

تعیین شاخص‌های انتخاب در ارقام ذرت (*Zea mays* L.) به منظور افزایش عملکرد دانه

محمد مدرس، محمد تقی آساد و منوچهر خردنام^۱

چکیده

عملکرد، صفتی کمی است و رسیدن به بهبود ژنتیکی در آن از طریق گزینش مستقیم، وقت‌گیر است. کاربرد شاخص‌های انتخاب می‌تواند یکی از روش‌های مؤثر انتخاب غیر مستقیم باشد. پژوهشی در سال زراعی ۱۳۷۸-۷۹ 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. با نمونه‌برداری در مراحل طویل شدن ساقه، ظهور کامل گل‌تاجی، شیری شدن دانه، خمیری سخت و رسیدن فیزیولوژیک، در نهایت ۳۵ صفت اندازه‌گیری و محاسبه و هم‌چنین تجزیه واریانس و کوواریانس روی داده‌ها انجام شد. با کمک تجزیه علیت، ۱۲ صفت برای تشکیل شاخص‌های انتخاب گزینش شدند. در این پژوهش دو نوع شاخص انتخاب از نوع اپتیمم به کار برده شد. در هر دو نوع شاخص انتخاب، ۲۸ ترکیب مختلف از صفات به‌عنوان رابطه‌های خطی (مدل خطی چند متغیره) به کار برده و ضرایب مربوط به هر کدام از صفات در این ترکیب‌ها محاسبه شد. ضرایب مربوط به هر کدام از شاخص‌ها با استفاده از $b = p^{-1}Ga$ به دست آمد که b بردار ضرایب شاخص، p^{-1} معکوس ماتریس واریانس-کوواریانس فنوتیپی، G ماتریس واریانس-کوواریانس ژنوتیپی و a بردار ستونی وراثت‌پذیری صفات است. در شاخص انتخاب نوع اول، وراثت‌پذیری صفات با علامت‌های یکسان به‌عنوان ارزش‌های اقتصادی در نظر گرفته شد. برترین شاخص انتخاب نوع اول، شامل صفات عملکرد دانه و میزان جذب و تحلیل خالص در مرحله دوم نمونه‌برداری بود. در شاخص انتخاب نوع دوم به وراثت‌پذیری صفات به‌عنوان ارزش اقتصادی، علامتی برابر با علامت ضریب هم‌بستگی ژنوتیپی صفات مذکور با عملکرد داده شد. در نهایت برترین شاخص انتخاب نوع دوم، شامل صفات عملکرد دانه و میزان جذب و تحلیل خالص در مرحله دوم نمونه‌برداری بود. هم‌بستگی برترین شاخص در هر دو نوع شاخص انتخاب با ارزش ارثی برابر با یک به دست آمد که ۱۴ درصد برتر از شاخص شماره یک که شامل عملکرد تنها بود، می‌باشد. 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.

واژه‌های کلیدی: ذرت، شاخص انتخاب، شاخص اپتیمم و وراثت‌پذیری

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شیراز

مقدمه

خواهند داد. کارایی این شاخص‌ها حدود ۱۰ درصد بیشتر از گزینش مستقیم عملکرد بود.

رابینسون و همکاران (۱۹) نشان دادند شاخص‌هایی که شامل صفات عملکرد، اجزای عملکرد و ارتفاع گیاه باشد پاسخ بهتری نسبت به انتخاب مستقیم عملکرد در بهبود عملکرد ذرت خواهند داشت.

مهم‌ترین شاخص‌های رشد در گیاهان، شاخص سطح برگ، میزان رشد گیاه زراعی، سرعت رشد نسبی و میزان جذب و تحلیل خالص است. عملکرد ماده خشک گیاه را می‌توان با شاخص‌هایی از قبیل میزان رشد محصول و سرعت رشد نسبی بهبود بخشید (۲۲). در بیشتر برنامه‌های به‌نژادی، بهبود چندین صفت به‌صورت هم‌زمان در نظر گرفته می‌شود. بهبود یک صفت ممکن است باعث پیشرفت مثبت یا منفی صفات دیگر شود. بنابراین توجه به این تغییرات به‌ویژه در صفات عمده زراعی اهمیت خاصی دارد (۵).

یانگ (۷) بیان کرد که با افزایش شمار صفات، شاخص انتخاب از انتخاب نوبتی کاراتر خواهد بود و بیشترین برتری شاخص انتخاب زمانی خواهد بود که صفات اهمیت یکسانی داشته و شدت انتخاب، پایین‌تر از ۵۰ درصد باشد.

به‌منظور تخمین ضرایب شاخص اپتیمم نیاز به داده‌های ارزش‌های اقتصادی نسبی صفات، واریانس‌های ژنوتیپی، فنوتیپی و کوواریانس بین صفات است. در مواردی ارزش‌های اقتصادی نسبی برخی از صفات موجود در شاخص که از نظر اقتصادی اهمیت کمتری دارند، صفر در نظر گرفته می‌شود. کاربرد این صفات در شاخص ممکن است باعث افزایش پاسخ کلی آن شود (۷ و ۸).

در صورتی‌که حداقل وراثت‌پذیری صفات برابر یا بزرگ‌تر از ۰/۳ باشد، شاخص انتخاب اپتیمم بیشترین کارایی (حدود ۱۵ درصد) را خواهد داشت. در صورت نبود برآوردهای معتبر از پارامترهای جمعیت، کاربرد شاخص انتخاب پایه توصیه می‌شود (۷).

در شاخص پیشنهادی اسمیت و همکاران (۲۱) برآورد

به‌کارگیری روش‌های نوین به‌نژادی و به‌زراعی در بالا بردن عملکرد ذرت در کشور و در نهایت تأمین ذرت مورد نیاز امری مهم است. عملکرد، صفتی است که تحت کنترل ژن‌های زیادی بوده و عملاً گزینش‌های غیر مستقیم به بهبود ژنتیکی آن منجر می‌شود. یکی از مؤثرترین روش‌های غیرمستقیم، بهره‌گیری از شاخص‌های انتخاب می‌باشد. (۲۱).

برای بهبود دو یا چند صفت به‌طور هم‌زمان، سه روش انتخاب، شامل شاخص انتخاب، انتخاب مستقل و انتخاب نوبتی، در برنامه اصلاحی، مناسب تشخیص داده شده است. شاخص انتخاب امتیازی است که شایستگی صفات مختلف را منعکس می‌کند و ترکیبی خطی از ارزش‌های فنوتیپی است که با ضرایبی وزن می‌شود. انتخاب در بین ژنوتیپ‌ها براساس ارزش نسبی امتیاز شاخص انجام می‌شود. در انتخاب پی‌درپی یا نوبتی، هر صفت به‌طور منفرد در نسل‌های متوالی گزینش می‌شود و تا حصول سطح مطلوب، انتخاب انجام می‌شود. در انتخاب مستقل برای هر صفت، سطح معینی در نظر گرفته می‌شود و افرادی که ارزش فنوتیپی کمتر از سطح موردنظر را دارند از جمعیت حذف می‌شوند (۲ و ۷).

