

انتخاب غیرمستقیم ذرت (*Zea mays L.*) با استفاده از شاخصهای انتخاب به منظور افزایش عملکرد دانه

محمد مدرسی^۱، منوچهر خردنام^۲ و محمدتقی آساد^۳
۱، ۲، ۳، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز
تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۴/۱۸

خلاصه

عملکرد صفتی کمی و پلی ژنیک می باشد و از روش انتخاب مستقیم پیشرفت چندانی روی آن حاصل نمی شود لذا ناگزیر به انتخاب غیرمستقیم خواهیم بود که یکی از روش های مؤثر انتخاب غیرمستقیم استفاده از شاخص های انتخاب می باشد. بر این اساس در سال زراعی ۷۹-۱۳۷۸ تحقیقی روی ۱۳ هیبرید ذرت در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در دو ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در کوشک و باجگاه انجام گرفت. نمونه برداری در مراحل طویل شدن ساقه، مرحله ظهور کامل گل تاجی، مرحله شیر شدن دانه، مرحله خمیری سخت و مرحله رسیدن فیزیولوژیک انجام شد و نهایتاً ۳۵ صفت اندازه گیری و مورد محاسبه قرار گرفت. تجزیه واریانس و کواریانس روی داده ها انجام گردید و نهایتاً پس از ارزیابی های اولیه و انجام تجزیه علیت، ۱۲ صفت شامل عملکرد دانه (تن در هکتار)، سرعت رشد گیاه زراعی در مرحله چهارم نمونه برداری (خمیری سخت) (CGR₄)، طول بلال (EL)، میزان جذب و تحلیل خالص در مراحل دوم و سوم نمونه برداری (به ترتیب مراحل ظهور کامل گل تاجی و شیر شدن دانه) (NAR₂ و NAR₃)، شاخص سطح برگ در مراحل دوم و چهارم نمونه برداری (به ترتیب مراحل ظهور کامل گل تاجی و خمیری سخت) (LAI₂، LAI₄)، تعداد ردیف در بلال (NRPE)، طول میانگره در مرحله سوم نمونه برداری (مرحله شیر شدن دانه) (IL₃)، تعداد گره در مرحله سوم نمونه برداری (مرحله شیر شدن دانه) (NN₃)، ارتفاع گیاه در مرحله سوم نمونه برداری (مرحله شیر شدن دانه) (PH₃) و وزن بلال با پوشش در مرحله آخر نمونه برداری (مرحله رسیدگی فیزیولوژیک) (EWC₅) جهت تشکیل شاخصهای انتخاب مورد گزینش قرار گرفتند. اولین شاخص از روش رابینسون تشکیل گردید که برترین شاخص انتخاب نوع اول شامل صفات عملکرد دانه، NAR₂، LAI₂، تعداد ردیف در بلال و تعداد گره در مرحله سوم بود. شاخص پیشرفت ژنتیکی (سود ژنتیکی) شاخص نوع دوم بود. برترین شاخص انتخاب نوع دوم شامل صفات LAI₄ و تعداد گره در مرحله سوم نمونه برداری بود. در هر دو نوع شاخص انتخاب، شاخصهای فیزیولوژیک شامل میزان جذب و تحلیل خالص، سرعت رشد گیاه زراعی و سرعت رشد نسبی گیاه زراعی از جمله صفات بسیار مهم تشکیل دهنده شاخصهای برتر بودند.

واژه های کلیدی: ذرت، شاخص انتخاب، پیشرفت ژنتیکی

مقدمه

کمی در ذرت چندان مؤثر نیست ولی انتخاب غیر مستقیم به ویژه استفاده از شاخص های انتخاب مؤثر است (۱۲، ۱۹). شاخص انتخاب عبارتست از بهترین رابطه یا معادله خطی در قالب مدل رگرسیون چند متغیره برای برآورد ارزش اصلاحی

ذرت پرمحصولترین غلات به شمار می رود و از لحاظ مقدار تولید بعد از گندم و برنج، سومین محصول غله جهان است و از اهمیت ویژه ای برخوردار است. انتخاب مستقیم بر روی صفات

تولیدی گیاه را به وسیله شاخص‌هایی از قبیل میزان رشد محصول و سرعت رشد نسبی که هر دو از مهمترین شاخص‌های رشدی می‌باشند مورد بررسی قرار داد (۱۸).

کافمن و دودلی (۱۹۷۹) جهت پیشرفت همزمان عملکرد و مقدار پروتئین در ذرت از شاخص تعدیل‌شده استفاده کرد و چنین نتیجه گرفتند که این شاخص هدف مورد نظر را تأمین می‌کند.

از قول مورنو و پرنزین (۲) بیان شد که ایشان جهت بهبود همزمان عملکرد دانه و مقدار پروتئین در یک جمعیت مصنوعی ذرت، تعدادی از انواع شاخص‌های انتخاب را مورد ارزیابی قرار دادند و چنین نتیجه گرفتند که شاخص تعدیل‌شده پسک و بیکر (۱۹۷۰) برای انتخاب این دو صفت مفید خواهد بود.

برای بهبود دو یا چند صفت بطور همزمان در برنامه‌های اصلاحی، سه روش انتخاب شامل شاخص انتخاب، انتخاب مستقل^۷ و انتخاب نوبتی^۸ را مناسب تشخیص داده‌اند. شاخص انتخاب امتیازی است که شایستگی و عدم شایستگی صفات مختلف را منعکس می‌کند که یک ترکیب خطی از ارزش‌های فنوتیپی است که با ضرایبی وزین می‌شود و انتخاب در بین ژنوتیپ‌ها بر اساس ارزش نسبی امتیاز شاخص انجام می‌شود. در انتخاب پی‌درپی یا نوبتی هر صفت بطور منفرد در نسل‌های متوالی مورد گزینش قرار می‌گیرد و تا حصول سطح مطلوب، انتخاب انجام می‌شود و سپس صفت دیگری مورد گزینش قرار می‌گیرد و در انتخاب مستقل برای هر خصوصیت سطح معینی در نظر گرفته می‌شود و یک فرد با ارزش فنوتیپی کمتر از سطح مورد نظر (سطح بحرانی^۹ برای هر صفت) از جمعیت حذف می‌شود (۱۰ و ۲).

پسک و بیکر (۱۹۷۰) با در نظر گرفتن مشکل تخصیص وزن‌های اقتصادی نسبی^{۱۱}، با اختصاص سودمندی‌های ژنتیکی^{۱۱} مناسب برای هر صفت به عنوان ارزش اقتصادی آن صفت، نوعی شاخص انتخاب تعدیل‌شده را پیشنهاد کردند.

یک گیاه، لاین یا رقم بر مبنای تمام اطلاعات و یا خصوصاتی که قابل جمع‌آوری می‌باشند (۱) به عبارت دیگر شاخص انتخاب یک رابطه خطی از ارزش‌های فنوتیپی صفات مختلف می‌باشد به طوریکه ارزش‌های فنوتیپی مشاهده شده برای هر صفت به وسیله یک ضریب وزین شود (۲).

در این روش برای هر صفت بسته به اهمیت اقتصادی نسبی، وراثت‌پذیری و همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی بین صفات مختلف، امتیاز یا وزن مناسبی داده می‌شود لذا صفات منفرد و تشکیل دهنده را باید طوری در یک گروه امتیازی یا شاخص ترکیب کرد که گزینش اعمال شده روی شاخص، گویی که این شاخص یک صفت تنها است، بیشترین افزایش را در ارزش اقتصادی بدهد (۴). استفاده از شاخص‌های انتخاب در اصلاح نباتات نخستین بار توسط اسمیت در سال ۱۹۳۶ پیشنهاد شد و سپس برای ارزیابی و مقایسه با روش‌های دیگر انتخاب به کار گرفته شد (۲).

