مجله کشاورزی، جلد ٦، شماره ١، سال ١٣٨٣، صص ٣٨-٢٧

برآورد شاخص انتخاب برای صفات واریته‌های مختلف برنج

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

چکیده

تعداد ٣٦ واریته 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 ٥٠ 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 ٥٠ درصد گلدهی و شاخص برداشت) ٥٣ درصد بود. نتایج تجزیه علیت نشان داد که اثر مستقیم صفات تعداد پنجه بارور در بوته (٠/٥٤١) و تعداد روز تا ٥٠ درصد گلدهی (٠/٢٩٤) و شاخص برداشت (٠/٢٥٩) بر عملکرد بیشترین مقدار بود. باتوجه 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 واریته 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

مقدمه

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 به‌منظور حصول حداکثر ارزش اقتصادی مهم بوده و چندین روش مختلف پیشنهاد شده است. در روش انتخاب متوالی [1] برای یک صفت به‌طور مداوم در چند نسل انتخاب انجام می‌شود (٧). 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 برمبنای سطوح مستقل حذف [2]، برای هر صفت یک حداقل معین درنظر گرفته می‌شود و تمام افراد یا گیاهان فاقد عملکرد در سطح مطلوب بدون توجه به سایر صفات حذف می‌شوند (٩). در این روش برای چند صفت به‌طور همزمان انتخاب انجام می‌شود (١٢). 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 [3] می‌نامند (٨). انتخاب برمبنای اجزای عملکرد یا شاخص انتخاب مبتنی بر ضرایب همبستگی بین صفات مرفولوژیکی با یکدیگر و با عملکرد دانه است (١١). به‌طورکلی انتخاب همزمان برای صفات مختلف و با درنظر گرفتن ضرایب اقتصادی، وراثت‌پذیری و همچنین همبستگی‌های فنوتیپی و ژنتیکی بین صفات مختلف، یک روش مؤثر انتخاب است (٥، ٧، ١٣ و ١٤). بنابر تعریف، شاخص انتخاب عبارت از بهترین برآوردکننده خطی از ارزش اصلاحی یک فرد، رقم یا لاین مورد انتخاب است که به‌صورت یک معادله رگرسیون چندمتغیره بین ارزش اصلاحی (متغیر تابع) و سایر اطلاعات (متغیرهای ثابت) نوشته می‌شود (١، ١٧ و ٢٢). 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 برمبنای تجزیه علیت و وارث‌پذیری خصوصی صفات استفاده شده است.

مواد و روشها

در این طرح تحقیقاتی ٣٦ ژنوتیپ برنج (شامل هشت والد و ٢٨ 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

1 - Tandem Selection

2 - Independent culling levels

3 - Correlated Response

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 درنظر 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 وارثت‌پذیری خصوصی صفات استفاده شد. پاسخ انتخاب صفات نیز محاسبه شد. محاسبات با استفاده از نرم‌افزارهای Matlab ، SPSS ، SAS و Mstatc 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 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 (۰/٤۷٤) 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 (۰/۳٤۳) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). همبستگی فنوتیپی عملکرد دانه نیز با صفات تعداد پنجه بارور (۰/٦٤۱۰)، شاخص برداشت (۰/۵٦۳)، طول دانه (۰/۵۱۲) و مقدار آمیلوز (۰/٤۹۲) در سطح احتمال یک درصد و با نسبت طول به عرض دانه (۰/٤۲٤) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. تعداد پنجه دارای همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی مثبت و معنی‌دار با شاخص برداشت (۰/۵۲۰ و ۰/٦۱۲)، طول دانه (۰/۵٤٦ و ۰/۵۸۹) و مقدار آمیلوز (۰/۵۰۱) در سطح احتمال یک درصد و با نسبت طول به عرض دانه (۰/۳۵٤ و ۰/٤۱٤) در سطح احتمال پنج درصد است. شاخص برداشت دارای همبستگی ژنوتیپی مثبت و معنی‌دار با طول دانه (۰/٤٦۳) و مقدار آمیلوز (۰/٤۳٦) در سطح احتمال یک درصد و عرض دانه (۰/٤۰٦) در سطح احتمال پنج درصد است و همبستگی فنوتیپی آن با طول دانه (۰/٤۱۰) و مقدار آمیلوز (۰/٤۱۵) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. طول دانه دارای همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی مثبت و معنی‌دار با نسبت طول به عرض دانه (۰/٦۰۱ و ۰/٦۷۷) و مقدار آمیلوز (۰/۵۱۷ و ۰/۵٤٤) و درجه حرارت ژلاتینی (۰/٤۷۱ و ۰/۵۰۱) در سطح احتمال یک درصد و

