه به میزان درجه تبیین، ۷۶/۵ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه توسط این صفات توجیه شد. هدف از این مطالعه، ایجاد تنوع مطلوب در زمینه ژنتیکی برنج رقم محلی، معطر و بازار پسند اما کم‌محصول عنبربو، برای اهداف اصلاحی و همچنین بررسی ارتباط بین عملکرد دانه با اجزاء آن، تعیین روابط علت و معلولی صفات از طریق تجزیه علیت بین ژنوتیپ‌های هیبرید برنج عنبربو با والدین آن به منظور شناسایی شاخص انتخاب برای بهبود عملکرد دانه در برنج می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در تابستان ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه ایلام، با هدف ارزیابی ژنوتیپ‌های نسل F_2 برنج حاصل از تلاقی رقم محلی پابلند و کم محصول عنبربو استان ایلام به‌عنوان والد مادری با ارقام اصلاحی پاکوتاه و پر محصول شفق و نجفی به‌عنوان والد پدری انجام شد. تعداد زیادی بذر F_2 روی بوته‌های هیبرید F_1 تشکیل شد که به‌طور تصادفی، ۲۵۰ بذر سالم و غیر پوک از هر تلاقی انتخاب و کشت شد. تمام گیاهچه‌های بدست آمده از بذور جوانه‌زده (۲۴۰ ژنوتیپ از تلاقی عنبربو ×نجفی و ۲۱۰ ژنوتیپ از تلاقی عنبربو ×شفق)، به همراه ژنوتیپ‌های والدینی که بذر کافی از آن‌ها در اختیار بود (به‌عنوان شاهد)، مورد بررسی قرار گرفت. برای امکان ارزیابی خطای آزمایشی و تصحیح مقادیر صفات ارزیابی شده روی ژنوتیپ‌های F_2 (منحصر به فرد و غیر تکراری)، از طرح آزمایشی آگمنت استفاده شد. در مجموع بذرهای ۴۵۰ ژنوتیپ برنج نسل F_2 (عنبربو×شفق و عنبربو×نجفی) به همراه والدین (عنبربو، شفق و نجفی) اواخر اریبهشت ماه جهت تهیه نشاء در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ایلام در سینی‌های نشاء کشت شدند و اواخر خرداد ماه برای کشت به مزرعه منتقل شدند.

بوته‌ها به‌صورت دستی و با فاصله ۵۰ سانتی‌متری از یکدیگر، روی ریف‌هایی با فاصله ۵۰ سانتی‌متر کاشته شدند. در طول فصل رشد، عملیات زراعی از قبیل آبیاری، مبارزه با علف‌های‌هرز و مبارزه با آفات، طبق عرف منطقه انجام شد. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات کمی ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول خوشه (سانتی‌متر)، طول پدانکل (سانتی‌متر)، تعداد پنجه بارور، تعداد گره در پنجه، طول برگ پرچم (سانتی‌متر)، فاصله طوقه تا اولین گره، فاصله گره اول تا گره دوم (سانتی‌متر)، وزن خشک خوشه‌های هر بوته (گرم)، تعداد دانه در هر بوته، متوسط تعداد دانه در هر خوشه، طول و عرض دانه (میلی‌متر)، وزن صد دانه (گرم)، عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت مورد ارزیابی قرار گرفتند. به‌منظور تجزیه و تحلیل توصیفی خصوصیات مورد ارزیابی و بررسی سطح تنوع فنوتیپی موجود در مواد گیاهی مطالعه شده، پارامترهای توصیفی شامل میانگین، مقادیر حداقل و حداکثر، دامنه تغییرات، ضریب تغییرات، انحراف معیار و خطای معیار برای ارقام والدینی و دو جمعیت F_2 (عنبربو×شفق و عنبربو×نجفی) محاسبه شد. تفکیک متجاوز برای صفات در جهت مثبت و منفی، با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شد.

$$TSP = \frac{BINL-BP}{BP}$$ رابطه (۱)

$$TSn = \frac{WINL-WP}{WP}$$ رابطه (۲)

در این روابط، TSp و TSn: به‌ترتیب تفکیک متجاوز مثبت و منفی، BINL و WINL: به‌ترتیب نتاج دارای بیشترین و کمترین ارزش و BP و WP: به‌ترتیب والدین برخوردار از بالاترین و کمترین ارزش هستند (Houshmand, 2003). جهت پی بردن به ارتباط بین متغیرها، ضرایب همبستگی بین آنها تعیین شد و برای بررسی اثر نسبی موجود در بین صفات با عملکرد دانه، از روش رگرسیون گام به گام استفاده شد.

برای مطالعه نوع روابط بین متغیرهای مستقل (صفات زراعی و اجزاء عملکرد) و متغیر وابسته (عملکرد دانه)، تجزیه مسیر عملکرد دانه با اجزای مربوطه به‌صورت اثرات مستقیم (ضرایب علیت) و اثرات غیر مستقیم

(حاصلضرب ضرایب علیت در ضرایب همبستگی) و با استفاده از ضرایب همبستگی انجام شد. تعیین همبستگی‌ها و تجزیه رگرسیون گام به گام با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 نسخه ۱۹ و تجزیه مسیر با نرم‌افزار Path2 انجام شد.

نتایج و بحث

آماره‌های توصیفی مربوط به صفات اندازه‌گیری شده برای سه والد (جدول۱) و ژنوتیپ‌های F_2 حاصل از دو تلاقی عنبربو×نجفی و عنبربو×شفق (جدول۲)، تنوع مشاهده شده برای صفات ارزیابی شده در ژنوتیپ‌های والدی و نتاج تفرق یافته آن‌ها را نشان داد.

برای بررسی اولیه و داشتن دید کلی از سطح تنوع موجود در بین ژنوتیپ‌ها، می‌توان از دامنه تغییرات استفاده کرد که در این بررسی، صفات تعداد گره در پنجه و تعداد دانه در بوته، به‌ترتیب کمترین و بیشترین دامنه تغییرات در بین ژنوتیپ‌های دو تلاقی عنبربو×نجفی و عنبربو×شفق داشتند (جدول۲). اگر چه مقدار عددی این شاخص، تحت تاثیر واحد صفات می‌باشد، ولی می‌توان از این شاخص نیز تا حدود زیادی برای مقایسه و بررسی اولیه سطح تنوع موجود بین ژنوتیپ‌ها استفاده نمود و به دیدگاهی کلی از میزان تفاوت موجود در بین آن‌ها دست یافت. از طرفی، شاخص ضریب تغییرات، تحت تاثیر واحد اندازه‌گیری صفات و یا دامنه تغییرات آن‌ها نیست و بنابراین به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و معتبرترین شاخص برآورد اولیه سطح تنوع در جمعیت‌ها مطرح است و از این نظر دامنه تغییرات از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد و می‌توان با اعتماد بیشتری گزینش‌های مطلوب را برای صفاتی که ضریب تغییرات بالاتری دارند، انجام داد (Ahmadi Shad, 2018). همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین ضریب تغییرات در تلاقی عنبربو×شفق در فاصله طوقه تا اولین گره ساقه مشاهده شد که نشان‌دهنده وجود تنوع بالا بین ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت می‌باشد. از آن‌جا که ورس برنج بیشتر در این موضع اتفاق می‌افتد، کمتر بودن این فاصله، صفت مهمی در انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب است.