اصولاً بهترین روش انتخاب روشی است که برمبنای تمام داده‌های قابل دسترس در خصوص ارزش اصلاحی یک فرد (گیاه) پایه‌ریزی شده باشد. در این روش، برای هر صفت بسته به اهمیت اقتصادی نسبی، وراثت‌پذیری آن و همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی بین صفات مختلف، امتیاز یا وزن مناسبی داده می‌شود (۱۰).

افزایش عملکرد ممکن است ناشی از افزایش عملکرد بیولوژیک (کل ماده خشک بالای سطح خاک) یا شاخص برداشت (نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک) و یا هر دوی آنها باشد (۱۱). یوسف (۲۴) در آزمایشی که شامل ۱۰ گروه مختلف از هیبریدهای حاصل از لاین‌های S_1 ، که یک رقم مصنوعی ذرت بود، چنین نتیجه گرفت که برای بهبود عملکرد، شاخص‌هایی که شامل صفت عملکرد دانه‌اند، بهترین پاسخ را

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

مراحل تهیه زمین شامل شخم بهاره، دیسک دوطرفه، تسطیح مزرعه و سپس ایجاد جوی و پشته بود. ابعاد هر کرت $6 \times 4/5$ متر مربع و در هر کرت ۵ ردیف کشت گردید که ردیف‌های اول و آخر و ۵/۱ متر از ابتدا و انتهای هر کدام به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی هر ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در مرحله ۴-۳ برگگی با تنک کردن بوته‌ها در هر ردیف ۳۰ گیاه به فاصله ۲۰ سانتی‌متر باقی گذاشته شد (۱).

به‌منظور تأمین نیاز کودی مزرعه، کود فسفات آمونیوم به‌میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار هنگام کاشت و کود اوره در دو مرحله (۲۰۰ کیلوگرم زمان کاشت و ۲۰۰ کیلوگرم در مرحله ۸-۶ برگگی) به مزرعه داده شد. بذرهای قبل از کاشت با قارچ‌کش تیابندازول ضدعفونی شد و برای جلوگیری از خسارت احتمالی بعضی از حشرات با حشره‌کش سویین نیز (۲ در هزار) مخلوط گردید (۱۸). آبیاری هر دو مزرعه براساس نیاز عادی و نرمال منطقه و گیاه انجام شد و برای مبارزه با علف‌های هرز نیز از علف‌کش‌های آترازین و توفوردی بهره‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری صفات و انتخاب صفات شایسته برای تشکیل شاخص‌های انتخاب، ۵ نمونه‌برداری در مراحل زیر انجام شد (۶):

مرحله طویل شدن ساقه: مرحله‌ای است که ساقه اصلی (برخلاف ساقه کاذب) شروع به طویل شدن می‌کند و این مرحله در گیاه ذرت تقریباً از زمان ظهور کامل برگ ششم به بعد است. در این مرحله مریستم رویشی ساقه به بالای سطح خاک آمده و رشد طولی ساقه تا قبل از گلدهی ادامه دارد. با شروع مرحله ساقه رفتن اولین گره ساقه را می‌توان لمس کرد.

مرحله ظهور کامل گل تاجی: این مرحله زمانی است که در ۵۰ درصد گیاهان، گل نر به‌طور کامل ظاهر شده است.

وراثت‌پذیری صفات به‌عنوان ضرایب شاخص به‌کار برده می‌شود. ولی شاخص‌هایی که با وزن‌های اقتصادی نسبی مشخص باشند، احتمالاً کاراتر است.

مالهوترا و کهرا (۱۶) با بهره‌گیری 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 آزمایشی در روسیه، ۳۳۸ رقم ذرت بررسی و مشخص شد که طول بلال، وزن بلال، شمار دانه در ردیف و شمار بلال در گیاه، هم‌بستگی مثبت بالایی با عملکرد دانه دارند و می‌توانند در اصلاح برای عملکرد مؤثر باشند (۲۰).

در آزمایشی که توسط جاتیمیلیانسکی و همکاران (۱۴) انجام شد با بهره‌گیری از تجزیه علیت، به این نتیجه رسیدند که شمار بلال در گیاه و قطر بلال اثر مستقیم بیشتری نسبت به سایر صفات روی عملکرد دانه دارا بوده و انتخاب مستقیم از طریق این صفات مناسب است.

هدف از این پژوهش، انتخاب صفات شایسته برای ورود به شاخص، برآورد ضرایب شاخص‌ها، محاسبه هم‌بستگی ارزش ارثی با هر کدام از شاخص‌ها، رتبه‌بندی شاخص‌های به‌دست آمده و در نهایت برآورد بهترین شاخص انتخاب بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی شاخص‌های انتخاب در ژنوتیپ‌های ذرت، آزمایشی در دو ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در باجگاه (با ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا، طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی) و کوشکک (با ارتفاع ۱۶۵۰ متر از سطح دریا، طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۷ دقیقه شمالی)، در سال زراعی ۱۳۷۸-۷۹ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی ۱۳ هیبرید ذرت انجام شد. بافت خاک هر دو مزرعه تحقیقاتی از نوع لومی‌رسی است. بذر هیبریدها از مؤسسه

$$\begin{aligned} RGR &= [(\ln W_2 - \ln W_1)/(M_2 - M_1)] \times 1000 \\ CGR &= [(W_2 - W_1)/(M_2 - M_1)] \times (1/GA) \times 1000 \\ NAR &= CGR/LAI \end{aligned} \quad [1]$$

شاخص سطح برگ با اندازه‌گیری سطح برگ ۱۰ بوته محاسبه شد. P سطح اشغال شده توسط یک گیاه است. W_1 و W_2 وزن خشک برداشت شده در دو مرحله متوالی، M_1 و M_2 شاخص‌های حرارتی است که برحسب درجه روز - رشد (GDD) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

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

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 برای گیاه ذرت ($10^\circ C$) است (۱۲).

نخست، برای هر صفت، تجزیه مرکب انجام شد. نظر به این‌که یکی از ژنوتیپ‌ها تفاوت بسیار زیادی با بقیه داشت و این تفاوت باعث ایجاد اریبی در محاسبات و در نهایت کاهش دقت شاخص‌ها می‌شد، آن رقم حذف و با ۱۲ رقم تجزیه مرکب انجام شد. در کلیه محاسبات رقم و محیط به‌عنوان عوامل تصادفی در نظر گرفته شدند.