یوسف (۱۹۷۷) در آزمایشی که شامل ۱۰ گروه از ۲۵ هیبرید F₁ بین لاینهای S₁ از یک واریته مصنوعی ذرت بود چنین نتیجه گرفت که جهت بهبود عملکرد دانه، انتظار می‌رود شاخص‌هایی که شامل صفت عملکرد دانه باشند بالاترین پاسخ به شاخص را بدهند. کارایی این شاخص‌ها حدوداً ۱۰ درصد بیشتر از انتخاب بر اساس عملکرد به تنهایی پیش‌بینی شد. در مطالعه بعدی، رابینسون و همکاران (۱۹۵۰) نشان دادند که چندین شاخص شامل صفات عملکرد، اجزاء عملکرد و ارتفاع گیاه پاسخ مورد انتظار^۱ مناسب‌تری نسبت به انتخاب مستقیم^۲ برای عملکرد در ذرت نتیجه خواهد داد. بطور کلی زمانی که وزن‌های اقتصادی نامشخص باشد، استفاده از شاخص تعدیل‌شده را ترجیح داده می‌شود (۲).

مهمترین شاخص‌های رشد که در گیاهان کاربرد فراوانی دارند شاخص سطح برگ^۳ (LAI)، میزان رشد گیاه زراعی^۴ (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)^۵ و میزان جذب و تحلیل خالص (NAR)^۶ می‌باشد به طوریکه می‌توان ماده خشک

- 1 . expected response
- 2 . Direct Selection
- 3 . Leaf area index
- 4 . Crop growth rate
- 5 . Relative growth rate
- 6 . Net assimilation rate

- 7 . Independent selection
- 8 . Tandom selection
- 9 . Critical level
- 10 . Economic weights
- 11 . Genetic gains

طول خوشه، ارتفاع گیاه و ۵۰ درصد گلدهی بهترین شاخص جهت رسیدن به حداکثر پیشرفت ژنتیکی می باشد (۱۲). مالپوترا و فهرا (۱۹۸۶) با استفاده از تجزیه علیت و با بررسی روابط صفات در ذرت، اثر ارتفاع گیاه و ارتفاع بلال را در عملکرد مؤثر دانسته و نقش زمان ظهور اندام ماده در گیاه را کم اهمیت تلقی نموده است.

در یک آزمایش در روسیه، ۳۳۸ رقم ذرت مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که طول بلال، ورن بلال، تعداد دانه در ردیف و تعداد بلال در گیاه همبستگی مثبت بالایی با عملکرد دانه دارند و می توانند در اصلاح برای عملکرد مؤثر باشند (۱۶). مالپوترا و فهرا (۱۹۸۶) با استفاده از تجزیه علیت و بررسی روابط صفات در ذرت اثر ارتفاع گیاه و ارتفاع بلال را در عملکرد مؤثر دانسته ولی نقش زمان ظهور اندام ماده در گیاه کم اهمیت تشخیص دادند.

در این تحقیق تعدادی از صفات که شایستگی ورود به شاخص دارند مورد گزینش قرار داده و سپس با استفاده از روش های مشخص و در مواردی روش های ابتکاری، ضرایب شاخص ها را محاسبه می کنیم. پس از برآورد ضرایب شاخص ها، در مورد شاخص انتخاب نوع اول، پیشرفت ژنتیکی هر ترکیب را محاسبه کرده و سپس سودمندی نسبی هر شاخص بر اساس پیشرفت ژنتیکی آنها نسبت به پیشرفت ژنتیکی شاخص اول برآورد می گردد و در مورد شاخص انتخاب نوع دوم، همبستگی هر ترکیب با ارزش اصلاحی (ارثی) محاسبه نموده و رتبه بندی می کنیم و در نهایت از هر نوع شاخص انتخاب بهترین ترکیب را انتخاب می کنیم.

مواد و روش ها

به منظور ارزیابی شاخص های انتخاب در ارقام ذرت، آزمایشی در دو ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در باجگاه و کوشکک، در سال زراعی ۷۹-۱۳۷۸ در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار روی ۱۳ هیبرید ذرت انجام شد.

در این تحقیق ۱۳ هیبرید ذرت بطور کاملا تصادفی از بین تعداد زیاد هیبریدهای بدست آمده انتخاب و مورد آزمایش قرار گرفت. بذر هیبریدهای مورد استفاده در این پژوهش از مؤسسه

به منظور مناسب بودن شاخص، ضرایب شاخص باید طوری انتخاب شوند که ارزش اصلاحی ماکزیمم شود و این ضرایب باید با استفاده از ماتریس های واریانس-کوواریانس فنوتیپی و ژنوتیپی ادغام شده تخمین زده شود (۶). اگر همبستگی بین ارزش اصلاحی و شاخص انتخاب (r_{WI}) ماکزیمم باشد، حداکثر پاسخ حاصل خواهد شد (۲).

اگر ارزش های ژنوتیپی و فنوتیپی دارای توزیع نرمال باشند، ضرایب شاخص محاسبه شده از روش اسمیت حداکثر واکنش در ارزش ارثی را نتیجه خواهند داد. از آنجا که در عمل تخمین هایی از پارامترهای جمعیت مورد استفاده قرار می گیرد، ویلیامز به این نوع شاخص ها، عبارت شاخص های تخمینی اطلاق می کرد (۲).

پیشرفت ژنتیکی^۱ در اثر انتخاب، تفاوت بین میانگین ارزش جمعیت مبدأ و میانگین ارزش ژنتیکی لاین های انتخاب شده می باشد و طبق رابطه زیر بدست می آید:

$$GA = K(\delta p) H$$

که GA پیشرفت ژنتیکی، δp انحراف معیار فنوتیپی، K دیفرانسیل انتخاب و H تخمین وراثت پذیری می باشد (۵). یکی از ملزومات تشکیل یک شاخص انتخاب کارا، تخمین دقیق واریانس و کوواریانس های جمعیت جهت پاسخ مورد انتظار به انتخاب می باشد. اگر اندازه نمونه کوچک باشد، تعداد صفات در شاخص زیاد باشد و یا اگر صفات در شاخص یک گروه یا گروه های به شدت همبسته باشند شاخص دقت لازم را نخواهد داشت لذا یکی از اولین مراحل توسعه یک شاخص انتخاب، ارزیابی صفات مورد نظر برای شاخص می باشد (۲). اگر دو یا چند صفت به شدت همبسته باشند، باید یکی از آن دو یا چند صفت در شاخص باشد.

پژوهشی در سال ۱۹۹۱ روی دو گروه ذرت انجام شد. در این پژوهش برای صفات عملکرد، طول سنبله، ارتفاع گیاه و ۵۰ درصد گلدهی، واریانس و کوواریانس ژنوتیپی برآورد گردید و پس از آن شاخص های انتخابی با وزن های متفاوت برای پیشبرد عملکرد محاسبه شد. پس از محاسبه همبستگی های ژنوتیپی و فنوتیپی و پارامترهای دیگر، نشان داده شد که نوعی شاخص با وزن های نسبت داده شده ۱-، ۱-، ۰/۶ به ترتیب برای صفات

ارتفاع گیاه (PH). طول گل تاجی (TL). تعداد برگ فعال (NACTL). طول و عرض برگ اصلی (LAV). تعداد گره (NN). طول میانگرمه (IL). وزن هزار دانه (W1000). وزن بلال با پوشش (EWC) و بدون پوشش (EWWC). عملکرد دانه بر حسب عملکرد دانه در گیاه (GYP) و عملکرد در هکتار (GYH). تعداد برگ‌های بالای بلال اصلی (NLAME). شاخص‌های فیزیولوژیک شامل LAI, RGR, CGR و NAR بودند که به وسیله روابط زیر محاسبه شدند:

$$LAI = LA/P$$

$$RGR = [(\ln W_2 - \ln W_1)/(M_2 - M_1)] \times 100$$

$$CGR = [(W_2 - W_1)/(M_2 - M_1)] \times (1/GA) \times 100$$

$$NAR = CGR/LAI$$

که در این روابط LAI شاخص سطح برگ. RGR سرعت رشد نسبی. CGR سرعت رشد محصول NAR سرعت جذب خالص. W_1 و W_2 وزن خشک برداشت شده در دو مرحله متوالی، M_1 و M_2 شاخص‌های حرارتی است که بر حسب درجه روز - رشد^۶ (GDD) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$m_i = [(T_{max} + T_{min})/2] - T_B$$

که در آن m_i شاخص حرارتی روزانه بر حسب درجه روزهای رشد، T_{max} و T_{min} به ترتیب حداکثر دمای روزانه با حد بالای $30^\circ C$ و حداقل دمای روزانه $10^\circ C$ و T_B درجه حرارت پایه^۷ برای گیاه ذرت ($10^\circ C$) می‌باشد (۵).

