نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، ص ۱۶۲-۱۵۰

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 1, Spring. 2012, p. 150-162

انتخاب برای بهبود عملکرد با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره در برنج

حسین صبوری[1*]- قاسم محمدی نژاد[2]- مریم فضلعلی‌پور[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۶/۲۸

چکیده

این تحقیق به‌منظور ارائه شاخص‌هایی برای انتخاب با استفاده از وراثت پذیری و همبستگی صفات موثر بر عملکرد دانـه و اسـتفاده از تئـوری‌هـای رگرسیون چند متغیره اجرا شد. برای این منظور ۲۶۵ خانواده F_3 برنج به‌همراه والدین و نسل F_1 از تلاقی غریب × خزر در سال زراعی ۱۳۸۸ در مزرعـه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی گنبد کشت شدند. تعداد روز تا رسیدگی با وراثت پذیری ۰/۹۷ بیشترین و طول برگ پرچم و تعداد خوشه با وراثت پذیری ۰/۶۶ کمترین میزان وراثت پذیری را در بین صفات داشتند. ضرایب همبستگی فنوتیپی بین عملکرد بوته با عرض برگ پـرچم (**۰/۲۵۶)، ارتفـاع بوتـه (**۰/۱۹۳)، تعداد خوشه (**۰/۷۳۴) و زیست توده (**۰/۸۲۸) مثبت و معنی دار بود. زیست توده، تعداد روز تا گلدهی و ارتفاع بوتـه، حـدود ۹۸ درصـد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه کردند و به‌عنوان متغیرهای ردیف اول عملکرد دانه در مدل تجزیه علی انتخاب شدند. برای بدست آوردن بهتـرین شاخص‌های گزینشی، بردارهای مختلفی از ارزش‌های اقتصادی صفات از جمله ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی، اثرات مستقیم فنـوتیپی و ژنتیکـی هر یک از صفات مورد مطالعه در تجزیه علیت عملکرد دانه و وراثت پذیری صفات در ترکیب‌های مختلفی از آن‌ها در حالت حضور و عدم حضور عملکرد در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد افزایش تعداد صفات مورد بررسی دلیلی بر افـزایش و برتـری معیارهـای مقایسـه و سـومندی نسـبی نخواهـد بـود. شاخص‌ها نشان دادند که عملکرد و همبستگی ژنتیکی معنی دار صفات با عملکرد دانه مهمترین اجزای کارای یک شاخص می‌باشند. وراثت پذیری بـالا در مرتبه‌های بعدی قرار دارد. در این مطالعه سه شاخص با توجه به‌هدف به‌نژادگر و اصلاح همزمان صفات مورد نظر، به‌عنوان بهترین شاخص ها در این جمعیت معرفی گردیدند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیت، رگرسیون مرحله ای، وراثت پذیری، شاخص‌های گزینشی

مقدمه

یکی از مهم‌ترین فعالیت‌هـا در برنامـه‌هـای اصـلاحی، انتخـاب است. انتخاب هـم در جمعیـت‌هـای بـومی، هموزیگـوت ناخـالص و جمعیت‌های در حال تفرق اصلاحی صورت می‌گیرد. از آنجا که یکی از اهداف مهم در برنامه‌های اصلاحی، به‌دست آوردن محصول زیـاد است و از طرفی معمولاً وراثت پذیری دارای عملکرد پایین می‌باشـد؛ به‌این دلیل، انتخاب مستقیم برای عملکرد چندان مـؤثر نبـوده و لـذا برای اصلاح عملکرد بهتر است از انتخاب غیرمستقیم استفاده شود. با استفاده از برخی روش‌های آماری می‌تـوان اطلاعـات لازم را بـرای انتخاب غیر مستقیم صفات جهت اصلاح عملکـرد بـه‌دسـت آورد. از جمله این روش‌ها می‌توان به‌تعریف شاخص‌های انتخاب اشاره کـرد. اسـمیت (۲۱) بـرای اولـین بـار از تـابع تشـخیص بـرای تعریـف شاخص‌هـای انتخـاب در گیاهـان اسـتفاده کـرد. هیـزل (۱۰) مـدل انتخاب همزمان را با استفاده از روش تجزیه رگرسـیون چنـد متغیـره گسترش داد. هـدف شـاخص انتخـاب ایـن اسـت کـه بتوانـد ارزش ژنتیکی واقعی یا ارزش ارثی را با اسـتفاده از یـک ترکیـب خطـی از ارزش‌های فنـوتیپی بـرآورد نمایـد (۲). از مهـم‌تـرین شـاخص‌هـای انتخاب می‌توان به‌شاخص پایه اشاره نمود. شاخص پایه توسط بـریم (۴) پیشنهاد و به‌وسیله ویلیـامز (۲۷ و ۲۸) گسـترش یافـت. در ایـن روش، شاخصی برای هر یک از افراد بـا اسـتفاده از مقـادیر فنـوتیپی مشـاهده شـده بـرای آن صـفت و بـا اختصـاص دادن ارزش‌هـای اقتصادی مربوط به‌هر صفت بـه‌عنـوان ضـرایب شاخصـی محاسـبه می‌شود.

سورک و همکاران (۲۳) گزارش نمودند که همبسـتگی عملکـرد

۱-استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
(*- نویسنده مسئول: (Email: saboriho@yahoo.com
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشـکده کشـاورزی، دانشـگاه شـهید باهنر کرمان
۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه گیلان

دانه با صفات تعداد خوشه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، مثبت و معنی دار است. نتایج حاصل از تجزیه علیت آن‌ها نشان داد که عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن هزار دانه به‌ترتیب بیشترین اثرات مستقیم را بر عملکرد دانه دارند. بنابراین درنظر گرفتن این خصوصیات را در انتخاب برای عملکرد بالاتر مورد تأکید قرار دادند. اسمیت (۲۱) در گندم نان نشان داد که با استفاده از یک شاخص بر مبنای عملکرد، اجزای عملکرد و وزن کاه می‌توان به‌پاسخ بیشتری نسبت به انتخاب مستقیم برمبنای عملکرد دست یافت. گائر و همکاران (۷) در ارزیابی ۶۷ رقم دورگ سیب زمینی دریافتند که شاخصی متشکل از عملکرد غده، تعداد غده در هر گیاه و میانگین وزن غده دارای ۶۲ درصد پاسخ بیشتری نسبت به انتخاب مستقیم تنها برای عملکرد غده است. سوان تارادوان و همکاران (۲۴) برای بهبود توأم هفت صفت در لاین‌های S1 ذرت، انواع شاخص‌های انتخاب از قبیل شاخص انتخاب بهینه، شاخص انتخاب پایه و شاخص تغییر یافته پسک و بیکر را مورد مقایسه قرار دادند. آن‌ها دریافتند که شاخص بهینه و پایه نتایج مشابهی داشته و چنین نتیجه گرفتند که به‌دلیل سهولت استفاده از شاخص پایه، در صورتی که ارزش‌های اقتصادی دقیقاً مشخص باشند، استفاده از این شاخص ترجیح داده می‌شود، اما زمانی که ارزش‌های اقتصادی نامشخص باشند استفاده از شاخص تغییر یافته پسک و بیکر پیشنهاد می‌شود. در تحقیقی که گبره و لورتر (۸) روی گندم انجام دادند شاخص‌های مختلفی از قبیل شاخص اسمیت – هیزل، شاخص بدون وزن و شاخص پیشرفت مطلوب می‌توانند به‌منظور پیشرفت توأم عملکرد دانه و کیفیت پروتئین به‌کار روند. ربیعی و همکاران (۱۴) بیست شاخص گزینشی مختلف را برای اصلاح شکل دانه در برنج مورد مطالعه قرار دادند و به‌این نتیجه رسیدند که گزینش غیرمستقیم برمبنای سه صفت طول دانه، عرض دانه و ارتفاع بوته با استفاده از ضرایب علیت آن‌ها به‌عنوان ارزش‌های اقتصادی و براساس دو شاخص بهینه و پایه، برای اصلاح شکل دانه مؤثرتر از گزینش مستقیم خواهد بود. آن‌ها همچنین شاخص‌های بهینه و پایه را مورد مقایسه قرار دادند و استفاده از شاخص پایه را به‌دلیل سادگی ساختار و سهولت محاسباتی توصیه نمودند. فضلعلی پور و همکاران (۱) با برآورد پنج شاخص گزینشی مختلف بر اساس دو شاخص بهینه و پایه نشان دادند که با استفاده از گزینش بر مبنای صفاتی نظیر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد دانه پر در خوشه، با توجه به‌اثرات مستقیم ژنتیکی (ضرایب علیت ژنتیکی) و وراثت‌پذیری آن‌ها به‌عنوان ارزش‌های اقتصادی، می‌توان به‌شاخص‌های برتر و مناسب جهت اصلاح جمعیت دست یافت. صبوری و همکارن (۱۸) نشان دادند که آثار مستقیم فنوتیپی و ژنوتیپی وزن دانه، تعداد خوشه و طول خوشه می توانند معیارهای کارایی در معرفی شاخص‌های گزینشی برای انتخاب غیر مستقیم باشند. رقم غریب یکی از ارقام زودرس و با کیفیت خوب و رقم خزر یکی از ارقام دیررس و با کیفیت نسبتا خوب می باشد. پس از تلاقی ارقام فوق و تهیه جمعیت F_3، آزمایش حاضر با هدف انتخاب برترین لاین‌ها با استفاده از شاخص‌های گزینشی بهینه و پایه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس اجرا شد. برای اجرای این آزمایش ارقام غریب و خزر در موسسه تحقیقات برنج کشور تلاقی داده شدند و در این تلاقی رقم غریب به‌عنوان والد پدری و رقم خزر به‌عنوان والد مادری در نظر گرفته شدند. بعد از تهیه گیاهان نسل F_1 ، جمعیت‌های F_2 و لاین‌های F_3 (۲۶۵ لاین) از خودباروری گیاهان نسل قبل به‌دست آمدند و به‌همراه والدین مربوطه در سال زراعی ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس مورد مطالعه قرار گرفتند. صفات مورد بررسی دراین آزمایش مشتمل بر ۱۰ صفت بود که براساس دستورالعمل استاندارد ارزیابی صفات (۲۵)، به‌شرح زیر اندازه‌گیری و ثبت گردیدند.

