

برآورد شاخص انتخاب برای صفات وارسته‌های مختلف برنج

مریم حسینی*، محسن قدسی*، رحیم هنرنژاد** و شهریار بابازاده***

چکیده

تعداد ۳۶ وارسته مختلف برنج از نظر صفات اقتصادی با یکدیگر مقایسه و شاخص انتخاب برای گزینش بهترین ژنوتیپ تعیین شد. همبستگی ژنوتیپی عملکرد دانه با صفات تعداد پنجه بارور، شاخص برداشت، طول دانه، نسبت طول به عرض دانه، مقدار آمیلوز، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و طول دوره رشد مثبت و معنی‌دار بود. ضریب تعیین در تجزیه رگرسیون مرحله‌ای متغیر وابسته (عملکرد دانه) در مقابل متغیرهای مستقل (نظیر تعداد پنجه بارور، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و شاخص برداشت) ۵۳ درصد بود. نتایج تجزیه علیت نشان داد که اثر مستقیم صفات تعداد پنجه بارور در بوته (۰/۵۴۱) و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۰/۲۹۴) و شاخص برداشت (۰/۲۵۹) بر عملکرد بیشترین مقدار بود. با توجه به زیاد بودن اثر مستقیم این صفات بر عملکرد، از آنها می‌توان به‌عنوان معیاری برای محاسبه شاخص انتخاب استفاده نمود. پس از محاسبه شاخص انتخاب، تعداد چهار وارسته به‌عنوان بهترین ژنوتیپ گزینش شدند.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد؛ برنج؛ تجزیه ضرایب مسیر؛ شاخص انتخاب؛ عملکرد

* - کارشناس ارشد مؤسسه تحقیقات برنج کشور، گیلان - ایران

** - استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، گیلان - ایران

*** - کارشناس مؤسسه تحقیقات برنج کشور، گیلان - ایران

همبستگی‌های فنوتیپی و ژنتیکی بین صفات مختلف، یک روش مؤثر انتخاب است (۵، ۷، ۱۳ و ۱۴). بنابر تعریف، شاخص انتخاب عبارت از بهترین برآوردکننده خطی از ارزش اصلاحی یک فرد، رقم یا لاین مورد انتخاب است که به صورت یک معادله رگرسیون چندمتغیره بین ارزش اصلاحی (متغیر تابع) و سایر اطلاعات (متغیرهای ثابت) نوشته می‌شود (۱، ۱۷ و ۲۲). برآورد پاسخ انتخاب برای مقایسه روشهای مختلف به‌نژادی و تصمیم‌گیری برای تعیین خط مشی اصلاحی نیاز می‌باشد. پاسخ انتخاب (R) برابر با تفاوت میانگین ارزش‌های فنوتیپی نتاج حاصل از یک گروه والد (لاین) مورد انتخاب با میانگین جامعه پایه قبل از انتخاب است. در آزمایش حاضر هدف استفاده از شاخص انتخاب اقتصادی برای مقایسه می‌باشد. در این روش از ارزش اقتصادی برای صفات مؤثر در افزایش عملکرد بر مبنای تجزیه علیت و وارث‌پذیری خصوصی صفات استفاده شده است.

مواد و روشها

در این طرح تحقیقاتی ۳۶ ژنوتیپ برنج (شامل هشت والد و ۲۸ هیبرید) در یک طرح بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار کشت شد. برای انتخاب بهترین لاین‌ها به کمک شاخص انتخاب، علاوه بر صفت عملکرد، از صفات حاصل از نتایج تجزیه علیت (از طریق جدول همبستگی و رگرسیون مرحله‌ای) نیز استفاده شد. صفاتی که در تجزیه علیت اثر آنها بر عملکرد و اجزای آن زیاد بود، از اثر مستقیم آنها در برآورد

واریته‌های اصلاح شده برنج حاصل انتخاب برای چندین صفت هستند. ارزش اقتصادی یک واریته به میزان عملکرد صفات مختلف آن بستگی دارد. لذا نحوه انتخاب برای چند صفت به منظور حصول حداکثر ارزش اقتصادی مهم بوده و چندین روش مختلف پیشنهاد شده است. در روش انتخاب متوالی^۱ برای یک صفت به طور مداوم در چند نسل انتخاب انجام می‌شود (۷). یک اشکال مهم در این روش این است که طی انتخاب برای یک صفت، افراد دارای ظرفیت مطلوب برای سایر صفات حذف می‌شوند. در روش انتخاب بر مبنای سطوح مستقل حذف^۲، برای هر صفت یک حداقل معین در نظر گرفته می‌شود و تمام افراد یا گیاهان فاقد عملکرد در سطح مطلوب بدون توجه به سایر صفات حذف می‌شوند (۹). در این روش برای چند صفت به طور همزمان انتخاب انجام می‌شود (۱۲). اگر بین دو صفت همبستگی ژنتیکی وجود داشته باشد، انتخاب برای یک صفت منجر به تغییراتی در صفت دیگر می‌شود و اصطلاحاً آن را پاسخ انتخاب وابسته^۳ می‌نامند (۸). انتخاب بر مبنای اجزای عملکرد یا شاخص انتخاب مبتنی بر ضرایب همبستگی بین صفات مرفولوژیکی با یکدیگر و با عملکرد دانه است (۱۱). به طور کلی انتخاب همزمان برای صفات مختلف و با در نظر گرفتن ضرایب اقتصادی، وراثت‌پذیری و همچنین