از آنجا که این آزمایش در دو منطقه انجام شده بود ابتدا برای هر صفت تجزیه مرکب^۸ با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی^۹ با سه تکرار و ۱۳ تیمار (هیبرید) انجام شد. پس از بررسی اولیه مشاهده گردید یکی از ارقام با بقیه ارقام تفاوت بسیار زیادی دارد و از آنجا که وجود چنین اختلاف فاحشی باعث ایجاد اریب در محاسبات و نهایتاً کاهش دقت شاخص‌های بدست‌آمده می‌شود، آن رقم حذف گردید و مجدداً با ۱۲ تیمار برای هر صفت تجزیه مرکب انجام گردید. لازم به یادآوری است که در کلیه محاسبات رقم و محیط به عنوان عوامل تصادفی در نظر گرفته شدند.

اصلاح و تهیه نهال و بذر (بخش ذرت) کرج تهیه گردید. از آنجا که هنوز این هیبریدها نامگذاری نشده‌اند اسامی آنها آورده نشده است.

مراحل تهیه زمین شامل شخم بهاره و سپس دیسک دوطرفه و تسطیح مزرعه و پس از آن ایجاد جوی و پشته بود به نحوی که در نهایت سه بلوک که در هر بلوک ۱۳ کرت وجود داشت. ابعاد هر کرت $6 \times 4/5$ متر مربع بود. در هر کرت ۵ ردیف کشت گردید که ردیف‌های اول و آخر (ردیف‌های ۱ و ۵) به عنوان حاشیه و سه ردیف وسط با حذف $0/5$ متر از ابتدا و انتهای هر کدام جهت نمونه برداری مورد استفاده قرار گرفت.

فاصله بین ردیفها ۷۵ سانتیمتر و فاصله بین بوته‌ها روی هر ردیف ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد و پس از آبیاری و سبز شدن گیاهان، در مرحله ۴-۳ برگی اقدام به تنک مزرعه شد به طوریکه روی هر ردیف ۳۰ گیاه به فاصله ۲۰ سانتیمتر از هم باقی ماند.

در این آزمایش ۵ نمونه برداری در مراحل طویل شدن ساقه^۱، ظهور کامل گل تاجی^۲، شیری شدن دانه^۳، خمیری سخت^۴ و رسیدگی فیزیولوژیک^۵ انجام شد.

برای محاسبه عملکرد پس از حذف خطوط حاشیه و $0/5$ متر از ابتدا و انتهای ردیف وسطی، بلال‌های هر کرت برداشت شد و نسبت به توزین آنها اقدام گردید. نمونه برداری مراحل اول تا چهارم ۳ بوته در هر کرت و مرحله آخر جهت عملکرد با برداشت ۱۵ بوته در هر کرت انجام شد.

در این تحقیق بعضی از صفات مورفولوژیک و تعدادی از شاخص‌های فیزیولوژیک به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت:

البته لازم به ذکر است که اندیس داده‌شده به صفات مربوط به مرحله نمونه برداری است.

سطح برگ. که با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$(0/75) \times (\text{عرض برگ}) \times (\text{طول برگ}) = \text{سطح برگ}$$

6. Growing degree day

7. Base temprature

8. Combined analysis

9. Randomized complete block design

1. Stem elongation

2. Tasseling

3. Blister

4. Hard dough

5. Physiological maturity

که r_g و r_{ph} به ترتیب ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی، δ_{g12} ، δ_{ph12} کوواریانس ژنوتیپی و فنوتیپی صفت اول و دوم و δ_g و δ_{ph} به ترتیب انحراف معیار ژنوتیپی و فنوتیپی است (۲).

در نهایت صفاتی که F محاسبه شده آنها در جدول تجزیه واریانس معنی دار بود و ضرایب همبستگی ژنوتیپی معنی داری نیز داشتند و وراثت پذیری آنها در حد قابل قبولی بود به عنوان متغیرهای مستقل تعیین می‌گردند و با استفاده از تجزیه علیت اثرات مستقیم و غیر مستقیم هر کدام از متغیرهای وارد شده روی عملکرد تعیین می‌گردند و چون وارد کردن تعداد زیاد صفت در شاخص‌های انتخاب بسیار مشکل بوده و از جنبه عملی شاید غیر ممکن باشد صفاتی که حداقل، اثر مستقیم آنها با ضرایب همبستگی ژنوتیپی هم علامت بود انتخاب، و برای تشکیل شاخص‌های انتخاب مورد استفاده قرار گیرند و با استفاده از روش‌های مشخص و در مواردی روشهای ابتکاری، ضرایب شاخص‌ها را محاسبه کرده و شاخص‌های مورد نظر را به دست آورده و مورد ارزیابی قرار می‌دهیم و پس از برآورد ضرایب شاخص‌ها، در مورد شاخص انتخاب نوع اول، پیشرفت ژنتیکی هر ترکیب را محاسبه کرده و سپس سودمندی نسبی هر شاخص بر اساس پیشرفت ژنتیکی آنها نسبت به پیشرفت ژنتیکی شاخص اول برآورد می‌گردد و در مورد شاخص انتخاب نوع دوم، همبستگی هر ترکیب با ارزش اصلاحی (ارثی) محاسبه نموده و رتبه‌بندی می‌کنیم و در نهایت از هر نوع شاخص انتخاب بهترین ترکیب را انتخاب می‌کنیم. در این تحقیق دو نوع شاخص محاسبه گردید که عبارت بودند از:

شاخص نوع اول، شاخص رابینسون^۵ است که ضرایب شاخص از حل همزمان سری معادلات زیر بدست می‌آید:

$$\begin{aligned} b_{1p_{11}} + b_{2p_{12}} + \dots + b_{np_{1n}} &= g_{1y} \\ b_{1p_{21}} + b_{2p_{22}} + \dots + b_{np_{2n}} &= g_{2y} \\ \vdots & \\ b_{1p_{1n}} + b_{2p_{2n}} + \dots + b_{np_{nn}} &= g_{ny} \end{aligned}$$

که در این روابط p_{ij} نشان‌دهنده واریانس فنوتیپی و p_{ij} نشان‌دهنده کوواریانس فنوتیپی و g_{ij} نشان‌دهنده کوواریانس

واریانس و کوواریانس فنوتیپی و ژنوتیپی و واریانس محیطی و اثر متقابل محیط در ژنوتیپ بر مبنای امید ریاضی طبق فرمولهای زیر محاسبه شدند (۲).

$$\begin{aligned} \delta_e^2 &= \text{MSE} \\ \delta_{LV}^2 &= (\text{MSLV} - \text{MSE})/r \\ \delta_g^2 = \delta_v^2 &= (\text{MSV} - \text{MSLV})/rl \\ \delta_{ph}^2 &= \delta_v^2 + \delta_{LV}^2/l + \delta_e^2/rl = \text{MSV}/rl \end{aligned}$$

که در این روابط δ_e^2 واریانس مربوط به اشتباه آزمایش، δ_{LV}^2 واریانس اثر متقابل رقم در محیط، δ_g^2 و δ_{ph}^2 به ترتیب واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی^۱ می‌باشند و برای محاسبه کوواریانس‌های ژنوتیپی و فنوتیپی^۲ با استفاده از همین روابط فقط به جای مجموع مربعات از مجموع حاصلضرب‌ها استفاده می‌کنیم.