ارتفاع بوته: از محل یقه در سطح خاک تا انتهای خوشه مرکزی بدون در نظر گرفتن ریشک، بر حسب سانتی متر و در مرحله رسیدن دانه اندازه‌گیری شد. طول خوشه: از گره خوشه تا نوک آن برحسب سانتی متر و در مرحله خمیری اندازه‌گیری شد. طول برگ پرچم: طول برگ پرچم برحسب سانتی متر و در مرحله ظهور خوشه اندازه‌گیری شد. عرض برگ پرچم: عرض پهن ترین قسمت برگ پرچم برحسب سانتی متر و در مرحله ظهور خوشه اندازه‌گیری شد. تعداد خوشه: تعداد خوشه درهر کپه بعد از گلدهی کامل اندازه‌گیری شد. عملکرد بیولوژیک: وزن کل بوته غیر از ریشه برحسب گرم اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه در واحد بوته: عملکرد شلتوک در واحد بوته برحسب گرم با رطوبت ۱۴ درصد اندازه‌گیری شد. تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی: به‌ترتیب فاصله زمان بذرپاشی تا گلدهی و رسیدگی. به‌منظور ارزیابی کلیه صفات کمی در والدین و جمعیت F_1 ، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه ای به‌طور تصادفی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند. ارزیابی ها به‌صورت تک بوته انجام شد.

وراثت پذیری عمومی صفات از تقسیم واریانس ژنتیکی بر فنوتیپی صفات بدست آمد. ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی برای هر جفت از صفات از طریق فرمول‌های $r_{p_{ig}} = \frac{\sigma_{p_{ig}}}{\sqrt{\sigma^2_{p_{i.}} \times \sigma^2_{p_{.i}}}}$

و $r_{g_{ig}} = \frac{\sigma_{g_{ig}}}{\sqrt{\sigma^2_{g_{i.}} \times \sigma^2_{g_{.i}}}}$ محاسبه‌گردید (۶). در این فرمول‌ها $\sigma_{g_{ig}}$ کواریانس ژنتیکی و $\sigma_{p_{ig}}$ کواریانس فنوتیپی بین دو متغیر i و j است.

به‌منظور بررسی تعیین مهمترین صفات تاثیرگذار بر عملکرد، تجزیه رگرسیونی عملکرد دانه به‌روش پیش رو انجام شد. مدل نهایی دیاگرام علیت (۵) بر اساس متغیرهای پیشگویی کننده (متغیرهای مستقل) و متغیر تابع رسم گردید. از نتایج تجزیه علیت، همبستگی و وراثت پذیری برای برآورد ضرایب اقتصادی در به‌دست آوردن شاخص‌های انتخاب مناسب جهت بهبود و اصلاح عملکرد استفاده شد.

شاخص‌های انتخاب براساس صفات وارد شده در تجزیه علیت ژنتیکی و با در نظر گرفتن ارزش‌های فنوتیپی، ژنتیکی و اقتصادی آنها با توجه به‌رابطه پایه $I = \sum b_i p_i$ محاسبه‌شدند، که b_iها ضرایب شاخصی و p_i ها ارزش‌های فنوتیپی مربوط به‌هر صفت می‌باشد. در شاخص بهینه، ضرایب شاخص از رابطه $b = P^{-1}Ga$ به‌دست آمد (۲۱)، که در آن b بردار ضرایب شاخصی، P ماتریس واریانس- کواریانس فنوتیپی، G ماتریس واریانس- کواریانس ژنتیکی و a بردار ارزش‌های اقتصادی صفات می‌باشد.

در این بررسی از چهار معیار مختلف برای ارزیابی شاخص ها استفاده شد. از جمله معیارها، محاسبه ضریب همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی R_{HI} بود که در صورت ماکزیمم بودن آن، حداکثر پاسخ حاصل خواهد شد. از آنجایی که هدف از این تحقیق علاوه بر عملکرد دانه، اصلاح و بهبود همزمان ارزش ژنتیکی چندین صفت بود لذا معیار مقایسه ای دیگری به‌نام معیار پیشرفت ژنتیکی مجتمع صفات (ΔH) برای هر شاخص به‌دست آمد. به‌علاوه، پیشرفت مورد انتظار برای هر صفت در اثر استفاده از شاخص (Δ) نیز محاسبه گردید. آخرین معیار ارزیابی شاخص ها، محاسبه سودمندی نسبی (RE) شاخص نسبت به‌انتخاب مستقیم برمبنای صفت (عملکرد) بود. بالا بودن این نسبت نشان می‌دهد که در صورت استفاده از شاخص مورد نظر، پیشرفت ژنتیکی بیشتری برای عملکرد نسبت به‌انتخاب مستقیم برمبنای عملکرد به‌دست خواهد آمد.

همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی از رابطه $R_{HI} = \frac{\sigma_{HI}}{\sqrt{\sigma^2_I \times \sigma^2_H}}$ محاسبه‌شد (۱ و ۲۱)، که در آن، σ^2_I، σ^2_H و σ_{HI} به‌ترتیب واریانس شاخص، واریانس ارزش اصلاحی و کواریانس شاخص و ارزش اصلاحی می‌باشد. در فرم ماتریس R_{HI} از رابطه $R_{HI} = \sqrt{\frac{b'pb}{a'Ga}}$ به‌دست آمد (۲ و ۲۱). میزان بهره مورد انتظار از شاخص برای مجتمع صفات نیز از رابطه $\Delta H = kr_{HI}\sigma_H$ به‌دست آمد (۲ و ۲۱)، که در آن، k دیفرانسیل گزینش در واحد استاندارد، σ_H انحراف معیار ارزش اصلاحی و r_{HI} ضریب همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی می‌باشد. میزان پیشرفت ژنتیکی برای هر صفت برمبنای شاخص از رابطه $\Delta = \sqrt{\frac{kGb}{b'pb}}$ محاسبه‌شد (۲ و ۲۱).

ضریب همبستگی ژنتیکی عملکرد با شاخص از رابطه $r_{G(A)I} = \frac{\sigma_{G(A)I}}{\sqrt{\sigma^2_{G(A)} \times \sigma^2_I}} = \frac{b'g}{\sqrt{\sigma^2_{G(A)} \times b'Pb}}$ برآورد شد (۲)، که در این رابطه g بردار ستونی کواریانس ژنتیکی عملکرد با سایر صفات مورد مطالعه و $\sigma^2_{G(A)}$ واریانس ژنتیکی صفت عملکرد می‌باشد.

کارایی نسبی گزینش براساس شاخص، نسبت به گزینش مستقیم برای عملکرد به‌صورت $RE = \frac{R_I}{R_A} = \frac{r_{G(A)I}}{h_A}$ محاسبه شد (۲)، که R_I پاسخ مورد انتظار برای صفت A براساس گزینش شاخصی و R_A پاسخ مورد انتظار به‌گزینش از طریق خود صفت و h_A، جذر وراثت پذیری عملکرد می‌باشد. لازم به‌توضیح است که R_I و R_A نیز از رابطه‌های $R_A = kh_A\sigma_{G(A)}$ و $R_I = kr_{G(A)I}\sigma_{G(A)}$ محاسبه شدند (۲).

برای محاسبه شاخص پایه (۴) به‌جای ضرایب شاخصی، مستقیماً از ارزش‌های اقتصادی صفات استفاده گردید و مجموع حاصلضرب ارزش‌های اقتصادی در ارزش‌های فنوتیپی صفات هر فرد به‌عنوان شاخص آن فرد محاسبه‌شد. لذا نیازی به‌برآورد پارامترهای ژنتیکی نبود. در این شاخص ضریب همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی (دقت شاخص) از رابطه $R_{HI} = \sqrt{\frac{a'Ga}{a'Pa}}$ محاسبه شد (۲).