1 - Tandem Selection

2 - Independent culling levels

3 - Correlated Response

کوواریانس‌های محیطی کم و قابل اغماض می‌باشد. همبستگی ژنوتیپی عملکرد دانه با صفاتی مانند تعداد پنجه بارور (۰/۷۲۰)، شاخص برداشت (۰/۵۸۹)، طول دانه (۰/۵۳۹)، نسبت طول به عرض دانه (۰/۴۷۴) و مقدار آمیلوز (۰/۵۰۱) در سطح احتمال یک درصد و با تعداد روز از نشاکاری تا ظهور ۵۰ درصد گل (۰/۳۲۸) و طول دوره رشد (۰/۳۴۳) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). همبستگی فنوتیپی عملکرد دانه نیز با صفات تعداد پنجه بارور (۰/۶۴۱۰)، شاخص برداشت (۰/۵۶۳)، طول دانه (۰/۵۱۲) و مقدار آمیلوز (۰/۴۹۲) در سطح احتمال یک درصد و با نسبت طول به عرض دانه (۰/۴۲۴) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. تعداد پنجه دارای همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی مثبت و معنی‌دار با شاخص برداشت (۰/۵۲۰ و ۰/۶۱۲)، طول دانه (۰/۵۴۶) و (۰/۵۸۹) و مقدار آمیلوز (۰/۵۰۱) در سطح احتمال یک درصد و با نسبت طول به عرض دانه (۰/۳۵۴) و (۰/۴۱۴) در سطح احتمال پنج درصد است. شاخص برداشت دارای همبستگی ژنوتیپی مثبت و معنی‌دار با طول دانه (۰/۴۶۳) و مقدار آمیلوز (۰/۴۳۶) در سطح احتمال یک درصد و دانه (۰/۴۰۶) در سطح احتمال پنج درصد است و همبستگی فنوتیپی آن با طول دانه (۰/۴۱۰) و مقدار آمیلوز (۰/۴۱۵) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. طول دانه دارای همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی مثبت و معنی‌دار با نسبت طول به عرض دانه (۰/۶۰۱ و ۰/۶۷۷) و مقدار آمیلوز (۰/۵۱۷ و ۰/۵۴۴) و درجه حرارت ژلاتینی (۰/۴۷۱ و ۰/۵۰۱) در سطح احتمال یک درصد و

شاخص انتخاب استفاده شد. صفات مزبور شامل عملکرد (تن در هکتار)، تعداد پنجه بارور، شاخص برداشت، طول دانه، عرض دانه، نسبت طول به عرض دانه، تعداد روز از نشاکاری تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز از نشاکاری تا رسیدن کامل دانه، طول دوره رشد، مقدار آمیلوز و درجه حرارت ژلاتینی شدن می‌باشند. پس از تجزیه واریانس صفات مورد بررسی، ضرایب همبستگی ژنوتیپی بین صفات با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات محاسبه و بهترین مدل رگرسیونی انتخاب شد. عملکرد دانه در هکتار به‌عنوان متغیر وابسته و صفات دیگر به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد و از روش رگرسیون مرحله‌ای برای تعیین مدل نهایی استفاده و سپس شاخص انتخاب محاسبه شد. در محاسبه شاخص انتخاب از ارزش اقتصادی معادل (۱) برای صفات مؤثر در عملکرد (بر مبنای تجزیه علیت) و وارث‌پذیری خصوصی صفات استفاده شد. پاسخ انتخاب صفات نیز محاسبه شد. محاسبات با استفاده از نرم‌افزارهای SAS، SPSS، Matlab و Mstac انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات زراعی مورد اندازه‌گیری نشان می‌دهد که میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱). به‌عبارتی تفاوت میانگین صفات مورد ارزیابی در ژنوتیپ‌های مختلف معنی‌دار است. ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی از نظر مقدار بسیار به یکدیگر نزدیک هستند که نشان می‌دهد سهم واریانس و

مدل رگرسیونی برای صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی نیز تعداد روز از نشاکاری تا ۵۰ درصد گلدهی به‌عنوان متغیرهای وابسته و تابعی از صفات طول دوره رشد و طول دانه بوده و این متغیرها ۶۴ درصد از تغییرات متغیر وابسته را توجیه می‌نمایند (جدول ۵).