پیشرفت ژنتیکی برای هر صفت طبق رابطه زیر بدست آمد:

$$Gs = K \delta_{ph} (h^2)$$

پیشرفت ژنتیکی بدست آمده را در $100/X$ ضرب می‌کنیم و براساس درصدی از میانگین بدست می‌آوریم. در فرمول محاسبه‌ای پیشرفت ژنتیکی $K\delta_{ph}$ دیفرانسیل انتخاب δ_{ph} دیفرانسیل انتخاب استاندارد شده و δ_{ph} انحراف استاندارد فنوتیپی می‌باشد (۴).

در این تحقیق شدت انتخاب ۱۰ درصد در نظر گرفته شد و K معادل با $1/76$ در محاسبات بکار گرفته شد.

وراثت پذیری هر صفت از تقسیم واریانس ژنوتیپی به فنوتیپی برحسب درصد بدست آورده شد و انحراف استاندارد وراثت پذیری براساس روش ارائه‌شده توسط فالکونر مورد محاسبه قرار گرفت (۴).

ضریب تغییرات ژنوتیپی (GCV)^۳ و فنوتیپی (PCV)^۴ براساس روابط زیر بدست آمد (۸):

$$GCV = [\delta_g / x] \times 100 \quad PCV = [\delta_{ph} / x] \times 100$$

ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی از طریق فرمولهای

زیر محاسبه گردیدند:

$$r_g = \delta_{g12} / \delta_{g1} \times \delta_{g2} \quad r_{ph} = \delta_{ph12} / \delta_{ph1} \times \delta_{ph2}$$

- 1 . Genotypic and phenotypic variance
- 2 . Genotypic and phenotypic covariance
- 3 . Genotypic coefficient of variation
- 4 . Phenotypic coefficient of variation

مختلف انجام شد. کلیه صفات و اثر محیط برای آنها در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار داشتند که نشان دهنده دو محیط کاملاً متفاوت جهت بررسی این صفات و همچنین تنوع ارقام می باشد.

نظر به اینکه هدف از این تحقیق تعیین صفات متنوع جهت تشکیل شاخصهای انتخاب و برآورد واریانسهای ژنوتیپی و فنوتیپی این صفات می باشد از بحث بیشتر در این زمینه خودداری می کنیم.

از آنجا که انتخاب در صفاتی که تنوع بالاتری داشته باشند از دقت بیشتری برخوردار است ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی صفات مورد محاسبه قرار گرفت و به عنوان یکی از معیارهای مهم در غربال کردن صفات مورد استفاده قرار گرفت و براساس آنها میزان تنوع موجود در صفت را مورد بررسی قرار دادیم و صفات مناسب را انتخاب کردیم و صفاتی که شایستگی لازم را نداشتند حذف گردید.

یکی از ملاکهای مهم در انتخاب صفات همبستگی ژنوتیپی این صفات با عملکرد بود که بر این اساس همبستگی ژنوتیپی صفات با عملکرد مورد محاسبه قرار گرفت که هدف از محاسبه همبستگی ژنوتیپی، خارج کردن دخالت عوامل محیطی بود. از ۳۵ صفت مورد بررسی، فقط ۱۶ صفت دارای همبستگی ژنوتیپی معنی داری با عملکرد بود و همچنین این صفات دارای وراثت پذیری و پیشرفت ژنتیکی مناسبتری نیز بودند که وارد محاسبات تجزیه علیت شدند.

ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی مورد محاسبه قرار گرفت که صفات EL ، CGR_4 و NAR_3 دارای بالاترین میزان همبستگی ژنوتیپی با عملکرد می باشند که به ترتیب برابر با ۰/۹۲، ۰/۸۲ و ۰/۷۳ می باشند و هر سه در سطح یک درصد معنی دار هستند.

البته لازم به ذکر است که ضرایب همبستگی مورد بررسی، ضرایب همبستگی ژنوتیپی بوده است و ممکن است از نظر مقدار و جهت با نتایج حاصل از ضرایب خطی یا فنوتیپی متفاوت باشد. اگر هر دو صفت وراثت پذیری پایینی داشته باشند، نقش عوامل محیطی بیشتر می شود در صورتیکه وراثت پذیری بالایی داشته باشند نقش عوامل ژنتیکی در همبستگی فنوتیپی بیشتر خواهد بود. از اینرو نمیتوان از روی همبستگی فنوتیپی، علامت و کمیت همبستگی ژنوتیپی را تعیین کرد.

ژنوتیپی i امین صفت با عملکرد می باشد که این روابط به فرم ماتریسی به صورت زیر می باشد:

$$pb = g \quad \text{یا} \quad b = p^{-1}g$$

که b بردار ضرایب شاخص، p و p^{-1} به ترتیب ماتریس واریانس-کوواریانس فنوتیپی و معکوس آن و g ماتریس کوواریانس ژنوتیپی صفات با عملکرد می باشد. جهت محاسبه پیشرفت ژنتیکی در این شاخص از رابطه استفاده شد:

$$GA = z/p(b_1g_{1y} + b_2g_{2y} + \dots + b_n g_{ny})^{1/2}$$

که z/p دیفرانسیل انتخاب^۱ در واحد استاندارد، b_i ضرایب شاخص^۲ و g_{iy} همبستگی ژنوتیپی صفات با عملکرد می باشد (۲، ۱۹).

شاخص نوع دوم شاخص پیشرفت ژنتیکی^۳ (شاخص سودمندی ژنتیکی) می باشد که در این نوع شاخص ضرایب شاخص به وسیله رابطه زیر بدست می آید:

$$b = G^{-1}h$$

که b بردار ضرایب، G^{-1} معکوس ماتریس واریانس-کوواریانس ژنوتیپی و h بردار سودهای ژنتیکی برای هر صفت که برابر با درصد پیشرفت مورد نظر برای هر صفت ضرب در صد است می باشد (۹).

برای بررسی دقت شاخص نوع دوم از رابطه زیر استفاده شد:

$$r_{IH} = (b'Ga)/(a'Ga)^{1/2}(b'Pb)^{1/2}$$

که r_{IH} همبستگی شاخص با ارزش ارثی، a و b به ترتیب بردار وزنهای اقتصادی نسبی و بردار ضرایب شاخص که در بردار وزنهای اقتصادی نسبی برای عملکرد عدد یک و برای بقیه صفات عدد صفر منظور می گردد، P و G نیز به ترتیب ماتریس واریانس-کوواریانس فنوتیپی و ژنوتیپی صفات می باشد (۱۶).

نتایج و بحث

به منظور بررسی روابط بین اجزاء مختلف عملکرد و شاخصهای فیزیولوژیک و تعیین بهترین شاخصهای انتخاب جهت انتخاب ارقام پرمحصول ذرت، تجزیه واریانس صفات

1. Selection differential
2. Index coefficients
3. Genetic gain index

عملکرد بود میزان سودمندی نسبی شاخص‌ها محاسبه شد و براساس سودمندی نسبی که برای شاخص شماره یک ۱۰۰ در نظر گرفته شد و بقیه شاخص‌ها نسبت به آن سنجیده شده بود اقدام به رتبه‌بندی آنها کردیم و سپس آنها را مورد ارزیابی قرار دادیم.

