نشریه زراعت شماره ۱۰۷، تابستان ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

# بررسی تنوع فنوتیپی و ژنتیکی و ارزیابی روابط صفات زراعی در لاین‌های برنج متحمل به سرما


- لطفعلی لطفی چمگاوی، مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد
- فرود صالحی، استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد (نویسنده مسئول)
- حمیدرضا باقری فرادنبه، دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه رامین اهواز


تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: فروردین ماه ۱۳۹۳

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۲۸۳۸۵۶۳

پست الکترونیک نویسنده مسئول: foroud_salehi@yahoo.com


## چکیده

برای ارزیابی تنوع فنوتیپی و ژنتیکی و بررسی روابط بین صفات در پنج ژنوتیپ برنج (*Oryza sativa* L.) (منتخب از آزمایشات مشاهده ای بیست لاین متحمل به سرما) و یک شاهد، آزمایشی سه ساله در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. نتایج نشان داد که تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای صفات تعداد روز تا ظهور خوشه‌ها و رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته، طول خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن صد دانه و عملکرد دانه در واحد سطح، بسیار معنی‌دار بود. برای کلیه صفات ضرایب تنوع فنوتیپی بیشتر از ژنتیکی بود. ارتفاع بوته بیشترین و تعداد ساقه ی نابارور در بوته کمترین وراثت پذیری عمومی را داشت. عملکرد دانه نیز از وراثت پذیری نسبتاً بالایی برخوردار بود. همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی عملکرد با صفات تعداد ساقه بارور در بوته و وزن دانه مثبت و بسیار معنی‌دار و با دیگر صفات به جز تعداد دانه پرشده در خوشه، منفی و معنی‌دار بود. در تجزیه رگرسیون مرحله‌ای، صفات تعداد ساقه بارور در بوته، تعداد دانه ی پر در خوشه، وزن دانه و تعداد روز تا خوشه دهی به ترتیب وارد مدل شده و جمعاً ۹۱ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. تجزیه ضرایب مسیر نشان داد که بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه مربوط به صفت تعداد ساقه بارور در بوته بود. وزن دانه نیز با داشتن اثر مستقیم مثبت و بالا و اثر غیر مستقیم مثبت از طریق تعداد ساقه بارور در بوته، علی‌رغم آثار غیر مستقیم و منفی از مسیر دیگر صفات، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد داشت.


کلمات کلیدی: برنج، ژنوتیپ، تنوع فنوتیپی، تنوع ژنتیکی، وراثت پذیری، ضرایب همبستگی

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:107 pp: 159-166

**Investigation of phenotypic and genetic diversity and evaluation of relationship among agronomic traits in cold tolerant lines of rice (*Oryza Sativa*)**

*By:*

- *L. Lotfi, Scientific Staff of Agricultural and Natural Resources Research Center of Chaharmahal & Bakhtiari Province, Shahrekord, Iran*
- *F. Salehi, (Corresponding Author; Tel: 09132838563), Scientific Staff of Agricultural and Natural Resources Research Center of Chaharmahal & Bakhtiari Province, Shahrekord, Iran*
- *H. R. Bagheri-faradonbe, Ph.D. student of Ramin University, Ahwaz, Iran*

**Received: August 2013** **Accepted: April 2014**

To assess the phenotypic and genetic diversity and their relationships in five genotypes of rice cold tolerant (selected from the experiments of 20 cold tolerant lines) and a control, a three-year experiment was conducted as a randomized complete block design in Chaharmahal & Bakhtiari province. Results showed that the differences among genotypes was significant for days to heading and maturity, plant height, number of stems per plant, panicle length, number of grains per panicle, 100-seed weight and seed yield per unit area. In all traits, the phenotypic coefficients were more than the genetic coefficients. The number of days to maturity had maximum and seed weight had the lowest general heritability. The seed yield was relatively high heritability, too. Yield phenotypic and genetic correlations was positive and significant with number of fertile tillers per plant, number of filled grains per panicle and grain weight and was negative and significant with the other traits except panicle length. In stepwise regression analysis, fertile tiller number per plant, number of seeds per panicle, grain weight, and number of days to heading were entered into the model, respectively and were made a total yield of 91%. Path analysis revealed that number of fertile tillers per plant had the highest direct effect on grain yield. Seed weight also having a high positive effect and a positive indirect effect via number of tillers per plant, was highly significant positive correlation with yield, in spite of the negative indirect effects from other traits.

key Words: Rice, genotype, genotypic diversity, phenotypic diversity, heritability, correlation coefficients

## مقدمه

برنج یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که حدود ۵۰ درصد جمعیت جهان از آن تغذیه می‌کند (Wang et al., 2013). نیاز جهانی به برنج در سال ۲۰۲۵ حدود ۲۵ درصد نسبت به ۲۰۰۱ افزایش می‌یابد (Zhao et al., 2011). برنج به عنوان یک محصول گرمسیری و گیاهی نیمه آبزی به خوبی با شرایط غیرهوازی خاک سازگار شده است (Rashedmohassel et al., 1997). از آنجایی که سردی هوا و پایین بودن دمای آب محدودکننده رشد زایشی برنج هستند (Hossain, 1995)، به نظر می‌رسد گسترش سطح زیرکشت این محصول در مناطق سرد موفقیت‌آمیز نباشد، مگر آنکه از تنوع موجود در بین ژنوتیپ‌ها در راستای شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های مناسب و متحمل به سرما به‌نحو شایسته‌ای استفاده شود (Rahimsoroush et al., 2004). منابع ژنتیکی نقش مهمی در افزایش پتانسیل عملکرد برنج دارند و کاهش تنوع ژنتیکی با مشکلات عدیده‌ای در یافتن ژن‌های جدید برای بهبود عملکرد کمی و کیفی و مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده همراه است (Cheng et al., 2012). استفاده از تنوع ژنتیکی در ژنوم گیاهان زراعی از مهم‌ترین علاقه‌مندی‌های متخصصین اصلاح نباتات در درک استراتژی‌های بهبود گیاهان زراعی است (Varshney et al., 2008). برای رسیدن به عملکرد بالا در برنج پژوهش‌گران واریته‌های با عملکرد بالا و متحمل به تنش‌های زنده و غیرزنده را توسعه داده‌اند (Wang et al., 2013). بای و توآن آزمایشی برای بررسی تنوع ژنتیکی ۳۲ رقم برنج انجام داده و گزارش کردند که رقم‌های مورد بررسی از لحاظ صفات ارتفاع بوته و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی بیشترین تنوع را داشتند (Bui and Tuan, 1989). بررسی تنوع ژنتیکی ۳۰ توده بومی برنج هندوستان توسط سینها و همکاران نشان داد که صفاتی مانند تعداد انشعاب فرعی و تعداد دانه پردر خوشه نقش مهم‌تری در تنوع مربوط به عملکرد داشتند (Sinha et al., 1991). رحیم‌سروش و همکاران با مطالعه تنوع ژنتیکی و فنوتیپی ۳۶ لاین و رقم برنج، به وجود اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه و اجزای آن، اشاره نمودند که بیشترین ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی در بین اجزای عملکرد مربوط به تعداد