تجزیه علیت باتوجه به نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون

تجزیه علیت روی عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل و با استفاده از روش دی و لو (۸) برای تفکیک همبستگی‌های فنوتیپی و ژنوتیپی به اثرهای مستقیم و غیرمستقیم انجام شد (جدول ۶). بیشترین اثر مستقیم به‌ترتیب مربوط به تعداد پنجه بارور در بوته (۰/۴۵۵)، تعداد روز تا ۵۰ درصد گل (۰/۳۰۱) و شاخص برداشت (۰/۳۲۷) می‌باشد. تجزیه علیت براساس ضرایب همبستگی ژنوتیپی نیز نشان می‌دهد که تعداد پنجه بارور در بوته دارای اثر مستقیم مثبت (۰/۵۴۱) و نیز اثر غیرمستقیم مثبت و بسیار ناچیز از طریق تعداد روز تا ۵۰ درصد گل (۰/۰۱۹) و اثر غیرمستقیم و مثبت (۰/۱۵۸) از طریق شاخص برداشت می‌باشد.

باتوجه به زیاد بودن اثر مستقیم و غیرمستقیم صفت تعداد پنجه بارور در بوته بر عملکرد از آن می‌توان به‌عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد زیاد استفاده نمود. صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گل نیز دارای اثر مستقیم (۰/۲۹۴) و اثر غیرمستقیم مثبت و بسیار کم از طریق تعداد پنجه بارور (۰/۰۳۵) و اثر غیرمستقیم

تعداد روز از نشاکاری تا رسیدن کامل دانه (۰/۳۵۰ و ۰/۳۶۵) در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. تعداد روز از نشاکاری تا ظهور ۵۰ درصد گل دارای همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی مثبت و معنی‌دار با تعداد روز از نشاکاری تا رسیدن کامل دانه (۰/۸۱۱ و ۰/۸۲۶) و طول دوره رشد (۰/۷۵۳ و ۰/۹۹۸) در سطح احتمال یک درصد است که بیشترین میزان همبستگی می‌باشد. همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی مقدار آمیلوز با درجه حرارت ژلاتینی (۰/۵۷۲ و ۰/۵۸۶) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

برازش بهترین مدل رگرسیون چندمتغیره

برازش بهترین مدل رگرسیونی برای تعیین مهمترین متغیرهای مستقل (X) که بیشترین اثر را بر متغیر وابسته (Y) دارند و نیز حذف متغیرهای دارای اثر کم بر متغیر تابع انجام می‌شود. در این تحقیق عملکرد دانه در هکتار به‌عنوان متغیر وابسته (Y) و سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل (X_i) در نظر گرفته شد و از روش رگرسیون مرحله‌ای^۱ برای تعیین مدل نهایی استفاده شد که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است. ضریب تبیین متغیر عملکرد دانه (Y) در مقابل متغیرهای مستقل (نظیر تعداد پنجه بارور، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و شاخص برداشت) ۵۳ درصد بود (جدول ۳). این نشان می‌دهد که ۵۳ درصد از تغییرات متغیر وابسته تابع متغیرهای مستقل موجود در مدل است. همچنین تعداد پنجه بارور به‌عنوان متغیر وابسته تابعی از صفات طول دانه و نسبت طول به عرض دانه بوده و ضریب تبیین آن ۳۶ درصد است (جدول ۴).

1 - Stepwise

جدول ۱ - میانگین مربعات صفات مورد بررسی در جدول تجزیه واریانس

طول نسبت	عرض دانه	مقدار آمیلوز	درجه حرارت	عرض دانه	طول شاخص	طول دوره رشد	زمان نشا	ارتفاع بوته	تعداد پنجه بارور	عملکرد	درجات آزادی	منابع تغییرات
۰/۱۵۵ ^{ns}	۰/۰۰۵۰ ^{ns}	۰/۱۹۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۵۰ ^{ns}	۰/۰۴۸ ^{ns}	۸/۵۶	۵/۱۸ ^{ns}	۷/۷ ^{ns}	۸ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۰۴۲ ^{ns}	۲	تکرار
۰/۴۰۰ ^{***}	۳/۸۳۲ ^{***}	۱۰/۸۰ ^{**}	۰/۰۹۰ ^{**}	۰/۰۷۰ ^{**}	۳۸۷۶ ^{**}	۱۶/۶۱ ^{**}	۹۳/۴۳ ^{**}	۴۰۰/۴۱ ^{**}	۱۰/۴۱ ^{**}	۴/۵۳ ^{**}	۳۵	زنوتیپ
۰/۰۲۰۶	۰/۰۲۴	۳۶/۰	۰/۰۰۶۳	۰/۰۲۰	۴/۱/۳	۱۷۸/۰	۸۶۷/۰	۶۵۶/۱	۰/۷/۰	۰/۰۴۶	۷۰	خطا

^{ns}: تفاوت میانگین‌ها معنی‌دار نیست.