برای شاخص نوع دوم از آنجا که ماکزیمم کردن همبستگی ارزش اصلاحی و شاخص انتخاب از اهداف مهم می‌باشد پس از محاسبه ضرایب شاخص‌ها اقدام به محاسبه این همبستگی شد و براساس مقادیر بدست آمده برای این همبستگی شاخص‌ها رتبه بندی شدند. از هر نوع شاخص ۲۸ حالت از ترکیبات صفات به عنوان شاخص‌ها مورد بررسی قرار گرفت که در جدول ۱ این ترکیبات نشان داده شده است.

شاخص نوع اول از روش رابینسون (۱۵) تشکیل گردید و تنها صفتی که در این روش در ارزش ارثی وارد گردید عملکرد بود. در این روش برای عملکرد ارزش اقتصادی یک و برای بقیه صفات ارزش اقتصادی صفر در نظر گرفته شد.

بیشترین پیشرفت ژنتیکی شاخص ($GA=2.5$) و سودمندی نسبی ($RE=211$) به شاخص شماره ۲۷ شامل صفات عملکرد، NAR_2 ، LAI_2 ، $NRPE$ و NN_3 با ضرایب به ترتیب $-1/508$ ، $0/5156$ ، $-4/666$ ، $-0/7142$ و $2/422$ تعلق دارد. این با یافته‌های یوسف (۱۹۷۷) مطابقت دارد که بیان می‌کند شاخصهایی که شامل صفت عملکرد می‌باشند بهترین پاسخ را خواهند داد و این برتری حدود ۱۰ درصد نسبت به انتخاب براساس عملکرد به تنهایی می‌باشد. در این شاخص، میزان جذب و تحلیل خالص گیاه یکی از شاخصهای فیزیولوژیک مهم بوده است که با نتایج واتسون (۱۹۵۲) همخوانی دارد. واتسون (۱۹۵۲) بیان داشت که می‌توان ماده خشک گیاه را بوسیله این شاخصها بهبود بخشید. و پس از آن بیشترین پیشرفت ژنتیکی شاخص ($GA=2.08$) و سودمندی نسبی ($RE=176$) متعلق به شاخص شماره ۱۶ بود که شامل صفات NAR_2 ، LAI_2 و NN_3 می‌باشد که به ترتیب ضرایب این صفات در این شاخص $0/257$ ، $-1/8581$ و $0/824$ می‌باشد. کمترین پیشرفت ژنتیکی ($GA=0.79$) و سودمندی نسبی ($RE=67$) متعلق به شاخص شماره ۱۹ است که شامل صفات EL و $NRPE$ می‌باشد که

مکانیسم‌های فیزیولوژیکی متفاوت مؤثر بر این صفات باعث اینچنین اختلافاتی در کمیت و حتی علامت‌های همبستگی‌های ژنوتیپی و فنوتیپی می‌شود. البته اشتباهات نمونه‌برداری و پاره‌ای از عوامل ناشناخته دیگر نیز در برآورد همبستگی‌های ژنوتیپی دخالت دارند و اصولاً تفسیر ضرایب همبستگی ژنوتیپی بسیار مشکل و پیچیده خواهد بود. برآورد همبستگی ژنوتیپی بزرگتر از یک در بعضی صفات ناشی از اشتباهات غیرقابل کنترل و تشخیص است و این مقدار بزرگتر برآورد شده قابل اغماض می‌باشد. هرچند این گونه همبستگی‌ها غیر قابل قبول می‌باشد، آن اشتباه را نادیده می‌گیریم و به همان گونه‌ای که بدست آمده مورد استفاده قرار می‌دهیم.

از آنجا که وارد کردن تعداد زیاد صفات در شاخص‌ها باعث کاهش دقت شاخص می‌شود و از جنبه عملی نیز غیرممکن به نظر می‌رسد برای کاهش تعداد صفات و انتخاب صفاتی که اثر مستقیم زیادی روی عملکرد باشند که انتخاب از طریق این صفات مؤثرتر خواهد بود اقدام به انجام تجزیه علیت روی صفات انتخاب شده شد.

در نهایت پس از انجام تجزیه علیت ۱۲ صفت شامل عملکرد دانه (تن در هکتار) ($GYH5$) به عنوان X_1 ، سرعت رشد گیاه زراعی در مرحله چهارم نمونه‌برداری ($CGR4=X_2$)، طول بلال ($EL=X_3$)، میزان جذب و تحلیل خالص در مراحل دوم و سوم نمونه‌برداری ($NAR2=X_4$ و $NAR3=X_5$)، شاخص سطح برگ در مراحل دوم و چهارم ($LAI2=X_7$ و $LAI4=X_6$)، تعداد ردیف دانه در بلال ($NRPE=X_8$)، طول میانگرمه در مرحله سوم نمونه‌برداری ($IL3=X_9$)، تعداد گره در مرحله سوم نمونه‌برداری ($NN3=X_{10}$)، ارتفاع گیاه در مرحله سوم نمونه‌برداری ($PH3=X_{11}$) و وزن بلال با پوشش در مرحله آخر نمونه‌برداری ($EWC5=X_{12}$) که از مؤثرترین صفات جهت ارزیابی و انتخاب غیرمستقیم ارقام با عملکرد بالا انتخاب بودند جهت تشکیل شاخصهای انتخاب مورد گزینش قرار گرفتند. با استفاده از روش‌های ذکر شده برای تشکیل شاخص و ترکیبات مختلف صفات انتخاب شده، ضرایب شاخص‌ها محاسبه گردیدند و سپس برای شاخص نوع اول اقدام به محاسبه میزان پیشرفت ژنتیکی هر شاخص گردید و بر اساس میزان پیشرفت ژنتیکی بدست آمده برای شاخص شماره یک که فقط شامل صفت

ضرایب آن به ترتیب ۰/۴۲۹۳ و ۰/۰۹۳۸ - می باشد که با نتایج واتسون (۱۹۵۲) مطابقت دارد.

همانطور که مشاهده می شود علامت مربوط به سطح برگ در این شاخص منفی می باشد که بیانگر این است که گیاه ذرت که به عنوان گیاهی چهارکربنه می باشد و در نور موجود به سطح اشباع نوری نمی رسد و افزایش بیشتر سطح برگ نه تنها باعث افزایش عملکرد نمی شود بلکه باعث کاهش آن می شود و لازم است با بهتر کردن مدیریت مزرعه و آرایش کاشت و نفوذ نور از سطح برگ فعلی استفاده بهینه شود و میزان جذب و تحلیل خاص گیاه را افزایش داد.

پیشرفت ژنتیکی و سودمندی نسبی شاخص شماره یک که فقط شامل عملکرد می باشد به ترتیب ۱/۱۸ و ۱۰۰ محاسبه گردید که رتبه آن ۱۵ بدست آمد. شاخص ها و ضرایب مربوطه، پیشرفت ژنتیکی، سودمندی نسبی و نتیجه رتبه بندی شده آنها در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است.

انتخاب صفات برای تشکیل شاخص ها بر این اساس بود که ورود صفات بشدت همبسته در شاخص باعث کاهش کارایی شاخص می شود لذا در این تحقیق همبستگی پایین تر از ۷۰ درصد را مناسب در نظر گرفته شد و صفات که همبستگی آنها از ۷۰ درصد کمتر بود در ترکیبات مختلف به عنوان شاخص های مختلف در نظر گرفته شد و صفاتی که بشدت همبسته بودند در یک شاخص وارد نگردید.

نتایج بدست آمده همچنین با یافته های رینکون و همکاران (۱۹۹۷) و رایبسون و همکاران (۱۹۵۰) که بیانگر اهمیت ویژه صفات مذکور است مطابقت دارد.

