

بررسی روابط ژنتیکی شماری از صفات زراعی برنج با عملکرد دانه از طریق برخی روش‌های آماری چند متغیره

پیمان شریفی^۱، حمید دهقانی^{۲*}، علی مومنی^۳ و محمد مقدم^۴

۱. دانش‌آموخته دکتری اصلاح نباتات، ۲. دانشیار گروه اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ۳. استادیار موسسه تحقیقات برنج کشور، ۴. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۱۴ - تاریخ تصویب: ۹۱/۱۲/۱)

چکیده

یک آزمایش دای‌آلل کامل 7×7 برای مطالعه روابط ژنتیکی عملکرد دانه و بعضی از صفات زراعی در برنج انجام گرفت. تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها برای تمام صفات وجود داشت. نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد دانه به صورت مثبت و معنی‌داری با صفات عملکرد بیولوژیک ($rg = 0/55$, $rp = 0/81$)، شاخص برداشت ($rg = 0/79$, $rp = 0/35$)، تعداد خوشه‌ها ($rg = 0/67$, $rp = 0/80$)، وزن خوشه ($rg = 0/83$, $rp = 0/78$) و شکل دانه ($rg = 0/81$, $rp = 0/32$) همبستگی داشت. ارتباط بین عملکرد دانه و ارتفاع گیاه ($rg = -0/53$, $rp = -0/09$) در هر دو نوع همبستگی منفی بود، ولی فقط در سطح ژنوتیپی معنی‌دار بود. نتایج تجزیه علیت نشان داد که صفات تعداد خوشه، وزن خوشه و ارتفاع گیاه (با حدود ۹۲٪ تنوع) عملکرد دانه را مورد تأثیر قرار داد. در میان این صفات، وزن خوشه بیشترین تأثیر مستقیم را روی عملکرد دانه (۰/۷۳) داشت، در حالیکه کمترین اثر مستقیم مربوط به ارتفاع گیاه (۰/۱۵) بود. نتایج نشان داد که تعداد خوشه و وزن خوشه می‌تواند به عنوان فاکتورهای موثر برای افزایش عملکرد دانه به کار گرفته شود. نتایج تجزیه عاملی نشان داد که ۵ عامل مهم حدود ۸۱/۰۵ درصد از کل تنوع صفات را توجیه می‌نماید. فاکتور اول ۲۳ درصد از تغییرات بین صفات را توجیه نمود و وابسته به عملکرد دانه، اجزای آن و مساحت برگ پرچم بود. سایر فاکتورها به ترتیب ۱۸/۶۵، ۱۶/۲۰، ۱۴/۲۰ و ۹ درصد از تغییرات صفات را توجیه نمود. با استفاده از بای‌پلات ژنوتیپ \times صفت روابط بین صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد خوشه‌ها، وزن خوشه، ارتفاع گیاه و شکل دانه مشخص گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که استفاده از صفاتی مانند تعداد خوشه و وزن خوشه می‌تواند به عنوان یک استراتژی اصلاحی جهت نیل به ارقام برنج با عملکرد بالا در نسل‌های اولیه به کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: برنج، بای‌پلات ژنوتیپ \times صفت، تجزیه عاملی، تجزیه علیت، عملکرد و اجزای عملکرد دانه

مقدمه

محصول استراتژیک پرداخته می‌شود، ولی ایران نیز یکی از واردکنندگان این محصول در جهان محسوب می‌شود (FAO, 2007). برنج گیاهی است که قابلیت تولید محصول زیادی دارد و عملکرد آن به اجزایی از جمله ظرفیت مخزن شامل تعداد خوشه در واحد سطح،

برنج به عنوان یک غله عمده غذایی در بین محصولات زراعی عمده در جهان، یکی از مهمترین آنها می‌باشد که بیش از ۵۰٪ مردم جهان به نوعی با آن مرتبط هستند. با وجود اینکه در مناطقی از کشور به کشت و تولید این

متوسط تعداد دانه در خوشه و وزن متوسط دانه بستگی دارد (Akita, 1989). ارزش اقتصادی یک رقم به صفات مختلف آن بستگی دارد و چگونگی اعمال انتخاب برای تعدادی از این صفات به منظور حصول حداکثر ارزش اقتصادی همیشه مورد نظر اصلاحگران می‌باشد. در برنامه‌های اصلاح نباتات انتخاب بر اساس تعداد زیادی صفت زراعی صورت می‌گیرد که ممکن است بین آنها همبستگی مثبت و یا منفی وجود داشته باشد. همبستگی ژنتیکی بین صفات، جهت و میزان پاسخ به انتخاب و کارایی نسبی انتخاب غیر مستقیم را نشان می‌دهد و همچنین برای محاسبه شاخص‌های گزینش می‌تواند به کار گرفته شود (Falconer & Mackay, 1996). همبستگی ژنتیکی به اثرات افزایشی و غالبیت ژن‌های کنترل‌کننده صفات بستگی دارد. همبستگی ژنتیکی افزایشی در انتخاب غیر مستقیم اهمیت بسزایی دارد، زیرا اطلاعاتی را در مورد میزان ارتباط دو صفت فراهم می‌آورد. روابط همبستگی بین صفات از اهمیت زیادی در انتخاب غیر مستقیم برای نیل به اهداف اصلاحی برخوردار است (Bihanta & Naghavi, 2003). در ارتباط با همبستگی بین صفات، Kumar & Mahadevappa (1998b) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه با تعداد کل پنجه و تعداد ساقه بارور گزارش نمودند. با وجود استفاده از همبستگی بین صفات در تعدادی از مطالعات، ولی انواع روابط همبستگی رابطه علت و معلولی بین صفات را بیان نمی‌کنند و لذا برای دستیابی به اطلاعات جامعی در ارتباط با روابط بین صفات، بایستی علاوه بر همبستگی بین صفات از سایر روش‌های تبیین‌کننده روابط علت و معلولی بین متغیرها نیز استفاده نمود. در این راستا می‌توان به تجزیه به عامل‌ها و تجزیه علیت اشاره نمود. تجزیه به عامل‌ها یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره آماری است که به وسیله آن همبستگی بین تعداد زیادی از متغیرها در قالب تعداد کمتری از عوامل مستقل (غیر همبسته) توضیح داده می‌شود. در مطالعه‌ای بر روی ۳۶ ژنوتیپ برنج (Rahim Souroush et al. 2005) با استفاده از روش تجزیه به عامل‌ها نشان دادند که شش عامل ۸۳/۶ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمودند. آنها عامل دوم را با عامل ششم ادغام نمودند و