^{**}: تفاوت میانگین‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

جدول 2 - جدول همبستگی ژنوتیپی (TG) و فنوتیپی (FP) صفات مورد بررسی

عملکرد	تعداد	شاخص	طول	عرض	طول به	روز تا 50	روز تا	طول	مقدار	درجه حرارت	
عملکرد	تعداد	شاخص	طول	عرض	طول به	روز تا 50	روز تا	طول	مقدار	ژلاتینی	
عملکرد	1	0/720**	0/589**	0/539**	-0/097	0/474**	0/328*	0/281	0/343**	0/501**	0/265
تعداد پنجه بارور	1	0/6141**	0/612**	0/589**	0/087	0/414*	0/066	0/206	0/051	0/612**	0/435**
شاخص برداشت	0/513**	0/52**	1	0/463**	0/406*	0/144	-0/007	-0/023	0/009	0/433**	0/277
طول دانه	0/512**	0/566**	0/410*	1	-0/045	0/677**	0/102	0/365*	0/218	0/544**	0/501**
عرض دانه	-0/088	0/096	0/321	0/001	1	-0/724**	-0/466**	-0/577**	-0/211	0/125	-0/006
طول به عرض دانه	0/424*	0/354*	0/123	0/601**	-0/704**	1	0/356*	0/591**	0/198	0/357	0/515
روز تا 50 درصد گلدهی	0/323	0/050	-0/004	0/097	-0/405**	0/254	1	0/826**	0/970**	0/045	-0/112
روز تا رسیدن کامل	0/277	0/180	-0/022	0/350*	-0/499**	0/527**	0/811**	1	0/998**	0/028	0/078
طول دوره رشد	0/220	-0/009	0/009	0/181	-0/139	0/146	0/753**	0/746**	1	-0/116	-0/226
مقدار آمیلوز	0/492**	0/536**	0/415**	0/517**	0/107	0/315	0/047	0/033	-0/085	1	0/586**
درجه حرارت ژلاتینی	0/259	0/376*	0/265	0/471**	0/003	0/446	-0/110	0/076	-0/123	0/572**	1

*: همبستگی صفات در سطح احتمال پنج درصد معنی دار است.
 **: همبستگی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی دار است.
 1 - ارقام بالای محور قطری مربوط به همبستگی ژنوتیپی (TG) و ارقام زیر محور قطری مربوط به همبستگی فنوتیپی (FP) می باشند.

جدول ۳ - برآزش مدل رگرسیونی چندمتغیره برای عملکرد

خطای معیار	ضریب تبیین تجمعی	ضرایب رگرسیون برای صفات			عرض از مبدأ	مرحله صفات مستقل
		شاخص برداشت	روز از نشا تا ظهور ۵۰ درصد گل	تعداد پنجه بارور		
۰/۹۵	۰/۳۹۴	-	-	۰/۴۲۱**	-۰/۲۴۷	۱ تعداد پنجه بارور
۰/۸۹	۰/۴۶۵	-	۰/۰۷۴**	۰/۴۱۱**	-۵/۷۲۴	۲ روز از نشا تا ظهور ۵۰ درصد گل
۰/۸۴	۰/۵۳۴	۰/۰۳۴**	۰/۰۷۶**	۰/۲۹۹**	-۵/۹۱۳	۳ شاخص برداشت

** تفاوت میانگین‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است.

جدول ۴ - برآزش مدل رگرسیونی چندمتغیره برای تعداد پنجه بارور

خطای معیار	ضریب تبیین تجمعی	ضرایب رگرسیون برای صفات		عرض از مبدأ	مرحله صفات مستقل
		طول دانه	نسبت طول به عرض دانه		
۱/۷۷	۰/۲۳۲	-	۱/۸۴۱**	۸۷۱۳	۱ طول دانه
۱/۵۴	۰/۳۵۵۷	۷/۴۹۹**	۴/۲۹۹**	-۱۵/۷۳۴	۲ نسبت طول به عرض دانه

** تفاوت میانگین‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است.

جدول ۵ - برآزش مدل رگرسیونی چندمتغیره برای تعداد روز از نشاکاری تا ظهور ۵۰ درصد گل

خطای معیار	ضریب تبیین تجمعی	ضرایب رگرسیون برای صفات		عرض از مبدأ	مرحله صفات مستقل
		طول دانه	طول دوره رشد		
۳/۲۲	۰/۵۵۵	-	۰/۴۲۲**	۲۵/۳۰۱	۱ طول دوره رشد
۲/۹۰	۰/۶۳۹	-۸/۸۲۵**	۰/۳۹۳**	۴۶/۵۹	۲ طول دانه