در تجزیه و تحلیل داده ها، از نرم افزار PATH2 برای محاسبه اثرات مستقیم و غیرمستقیم ژنتیکی صفات و از نرم افزار SPSS16.0 برای محاسبه ضرایب همبستگی فنوتیپی، رگرسیون پیش رو و تجزیه علیت استفاده شد. برای محاسبه ضرایب همبستگی ژنتیکی، به‌دست آوردن ماتریس ها و تشکیل شاخص‌های گزینشی مختلف از نرم افزار SAS 6.12(۲۰) استفاده گردید. با توجه به فرمول‌های ارائه شده برنامه مورد نیاز برای بدست آوردن شاخص‌های پایه به‌صورت زیر نوشته شد:

```
data;
Proc iml;
Reset print;
p={                ,
```

```
                    };
      G={           ,
                    };
      x={           ,
                    };
A=inv (p);          ,
  a1={              };
I1=x*a1;
 c=a1`;
   MSI=c*p*a1;
n=a1`;
  MSH=n*G*a1;
M=sqrt (MSI);
   Z=1.76*G*a1;
 D=Z/M;
k=sqrt (MSH);
 rHI=k/M;
deltaH=1.76*rHI*k;
  g={           ,
                };
Q=c*g;
  w= σ²G(A) *MSI;
O=sqrt (w);
rG=Q/O;
        RI=1.76*h²*rG;
      RA=1.76*h²* σG(A);
E=RI/RA;
 run;
```

همچنین برای شاخص بهینه به‌صورت زیر نوشته شد:

```
    data;
  Proc iml;
 Reset print;
    p={         ,
               };
    G={         ,
               };
    x={         ,
               };
 A=inv (p);
    a2={        ,
               };
 B=G*a2;
 b2=A*B;
 I2=x*b2;
  c=b2`;
    MSI=c*p*b2;
 n=a2`;
   MSH=n*G*a2;
 M=sqrt (MSI);
      deltaH=1.76*M;
       Z=1.76*G*b2;
   D=Z/M;
k=sqrt (MSH);
  rHI=M/k;
    g={         ,
     };
  Q=c*g;
   w= σ²G(A) *MSI;
 O=sqrt (w);
  rG=Q/O;
 E=RI/RA;
   run;
```

نتایج و بحث

رقم غریب از نظر صفات ارتفاع بوته و طول خروج خوشه از غلاف ارزش‌های فنوتیپی بالاتری نسبت به‌رقم خزر (جدول ۱) داشت. در سایر صفات مورد بررسی رقم خزر ارزش بیشتری را به‌خود اختصاص داد. تعداد روز تا رسیدگی با وراثت پذیری ۰/۹۷ بیشترین و طول برگ پرچم و تعداد خوشه با وراثت پذیری ۰/۶۶ کمترین میزان وراثت پذیری را در بین صفات داشتند. میزان بالای وراثت پذیری در صفات تعداد روز تا گلدهی، عرض برگ پرچم، ارتفاع بوته، روز تا رسیدگی، زیست توده، طول خروج خوشه از غلاف و طول خوشه نشان داد که واریانس ژنتیکی در این صفات سهم بسیار زیادی از تغییرات فنوتیپی را توجیه می نماید و تاثیر محیط بر روی آنها ناچیز بوده است. البته نباید اختلاط اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را در افزایش سهم واریانس ژنتیکی صفات به‌دلیل یکساله بودن طرح نادیده گرفت. در بین صفات مورد بررسی به‌غیر از تعداد خوشه و طول برگ پرچم، سایر صفات دارای وراثت پذیری بالاتری نسبت به‌عملکرد بودند. با توجه به‌اینکه عملکرد دارای وراثت پذیری پایین می باشد، می توان از صفات دارای وراثت پذیری بالاتر از عملکرد مانند روز تا گلدهی، ارتفاع بوته و طول خوشه در برنامه‌های اصلاحی گزینش غیر مستقیم استفاده نمود. گراوسیس و مک نیو (۹) وراثت‌پذیری بالایی را برای تعداد خوشه و وزن خوشه گزارش نمودند و موثر بودن گزینش غیر مستقیم برای این صفات را در بالاتر بردن عملکرد دانه پیش بینی نمودند. تاکدا و سایتو (۲۶)، سورک و کورکات (۲۳)، سورک و بسر (۲۲) و ربیعی و همکاران (۱۴) بیشترین وراثت پذیری را برای وزن دانه در برنج گزارش نمودند. ربیعی و همکاران (۱۴) و سورک و بسر (۲۲) کمترین وراثت پذیری را برای تعداد خوشه بدست آوردند. عملکرد دانه در اکثر تحقیقات انجام شده دارای وراثت پذیری کمتر از ۰/۵ بود (۱۱،۱۴، ۲۲ و ۲۶). آگاهی از

میزان وراثت پذیری صفات به‌نژادگر را در تعیین متدولوژی مناسب برای بهبود آن صفات و نهایتاً افزایش عملکرد کمک خواهد نمود به‌طوری که هر چه میزان وراثت پذیری صفت بالاتر باشد، پاسخ به‌گزینش بر مبنای صفت مذکور بالاتر خواهد بود چون تشخیص ژنوتیپ‌های برتر براساس فنوتیپ میسر خواهد شد.

همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی در تلاقی غریب × خزر

بررسی همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی نشان داد (جدول ۲) که در اکثر موارد علامت همبستگی ها با هم یکسان می باشد. در اکثر موارد مورد بررسی نیز همبستگی‌های ژنتیکی بالاتر از فنوتیپی بود. فضلعلی پور و همکاران (۱)، ربیعی و همکاران (۱۴) و صبوری و همکاران (۱۷) در برنج به‌نتایج مشابهی دست یافتند. ضرایب همبستگی فنوتیپی بین عملکرد بوته با عرض برگ پرچم (۰/۲۵۶**)، ارتفاع بوته (۰/۱۹۳**)، تعداد خوشه (۰/۷۳۴**) و زیست توده (۰/۸۲۸**) مثبت و معنی دار و با صفت روز تا رسیدگی منفی و معنی دار (-۰/۲۰۷*) و با صفات تعداد روز تا گلدهی، طول خوشه و طول خروج خوشه از غلاف غیر معنی دار بود. اگرچه صفاتی نظیر ارتفاع بوته، روز تا رسیدگی و عرض برگ پرچم همبستگی معنی داری با عملکرد دانه داشتند؛ اما مقادیر این همبستگی ها از ۰/۵ کمتر بود. ضرایب همبستگی ژنوتیپی بین عملکرد بوته با طول برگ پرچم (۰/۳۶۸**)، عرض برگ پرچم (۰/۳۸۳**)، ارتفاع بوته (۰/۲۶۵**)، تعداد خوشه (۰/۶۶۷**) و زیست توده (۰/۹۸۱**) مثبت و معنی دار و با تعداد روز تا رسیدگی و طول خوشه منفی و معنی دار بود.

همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی عملکرد دانه در بوته با تعداد خوشه مثبت و معنی دار بود. محققین همبستگی بالایی را برای صفات عملکرد دانه در بوته و زیست توده گزارش نموده اند (۲۲ و ۲۳). صبوری و همکاران (۱۸) نشان دادند که یکی از دلایل همبستگی بالای بین عملکرد و صفات مذکور، وجود لینکاژ قوی بین ژن‌های کنترل کننده این صفات با عملکرد دانه و یا پلیوتروپی ژن‌ها در بروز این صفات است.

در صورتی که صفات مطلوب با هم همبستگی و همچنین لینکاژ ژنی داشته باشند می توان برنامه‌های اصلاحی را در جهت هرمی نمودن ژن‌های مذکور پایه ریزی نمود و در صورت همبستگی صفات نامطلوب می توان از خودباروری‌های مکرر و گزینش در هر نسل برای حذف ژن‌های نامطلوب بهره برد. اگرچه با توجه به‌همبستگی بالای بین عملکرد دانه و تعداد خوشه و تعداد دانه پر، می توان گفت که گزینش برمبنای این صفات در افزایش و بهبود عملکرد دانه مفید خواهد بود؛ اما در تدوین یک برنامه اصلاحی توجه به وراثت پذیری صفات و اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد دانه نیز ضروری است.

روابط علت و معلولی جمعیت غریب × خزر

زیست توده، تعداد روز تا گلدهی و ارتفاع بوته، حدود ۹۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه کردند و به‌عنوان متغیرهای ردیف اول عملکرد دانه در مدل تجزیه علیت انتخاب شدند. مرحله بعد تجزیه علیت، با استفاده از هر یک از متغیرهای ردیف اول و با حذف عملکرد دانه در بوته و سایر صفات ردیف اول انجام شد. متغیرهای تعداد خوشه، طول خوشه و عرض برگ پرچم با تبیین بیش از ۹۹ درصد از تغییرات زیست توده؛ متغیرهای تعداد روز تا رسیدگی، طول خوشه و عرض برگ پرچم با تبیین ۴۳ درصد از تغییرات تعداد روز تا گلدهی و همچنین متغیرهای طول خوشه و تعداد خوشه با تبیین حدود ۲۶ درصد از تغییرات ارتفاع بوته، به‌عنوان متغیرهای علت برای این صفات و در نهایت به‌عنوان متغیرهای علت ردیف دوم عملکرد دانه انتخاب شدند، به‌این ترتیب دیاگرام علی برای عملکرد دانه در بوته رسم شد (شکل ۱).