نشان دادند که این دو عامل در مجموع ۲۷/۳ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌نمایند و به عنوان عامل عملکرد و اجزای عملکرد نامگذاری کردند. همچنین Allah Gholipure & Mohamad Salehi (2004) در بررسی ۱۰۰ رقم و لاین بومی و اصلاح‌شده برنج نشان داد که ۶ عامل اصلی و مستقل ۸۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌نمایند و مجموع صفات در چهار عامل تحت عناوین مرفولوژی گیاه، شکل و اندازه دانه، عملکرد و اجزای آن و پر شدن دانه خلاصه شدند. Kihupi (1998) نشان داد که در انتخاب برای افزایش عملکرد دانه، صفات تعداد دانه در خوشه و وزن صد دانه می‌توانند به عنوان معیارهای انتخاب استفاده شوند. همچنین ایشان با استفاده از تجزیه علیت نشان دادند که تعداد ساقه بارور، تعداد دانه در خوشه و وزن صد دانه از صفات مهمی هستند که بر روی عملکرد دانه اثر می‌گذارند. Kumar & Mahadevappa (1998a) در بررسی همبستگی بین صفات و تجزیه علیت گزینش مستقیم برای ارتفاع گیاه، طول خوشه و تعداد ساقه بارور را پیشنهاد نمودند. Honarnejad (2003) با استفاده از تلاقی دای‌آل شامل ۶ رقم برنج و نتاج نسل اول آنها روابط بین صفات را مورد بررسی قرار داد و نشان داد که صفاتی مانند تعداد پنجه بیشتر در بوته و پاکوتاهی می‌توانند به بهبود عملکرد بوته کمک نمایند. در این راستا Mazhari et al. (2007) در مطالعه‌ای با استفاده از ۱۰۵ لاین و رقم به تأثیر صفات تعداد دانه پر، پنجه کل و وزن صد دانه بر روی عملکرد اشاره نمودند. در مطالعات مربوط به بررسی روابط ژنتیکی بین صفات از بای‌پلات نیز می‌توان استفاده نمود، برای این منظور یک جدول دو طرفه ژنوتیپ \times صفت ایجاد می‌شود (Yan & Rajcan, 2002; Yan & Tinker, 2005). بای‌پلات می‌تواند برای تجسم همبستگی ژنتیکی بین صفات به کار گرفته شود، که از نظر درک روابط بین صفات مختلف در اصلاح نباتات از اهمیت برخوردار است. درک این روابط برای مشخص کردن صفاتی که برای انتخاب غیرمستقیم صفت وابسته به کار گرفته می‌شوند، حایز اهمیت است. هدف از تحقیق حاضر بررسی رابطه بین عملکرد دانه و اجزاء عملکرد، مطالعه اثرات مستقیم و غیر مستقیم

پس از حذف اثر حاشیه‌ای اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری انجام شد. با استفاده از امید ریاضی منابع تغییرات صفات (M_s^1 و M_p^2) برآورد اجزای واریانس و کواریانس ژنتیکی انجام شد. برای محاسبات آماری شامل ارائه مدل رگرسیونی، همبستگی‌های فنوتیپی، محاسبه مولفه‌های اصلی در تجزیه به عامل‌ها از نرم‌افزارهای SPSS (۲۰۰۴) استفاده گردید. همبستگی ژنتیکی افزایشی از طریق رابطه ۱ و با استفاده از نرم‌افزار QGASation 1.0 (Chen & Zhu, 2003) محاسبه گردید (Roy, 2000).

(۱)

$$r_g(A) = \frac{A_{xy}}{\sqrt{A_x A_y}}$$

که در آن D_{xy} ، کواریانس ژنتیکی افزایشی؛ D_x و D_y واریانس ژنتیکی افزایشی دو متغیر می‌باشد. از مدل خطی زیر برای انجام تجزیه واریانس مرکب صفات استفاده شد (Holland, 2006):

$$Y_{klmi} = \mu_i + E_{ki} + R(E)_{kli} + G_{mi} + GE_{kmi} + \epsilon_{klmi} \quad (2)$$

در این رابطه، Y_{klmi} ، مشاهده مربوط به صفت m در ژنوتیپ l ، تکرار k در سال k ؛ μ_i ، میانگین صفت m ؛ E_{ki} ، اثر سال k بر صفت m ؛ $R(E)_{kli}$ ، اثر تکرار l درون سال k بر روی صفت m ؛ G_{mi} ، اثر ژنوتیپ l بر روی صفت m ؛ GE_{kmi} ، اثر متقابل بین ژنوتیپ l و سال k بر روی صفت m ؛ ϵ_{klmi} ، اثر اشتباه آزمایشی بر روی صفت m در ژنوتیپ l ، تکرار k در سال k اجزای مدل فوق می‌باشند.

کواریانس مقادیر اندازه‌گیری شده صفات i و j با استفاده از مدل زیر برآورد گردید (Holland, 2006):

(۳)

$$Cov(Y_{klmi}, Y_{klmj}) = \sigma_{Eij} + \sigma_{R(E)ij} + \sigma_{Gij} + \sigma_{GEij} + \sigma_{\epsilon_{klmi}}$$

در این رابطه، σ_{Eij} ، کواریانس محیطی؛ $\sigma_{R(E)ij}$ ، کواریانس تکرار درون محیط؛ σ_{Gij} ، کواریانس ژنتیکی؛

این اجزاء روی عملکرد دانه، گروه‌بندی صفات موثر بر روی عملکرد و همچنین شناسایی عوامل همبستگی بین صفات می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای

این تحقیق در طی سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۷ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد و بافت خاک سیلتی رسی با $pH = 6/5$ انجام شد. مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق شامل ۷ رقم برنج، بذور F_1 و RF_1 (هیبریدهای بدست آمده از تلاقی معکوس) حاصل از تلاقی دای‌آلل کامل آنها بود که در هر دو سال در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت شدند. ارقام استفاده شده شامل ۳ رقم بومی (حسنی، شاه‌پسند و دیلمانی)، ۳ رقم اصلاح شده (سپیدرود، ندا و صالح) و یک رقم خارجی (IRFAON-215) بود. هر ژنوتیپ در چهار ردیف کشت گردید ولی در یادداشت برداری‌ها از دو ردیف میانی استفاده شد. فاصله ردیف‌ها و همچنین فاصله بوته‌ها بر روی ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. صفات مورد مطالعه شامل تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه‌دهی، مساحت برگ پرچم، ارتفاع گیاه، تعداد خوشه، طول خوشه، طول خروج خوشه از غلاف، تعداد خوشچه، عملکرد بیولوژیک، تعداد روز تا رسیدگی، درصد پوکی، شکل دانه (شلتوک)، شاخص برداشت، وزن صد دانه، وزن خوشه و وزن شلتوک در هر بوته بودند که بر اساس سیستم بین‌المللی استاندارد (SES, 2002) در هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شدند.