دانه در خوشه بود (Rahimsoroush et al., 2004). درستی و همکاران نشان دادند که تعداد دانه در خوشه و زاویه برگ پرچم بیشترین تنوع را داشته و بالاترین توارث پذیری مربوط به صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی می باشد (Dorosty et al., 2004). بخشی‌پور و همکاران در بررسی هفت لاین امیدبخش برنج و شاهد شیرودی، نشان دادند که بین لاین‌های امیدبخش در صفات مورد مطالعه تفاوت وجود داشت و این دلالت بر تنوع ژنتیکی عنوان شد (Bakhshipour et al., 2013).

تجزیه مسیر اجزای عملکرد و بررسی همبستگی بین این اجزا در بسیاری از محصولات زراعی از قبیل گندم (*Triticum aestivum*)، گلرنگ (*Carthamus tinctorius*)، سویا (*Glycine max*) و برنج انجام شده است (Mehetre et al., 1994). مطالعه ی تجزیه ضرایب مسیر برای عملکرد دانه در برنج نشان داد که صفات تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه و وزن صد دانه اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه برنج داشته و اثر مستقیم تعداد دانه پوک در خوشه نیز منفی است (Gravois and Helms, 1992). در تحقیق دیگری مشاهده شد که تعداد پنجه بارور در بوته، طول خوشه و وزن هزار دانه به ترتیب بالاترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه برنج و ارتفاع گیاه بیشترین اثر مستقیم منفی فنوتیپی و ژنوتیپی را بر عملکرد دانه داشت (Marwat et al., 1994). نوربخشیان و رضایی در تعیین همبستگی صفات و اجزای عملکرد یازده رقم و لاین برنج در استان چهارمحال و بختیاری، اثر مستقیم وزن هزار دانه، تعداد دانه پر در خوشه و تعداد پنجه بارور در بوته بر عملکرد را مثبت و اثر مستقیم تعداد دانه پوک در خوشه بر عملکرد را منفی گزارش کرده اند (Noorbakhshian and Rezaei, 1999). این مطالعه به منظور بررسی تنوع فنوتیپی و ژنتیکی و ارزیابی روابط صفات زراعی در لاین‌های برنج متحمل به سرما جهت کشت در مناطق نیمه سرد استان چهارمحال و بختیاری انجام گردید.

## مواد و روش ها

این مطالعه طی سه سال زراعی متوالی(از ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵) به منظور مقایسه پنج ژنوتیپ برتر برنج و بررسی همبستگی بین صفات مختلف و تجزیه مسیر اجزای عملکرد بر عملکرد دانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه علی‌آباد سامان انجام شد. این منطقه در ۳۰ کیلومتری شمال شرقی شهرکرد، در عرض جغرافیایی۳۲/۳۹ درجه شمالی و طول۵۰/۵۴ درجه شرقی و ارتفاع ۱۸۶۰ متر از سطح دریا واقع است. میانگین بلندمدت حداقل و حداکثر دمای سالیانه هوا به ترتیب ۴/۰۲ و۲۳/۱۴ درجه سانتی گراد بوده و متوسط بارندگی منطقه ۳۲۴/۴ میلی‌متر گزارش شده است (Anonymous, 2006). خاک مزرعه دارای بافت لومی رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب و pH =۷/۲ بود.

دراین تحقیق پنج لاین منتخب از بررسی مقدماتی بیست لاین در سال قبل، به نام‌های Lido، 79014-IR14-1-1-2، Rosa-Manchatli، H270-85 و Stevela که به ترتیب با کدهای ۱، ۳، ۷، ۱۳و ۱۴ مشخص شده‌اند، همراه با رقم کوهرنگ به عنوان شاهد، طی سه سال متوالی مورد مقایسه قرار گرفتند. بذرها پس از جوانه دار شدن، ابتدا در خزانه کشت شده و با انجام مراقبت‌های زراعی لازم، پس از رسیدن به مرحله ۵ تا ۶ برگی، نشاکاری در کرت‌هایی به ابعاد ۲/۰ × ۳/۲ متر، با استفاده از ۴-۳ نخ نشاء در هر کپه و رعایت فواصل بوته و ردیف ۲۰ سانتی‌متر انجام شد.

صفات تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد خوشه‌ها و ۸۰ درصد رسیدگی، عملکرد شلتوک در واحد سطح، تعداد ساقه‌های بارور (خوشه) و نابارور (پنجه‌های عقیم) در بوته، تعداد دانه‌های پرشده و پرنشده در خوشه، وزن صد دانه، طول خوشه و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد. داده‌های آزمایشی برای هر یک از صفات با استفاده از نرم افزار آماری SAS برای هر سال به طور جداگانه و سپس به صورت مرکب برای سه سال تجزیه واریانس شده و در صورت معنی‌دار بودن اثر هر عامل آزمایشی، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام شد. در این بررسی واریانس ژنتیکی و فنوتیپی، ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی و توارث پذیری عمومی صفات مختلف برآورد گردید. ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی بین صفات نیز محاسبه شد. تجزیه رگرسیون مرحله‌ای توسط نرم‌افزار SAS صورت گرفت و سپس تجزیه مسیر با استفاده از نرم‌افزار PATH برای تعیین اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد دانه در واحد سطح، انجام شد.

## نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب معنی‌دار بودن تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد را نشان داد. اثر سال نیز بر روی کلیه صفات بجز ارتفاع بوته، وزن صد دانه و طول خوشه معنی‌دار شد (جدول ۱). در سال دوم آزمایش بیشترین عملکرد شلتوک از طریق افزایش معنی‌دار تعداد دانه پرشده و تعداد ساقه بارور در بوته نسبت به سال سوم آزمایش بدست آمد، ولی این افزایش عملکرد نسبت به سال نخست معنی دار نبود (جدول ۲). بر اساس میانگین سه ساله ژنوتیپ های کد ۱ و ۱۴پس از ۱۲۱روز و ژنوتیپ شاهد (رقم کوهرنگ) پس از ۱۴۲ روز مرحله ۸۰ درصد رسیدگی را سپری کرده و زودرس‌ترین و دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۳). عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها به روز تا ظهور ۵۰ درصد خوشه‌ها نیز از روند تقریباً مشابهی برخوردار بود (جدول ۳). درستی و همکاران و رحیم‌سروش و همکاران نیز گزارش کردند که ژنوتیپ‌های برنج برای صفات روز تا ۵۰ درصد گلدهی و روز تا رسیدگی از تنوع بالایی برخوردارند (Dorosty et al., 2004 و Rahimsoroush et al., 2004). ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از لحاظ میانگین ارتفاع بوته نیز متفاوت از یکدیگر بودند (جداول ۱ و۳). از آنجایی که ارتفاع کلیه لاین‌های مورد بررسی نسبت به ژنوتیپ شاهد کمتر بود، انتظار می‌رود این لاین‌ها منابع ژنتیکی مطلوبی برای مقاومت به خوابیدگی باشند. عملکرد گیاهان زراعی از سیستم پیچیده‌ای تبعیت می‌کند که هر یک از اجزای این سیستم تحت تأثیر ژنوتیپ گیاه، شرایط محیطی و یا اثر متقابل آنها قرار می‌گیرد (Gravois and Helms, 1992).

درک بهتر تغییرات عملکرد دانه و واکنش آن نسبت به عوامل زراعی مستلزم شناخت اجزای عملکرد دانه، روابط بین آنها و میزان تأثیرپذیری آنها از عوامل زراعی و محیطی می‌باشد (Sarmadnia and Koucheki, 1993). در گیاه برنج عملکرد دانه متأثر از چند جزء عملکرد شامل تعداد ساقه بارور در بوته (تعداد خوشه)، تعداد دانه پرشده در خوشه و وزن دانه

می‌باشد. در پاره‌ای از مطالعات تعداد خوشه در بوته به عنوان مهم‌ترین عامل توجیه کننده عملکرد برنج معرفی شده است (Allahqholipour, 1997، Dorosty et al., 2004، Sabouri, 2002 و Saffar-Hamidi, 1997).

نتایج این بررسی بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات تعداد ساقه‌های بارور و نابارور، تعداد دانه‌های پرشده و پرنشده در خوشه و وزن صد دانه بود (جدول ۱). مقایسه متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها طی سه سال آزمایش نشان داد که ژنوتیپ کد ۷ با داشتن تعداد ساقه بارور بیشتر در بوته و پایین‌ترین تعداد دانه پرنشده در خوشه، میانگین ۶۲۴۰ کیلوگرم شلتوک در هکتار (بالاترین عملکرد) را داشت. از طرف دیگر رقم کوهرنگ علیرغم داشتن بیشترین تعداد دانه در خوشه، بخاطر داشتن کمترین تعداد ساقه بارور در بوته و نیز کمترین وزن صد دانه، پایین‌ترین عملکرد شلتوک (۴۱۶۳ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد (جدول ۳). صبوری، درستی و همکاران و رحیم‌سروش و همکاران در مطالعات خود گزارش کردند تفاوت معنی‌دار ژنوتیپ‌ها برای صفت عملکرد دانه ناشی از تغییرات تعداد ساقه بارور در بوته و تعداد دانه در خوشه می‌باشد (Sabouri, 2002، Dorosty et al., 2004 و Rahimsoroush et al., 2004).

**جدول۱- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف ژنوتیپ‌های برنج طی سه سال زراعی ۱۳۸۳ ، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵در استان چهارمحال و بختیاری**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد روز تا ظهور خوشه | تعداد روز تا ۵۰٪ ۸۰٪ رسیدگی | ارتفاع بوته | تعداد ساقه بارور در بوته | تعداد ساقه نابارور در بوته | طول خوشه | تعداد دانه پر در خوشه | تعداد دانه پوک درخوشه | وزن صد دانه | عملکرد شلتوک |
| سال | ۲ | ۳۵/۰۸$^{**}$ | ۶۶/۹۲$^{**}$ | ۱۷/۴۴$^{ns}$ | ۵/۶۱$^{ns}$ | ۷۶/۸۳$^{**}$ | ۰/۸۳$^{ns}$ | ۸۴۱/۲۳$^{**}$ | ۵۳۹/۴۴$^{**}$ | ۰/۰۳۲$^{ns}$ | ۹/۳۹$^{**}$ |
| تکرار در سال | ۶ | ۵/۶۳ | ۲/۷۰ | ۲/۴۹ | ۲/۵۳ | ۲/۰۴ | ۰/۳۸ | ۸۱/۸۸ | ۷/۰۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۲۸ |
| ژنوتیپ | ۵ | ۵۳۱/۵۳$^{**}$ | ۱۲۸/۱۶$^{**}$ | ۱۴۲۳/۶۱$^{**}$ | ۹/۲۴$^{**}$ | ۳/۱۳$^{**}$ | ۱۲/۹۹$^{**}$ | ۱۳۲۰/۳۲$^{**}$ | ۷۲/۷۴$^{**}$ | ۱/۱۵۱$^{**}$ | ۴/۶۸$^{**}$ |
| سال در ژنوتیپ | ۱۰ | ۲۰/۷۴$^{**}$ | ۱۳/۰۸$^{**}$ | ۲/۶۸$^{ns}$ | ۰/۸۵$^{ns}$ | ۲/۴۷$^{**}$ | ۰/۳۸$^{ns}$ | ۱۲۶/۳۷$^{**}$ | ۵۷/۴۸$^{**}$ | ۰/۰۱۱$^{ns}$ | ۰/۳۱$^{*}$ |
| خطا | ۳۰ | ۴/۴۱ | ۴/۲۸ | ۶/۶۸ | ۰/۸۴ | ۰/۳۹ | ۰/۴۹ | ۳۵/۵۵ | ۷/۳۰ | ۰/۰۰۹ | ۰/۱۳ |