جدول ۱- میانگین ارزش‌های فنوتیپی والدین، F1 و F3 و برآورد وراثت پذیری عمومی صفات در تلاقی غریب × خزر

صفات	والدین		F1	F3	h_b^2
	خزر (خطای معیار±میانگین)	غریب (خطای معیار±میانگین)	(خطای معیار±میانگین)	(خطای معیار±میانگین)	
روز تا گلدهی	۹۶/۰۰ ± ۰/۶۷	۸۴/۶۰ ± ۱/۲۶	۱۰۸/۷۳ ± ۳/۳۰	۱۰۸/۷۲ ± ۶/۳۳	۰/۸۹
طول برگ پرچم	۳۷/۵۹ ± ۰/۵۱	۳۷/۵۱ ± ۵/۴۴	۳۲/۹۶ ± ۴/۷۴	۳۶/۲۹ ± ۷/۱۴	۰/۶۶
عرض برگ پرچم	۱/۳۷ ± ۰/۰۵	۱/۳۵ ± ۰/۰۵	۱/۴۱ ± ۰/۰۹	۱/۳۸ ± ۰/۱۹	۰/۸۸
ارتفاع بوته	۱۱۷/۰۰ ± ۱/۱۵	۱۵۱/۰۵ ± ۲/۷۶	۱۴۲/۲۵ ± ۳/۵۴	۱۴۴/۱۲ ± ۱۳/۰۹	۰/۹۶
روز تا رسیدگی	۱۳۱/۷۰ ± ۰/۹۵	۱۲۳/۵۰ ± ۰/۵۳	۱۳۳/۴۰ ± ۱/۰۵	۱۲۶/۲۶ ± ۵/۱۷	۰/۹۷
تعداد خوشه	۲۰/۲۰ ± ۳/۶۷	۱۱/۴۰ ± ۰/۸۴	۱۲/۹۳ ± ۲/۵۲	۱۱/۳۵ ± ۴/۴۹	۰/۶۶
وزن دانه در بوته	۷۷/۹۱ ± ۴/۱۲	۵۷/۵۴ ± ۱۳/۸۳	۲۱/۵۹ ± ۵/۰۱	۲۹/۳۰ ± ۱۵/۲۸	۰/۶۷
زیست توده	۱۳۲/۰۰ ± ۲/۵۸	۱۱۶/۳۷ ± ۱۲/۰۲	۹۲/۵۶ ± ۲۰/۰۶	۷۵/۸۸ ± ۳۱/۹۶	۰/۸۲
طول خروج خوشه	۸/۳۳ ± ۰/۳۷	۱۱/۳۰ ± ۱/۹۳	۰/۳۳ ± ۰/۴۹	۶/۳۴ ± ۳/۴۰	۰/۸۸
طول خوشه	۳۰/۰۶ ± ۱/۳۱	۲۹/۶۹ ± ۲/۰۱	۳۵/۲۵ ± ۱/۴۴	۳۲/۶۳ ±۳/۸۶	۰/۸۲

جدول ۲- ضرایب ژنوتیپی (زیر قطر) و فنوتیپی (بالای قطر) بین صفات مورد بررسی در جمعیت غریب × خزر

صفات	روز تا گلدهی	طول برگ پرچم	عرض برگ پرچم	ارتفاع بوته	روز تا رسیدگی	تعداد خوشه	وزن دانه در بوته	زیست توده	طول خروج خوشه	طول خوشه
روز تا گلدهی	۱	۰/۲۷۱**	۰/۱۵۴*	۰/۱۲۲	۰/۵۵۵**	-۰/۱۳۱	-۰/۱۰۶	۰/۰۶۸	۰/۰۴۳	۰/۲۴۹**
طول برگ پرچم	۰/۳۳۴**	۱	۰/۲۵۳**	۰/۰۴۹	۰/۲۶۰**	۰/۰۷۳	۰/۰۵۰	۰/۱۲۸	۰/۰۱۷	۰/۳۰۸**
عرض برگ پرچم	۰/۱۳۲	۰/۲۲۷**	۱	۰/۰۲۱	۰/۰۳۴	۰/۲۱۳**	۰/۲۵۶**	۰/۲۶۰**	-۰/۰۷۵	-۰/۰۰۵
ارتفاع بوته	۰/۱۳۷	۰/۰۲۴	۰/۰۲۷	۱	-۰/۰۳۵	۰/۲۱۳**	۰/۱۹۳**	۰/۳۴۴**	۰/۱۷۹*	۰/۲۴۸**
روز تا رسیدگی	۰/۶۰۵**	۰/۳۱۹**	۰/۰۳۰	-۰/۰۴۲	۱	-۰/۱۴۱	-۰/۲۲۳**	-۰/۰۹۳	-۰/۰۴۲	۰/۱۱۴
تعداد خوشه	-۰/۱۴۷	۰/۳۷۷**	۰/۲۸۵**	۰/۲۹۲**	-۰/۱۷۹*	۱	۰/۷۳۴**	۰/۸۴۱**	۰/۰۳۶	-۰/۱۷۱*
وزن دانه در بوته	-۰/۰۷۱	۰/۳۶۸**	۰/۳۸۳**	۰/۲۶۵**	-۰/۲۹۲**	۰/۶۶۷**	۱	۰/۸۲۸**	۰/۱۳۶	-۰/۱۴۱
زیست توده	۰/۰۷۶	۰/۱۷۶*	۰/۲۹۶**	۰/۳۴۰**	-۰/۱۰۲	۰/۹۴۴**	۰/۹۸۱**	۱	۰/۰۷۰	-۰/۰۳۴
طول خروج خوشه	۰/۰۸۳	۰/۱۶۵	-۰/۰۱۵	۰/۱۸۸*	-۰/۰۴۴	-۰/۰۹۹	۰/۰۲۷	۰/۰۰۱	۱	-۰/۰۰۶
طول خوشه	۰/۲۸۱**	۰/۴۸۷**	-۰/۰۷۸	۰/۲۹۹**	۰/۱۰۱	-۰/۳۴۰**	-۰/۳۳۷**	-۰/۰۲۳	۰/۰۳۷	۱

* و ** به‌ترتیب معنی دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

تجزیه علیت براساس همبستگی ژنتیکی برای عملکرد دانه (جدول ۳) نشان داد که زیست توده با اثر مستقیم بالا، همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی دار و همچنین میزان وراثت پذیری بالا می‌تواند به‌طور مستقیم به‌عنوان معیار گزینشی جهت اصلاح و بهبود عملکرد دانه در نظر گرفته شود. از آنجا که اثر مستقیم زیست توده، بسیار بالا و اثرات غیر مستقیم آن از طریق سایر متغیرهای ردیف اول بسیار پایین می باشد، لذا همبستگی رابطه واقعی را نشان داده و انتخاب مستقیم از طریق این صفات بسیار موثر خواهد بود. بررسی روابط علت و معلولی برای متغیرهای ردیف دوم نشان داد که تعداد خوشه اثر مستقیم و بالایی را بر زیست توده دارد و چون اثرات غیر مستقیم آن از طریق سایر صفات ناچیز بود، از این صفت می توان برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر سود جست. نتایج نشان داد افزایش تعداد خوشه از طریق افزایش زیست توده نقش بسیار مهمی در بهبود عملکرد دانه خواهد داشت. علی رغم اینکه طول خوشه و تعداد خوشه اثرات مستقیم یکسانی را روی ارتفاع بوته داشتند؛ اما از آنجاکه تعداد خوشه اثر غیر مستقیم مثبتی را نیز از طریق طول خوشه بر ارتفاع بوته دارد، نقش تعداد خوشه را در انتخاب‌های غیر مستقیم بارزتر می سازد. اگرچه ارتفاع بوته اثر مستقیم کوچک و منفی روی عملکرد دانه در بوته دارد؛ اما اثر غیر مستقیم آن از طریق زیست توده، روی عملکرد دانه بالا است و از این طریق باعث افزایش عملکرد دانه خواهد شد. اگرچه بوته‌های جمعیت F_2 هر یک در طول دوره و سرعت پر شدن دانه تنوع دارند؛ اما تعداد روز تا رسیدگی از طریق روز تا گلدهی توانست نقش خود را در بالا بردن عملکرد دانه در بوته نشان دهد؛ در اینجا نیز اثر مستقیم تعداد روز تا گلدهی روی عملکرد دانه در بوده منفی و ناچیز بود؛ اما تعداد روز تا گلدهی همبستگی بالایی را با عملکرد دانه در بوته داشت، چون این صفت اثر خود را به‌طور غیر مستقیم و از طریق زیست توده نشان می دهد. به‌طور کلی تجزیه علیت براساس ضریب همبستگی ژنوتیپی برای عملکرد دانه نشان داد که زیست توده، تعداد خوشه، ارتفاع بوته و روز تا رسیدگی با مجموع اثرات مستقیم و غیر مستقیم بالا (ضریب همبستگی ژنتیکی) و میزان بالای وراثت پذیری می توانند به‌عنوان صفات مهم و موثر برای افزایش و اصلاح عملکرد دانه در بوته در نظر گرفته شود. پادماواتی و همکاران (۱۲) با مطالعه روی ۲۳ ژنوتیپ و سامونت و همکاران (۱۹) در نسل F_2 برنج گزارش نمودند که تعداد خوشه و زیست توده اثر مستقیم مثبت و معنی داری بر عملکرد دانه دارند. کیو و همکاران (۱۳) در مقایسه زیست توده و شاخص برداشت نشان دادند که زیست‌توده اثر مستقیم و بالاتری را روی عملکرد دانه دارد. آنها نشان دادند که اثر افزایش زیست توده از طریق افزایش ارتفاع، اثر خود را نشان می دهد. سورک و همکاران (۲۳) نیز در مطالعه خود بر نقش زیست توده در افزایش عملکرد تاکید داشتند.