محاسبات آماری

در محاسبات آماری از میانگین داده‌های ۱۰ بوته تصادفی در هر واحد آزمایشی (در مجموع ۳ تکرار \times ۲ سال \times ۴۹ ژنوتیپ = ۲۹۴ داده برای هر صفت) استفاده گردید، اما برای صفاتی همچون تعداد روز از نشاکاری تا آغاز خوشه‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی بر مبنای کل واحد آزمایشی و برای صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بر اساس کلیه بوته‌های واحد آزمایشی

تجزیه به عامل‌ها با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی و چرخش عامل‌ها به روش وریماکس^۱ انجام شد. در هر عامل اصلی و مستقل، ضرایب عاملی بالای ۰/۵ به عنوان ضرایب عاملی معنی‌دار در نظر گرفته شدند (Sharma, 1996). بزرگترین ضریب عاملی در هر عامل یا مجموعه‌ای از صفات معنی‌دار که در یک عامل از نظر مرفولوژیکی، کمی یا فیزیولوژیکی متمایز و مهم بودند برای نامگذاری عامل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. علامت ضریب عاملی مشخص‌کننده رابطه خطی آن با صفات در هر عامل اصلی می‌باشد (Allah (Gholipure & Mohamad Salehi, 2004).

برای نشان دادن روابط بین صفات از طریق بای‌پلات، از جدول دو طرفه ژنوتیپ × صفت با به مبنای رابطه ۹ استفاده گردید:

(۹)

$$\frac{T_{ij} - \bar{T}_j}{S_j} = \lambda_1 \zeta_{i1} \tau_{j1} + \lambda_2 \zeta_{i2} \tau_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

که در رابطه فوق هر کدام از اجزاء عبارتند از: T_{ij} ، میانگین ژنوتیپ i برای صفت j ؛ \bar{T}_j ، میانگین صفت j در تمام ژنوتیپ‌ها؛ S_j ، انحراف معیار صفت j ؛ λ_1 و λ_2 ، مقادیر ویژه برای مولفه‌های اصلی اول و دوم؛ ζ_{i1} و ζ_{i2} ، ضرایب مولفه‌های اصلی اول و دوم برای ژنوتیپ i ؛ τ_{j1} و τ_{j2} ، مولفه‌های اصلی اول و دوم برای صفت j ؛ ε_{ij} ، اثر باقیمانده مربوط ژنوتیپ i در صفت j . بای‌پلات‌های ارائه شده با استفاده از برنامه GGE بای‌پلات که در محیط ویندوز اجرا می‌گردد و نسخه اولیه آن توسط Yan (۲۰۰۱) نوشته شده است، رسم گردیدند. همچنین مولفه‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار GGE بای‌پلات استخراج شدند. (نسخه رایگان برنامه مربوط به بای‌پلات در آدرس اینترنتی <http://www.ggebiplot.com> موجود می‌باشد.) در بررسی بای‌پلات ژنوتیپ × صفت به منظور بررسی روابط بین متغیرها، طول بردار رسم شده از مبدأ مختصات به سمت هر کدام از صفات و همچنین زاویه بین این بردارها تجسم روابط بین صفات را با یکدیگر تسهیل

σ_{Gij} ، کوواریانس ژنوتیپ × محیط و σ_{eklmi} ، کواریانس اشتباه آزمایشی می‌باشند.

برای محاسبه تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی از روابط ۳ الی ۷ استفاده شد (Roy, 2000):
(۴) واریانس ژنوتیپی

$$\sigma_g^2 = \frac{MSg - MSgy}{ry}$$

(۵) واریانس اثر متقابل ژنوتیپ در سال

$$\sigma_{gy}^2 = \frac{MSgy - MSE}{r}$$

(۶) واریانس فنوتیپی

$$\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_{gy}^2 / y + \sigma_e^2 / ry$$

(۷) ضریب تغییرات ژنوتیپی

$$CVg = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{X} \times 100$$

(۸) ضریب تغییرات فنوتیپی

در این روابط، σ_g^2 ، واریانس ژنتیکی؛ σ_{gy}^2 ، واریانس ژنوتیپ × محیط؛ σ_p^2 ، واریانس فنوتیپی؛ CVg ، ضریب تغییرات ژنتیکی؛ CVp ، ضریب تغییرات فنوتیپی می‌باشند. برای مطالعه نوع روابط بین متغیرهای مستقل (صفات زراعی و اجزاء عملکرد) و متغیر وابسته (عملکرد دانه) تجزیه علیت عملکرد دانه با اجزای مربوطه به روش Dewy and Lu (۱۹۵۹) و به صورت اثرات مستقیم (ضرایب علیت) و اثرات غیرمستقیم (حاصلضرب ضرایب علیت در ضرایب همبستگی) و با استفاده ضرایب همبستگی ژنوتیپی انجام شد. اثرات باقیمانده و یا بخشی از تغییرات متغیر وابسته که با متغیرهای مستقل در مدل توجیه نمی‌شود، از طریق فرمول $PRy = \sqrt{1 - R^2}$ برآورد شدند. R^2 عبارت از مجموع کل واریانس‌ها و کواریانس‌های ناشی از متغیرهای مستقل در مدل رگرسیون چندگانه استاندارد می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ برای تمام صفات مورد بررسی معنی‌دار بود، که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. همچنین این نتایج حاکی از معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × سال برای تمام صفات مورد مطالعه به جز وزن صد دانه بود (جدول ۱).