واریانس و کوواریانس فنوتیپی و ژنوتیپی و واریانس محیطی و برهمکنش محیط با ژنوتیپ بر مبنای امید ریاضی طبق فرمول‌های زیر محاسبه شدند (۷)

$$\begin{aligned} \delta_e^2 &= MSE \\ \delta_{LV}^2 &= (MSLV - MSE)/r \\ \delta_g^2 = \delta_v^2 &= (MSV - MSLV)/rl \\ \delta_{ph}^2 &= \delta_v^2 + \delta_{LV}^2/l + \delta_e^2/rl = MSV/rl \end{aligned} \quad [3]$$

δ_e^2 واریانس خطای آزمایش، δ_{LV}^2 واریانس برهمکنش رقم با محیط، δ_g^2 و δ_{ph}^2 به ترتیب واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی و r و l به ترتیب تکرار و محیط هستند. برای محاسبه کوواریانس‌های ژنوتیپی و فنوتیپی با بهره‌گیری از همین روابط فقط به جای مجموع مربعات از مجموع حاصل ضرب‌ها استفاده شد.

وراثت‌پذیری از تقسیم واریانس ژنوتیپی بر فنوتیپی به دست آمد. انحراف استاندارد وراثت‌پذیری که محکی برای برآورد وراثت‌پذیری است براساس روش فالكونر محاسبه شد (۱۰).

مرحله شیری شدن دانه: در این مرحله اگر دانه وسط بلال ذرت را فشار دهیم، مایع شیرین‌رنگی از آن خارج می‌شود.

مرحله خمیری سخت: این مرحله پس از مرحله شیری است و اگر دانه ذرت را با ناخن فشار دهیم به سختی به حالت اول برمی‌گردد. در این مرحله حدود ۴۵ درصد ماده خشک تشکیل شده و دانه در قسمت وسط بلال زرد رنگ می‌شود.

مرحله رسیدن فیزیولوژیک: این مرحله قبل از رسیدن کامل است و با ظهور لایه سیاه‌رنگ در محل اتصال دانه به محور بلال (قسمت تحتانی دانه) این مرحله آغاز می‌شود.

در مراحل اول تا چهارم نمونه‌برداری هر بار ۳ بوته در هر کرت با رعایت اثر حاشیه برداشته شد و در مرحله آخر نمونه‌برداری به منظور محاسبه عملکرد با رعایت اثر حاشیه ۱۵ بوته در هر کرت برداشت شد و نتیجه حاصله برحسب تن در هکتار بیان گردید.

در این پژوهش بعضی از صفات مورفولوژیک و شماری از شاخص‌های فیزیولوژیک به شرح زیر بررسی شد (اندیس داده شده به هر صفت مربوط به مرحله اندازه‌گیری است):
سطح برگ (LA)، که با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (۹ و ۱۷):

$(.75) \times (\text{عرض برگ}) \times (\text{طول برگ}) = \text{سطح برگ}$
ارتفاع گیاه (PH)، طول گل تاجی (TL)، شمار برگ فعال (NACTL)، طول و عرض برگ اصلی (LAV)، شمار گره (NN)، طول میان‌گره (IL)، وزن هزار دانه (W1000) با میانگین‌گیری از ۴ نمونه ۱۰۰۰ تایی، وزن بلال با پوشش (EWC) و بدون پوشش (EWWC)، عملکرد دانه برحسب عملکرد دانه در گیاه (GYP) و عملکرد در هکتار (GYH) با اندازه‌گیری عملکرد دانه در واحد سطح و سپس تعمیم آن در هکتار، شمار برگ‌های بالای بلال اصلی (NLAME)، شاخص‌های فیزیولوژیک شامل شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت نسبی رشد گیاه زراعی (RGR)، سرعت رشد گیاه زراعی (CGR) و میزان جذب و تحلیل خالص (NAR) بودند که با روابط زیر محاسبه شدند (۱۲)

$$LAI = LA/P$$

ضرایب پت از حاصل ضرب ماتریس ضرایب هم‌بستگی ژنوتیپی صفات با یکدیگر در بردار ضرایب هم‌بستگی ژنوتیپی صفات با عملکرد به دست می‌آید. با بهره‌گیری از این مدل آثار مستقیم و غیر مستقیم محاسبه شد (۳، ۱۳ و ۲۳).

چون وارد کردن شمار 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 در تشکیل شاخص‌های انتخاب استفاده شد. سپس شاخص‌های تشکیل شده مورد ارزیابی قرار گرفت (۲ و ۴).

در این پژوهش دو نوع شاخص انتخاب به کار برده شد. در هر دو نوع شاخص انتخاب، ۲۸ ترکیب مختلف از صفات، به‌عنوان رابطه‌های خطی یا مدل خطی چند متغیره (در این جا به هر کدام از این مدل‌ها شاخص گفته می‌شود) به کار برده شد. شاخص نوع اول، شاخص پیشنهادی اسمیت و همکاران (۲۱) است که فرمول محاسبه‌ای ضرایب آن به صورت زیر است:

$$b = p^{-1}Ga \quad [6]$$

b بردار ضرایب شاخص، p^{-1} معکوس ماتریس واریانس-کوواریانس فنوتیپی، G ماتریس واریانس-کوواریانس ژنوتیپی و a بردار ستونی وراثت‌پذیری صفات است. در صورتی که وزن‌های اقتصادی نسبی نیز مشخص باشد، شاخص کارا تر شاخصی خواهد بود که $a_i h_i^2$ به‌عنوان عناصر بردار a استفاده می‌شود (۲۱).

در شاخص نوع دوم از وراثت‌پذیری، به‌عنوان ارزش‌های اقتصادی صفات بهره‌گیری شد و علامت آنها متناسب با علامت هم‌بستگی ژنوتیپی صفات با عملکرد در نظر گرفته شد. برای بررسی دقت هر دو نوع شاخص از رابطه زیر بهره‌گیری شد:

$$r_{IH} = (b'Ga)^{1/2} / (a'Ga)^{1/2} \quad [7]$$

r_{IH} هم‌بستگی شاخص با ارزش ارثی، a و b به ترتیب بردار وزن‌های اقتصادی نسبی و بردار ضرایب شاخص که در بردار

ضرب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی صفات محاسبه و به‌عنوان یکی از معیارهای مهم در غربال کردن صفات استفاده شد. صفاتی که بر مبنای ضریب تنوع شایستگی لازم را نداشتند حذف گردید. ضریب تغییرات ژنوتیپی (GCV) و فنوتیپی (PCV) براساس روابط زیر به دست آمد (۱۵):

$$GCV = [\delta_g / x] \times 100 \quad PCV = [\delta_{ph} / x] \times 100 \quad [4]$$

δ_g ، δ_{ph} و x به ترتیب انحراف معیار فنوتیپی و ژنوتیپی و میانگین صفت مربوطه است.

ضرایب هم‌بستگی ژنوتیپی و فنوتیپی از طریق فرمولهای زیر محاسبه گردیدند:

$$r_g = \delta_{g12} / \delta_{g1} \times \delta_{g2} \quad r_{ph} = \delta_{ph12} / \delta_{ph1} \times \delta_{ph2} \quad [5]$$

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 (۷ و ۱۹).