شاخص‌های انتخاب

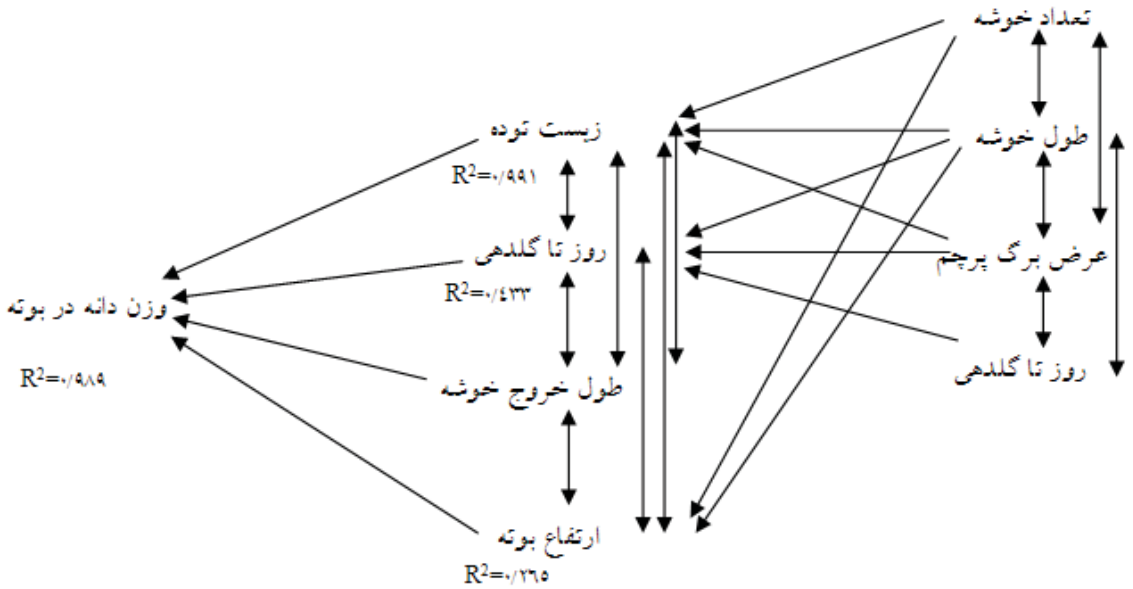
در این بررسی برای بدست آوردن بهترین شاخص‌های گزینشی، بردارهای مختلفی از ارزش‌های اقتصادی صفات از جمله ضریب‌های همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی، اثرات مستقیم فنوتیپی و ژنتیکی هر یک از صفات مورد مطالعه در تجزیه علیت عملکرد دانه و وراثت پذیری صفات در ترکیب‌های مختلفی از آنها در حالت حضور و عدم حضور عملکرد در نظر گرفته شدند. از این میان ۱۴ ترکیب مختلف از صفات مورد بررسی به‌همراه ارزش‌های اقتصادی در نظر گرفته شده به‌همراه خود عملکرد، به‌عنوان بهترین ترکیب ها جهت تشکیل شاخص‌های انتخاب استفاده شد. برای مقایسه شاخص ها با یکدیگر و معرفی شاخص‌های برتر، چهار معیار مقایسه‌ای برای هر شاخص محاسبه‌شد. در شاخص اول ارزش‌های اقتصادی برای تمام صفات وارد شده به‌مدل مساوی یک و برای دیگر صفات ارزش صفر در نظر گرفته شد. همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی در حد بسیار مطلوبی بود؛ اما سودمندی نسبی این شاخص در مقایسه با شاخص‌های دیگر در حد پایینی بود. چراکه در بین شاخص ها پیشرفت ژنتیکی کمی را برای عملکرد دانه نتیجه داد. همچنین پیشرفت ژنتیکی برای صفات تعداد خوشه و عرض برگ پرچم در هر دو نوع شاخص بهینه و پایه کمتر از شاخص‌های دیگر و برای صفات دیگر در حد مطلوب بود. لازم به‌توضیح است در صورت استفاده از شاخص اول به‌دلیل وارد شدن تمام صفات به‌چرخه انتخاب، اندازه گیری تمام صفات ضروری است و این امر مستلزم صرف زمان و هزینه زیاد است که از نظر اصلاحی اقتصادی نمی باشد. لذا برای کم کردن هزینه و زمان شاخص‌های دیگر مطرح شد.

محاسبه شاخص دوم براساس صفاتی نوشته شد که در ردیف اول تجزیه علیت عملکرد دانه قرار گرفتند. این صفات دارای اثرات مستقیم و یا غیر مستقیم بالا بر عملکرد دانه بودند و لذا به‌عنوان صفات تاثیرگذار بر بهبود عملکرد در نظر گرفته شدند. به‌این ترتیب برای تمام صفات ردیف اول تجزیه علیت ارزش اقتصادی یکسان و برابر یک و برای سایر صفات مورد مطالعه ارزش صفر در نظر گرفته شد. پیشرفت ژنتیکی مجتمع برای صفات کمتر از شاخص اول بدست آمد چون تعداد صفات کمتری برای محاسبه‌ارزش شاخص دخالت داشتند. در هر دو نوع شاخص علاوه بر اینکه سودمندی شاخص بالاتر از شاخص اول بود، بلکه پیشرفت مورد انتظار برای عملکرد دانه در بوته نیز بالاتر بود. پیشرفت صفات تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی در هر دو نوع شاخص کمتر از شاخص اول بود و انتظار می رود انتخاب براساس این شاخص منتج به‌لاین‌های زودرس تر شود. با مقایسه دو شاخص محاسبه‌شده می توان نتیجه گرفت که افزایش تعداد صفات دلیلی بر افزایش سودمندی نسبی شاخص مورد نظر نمی باشد، بلکه اهمیت صفات وارد شده به‌شاخص نقش تعیین‌کننده خواهد داشت.

از آنجا که وراثت پذیری از خصوصیات مهم اصلاحی می باشد، در نظر گرفتن وراثت پذیری صفات به‌عنوان یک ارزش در نوشتن ارزش‌های اقتصادی می تواند حائز اهمیت باشد و شاخص به‌دست آمده بر مبنای آن از دیدگاه اصلاحی ارزش بسیاری داشته و موثر خواهد بود.

جدول۳- اثرات مستقیم (پررنگ) و غیر مستقیم متغیرهای ردیف اول و دوم روی عملکرد برنج

صفات	اثرات مستقیم و غیر مستقیم				
وزن دانه	زیست توده	روز تا گلدهی	طول خروج خوشه	ارتفاع بوته	R^2=۰/۹۸۹
زیست توده	۰/۰۱۵	-۰/۰۱۱	۰/۰۰۰	-۰/۰۲۴	
روز تا گلدهی	۰/۷۷۰	-۰/۱۴۳	۰/۰۰۴	-۰/۰۱۰	
طول خروج خوشه	۰/۰۰۰	-۰/۱۲۰	۰/۰۵۱	-۰/۰۱۴	
ارتفاع بوته	۰/۳۴۵	-۰/۰۲۰	۰/۰۰۹	-۰/۰۷۱	
زیست توده	تعداد خوشه	طول خوشه	عرض برگ پرچم		R^2=۰/۹۹۱
تعداد خوشه	۱/۰۵۱	-۰/۱۱۴	۰/۰۰۶		
طول خوشه	-۰/۳۵۷	۰/۳۳۵	-۰/۰۰۲		
عرض برگ پرچم	۰/۲۲۹	-۰/۰۲۷	۰/۰۲۲		
روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	طول خوشه	عرض برگ پرچم		R^2=۰/۴۳۳
روز تا رسیدگی	۰/۵۵۷	۰/۰۲۳	۰/۰۰۳		
طول خوشه	۰/۰۵۸	۰/۲۳۳	-۰/۰۱۱		
عرض برگ پرچم	۰/۰۱۷	-۰/۰۱۹	۰/۱۳۲		
ارتفاع بوته	طول خوشه	تعداد خوشه			R^2=۰/۲۶۵
طول خوشه	۰/۴۴۹	-۰/۱۵۱			
تعداد خوشه	۰/۱۵۳	۰/۴۴۴			



شکل ۱- دیاگرام ضرایب مسیر برای تجزیه عملکرد دانه در جمعیت غریب × خزر

با توجه به‌این نکات شاخص سوم بر مبنای صفاتی با وراثت‌پذیری مساوی و بالاتر از عملکرد دانه محاسبه‌شد که برای این صفات ارزش اقتصادی یکسان و مساوی یک و برای دیگر صفات ارزش صفر در نظر گرفته شد. پیشرفت ژنتیکی مجتمع برای صفات، پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای عملکرد دانه در بوته و سودمندی برای این شاخص کمتر از شاخص دوم بود. یکی از دلایل مهم برای این نتیجه می توان به اثر متقابل بالای ژنتیک و محیط اشاره کرد که موجب بالا رفتن میزان واریانس ژنتیکی شده است.

در نوشتن شاخص چهارم، برای صفات ردیف اول که اهمیت بیشتری در افزایش عملکرد دانه داشتند ضریب ۰/۵ و برای صفات ردیف دوم ارزش ۰/۲۵ در نظر گرفته شد. علامت این ضرایب براساس علامت همبستگی ژنتیکی آنها با عملکرد دانه در بوته در نظر گرفته شدند. پیشرفت ژنتیکی برای صفات تعداد خوشه، وزن دانه در بوته و زیست توده بیشتر از سه شاخص اول و پیشرفت برای صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته بیشتر از سه شاخص اول اما در جهت منفی بود و این موضوع موجب شد که پیشرفت ژنتیکی مجتمع برای صفات کمتر از سه شاخص اول شد. سودمندی نسبی حاصل از انتخاب براساس این شاخص بیش از سه شاخص اول بود.

با استفاده از اثرات مستقیم فنوتیپی و ژنتیکی صفات ردیف اول حاصل از تجزیه علیت به‌عنوان ارزش‌های اقتصادی، شاخص‌های پنجم و ششم نوشته شد. نتایج حاصل از دو روش جز برای پیشرفت ژنتیکی تعداد روز تا گلدهی، وزن دانه در بوته و زیست توده نزدیک به‌هم بود. این تفاوت برای شاخص پایه کمتر بود. البته برای صفات مذکور نیز اختلاف محسوسی دیده نشد. دلیل این تساوی هم برآوردهای نزدیک اثرات مستقیم فنوتیپی و ژنتیکی صفات بود. سودمندی نسبی و همچنین پیشرفت ژنتیکی بدست آمده برای هر یک از صفات در مورد استفاده از هر دو شاخص بسیار مطلوب تر از سایر شاخص‌هایی بود که تاکنون محاسبه‌شد. ازآنجاکه در محاسبه این شاخص تعداد صفات کمی باید انداز گیری شود، استفاده از این دو شاخص با داشتن حداقل صفات با ارزش در معادله شاخصی، جهت اصلاح و افزایش عملکرد دانه، پیشنهاد می شود. بین دو شاخص مطرح شده، شاخص ششم به‌هفتم به‌دلیل استفاده از اثر مستقیم ژنتیکی ارجحیت دارد.