می‌نماید. اگر زاویه بین دو صفت برابر با ۰، ۱۸۰ و ۹۰ درجه باشد، ضریب همبستگی بین آنها به ترتیب برابر با ۱-، ۰ و ۱ خواهد بود و اگر زاویه بین دو صفت کمتر از ۹۰ درجه باشد، آنها به صورت مثبت با یکدیگر ارتباط دارند و در صورتیکه زاویه بین آنها بیشتر از ۹۰ درجه باشد، همبستگی آنها منفی می‌باشد (Yan & Rajcan, 2002).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مرکب برای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های برنج

میانگین مربعات منابع تغییر				صفات	
اشتباه	ژنوتیپ × سال	ژنوتیپ	تکرار (سال)	سال	درجه آزادی
۱۹۲	۴۸	۴۸	۴	۱	تعداد روز تا خوشه رفتن
۶/۲۵	۱۵/۹۴**	۲۴۶/۰۲**	۳۲/۶۸	۲۰/۶۶	مساحت برگ پرچم
۱۱/۶۵	۲۵/۰۹**	۶۷/۶۷**	۲۵۳/۲۶	۶۸۵۲/۲۳**	ارتفاع گیاه
۳۱/۵۴	۷۲/۸۰**	۲۴۴۶/۲۸**	۱۱۸/۰۷	۳۶۴۸/۰۵**	تعداد خوشه
۴/۹۱	۱۲/۵۱**	۳۳/۶۸**	۱/۰۵	۱۶۶۷/۱۶**	خروج خوشه از غلاف
۱/۲۴	۴/۰۴**	۲۵/۱۹**	۴/۱۰	۶/۹۷	طول خوشه
۱/۲۰	۱۳/۲۹**	۴۵/۹۰**	۰/۴۱	۴۵۲۴/۱۵**	تعداد خوشچه
۰/۱۸	۰/۷۵**	۴/۸۶**	۰/۲۶	۳۵/۶۵**	عملکرد بیولوژیک
۳۳۵/۵۲	۱۴۵۶/۱۳**	۲۴۷۸/۱۴**	۱۲۶/۰۰	۲۸۳۹۴۶/۳**	تعداد روز تا رسیدگی
۱۱/۵۱	۳۷/۴۸**	۱۸۴/۶۵**	۴۹/۰۹	۱۳۹/۱۳	درصد پوکی
۳۵/۴۹	۲۲۶/۳۱**	۱۵۰۷/۸۹**	۲۲/۹۷	۲۶۰۷/۸۰**	شکل دانه
۰/۰۸	۰/۱۲*	۲/۱۸**	۰/۲۱	۰/۰۷	شاخص برداشت
۱۳/۹۸	۴۶/۳۵**	۳۲۰/۱۸**	۲۴/۹۱	۸۸۷/۰۹**	وزن صد دانه
۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۶۰**	۰/۰۹	۲/۴۵**	وزن خوشه
۰/۱۲	۰/۲۹**	۱/۰۱*	۰/۳۲	۱۳/۶۴**	عملکرد دانه
۵۸/۶۱	۱۸۱/۸۹**	۴۷۷/۹۲**	۶۸/۳۵	۲۱۳۸۷/۹۵**	

و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

آزمایش طی دو سال انجام پذیرفت، واریانس محیطی و واریانس ژنوتیپ × سال برای عملکرد دانه بالا برآورد گردید و لذا با انجام آزمایش در زمان‌ها و مکان‌های بیشتر امکان برآورد بهتر پارامترهای ژنتیکی و در نتیجه قابلیت تعمیم دادن نتایج به سال‌های آتی وجود خواهد داشت. با انجام تجزیه رگرسیون گام به گام، که در آن عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته (Y) و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند، به ترتیب صفات تعداد خوشه (X_۱)، وزن خوشه (X_۲) و ارتفاع گیاه (X_۳) وارد مدل شدند. معادله رگرسیونی به صورت زیر به دست آمد:

$$Y = -40/04 + 15/87 X_1 + 2/14 X_2 + 0/01 X_3$$

ضریب تبیین (R^۲) برای این مدل ۰/۹۲ برآورد گردید و مدل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این امر نشان می‌دهد که ۹۲٪ از تغییرات عملکرد دانه توسط سه متغیر مذکور قابل توجیه است. برای بررسی روابط بین صفات موثر بر عملکرد دانه از همبستگی‌های

نتایج مربوط به برآورد پارامترهای ژنتیکی در جدول ۲ ارائه شده است.

واریانس‌های ژنوتیپی، ژنوتیپ × سال و فنوتیپی با استفاده از جدول تجزیه واریانس محاسبه شدند. برای صفت ارتفاع گیاه واریانس ژنوتیپی بالا برآورد گردید و حال آنکه واریانس ژنوتیپ × سال برای این صفت پایین بود. برای صفت عملکرد بیولوژیک دو جزء واریانس محیطی و واریانس ژنوتیپ × سال بالاتر از واریانس ژنوتیپی بود و این موضوع حکایت از تأثیرپذیری این عامل از شرایط محیطی دارد. برای صفت عملکرد دانه ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی به ترتیب برابر با ۲۶/۷۲ و ۲۱/۰۳ برآورد گردیدند. همچنین واریانس ژنوتیپ × سال برای این صفت بالا (۳۲/۰۹) برآورد گردید. این امر تأثیرپذیری عملکرد دانه از شرایط محیطی را در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به روشنی نشان می‌دهد. از نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نیز چنین نتیجه‌ای استنباط می‌گردد. در این تحقیق با وجود اینکه

فوتیپی، ژنتیکی و افزایشی، تجزیه علیت و تجزیه بای پلات استفاده شد.

جدول ۲- برآورد تعدادی از پارامترهای ژنتیکی و فوتیپی برای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های برنج

صفات	واریانس ژنوتیپی	واریانس ژنوتیپ × سال	واریانس فوتیپی	ضریب تغییرات ژنتیکی	ضریب تغییرات فوتیپی
تعداد روز تا خوشه رفتن	۳۸/۳۵	۳/۲۳	۴۱/۰۰	۶/۷۳	۶/۹۶
مساحت برگ پرچم	۷/۱۰	۴/۴۸	۱۱/۲۸	۷/۹۵	۱۰/۱۲
ارتفاع گیاه	۳۹۵/۵۸	۱۳/۷۵	۴۰۷/۷۱	۱۴/۰۴	۱۴/۲۶
تعداد خوشه	۳/۵۳	۲/۵۳	۵/۶۱	۱۱/۶۸	۱۴/۷۳
خروج خوشه از غلاف	۳/۵۳	۰/۹۳	۴/۲۰	۱۲/۴۲	۱۳/۵۶
طول خوشه	۵/۴۴	۴/۰۳	۷/۶۵	۷/۱۲	۸/۴۴
تعداد خوشچه	۰/۶۹	۰/۱۹	۰/۸۶	۸/۵۳	۹/۲۸
عملکرد بیولوژیک	۱۷۰/۳۴	۳۷۳/۵۴	۴۱۳/۰۲	۱۳/۰۳	۲۰/۲۹
تعداد روز تا رسیدگی	۲۴/۵۳	۸/۶۶	۳۰/۷۸	۴/۱۶	۴/۶۶
درصد پوکی	۲۱۳/۶۰	۶۳/۶۲	۲۵۱/۳۲	۴۲/۹۱	۴۶/۵۴
شکل دانه	۰/۳۴	۰/۰۱	۰/۳۶	۱۴/۸۳	۱۵/۲۶
شاخص برداشت	۴۵/۶۴	۱۰/۷۹	۵۳/۳۶	۱۹/۷۷	۲۱/۳۷
وزن صد دانه	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۱۰	۱۰/۴۶
وزن خوشه	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۱۷	۱۴/۰۷	۱۶/۶۶
عملکرد دانه	۴۹/۳۴	۳۲/۰۹	۷۹/۶۵	۲۱/۰۳	۲۶/۷۲