تعداد روز از نشاکاری تا رسیدن کامل دانه (۰/۳۵۰ و ۰/۳٦۵) 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 ۰/۸۲٦) 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 ۰/۵۸٦) 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) درنظر گرفته شد و از روش رگرسیون مرحله‌ای [1] برای تعیین مدل نهایی استفاده شد که نتایج آن در جدول (۳) ارایه 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 ۳٦ درصد است (جدول ۴).

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 ٦٤ 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 دی‌و 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 (۰/٤۵۵)، 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 (۰/۵٤۱) 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 (۰/۲۹٤) و اثر غیرمستقیم مثبت و بسیار کم از طریق تعداد پنجه بارور (۰/۰۳۵) و اثر غیرمستقیم

1 - Stepwise

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

منابع تغییرات	درجات آزادی	عملکرد	تعداد پنجه بارور	ارتفاع بوته	زمان نشا تا رسیدن کامل دانه	طول دوره رشد	شاخص برداشت	طول دانه	عرض دانه	مقدار آمیلوز	درجه حرارت ژلاتینی شدن	طول نسبت به عرض دانه
تکرار	۲	۰/۰۴۲ ns	۰/۴۰ ns	۸ ns	۷/۷۱ ns	۵/۱۸ ns	۸/۵۶	۰/۰۵۳ ns	/۰۴۸ ns	۰/۱۹۳۳ ns	۰/۰۰۵۰ ns	۰/۱۵۵ ns
ژنوتیپ	۳۵	۴/۵۳ **	۱۰/۴۱ **	۴۰۰/۴۱ **	۹۳/۴۳ **	۱۰۴/۶۱ **	۳۸۹/۶۰ **	۰/۷۰۸ **	۰/۰۹۰ **	۱۰/۸۰ **	۳/۸۳۲ **	۰/۴۰۰ **
خطا	۷۰	۰/۰۴۶	۰/۷۰۳	۱/۹۹۹	۰/۸۴۷	۰/۶۸۱	۴/۱۰۹	۰/۰۲۰	۰/۰۰۶۳۱	۰/۰۶۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۰۶

ns : تفاوت میانگین‌ها معنی‌دار نیست.

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

جدول ۲ - جدول همبستگی ژنوتیپی (r_G) و فنوتیپی (r_P) صفات مورد بررسی [۱]