در این پژوهش، ارقام عنبربو و شفق، به‌ترتیب به‌عنوان والدین پابلند و پاکوتاه تلاقی داده شدند. با مشاهده و مقایسه حداقل و حداکثر مقدار فاصله طوقه تا اولین گره و فاصله گره اول تا گره دوم در والدین و نتاج F_2 حاصل از تلاقی آن‌ها، تنوع بالایی در بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. بیشترین ضریب تنوع در تلاقی عنبربو×نجفی برای عملکرد تک بوته و کمترین آن برای طول دانه بود. حداقل و حداکثر مقدار عملکرد تک بوته در تلاقی عنبربو×نجفی، به‌ترتیب ۶/۱۰ و ۱۵۵گرم در بوته بود (جدول ۲) که نسبت به عملکرد والدین، ۶۸ درصد تفکیک متجاوز مثبت و ۸۵/۴ درصد تفکیک متجاوز منفی نشان داد (جدول ۳). در ژنوتیپ‌های حاصل از تلاقی عنبربو×شفق نیز برای عملکرد دانه ۲۲/۸ درصد و ۴۹/۵ درصد، به‌ترتیب تفکیک متجاوز مثبت و منفی مشاهده شد (جدول۳). درصد تفکیک متجاوز مثبت برای ارتفاع بوته در تلاقی عنبربو×نجفی و عنبربو×شفق، به‌ترتیب ۱۱/۳ و ۱۵/۳ درصد به‌دست آمد اما تفکیک متجاوز منفی برای ارتفاع بوته در دو تلاقی مشاهده نشد (جدول ۳). معنی‌دار شدن تفکیک متجاوز برای صفات مختلف در جهت مثبت و منفی در مورد هر دو تلاقی مبین این واقعیت است که آلل‌های افزایش‌دهنده صفات، در بین والدین پخش شده‌اند و در برخی از نتاج، تعداد بیشتری آلل منفی یا مثبت نسبت به والدین جمع شده‌اند (Hamzeh *et al*., 2018). فاصله طوقه تا اولین گره، بیشترین تفکیک متجاوز مثبت را در هر دو تلاقی نشان داد (جدول ۳) و از ضریب تنوع بالایی هم برخوردار بود (جدول۲). تنوع بالا بین ژنوتیپ‌ها، امکان بهبود صفات در آینده را فراهم می‌آورد و به‌طور خاص، میزان تنوع ژنتیکی در تعیین سودمندی انتخاب موثر است. مطالعات نشان داده است که در صفات کمی نشان‌دهنده تفکیک متجاوز، آلل‌های افزایش‌دهنده، نه تنها از والد برتر، بلکه از والد ضعیف‌تر نیز به نتاج منتقل شده است و به دلیل تجمع آلل‌های غالب با تاثیرات مشابه از لوکوس‌های مختلف، این پدیده آشکار و به تولید فنوتیپ‌های برتر از والدین منجر می‌شود (Saadalla et al., 1990; Rieseberg et al,1999; Noori & Harati 2005).

جدول۱- آماره‌های توصیفی صفات ارزیابی شده در ارقام والدی.

Table1. Descriptive statistics of evaluated traits in parental cultivars

Characters	Anbarboo							Najafi							Shafagh						
	Min	Max	Mean	Range	CV	Std Dev	StD Error	Min	Max	Mean	Range	CV	Std Dev	StD Error	Min	Max	Mean	Range	CV	Std Dev	StD Error
GY (gr/plant)	42	92	57.88	50	34.44	19.93	8.91	48	75.6	57.32	27.6	18.55	10.63	4.75	40	67	52.97	27	18.47	9.78	4.377
PH (cm)	108	125.7	118.26	17.7	6.95	8.21	3.67	56.3	72.8	62.84	16.5	9.906	6.22	2.78	69.1	83.25	74.55	14.15	7.31	5.45	2.43
PanL (cm)	20.5	28.3	23.56	7.80	13.79	3.25	1.45	20.1	22.5	20.96	2.4	4.52	0.94	0.42	25.2	28.2	26.32	3	4.64	1.22	0.547
PedL (cm)	34.5	40	37.28	5.5	5.48	2.04	0.914	17.4	21.31	19.49	3.86	7.36	1.43	0.64	22.41	33.6	25.61	11.19	18.4	4.71	2.10
FEN	24	54	36.8	30	34.12	12.55	5.616	34	42	39.8	8	8.408	3.34	1.49	42	47	45.4	5	4.56	2.07	0.92
NodN	3	3	3	0	0	0	0	2	3	2.6	1	21.06	0.54	0.24	3	3	3	0	0	0	0
FlagL (cm)	18.5	30	24.06	11.5	19.13	4.6	2.058	15.5	21	18.2	5.5	11.33	2.06	0.92	22.7	35.1	27.04	12.4	18.78	5.07	2.271
FNodL (cm)	3	3.6	4.68	3.3	30.94	1.44	0.647	1.1	2.5	1.64	1.4	34.11	0.55	0.25	1.8	3	2.54	1.2	17.8	0.45	0.202
SNodL	12	20	16.64	8	18.95	3.15	1.41	9.3	12.2	11.16	2.9	11.05	1.23	0.55	4.5	6.5	5.94	2	14.41	0.85	0.382
PanWt (gr)	52	105	70.6	53	28.53	20.14	9.008	58	90.72	70.34	32.72	17.26	12.14	5.43	54	80	66.51	26	14.78	9.83	4.39
GNo	1392	4623	2560.4	3231	49.17	1259	563.07	2124	2730	2338.6	606	9.88	231.21	103.4	2051	3401	2699.4	1350	19.38	523.15	233.96
PanGNo	51	97	69.2	46	30.16	20.87	9.33	54	65	58.8	1	7.92	4.65	2.08	45	81	60	36	23.03	13.82	6.18
GL (mm)	7.4	9.1	8.182	1.7	8.001	0.654	0.292	7.84	9.1	8.47	1.26	5.81	0.49	0.22	9.3	10.33	9.86	1.03	4.18	0.412	0.184
GW (mm)	2.3	2.63	2.472	0.33	5.11	0.126	0.056	2.33	2.73	2.54	0.4	5.93	0.15	0.06	1.85	2.41	2.09	0.56	10.45	0.219	0.097
GWt100 (gr)	1.99	3.26	2.408	1.27	21.14	0.509	0.22	2.26	2.77	2.43	0.51	8.07	0.196	0.08	1.86	2.07	1.966	0.21	3.81	0.075	0.033
Biomass	157	284.2	203.18	127.2	29.71	60.37	27.00	119.5	217.6	177.24	98.12	22.47	39.82	17.81	158	239	203.01	81	16.06	32.61	14.58
HI	22.22	33.23	28.58	11.01	15.62	4.46	1.99	25.1	40.17	33.05	15.06	16.87	5.57	2.49	20.92	34.81	26.39	13.89	19.57	5.16	2.30