در نهایت صفاتی که F محاسبه شده آنها در جدول تجزیه واریانس و ضرایب هم‌بستگی ژنوتیپی معنی‌داری داشته و وراثت‌پذیری آنها در حد قابل قبولی (بالاتر از ۵۰ درصد) بود، به‌عنوان متغیرهای مستقل تعیین شدند. سپس با استفاده از تجزیه علیت (هم‌بستگی‌های ژنوتیپی مورد استفاده قرار گرفت) آثار مستقیم و غیر مستقیم هر کدام از متغیرهای وارد شده روی عملکرد برآورد شد.

در روش تجزیه علیت، ضریب هم‌بستگی بین دو متغیر به آثار مستقیم و غیر مستقیم تجزیه می‌شود. اثر مستقیم هر صفت در واقع همان ضریب پت مربوط به آن صفت است و اثر غیرمستقیم هر متغیر که از طریق سایر متغیرهایی که با آن صفت رابطه دارند، روی عملکرد اعمال می‌شود، از حاصل ضرب ضریب هم‌بستگی دو صفت در ضریب پت مربوط به متغیر دوم به دست می‌آید. ویلیامز و همکاران (۲۳) شکل جدیدی برای محاسبه ضرایب پت و آثار غیرمستقیم طراحی کرده‌اند که آثار مستقیم روی قطر اصلی یک ماتریس و آثار غیر مستقیم را در سایر نقاط ماتریس جا داده‌اند که کمک شایان توجهی به درک و تفسیر نتایج تجزیه علیت خواهد کرد. در این مدل بردار

جدول ۱. میانگین مربعات مربوط به اشتباه آزمایش، رقم، محیط و برهم‌کنش آنها^۱

میانگین	خطای آزمایش (df=44)	برهم‌کنش محیط و هیبرید (df=11)	رقم (df=11)	E×L (df=4)	محیط (df=1)	منابع تغییر صفات ^۲
۱۵/۳۸۹	۰/۴۰۳	۰/۴۰۹ ^{ns}	۳/۱۶۲**	۰/۹۰۳	۰/۵ ^{ns}	NACTL2
۱۳/۹۳۱	۰/۱۶۹	۰/۸۳۲**	۳/۴۰۸**	۰/۳۰۶	۷/۳۴۷**	NACTL3
۱۲/۸۸۹	۰/۲۲۶	۰/۸۲۸**	۳/۵۵۶**	۰/۱۸۱	۲۲/۲۲۲**	NACTL4
۲۹۱/۶۵۲	۱۵۱/۴۹۳	۱۳۷۷/۲۶۶**	۱۰۵۰۲/۴۴۴**	۱۲۰/۲۱۷	۱۲۹۲۰۹/۸۵۹**	CGR2
۱۶۳/۶۸۳	۵۱/۰۲۴	۷۸۹/۱۷۸**	۴۸۷۵/۵۰۷**	۴۹/۹۵۱	۵۷۵۲/۷۱۰**	CGR3
۵۷/۹۵۱	۷/۶۵۹	۱۸۷/۷۰۳**	۳۳۰/۷۱۷**	۱۲/۲۴۹	۸۳۲۹/۵۳۲**	CGR4
۱۹/۰۲۸	۰/۲۳۹	۲/۸۶۸**	۵/۰۴۲**	۰/۲۰۳	۷/۹۳۳**	EL
۶۸/۳۶۱	۵/۶۷۴	۸۶/۷۴۲**	۱۴۶/۹۶**	۱/۱۱	۱۰۲۰/۵۴۱**	NAR2
۳۶/۹۵۲	۲/۰۵۱	۲۲/۹۲۹**	۱۲۵/۸۵۳**	۰/۱۸۴	۱۴/۸۴۲**	NAR3
۱۵/۴۷	۰/۴۲۳	۱۳/۹۸۲**	۱۷/۲۸۹**	۱/۱۰۲	۳۴۴/۴۴۴**	NAR4
۳/۷۲۹	۰/۰۰۸	۰/۰۹۶**	۰/۶۰۶**	۰/۰۰۶	۲/۳۸۳**	LAI4
۶۳۸/۱۸۳	۲۵۷۳/۱۷۴	۱۲۴۳۲/۸۰۸**	۱۹۳۵۱/۷۸۹**	۳۸۱۱/۰۹۷	۲۶۱۴۸/۷۸۹*	LAV3
۵۷۰/۱۸۵	۲۷۱/۳۴۸	۴۷۶۵/۵۷۹**	۲۲۶۳۱/۴۷۵**	۵۵۸/۱۹۱	۶۳۴۰۱/۳۳۱**	LAV4
۶/۶۲۷	۰/۰۱۲	۰/۴۹۴**	۱/۳۹۴**	۰/۰۰۵	۸/۱۷۴**	RGR2
۱/۹۵۸	۰/۰۰۳	۰/۲۹**	۰/۳۳۲**	۰/۰۰۴	۰/۷۳۶**	RGR3
۰/۸۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲**	۰/۴۵۱**	۰/۰۰	۰/۰۲۹**	RGR4
۰/۷۷	۰/۰۰۱	۰/۰۴۱**	۰/۰۴۹**	۰/۰۰	۰/۱۹۲**	LAI1
۴/۲۴۲	۰/۰۱۲	۰/۱۵۷**	۱/۲۶۲**	۰/۰۱۱	۱۱۰/۴۵**	LAI2
۴/۴۱۱	۰/۰۰۶	۰/۱۰۶**	۰/۹۳۲**	۰/۰۲۷	۲/۴۶۸**	LAI3
۲۶/۴۸	۰/۳۴۴	۴/۲۹۱**	۱۷/۷۷۵**	۰/۷۳۴	۴۸/۰۲۰**	W100
۱۶/۹۴۴	۰/۰۵۶	۱/۴۳۴**	۳/۸۵۹**	۰/۰۵۶	۱۰/۸۸۹**	ROWE
۱۸۹/۲۶۷	۲۵/۰۶۴	۴۵۵/۶۶۶**	۱۴۱۲/۴۴۴**	۱۹/۱۵۳	۲۷۴۸/۳۷۱**	EW5
۵۰/۴۷۳	۰/۲۴۱	۴/۶۹۸**	۲۳/۵۰۴**	۰/۰۹۴	۲۶/۹۷۴**	ED5
۱۰۹/۴۲۳	۸/۰۶۵	۱۷۸/۵۸۱**	۶۱۹/۳۴۹**	۹/۷۴	۳۵/۸۲۸ ^{ns}	EH5
۲۰۷/۱۳۶	۱۱/۲۹۵	۴۷۰/۹۶۹**	۵۰۹/۶۲۵**	۲۳/۶۴۲	۳۷۴۵/۷۴**	PH4
۵/۷۲۲	۰/۰۲۵	۰/۳۲۸**	۱/۱۶۲**	۰/۰۵۶	۲/۷۲۲**	NLAME3
۱۵/۱۳۶	۰/۱۳	۴/۸۲۶**	۵/۸۱۴**	۰/۰۲۷	۱۸/۶۷۶**	IL3
۱۶/۰۹۷	۰/۳۳۲	۰/۶۵*	۱/۶۵**	۰/۵۱۴	۰/۳۴۷**	NN3
۱۹۸/۹۹۴	۲۰/۳۷۳	۴۸۶/۱۶۲**	۶۷۸/۳۵۵**	۲۳/۲۹۸	۹۲۱/۳۴۹**	PH3
۴۰/۸۳۶	۲/۱۰۳	۸/۴۷۶**	۱۴۸/۲۴۱**	۱/۱۰۸	۲۳/۱۴۳**	TL
۳۰/۱۱۷	۰/۵۱۵	۹/۵۶**	۱۲/۴۱۶**	۰/۴۷۸	۵/۸۳۷**	PH1
۱۸۲/۴۴۷	۱۰/۳۴۹	۱۶۲/۲۳۲**	۵۹۵/۷۰۴**	۲۶/۳۶۸	۹۲۹/۸۱۱**	PH2
۱۷۱/۹۱۱	۰/۴۲۷	۴۹۵/۸۶۷**	۱۴۷۲/۲۴۲**	۰/۵۷۵	۱۴۴۲/۹۱۹**	GYP5
۱۱/۴۵۲	۰/۰۱۰	۲/۲۰۸**	۶/۳۵۳**	۰/۰۱۱	۶/۰۱۵**	GYH5
۲۰۳/۰۴۶	۱۴/۳	۴۸۴/۶۲۵**	۱۵۵۵/۶۸۱**	۱۰/۵۷	۱۸۹۵/۸۴۲**	EWC5