	درجه حرارت ژلاتینی	مقدار آمیلوز	طول دوره رشد	روز تا رسیدن کامل	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	طول به عرض دانه	عرض دانه	طول دانه	شاخص برداشت	تعداد پنجه بارور	عملکرد
عملکرد	۰/۲۶۵	۰/۵۰۱**	۰/۳۴۳*	۰/۲۸۱	۰/۳۲۸*	۰/۴۷۴**	-۰/۰۹۷	۰/۵۳۹**	۰/۵۸۹**	۰/۷۲۰**	۱
تعداد پنجه بارور	۰/۴۳۵**	۰/۶۱۲**	۰/۰۵۱	۰/۲۰۶	۰/۰۶۶	۰/۴۱۴*	۰/۰۸۷	۰/۵۸۹**	۰/۶۱۲**	۱	۰/۶۴۱**
شاخص برداشت	۰/۲۷۷	۰/۴۳۶**	۰/۰۰۹	-۰/۰۲۳	-۰/۰۰۷	۰/۱۴۴	۰/۴۰۶*	۰/۴۶۳**	۱	۰/۵۲**	۰/۵۶۳**
طول دانه	۰/۵۰۱**	۰/۵۴۴**	۰/۲۱۸	۰/۳۶۵*	۰/۱۰۲	۰/۶۷۷**	-۰/۰۴۵	۱	۰/۴۱۰*	۰/۵۴۶**	۰/۵۱۲**
عرض دانه	-۰/۰۰۶	۰/۱۲۵	-۰/۲۱۱	-۰/۵۷۷**	-۰/۴۶۶**	-۰/۷۲۴**	۱	۰/۰۰۱	۰/۳۲۱	۰/۰۹۶	-۰/۰۸۸
طول به عرض دانه	۰/۵۱۵	۰/۳۵۷	۰/۱۹۸	۰/۵۹۱**	۰/۳۵۶*	۱	-۰/۷۰۴**	۰/۶۰۱**	۰/۱۲۳	۰/۳۵۴*	۰/۴۲۴*
روز تا ۵۰ درصد گلدهی	-۰/۱۱۲	۰/۰۴۵	۰/۹۷۰**	۰/۸۲۶**	۱	۰/۲۵۴	-۰/۴۰۵**	۰/۰۹۷	-۰/۰۰۴	۰/۰۵۰	۰/۳۲۳
روز تا رسیدن کامل	۰/۰۷۸	۰/۰۲۸	۰/۹۹۸**	۱	۰/۸۱۱**	۰/۵۲۷**	-۰/۴۹۹**	۰/۳۵۰*	-۰/۰۲۲	۰/۱۸۰	۰/۲۷۷
طول دوره رشد	-۰/۲۲۶	-۰/۱۱۶	۱	۰/۷۴۶**	۰/۷۵۳**	۰/۱۴۶	-۰/۱۳۹	۰/۱۸۱	۰/۰۰۹	-۰/۰۰۹	۰/۲۲۰
مقدار آمیلوز	۰/۵۸۶**	۱	-۰/۰۸۵	۰/۰۳۳	۰/۰۴۷	۰/۳۱۵	۰/۱۰۷	۰/۵۱۷**	۰/۴۱۵**	۰/۵۳۶**	۰/۴۹۲**
درجه حرارت ژلاتینی	۱	۰/۵۷۲**	-۰/۱۶۳	۰/۰۷۶	-۰/۱۱۰	۰/۴۴۶	۰/۰۰۳	۰/۴۷۱**	۰/۲۶۵	۰/۳۷۶*	۰/۲۵۹

*: همبستگی صفات در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است.

**: همبستگی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

۱ - ارقام بالای محور قطری مربوط به همبستگی ژنوتیپی (r_G) و ارقام زیر محور قطری مربوط به همبستگی فنوتیپی (r_P) می‌باشند.

جدول ۳ - برازش مدل رگرسیونی چندمتغیره برای عملکرد

مرحله	صفات مستقل	عرض از مبدأ	ضرایب رگرسیون برای صفات			ضریب تبیین تجمعی	خطای معیار
			تعداد پنجه بارور	روز از نشا تا ظهور ۵۰ درصد گل	شاخص برداشت		
۱	تعداد پنجه بارور	-۰/۲۴۷	۰/۴۲۱**	-	-	۰/۳۹۴	۰/۹۵
۲	روز از نشا تا ظهور ۵۰ درصد گل	-۵/۷۲۴	۰/۴۱۱**	۰/۰۷۴**	-	۰/۴۶۵	۰/۸۹
۳	شاخص برداشت	-۵/۹۱۳	۰/۲۹۹**	۰/۰.۷۶**	۰/۰۳۴**	۰/۵۳۴	۰/۸۴

** تفاوت میانگین‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است.

جدول ۴ - برازش مدل رگرسیونی چندمتغیره برای تعداد پنجه بارور

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

** تفاوت میانگین‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است.

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

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

** تفاوت میانگین‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است.

کم و منفی از طریق شاخص برداشت (۰/۰۰۲-) می‌باشد. از این صفت نیز باتوجه 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 درنتیجه از آن می‌توان به‌عنوان معیاری برای انتخاب استفاده نمود. نتایج تجزیه علیت براساس ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی درمورد تعداد پنجه بارور به‌عنوان متغیر وابسته و صفات نسبت طول به عرض دانه و طول دانه به‌عنوان 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 ۰/۵٦۹) و اثر غیرمستقیم فنوتیپی و ژنوتیپی مثبت از طریق نسبت طول به عرض دانه (۰/۰۲٤ و ۰/۰۱۹) بر تعداد پنجه بارور است. ولی نسبت طول به عرض دانه دارای اثر مستقیم مثبت و کم فنوتیپی و ژنوتیپی (۰/۰٤۰ و ۰/۰۲۸) و اثر غیرمستقیم مثبت و قابل توجه فنوتیپی و ژنوتیپی از طریق طول دانه (۰/۳٥٤ و ۰/۳۸٥) بر تعداد پنجه بارور است. این نتایج توسط سایر محققین نیز تأیید شده است (١٦، ۲۰ و ۲۲).