* و**به ترتیب نشان دهنده معنی دار بودن تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

**جدول۲- مقایسه میانگین صفات مختلف برنج در سه سال ۱۳۸۳ ، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵در استان چهارمحال و بختیاری**

| سال | تعداد روز تا ۵۰٪ ظهور خوشه | تعداد روز تا ۸۰٪ رسیدگی | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | تعداد ساقه بارور در بوته | تعداد ساقه نابارور در بوته | طول خوشه (سانتی‌متر) | تعداد دانه پر در خوشه | تعداد دانه پوک درخوشه | وزن صد دانه (گرم) | عملکرد شلتوک (تن در هکتار) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۸۳ | ۹۴/۲$^{b}$ | ۱۲۷/۴$^{a}$ | ۸۵/۸$^{a}$ | ۱۱/۲$^{a}$ | ۱/۵۹$^{b}$ | ۱۸/۴۸$^{a}$ | ۸۴/۷۷$^{a}$ | ۱۶/۴۴$^{a}$ | ۲/۵۳$^{a}$ | ۵/۶۲$^{a}$ |
| ۱۳۸۴ | ۹۶/۲$^{a}$ | ۱۳۰/۱$^{a}$ | ۸۷/۸$^{a}$ | ۱۱/۶$^{a}$ | ۱/۷۳$^{b}$ | ۱۸/۹۳$^{a}$ | ۸۵/۸۱$^{a}$ | ۷/۸۴$^{b}$ | ۲/۵۹$^{a}$ | ۶/۰۴$^{a}$ |
| ۱۳۸۵ | ۹۳/۵$^{b}$ | ۱۲۲/۲$^{b}$ | ۸۶/۹$^{a}$ | ۱۰/۵$^{a}$ | ۵/۱۹$^{a}$ | ۱۸/۵۸$^{a}$ | ۷۳/۵۴$^{b}$ | ۱۷/۸۹$^{a}$ | ۲/۵۱$^{a}$ | ۴/۶۰$^{b}$ |
| حداقل تفاوت معنی‌دار (٪۱) | ۱/۹۲ | ۲/۸۵ | ۲/۸۳ | ۱/۲۹ | ۱/۲۰ | ۰/۵۳ | ۷/۴۲ | ۲/۲۵ | ۰/۰۹ | ۰/۴۳ |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) ندارند..

**جدول ۳ - میانگین صفات مختلف ژنوتیپ‌های برنج در سه سال متوالی (۱۳۸۳-۸۵) در استان چهارمحال و بختیاری**

| ژنوتیپ | تعداد روز تا ۵۰٪ ظهور خوشه | تعداد روز تا ۸۰٪ رسیدگی | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | تعداد ساقه بارور در بوته | تعداد ساقه نابارور در بوته | طول خوشه (سانتی‌متر) | تعداد دانه پر در خوشه | تعداد دانه پوک درخوشه | وزن صد دانه (گرم) | عملکرد شلتوک (تن در هکتار) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کد ۱ | ۹۰/۷$^{d}$ | ۱۲۱/۴$^{d}$ | ۸۲/۹$^{c}$ | ۱۱/۷$^{ab}$ | ۲/۵$^{cd}$ | ۱۸/۵$^{b}$ | ۷۰/۱$^{e}$ | ۱۲/۵$^{cd}$ | ۲/۷۴$^{a}$ | ۵/۴۹۲$^{bc}$ |
| کد ۳ | ۹۳/۹$^{c}$ | ۱۲۴/۰$^{c}$ | ۷۷/۱$^{d}$ | ۱۱/۲$^{ab}$ | ۲/۱$^{d}$ | ۱۸/۱$^{b}$ | ۷۷/۴$^{cd}$ | ۱۴/۸$^{bc}$ | ۲/۵۶$^{c}$ | ۵/۵۵۷$^{b}$ |
| کد ۷ | ۹۶/۴$^{b}$ | ۱۲۳/۲$^{cd}$ | ۸۲/۴$^{c}$ | ۱۱/۵$^{ab}$ | ۳/۰$^{bc}$ | ۱۸/۲$^{b}$ | ۸۳/۳$^{b}$ | ۱۱/۴$^{d}$ | ۲/۶۰$^{bc}$ | ۶/۲۴۰$^{a}$ |
| کد ۱۳ | ۹۰/۴$^{d}$ | ۱۲۷/۲$^{b}$ | ۸۶/۳$^{b}$ | ۱۱/۱$^{b}$ | ۳/۸$^{a}$ | ۱۸/۰$^{b}$ | ۷۳/۰$^{de}$ | ۱۵/۹$^{ab}$ | ۲/۶۹$^{ab}$ | ۵/۱۵۳$^{c}$ |
| کد ۱۴ | ۸۷/۲$^{e}$ | ۱۲۱/۶$^{d}$ | ۸۰/۵$^{c}$ | ۱۲/۰$^{a}$ | ۳/۲$^{ab}$ | ۱۷/۹$^{b}$ | ۸۰/۵$^{bc}$ | ۱۱/۲$^{d}$ | ۲/۶۹$^{ab}$ | ۵/۹۲۲$^{a}$ |
| کوهرنگ | ۱۰۸/۹$^{a}$ | ۱۴۲/۰$^{a}$ | ۱۱۱/۷$^{a}$ | ۹/۲$^{c}$ | ۲/۶$^{cd}$ | ۲۱/۱$^{a}$ | ۱۰۴/۱$^{a}$ | ۱۸/۴$^{a}$ | ۱/۸۰$^{d}$ | ۴/۱۶۳$^{d}$ |
| حداقل تفاوت معنی‌دار (٪۱) | ۱/۹۸ | ۲/۰۵ | ۲/۵۳ | ۰/۸۹ | ۰/۶۰ | ۰/۷۳ | ۵/۷۲ | ۲/۶۱ | ۰/۰۹ | ۰/۳۴۳ |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) ندارند..