بیشترین میزان همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه داشت، با صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد خوشه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت و به صورت منفی با صفت ارتفاع گیاه همبسته بود. نتایج مربوط به بررسی همبستگی افزایشی نشان داد که عملکرد دانه بیشترین همبستگی افزایشی را با تعداد خوشه داشت. بطور کلی نتایج نشان داد که عملکرد دانه با تمام صفات به جزء ارتفاع گیاه همبستگی افزایشی معنی‌داری داشت. ارتفاع گیاه با تمام صفات همبستگی افزایشی منفی نشان داد. همچنین این نتایج نشان دادند که بیشترین همبستگی افزایشی بین وزن خوشه و عملکرد بیولوژیک وجود داشت (جدول ۳).

ارتباط بین عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن با استفاده از ضرایب همبستگی فوتیپی و ژنتیکی ارزیابی شده است (جدول ۳). عملکرد دانه همبستگی فوتیپی مثبت معنی‌دار با صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد دانه، وزن خوشه و شکل دانه داشت. بیشترین میزان همبستگی فوتیپی عملکرد دانه با صفت عملکرد بیولوژیک بود. ضرایب همبستگی ژنتیکی عملکرد دانه با تعداد خوشه، وزن خوشه و ارتفاع گیاه نشان داد که همبستگی تمام صفات فوق با عملکرد دانه معنی‌دار بود و بیشترین همبستگی معنی‌دار بین عملکرد دانه و وزن خوشه مشاهده گردید. عملکرد بیولوژیک با صفاتی از قبیل ارتفاع گیاه، تعداد خوشه و وزن خوشه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. وزن خوشه که

جدول ۳- ضرایب همبستگی فوتیپی (اعداد بالایی عناصر بالای قطر)، ژنتیکی (اعداد پایینی عناصر بالای قطر) و افزایشی (پایین قطر)

صفات	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	ارتفاع گیاه	تعداد خوشه	وزن خوشه	شکل دانه	عملکرد دانه
عملکرد بیولوژیک	۱	-۰/۱۳	۰/۲۲	-۰/۶۸	-۰/۶۰	-۰/۰۳	-۰/۸۱
شاخص برداشت	۰/۳۳**	۱	-۰/۱۷	-۰/۱۶	-۰/۳۴	۰/۵۵	-۰/۳۵
ارتفاع گیاه	-۰/۳۴**	-۰/۸۴**	۱	-۰/۱۳	-۰/۰۱	-۰/۴۱	-۰/۰۹
تعداد خوشه	۰/۴۵**	۰/۹۲**	-۰/۸۰**	۱	-۰/۲۷	۰/۲۶	-۰/۸۰
وزن خوشه	۰/۹۸**	۰/۳۱**	-۰/۲۸**	۰/۳۰**	۱	۰/۱۷	-۰/۷۸
شکل دانه	۰/۳۲**	۰/۹۴**	-۰/۴۷**	۰/۸۳**	۰/۵۰**	۱	-۰/۳۲
عملکرد دانه	۰/۷۷**	۰/۸۸**	-۰/۷۷**	۰/۹۱**	۰/۷۰**	۰/۹۰**	۱

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

تجزیه علیت استفاده گردید (جدول ۴). بدین منظور از ضریب همبستگی ژنتیکی صفات برای برآورد اثرات

برای تعیین سهم اثرات مستقیم و غیر مستقیم متغیرهای وارد شده در مدل رگرسیون گام به گام از

بر روی عملکرد گیاه (۰/۱۵) داشت، به دلیل اثرات منفی که از طریق سایر صفات نظیر تعداد خوشه (۰/۱۰-) و وزن خوشه (۰/۰۸-) بر روی عملکرد دانه داشت، نمی‌تواند به عنوان یک صفت مفید در انتخاب برای عملکرد بیشتر مورد توجه قرار گیرد و در بحث انتخاب غیرمستقیم به کار گرفته شود و به عبارتی تأثیر منفی این صفت بر روی عملکرد دانه ملاحظه می‌گردد. اثر مستقیم صفت تعداد خوشه بر روی عملکرد دانه در این بررسی بر روی مواد ژنتیکی مورد مطالعه ملاحظه گردید (۰/۷۳) و با عنایت به تأثیر مثبتی که از طریق وزن خوشه (۰/۱۸) بر روی عملکرد دانه داشت، می‌تواند به عنوان یک صفت مفید برای بهبود عملکرد دانه باشد (جدول ۴).