با استفاده از سود ژنتیکی صفات به عنوان ارزش اقتصادی آنها، شاخصی تحت عنوان شاخص سود ژنتیکی تشکیل گردید. در این شاخص صفات وارد شده در آن در ارزش ارثی نیز وجود دارد. پس از محاسبه ضرایب شاخص ها، جهت بررسی دقت شاخص، با استفاده از فرمول محاسبه ای ارائه شده در فصل سوم برای محاسبه همبستگی شاخص با ارزش ارثی، این همبستگی ها بدست آمد و سپس رتبه بندی شد. بالاترین همبستگی ($r_{HI}=0.87$) به شاخص شماره ۱۵ شامل صفات LAI_4 و NN_3 به ترتیب با ضرایب ۱۴۸/۲۲۶۱ و ۱/۱۱۰۶ تعلق داشت که نشان دهنده اهمیت این صفات می باشد و با نتایج بوتنارو (۱۹۸۸) مطابقت دارد.

پس از شاخص شماره ۱۵، شاخص شماره ۱۲ شامل صفات EL ، LAI_2 و NN_3 با ضرایب به ترتیب ۱۸/۱۸۴۲ -، ۱۰۴/۶۸۹ و ۴۷/۶۲۴۲ - است بالاترین همبستگی ($r_{HI}=0.85$) را به خود اختصاص داد که این نیز نشان دهنده اهمیت ویژه این صفات در انتخاب ارقام پرمحصولتر می باشد که با نتایج ارائه شده توسط رینکون و همکاران (۱۹۹۷)، شالیگینا (۱۹۹۰) و دیگران (۶، ۷) همخوانی دارد.

کمترین همبستگی ارزش ارثی با شاخص انتخاب ($r_{HI}=0.036$) به شاخص شماره ۱۱ شامل صفات EL ، LAI_2 ، PH_3 و EWC_5 به ترتیب با ضرایب ۳۴/۶۹۰۲ -، ۶۰/۸۶۱۶ -، ۱۱/۵۸۳۸ و ۲/۸۴۳۴ تعلق دارد. شاخص شماره یک که فقط شامل صفت عملکرد می باشد دارای $r_{HI}=0.8$ است. مقدار r_{HI} در شاخص شماره ۱۹ بدلیل منفی شدن حاصلضرب $a'Ga$ را نمی توان بدست آورد.

نکته قابل توجه در این شاخص این است که در شاخص با بالاترین مقدار همبستگی، شامل صفات LAI_2 و NN_3 می باشد که نشان دهنده اهمیت بسیار زیاد این صفات در انتخاب ارقام پرمحصولتر می باشد.

ضرایب مربوط به ارتفاع گیاه و تعداد گره به ترتیب منفی و مثبت است که بیانگر کاهش عملکرد گیاه با افزایش ارتفاع است که امری منطقی به نظر می رسد و در ارقام جدید سعی در حفظ ارتفاع فعلی و افزایش تعداد گره جهت استحکام بیشتر و جلوگیری از خوابیدن گیاه می شود و به نظر می رسد که باید در جهت تنظیم آرایش برگ ها و نفوذ بیشتر نور در مجموعه گیاهی تلاش نمود و از این طریق از طرفی ارتفاع گیاه را در حد مناسبی نگه داشت و از طرف دیگر میزان جذب و تحلیل خالص گیاه را افزایش داد و مانع رشد رویشی زیاد گیاه نیز شد که در این راستا استفاده از شاخص های انتخاب محدود توصیه می شود.

شاخص ها، صفات وارد شده در هر شاخص، ضرایب، همبستگی ها و نتایج رتبه بندی شده آنها در جدول شماره ۳ آورده شده است. در استنتاج کلی می توان به این صورت بیان کرد که امکان مقایسه انواع مختلف شاخص های انتخاب فقط از طریق کاربرد عملی میسر است و از دیدگاه تئوری معیاری جهت مقایسه بین آنها وجود ندارد ولی اگر بخواهیم یک نتیجه گیری کلی داشته باشیم می توان گفت که شاخص شماره ۲ و ۱۶ در هر دو نوع شاخص جزو برترین شاخص ها می باشد.

جدول ۱- ترکیبات مختلف صفات در شاخصهای انتخاب

متغیر شاخص ↓	X1 (GYH5)	X2 (CGR4)	X3 (EL)	X4 (NAR2)	X5 (NAR3)	X6 (LAI4)	X7 (LAI2)	X8 (NRPE)	X9 (IL3)	X10 (NN3)	X11 (PH3)	X12 (EWC5)
۱	×											
۲	×			×								
۳	×				×							
۴	×					×						
۵	×						×					
۶	×							×				
۷	×									×		
۸	×										×	
۹	×											×
۱۰		×								×		×
۱۱			×				×				×	×
۱۲			×				×			×		
۱۳							×		×			
۱۴					×			×				×
۱۵						×				×		
۱۶				×			×			×		
۱۷								×		×	×	
۱۸							×	×	×			
۱۹			×					×				
۲۰		×			×	×		×				
۲۱								×		×		
۲۲			×							×		
۲۳		×			×	×						
۲۴	×					×				×		
۲۵	×							×		×		
۲۶	×				×			×				×
۲۷	×			×			×	×		×		
۲۸	×				×	×		×				

X₁(GYH₅): عملکرد(تن در هکتار) X₂: سرعت رشد گیاه زراعی در مرحله چهارم نمونه برداری (CGR₄) (EL) X₃: طول بلال

X₄ و X₅: میزان جذب خالص در مراحل دوم و سوم نمونه برداری (NAR₂ و NAR₃) X₆ و X₇: شاخص سطح برگ در مراحل چهارم و دوم نمونه برداری

(LAI₂ و LAI₄) X₈ (NRPE): تعداد ردیف در بلال X₉ (IL₃): طول میانگرمه در مرحله سوم X₁₀(NN₃): تعداد گره در مرحله سوم

X₁₁(PH₃): ارتفاع گیاه در مرحله سوم نمونه برداری X₁₂ (EWC₅): وزن بلال با پوشش در مرحله پنجم نمونه برداری

جدول ۲- ترکیبات مختلف صفات و ضرایب مربوطه، پیشرفت ژنتیکی، سودمندی نسبی و رتبه هر کدام از ترکیب صفات در شاخص انتخاب نوع اول