GY: عملکرد بوته،PH: ارتفاع بوته، PanL: طول پانیکول، PedL: طول پدانکل، FEN: تعداد پنجه بارور، NodN: تعداد گره در پنجه، FlagL: طول برگ پرچم، FNodL: فاصله طول طوقه تا اولین گره، SNodL: فاصله گره اول تا گره دوم، PanWt: وزن خشک خوشه، GNo: تعداد دانه در بوته، PanGNo: تعداد دانه در خوشه، GL: طول دانه، GW: عرض دانه، GWt100: وزن صد دانه، Biomass: عملکرد بیولوژیک، HI: شاخص برداشت، Min: مقدار حداقل، Max: مقدار حداکثر، Mean: میانگین، Range: دامنه تغییرات، CV: ضریب تغییرات، Std Dev: انحراف معیار، StD Error: خطای معیار.

Abbreviations: GY: Grain yeild; PH: Plant height; PanL: Panicle length; PedL: Peduncle length; FEN: Number of fertile tillers; NodN: Number of node in the tiller; FlagL: Flag leaf length; FNodL: First internode length; SNodL: Second internode length; PanWt: Dry weight per Panicle; GNo: number of grain per plant; PanGNo: Number of grain per panicle; GL: Grain length; GW: Grain width; GWt100: 100-grain weight; Biomass: Biological yield; HI: Harvest index, Min: Minimum; Max: Maximum; Mean: Average; Range: Variation range; CV: Coefficient of variation; Std Dev: Standard deviation; StD Error: Standard error.

جدول ۲- آماره‌های توصیفی صفات ارزیابی شده در ژنوتیپ‌های F_2 حاصل از تلاقی عنبربو×نجفی و تلاقی عنبربو×شفق

Table2. Descriptive statistics of evaluated traits in F_2 genotypes derived from Anbarboo×Najafi and Anbarboo×Shafagh crossing.

Characters	Anbarboo×Najafi							Anbarboo×Shafagh						
	Min	Max	Mean	Range	CV	Std Dev	StD Error	Min	Max	Mean	Range	CV	Std Dev	StD Error
GY (gr)	6.10	155	59.81	148.9	38.46	23	1.49	20.2	113	66.03	92.8	26.91	17.76	1.22
PH (cm)	62	140	103.2	78	9.44	9.74	0.63	78	145	108.73	67	10.16	11.04	0.76
PanL (cm)	19	29	22.57	10	8.80	1.98	0.128	18.3	39.6	23.69	21.3	12.53	2.97	0.20
PedL (cm)	9	45	31.66	36	13.05	4.13	0.267	17.2	42	28.108	24.8	20.52	5.76	0.39
FEN	5	70	35.31	65	24.33	8.59	0.557	15	74	36.57	59	21.35	7.80	0.53
NodN	2.7	5	3.036	2.30	5.59	0.169	0.011	2.6	4	3.024	1.4	3.73	0.11	0.0078
FlagL (cm)	18	37	25.53	19	12.99	3.31	0.2151	19	37	25.41	18	12.41	3.15	0.217
FNodL (cm)	2.10	12	5.40	9.90	35.27	1.90	0.123	1.4	12.5	4.18	11.1	50.79	2.12	0.146
SNodL	8.8	26	14.80	17.20	23.24	3.44	0.223	7.3	74	12.11	66.7	43.26	5.24	0.361
PanWt (gr)	7.5	212.8	73.85	205.3	37.18	27.46	1.78	25.2	142.8	80.11	117.6	25.76	20.64	1.42
GNo	278	5060	2446.8	4782	34.82	852.20	55.24	936	6100	2938.26	5164	27.43	806.14	55.62
PanGNo	9	104	68.83	95	22.54	15.51	1.005	37	165	80.46	128	19.08	15.35	1.059
GL (mm)	7	9.7	8.55	2.7	5.47	0.4689	0.0303	7	9.4	8.27	2.4	5.80	0.48	0.033
GW (mm)	1.70	3.3	2.48	1.6	9.7	0.2435	0.0157	1.7	3.7	2.48	2	11.04	0.27	0.189
GWt100 (gr)	1.30	4.5	2.41	3.2	16.60	0.401	0.026	1	3.5	2.27	2.5	15.38	0.34	0.024
Biomass	13.10	324.8	137.57	311.7	34.14	46.97	3.044	43.9	276.4	153.85	232.5	26.89	41.37	2.855
HI	6.90	62.7	43.24	55.80	21.15	9.14	0.593	25.5	59.7	43.36	34.2	14.94	6.48	0.447

GY: عملکرد بوته،PH: ارتفاع بوته، PanL: طول پانیکول، PedL: طول پدانکل، FEN: تعداد پنجه بارور، NodN: تعداد گره در پنجه، FlagL: طول برگ پرچم، FNodL: فاصله طول طوقه تا اولین گره، SNodL: فاصله گره اول تا گره دوم، PanWt: وزن خشک خوشه، GNo: تعداد دانه در بوته، PanGNo: تعداد دانه در خوشه، GL: طول دانه، GW: عرض دانه، GWt100: وزن صد دانه، Biomass: عملکرد بیولوژیک، HI: شاخص برداشت، Min: مقدار حداقل، Max: مقدار حداکثر، Mean: میانگین، Range: دامنه تغییرات، CV: ضریب تغییرات، Std Dev: انحراف معیار، StD Error: خطای معیار.

Abbreviations: GY: Grain yeild; PH: Plant height; PanL: Panicle length; PedL: Peduncle length; FEN: Number of fertile tillers; NodN: Number of node in the tiller; FlagL: Flag leaf length; FNodL: First internode length; SNodL: Second internode length; PanWt: Dry weight per Panicle; GNo: number of grain per plant; PanGNo: Number of grain per panicle; GL: Grain length; GW: Grain width; GWt100: 100-grain weight; Biomass: Biological yield; HI: Harvest index, Min: Minimum; Max: Maximum; Mean: Average; Range: Variation range; CV: Coefficient of variation; Std Dev: Standard deviation; StD Error: Standard error.