در شاخص هفتم، اثرات مستقیم ژنتیکی صفاتی که به‌عنوان صفات ردیف اول در تجزیه علیت عملکرد دانه معرفی شده بودند، به‌عنوان ارزش‌های اقتصادی و برای بقیه صفات ضریب همبستگی ژنتیکی این صفات با عملکرد دانه در بوته در صورت معنی دار بودن آنها ، به‌عنوان ارزش‌های اقتصادی در نظر گرفته شد. در این شاخص نیز پیشرفت ژنتیکی خوبی برای وزن دانه در بوته و زیست توده دیده شد. علی رغم اینکه سودمندی نسبی، همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی در حد بسیار مطلوبی بود؛ اما نسبت به‌شاخص‌های پنجم و ششم منوط به اندازه گیری تعداد صفات بیشتری می باشد، بنابراین از نظر صرف هزینه و زمان به‌شاخص‌های پنجم و ششم برتری ندارد.

برای تعریف شاخص هشتم، صفاتی که وراثت پذیری بالاتری از عملکرد دانه داشتند و در تجزیه علیت عملکرد دانه به‌عنوان صفات ردیف اول موثر بر عملکرد دانه شناسایی شدند، اثرات مستقیم ژنتیکی به‌عنوان ارزش‌های اقتصادی در نظر گرفته شد و برای سایر صفات از

ضریب همبستگی ژنتیکی معنی دار آنها به‌عنوان وزنه اقتصادی استفاده شد. بین این شاخص و شاخص‌های پنجم، ششم و هفتم از نظر معیارهای مقایسه ای تفاوت محسوسی مشاهده نشد و پیشرفت ژنتیکی مجتمع، سودمندی نسبی و پیشرفت برای صفات تعیین کننده مانند عملکرد بوته، زیست توده و تعداد خوشه تقریبا یکسان بود.

شاخص نهم از دادن ارزش یک برای صفات ردیف اول تجزیه علیت عملکرد دانه و ارزش ۰/۵ برای صفات ردیف دوم تجزیه علیت عملکرد دانه با توجه به‌علامت ضریب همبستگی ژنتیکی آنها بدست آمد. علی رغم اینکه پیشرفت ژنتیکی مجتمع برای صفات پس از شاخص اول در مرتبه‌دوم قرار داشت؛ اما سودمندی نسبی آن کمتر از شاخص‌های پنجم تا هشتم بود. از نظر افزایش در ارتفاع، انتخاب بر اساس این شاخص منتج به‌افزایش گیاهان با ارتفاع بیشتر خواهد شد؛ اما از نظر پیشرفت ژنتیکی برای صفات تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی منتج به‌گیاهان زودرس خواهد شد. به‌هرحال با توجه به‌تعداد صفات مورد ارزیابی برای انتخاب گیاهان برتر این شاخص نسبت به‌سایر شاخص ها از اهمیت کمتری برخوردار می باشد.

جهت استفاده مستقیم از وراثت پذیری برای نوشتن شاخص‌های گزینشی در شاخص دهم از وراثت پذیری صفات ردیف اول تجزیه علیت به‌عنوان ارزش اقتصادی صفات استفاده شد. اثر متقابل ژنتیک و محیط موجود در واریانس ژنتیکی به‌علت انجام مطالعه در یک محیط موجب شد این شاخص از نظر معیارهای مقایسه ای پایین تر از سایر شاخص ها (بجز شاخص اول، دوم و سوم) قرار گیرد و از نظر پیشرفت ژنتیکی برای صفات مختلف بالاترین ارتفاع بوته و طول خروج خوشه از غلاف را بخود اختصاص داد که موارد مذکور باعث شد این شاخص دارای ارزش کمتری داشته باشد.

شاخص‌های یازدهم و دوازدهم به‌ترتیب با استفاده از اثر مستقیم ژنتیکی و فنوتیپی به‌عنوان ارزش برای صفات ردیف اول تجزیه علیت عملکرد دانه بدون حضور عملکرد بدست آمد. نتایج بدست آمده نشان داد که انتخاب برمبنای شاخص‌های گزینشی، بدون حضور عملکرد نمی تواند به‌تعریف یک شاخص خوب جهت انتخاب لاین‌های برتر منتهی شود. چون پیشرفت ژنتیکی برای تعداد روز تا گلدهی در جهت دیررسی و پیشرفت ژنتیکی برای صفاتی مانند ارتفاع، عملکرد دانه در بوته و زیست توده در حد متوسط بود. از نظر پارامترهای مقایسه‌ای نیز دارای پیشرفت ژنتیکی مجتمع بسیار پایین بود.

در شاخص سیزدهم از اثر مستقیم ژنتیکی معنی دار به‌عنوان ارزش برای صفات ردیف اول و برای بقیه صفات ارزش ضریب همبستگی ژنتیکی معنی دار در نظر گرفته شد و در شاخص چهاردهم تنها از اثر مستقیم ژنتیکی معنی دار به‌عنوان ارزش برای صفات ردیف اول استفاده شد. این دو شاخص از نظر معیارهای مقایسه‌ای یکسان بودند و از نظر پیشرفت ژنتیکی برای کلیه صفات مورد بررسی بجز تعداد روز تا گلدهی، که شاخص سیزدهم برتری داشت، شبیه بهم عمل نمودند. اما با توجه به‌تعداد صفات مورد بررسی شاخص چهاردهم به‌دلیل تعداد کمتر صفات مورد ارزیابی و صرف وقت و هزینه کمتر مناسب تر تشخیص داده شد.

با توجه به‌نتایج بدست آمده، افزایش تعداد صفات مورد بررسی دلیلی بر افزایش و برتری معیارهای مقایسه و سودمندی نسبی نخواهد بود، این نکته به‌وضوح در مقایسه شاخص‌های سیزدهم و چهاردهم دیده شد. برای مقایسه شاخص ها در گیاهانی مانند برنج که در آن‌ها عملکرد مهم‌ترین صفت مورد مطالعه می باشد، همبستگی ژنتیکی معنی دار صفات با عملکرد دانه، مهم‌ترین جزء کارای یک شاخص و سپس وراثت پذیری بالای صفات وارد شده و عدم همبستگی و استقلال صفات وارد شده به‌شاخص می باشد.

جدول ٤- تشکیل شاخص‌های انتخاب بر پایه ارزش‌های اقتصادی برای صفات

صفات	وزنه‌های اقتصادی نسبی برای ١٤ شاخص گزینشی												
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤
روز تا گلدهی	١	١	١	-٠/٥٠	-٠/١٥٧	-٠/١٤٣	-٠/١٤٣	-٠/١٤٣	-١	٠/٨٩٢	-٠/١٤٣	-٠/١٥٧	-٠/١٤٣	-٠/١٤٣
طول برگ پرچم	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
عرض برگ پرچم	١	٠	١	٠/٢٥	٠	٠	٠/٣٨٣	٠/٣٨٣	٠/٥٠	٠	٠	٠	٠/٣٨٣	٠
ارتفاع بوته	١	١	١	٠/٥٠	-٠/١٠٥	-٠/٠٧١	-٠/٠٧١	-٠/٠٧١	١	٠/٩٥٨	-٠/٠٧١	-٠/١٠٥	٠	٠
روز تا رسیدگی	١	٠	١	-٠/٥٠	٠	٠	-٠/٢٩٢	-٠/٢٩٢	-٠/٥٠	٠	٠	٠	-٠/٢٩٢	٠
تعداد خوشه	١	٠	٠	٠/٢٥	٠	٠	٠/٦٦٧	٠	٠/٥٠	٠	٠	٠	٠/٦٦٧	٠
وزن دانه در بوته	١	١	١	١	٠	٠	١	١	١	١	٠	٠	١	١
زیست توده	١	١	١	٠/٥٠	٠/٨٦٨	٠/٠١٥	١/٠١٥	١/٠١٥	١	٠/٨١٩	١/٠١٥	٠/٨٦٨	١/٠١٥	١/٠١٥
طول خروج خوشه	١	١	١	٠/٥٠	٠/١٠١	٠/٠٥١	٠/٠٥١	٠/٠٥١	١	٠/٨٨١	٠/٠٥١	٠/١٠١	٠	٠
طول خوشه	١	٠	١	-٠/٢٥	٠	٠	-٠/٣٣٧	-٠/٣٣٧	-٠/٥٠	٠	٠	٠	-٠/٣٣٧	٠

جدول ۵- تخمین ضرایب همبستگی بین ارزش ژنوتیپی و شاخص‌ها و پیشرفت ژنتیکی برای هر صفت با شدت انتخاب ۱/۷۶ براساس شاخص بهینه