وراثت پذیری معیاری است که نوع روش اصلاحی و قدرت توارث هر صفت را برای گیاه مشخص می‌کند و در واقع بیان کننده سهم تغییرات ژنتیکی از کل تغییرات موجود است (Farshadfar, 1997). وراثت پذیری اغلب صفات مورد ارزیابی احتمالاً به علت یکنواختی محیط آزمایش، در حد بالایی بوده و ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی نیز از روند تغییرات مشابهی برخوردار بودند (جدول ۴) ، گرچه مقادیر ضرایب تنوع فنوتیپی بزرگتر از ژنتیکی بود که نشان دهنده دخالت اثر محیط می‌باشد. مطالعات دیگر (Chaubey and Richaria, 1993، Chaudhary and Das, 1998 و Saffar-Hamidi, 199) نیز نتایج مشابهی در خصوص روند تغییرات این ضرایب گزارش کرده‌اند.

صفات ارتفاع بوته و تعداد روز تا ۸۰ درصد رسیدگی با ۹۷/۵ و ۹۶/۰ درصد بیشترین وراثت پذیری عمومی را داشتند (جدول ۴) که با نتایج درستی و همکاران (Dorosty et al., 2004) و مائوریا (Maurya, 1975) مطابقت دارد. در بین صفات مورد بررسی کمترین وراثت پذیری عمومی (۴۲/۴ درصد) مربوط به تعداد ساقه نابارور در هر بوته بود. رحیم‌سروش و همکاران نیز کمترین درصد وراثت پذیری عمومی را در تعداد خوشه های عقیم گزارش کردند (Rahimsoroush et al., 2004). عملکرد شلتوک به عنوان یک صفت کمّی که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود نیز از توارث پذیری نسبتاً بالایی (۸۳/۷) برخوردار بود. در این مطالعه میزان همبستگی ژنتیکی در اغلب صفات بالاتر از همبستگی فنوتیپی بود که خود بیانگر پایین‌تر بودن ضریب تغییرات ژنتیکی نسبت به فنوتیپی و در نتیجه تأثیر کمتر محیط بر این صفات می‌باشد (Chaubey and Richaria, 1993).

بررسی ضرایب همبستگی بیانگر رابطه مثبت و بسیار معنی‌دار بین صفت عملکرد شلتوک در واحد سطح و تعداد ساقه بارور (تعداد خوشه در بوته بود به نحوی که بیشترین ضرایب همبستگی ($r_g$ = ۰/۹۰ ، ۰/۷۲ = $r_p$ ) را به خود اختصاص دادند. در حالی که همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی عملکرد با تعداد ساقه نابارور ($r_g$ = −۰/۲۸ ، $r_p$ = −۰/۴۶) منفی و معنی‌دار بود. صبوری نیز در مطالعه خود بالاترین ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد را در صفت تعداد خوشه یافت (Sabouri, 2002). درستی و همکاران و رحیم‌سروش و همکاران نیز به وجود چنین رابطه مثبتی در برنج پی بردند (Dorosty et al., 2004 و Rahimsoroush et al., 2004). از طرف دیگر همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی وزن صد دانه با عملکرد شلتوک نیز مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). اما علیرغم آنچه انتظار می رود همبستگی تعداد دانه در خوشه با عملکرد معنی دار نشده است، زیرا رقم کوهرنگ برخلاف سایر ژنوتیپ های مورد بررسی، با داشتن بیشترین دانه در خوشه بخاطر کم بودن وزن صد دانه اش کمترین عملکرد را بخود اختصاص داده است. اگر این رقم را در نظر نگیریم، در سایر ژنوتیپ ها صفت تعداد دانه در خوشه با عملکرد همبستگی بالا و معنی داری نشان خواهد داد. صفار حمیدی و رحیم‌سروش و همکاران نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد دانه پرشده در خوشه مشاهده کردند (Saffar-Hamidi, 1997 و Rahimsoroush et al., 2004). همچنین در بررسی مهتر و همکاران یکی از معیارهای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر برنج، تعداد دانه پر در خوشه گزارش شده است (Mehetre et al., 1994). در این مطالعه ضرایب همبستگی بین عملکرد شلتوک و ارتفاع بوته منفی و معنی‌دار بود، ($r_g$ = −۰/۸۸ ، $r_p$ = −۰/۵۵) که با نتایج مطالعات صبوری (Sabouri, 2002)، درستی و همکاران (Dorosty et al., 2004)، رحیم‌سروش و همکاران (Rahimsoroush et al., 2004) و سامونت و همکاران (Samonte et al., 1998) بر روی برنج تطابق دارد. بنابراین از وجود این همبستگی منفی می‌توان برای گزینش لاین‌های برتر بر اساس ارتفاع بوته بهره برد.

عملکرد شلتوک در واحد سطح با صفات تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد خوشه‌ها و تعداد روز تا ۸۰ درصد رسیدگی همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی منفی و معنی‌داری داشت (جدول ۵)، اگر چه در برخی از مطالعات (Dorosty et al., 2004، Rahimsoroush et al., 2004 و Sabouri, 2002) این همبستگی مثبت گزارش شده است. به نظر می‌رسد منفی بودن این همبستگی در تحقیق حاضر ناشی کوتاه بودن فصل رشد باشد، زیرا با افزایش تعداد روز تا ظهور خوشه، گرده افشانی و باروری دانه‌ها در پنجه‌های ثانویه به علت برخورد با دماهای پایین آخر فصل، کاهش یافته و منجر به افت عملکرد می‌گردد. چنان که اشاره شد همبستگی عملکرد شلتوک در واحد سطح با تعداد روز تا خوشه دهی منفی بوده و این صفات از وراثت پذیری بالایی نیز برخوردارند (جداول ۴ و ۵)، لذا انتظار می‌رود که انتخاب ژنوتیپ‌های پرعملکرد می‌تواند به