صفات ارتفاع بوته، تعداد گره در پنجه، طول برگ پرچم، فاصله طوقه تا اولین گره در تلاقی عنبربو×نجفی و ارتفاع بوته، طول برگ پرچم و شاخص برداشت در تلاقی عنبربو×شفق، فاقد تفکیک متجاوز مثبت بودند و صفات طول دانه و عملکرد بیولوژیک در تلاقی عنبربو×شفق، تفکیک متجاوز منفی نداشتند (جدول۳). برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی مرتبط با ساختار بوته برنج، دارای ارتباط نزدیکی با عملکرد هستند؛ بنابراین تجزیه و تحلیل همبستگی برای درک روابط بین عملکرد با سایر صفات زراعی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه انجام شد. همبستگی‌های بین صفات (جدول۴) نشان داد که بین عملکرد و صفات وزن خشک خوشه و تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک، تعداد پنجه بارور، متوسط تعداد دانه در خوشه، شاخص برداشت، وزن صد دانه، ارتفاع، طول خوشه و پدانکل، رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت. همبستگی این صفات با عملکرد دانه نشان داد که اصلاح همزمان این صفات امکانپذیر است.

همبستگی مثبت و معنی داری بین عملکرد و اجزا عملکرد شامل ارتفاع بوته، تعداد پنجه و تعداد پنجه بارور در هر بوته، وزن خشک خوشه، تعداد خوشه در بوته و وزن صد دانه گزارش شده است (Ranawake & Amarasinghe, 2014; Beikzadeh *et al*., 2015) و جهت افزایش عملکرد، گزینش مستقیم را برای ارتفاع بوته، طول خوشه و تعداد ساقه بارور پیشنهاد نمودند (Beikzadeh *et al*., 2015). سایر محققین، همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع و عملکرد (Selvaraj *et al*., 2011; Idris & Mohamed, 2013) و همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با ارتفاع بوته در نسل‌های F_4 و F_5 (Rajeswari & Nadarajan, 2004) را نشان دادند. مطابق آنالیز همبستگی، عملکرد دانه رابطه معنی‌داری با وزن خوشه داشت؛ همچنین رابطه وزن خوشه با ارتفاع بوته، مثبت و معنی دار بود (جدول۴). Singh (1994) نیز همبستگی مثبت عملکرد

دانه با تعداد دانه در خوشه و وزن دانه در خوشه را گزارش نمود و اظهار داشت از آن‌جا که ارتفاع بوته به‌عنوان فاصله بین پایه بوته تا نوک بلندترین خوشه در نظر گرفته شد، خوشه‌های بلندتر شامل ارتفاع بلندتر در ارقام ارزیابی شده می‌شوند. در نتایج سایر محققین نیز رابطه مثبت و معنی‌دار بین ارتفاع بوته با تعداد پنجه بارور (Jangale *et al.*, 1987) و طول خوشه با تعداد دانه در خوشه در نسل‌های F_4 و F_5 و وزن صد دانه در نسل F_5 (Marekar & Siddiqui, 1996) گزارش شده است.

جدول۳- تفکیک متجاوز برای صفات مختلف در ژنوتیپ‌های F_2 حاصل از دو تلاقی عنبربو×نجفی و عنبربو×شفق.

Table3. Transgressive segregation for different traits in F2 genotypes derived from Anbarboo×Najafi and Anbarboo×Shafagh crossing.

	Transgressive segregation			
	Anbarboo×Najafi		Anbarboo×Shafagh	
Characters	TS (+)	TS (-)	TS (+)	TS (-)
GY (gr)	68.74	-85.47	22.82	-49.5
PH (cm)	11.37	–	15.35	–
PanL (cm)	2.47	-5.47	39.92	-10.73
PedL (cm)	12.5	-48.27	5	-23.24
FEN	29.62	-79.166	37.03	-37.5
NodN	66.66	–	33.33	-13.33
FlagL (cm)	23.33	–	5.41	–
FNodL (cm)	233.33	–	247.22	-22.22
SNodL	30	-5.37	270	62.22
PanWt (gr)	102.66	-85.57	36	-51.53
GNo	9.45	-80.02	31.94	-32.75
PanGNo	7.21	-82.35	70.10	-17.77
GL (mm)	6.59	-5.40	–	-5.40
GW (mm)	25.47	-26.08	40.68	-8.10
GWt100 (gr)	38.03	-34.67	7.36	-46.23
Biomass	14.28	-89.03	–	-72.03
HI	8.68	-68.94	71.50	–

GY: عملکرد بوته،PH: ارتفاع بوته، PanL: طول پانیکول، PedL: طول پدانکل، FEN: تعداد پنجه بارور، NodN: تعداد گره در پنجه، FlagL: طول برگ پرچم، FNodL: فاصله طول طوقه تا اولین گره، SNodL: فاصله گره اول تا گره دوم، PanWt: وزن خشک خوشه، GNo: تعداد دانه در بوته، PanGNo: تعداد دانه در خوشه، GL: طول دانه، GW: عرض دانه، GWt100: وزن صد دانه، Biomass: عملکرد بیولوژیک، HI: شاخص برداشت.

Abbreviations: GY: Grain yeild; PH: Plant height; PanL: Panicle length; PedL: Peduncle length; FEN: Number of fertile tillers; NodN: Number of node in the tiller; FlagL: Flag leaf length; FNodL: First internode length; SNodL: Second internode length; PanWt: Dry weight per Panicle; GNo: number of grain per plant; PanGNo: Number of grain per panicle; GL: Grain length; GW: Grain width; GWt100: 100-grain weight; Biomass: Biological yield; HI: Harvest index, Min: Minimum; Max: Maximum; Mean: Average; Range: Variation range; CV: Coefficient of variation; Std Dev: Standard deviation; StD Error: Standard error.

Zhang *et al* (1993) با بررسی یازده صفت مورفولوژیک، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه در بوته بدست آوردند. Bhadru *et al* (2011) با مطالعه آنالیز همبستگی بین ۹۳ ژنوتیپ برنج شامل هیبریدها و والدینشان گزارش دادند که ارتفاع بوته، تعداد دانه‌های پر در خوشه، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و وزن خوشه، رابطه مثبت و معنی‌داری با عملکرد در هر دو سطح همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی نشان دادند. وجود چنین روابطی را می‌توان به تنوع ژنتیکی و پاسخ‌های متفاوت ژنوتیپ‌ها نسبت داد. بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار، به‌ترتیب در بین صفات وزن صددانه با تعداد دانه در بوته و متوسط تعداد دانه در خوشه مشاهده شد (جدول۴). با توجه به وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین صفات وزن صد دانه و تعداد دانه در خوشه، آن‌ها را نمی‌توان با هم افزایش داد زیرا با افزایش تعداد دانه در خوشه، آسیمیلات‌های کمتری در مقایسه با تعداد کمتر دانه در خوشه به دانه وارد می‌شود و این امر باعث کاهش وزن صد دانه می‌شود (Azizi *et al.*, 2017). همبستگی منفی و معنی‌دار بین شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک مشاهده شد (جدول۴) زیرا شاخص برداشت، تابع دو مولفه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک است و بنابراین زیادی شاخص برداشت، به دلیل کاهش عملکرد بیولوژیک می‌باشد. ارقامی که دارای عملکرد بیولوژیک بالا می‌باشند، درصورتی که شاخص برداشت پایین‌تری