شاخص a	صفات														
	روز تا گلدهی	طول برگ پرچم	عرض برگ پرچم	ارتفاع بوته	روز تا رسیدگی	تعداد خوشه	وزن دانه در بوته	زیست توده	طول خروج خوشه	طول خوشه	r_{HI}	Δ	r_G	R_I	R_A	RE
۱	۲/۶۷۳	۲/۵۱۱	۰/۰۹۶	۱۲/۳۷۴	۰/۲۲۱	۴/۹۵۵	۱۹/۷۷۶	۴۲/۲۱۹	۰/۵۲۷	۰/۵۷۲	۰/۹۴۴	۸۲/۲۳۴	۰/۹۰۰	۱۹/۷۷۶	۱۷/۹۳۸	۱/۱۰۲
۲	۲/۰۷۲	۲/۱۴۱	۰/۰۹۸	۱۲/۵۴۵	-۰/۷۰۳	۴/۹۲۳	۲۰/۳۰۹	۴۳/۸۶۷	۰/۵۶۳	۰/۳۲۶	۰/۹۳۹	۷۹/۳۵۶	۰/۹۲۴	۲۰/۳۰۹	۱۷/۹۳۸	۱/۱۳۲
۳	۲/۹۸۰	۲/۶۵۱	۰/۰۹۶	۱۲/۷۶۴	۰/۳۴۹	۴/۷۱۸	۱۹/۳۴۲	۴۲/۸۸۴	۰/۵۹۶	۰/۸۶۳	۰/۹۴۲	۷۹/۸۷۳	۰/۸۸۰	۱۹/۳۴۲	۱۷/۹۳۸	۱/۰۷۸
۴	-۰/۹۴۱	۰/۵۸۸	۰/۰۹۶	۹/۶۶۳	-۲/۶۰۰	۵/۵۳۰	۲۲/۸۵۵	۴۳/۰۰۱	۰/۳۵۹	-۰/۴۴۱	۰/۹۵۹	۵۲/۰۰۵	۱/۰۴۰	۲۲/۸۵۵	۱۷/۹۳۸	۱/۲۷۴
۵	-۰/۰۲۹	۱/۲۲۲	۰/۱۰۴	۵/۴۳۳	-۱/۶۶۴	۵/۵۶۴	۲۳/۰۸۶	۴۴/۹۳۰	-۰/۱۳۶	-۰/۵۳۷	۰/۹۴۴	۶۱/۵۰۶	۱/۰۵۱	۲۳/۰۸۶	۱۷/۹۳۸	۱/۲۸۷
۶	۰/۰۹۵	۱/۳۴۸	۰/۱۰۴	۵/۹۰۸	-۱/۵۹۱	۵/۵۴۹	۲۲/۷۸۱	۴۵/۳۲۴	-۰/۱۷۱	-۰/۴۹۶	۰/۹۳۸	۶۸/۳۴۳	۱/۰۳۷	۲۲/۷۸۱	۱۷/۹۳۸	۱/۲۶۹
۷	-۰/۳۱۸	۱/۱۰۳	۰/۱۰۴	۵/۶۹۳	-۱/۹۱۳	۵/۶۹۴	۲۲/۸۶۸	۴۵/۰۴۰	-۰/۲۰۱	-۰/۷۱۲	۰/۹۴۱	۷۲/۸۵۲	۱/۰۴۱	۲۲/۸۶۸	۱۷/۹۳۸	۱/۲۷۵
۸	-۰/۲۲۴	۱/۲۵۳	۰/۱۰۵	۵/۷۲۲	-۱/۹۳۰	۵/۵۵۵	۲۲/۸۲۸	۴۵/۱۱۸	-۰/۱۸۴	-۰/۷۰۰	۰/۹۳۸	۶۹/۰۹۹	۱/۰۴۰	۲۲/۸۲۸	۱۷/۹۳۸	۱/۲۷۴
۹	-۰/۹۷۳	۰/۸۷۹	۰/۰۹۱	۱۱/۳۴۴	-۲/۶۴۹	۵/۴۳۳	۲۱/۳۸۷	۴۳/۴۵۵	۰/۳۷۰	-۰/۳۷۲	۰/۹۳۸	۸۱/۸۰۲	۱/۹۷۴	۲۱/۳۸۷	۱۷/۹۳۸	۱/۱۹۲
۱۰	۲/۰۳۹	۲/۰۴۰	۰/۰۹۸	۱۲/۷۸۴	-۰/۷۴۹	۴/۹۰۸	۲۰/۴۳۶	۴۳/۴۵۶	۰/۶۰۸	۰/۳۴۹	۰/۹۴۳	۷۰/۶۲۸	۰/۹۳۰	۲۰/۴۳۶	۱۷/۹۳۸	۱/۱۳۹
۱۱	۰/۵۳۱	۲/۱۹۹	۰/۰۹۹	۶/۹۸۸	-۱/۱۷۶	۵/۳۱۶	۱۹/۸۷۹	۴۶/۶۳۳	-۰/۴۰۳	-۰/۳۹۱	۰/۹۱۵	۴۶/۷۴۰	۰/۹۰۵	۱۹/۸۷۹	۱۷/۹۳۸	۱/۱۰۸
۱۲	۰/۴۱۶	۲/۱۶۶	۰/۰۹۹	۶/۴۸۴	-۱/۲۲۶	۵/۳۳۵	۱۹/۹۸۹	۴۶/۵۶۶	-۰/۳۹۱	-۰/۴۴۴	۰/۹۱۴	۳۹/۶۳۳	۰/۹۱۰	۱۹/۹۸۹	۱۷/۹۳۸	۱/۱۱۴
۱۳	-۰/۲۸۶	۱/۱۱۶	۰/۱۰۳	۶/۱۳۲	-۱/۹۱۱	۵/۶۹۱	۲۲/۸۰۴	۴۵/۱۳۸	-۰/۲۰۱	-۰/۶۷۸	۰/۹۴۰	۷۲/۲۸۲	۱/۰۳۸	۲۲/۸۰۴	۱۷/۹۳۸	۱/۲۷۱
۱۴	۰/۱۲۷	۱/۳۵۹	۰/۱۰۴	۶/۳۷۳	-۱/۵۹۰	۵/۵۴۵	۲۲/۷۰۸	۴۵/۴۱۶	-۰/۱۷۰	-۰/۴۶۱	۰/۹۳۸	۶۸/۷۸۸	۱/۰۳۴	۲۲/۷۰۸	۱۷/۹۳۸	۱/۲۶۶

جدول ٦- تخمین ضرایب همبستگی بین ارزش ژنوتیپی و شاخص‌ها و پیشرفت ژنتیکی برای هر صفت با شدت انتخاب ۱/۷٦ براساس شاخص پایه

شاخص a	صفات														
	روز تا گلدهی	طول برگ پرچم	عرض برگ پرچم	ارتفاع بوته	روز تا رسیدگی	تعداد خوشه	وزن دانه در بوته	زیست توده	طول خروج خوشه	طول خوشه	r_{HI}	Δ	r_G	R_I	R_A	RE
۱	۲/۴۲۴	۳/۱۵۴	۰/۰۸۸	۱۱/۸۲۳	۰/۱۸۵	۴/۵۶۵	۱۷/۱۹۸	۴۴/۵۵۳	۰/۶۰۳	۰/۳۹۰	۰/۹۱۲	۸۱/۸۲۹	۷۸۳	۱۷/۱۹۸	۱۷/۹۳۸	۰/۹۵۹
۲	۱/۸۷۶	۲/۴۴۸	۰/۰۸۷	۱۱/۸۳۱	-۰/۶۲۶	۴/۶۹۰	۱۸/۴۷۶	۴۴/۸۵۶	۰/۶۹۵	۰/۰۹۱	۰/۹۲۰	۷۷/۷۳۴	۰/۸۲۱	۱۸/۴۷۶	۱۷/۹۳۸	۱/۰۲۹
۳	۲/۶۸۹	۳/۰۹۲	۰/۰۸۷	۱۲/۱۳۲	۰/۳۰۹	۴/۴۱۶	۱۷/۲۹۵	۴۴/۱۰۴	۰/۶۸۱	۰/۵۶۱	۰/۹۱۸	۷۷/۸۵۸	۰/۷۸۷	۱۷/۲۹۵	۱۷/۹۳۸	۰/۹۶۴
۴	-۰/۹۰۳	۱/۸۲۱	۰/۰۸۵	۹/۶۶۴	-۲/۳۱۶	۴/۸۲۰	۱۹/۳۰۴	۴۴/۴۰۵	۰/۴۶۷	-۰/۸۵۵	۰/۹۰۵	۴۹/۰۴۲	۰/۸۷۹	۱۹/۳۰۴	۱۷/۹۳۸	۱/۰۷۶
۵	-۰/۰۲۱	۲/۱۷۳	۰/۰۹۳	۵/۷۵۳	-۱/۴۷۳	۴/۹۷۳	۱۹/۷۶۴	۴۵/۸۰۵	۰/۰۴۷	-۰/۸۱۸	۰/۹۰۴	۵۸/۹۲۷	۰/۸۹۹	۱۹/۷۶۴	۱۷/۹۳۸	۱/۱۰۲
۶	۰/۰۸۶	۲/۱۲۰	۰/۰۹۲	۶/۰۸۳	-۱/۳۹۸	۵/۰۴۴	۱۹/۷۸۹	۴۶/۰۰۸	۰/۰۳۴	-۰/۷۲۷	۰/۹۰۷	۶۶/۰۴۵	۰/۹۰۱	۱۹/۷۸۹	۱۷/۹۳۸	۱/۱۰۳
۷	-۰/۲۶۲	۱/۹۶۶	۰/۰۹۲	۵/۹۰۹	-۱/۶۹۰	۵/۱۴۸	۱۹/۷۰۷	۴۵/۸۲۳	۰/۰۰۶	-۰/۹۵۸	۰/۹۰۵	۷۰/۱۲۱	۰/۸۹۷	۱۹/۷۰۷	۱۷/۹۳۸	۱/۰۹۹
۸	-۰/۱۹۵	۱/۸۷۲	۰/۰۹۲	۵/۸۸۹	-۱/۶۹۹	۵/۰۹۵	۲۰/۰۲۶	۴۵/۸۲۷	۰/۰۳۶	-۰/۹۰۰	۰/۹۰۹	۶۶/۹۸۸	۰/۹۱۲	۲۰/۰۲۶	۱۷/۹۳۸	۱/۱۱۶
۹	-۰/۹۶۰	۱/۴۲۴	۰/۰۷۹	۱۰/۷۶۴	-۲/۳۰۶	۵/۰۶۹	۱۹/۱۹۲	۴۴/۲۷۷	۰/۵۵۱	-۰/۵۹۵	۰/۹۱۴	۷۹/۷۷۰	۰/۸۷۴	۱۹/۱۹۲	۱۷/۹۳۸	۱/۰۶۹
۱۰	۱/۸۵۸	۲/۴۹۷	۰/۰۸۸	۱۲/۱۵۴	-۰/۶۷۲	۴/۶۰۹	۱۸/۳۷۸	۴۴/۶۴۶	۰/۷۱۹	۰/۰۷۱	۰/۹۲۰	۶۸/۸۷۸	۰/۸۳۷	۱۸/۳۷۸	۱۷/۹۳۸	۱/۰۲۴
۱۱	۰/۴۱۵	۱/۵۵۷	۰/۰۸۴	۶/۳۲۶	-۰/۹۶۹	۵/۵۰۷	۱۹/۵۹۸	۴۵/۹۹۲	-۰/۰۱۱	-۰/۲۲۷	۰/۹۰۴	۴۶/۱۷۳	۰/۸۹۲	۱۹/۵۹۸	۱۷/۹۳۸	۱/۰۹۲
۱۲	۰/۳۱۳	۱/۵۲۷	۰/۰۸۴	۵/۹۰۲	-۱/۰۱۲	۵/۵۰۶	۱۹/۶۱۶	۴۵/۸۹۱	۰/۰۰۱	-۰/۲۷۸	۰/۹۰۳	۳۹/۱۶۵	۰/۸۹۳	۱۹/۶۱۶	۱۷/۹۳۸	۱/۰۹۳
۱۳	-۰/۲۳۷	۱/۹۵۵	۰/۰۹۲	۶/۲۸۵	-۱/۶۸۷	۵/۱۵۹	۱۹/۷۱۳	۴۵/۹۱۲	۰/۰۰۷	-۰/۹۱۹	۰/۹۰۶	۷۰/۶۲۶	۰/۸۹۷	۱۹/۷۱۳	۱۷/۹۳۸	۱/۰۹۹
۱۴	۰/۱۱۱	۲/۱۰۷	۰/۰۹۳	۶/۴۸۱	-۱/۳۹۷	۵/۰۵۵	۱۹/۷۹۰	۴۶/۰۹۳	۰/۰۳۵	-۰/۶۸۸	۰/۹۰۸	۶۶/۵۵۹	۰/۹۰۱	۱۹/۷۹۰	۱۷/۹۳۸	۱/۱۰۳