**جدول ۴ - ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی و وراثت پذیری عمومی صفات ژنوتیپ های برنج در استان چهارمحال و بختیاری**

| صفات | واریانس ژنتیکی | واریانس فنوتیپی | میانگین کل | ضریب تغییرات ژنتیکی | ضریب تغییرات فنوتیپی | وراثت پذیری عمومی (٪) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| روز تا ظهور ۵۰٪ خوشه‌ها | ۱۶۴/۵ | ۱۸۹/۸ | ۹۲/۹ | ۱۳/۸ | ۱۴/۸ | ۸۶/۷ |
| روز تا ۸۰ درصد رسیدگی | ۵۴۷/۶ | ۵۷۰/۴ | ۱۲۶/۶ | ۱۸/۵ | ۱۸/۹ | ۹۶/۰ |
| ارتفاع بوته | ۱۴۲۱/۶ | ۱۴۵۷/۰ | ۸۶/۸ | ۴۳/۴ | ۴۴/۰ | ۹۷/۶ |
| طول خوشه | ۱۲/۹ | ۱۵/۶ | ۱۸/۷ | ۱۹/۳ | ۲۱/۲ | ۸۲/۸ |
| ساقه بارور در بوته | ۹/۱ | ۱۴/۹ | ۱۱/۱ | ۲۷/۱ | ۳۴/۷ | ۶۰/۹ |
| ساقه نابارور در بوته | ۲/۸ | ۶/۷ | ۲/۹ | ۵۸/۹ | ۹۰/۴ | ۴۲/۴ |
| دانه پرشده در خوشه | ۶۲۹/۱ | ۸۱۹/۸ | ۷۹/۷ | ۳۱/۵ | ۳۵/۹ | ۷۶/۷ |
| دانه پرنشده در خوشه | ۶۶/۳ | ۱۰۹/۵ | ۱۴/۰ | ۵۸/۰ | ۷۴/۵ | ۶۰/۵ |
| وزن صد دانه | ۱/۱ | ۱/۲ | ۲/۵ | ۴۲/۶ | ۴۳/۷ | ۹۴/۸ |
| عملکرد شلتوک | ۴/۷ | ۵/۶ | ۵/۴ | ۳۹/۸ | ۴۳/۵ | ۸۳/۷ |

نحو مطلوبی بر اساس کوتاه‌تر بودن دوره رویشی (تعداد روز از کاشت تا ظهور خوشه‌ها) صورت گیرد.

تجزیه رگرسیون مرحله‌ای سهم هر یک از صفات (متغیرهای مستقل) را در تنوع موجود برای یک صفت تابع مثل عملکرد دانه، تعیین می‌کند (Rezaie and Soltani, 1998). نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای در جدول ۶ قابل مشاهده است. نتایج حاصل نشان داد که صفت تعداد ساقه بارور در بوته به تنهایی حدود ۵۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد. بعد از این صفت، تعداد دانه پر در خوشه وارد مدل شد که به همراه صفت قبلی ۷۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین نمود. وزن دانه سومین متغیری بود که نقش خود را در ایجاد عملکرد نشان داده و ضریب تشخیص تجمعی را از ۷۱ درصد به ۸۸ درصد ارتقا بخشید. مثبت بودن ضرایب رگرسیون برای این صفات نشانگر افزایش عملکرد دانه برنج با افزایش هر یک از این عوامل می‌باشد. پس از اجزای عملکرد، صفت فنولوژیک تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد خوشه‌ها آخرین متغیری بود که وارد مدل شده و میزان ضریب تشخیص تجمعی را حدود ۳ درصد افزایش داد (جدول ۶). صبوری نیز در آزمایش خود به نقش موثر اجزای عملکرد در توجیه عملکرد دانه در واحد سطح پی برد (Sabouri, 2002). نتایج حاصل از تجزیه ضرایب مسیر برای عملکرد دانه نشان داد که اجزای عملکرد و تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد خوشه‌ها دارای اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد شلتوک در واحد سطح بودند (جدول ۷).

صفت تعداد ساقه بارور در بوته بیشترین اثر مستقیم مثبت (۰/۹۳۶) را بر عملکرد داشت که با نتایج تحقیق مومنی (Momeni, 1995) مطابقت دارد. در مرحله بعد صفت وزن صد دانه دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد شلتوک در واحد سطح (۰/۷۹۳) بود. همبستگی ژنتیکی مثبت و بسیار معنی‌دار وزن صد دانه با عملکرد (۰/۸۱) بیشتر ناشی از اثر مستقیم وزن صد دانه بر عملکرد و اثر غیر مستقیم آن از طریق تعداد ساقه بارور در بوته می‌باشد. سومین عامل تاثیرگذار بر عملکرد شلتوک، تعداد دانه پر در خوشه بود به طوری که اثر مستقیم این صفت بر عملکرد نسبتاً بالا و مثبت بود (۰/۶۳۲ ).گرچه همبستگی بین تعداد دانه پر در خوشه و عملکرد شلتوک در واحد سطح معنی دار نبود ($r_p$ =۰/۱۱) ، ولی به نظر می رسد این همبستگی بخاطر اثر غیر مستقیم این صفت بر عملکرد شلتوک از مسیرهای تعداد ساقه بارور در بوته (۰/۶۹۴-) و وزن دانه (۰/۶۹۹-) کم شده باشد. تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد خوشه‌ها نیز با وجود اثر مستقیم مثبت بر عملکرد به علت آثار غیر مستقیم از مسیر صفات تعداد ساقه بارور در بوته و وزن صد دانه، همبستگی ژنتیکی منفی (۰/۴۴-) با عملکرد شلتوک در واحد سطح داشت.

بر اساس نظر ماروات و همکاران در تجزیه ضرایب مسیر از اجزایی می‌توان به عنوان معیار انتخاب، استفاده کرد که اثر مستقیم زیاد و همبستگی مثبت با عملکرد دانه، علی‌رغم داشتن همبستگی منفی بین خود، داشته و حداقل اثرات غیر مستقیم منفی را از طریق سایر صفات روی عملکرد دانه داشته باشند (Marwat et al., 1994). با توجه به ویژگی‌های مذکور می‌توان گفت که تعداد ساقه بارور در بوته و وزن صد دانه با داشتن حداکثر اثر مستقیم مثبت می‌توانند به عنوان شاخص انتخاب برای افزایش عملکرد دانه در واحد سطح، در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند.