جدول ٦ - اثر مستقیم و غیرمستقیم اجزای عملکرد براساس ضریب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی

خصوصیات	تعداد پنجه در بوته	روز از نشا تا ظهور ۵۰ درصد گل	شاخص برداشت	عملکرد
تعداد پنجه در بوته (فنوتیپی)	۰/٤٥٥	۰/۰۱٥	۰/۰۱۷	$r_p = ۰/٦٤۱^{**}$
تعداد پنجه در بوته (ژنوتیپی)	۰/٥٤۱	۰/۰۱۹	۰/۱٥۸	$r_G = ۰/۷۲۰^{**}$
روز از نشا تا ظهور ۵۰ درصد گل (فنوتیپی)	۰/۰۲۲	۰/۳۰۱	-۰/۰۰۲	$r_p = ۰/۳۲۳^{ns}$
روز از نشا تا ظهور ۵۰ درصد گل (ژنوتیپی)	۰/۰۳٥	۰/۲۹٤	-۰/۰۰۲	$r_G = ۰/۳۲۸^{*}$
شاخص برداشت (فنوتیپی)	۰/۲۳۷	-۰/۰۰۲	۰/۳۲۷	$r_p = ۰/٥٦۳^{**}$
شاخص برداشت (ژنوتیپی)	۰/۳۳۱	-۰/۰۰۳	۰/۲٥۹	$r_G = ۰/٥۸۹^{**}$

*: تفاوت میانگین‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار است.

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

ns: تفاوت میانگین‌ها معنی‌دار نیست.

تأثیر صفت نسبت طول به عرض دانه بر تعداد پنجه به‌صورت غیرمستقیم است. از طرفی همبستگی طول دانه با عملکرد نیز مثبت و معنی‌دار است. بنابراین می‌توان از صفت طول دانه به‌عنوان 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).

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.

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

خصوصیات	نسبت طول به عرض دانه	طول دانه	تعداد پنجه
نسبت طول به عرض دانه (فنوتیپی)	۰/۰۴۰	۰/۳۱۳	r_p = ۰/۳۵۴*
نسبت طول به عرض دانه (ژنوتیپی)	۰/۰۲۸	۰/۳۸۵	r_G = ۰/۴۱۴*
طول دانه (فنوتیپی)	۰/۰۲۴	۰/۵۲۱	r_p = ۰/۵۴۶**
طول دانه (ژنوتیپی)	۰/۰۱۹	۰/۵۶۹	r_G = ۰/۵۸۹**

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.

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 به‌همراه ضریب شاخص محاسبه شده در جدول (۸) ارایه شده است. شاخص انتخاب محاسبه شده برای هر ژنوتیپ در جدول (۹) ارایه 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.

جدول ٨ - میانگین صفات، ارزش اقتصادی و شاخص انتخاب (b_1 و b_2) محاسبه شده برای آنها