** تفاوت میانگین‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است.

متغیر ثابت نشان می‌دهد که طول دانه دارای بیشترین و نسبت طول به عرض دانه دارای کمترین اثر مستقیم بر تعداد پنجه بارور می‌باشد (جدول ۷). طول دانه دارای اثر مستقیم مثبت فنوتیپی و ژنوتیپی (۰/۵۲۱ و ۰/۵۶۹) و اثر غیرمستقیم فنوتیپی و ژنوتیپی مثبت از طریق نسبت طول به عرض دانه (۰/۰۲۴ و ۰/۰۱۹) بر تعداد پنجه بارور است. ولی نسبت طول به عرض دانه دارای اثر مستقیم مثبت و کم فنوتیپی و ژنوتیپی (۰/۰۴۰ و ۰/۰۲۸) و اثر غیرمستقیم مثبت و قابل توجه فنوتیپی و ژنوتیپی از طریق طول دانه (۰/۳۵۴ و ۰/۳۸۵) بر تعداد پنجه بارور است. این نتایج توسط سایر محققین نیز تأیید شده است (۱۶، ۲۰ و ۲۲).

کم و منفی از طریق شاخص برداشت (۰/۰۰۲-) می‌باشد. از این صفت نیز با توجه به اثر مستقیم متوسط بر عملکرد می‌توان به‌عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد زیاد استفاده نمود. اثر مستقیم صفت شاخص برداشت معادل (۰/۲۵۹) و اثر غیرمستقیم و منفی کم از طریق صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گل (۰/۰۰۳-) و نیز اثر غیرمستقیم مثبت و قابل توجه از طریق تعداد پنجه بارور (۰/۳۳۱) بر عملکرد می‌باشد و در نتیجه از آن می‌توان به‌عنوان معیاری برای انتخاب استفاده نمود. نتایج تجزیه علیت براساس ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی در مورد تعداد پنجه بارور به‌عنوان متغیر وابسته و صفات نسبت طول به عرض دانه و طول دانه به‌عنوان

جدول ۶ - اثر مستقیم و غیرمستقیم اجزای عملکرد براساس ضریب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی

عملکرد	شاخص برداشت	روز از نشا تا ظهور	تعداد پنجه	خصوصیات
		۵۰ درصد گل	در بوته	
$r_p = 0.741^{**}$	۰/۰۱۷	۰/۰۱۵	۰/۴۵۵	تعداد پنجه در بوته (فنوتیپی)
$r_G = 0.720^{**}$	۰/۱۵۸	۰/۰۱۹	۰/۵۴۱	تعداد پنجه در بوته (ژنوتیپی)
$r_p = 0.322^{ns}$	-۰/۰۰۲	۰/۳۰۱	۰/۰۲۲	روز از نشا تا ظهور ۵۰ درصد گل (فنوتیپی)
$r_G = 0.328^*$	-۰/۰۰۲	۰/۲۹۴	۰/۰۳۵	روز از نشا تا ظهور ۵۰ درصد گل (ژنوتیپی)
$r_p = 0.563^{**}$	۰/۳۲۷	-۰/۰۰۲	۰/۲۳۷	شاخص برداشت (فنوتیپی)
$r_G = 0.589^{**}$	۰/۲۵۹	-۰/۰۰۳	۰/۳۳۱	شاخص برداشت (ژنوتیپی)

*: تفاوت میانگین‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار است.

** : تفاوت میانگین‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است.

^{ns}: تفاوت میانگین‌ها معنی‌دار نیست.

محاسبه شاخص انتخاب

برای انتخاب بهترین لاین‌ها به کمک شاخص انتخاب، علاوه بر صفت عملکرد، از صفات انتخاب شده در تجزیه علیت (از طریق جدول همبستگی و رگرسیون مرحله‌ای) نیز استفاده شد. به این ترتیب از صفاتی که در تجزیه علیت اثر مستقیم آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد زیاد بود برای برآورد شاخص انتخاب استفاده شد.

تأثیر صفت نسبت طول به عرض دانه بر تعداد پنجه به صورت غیرمستقیم است. از طرفی همبستگی طول دانه با عملکرد نیز مثبت و معنی‌دار است. بنابراین می‌توان از صفت طول دانه به عنوان معیاری برای افزایش تعداد پنجه بارور و همچنین افزایش عملکرد برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد زیاد استفاده نمود. این نتایج با گزارش سایر محققین تطابق دارد (۱۰، ۲۱ و ۲۳).

جدول ۷ - اثر مستقیم و غیرمستقیم نسبت طول به عرض دانه و طول دانه به تعداد پنجه در خوشه

تعداد پنجه	طول دانه	نسبت طول به عرض دانه	خصوصیات
$r_p = 0.354^*$	0.313	0.040	نسبت طول به عرض دانه (فنوتیپی)
$r_G = 0.414^*$	0.385	0.028	نسبت طول به عرض دانه (ژنوتیپی)
$r_p = 0.546^{**}$	0.521	0.024	طول دانه (فنوتیپی)
$r_G = 0.589^{**}$	0.569	0.019	طول دانه (ژنوتیپی)

^{ns}: تفاوت میانگین‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار نیست.