**جدول ۵- ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی بین صفات مختلف در ژنوتیپ‌های برنج در استان چهارمحال و بختیاری**

| صفت | نوع همبستگی | (۱) | (۲) | (۳) | (۴) | (۵) | (۶) | (۷) | (۸) | (۹) | (۱۰) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱- روز تا ظهور ۵۰ درصد خوشه‌ها | فنوتیپی | ۱ | ۰/۶۴** | ۰/۵۱** | ۰/۵۳** | -۰/۴۰** | ۰/۱۷ | ۰/۴۳** | ۰/۰۰ | -۰/۵۸** | -۰/۳۶** |
| | ژنتیکی | ۱ | ۰/۶۹ | ۰/۶۳ | ۰/۷۲ | -۰/۷۷ | ۰/۴۶ | ۰/۷۲ | ۰/۵۳ | -۰/۷۷ | -۰/۴۴ |
| ۲- روز تا ۸۰ درصد رسیدگی | فنوتیپی | | ۱ | ۰/۷۷** | ۰/۷۱** | -۰/۴۴** | ۰/۳۳* | ۰/۵۷** | ۰/۱۱ | -۰/۷۳** | -۰/۲۹* |
| | ژنتیکی | | ۱ | ۰/۹۷ | ۰/۹۴ | -۰/۹۹ | ۰/۰۷ | ۰/۷۸ | ۰/۹۱ | -۰/۹۶ | -۰/۹۱ |
| ۳- ارتفاع بوته | فنوتیپی | | | ۱ | ۰/۸۴** | -۰/۵۹** | ۰/۰۱ | ۰/۵۱** | ۰/۲۵ | -۰/۸۵** | -۰/۵۵** |
| | ژنتیکی | | | ۱ | ۰/۹۶ | -۰/۹۴** | ۰/۰۲ | ۰/۷۵ | ۰/۷۹ | -۰/۹۳ | -۰/۸۸ |
| ۴- طول خوشه | فنوتیپی | | | | ۱ | -۰/۵۵** | -۰/۱۶ | ۰/۵۴** | ۰/۱۵ | -۰/۸۵** | -۰/۴۶** |
| | ژنتیکی | | | | ۱ | -۰/۹۳ | -۰/۳۰ | ۰/۶۱ | -۰/۳۰ | -۰/۹۷ | -۰/۸۵ |
| ۵- ساقه بارور در بوته | فنوتیپی | | | | | ۱ | -۰/۲۱ | -۰/۴۱** | -۰/۴۳** | ۰/۶۲** | ۰/۷۹** |
| | ژنتیکی | | | | | ۱ | ۰/۱۶ | -۰/۷۴ | -۰/۹۴ | ۰/۹۶ | ۰/۹۰ |
| ۶- ساقه نابارور در بوته | فنوتیپی | | | | | | ۱ | -۰/۳۶** | ۰/۴۴** | ۰/۰۲ | -۰/۴۶** |
| | ژنتیکی | | | | | | ۱ | -۰/۱۶ | ۰/۱۳ | ۰/۲۹ | -۰/۱۰ |
| ۷- دانه پرشده در خوشه | فنوتیپی | | | | | | | ۱ | -۰/۱۱ | -۰/۵۸** | ۰/۱۱ |
| | ژنتیکی | | | | | | | ۱ | ۰/۴۵ | ۰/۷۸ | -۰/۴۵ |
| ۸- دانه پرنشده در خوشه | فنوتیپی | | | | | | | | ۱ | -۰/۳۹** | -۰/۶۳** |
| | ژنتیکی | | | | | | | | ۱ | -۰/۷۹ | -۰/۹۷ |
| ۹- وزن صد دانه | فنوتیپی | | | | | | | | | ۱ | ۰/۵۸** |
| | ژنتیکی | | | | | | | | | ۱ | ۰/۸۱ |
| ۱۰- عملکرد شلتوک در واحد سطح | فنوتیپی و ژنتیکی | | | | | | | | | | ۱ |

* و ** به ترتیب نشان دهنده‌ی معنی‌دار بودن ضرایب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۷- تجزیه ضرایب مسیر با استفاده از همبستگی‌های ژنتیکی برای عملکرد دانه در واحد سطح

| متغیر مستقل | اثر مستقیم | اثر غیر مستقیم از طریق | | | | ضریب همبستگی ژنتیکی با عملکرد دانه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (۱) | (۲) | (۳) | (۴) | |
| تعداد ساقه بارور در بوته (۱) | ۰/۹۳۶ | - | -۰/۴۶۹ | ۰/۷۶۱ | -۰/۳۳۱ | ۰/۸۹۹ |
| تعداد دانه پر در خوشه (۲) | ۰/۶۳۲ | -۰/۶۹۹ | - | -۰/۶۹۴ | ۰/۳۰۸ | -۰/۴۵۰ |
| وزن دانه (۳) | ۰/۷۹۳ | ۰/۸۹۹ | -۰/۵۵۷ | - | -۰/۳۲۶ | ۰/۸۱۰ |
| روز تا ۵۰٪ظهور خوشه (۴) | ۰/۴۲۸ | -۰/۷۲۲ | ۰/۴۵۵ | -۰/۶۰۳ | - | -۰/۴۴۰ |

باقیمانده = -۰/۰۱۳

جدول ۶- نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای تعیین سهم نسبی اجزای عملکرد دانه در واحد سطح

| متغیر مستقل | عرض از مبدأ | ضرایب رگرسیون | | | | ضریب تشخیص |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $b_1$ | $b_2$ | $b_3$ | $b_4$ | تجمعی |
| تعداد ساقه بارور در بوته | -۰/۱۹ | ۰/۵۱** | | | | ۰/۵۲ |
| تعداد دانه پر در خوشه | -۵/۲۰ | ۰/۶۵** | ۰/۰۴** | | | ۰/۷۱ |
| وزن دانه | -۹/۰۳ | ۰/۴۵** | ۰/۰۶** | ۱/۷۱** | | ۰/۸۸ |
| روز تا ۵۰٪ ظهور خوشه | -۱۳/۲۴ | ۰/۰۴** | ۰/۴۶** | ۰/۰۶** | ۱/۹۷** | ۰/۹۱ |