داشته باشند از کارایی انتقال مواد فتوسنتزی کمتری نسبت به سایر ارقام برخوردارند (Limouchi & Pirdashty *et al.*, 2000; Nourzadeh, 2017). به‌طورکلی شاخص برداشت، بیانگر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین اندام‌های رویشی گیاه و دانه می‌باشد (Majidian *et al.*, 2008) و صرف‌نظر از مقدار ماده خشک تولید شده با کاهش تخصیص ماده خشک به دانه‌ها کاهش پیدا می‌کند. همبستگی معنی‌دار و مثبت بین طول برگ پرچم با صفات طول خوشه و ارتفاع بوته جالب توجه است و از آن‌جا که ارتفاع بوته در گزارش‌های متعدد، به‌عنوان یک عامل محدود کننده عملکرد مطرح بوده است، بنابراین طول برگ پرچم نیز می‌تواند یک صفت نامطلوب محسوب شود. به هر حال، شرایط متفاوت بررسی‌ها و نیز ژنوتیپ‌های متنوع مورد بررسی، بر نتایج همبستگی در تحقیقات مختلف موثر است. این نتایج، پیچیده بودن الگوی روابط بین صفات موثر بر عملکرد را به خوبی آشکار ساخت و نمی‌توان فقط بر مبنای ضرایب ساده همبستگی، قضاوت نهایی را انجام داد و استفاده از روش‌های آماری چند متغیره برای درک عمیق‌تر روابط بین صفات ضروری به نظر می‌رسد.

به‌منظور بررسی تاثیر هر یک از صفات مورد ارزیابی روی متغیر تابع یا وابسته (عملکرد دانه) و همچنین کاهش تعداد متغیرهای مستقل و برازش بهترین مدل رگرسیونی، از تجزیه رگرسیون چندگانه استفاده شد. برای این منظور، با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام، سهم هر یک از صفات مورد ارزیابی به‌عنوان متغیرهای مستقل و عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته مشخص شد. صفات وزن خشک خوشه، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، متوسط تعداد دانه در خوشه، فاصله گره اول تا گره دوم و فاصله طوقه تا اولین گره، به‌ترتیب وارد مدل شد (جدول۵). سایر صفات مورد مطالعه، تاثیر معنی‌داری بر مدل نداشتند و به همین دلیل، اختلاف ژنوتیپ‌ها از نظر صفت عملکرد دانه را می‌توان به تفاوت در صفات فوق نسبت داد. نتایج نشان داد که متغیرهای مستقل وزن خشک خوشه، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه پر در خوشه، فاصله گره اول تا گره دوم ساقه، فاصله طوقه تا اولین گره، به‌ترتیب ۷۳/۱، ۵/۲، ۶/۳، ۰/۳، ۰/۳ و ۰/۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. ضریب تبیین تجمعی مدل برازش شده حاکی از آن است که ۸۵ درصد از تغییرات عملکرد، توسط متغیرهای مستقل موجود در مدل توجیه می‌شود.

نتایج به‌دست آمده با تجزیه همبستگی ساده صفات، مطابقت داشت، به‌طوری‌که صفت وزن خشک خوشه که زودتر وارد مدل شده بود، دارای همبستگی مثبت و بسیار بالایی با عملکرد دانه بود. همچنین با محاسبه ضرایب رگرسیون استاندارد شده مشخص شد که متغیرهای وزن خوشه، تعداد دانه پر در بوته، وزن صد دانه و فاصله طوقه تا اولین گره، اثر افزایشی بر عملکرد بوته داشتندولی اثر متغیرهای تعداد دانه در خوشه و فاصله گره اول تا گره دوم ساقه کاهشی بود.

در تفسیر این مدل رگرسیونی می‌توان بیان نمود که با افزایش تعداد دانه پر و همچنین وزن خوشه و وزن صد دانه، می‌توان به عملکرد بالاتری دست یافت. در تجزیه رگرسیون گام به گام، سه متغیر طول خوشه، تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه وارد مدل شد که این اختلاف می‌تواند از تفاوت در ارقام مورد آزمایش ناشی شود (Bagheri *et al.*, 2011). در پژوهشی دیگر، محققین با بررسی ضرایب رگرسیون نتیجه گرفتند که وزن هزار دانه، تعداد دانه پر در خوشه و تعداد خوشه، با داشتن ضرایب مثبت از اهمیت بیشتری برخوردارند و افزایش این سه صفت، باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (Jahani *et al.*, 2015). با توجه به اینکه چگونگی ارتباط بین صفات مختلف در پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی و شناخت صفات مناسب جهت به‌گزینی اهمیت زیادی دارد و انتخاب یک‌طرفه برای صفات زراعی، بدون در نظر گرفتن سایر صفات، نتایج نامطلوبی را در پی خواهد داشت. بنابراین در برنامه‌های به‌نژادی و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر، استفاده از همبستگی بین صفات و اثرات مستقیم و غیر مستقیم آن‌ها بایستی مورد توجه قرار گیرد و به همین منظور، انجام تجزیه مسیر ضروری می‌باشد (Azizi *et al.*, 2017).

جدول۴- ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های برنج نسل F_2

Table4. Phenotypic correlation coefficients between different traits of F_2 generation genotypes of rice.

	PH	YG	PanL	PedL	FEN	NodN	FlagL	FNodL	SNodL	Panwt	GNo	PanGNo	GL	GW	Gwt100	Biomass	HI
PH	1																
GY	.252**	1															
PanL	.415**	.180**	1														
PedL	.243**	0.107*	.322**	1													
FEN	.200**	.701**	.138**	.124**	1												
NodN	0.085	0.036	0.065	0.037	0.072	1											
FlagL	.230**	0.074	.380**	.320**	0.041	-0.06	1										
FNodL	.282**	.107*	.201**	.282**	0.053	0.023	.175**	1									
SNodL	.275**	-0.02	0.031	.243**	-0.01	-0.003	.221**	.421**	1								
Panwt	.297**	.855**	.197**	.116*	.737**	0.044	0.07	.147**	0.039	1							
GNo	.258**	.817**	.176**	0.028	.706**	0.049	0.042	0.051	0.067	.792**	1						
PanGNo	.194**	.476**	.120*	-0.09	0.051	0.009	0.033	0.024	.101*	.422**	.724**	1					
GL	-.146**	-0.03	-0.08	0.04	-0.05	0.039	0.003	0	0.058	-0.004	-0.06	-0.04	1				
GW	.127**	.100*	.140**	-0.004	0.051	0.018	0	.0088	0.063	.157**	.114*	.111*	0.042	1			
Gwt100	0.078	.307**	0.007	.161**	0.082	-0.03	.102*	.113*	-0.03	.308**	-.129**	-.234**	.110*	0.96*	1		
Biomass	.397**	.769**	.285**	.136**	.820**	0.058	.106*	.132**	0.043	.877**	.740**	.271**	-0.05	.107*	.207*	1	
HI	-.152**	.348**	-.147**	-0.01	-.094*	-0.04	-0.02	-0.04	-0.08	.210**	.295**	.526**	0.066	.103*	.322**	-.145**	1

* و ** به‌ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج ویک درصد.