مستقیم و غیر مستقیم صفات بر روی عملکرد دانه استفاده شد. بیشترین اثر مستقیم مثبت بر روی عملکرد دانه به میزان ۰/۷۳ مربوط به صفت وزن خوشه بود. مجموع اثرات مستقیم و غیر مستقیم این صفت بر روی عملکرد دانه (همبستگی ژنتیکی با عملکرد دانه) برابر با ۰/۸۳ بود. اثرات غیر مستقیم وزن خوشه از طریق تعداد خوشه و ارتفاع گیاه به ترتیب برابر با ۰/۲۵ و ۰/۳۶- بود. با توجه به اثر مستقیم وزن خوشه بر روی عملکرد دانه و اثر غیر مستقیم آن از طریق تعداد خوشه، این صفت می‌تواند صفت مناسبی برای انتخاب جهت نیل به عملکرد بالا در نظر گرفته شود. بیشترین اثر غیرمستقیم منفی مربوط به اثر وزن خوشه از طریق ارتفاع گیاه محاسبه شد. با وجودیکه ارتفاع گیاه اثر مستقیم مثبت

جدول ۴- میزان اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های برنج

صفات	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق		همبستگی با عملکرد دانه
		تعداد خوشه	وزن خوشه	
تعداد خوشه	۰/۵۲		۰/۱۸	۰/۶۷**
وزن خوشه	۰/۷۳	۰/۲۵		۰/۸۳**
ارتفاع گیاه	۰/۱۵	-۰/۱۰	-۰/۰۸	-۰/۵۳**

ضریب تبیین (R²=۰/۹۲)

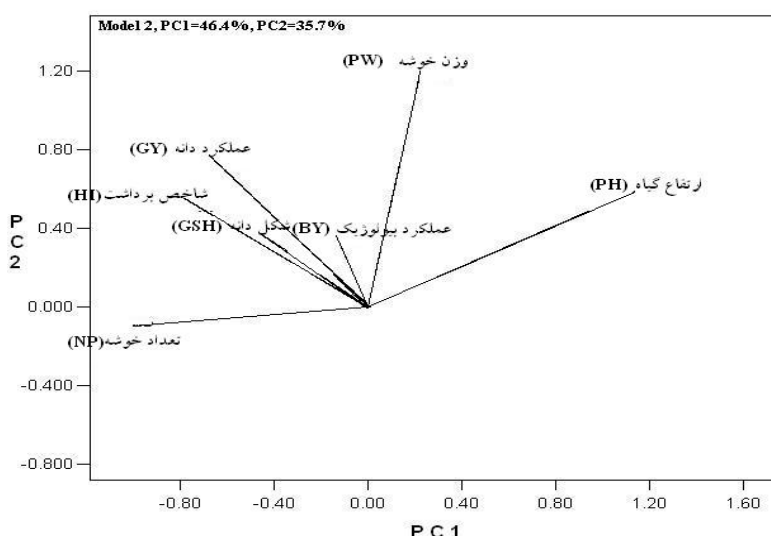
اثرات باقیمانده (R²=۰/۲۸۳)

تغییرات داده‌ها ۲۳ درصد از واریانس بین صفات را به خود اختصاص داده و شامل صفات مساحت برگ پرچم، تعداد خوشه، طول خوشه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه بود. این عامل به همراه عامل چهارم که ۱۴/۲۰ درصد از تغییرات را توجیه می‌نمود و شامل صفات وزن خوشه و درصد پوکی بود به عنوان عامل عملکرد و اجزای عملکرد نامگذاری شد. عامل دوم که صفات شکل دانه، ارتفاع گیاه و شاخص برداشت را در بر داشت در مجموع ۱۸/۶۵ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌نمود، به همراه عامل پنجم شامل دو صفت طول خروج خوشه از غلاف و وزن صد دانه (با توجیه ۹ درصد از تغییرات) تحت عنوان عامل مورفولوژیک نامگذاری شد. عامل سوم با توجیه ۱۶/۲۰ درصد از تغییرات و شامل صفات تعداد روز تا خوشه رفتن، تعداد روز تا رسیدگی و تعداد خوشچه به عنوان عامل دوره رشد نامیده شد (جدول ۶). نتایج حاصل از بررسی زوایای بردارهای بین صفات با استفاده از تجزیه بای‌پلات نشان داد که صفت عملکرد دانه با صفات تعداد دانه، وزن

نتایج تجزیه و تحلیل عاملی نشان داد که در مجموع پنج عامل اول ۸۱ درصد از تغییرات موجود بین صفات را توجیه می‌نمود (جدول ۵). بیشترین واریانس مربوط به عامل اول و به میزان ۲۳ درصد بود. از آنجا که هر چه میزان واریانس عاملی بیشتر باشد، به اعتبار آن عامل در تفسیر تغییرات داده‌ها می‌افزاید (Jackson, 1991)، این عامل در مقایسه با سایر عوامل از اهمیت بیشتری برخوردار بود (جدول ۵). میزان اشتراک نیز بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود و هرچه بیشتر باشد نشان‌دهنده دقت بیشتر در استخراج عامل‌های مشترک به عنوان عوامل تأثیرگذار بر متغیر مربوطه می‌باشد (Jackson, 1991). در تحقیق حاضر، برای تمام صفات مورد مطالعه این پارامتر بالا بود، که نشان می‌دهد که عامل انتخاب شده توانسته است تغییرات صفات را به نحو مطلوبی توجیه نماید. با توجه به میزان اشتراک صفات، عملکرد دانه و تعداد خوشه به میزان بیشتری تحت تأثیر عامل‌های استخراج قرار گرفتند. عامل اول با بیشترین سهم در توجیه

تأثیر منفی و یا مثبت صفات را بر روی صفت وابسته (عملکرد) اندازه می‌گیرد (Yan & Tinker, 2005). با توجه به بای‌پلات رسم شده و طول بردارها به ترتیب صفات ارتفاع گیاه، وزن خوشه، شاخص برداشت و تعداد خوشه بیشترین تأثیر را بر روی صفت عملکرد دانه ایفا نمودند (شکل ۱).

خوشه، شاخص برداشت، شکل دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و با صفت ارتفاع گیاه همبستگی منفی داشت. همچنین همبستگی منفی بین ارتفاع گیاه با شکل دانه، شاخص برداشت و تعداد خوشه و بین تعداد خوشه و وزن خوشه ملاحظه گردید. ارتباط بین سایر صفات از نظر علامت همبستگی به صورت مثبت ملاحظه گردید. طول بردارهای هر کدام از صفات میزان



شکل ۱- بای‌پلات ژنوتیپ × صفت که نشان‌دهنده همبستگی ژنتیکی میان عملکرد دانه و شش صفت مرتبط با آن در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌باشد.

جدول ۵- تجزیه عامل‌ها برای کلیه صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های برنج

میزان اشتراک	بار عامل‌های چرخش یافته (وریماکس)					صفات
	عامل پنجم	عامل چهارم	عامل سوم	عامل دوم	عامل اول	
۰/۸۵۴	۰/۰۵۵	۰/۱۳۸	-۰/۹۰۶*	۰/۰۳۶	۰/۱۰۴	تعداد روز تا خوشه رفتن
۰/۶۵۸	۰/۰۲۸	-۰/۰۸۸	-۰/۰۱۶	۰/۳۹۸	۰/۷۰۰*	مساحت برگ پرچم
۰/۷۷۳	-۰/۱۵۴	-۰/۰۴۲	-۰/۰۵۷	۰/۸۵۲*	۰/۱۳۴	ارتفاع گیاه
۰/۹۰۶	-۰/۰۷۶	۰/۰۵۴	-۰/۰۰۷	-۰/۳۶۶	۰/۸۷۳*	تعداد خوشه
۰/۸۶۹	-۰/۱۵۸*	-۰/۰۸۲	-۰/۱۸۰	۰/۲۹۳	۰/۰۸۴	خروج خوشه از غلاف
۰/۸۷۵	-۰/۱۴۶	۰/۰۱۳	-۰/۰۳۶	۰/۵۸۳*	۰/۷۱۶*	طول خوشه
۰/۷۸۱	-۰/۱۰۳	۰/۲۱۶	-۰/۷۴۷*	۰/۱۷۷	۰/۳۶۶	تعداد خوشچه
۰/۸۹۳	۰/۱۳۲	۰/۱۶۵	-۰/۲۶۵	۰/۱۶۳	۰/۸۶۷*	عملکرد بیولوژیک
۰/۷۶۵	۰/۰۵۳	-۰/۱۱۰	-۰/۸۳۱*	-۰/۲۴۰	-۰/۰۴۳	تعداد روز تا رسیدگی
۰/۷۴۰	۰/۰۰۷	-۰/۸۳۳*	-۰/۰۰۵	۰/۲۱۱	-۰/۰۲۴	درصد پیوکی
۰/۶۰۵	-۰/۰۸۳	۰/۲۵۸	-۰/۱۶۸	-۰/۶۹۴*	۰/۱۴۷	شکل دانه
۰/۸۵۲	-۰/۰۲۷	۰/۶۲۶*	۰/۰۹۸	-۰/۶۵۵*	-۰/۱۴۳	شاخص برداشت
۰/۷۹۸	۰/۶۷۷*	۰/۰۶۰	۰/۲۵۱	۰/۴۷۶	۰/۲۱۲	وزن صد دانه
۰/۸۵۰	۰/۲۳۱	۰/۷۴۹*	-۰/۳۳۱	۰/۰۶۱	۰/۳۴۹	وزن خوشه
۰/۹۲۹	۰/۱۰۹	۰/۵۳۲*	-۰/۱۹۷	-۰/۱۹۳	۰/۷۴۷*	عملکرد دانه
	۱/۰۰۵	۱/۳۷۷	۱/۸۶۴	۳/۴۵۷	۴/۴۴۳	مقادیر ویژه
	۱/۳۵۴	۲/۱۲۵	۲/۴۲۵	۲/۷۸۵	۳/۴۵۶	میزان واریانس
	۹/۰۰	۱۴/۲۰	۱۶/۲۰	۱۸/۶۵	۲۳/۰۰	درصد واریانس
	۸۱/۰۵	۷۲/۰۵	۵۷/۸۵	۴۱/۶۵	۲۳/۰۰	درصد واریانس جمعی

عملکرد دانه داشت و در نتیجه امکان بهبود عملکرد دانه با استفاده از دو صفت تعداد خوشه و وزن خوشه وجود خواهد داشت. این نتیجه در تطابق با گزارش

بحث

مجموع نتایج تجزیه رگرسیون و علیت حاکی از تأثیر مثبت صفات تعداد خوشه و وزن خوشه بر روی

به مفهوم افزایش ظرفیت مخزن است که عوامل تعیین‌کننده آن شامل وزن خشک در زمان خوشه رفتن و سرعت رشد محصول در زمان خوشه‌دهی می‌باشد (Akita, 1989). شاخص برداشت پایین ارقام پابلند می‌تواند ناشی از سایه‌اندازی متقابل و توقف رشد پس از گلدهی باشد (Chandler, 1969). در تحقیق حاضر تأثیر منفی ارتفاع گیاه بر روی عملکرد ملاحظه گردید، که به نظر می‌رسد که ساقه کوتاه که از خصوصیات مورفولوژیکی در ارقام برنج اصلاح‌شده است، نقش عمده‌ای در عملکرد بالای برنج داشته باشد و ساقه کوتاه و محکم باعث می‌شود که برنج مقاومت بیشتری در مقابل ورس داشته باشد و مصرف زیاد ازت را تحمل نماید، در حالیکه یک گیاه پابلندتر حساسیت بیشتری به ورس داشته و واکنش کمتری به مصرف ازت دارد. همچنین در این ارتباط مشخص شده است که ارقام پاکوتاه تنفس ساقه کمی داشته و در نتیجه عملکرد دانه آن بیشتر است (Tanaka, 1960). با توجه به اهمیت اندازه مخزن که عبارتست از تعداد خوشه، تعداد خوشه‌چه در هر خوشه و وزن متوسط هر دانه (Akita, 1989)، بایستی به عوامل موثر در اندازه مخزن توجه گردد. بطور کلی عملکرد برنج تابعی از کل ماده خشک و شاخص برداشت است و برای افزایش عملکرد بایستی این دو مورد بهبود یابند. البته محیط هم بر روی روابط بین منبع و مخزن موثر است. ارقامی با خوشه‌های بزرگ، ساقه‌های قوی و شاخص برداشت می‌توانند در افزایش عملکرد نقش داشته باشند. در مجموع با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق امکان استفاده از صفاتی مانند تعداد خوشه و وزن خوشه برای انتخاب غیر مستقیم جهت نیل به عملکرد بالاتر استفاده نمود.