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار * : اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۲ تعاریف در متن آورده شده است.

(۲۲) نیز نشان می‌دهد که مهم‌ترین شاخص‌های رشد شامل CGR و RGR است. هم‌چنین جاتیملیانسکی و همکاران (۱۴) هم‌بستگی مثبت و بالایی بین قطر بلال و عملکرد گزارش کرده‌اند که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد.

در نهایت پس از انجام تجزیه علیت، ۱۲ صفت شامل عملکرد دانه (تن در هکتار) (GYH5) به‌عنوان 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 $LAI4=X_6$)، شمار ردیف دانه در بلال ($ROWE=X_8$)، طول میان‌گره در مرحله سوم نمونه‌برداری ($IL3=X_9$)، شمار 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 برای ارزیابی و انتخاب غیرمستقیم ارقام با عملکرد بالای انتخاب بودند برای تشکیل شاخص‌های انتخاب گزینش شدند. با بهره‌گیری از روش‌های ذکرشده و ترکیبات مختلف صفات انتخاب شده، ضرایب شاخص‌ها محاسبه گردید. از آنجا که ماکزیمم کردن هم‌بستگی ارزش ارثی و شاخص انتخاب از اهداف مهم می‌باشد پس از محاسبه ضرایب شاخص‌ها اقدام به محاسبه هم‌بستگی ارزش ارثی و شاخص انتخاب شد. براساس مقادیر به‌دست آمده برای این هم‌بستگی، شاخص‌ها رتبه‌بندی شدند. از هر نوع شاخص، ۲۸ ترکیب صفات بررسی شد. این ترکیب‌ها در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

هم‌بستگی زیاد صفات تشکیل‌دهنده یک شاخص باعث کاهش کارایی آن می‌شود. بنابراین در تشکیل شاخص‌های انتخاب، صفاتی منظور شدند که هم‌بستگی آنها کمتر از ۰/۷ بود. ضریب هم‌بستگی بیش از ۰/۷ در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است (۷).

در شاخص نوع اول بالاترین هم‌بستگی ($r_{HI}=1$) به شاخص شماره دو شامل صفات GYH5 و NAR2 با ضرایب ۰/۰۳۴۶

وزن‌های اقتصادی نسبی برای عملکرد عدد یک و برای بقیه صفات، عدد صفر منظور می‌گردد، P و G نیز به ترتیب ماتریس واریانس-کواریانس فنوتیپی و ژنوتیپی صفات است (۲۰).

نتایج و بحث

میانگین مربعات خطای آزمایش، رقم، محیط و برهم‌کنش آنها با صفات در جدول ۱ آمده است. با انجام تجزیه علیت صفاتی که اثر مستقیم آنها حداقل با هم‌بستگی ژنوتیپی آن صفت با عملکرد هم‌علامت بودند انتخاب شدند. بر این اساس و نتایج تجزیه علیت و دلایلی که در پی خواهد آمد در نهایت ۱۲ صفت برای تشکیل شاخص‌های انتخاب گزینش شد. البته لازم به ذکر است که اندیس داده شده به صفات در جداول ترکیبات شاخص‌ها و ضرایب آنها مربوط به مراحل نمونه‌برداری است. هم‌چنین مخفف هر صفت درون پرانتز داده شده است.

بالاترین وراثت‌پذیری (۰/۹۹) مربوط به سرعت رشد نسبی گیاه زراعی در مرحله چهارم (RGR4) و پس از آن (۰/۹۴) متعلق به طول بلال (TL) و کمترین وراثت‌پذیری (۰/۰۷) مربوط به ارتفاع گیاه در مرحله چهارم نمونه‌برداری (PH4) بود. وراثت‌پذیری عملکرد ۰/۶۵ به‌دست آمد.

هدف از محاسبه هم‌بستگی ژنوتیپی، خارج کردن دخالت عوامل محیطی بود. از ۳۵ صفت مورد بررسی، فقط ۱۶ صفت دارای هم‌بستگی ژنوتیپی معنی‌داری با عملکرد بود. این صفات به علت دارا بودن وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالاتر، وارد محاسبات تجزیه علیت شدند. از آنجا که هدف اصلی این پژوهش ارائه ترکیبات مختلف صفات همراه با ضرایب آن به‌عنوان شاخص‌های انتخاب برای انتخاب ارقام با عملکرد بالاتر است، از پرداختن به جزئیات صفات انتخاب شده برای تشکیل شاخص‌ها خودداری شد.

صفات CGR4، EL و NAR3 دارای بالاترین هم‌بستگی ژنوتیپی با عملکرد (به ترتیب ۰/۹۲، ۰/۸۲ و ۰/۷۳) هستند و هر سه در سطح یک درصد معنی‌دار هستند. یافته‌های واتسون