GY: عملکرد بوته،PH: ارتفاع بوته، PanL: طول پانیکول، PedL: طول پدانکل، FEN: تعداد پنجه بارور، NodN: تعداد گره در پنجه، FlagL: طول برگ پرچم، FNodL: فاصله طول طوقه تا اولین گره، SNodL: فاصله گره اول تا گره دوم، PanWt: وزن خشک خوشه، GNo: تعداد دانه در بوته، PanGNo: تعداد دانه در خوشه، GL: طول دانه، GW: عرض دانه، GWt100: وزن صد دانه، Biomass: عملکرد بیولوژیک، HI: شاخص برداشت.

*, **: Significance at 1% and 5% of probability levels, respectively.

Abbreviations: GY: Grain yeild; PH: Plant height; PanL: Panicle length; PedL: Peduncle length; FEN: Number of fertile tillers; NodN: Number of node in the tiller; FlagL: Flag leaf length; FNodL: First internode length; SNodL: Second internode length; PanWt: Dry weight per Panicle; GNo: number of grain per plant; PanGNo: Number of grain per panicle; GL: Grain length; GW: Grain width; GWt100: 100-grain weight; Biomass: Biological yield; HI: Harvest index.

جدول۵- متغیرهای وارد شده به مدل در رگرسیون گام به گام و آزمون معنی‌داری ضرایب رگرسیونی.

Table 5. The variables entered into the stepwise regression model and the significance test of regression coefficients.

Step	Regression Coefficients	Standard deviation	Partial R^2	R^2 Total	F
PanWt	0.10872	0.03598	0.7314	0.7314	1222.36**
GNo	0.02010	0.00119	0.0527	0.7841	109.45**
GWt100	19.11806	1.34136	0.0635	0.8476	186.21**
PanGNo	-0.11024	0.03560	0.0039	0.8515	11.71**
SNodL	-0.33558	0.09095	0.0033	0.8548	10.06**
FNodL	0.424	0.20073	0.0013	0.8561	4.07*

عرض از مبدا: 26.02017-

* و** : به‌ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. PanWt: وزن خشک خوشه، GNo: تعداد دانه در بوته، GWt100 : وزن صد دانه، PanGNo: تعداد دانه در خوشه، SNodL: فاصله گره اول تا گره دوم،FNodL : فاصله طول طوقه تا اولین گره.

*, **: Significance at 1% and 5% of probability levels, respectively. Abbreviations: PanWt: Dry weight per panicle; GNo: Number of grain per plant; GWt100: 100-grain weight; PanGNo: Number of grain per panicle; SNodL: Second internode length; FNodL: First internode length.

در بررسی تجزیه علیت، ابتدا صفت عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و وزن خشک خوشه، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در خوشه، فاصله گره اول تا گره دوم و فاصله طول طوقه تا اولین گره، به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. ضرایب مربوط به تجزیه مسیر در جدول ۶ و مدل گرافیکی ضرایب مسیر در شکل ۱ آورده شده است.

نتایج تجزیه مسیر (جدول۶) نشان داد که بیشترین اثر مستقیم و مثبت، به‌ترتیب به صفات تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، وزن خشک خوشه و نیز اثر مستقیم و منفی صفات فاصله گره اول تا گره دوم ساقه و تعداد دانه در خوشه تعلق داشت. در این مطالعه، تعداد دانه در بوته دارای اثر مستقیم مثبت و بالا و اثرات غیر مستقیم مثبت از طریق وزن خشک خوشه و فاصله طوقه تا اولین گره بر عملکرد دانه بود و از طریق وزن صد دانه، تعداد دانه در خوشه و فاصله گره اول تا دوم، اثر غیر مستقیم منفی بر عملکرد دانه داشت (جدول۶). هر چند اثرات غیر مستقیم و منفی، تاثیر کاهنده‌ای روی عملکرد دانه دارند، ولی به دلیل وجود اثر مستقیم بالا و مثبت صفت مربوطه، این کاهش زیاد محسوس نیست و در نتیجه، همبستگی تعداد دانه در بوته با عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. نتایج تجزیه مسیر (Rahim Souroush *et al*., 2005) حاکی از آن بود که تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه در خوشه، مهم‌ترین اجزای موثر بر عملکرد دانه بودند و بیشترین اثرات مستقیم را روی عملکرد داشتند. پس از تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه اثر مستقیم زیادی بر عملکرد داشت که این تاثیر از طریق این اثر مستقیم مثبت بر طریق وزن خشک خوشه، تعداد دانه در خوشه، فاصله گره اول تا دوم و اثر غیر مستقیم منفی از طریق تعداد دانه در بوته بر عملکرد دانه می‌باشد.

سومین صفت مهمی که اثر مستقیم بالا بر عملکرد دانه نشان داد، وزن خشک خوشه بود که دارای بیشترین اثر غیر مستقیم مثبت از طریق تعداد دانه در بوته خود را نشان داد. Gour *et al* (2017) بیان داشتند که وزن خوشه، اثر مستقیم بر عملکرد دانه و اثر غیر مستقیم منفی از طریق روز تا ۵۰ درصد گلدهی، روز تا رسیدگی، طول خوشه و شاخص برداشت دارد. با توجه به این‌که اثرات مستقیم صفات تعداد دانه در خوشه و فاصله گره اول تا دوم منفی است، می‌توان گفت که اثرات غیر مستقیم این صفات از طریق سایر صفات مورد ارزیابی، عامل اصلی همبستگی بین آن‌ها و عملکرد دانه می‌باشد؛ بنابراین برای گزینش باید عوامل علّی غیر مستقیم را به‌طور همزمان مورد توجه قرار داد. R^2 باقیمانده، نحوه توجیه تغییرات عامل وابسته (عملکرد دانه) را توسط عامل‌های علّی یا سببی نشان می‌دهد؛ بنابراین، متغیرها (وزن خوشه، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در خوشه، فاصله گره اول تا دوم و فاصله طوقه تا اولین گره)، حدود ۶۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کنند. به‌نظر می‌رسد که دلیل این موضوع، همبستگی‌های نسبتاً کم این صفات و مخصوصا صفات وزن صد دانه و فاصله طوقه تا اولین

گره باشد. علاوه بر این، عامل‌های دیگر نیز که در این‌جا در نظر گرفته نشده‌اند، باید در تجزیه مسیر دخالت داده شوند تا بتوان به‌طور کامل، تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد.