صفات / واریته‌ها	عملکرد دانه	تعداد پنجه بارور	روز از نشا تا ٥٠ درصد گل	شاخص برداشت	طول دانه	طول دوره رشد (روز)
١	٧/٩٦	١٨/٧	٨٢/٠	٧٤/٣٧	٧/٦	١٢٩/٣
٢	٨/٢٣	١٦/٠	٧٦/٠	٥٩/٨٣	٧/٦	١٢٣/٠
٣	٥/٠٣	١٦/٠	٧٦/٠	٤٠/٨٧	٧/٦	١٢٣/٠
٤	٨/٢٣	١٦/٠	٧٤/٠	٥٧/٠٨	٧/٦	١١٩/٠
٥	٥/٧٩	١٦/٧	٧٢/٣	٤٣/٤٧	٧/٦	١١٥/٠
٦	٧/٩٢	١٨/٧	٨٢/٠	٥١/٠٠	٧/٧	١٢٤/٧
٧	٥/٠٦	١٧/٠	٧٥/٠	٤٨/١٠	٧/٣	١٢٣/٧
٨	٦/٨٩	١٦/٧	٧٥/٣	٦٣/١٧	٧/٨	١٢١/٣
٩	٨/٨٠	١٧/٧	٨٠/٧	٥٠/٤٠	٨/٣	١٣٠/٣
١٠	٥/٩٢	١٣/٠	٨٢/٠	٥٢/٦٧	٦/٦	١٢٣/٣
١١	٦/٣٥	١٤/٣	٧٨/٣	٤٣/٣٧	٧/١	١٢٤/٧
١٢	٧/٦٢	١٨/٧	٧٤/٠	٦٩/٩٣	٨/٠	١١٧/٠
١٣	٥/٤٤	١٣/٧	٨٤/٠	٣١/٢٠	٦/٩	١٢٥/٠
١٤	٤/١٥	١٢/٧	٧٥/٠	٤٨/١٧	٦/٧	١١٩/٠
١٥	٦/٤٤	١٣/٣	٧٦/٧	٥٩/٦٠	٨/٠	١٢٠/٧
١٦	٦/٧٤	١٥/٠	٨٣/٠	٤٦/٠٩	٦/٩	١٢٤/٠
١٧	٦/٠٨	١٥/٧	٨٢/٣	٤٤/٥٧	٧/٣	١٢٨/٠
١٨	٦/٨٧	١٥/٠	٧٧/٠	٤٣/٦٣	٧/٣	١٢٤/٣
١٩	٦/٧٢	١٤/٧	٨٢/٣	٣٥/٥٣	٧/١	١٢٦/٠
٢٠	٣/٩٧	١٤/٠	٧٤/٠	٣١/٢٢	٧/٥	١٢٣/٧
٢١	٤/٩٩	١٣/٠	٧٥/٣	٥٣/٦٥	٨/٠	١٢٤/٠
٢٢	٦/٥٣	١٦/٠	٧٧/٠	٥٥/٨٠	٨/١	١٢٠/٣
٢٣	٧/٣٣	١٦/٣	٧١/٠	٦١/٦٣	٨/١	١١٧/٠
٢٤	٦/١٥	١٥/٠	٨١/٠	٥٠/٦٧	٧/٧	١٢٨/٣
٢٥	٧/٠٠	١٦/٠	٧٦/٠	٦٢/٤٧	٧/٦	١٢٣/٧
٢٦	٥/٥١	١٦/٠	٧٦/٠	٣٢/٧٣	٧/٠	١٢٤/٧
٢٧	٥/٨٠	١٧/٠	٦٨/٣	٤٧/٢١	٧/٥	٨٣/٧
٢٨	٧/١١	١٦/٣	٧٧/٧	٧١/٢٠	٧/٣	١٢١/٧
٢٩	٥/٠١	١٥/٠	٧٣/٣	٤٧/٤٥	٧/٤	١١٦/٧
٣٠	٥/٠٥	١٥/٧	٧٤/٧	٦٨/٣٩	٧/٠	١٢١/٧
٣١	٦/٣١	١٦/٣	٦٤/٠	٥٩/٠٣	٦/٦	١٠١/٧
٣٢	٥/٧٤	١٥/٣	٧٥/٠	٤٤/٦٩	٧/٢	١٢٥/٣
٣٣	٥/٩٤	١٢/٣	٨٢/٠	٤٣/٣٧	٧/١	١٣١/٠
٣٤	٤/٥٧	١٢/٣	٧١/٧	٤٢/٠٣	٦/٤	١١٢/٧
٣٥	٤/٨٥	١٣/٧	٦٦/٠	٣٤/٢٠	٧/٢	١١٤/٧
٣٦	٤/٦١	١١/٠	٧٠/٠	٣٢/٩٣	٦/٥	١١٠/٣
ارزش اقتصادی (a_1)	١	١	١	١	١	١
ضریب شاخص (b_1)	٣/٠٠١٤	١/٧١٤٥	١/٩٤٤٤	٠/٨٧٩٦	-٨/٠٣٧٥	٠/٢٢٣٠
ارزش اقتصادی (a_2)	٠/٣٤	٠/٥١	٠/٦١	٠/٣٧	٠/٦١	٠/٢٣
ضریب شاخص (b_2)	١/١٧٨١	٠/٧٨٦١	٠/٧٢٩٣	٠/٣٢٠٨	-٣/١١٩٦	٠/١٠٣٠