*: تفاوت میانگین‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار است.

** : تفاوت میانگین‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است.

شده است. شاخص انتخاب محاسبه شده برای هر ژنوتیپ در جدول (۹) ارائه شده است. در هر دو مدل برتری نسبی واریته‌های شماره یک، ۲۸، شش و ۱۲ به سایر واریته‌ها بیشتر است و این ژنوتیپ‌ها دارای بیشترین میانگین و عملکرد برای صفات می‌باشند (جداول ۸ و ۹). این امر مناسب بودن شاخص انتخاب و صفات مورد استفاده در آن را تأیید می‌نماید.

این صفات شامل تعداد پنجه بارور در بوته، تعداد روز از نشاکاری تا ظهور ۵۰ درصد گل، شاخص برداشت، طول دانه و طول دوره رشد بود. برای تعیین شاخص انتخاب در یک نوبت برای کلیه صفات ضریب یک داده شد و در نوبت دیگر از وراثت‌پذیری خصوصی آنها استفاده شد. میانگین صفات و ارزش اقتصادی آنها به همراه ضریب شاخص محاسبه شده در جدول (۸) ارائه

جدول ۸ - میانگین صفات، ارزش اقتصادی و شاخص انتخاب (b_1 و b_2) محاسبه شده برای آنها

طول دوره رشد (روز)	طول دانه	شاخص برداشت	روز از نشا تا ۵۰ درصد گل	تعداد پنجه بارور	عملکرد دانه	صفات وارثه‌ها
۱۲۹/۳	۷/۶	۷۴/۳۷	۸۲/۰	۱۸۷	۷/۹۶	۱
۱۲۳/۰	۷/۶	۵۹/۸۳	۷۶/۰	۱۶۰	۸/۲۳	۲
۱۲۳/۰	۷/۶	۴۰/۸۷	۷۶/۰	۱۶۰	۵/۰۳	۳
۱۱۹/۰	۷/۶	۵۷/۰۸	۷۴/۰	۱۶۰	۸/۲۳	۴
۱۱۵/۰	۷/۶	۴۳/۴۷	۷۲/۳	۱۶۷	۵/۷۹	۵
۱۲۴/۷	۷/۷	۵۱/۰۰	۸۲/۰	۱۸۷	۷/۹۲	۶
۱۲۳/۷	۷/۳	۴۸/۱۰	۷۵/۰	۱۷۰	۵/۰۶	۷
۱۲۱/۳	۷/۸	۶۳/۱۷	۷۵/۳	۱۶۷	۶/۸۹	۸
۱۳۰/۳	۸/۳	۵۰/۴۰	۸۰/۷	۱۷/۷	۸/۸۰	۹
۱۲۳/۳	۶/۶	۵۲/۶۷	۸۲/۰	۱۳/۰	۵/۹۲	۱۰
۱۲۴/۷	۷/۱	۴۳/۳۷	۷۸/۳	۱۴/۳	۶/۳۵	۱۱
۱۱۷/۰	۸/۰	۶۹/۹۳	۷۴/۰	۱۸۷	۷/۶۲	۱۲
۱۲۵/۰	۶/۹	۳۱/۲۰	۸۴/۰	۱۳/۷	۵/۴۴	۱۳
۱۱۹/۰	۶/۷	۴۸/۱۷	۷۵/۰	۱۲/۷	۴/۱۵	۱۴
۱۲۰/۷	۸/۰	۵۹/۶۰	۷۶/۷	۱۳/۳	۶/۴۴	۱۵
۱۲۴/۰	۶/۹	۴۶/۰۹	۸۳/۰	۱۵/۰	۶/۷۴	۱۶
۱۲۸/۰	۷/۳	۴۴/۵۷	۸۲/۳	۱۵/۷	۶/۰۸	۱۷
۱۲۴/۳	۷/۳	۴۳/۶۳	۷۷/۰	۱۵/۰	۶/۸۷	۱۸
۱۲۶/۰	۷/۱	۳۵/۵۳	۸۲/۳	۱۴/۷	۶/۷۲	۱۹
۱۲۳/۷	۷/۵	۳۱/۲۲	۷۴/۰	۱۴/۰	۳/۹۷	۲۰
۱۲۴/۰	۸/۰	۵۳/۶۵	۷۵/۳	۱۳/۰	۴/۹۹	۲۱
۱۲۰/۳	۸/۱	۵۵/۸۰	۷۷/۰	۱۶/۰	۶/۵۳	۲۲
۱۱۷/۰	۸/۱	۶۱/۶۳	۷۱/۰	۱۶/۳	۷/۳۳	۲۳
۱۲۸/۳	۷/۷	۵۰/۶۷	۸۱/۰	۱۵/۰	۶/۱۵	۲۴
۱۲۳/۷	۷/۶	۶۲/۴۷	۷۶/۰	۱۶/۰	۷/۰۰	۲۵
۱۲۴/۷	۷/۰	۳۲/۳۳	۷۶/۰	۱۶/۰	۵/۵۱	۲۶
۸۳/۷	۷/۵	۴۷/۲۱	۶۸/۳	۱۷/۰	۵/۸۰	۲۷
۱۲۱/۷	۷/۳	۷۱/۲۰	۷۷/۷	۱۶/۳	۷/۱۱	۲۸
۱۱۶/۷	۷/۴	۴۷/۴۵	۷۳/۳	۱۵/۰	۵/۰۱	۲۹
۱۲۱/۷	۷/۰	۶۸/۳۹	۷۴/۷	۱۵/۷	۵/۰۵	۳۰
۱۰۱/۷	۶/۶	۵۹/۰۳	۶۴/۰	۱۶/۳	۶/۳۱	۳۱
۱۲۵/۳	۷/۲	۴۴/۶۹	۷۵/۰	۱۵/۳	۵/۷۴	۳۲
۱۳۱/۰	۷/۱	۴۳/۳۷	۸۲/۰	۱۲/۳	۵/۹۴	۳۳
۱۱۲/۷	۶/۴	۴۲/۰۳	۷۱/۷	۱۲/۳	۴/۵۷	۳۴
۱۱۴/۷	۷/۲	۳۴/۲۰	۶۶/۰	۱۳/۷	۴/۸۵	۳۵
۱۱۰/۳	۶/۵	۳۲/۹۳	۷۰/۰	۱۱/۰	۴/۶۱	۳۶
۱	۱	۱	۱	۱	۱	ارزش اقتصادی (a_1)
۰/۲۲۳۰	-۸/۰۳۷۵	۰/۸۷۹۶	۱/۹۴۴۴	۱/۷۱۴۵	۳/۰۰۱۴	ضریب شاخص (b_1)
۰/۲۳	۰/۶۱	۰/۳۷	۰/۶۱	۰/۵۱	۰/۳۴	ارزش اقتصادی (a_2)
۰/۱۰۳۰	-۳/۱۱۹۶	۰/۳۲۰۸	۰/۷۲۹۳	۰/۷۸۶۱	۱/۱۷۸۱	ضریب شاخص (b_2)