## منابع مورد استفاده


1. Allahqholipour, M. 1997. Study of correlation between agronomic traits in rice yield through path analysis. MS$_c$ thesis. Faculty of Agriculture. Tehran University. (In Farsi).
2. Anonymous. 2006. www.chaharmahalmet.ir
3. Bakhshipour, S, A. Gazanchian, A. Mohaddesi, H. Rahimsouroush, and M. Nasiri. 2013. Genotypic and phenotypic correlations between grain yield and some agronomic traits in promising rice lines. *Pajouhesh & Sazandegi*, 97:82-90. (In Farsi with English abstract).
4. Bui, C.B. and T.M. Tuan. 1989. Genetic diversity in rice *Oryza sativa* L. *International Rice Research Newsletter* 14: 5-6.
5. Chaubey, P.K. and A.K. Richaria. 1993. Genetic variability correlation and path coefficient in indica rices. *Indian Journal of Genetics* 53: 356-360.
6. Chaudhary, P. and K. Das. 1998. Genetic variability correlation and path coefficient analysis in deepwater rice. *Annals of Agricultural Research*, 19: 120-124.
7. Cheng, Z., F. Ying, D. Li, T. Yu, J. Fu, H. Yan, Q. Zhong, D. Zhang, W. Li, and X. Huang. 2012. Genetic diversity of wild rice species in Yunnan province of China. *Rice Science*, 19(1): 21-28.
8. Dorosty, H., Y. Motahar, and M.R. Ghanadha. 2004. Genetic diversity based on agronomic traits of advanced lines and rice varieties. *Seed and Plant*, 20(2):137-147. (In Farsi with English abstract).
9. Farshadfar, A. 1997. Application of quantitative genetics in plant breeding. Volume II. Bostan Publications. Kermanshah. 381 pages. (In Farsi).
10. Gravois, K. A. and R.S. Helms. 1992. Path analysis of rice yield components as affected by seeding rate. *Agronomy Journal*. 89: 1-4.
11. Hossain, M. 1995. Sustaining food security for fragile environments in Asia: Achievements, challenges and implication for rice. Proceedings of a Conference. IRRI. Manilla, Philippines. Pp. 3-23.
12. Jones, D.B., M.L. Peterson, and S. Geng. 1978. Association between grain filling rate and duration and yield component of rice. *Crop Science*, 19: 641-645.
13. Marwat, K. B., M.T. Tahir and M.S. Swati. 1994. Path coefficient analysis in rice. *Journal of Agriculture*. Vol. 5:73-81.
14. Maurya, D.M. 1975. Heritability and genetic advance in rice. *Oryza* 13: 97-100.
15. Mehetre, S.S., C.R. Mahajan, P.A. Patil, S.K. Lad, and P.M. Dhumal. 1994. Variability, heritability, correlation, path analysis and genetic divergence studies in upland rice. *IRRI Notes*, 19(1): 8-10.
16. Momeni, A. 1995. Study of correlations and path analysis of some important agronomic traits related to yield in rice varieties and hybrids. MS$_c$ thesis. Faculty of Agriculture. Tehran University. (In Farsi).
17. Noorbakhshian, S.J. and A.M. Rezaei. 1999. Study of cor-

relation and path analysis of yield traits in rice. *Iranian Journal of Crop Science*, 1 (4): 55-65. (In Farsi).

18. Rahimsoroush, C., M. Mesbah, A. Hosseinzadeh, and R. Bozorgipour. 2004. Genetic variation and phenotypic cluster analysis for quantitative and qualitative traits in rice. *Seed and Plant*, 20 (2): 167-182. (In Farsi with English abstract).
19. Rashedmohassel, M. H., M. Hosseini, M. Abdi, and A. Mollafilabi. 1997. Cereal crops. Jihad Daneshgahi of Ferdowsi University of Mashhad. 406 pages. (In Farsi).
20. Rezaie, A. M., and A. Soltani. 1998. Introduction to applied regression analysis, Isfahan University of Technology Publications. 294 pages. (In Farsi).
21. Sabouri, H. 2002. Path analysis of rice grain filling in different planting patterns. $MS_c$ thesis. Isfahan University of Technology. (In Farsi).
22. Saffar-Hamidi, K. 1997. Study of genetic diversity of rice landraces in Gillan. $MS_c$ thesis. Faculty of Agriculture. Islamic Azad University of Ardabil. (In Farsi).
23. Samonte, S.O., L.T. Wilson, and A.M. McClung. 1998. Path analysis of yield-related traits of fifteen diverse rice genotypes. *Crop Science*, 38: 1130-1136.
24. Sarmadnia, G., and A. Koucheki. 1993. Crop physiology. Jihad Daneshgahi of Ferdowsi University of Mashhad. 467 pages. (In Farsi).
25. Sinha, P.k., Chauhan, V. S., K. Prasad, and J.S. Chauhan. 1991. Genetic divergence in indigenous upland rice varieties. *Indian Journal of Genetics* 51: 47-50.
26. Varshney, R.K., T. Thiel, T. Sretenovic-Rajicic, M. Baum, J. Valkoun, P. Guo, S. Grando, S. Ceccarelli, A. Graner. 2008. Identification and validation of a core set of informative genic SSR and SNP markers for assaying functional diversity in barley. *Mol Breeding*, 22:1-13.
27. Wang Y., L. Zhang, A. Nafisah, L. Zhu, J. Xu, and Z. Li. 2013. Selection efficiencies for improving drought/salt tolerances and yield using introgression breeding in rice (*Oryza sativa* L.). *The Crop Journal*, 1:134-142.
28. Zhao, K., T. Chih-Wei, G.C. Eizenga, M.H. Wright, M.L. Ali, A.H. Price, G.J. Norton, M.R. Islam, A. Reynolds, J., Mezey, A.M. McClung, C.D. Bustamante, and S.R. McCouc. 2011. Genome-wide association mapping reveals a rich genetic architecture of complex traits in Oryza sativa. *Nature Communications,* 2: 467.