جدول ۲. ترکیبات صفات و ضرایب مربوطه در شاخص نوع اول

رتبه	F _{HI}	شاخص	ردیف
۱۰	۰/۸۱	۰/۴۲۵۸۸۱	۱
۱	۱	۲/۰۶۰۶۸۱ + ۰/۰۳۴۶۸۴	۲
۳	۰/۹۵	۱/۲۶۲۹۸۱ + ۰/۶۳۵۸۸۵	۳
۱۳	۰/۷۳	۰/۳۳۹۵۸۱ + ۰/۱۹۴۱۸۶	۴
۱۵	۰/۶۷	۰/۳۰۰۲۸۱ + ۰/۳۳۸۳۸۷	۵
۱۶	۰/۶۴	۰/۲۸۷۱۸۱ + ۰/۱۸۲۸۸۸	۶
۱۴	۰/۷۲	۰/۳۰۲۶۸۱ - ۰/۰۰۹۶۸۱۰	۷
۱۹	۰/۵	۰/۰۷۶۲۸۱ + ۰/۰۶۹۵۸۱۱	۸
۹	۰/۸۳	-۰/۱۳۴۴۸۱ + ۰/۴۹۸۶۸۱	۹
۷	۰/۸۵	۰/۰۵۸۸۲ - ۴/۲۲۴۳۸۱۰ + ۰/۴۰۲۵۸۱۲	۱۰
۷	۰/۸۵	۰/۷۵۴۸۳ - ۵/۳۸۳۹۸۷ + ۰/۲۲۷۱۸۱۱ + ۰/۳۸۹۵۸۱۲	۱۱
۲	۰/۹۸	-۰/۰۳۶۸۳ + ۰/۹۲۹۲۸۷ - ۰/۰۹۰۱۸۱۰	۱۲
۴	۰/۹۲	۰/۸۳۵۸۷ - ۰/۰۱۰۹۸۹	۱۳
۶	۰/۹	۰/۸۷۳۸۵ - ۲/۰۶۰۳۸۱ + ۰/۴۵۱۹۸۱۲	۱۴
۷	۰/۸۵	۰/۷۳۲۲۸۶ + ۰/۳۵۰۳۸۱۰	۱۵
۸	۰/۸۴	۰/۱۳۱۶۸۴ + ۱/۹۹۶۶۸۷ - ۰/۱۹۴۴۸۱۰	۱۶
۱۱	۰/۷۵	۰/۷۷۶۹۸۸ + ۱/۱۸۸۶۸۱۰ + ۰/۱۰۰۴۸۱۱	۱۷
۱۱	۰/۷۵	۰/۵۵۸۸۷ + ۰/۳۲۴۸۸ + ۰/۰۶۸۹۸۹	۱۸
-	-	-۰/۶۸۱۳۸۳ - ۰/۶۸۸	۱۹
۵	۰/۹۱	-۰/۰۴۵۹۸۲ + ۰/۸۸۳۹۸۵ + ۴/۲۶۷۵۸۶ - ۰/۴۷۸۶۸۸	۲۰
۱۲	۰/۷۴	۰/۳۷۷۶۸۸ + ۰/۲۷۰۶۸۱۰	۲۱
-	-	-۰/۰۱۷۱۸۳ - ۰/۰۵۷۶۸۱۰	۲۲
۶	۰/۹	-۰/۰۱۵۴۸۲ + ۰/۹۰۳۵۸۵ + ۵/۱۴۴۸۸۶	۲۳
۱۷	۰/۶۱	۰/۲۱۸۶۸۱ + ۰/۲۰۹۸۸۶ - ۰/۰۰۱۸۸۱۰	۲۴
۱۸	۰/۵۵	۰/۱۶۲۳۸۱ + ۰/۲۱۸۸۸ - ۰/۰۷۵۸۱۰	۲۵
۶	۰/۹	۰/۰۹۷۵۸۱ + ۰/۹۲۵۴۸۵ - ۲/۱۸۷۳۸۸ + ۰/۴۶۰۶۸۱۲	۲۶
-	۱/۳۷	۴/۲۳۰۵۸۱ - ۰/۵۱۴۸۸۴ + ۷/۴۲۳۲۸۷ + ۰/۶۲۳۲۸۸ - ۳/۳۳۶۷۸۱۰	۲۷
۳	۰/۹۵	۱/۲۵۷۵۸۱ + ۰/۶۲۹۳۸۵ + ۱/۸۱۲۲۸۶ + ۰/۵۴۷۷۸۸	۲۸

غیر قابل قبول F_{HI}: هم‌بستگی ارزش ارثی با شاخص انتخاب. X₁ تا X₁₂ به ترتیب عملکرد (تن در هکتار)، CGR₄، طول بلال، NAR₃، NAR₂، LAI₂، LAI₄، شمار ردیف در بلال، طول میان‌گره در مرحله سوم، شمار گره، ارتفاع گیاه در مرحله سوم، وزن بلال با پوشش در مرحله پنجم است.

دارد 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 که با نتایج واتسون (۲۲) هم‌خوانی دارد. واتسون (۲۲) بیان داشت که می‌توان ماده خشک گیاه را با این شاخص‌ها بهبود بخشید. پس از آن بالاترین هم‌بستگی ارزش ارثی و شاخص

و ۲/۰۶۰۶ تعلق دارد (جدول ۲). این شاخص که شامل صفت عملکرد نیز می‌باشد برترین شاخص به‌دست آمده بود. هم‌بستگی این شاخص با ارزش ارثی ۱۴ درصد از شاخص شماره یک که فقط شامل صفت عملکرد است برتر می‌باشد. این با یافته‌های یوسف (۲۴) که بیان می‌کند شاخص‌هایی که شامل صفت عملکردند بهترین پاسخ را خواهند داد، مطابقت

به ترتیب ۰/۹۹ و ۰/۹۸ بود. شاخص اول با رتبه ۱۴ و هم‌بستگی ۰/۸۱ می‌باشد. در این‌جا نیز شاخص‌های شامل صفت عملکرد جزء برترین شاخص‌ها و تأییدکننده نتایج یوسف (۲۴) در زمینه برتری شاخص‌های شامل صفت عملکرد و هم‌چنین نتایج واتسون (۲۲) در ارتباط با اهمیت شاخص‌های فیزیولوژیک است.

همان‌طور که دیده می‌شود علامت NAR2 در این شاخص مثبت است که با افزایش مقدار جذب و تحلیل خالص، عملکرد گیاه نیز افزایش می‌یابد. این موضوع اهمیت وارد کردن این صفت و هم‌چنین صفات فیزیولوژیک دیگر در شاخص‌ها به منظور انتخاب ارقام با عملکرد بالا را می‌رساند.

هم‌بستگی‌های ارزش ارثی و شاخص انتخاب در این نوع شاخص نیز بالا می‌باشند که بیانگر اهمیت اختصاص علامت‌های متفاوت به ارزش‌های اقتصادی است. اسمیت و همکاران (۲۱) نیز کاربرد وراثت‌پذیری صفات را به‌عنوان ضرایب شاخص‌ها توصیه کردند. هم‌چنین در این نوع شاخص مقدار هم‌بستگی ارزش ارثی و شاخص انتخاب مربوط به شاخص شماره ۲۷ بیشتر از یک برآورد شده که غیرقابل قبول است. نتایج این نوع شاخص نیز که بیانگر اهمیت صفات عملکرد، NAR2، NAR3، LAI2 و NN3 می‌باشد، در جدول ۳ ارائه شده است.

همان‌طور که نتایج ارائه شده در جداول ۲ و ۳ نشان داده است، هم‌بستگی این شاخص‌ها با ارزش ارثی بسیار بالاست که بیانگر اهمیت وارد کردن وراثت‌پذیری صفات در تعیین شاخص‌ها و ضرایب آنها می‌باشد. باید دقت نمود صفات وارد شده در شاخص‌ها دارای وراثت‌پذیری بالایی (بالتر از ۵۰ درصد) باشند و این صفات به‌شدت هم‌بسته نباشند.