Rahim Souroush et al. (۲۰۰۵) مبنی بر نقش زیاد صفت تعداد خوشه در بوته بر روی عملکرد دانه در برنج می‌باشد. در همچنین Chauby & Singh (۱۹۹۴) با تجزیه علیت نشان دادند که تعداد خوشه بیشترین اثر مستقیم بر روی عملکرد دانه را داشت. Prakash & Prakash (۱۹۸۷) نیز با استفاده از تجزیه علیت داده‌های حاصل از صفات موثر بر عملکرد دانه در برنج نشان دادند که ظرفیت تولید تعداد پنجه بارور به همراه صفات تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه، مهمترین شاخص‌ها برای انتخاب ارقام با عملکرد مطلوب است. در تطابق با نتایج حاصل از تحقیق حاضر، Honarnejad (۲۰۰۳) به نقش تعداد پنجه بیشتر در بوته و پاکوتاهی در بهبود عملکرد بوته اشاره نمود. نتایج تجزیه عاملی حاکی از این است که به منظور بهبود ژنتیکی پتانسیل عملکرد می‌توان از صفات تعداد خوشه، مساحت برگ پرچم، عملکرد بیولوژیک و طول خوشه (به عنوان عامل اول) بهره گرفت. در نسل‌های اولیه اصلاحی که وراثت‌پذیری عملکرد دانه متوسط بوده است می‌توان از صفاتی نظیر تعداد خوشه، وزن خوشه و شکل دانه که همبستگی ژنتیکی بالایی با عملکرد دانه داشته و وراثت‌پذیری به مراتب بالاتری نیز دارند، در جهت بهبود ژنتیکی عملکرد دانه استفاده نمود. گزارشات زیادی نیز در مطابقت با این موضوع مبنی بر تأثیر مثبت صفات تعداد خوشه و وزن خوشه بر روی عملکرد دانه و در نتیجه استفاده از این صفات برای انتخاب جهت نیل به عملکرد بالاتر در برنج ارائه شده است (Kihupi, 1998; Kumar & Mahadevappa, 1998a, b; Sabori et al., 2006; Abouzari Gazafrodi et al., 2007). در ارتباط با رابطه مثبت بین شاخص برداشت و عملکرد دانه می‌توان اظهار نمود که افزایش بیشتر عملکرد در برنج مرتبط با شاخص برداشت است و بهبود شاخص برداشت

REFERENCES

1. Abouzari Gazafrodi A., Honarnejad, R., Fotokian, M. H. & Alami A. (2007). Study of Correlations among Agronomic Traits and Path Analysis in Rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Science and Technology in Agriculture and Nature Resources*, 10(2), 99-106. (In Farsi).
2. Akita, S. (1989). *Improving yield potential in tropical rice, progress in irrigated rice research*, IRRI, P.O. Box 933, Manila, Philippines, p: 41-73.
3. Allah Gholipure M. & Mohamad Salehi, M.S. (2004). Factor and path analysis in different rice genotypes. *Seed & Plant Journal*, 1, 76-86. (In Farsi).
4. Bihamta, M. R. & Naghavi, M. R. (2003). *Applied quantitative genetics*. Tehran University Press. 171p. (In Farsi).

5. Chandler, R. F. (1969). Plant morphology and stand geometry in relation to nitrogen, physiological aspects of crop yield (J. D. Eastin, F. A. Haskins, C. Y. Sullivan, C. H. M. van Bavel, eds.), American Society of Agronomy. Crop Society of America, WI, pp. 265-285.
6. Chauby, P. K. & Singh, R. P. (1994). Genetic variability, correlation & path analysis of yield & yield components of rice. *Madras Agriculture Journal* 18 (9), 468-470.
7. Chen, G. & Zhu, J. (2003). *QGASStation 1.0*. Software for the classical quantitative genetics Institute of Bioinformatics, Zhejiang University, China.
8. Dewy, D. R. & K. H. Lu. (1959). A correlation and path coefficient analysis of component of crested wheat grass seed production. *Agron. J.* 51, 515-518.
9. Falconer, D. S. & Mackay, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics*, 4th ed. Longman Technical, Essex, UK.
10. Food & Agriculture Organization. (2007). *FAO annual statistics reports*. from: <http://faostat.fao.org/site/567>.
11. Holland J. B. (2006). Estimating Genotypic Correlations and Their Standard Errors Using Multivariate Restricted Maximum Likelihood Estimation with SAS Proc MIXED. *Crop Science* 46, 642-654.
12. Honarnejad, R. 2003. Study of correlation between some quantitative traits and grain yield in rice (*Oryza sativa* L.) using path analysis. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 1, 25-34. (In Farsi).
13. Jackson, J. E. (1991) *A users guide to principal components*. John Wiley and Sons Pub., New York.
14. Kihupi, L. A. (1998). Inter relationship between yield and some selected agronomic characters in rice. *African Crop Science Journal* 6 (3), 323-328.
15. Kumar, G. S. & Mahadevappa, M. (1998a). Studies on genetic variability, correlation and analysis in rice during winter across the location. *Karnataka Journal of Agriculture Science* 11 (1), 73-77.
16. Kumar, G. S. & Mahadevappa, M. (1998b). Studies on genetic variability, correlation and path analysis in rice (*Oryza sativa* L.) over seasons. *Karnataka Journal of Agriculture Science* 11 (1), 67-72.
17. Mazhari, S. M. Honarnejad, R. & Allah Gholipur M. (2007). Study of correlation among yield and some important agronomic traits using path analysis in rice. *Journal of Agricultural Science*, 1, 52-64. (In Farsi).
18. Milligan, S. B. Balzarini, M., & White, W. H. (2003). Broad-sense heritabilities, genetic correlations, and selection indices for sugarcane borer Resistance and their relation to yield Loss. *Crop Science* 43, 1729-1735.
19. Prakash, S. & Prakash, B. G. (1987). Path analysis in ratoon rice. *Rice Abstract*, 24, 215-218.
20. Rahim Souroush, H., Mesbah, M. & Hosseinzadeh, A., (2005). Study relations among yield and yield component traits in rice. *Iranian Journal of Agriculture Sciences*, 35(4), 983-993. (In Farsi).
21. Roy, D. (2000). *Plant breeding analysis and exploitation of variation*. Alpha Science International LTD, pp. 701.
22. Sabori, H., Rezai A., Mirmohammady Maibody, S. A. M. & Esfahani M. (2006). Path Analysis for rice grain yield and related traits in tow planting patterns. *Journal of Science and Technology in Agriculture and Nature Resources*, 9(1), 113-128. (In Farsi).
23. Sharma, S. (1996). *Applied multivariate techniques*. 1nd ed. John Wiley and Sons, New York. 493 pp.
24. SES. 2002. *Standard Evaluation System for Rice*. IRRI. Philippines.
25. SPSS Inc. (2004). *SPSS 14*. SPSS users guide. SPSS Inc, Chicago, IL., USA.
26. Tanaka, A. 1960. Morphology and mineral nutrition, morphology and function of the rice the rice plant. (T. Matsuo, ed.).
27. Yan, W. (2001). GGE biplot: a Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal* 93, 1111-1118.
28. Yan, W. & Rajcan, I. (2002). Biplot evaluation of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42, 11-20.
29. Yan, W. & Tinker, N. A. (2005). An integrated biplot analysis system for displaying, interpreting, and exploring genotype \times environment interaction. *Crop Science*, 45, 1004-1016.