ردیف	شاخص	GA	RE	رتبه
۱	۰/۶۵۲۵x۱	۱/۱۸	۱۰۰	۱۵
۲	۰/۲۰۵۶x۱ + ۰/۱۵۷۶x۴	۱/۶۲	۱۳۷	۴
۳	۰/۵۲۲۹ x۱ + ۰/۰۷۴۲x۵	۱/۳	۱۱۰	۱۰
۴	۰/۵۸۴۷x۱ - ۰/۷۲۷۶x۶	۱/۲۴	۱۰۵	۱۳
۵	۰/۵۴۷۲x۱ - ۰/۵۷۷۳x۷	۱/۲۶	۱۰۶	۱۲
۶	۰/۶۰۸۴x۱ - ۰/۲۸۱۳x۸	۱/۲۴	۱۰۵	۱۳
۷	۰/۵۹۴۷x۱ - ۰/۵۲۲x۱۰	۱/۲۷	۱۰۸	۱۱
۸	۰/۶۷۱۴x۱ + ۰/۰۰۴۶x۱۱	۱/۱۸	۱۰۰	۱۵
۹	۰/۶۵۵۸x۱ - ۰/۰۰۰۳ x۱۲	۱/۱۸	۱۰۰	۱۴
۱۰	۰/۰۸۰۹x۲ - ۰/۰۵۹۷ x۱۰ + ۰/۰۳۵۱x۱۲	۱/۳۴	۱۱۳	۷
۱۱	۰/۴۰۵۶x۳ - ۱/۲۳۸۷x۷ + ۰/۰۲۱۸۴x۱۱ + ۰/۰۰۹۴x ۱۲	۱/۲	۱۰۲	۱۴
۱۲	۰/۴۱۷۷x۳ - ۰/۹۸۱۲x۷ - ۰/۲۵۱۲x۱۰	۱/۱۸	۱۰۰	۱۵
۱۳	-۱/۰۰۱۳x۷ - ۰/۱۲۸۷x۹	۰/۹	۷۶	۱۸
۱۴	۰/۰۸۶۴x۵ - ۰/۲۰۱۴x۸ + ۰/۰۱۹۲x۱۲	۱/۱۴	۹۶	۱۶
۱۵	-۱/۰۹۳۶x۶ - ۰/۶۴۸۴x۱۰	۰/۹۳	۷۹	۱۷
۱۶	۰/۲۵۷۷x۴ - ۱/۸۵۸۱x۷ + ۰/۸۲۴۴x۱۰	۲/۰۸	۱۷۶	۲
۱۷	-۰/۳۵۷۶x۸ - ۰/۵۶۱۸x۱۰ - ۰/۰۲۵x۱۱	۰/۹۳	۷۹	۱۷
۱۸	-۱/۳۷۳۱x۷ - ۰/۷۱۵۶x۸ - ۰/۱۶۵۳x۹	۱/۳۱	۱۱۱	۹
۱۹	۰/۴۲۹۳x۳ - ۰/۰۹۳۸x۸	۰/۷۹	۶۷	۲۰
۲۰	۰/۰۷۲۰۶x۲ + ۰/۰۶۲۸x۵ - ۲/۵۷۳۶۹x۶ - ۰/۳۹۰۷x۸	۱/۶۵	۱۳۹	۳
۲۱	-۰/۲۸۹۲x۸ - ۰/۶۱۰۶x۱۰	۰/۸۱	۶۹	۱۹
۲۲	۰/۳۶۸۹x۳ - ۰/۵۱۸۴x۱۰	۰/۹	۷۶	۱۸
۲۳	۰/۰۸۴۹x۲ + ۰/۰۷۱۸x۵ - ۲/۳۳۸۶x۶	۱/۵۸	۱۳۴	۵
۲۴	۰/۵۴۲۵x۱ - ۰/۶۱۹۳x۶ - ۰/۴۷۲۲x۱۰	۱/۳۱	۱۱۱	۹
۲۵	۰/۵۷۶۴x۱ - ۰/۱۸۵۹x۸ - ۰/۴۲۳۴x۱۰	۱/۲۹	۱۱۰	۱۰
۲۶	۰/۵۳۶۶x۱ + ۰/۰۶۴۵x۵ - ۰/۱۷۶۹x۸ - ۰/۰۰۲۳x۱۲	۱/۳۲	۱۱۲	۸
۲۷	-۱/۵۰۸۷x۱ + ۰/۵۱۵۶x۴ - ۴/۶۶۶x۷ - ۰/۷۱۴۲x۸ + ۲/۴۲۲۷x۱۰	۲/۵	۲۱۱	۱
۲۸	۰/۲۵۳۸x۱ + ۰/۰۹۲۸x۵ - ۱/۷۶۲۷x۶ - ۰/۴۶۰۱x۸	۱/۵۴	۱۳۱	۶

صفات در انتخاب صفات وارد شده در شاخص بسیار مهم می‌باشد.

در صورتیکه صفات وارد شده در شاخص‌ها وراثت‌پذیری پایینی داشته باشند باعث پنهان کردن همبستگی ژنوتیپی صفات می‌شود و از آنجا که همبستگی ژنوتیپی صفات در تعیین صفات وارد شده در شاخص‌ها و ضرایب شاخص‌ها نقش مؤثری دارد وراثت‌پذیری صفات نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌شود.

می‌توان از شاخص‌های انتخاب در جهت انجام بهتر و موفقتر برنامه‌های دورگ‌گیری نیز استفاده نمود به این صورت که والدینی که مقدار بدست آمده شاخص آنها بیشتر است، در صورتیکه واریانس افزایشی صفت مورد نظر که قصد بهبود آن را داریم قسمت اعظم واریانس مربوط به آن صفت باشد یا به عبارت دیگر سهم عوامل غیر افزایشی روی آن صفت کم باشد، را با هم تلاقی داده و انتظار می‌رود که نتایج بدست‌آمده از نظر آن صفت مناسب باشند. از این نظر است که وراثت‌پذیری

ندارد و لزوماً شاخصی که تعداد صفت بیشتری در خود داشته باشد مناسبتر نیست و آنچه مهم می‌باشد این است که صفات انتخاب شده دارای میزان بالای وراثت‌پذیری، تنوع ژنوتیپی، پیشرفت ژنتیکی و همبستگی ژنوتیپی با عملکرد باشد و صفات وارد شده در یک شاخص همبستگی شدیدی نیز با هم نداشته باشند. از طرف دیگر باید دقت نمود تا حد ممکن آزمایش انجام شده به این منظور از تنوع کافی رقم و محیط نیز برخوردار باشد چرا که با انجام آزمایش در طیف وسیعی از محیط‌ها و رقم باعث افزایش دقت شاخص‌های بدست آمده می‌شود.

به طور کلی امکان مقایسه انواع شاخص‌ها وجود ندارد و از دیدگاه تئوری ملاکی جهت مقایسه شاخص‌ها وجود ندارد و فقط از لحاظ عملی و کاربرد این شاخص‌ها در یک برنامه انتخاب ارقام می‌توان میزان کارایی آنها را مورد بررسی قرار داد که این امر نیز توصیه می‌شود ولی اگر بخواهیم یک استنتاج کلی داشته باشیم می‌توان گفت که شاخص نوع اول به دلیل سهولت محاسبات و استفاده، کاربردی‌تر است ولی اگر ارزشهای اقتصادی نسبی دقیقی در دسترس باشد استفاده از شاخص انتخاب اپتیمم توصیه می‌شود.

لازم به ذکر است که تعدا صفات وارد شده در شاخص‌ها اهمیت

جدول ۳- ترکیبات مختلف صفات، ضرایب مربوطه و رتبه هر کدام از ترکیبات در شاخص انتخاب نوع دوم