به‌طور کلی امکان مقایسه انواع شاخص‌ها وجود ندارد و از دیدگاه تئوری ملاکی برای مقایسه شاخص‌ها وجود ندارد. فقط از لحاظ عملی با کاربرد این شاخص‌ها در یک برنامه انتخاب ارقام می‌توان میزان کارایی آنها را بررسی کرد که این امر توصیه می‌شود ولی اگر ارزش‌های اقتصادی نسبی دقیقی در دسترس

انتخاب (rHI=0.98) را شاخص شماره ۱۲ به خود اختصاص داد که شامل صفات EL، LAI2 و NN3 با ضرایب ۰/۰۳۰۶، ۰/۹۲۹۲ و ۰/۰۹۰۱- بود. کمترین مقدار هم‌بستگی ارزش ارثی و شاخص (rHI=0.5046) به شاخص شماره ۸ شامل صفات GYH5 و PH3 با ضرایب به ترتیب ۰/۰۶۹۵ و ۰/۰۷۶۲ تعلق دارد. شاخص شماره یک که فقط شامل صفت عملکرد است، rHI=0.81 می‌باشد. در این نوع شاخص اکثر هم‌بستگی‌ها بالا می‌باشد که بیانگر اهمیت بسیار زیاد وراثت‌پذیری صفات است. با توجه به این نوع شاخص، صفات NAR3، NAR2، GYH5، LAI2 و NN3 در انتخاب ارقام پر محصول‌تر ذرت اهمیت بسزایی دارد.

ضرایب مربوط به ارتفاع گیاه و تعداد گره به‌ترتیب منفی و مثبت است که بیانگر کاهش عملکرد گیاه با افزایش ارتفاع است. از آنجا که در ارقام جدید سعی در حفظ ارتفاع و افزایش تعداد گره برای استحکام بیشتر و جلوگیری از خوابیدن گیاه می‌شود، نتیجه به‌دست آمده منطقی به‌نظر می‌رسد و باید برای تنظیم آرایش برگ‌ها و نفوذ بیشتر نور در مجموعه گیاهی تلاش نمود. از این طریق می‌توان 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 شد.

در این نوع شاخص به دلیل منفی‌شدن a'Ga، مقدار هم‌بستگی ارزش ارثی با شاخص انتخاب قابل محاسبه نیست که ممکن است به دلیل پاره‌ای اشتباهات غیرقابل کنترل باشد.

در شاخص نوع دوم، وراثت‌پذیری صفات با علامت‌های متفاوت به‌عنوان ارزش اقتصادی صفات در نظر گرفته شد و ضرایب شاخص‌ها به‌دست آمد. علامت ارزش‌های اقتصادی صفات با توجه به رابطه ژنتیکی آن صفت با عملکرد به‌دست آمد.

بالاترین هم‌بستگی ارزش ارثی با شاخص انتخاب (جدول ۳) (rHI=1) مربوط به شاخص شماره دو (شامل صفات GYH5 و NAR2 با ضرایب به ترتیب ۰/۰۳۴۶ و ۲/۰۶۰۶) و پس از آن شاخص‌های شماره ۱۱ و ۲۸ با هم‌بستگی‌های

جدول ۳. ترکیبات مختلف صفات و ضرایب مربوط در شاخص نوع دوم

رتبه	r_{HI}	شاخص	ردیف
۱۴	۰/۸۱	$۰/۴۲۵۸x_1$	۱
۱	۱	$۲/۰۶۰۶x_1 + ۰/۰۳۴۶x_۴$	۲
۴	۰/۹۵	$۱/۲۶۲۹x_1 + ۰/۶۳۵۸x_۵$	۳
۷	۰/۹۲	$۰/۴۲۳۶x_1 - ۱/۱۴۳۶x_۶$	۴
۶	۰/۹۳	$۰/۴۱۳۹x_1 - ۱/۰۸۷۷x_۷$	۵
۹	۰/۹	$۰/۵۰۶۸x_1 - ۰/۵۴۹۸x_۸$	۶
۸	۰/۹۱	$۰/۴۷۳۵x_1 - ۰/۶۷۱۶x_۱۰$	۷
۱۸	۰/۶۵	$۰/۸x_1 - ۰/۰۶۳۵x_۱۱$	۸
۱۳	۰/۸۳	$-۰/۱۳۴۴x_1 + ۰/۴۹۸۶x_۱۲$	۹
۱۱	۰/۸۶	$۰/۰۴۲۳x_۲ - ۴/۹۶۱۴x_۱۰ + ۰/۴۱۰۲x_۱۲$	۱۰
۲	۰/۹۹	$۰/۱۳۳۳x_۳ - ۱۸/۴۱۵۲x_۷ + ۰/۴۲۳۵x_۱۱ + ۰/۴۲۹۹x_۱۲$	۱۱
۷	۰/۹۲	$۰/۲۴۷۱x_۳ - ۰/۷۸۷۶x_۷ - ۰/۶۲۲۶x_۱۰$	۱۲
۷	۰/۹۲	$-۰/۸۳۵x_۷ + ۰/۰۱۰۹x_۹$	۱۳
۸	۰/۹۱	$۰/۸۷۱۳x_۵ - ۲/۸۰۷۳x_۸ + ۰/۴۶۶۶x_۱۲$	۱۴
۱۲	۰/۸۵	$-۰/۷۳۲۲x_۶ - ۰/۳۵۰۳x_۱۰$	۱۵
۱۷	۰/۶۹	$۰/۰۹۳۵x_۴ + ۰/۴۷۲۴x_۷ - ۱/۱۴۱۹x_۱۰$	۱۶
۱۵	۰/۷۵	$-۰/۷۷۶۹x_۸ - ۱/۱۸۸۶x_۱۰ - ۰/۱۰۰۴x_۱۱$	۱۷
۱۵	۰/۷۵	$-۰/۵۵۸x_۷ - ۰/۳۲۴x_۸ - ۰/۰۶۸۶x_۹$	۱۸
۷	۰/۹۲	$۰/۳۳۰۱x_۳ - ۰/۵۷۷۲x_۸$	۱۹
۹	۰/۹	$-۰/۰۳۴۸x_۲ + ۰/۸۸۳x_۵ + ۳/۷۶۱۲x_۶ - ۰/۹۷۹۴x_۸$	۲۰
۱۶	۰/۷۴	$-۰/۳۷۷۶x_۸ - ۰/۲۷۰۶x_۱۰$	۲۱
۱۰	۰/۸۸	$۰/۲۳۵۲x_۳ - ۰/۶۱۶۵x_۱۰$	۲۲
۹	۰/۹	$-۰/۰۱۷۳x_۲ + ۰/۸۹۷۱x_۵ + ۳/۷۶۱۱x_۶$	۲۳
۵	۰/۹۴	$۰/۴۸۹۴x_1 - ۱/۰۱۷۹x_۶ - ۰/۶۱۴۴x_۱۰$	۲۴
۸	۰/۹۱	$۰/۵۹x_1 - ۰/۴۶۰۶x_۸ - ۰/۴۷۷۵x_۱۰$	۲۵
۸	۰/۹۱	$۰/۲۳۷x_1 + ۰/۹۱۸x_۵ - ۲/۹۲۷۸x_۸ + ۰/۴۶۹x_۱۲$	۲۶
-	۱/۵۲	$۶/۵۷۸۲x_1 - ۰/۹۲۹x_۴ + ۱۰/۳۳۸۵x_۷ + ۰/۷۲۷۹x_۸ - ۶/۳۳۱۶x_۱۰$	۲۷
۳	۰/۹۸	$۱/۸۸۳۲x_1 + ۰/۵۸۰۹x_۵ + ۲/۳۳۲۵x_۶ + ۰/۲۲۳۱x_۸$	۲۸