a_1 = ارزش اقتصادی با ضریب یکسان ، a_2 = ارزش اقتصادی براساس وراثت‌پذیری خصوصی
 b_1 و b_2 = ضرایب رگرسیون محاسبه شده

برآورد شاخص انتخاب برای صفات وارسته‌های مختلف برنج

جدول ۹ - شاخص انتخاب برآورد شده به همراه رتبه وارسته‌های مورد بررسی

شاخص					شاخص				
رتبه	انتخاب	رتبه	انتخاب	وارسته‌ها	رتبه	انتخاب	رتبه	انتخاب	وارسته‌ها
	(I _۲)		(I _۲)		(I _۲)	(I _۱)		(I _۱)	
۱۶	۸۰/۸۱	۱۶	۲۰۷/۹۳	۱۹	۱	۹۷/۳۲	۱	۲۴۸/۵۲	۱
۳۴	۶۹/۰۹	۳۴	۱۷۴/۸۱	۲۰	۸	۸۵/۸۸	۸	۲۱۸/۹۶	۲
۲۶	۷۶/۰۵	۲۶	۱۹۴/۲۸	۲۱	۲۷	۷۵/۹۹	۲۸	۱۹۲/۶۰	۳
۱۷	۸۱/۳۵	۱۷	۲۰۷/۳۲	۲۲	۱۴	۸۳/۰۹	۱۴	۲۱۱/۶۸	۴
۲۱	۷۹/۸۹	۲۱	۲۰۳/۴۹	۲۳	۳۱	۷۴/۷۵	۳۱	۱۸۹/۴۰	۵
۱۳	۸۳/۴۶	۱۳	۲۱۲/۷۳	۲۴	۳	۸۹/۰۸	۳	۲۲۶/۲۴	۶
۹	۸۵/۳۱	۱۰	۲۱۷/۶۶	۲۵	۲۳	۷۹/۳۲	۲۳	۲۰۱/۱۴	۷
۲۸	۷۵/۹۹	۲۹	۱۹۲/۰۷	۲۶	۱۱	۸۴/۵۸	۱۱	۲۱۵/۶۶	۸
۳۳	۷۰/۳۰	۳۳	۱۷۹/۰۸	۲۷	۵	۸۶/۶۹	۶	۲۲۰/۰۱	۹
۲	۹۰/۵۴	۲	۲۳۱/۶۹	۲۸	۷	۸۵/۹۰	۵	۲۲۰/۰۶	۱۰
۲۹	۷۵/۳۲	۳۰	۱۹۱/۶۲	۲۹	۱۹	۸۰/۵۶	۱۹	۲۰۵/۶۰	۱۱
۱۰	۸۵/۲۶	۹	۲۱۸/۰۰	۳۰	۴	۸۷/۱۴	۴	۲۲۲/۰۷	۱۲
۳۰	۷۵/۹۱	۲۷	۱۹۳/۳۳	۳۱	۲۲	۷۹/۶۷	۲۲	۲۰۲/۷۲	۱۳
۲۴	۷۸/۲۹	۲۴	۱۹۸/۷۳	۳۲	۲۵	۷۶/۲۵	۲۵	۱۹۴/۸۳	۱۴
۱۵	۸۱/۸۴	۱۵	۲۰۸/۹۵	۳۳	۱۸	۸۰/۵۷	۱۸	۲۰۶/۳۰	۱۵
۳۲	۷۲/۴۹	۳۲	۱۸۴/۹۵	۳۴	۶	۸۶/۱۶	۷	۲۱۹/۷۵	۱۶
۳۶	۶۴/۹۱	۳۶	۱۶۴/۱۱	۳۵	۱۲	۸۴/۳۲	۱۲	۲۱۴/۵۲	۱۷
۳۵	۶۶/۶۸	۳۵	۱۶۹/۸۹	۳۶	۲۰	۸۰/۱۶	۲۰	۲۰۳/۷۳	۱۸