رتبه	I _{HI}	شاخص	ردیف
۳	۰/۸۱	۱۴/۹۳۴۹X _۱	۱
۱۲	۰/۳۵	-۶/۱۱۴۷X _۱ + ۳/۲۴۸۱X _۴	۲
۱۵	۰/۲۳	۲۴/۰۶۹۱X _۱ - ۲/۵۰۰۸X _۵	۳
۹	۰/۴۴	۶۰/۹۹۵۱X _۱ + ۲۴۲/۵۵۲۹X _۶	۴
۶	۰/۶۴	۷۵/۱۰۰۵۲X _۱ + ۱۸۳/۱۲۰۷X _۷	۵
۷	۰/۵۲	۲۸/۲۷۸۳X _۱ + ۳۲/۶۹۱۳X _۸	۶
۱۳	۰/۳۴	۳۵/۳۲۷۵X _۱ + ۶۶/۰۵۳۵X _{۱۰}	۷
۱۰	۰/۴۱	۲۰/۳۴۸X _۱ + ۱/۵۸۳۵X _{۱۱}	۸
۲۰	۰/۰۸	۲۵/۹۸۲۹X _۱ - ۱/۰۲۷۵X _{۱۲}	۹
۲۰	۰/۰۸	۰/۸۹۸۹X _۲ + ۳۹/۶۹۳۸X _{۱۰} + ۰/۹۱۱۶X _{۱۲}	۱۰
۲۳	۰/۰۴	-۳۴/۶۹۰۲X _۳ - ۶۰/۸۶۱۶X _۷ + ۱۱/۵۸۳۸X _{۱۱} + ۲/۸۴۳۴X _{۱۲}	۱۱
۲	۰/۸۵	-۱۸/۱۸۴۲X _۳ + ۱۰۴/۶۸۹X _۷ - ۴۷/۶۲۴۲X _{۱۰}	۱۲
۴	۰/۷۴	۱۰۴/۹۵۲۶X _۷ - ۳۵/۱۱۰۶X _۹	۱۳
۱۷	۰/۱۶	۱/۸۴X _۵ + ۲۰/۰۱۹۲X _۸ + ۰/۲۴۳۷X _{۱۲}	۱۴
۱	۰/۸۷	۱۴۸/۲۲۶۱X _۶ + ۱/۱۱۰۶X _{۱۰}	۱۵
۱۸	۰/۱۵	-۲۰/۴۹۰۵X _۴ + ۲۰۷/۱۷۴۸X _۷ - ۱۳۰/۶۱۱X _{۱۰}	۱۶
۱۹	۰/۱۲	۱۲/۳۰۶X _۸ + ۲۴/۹۷۶۴X _{۱۰} - ۱/۱۵۸۲X _{۱۱}	۱۷
۸	۰/۴۸	۱۷۲/۰۸۹۲X _۷ + ۷۲/۲۲۶۱X _۸ - ۶۸/۱۶۳۵X _۹	۱۸
-	-	-۱۶/۶۳۷۶X _۳ - ۱۴/۵۲۰۲X _۸	۱۹
۲۲	۰/۰۵	-۶/۹۷۶X _۲ + ۴/۹۴۲۹X _۵ + ۳۲۱/۴۳۹۵X _۶ + ۷۹/۲۰۰۷X _۸	۲۰
۵	۰/۶۹	۱۰/۶۹۱X _۸ + ۱۷/۵۰۲۷X _{۱۰}	۲۱
۱۱	۰/۳۹	-۱۷۰/۷۵۱X _۳ - ۲۴۸/۸۴۸X _{۱۰}	۲۲
۲۲	۰/۰۵	-۱۵/۷۸۲۴X _۲ + ۷/۶۲۷X _۵ + ۲۹۶/۶۱۵۳X _۶	۲۳
۱۳	۰/۳۴	۱۰۳/۶۹۴۷X _۱ + ۲۷۷/۹۸۹۳X _۶ + ۱۱۶/۵۱۱۶X _{۱۰}	۲۴
۱۴	۰/۳	۵۷/۱۷۵X _۱ + ۴۲/۴۳۱۹X _۸ + ۸۰/۷۲۱۳X _{۱۰}	۲۵
۲۱	۰/۰۷	۴۴/۶۸۰۲X _۱ - ۲/۶۵۹۲X _۵ + ۳۰/۲۲۱X _۸ - ۰/۷۱۵۹X _{۱۲}	۲۶
۱۶	۰/۱۹	-۱۱/۲۶۷X _۱ + ۱۵/۳۳۱۱X _۴ + ۱۰۳/۸۳۲۳X _۷ + ۱۰۴/۱۶۴۶X _۸ - ۱۱/۱۲۳۳X _{۱۰}	۲۷
۲۰	۰/۰۸	۱۰۱/۹۶۱X _۱ + ۱۵/۰۸۱۸X _۵ - ۱۷۰/۴۶۹X _۶ - ۷۲/۱۲۲۵X _۸	۲۸

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. رضایی، ع. ۱۳۷۳. شاخصهای انتخاب در اصلاح نباتات. چهارمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. انتشارات دانشگاه تبریز. صفحه ۳۰-۵۴.
2. Baker, R.J. 1986. Selection Indices in Plant breeding. CRC.Press. Inc. 218p.
3. Butnaru, G. 1988. Biological yield of (*Zea mays* L.) as a function of quantitative leaf characters. Plant Breeding(Abst). 58: 321.
4. Falconer, D. S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. (3rd editon) Longman, New york. 415p.
5. Gilmore, E. C. Jr., & J. S. Rogers. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agron. J. 50: 611-615.
6. Jatimliansky, G. R., M. I. Urrutia, & M. G. Arturi. 1988. Path analysis of dry matter production and its components in flint type maize. Maize Genetics Cooperation Newsletter. Plant Breed. Abst. 62: 73.
7. Jatimliansky, J. R., M. I. Urrutia, & M. J. Arturi. 1987. Relationship between photosynthesis, canopy traits and yield in flint type corn. Plant Breeding(Abst). 57: 117.
8. Johnson, H. W., H. F. Robinson, & R. E. Comstock. 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. Agron. J. 21: 314-318.
9. Kauffmann, k. D., & J. W. Dudley. 1979. Selection indices for corn grain yield, percent protein, and kernel weight. Crop sci. 19: 583-588.
10. Malhotra, V. V., & A. S. Khehra. 1986. Genotypic variation and covariation in indigenous germplasm of maize. Indian J. Agric. Sci. Camb. 56: 811-816.
11. Mushtag, A., M. Afzal, & M. Ibrahim. 1978. Relationship studies among various characters of maize. Plant Breeding(abst). 53: 506.
12. Nawor, A. A., M. E. Ibrahim, & A. N. M. Khalili. 1991. The efficiency of three conventional selection indices in corn. Ann. Agri. Sci. 29: 63-75.
13. Pesek, J., & R. J. Baker. 1970. An application of index selection to the improvement of self-pollinated species. Can. J. Plant sci. 50: 267-276.
14. Rincon, F., B. Johnson, J. Crossa, & S. Taba. 1997. Identifying subsets of maize accessions by three-mode principal component analysis. Crop sci. 37: 1936-1943.
15. Robinson, H. F., R. E. Comstock, & P. H. Harvey. 1950. Genotypic and phenotypic correlation in corn and their implications in selection. Agron. J. 10: 282-287.
16. Shalygina, O. M. 1990. Correlation of yield in maize plants with its yield components and biological characters under irrigation in the lower volga area. Sbornic Nauchnykh Trudov Po Prikladnoi Botanike, Genetikei Seleksii. Plant Breed(Abst). 134: 10-14.
17. Trifunovic, B. V. 1989. Determining the relationships between grain yield and certain morphological traits in maize hybrids. Plant Breedin(Abst). 59: 617.
18. Watson, D. J. 1952. The physiological basis of variation in yield. Adv. Agron. 4: 101-145.
19. Yosaf, M. 1977. The uses of selection indices in maize (*Zea mays* L.). In genetic diversity in plants. Muhammed, A., Aksel, R., and Von Borstel, R. C., Eds., Plenum Press, New york, 259pp.

Selection Indices as Indirect Selection in Corn Hybrids (*Zea mays* L.) for Increasing Grain Yield

M. MODARRESI¹, M. KHERADNAM² AND M. T. ASSAD³
1, 2, 3, Former Graduate Student, Assistant Professor and Professor,
Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
Accepted July, 9. 2003

SUMMARY

Grain yield is a quantitative trait advance in which through direct selection would be time consuming. Indirect selection employing selection index is more promising. A field experiment was conducted during the 1999-2000 growing season in two locations (Kooshkak and Badjgah). Thirteen corn hybrids were employed in a randomized complete block design with three replications in each location. Thirty five traits were assessed five developmental stages (stem elongation, tasseling, blister, hard dough and physiological maturity), combined analysis of variance and covariance being conducted. Finally 12 traits (grain yield, CGR₄, Ear length, NAR₂, NAR₃, LAI₂, LAI₄, Row number per ear, Internode length in 3rd stage, Plant height in 3rd stage and coated ear weight in 5rd stage) were selected for constructing selection indices via path analysis. First selection index was conducted in Robinson's method. Selection index including grain yield, NAR₂, LAI₂, row number per ear and node number in 3rd stage was found to be the best index. Genetic gain index was the 2nd kind used in this investigation. Selection index including LAI₄ and node number in 3rd stage was evaluated as the best index. In both selection indices, physiological indices including net assimilation rate, crop growth and relative growth rate were found to be the most important traits among the best selection indices.

Key words: Corn, Selection indices , Genetic gain