غیر قابل قبول r_{HI} : هم‌بستگی ارزش ارثی با شاخص انتخاب x_1 تا x_2 به ترتیب عملکرد (تن در هکتار)، CGR_4 ، طول بلال، NAR_2 ، NAR_3 ، LAI_2 ، LAI_4 ، شمار ردیف در بلال، طول میان‌گره در مرحله سوم، شمار گره، ارتفاع گیاه در مرحله سوم، وزن بلال با پوشش در مرحله پنجم است.

باشد، استفاده از شاخص انتخاب اپتیمم توصیه می‌شود.

لازم به ذکر است که شمار صفات وارد شده در شاخص‌ها اهمیت ندارد و لزوماً شاخصی که شمار صفت بیشتری در خود داشته باشد، مناسب‌تر نیست و آنچه مهم می‌باشد این است که صفات انتخاب شده دارای میزان بالایی وراثت‌پذیری، تنوع ژنوتیپی، پیشرفت ژنتیکی و هم‌بستگی ژنوتیپی با عملکرد باشد و صفات وارد شده در یک شاخص، هم‌بستگی شدیدی با هم

نداشته باشند. نتایج به‌دست آمده از هردو نوع شاخص انتخاب نیز این امر را تأیید می‌کند. از طرف دیگر باید دقت کرد 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 به‌دست آمده می‌شود. می‌توان از شاخص‌های انتخاب به‌منظور انجام بهتر و

با هم تلاقی داده و انتظار می‌رود که نتاج به‌دست‌آمده از نظر آن صفت مناسب باشند. از این نظر است که وراثت پذیری صفات در انتخاب صفات وارد شده در شاخص بسیار مهم است. در نهایت توصیه می‌شود برای بررسی کارایی شاخص‌های به‌دست آمده، این شاخص‌ها در یک برنامه اصلاحی ارزیابی شود.

موفق‌تر برنامه‌های دورگ‌گیری نیز بهره‌گیری کرد. به این صورت که والدینی که مقدار به‌دست آمده شاخص آنها بیشتر است، در صورتی که 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

منابع مورد استفاده

1. چوکان، ر. ۱۳۸۰. ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت با استفاده از تلاقی‌های دی‌آل. مجله علوم زراعی ایران (۳): ۳-۸.
2. رضایی، ع. ۱۳۷۳. شاخص‌های انتخاب در اصلاح نباتات. چهارمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات، انتشارات دانشگاه تبریز.
3. رضایی، ع. م. و ا. سلطانی. ۱۳۷۷. مقدمه‌ای بر تحلیل رگرسیون کاربردی. چاپ اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.
4. سیاهپوش، م. ر. ۱۳۷۸. ارزیابی اجزای عملکرد و تعیین شاخص‌های انتخاب در ارقام گندم نان (*Triticum aestivum*) به‌منظور افزایش عملکرد دانه. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. ۸۴ صفحه.
5. نوابی، ع. ۱۳۷۵. بررسی صفات مهم زراعی در بوته‌های F4 گندم (*Triticum aestivum*) به‌عنوان معیار انتخاب لاین‌های پرعملکرد. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، تهران. ۸۵ صفحه.
6. نورمحمدی، ق.، س. ع. سیادت و ع. کاشانی. ۱۳۷۶. زراعت (غلات). جلد اول، انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز.
7. Baker, R. J. 1986. Selection Indices in Plant Breeding. CRC.Press. Inc.218p.
8. Banziger, M. and H. R. Laffitte. 1997. Efficiency of secondary traits for improving maize for low-nitrogen target environments. Crop sci. 37: 1110-1117.
9. Fakorede, M. A. B. and J. J. Mock. 1978. Changes in morphological and physiological traits associated with recurrent selection for grain yield in maize. Euphytica. 27: 397-409.
10. Falconer, D. S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. 3rd ed. Longman, New York.
11. Gastoro, A. and G. A. Slafer. 1994. Genetic Improvement of Field Crops. School of Agriculture and Forestry of Melbourne. Parkville, Victoria, Australia.
12. Gilmore, E. C. Jr. and J. S. Rogers. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agron. J. 50: 611-615.
13. Grafius, J. E. 1978. Multiple characters and correlated response. Crop Sci. 18: 931-934
14. Jatimlinsky, J. R., M. I. Urrutia and M. J. Arturi. 1987. Relationship between photosynthesis, canopy traits and yield in flint type corn. Plant Breed. Abst. 57: 117-117.
15. Johnson, H. W., H. F. Robinson and R. E. Comstock. 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. Agron. J. 21: 314-318.
16. Malhotra, V. V. and A. S. Khhra. 1986. Genotypic variation and covariation in indigenous germplasm of maize. Indian J. Agric. Sci. 56: 811-816.
17. Pearce, R. B., J. J. Mock and T. B., Bailey. 1975. Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. Crop sci. 15: 691-694.
18. Rithie, S. W., J. J. Hanway and G. O. Benson. 1992. How a Corn Plant Develops. Special report. No. 48, Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.
19. Robinson, H. F., R. E. Comstock and P. H. Harvey. 1950. Genotypic and phenotypic correlation in corn and their implications in selection. Agron. J. 10: 282-287.
20. 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, GenetikeiSelektsii. Plant Breed. Abst. 134: 10-14.
21. Smith, O. S., A. R. Hallauer and W. A. Russell. 1981. Use of index selection in recurrent selection programs in maize. Euphytica. 30: 611-618.
22. Watson, D. J. 1952. The physiological basis of variation in yield. Adv Agron. 4: 101-145.
23. Williams, W. A., M. B. Jones and M. W. Demment. 1990. A concise table for path analysis statistics. Agron. J. 82: 1022-1024.
24. Yosaf, M. 1977. The uses of selection indices in maize (*Zea mays* L.). 259pp. In: A. Muhammed, R. Aksel and R. C. Von Borstel (Eds.), Genetic Diversity in Plants. Plenum Press, New York.