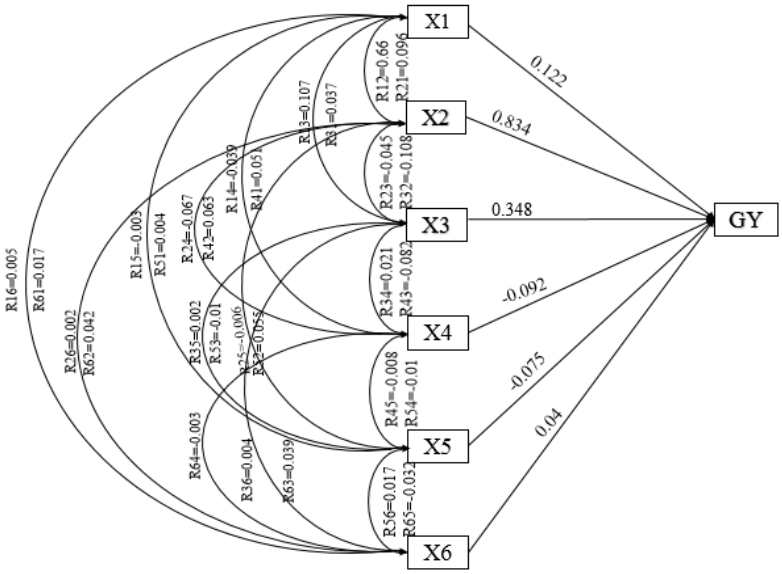
جدول۶- تجزیه علیت و اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های نسل F_2 حاصل از تلاقی برنج عنبربو با ارقام شفق و نجفی.

Table 6. Path analysis and direct and indirect effects of traits on grain yield of F_2 genotypes derived from the Anbarboo×Najafi and Anbarboo×Shafagh crossing.

Variable	Direct effect	Indirect effect						correlation
		PanWt	GNo	GWt100	PanGNo	SNodL	FNodL	
PanWt	0.122	-	0.66	0.107	-0.039	-0.003	0.005	0.855
GNo	0.834	0.096	-	-0.045	-0.067	-0.006	0.002	0.816
GWt100	0.348	0.037	-0.108	-	0.021	0.002	0.004	0.307
PanGNo	-0.092	0.051	0.063	-0.082	-	-0.008	0	0.476
SNodL	-0.075	0.004	0.055	-0.01	-0.01	-	0.017	-0.017
FNodL	0.04	0.017	0.042	0.039	-0.003	-0.032	-	0.107
Residual effects ($\sqrt{1-R^2}$)=0.38								

PanWt: وزن خشک خوشه، GNo : تعداد دانه در بوته، GWt100 : وزن صد دانه، PanGNo: تعداد دانه در خوشه، SNodL: فاصله گره اول تا گره دوم،FNodL : فاصله طول طوقه تا اولین گره.

Abbreviations: PanWt: Dry weight per panicle; GNo: Number of grain per plant; GWt100: 100-grain weight; PanGNo: Number of grain per panicle; SNodL: Second internode length; FNodL: First internode length.



شکل۱- مدل گرافیکی تجزیه ضرایب مسیر. Y: عملکرد بوته، X1: PanWt (وزن خشک خوشه)، X2: GNo (تعداد دانه در بوته)، X3 : GWt100 (وزن صد دانه)، X4: PanGNo (تعداد دانه در خوشه)، X5: SNodL (فاصله گره اول تا گره دوم)، X6: FNodL (فاصله طول طوقه تا اولین گره)

Figure1. Graphical model of path analysis Y: Yield, X1: PanWt, X2: GNo, X3: GWt100, X4: PanGNo, X5: SNodL, X6: FNodL. PanWt: Dry weight per panicle; GNo: Number of grain per plant; GWt100: 100-grain weight; PanGNo: Number of grain per panicle; SNodL: Second internode length; FNodL: First internode length.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این تحقیق، آماره‌های توصیفی برآورد شده، دیدی کلی از محدوده صفات را فراهم نمود و تفاوت و تنوع موجود بین ژنوتیپ‌ها را بر اساس این صفات نشان داد. بیش‌ترین ضریب تغییرات، در تلاقی عنبربو و شفق برای فاصله طوقه تا اولین گره ساقه مشاهده شد. از آن‌جا که معمولا ورس در این ناحیه رخ می‌دهد، با مقایسه والد عنبربو به‌عنوان والد پابلند و شفق به‌عنوان والد پاکوتاه و مشاهده و مقایسه حداقل و حداکثر مقدار فاصله طوقه تا اولین گره و فاصله گره اول

تا دوم در والدین و نتاج F_2 حاصل از تلاقی آن‌ها، تنوع بالایی در بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. ژنوتیپ‌هایی که دارای مقدار کمتر فاصله طوقه تا اولین گره می‌باشند را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب برای پیشبرد هدف مقاومت به ورس و یا تولید واریته‌های پاکوتاه برای نسل‌های بعدی انتخاب نمود. بیشترین ضریب تنوع در تلاقی عنبربو و نجفی برای عملکرد و کمترین آن برای طول دانه بود. برای اکثر صفات مورد بررسی از جمله عملکرد، ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور، وزن صد دانه و شاخص برداشت، بین نتاج F_2 حاصل از دو تلاقی، پدیده تفکیک متجاوز مشاهده شد. امید است که با بهره‌برداری از تنوع ژنتیکی و بکارگیری ژنوتیپ‌های تفکیک یافته مطلوب و بهره‌برداری از آن‌ها، بتوان ارقام جدید با خصوصیات مورد نظر را تولید کرد و به افزایش عملکرد دست یافت. در این تحقیق، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه، دارای بیشترین ارتباط مستقیم با عملکرد دانه بودند و می‌توان این صفات را به‌عنوان شاخص‌های مناسب برای گزینش عملکرد دانه معرفی نمود و هر گونه فعالیت اصلاحی یا زراعی در جهت بهبود این صفات، می‌تواند موجب افزایش عملکرد دانه شود. همچنین مشخص شد که بهره‌گیری از روش آماری تجزیه مسیر می‌تواند در درک روابط اساسی میان متغیرها کارساز باشد و تنها استناد به روابط همبستگی برای توجیه روابط میان متغیرها کافی نیست.