منابع مورد استفاده

- ۱ - رضایی، ع. م. ۱۳۷۳. شاخص‌های انتخاب در اصلاح نباتات. مجموعه مقالات سومین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تبریز.
- ۲ - فرشادفر، ع. ۱۳۷۶. روش‌شناسی اصلاح نباتات. انتشارات دانشگاه رازی. ۴۲۵ صفحه.
- ۳ - فرشادفر، ع. ۱۳۷۷. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. جلد اول. انتشارات دانشگاه رازی. ۴۷۷ صفحه.
- ۴ - فرشادفر، ع. ۱۳۷۷. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. جلد دوم. انتشارات دانشگاه رازی. ۵۰۰ صفحه.

- 5 . Baker RJ (1986) Selection indices in plant breeding. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- 6 . Barnardo R (1991) Retrospective index weights used in multiple trait selection in a maize breeding program. *Crop Sci.* 31: 1174-1179.
- 7 . Borojevic S (1990) Principles and methods of plant breeding. Published in coedition with Akademik-Verlag Berlin.
- 8 . Dewy DR and Lu KH (1959) A correlation and path-coefficient analysis of component of crested wheat grass seed production. *Agron J.* 51: 515-520.
- 9 . Elston RC (1963) A weight free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. *Biometrics* 19: 85-97.
- 10 . Etandu JT and Openshaw SJ (1992) Selection criteria for grain yield and moisture in maize yield trials. *Crop Sci.* 32: 332-335.
- 11 . Falconer DS (1989) Introduction to quantitative genetics (2nd). Longman Scientific and Technical 438 P.
- 12 . Feng R, Meng X, Wang Y, Li R, Feng RG, Meng XZ, Wang YZ and Li RG (1995) Analysis on the heterosis of two-line keng hybrid rice. *Acta Agricultural Boreali Sinca* 10: Supplement: 1-5.
- 13 . James JW (1968) Index selection with restrictions. *Biometrics* 24: 1015-1018.
- 14 . Hallauer AR and Miranada JB (1982) Quantative genetics in maize breeding. Iowa State Univ. Press. Ames.
- 15 . Hanel LN and Lush JL (1942) The efficiency of three methods of selection. *J. Hered* 33: 393-402.
- 16 . Hazel LN (1943) The genetic basis for constructing selection indices. *Genetics* 28: 476-490.
- 17 . Kempthorne O and Nordskog AW (1959) Restricted selection indices. *Biometrics* 15: 10-19.
- 18 . Pesek J and Baker RJ (1969) Desired improvement in relation to selection indices. *Can J. Plant Sci.* 49: 803-804.
- 19 . Rosielle AA and Frey KJ (1975) Application of restricted selection indices for grain yield improvement in oats. *Crop Sci.* 15: 544-547.
- 20 . Sawant DS (1995) Character association and path coefficient analysis in rice. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 65: 752-753.
- 21 . Tallis GM (1962) Selection index for optimum genotype. *Biometrics* 18: 120-122.
- 22 . Williams JS (1962) Some statistical properties of a genetic selection index. *Biometrika* 49: 325-337.
- 23 . Wright S (1921) Correlation and causation. *J. Agric. Res.* 20: 557-595.