بنابراین در بین شاخص‌های معرفی شده، شاخص‌های چهارم، پنجم، ششم، سیزدهم و چهاردهم با توجه به‌هدف به‌نژادگر و اصلاح همزمان صفات مورد نظر، به‌عنوان بهترین شاخص ها در این جمعیت معرفی می‌گردند. بین شاخص‌های فوق، شاخص‌های پنجم، ششم و چهاردهم به‌دلیل ارزیابی تعداد صفات کمتر ترجیح داده می شوند. گراوسیس و مک نیو (۹)، ربیعی و همکاران (۱۴)، فضلعلی پور و همکاران (۱) نیز گزارش نمودند که از شاخص‌هایی که از ورود صفات ردیف اول مدل علی به شاخص، بدستِ می آیند می توان برای گزینش برترین بوته ها سود جست. بیسواس و همکاران (۳) در سورگوم، رانالی و همکاران (۱۵) در لوبیا و رابینسون و همکاران (۱۶) در ذرت از شاخص‌های گزینشی برای بهبود عملکرد و سایر صفات مهم اقتصادی در گیاهان مربوطه استفاده کرده اند. مقایسه شاخص‌های بهینه و پایه نشان داد که ضریب همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی و میزان پیشرفت ژنتیکی مجتمع صفات در شاخص‌های پایه کمتر از شاخص‌های بهینه است درحالی که میزان پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای صفات در هر دو شاخص نزدیک به‌هم بود. به‌طور کلی برای مقایسه شاخص ها نیاز به‌کاربرد عملی هر یک از آنها در جمعیت مورد ارزیابی دارد و معیارهای بدست آمده تنها مقادیر قابل انتظار را بدست می دهند.

منابع

۱- فضلعلی‌پور، م.، ب. ربیعی، ح. سمیع‌زاده، و ح. رحیم‌سروش. ۱۳۸۶. گزینش چند صفتی برای غربال ژنوتیپ‌های برتر یک جمعیت F_2 برنج. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۲: ۴۱-۵۲.

2- Baker, R. J. 1986. Selection indices in plant breeding. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 218 p.

3- Biswas, B. K., M. Hasanuzzaman, F. Eltaj, M. S. Alam and M. R. Amin. 2001. Simultaneous selection for fodder and grain yield in sorghum. J. Biological Sci. 1: 321-323.

4- Brim, C. A., H. W. Johnson and C. C. Cockerham. 1959. Multiple selection criteria in soybeans. Agron. J. 51: 42-46.

5- Dewy, D. R. and K. H. Lu. 1959. A correlation and path coefficient analysis of components crested wheat grass seed production. Agron. J. 51: 515-518.

6- Falconer, D. S. 1989. Introduction to quantitative genetics. (Third Edition). Longman Scientific and Technical, New York. 415 p.

7- Gaur, P. C., H. Kishore and P. K. Gupta. 1978. Studies on character association potatoes. J. Agric. Sci. 90: 215-219.

8- Gebre, M. H. and E. N. Lorter. 1996. Genetic response to index selection for grain yield, kernel weight and percent protein in four wheat crosses. Plant Breeding 115: 459-464.

9- Gravois, K. A. and R.W. McNew. 1993. Genetic relationship among and selection for rice yield and yield component. Crop Sci. 33: 249-252.

10- Hazel, L. N. 1943. The genetic basis for construction selection indexes. Genetics 28: 476-490.

11- Kato, T. 1997. Selection response for the characters related to yield sink capacity of rice. Crop Sci. 37: 1472-1475.

12- Padmavathi, N., M. Mahadevappa and O. U. K. Reddy. 1996. Association of various yield components in rice (*Oryza sativa* L.). Crop research Hisar 12 (3): 353-357.

13- Qiu, D. J., X. H. Xuan, J. C. Yang and J. C. Zhou. 1994. Effect of biological yield on economic yield of late single crop spherical (glutinous) rice. Acta Agriculture Shanghai 10 (3): 22-27.

14- Rabiei, B., M. Valizadeh, B. Ghareyazie and M. Moghadam. 2004. Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. Field Crops Research 89: 359-367.

15- Ranalli, P., G. Ruaro and P. Delre. 1991. Response to selection for seed yield in been (*Phaseolus vulgaris*). Euphytica 57: 117-123.

16- Robinson, H. F., R. E. Comstock and P. H. Harvey. 1951. Genotypic and phenotypic correlation and their implications in selection. Agron. J. 43: 282-287.

17- Sabouri, H., Rabiei, B., and Fazlalipour, M. 2008a. Use of Selection Indices Based on Multivariate Analysis for Improving Grain Yield in Rice. Rice Sci. 15:303-310.

18- Sabouri, H., A. Sabouri and A. R. Dadras. 2009c. Genetic Dissection of Biomass Production and Partitioning with Grain Yield and Yield Traits in indica-indica Crosses of Rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Aust. J. of crop sci. 3:155-166.

19- Samonte, S. O. P. B., L. T. Wilson and A. M. McClung. 1998. Path analysis of yield and yield–related traits of fifteen diverse rice genotypes. Crop Sci. 38: 1130-1136.

20- SAS Inistitue.1994. SAS/STAT user's guide. Version 6. 4th ed. SAS Inst., Cary, NC. USA.

21- Smith, H. F. 1936. A discriminant function for plant selection. Ann. Eugen. 7: 240-250.

22- Surek, H. and N. Beser. 2003. Correlation and path coefficient analysis for yield-related traits in rice (*Oryza sativa* L.) under Thrace conditions. Turk. J. Agric. 27: 77-83.
23- Surek. H., K. Z. Korkut and O. Bilgin. 1998. Correlation and path analysis for yield and yield components in rice a 8 parent diallel set of crosses. Oryza 35 (1): 15-18.
24- Suwantaradon, K., S. A. Eberhart, J. J. Mock, J. C. Owens and W. D. Guthrie. 1975. Index selection for several agronomic traits in the BSSS2 maize population. Crop Sci. 15: 827-833.
25- Standard Evaluation System for Rice (SES). 1996. International Rice Research Institute. Manila, Philippines. 52 p.
26- Takedda, K. and K. Saito. 1983. Heritability and genetic correlation of kernel weight and white belly frequency in rice. Jpn. Jour. Breed. 33: 468-480.
27- Williams, J. S. 1962. Some statistical properties of a genetic selection index. Biometrika 49: 325-337.
28- Williams, J. S. 1962. The evaluation of a selection index. Biometrics 18: 375-393.