تشکر و قدردانی

از مسئولین گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام و همچنین جناب آقای دکتر علی‌اشرف عبداللهی و جناب آقای مهندس جواد قربانی در سازمان جهاد کشاورزی استان ایلام که امکانات لازم برای انجام این تحقیق و بررسی را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Ahmadi Shad, M. A., Ebadi, A. A., Sohani, M. M., Samizadh Lahiji, H. & Hosseini Chaleshtori, M. (2018). The assessment of genetic variation of rice (*Oryza Sativa* L.) recombinant lines based on some of quantitative and qualitative traits. *Journal of Crop Breeding*, 10(26), 166-172. (In Persian).
2. Azizi, H., Alami, A., Esfahani, M. & Ebadi, A. A. (2017). The study of correlation and path analysis of grain yield and its related traits in rice (*Oryza sativa* L.) varieties and lines. *Journal of Crop Breeding*, 21(9), 36-43. (In Persian).
3. Bagheri, N. A., Babaeian-Jelodar, N. A. & Pasha, A. (2011). Path coefficient analysis for yield and yield components in diverse rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Biharean Biologist*, 5(1), 32-35. (In Persian).
4. Bahmankar, M., Sadat Noori, S. A. & Mortazavian, M. M. (2013). Transgressive segregation phenomena in breeding of crop plants. *Journal of Applied Crop Breeding*, 1(2),-175-185. (In Persian).
5. Balouchzaehi A. & Kiani, G. (2013). Determine selection criteria for improving rice yield through path analysis. *Journal of Crop Breeding*, 5, 75-84. (In Persian).
6. Beikzadeh, H., Alavi, S. M., Baya, M. & Ezady, A. A. (2015). Estimation of genetic parameters of effective agronomical traits on yield in some of Iranian rice cultivar. *Applied Field Crops Research*, 28(106), 73-78. (In Persian).
7. Bhadru, D., Lokanadha Reddy, D. & Ramesha, M. S. (2011). Correlation and path coefficient analysis of yield and yield contributing traits in rice hybrids and their parental lines. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 2(1), 112-116.
8. Brar, D. S., Virk, P. S., Grewal, D., Slamet-Loedin, I., Fitzgerald, M. & Khus, G. S. (2012). Breeding rice varieties with improved grain and nutritional quality. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 4(3), 137-137.
9. Chau, N. M. & Yamauchi, M. (1994). Performance of anaerobically direct seeded – rice plant in the Mekong Delta, Vietnam. *International Rice Research Notes*, 19(2), 6-7.
10. Gour, L., Koutu, G. K., Sing, S. K., Patel, D. D., Shrivastava, A. & Sing, Y. (2017). Genetic variability, correlation and path analyses for selection in elite breeding materials of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes in Madhya Pradesh. *The Pharma Innovation Journal*, 6(11), 693-696.
11. Hamzeh, H., Asghari, A., Mohammadi, S. A., Sofalian, O., Mohammadi, S. & Nooraien, M. (2018). Mapping main and Epistatic QTL and their interaction with environment for biological yield in recombinant inbred lines of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Biotechnology*, 10(1), 67-83. (In Persian).

12. Houshmand, S. (2003). *The genetical analysis of quantitative traits*. ShahreKord University, Iran.
13. Idris, A. E. & Mohamed, K. A. (2013). Estimation of genetic variability and correlation for grain yield components in Rice (*Oryza sativa* L.). *Global Journal of Plant Ecophysiology*, 3(1), 1-6.
14. Jahani, M., Nematzadeh, G. A. & Mohammadi Nejad, G. (2015). Evaluation of agronomic traits associated with grain yield in rice (*Oryza sativa*) using regression and path analysis. *Journal of Crop Breeding*, 7,115-122. (In Persian).
15. Jangale, R. D. (1987). Association of grain yield with other characters in segregating generation of upland paddy. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 12, 47-48.
16. Khush, G. S. (2013). Strategies for increasing the yield potential of cereals: case of rice as an example. *Plant Breeding*, 132, 433-436.
17. Lafitte, H. R., Price, A. H. & Courtois, B. (2004). Yield response to water deficit in an upland rice mapping population: Associations among traits and genetic markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 109, 1237–1246.
18. Limouchi, K. & Nourzadeh Haddad, M. (2017). Investigation the effects of different cultivation date on the yield and some agronomic properties of rice cultivars in the North of Khuzestan. I*ranian Journal of Field Crop Science*, 47(4):611-619. (In Persian).
19. Majidian, M., Ghalavnd, A., Karimian, N.A., Kamkar, H & aghighi, A. A. (2008). Effect of nitrogen fertilizer, manure and irrigation on corn yield. *Electronic Journal of Crop Production*, 1, 67-85. (In Persian).
20. Marekar, R. V. & Siddiqui, M. A. (1996). Genetic variability and correlation studies in rice. *Journal Maharashtra Agricultural Universities*, 21(2), 249-251.
21. Momeni, A. (1995). *Study of correlation and path analysis for morphology trait related to yield in cultivars and hybrids rice*. M.S.c. thesis. Faculty of Agriculture University of Tehran, Iran.
22. Noori, S. A. & Harati, M. (2005). Breeding for salt-resistance using transgressive segregation in spring wheat. *Journal of Sciences Islamic Republic of Iran*, 16(3), 217-222. (In Persian).
23. Pirdashty, H., Tahmasebi Sarvestani, Z. & Nasiri, M. (2000). Phenology and growth indices of different varieties of rice transplanting work the various dates. In: *Proceedings of 6th Congress of Agronomy and Plant Breeding*, 3-6 Sep, Babolsar, Iran.
24. Rahimi, M., Rabie, B., Ramezani, M. & Movafegh, S. (2010). Assessment of agronomical traits and variables determination for yield improvement in rice. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8, 111-119. (In Persian).
25. Rahim Souroush, H., Mesbah, M. & Hosseinzadeh, A. (2005). Study relations among yield and yield component traits in rice. *Iranian Journal of Agriculture Sciences*, 35, 983-993. (In Persian).
26. Rajeswari, S & Nadarajan, N. (2004). Correlation between yield and yield components in rice (*Oriza Sativa* L.). *Agricultural Science Digest*, 24(4), 280-282.
27. Ranawake, A. L. & Amarasinghe, G. S. (2014). Relationship of yield and yield related traits of some traditional rice cultivars in Sri Lanka as described by correlation analysis. *Journal of Scientific Research & Reports*, 3(18), 2395-2403.
28. Rieseberg, L. H., Archer, M. A. & Wayne, R. K. (1999). Transgressive segregation, adaptation and speciation. *Heredity*, 83, 363-372.
29. Rezai, A. & Soltani, A. (1998). *An introduction to applied regression analysis*. Isfahan University of Technology Press, 294 pp.
30. Saadalla, M. M., Shanahan, J. F. & Quick, J. S. (1990). Heat tolerance in winter wheat: I. Hardening and genetic effects on membrane thermo stability. *Crop Science*, 30, 1243-1247.
31. Selvaraj, C., Nagarajan, I., Thiyagarajan, P. Bharathi, K. M. & 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(17), 3322-3334.
32. Singh, V. P. (1994). Correlation studies in rice. *Agricultural Science Digest*, 14(3-4), 185-188.
33. Soghani, M., Vaezi, S. & Sabaghpour, S. H. (2010). Study on correlation and path analysis for seed yield and its dependent traits in white bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 6, 27-36. (In Persian).
34. Wright, S. (1921). Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, 20, 557-585.
35. Zhang, J. K., He, G. H. & Yin, G. D. (1993). Genetic variations in quantitative traits among compatible rice varieties. *Journal of South West Agricultural University*, 15, 294-300.