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

جدول ۹ – شاخص انتخاب برآورد شده به‌همراه رتبه واریته‌های مورد بررسی

واریته‌ها	شاخص انتخاب (I_1)	رتبه	شاخص انتخاب (I_2)	رتبه	واریته‌ها	شاخص انتخاب (I_2)	رتبه	شاخص انتخاب (I_2)	رتبه
۱	۲۴۸/۵۲	۱	۹۷/۳۲	۱	۱۹	۲۰۷/۹۳	۱۶	۸۰/۸۱	۱۶
۲	۲۱۸/۹۶	۸	۸۵/۸۸	۸	۲۰	۱۷۴/۸۱	۳۴	۶۹/۰۹	۳۴
۳	۱۹۲/۶۰	۲۸	۷۵/۹۹	۲۷	۲۱	۱۹۴/۲۸	۲۶	۷۶/۰۵	۲۶
۴	۲۱۱/۶۸	۱۴	۸۳/۰۹	۱۴	۲۲	۲۰۷/۳۲	۱۷	۸۱/۳۵	۱۷
۵	۱۸۹/۴۰	۳۱	۷۴/۷۵	۳۱	۲۳	۲۰۳/۴۹	۲۱	۷۹/۸۹	۲۱
۶	۲۲۶/۲۴	۳	۸۹/۰۸	۳	۲۴	۲۱۲/۷۳	۱۳	۸۳/۴۶	۱۳
۷	۲۰۱/۱۴	۲۳	۷۹/۳۲	۲۳	۲۵	۲۱۷/۶۶	۱۰	۸۵/۳۱	۹
۸	۲۱۵/۶۶	۱۱	۸۴/۵۸	۱۱	۲۶	۱۹۲/۰۷	۲۹	۷۵/۹۹	۲۸
۹	۲۲۰/۰۱	۶	۸۶/۶۹	۵	۲۷	۱۷۹/۰۸	۳۳	۷۰/۳۰	۳۳
۱۰	۲۲۰/۰۶	۵	۸۵/۹۰	۷	۲۸	۲۳۱/۶۹	۲	۹۰/۵۴	۲
۱۱	۲۰۵/۶۰	۱۹	۸۰/۵۶	۱۹	۲۹	۱۹۱/۶۲	۳۰	۷۵/۳۲	۲۹
۱۲	۲۲۲/۰۷	۴	۸۷/۱۴	۴	۳۰	۲۱۸/۰۰	۹	۸۵/۲۶	۱۰
۱۳	۲۰۲/۷۲	۲۲	۷۹/۶۷	۲۲	۳۱	۱۹۳/۳۳	۲۷	۷۵/۹۱	۳۰
۱۴	۱۹۴/۸۳	۲۵	۷۶/۲۵	۲۵	۳۲	۱۹۸/۷۳	۲۴	۷۸/۲۹	۲۴
۱۵	۲۰۶/۳۰	۱۸	۸۰/۵۷	۱۸	۳۳	۲۰۸/۹۵	۱۵	۸۱/۸۴	۱۵
۱۶	۲۱۹/۷۵	۷	۸۶/۱۶	۶	۳۴	۱۸۴/۹۵	۳۲	۷۲/۴۹	۳۲
۱۷	۲۱۴/۵۲	۱۲	۸۴/۳۲	۱۲	۳۵	۱۶۴/۱۱	۳۶	۶۴/۹۱	۳۶
۱۸	۲۰۳/۷۳	۲۰	۸۰/۱۶	۲۰	۳۶	۱۶۹/۸۹	۳۵	۶۶/۶۸	۳۵

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 Akademic-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 tratis 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.