Archive of SID

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

محمد مدرسی، محمدتقی 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 ۷۹-۱۳۷۸ روی ۱۳ هیبرید ذرت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در کوشکک و باجگاه انجام گرفت. با نمونه‌برداری در مراحل طویل شدن ساقه، ظهور کامل گل‌تاجی، شیری‌شدن 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 به‌کار برده شد. در هر دو نوع شاخص انتخاب، ۲۸ ترکیب مختلف از صفات به‌عنوان رابطه‌های خطی (مدل خطی چند متغیره) به‌کار برده و ضرایب مربوط به هرکدام از صفات در این ترکیب‌ها محاسبه شد. ضرایب مربوط به هرکدام از شاخص‌ها با استفاده از $b = p^{-1}Ga$ به‌دست 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 درنظر 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 به‌دست 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 وراثت پذیری*

---

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

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

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 وزین 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 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 ازنظر 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 از۰/۳ 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 جاتیملیانسکی 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 وانتخاب 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 هرکدام از شاخص‌ها، رتبه‌بندی شاخص‌های به‌دست‌آمده 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 ۷۹-۱۳۷۸ 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 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 ۶ × ۴/۵ متر مربع و در هر کرت ۵ ردیف کشت گردید که ردیف‌های اول و آخر و ۵/. متر از ابتدا و انتهای هر کدام به‌عنوان حاشیه درنظر گرفته شد. فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی هر ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در مرحله ۴-۳ برگی 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 برگی) به مزرعه داده شد. بذرها قبل از کاشت با قارچ‌کش تیابندازول ضدعفونی شد و برای جلوگیری از خسارت احتمالی بعضی از حشرات با حشره‌کش سوین‌نیز (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 طویل‌شدن ساقه: مرحله‌ای است که ساقه اصلی (برخلاف ساقه کاذب) شروع به طویل‌شدن 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 گل‌تاجی: این مرحله زمانی است که در ۵۰ درصد گیاهان، گل نر به‌طور کامل ظاهر شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

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

مـرحله خمیـری سخت: این مرحله پس از مرحله شیری است و اگـر دانـه ذرت را بـا نـاخن فشار دهیم به سختی به حالت اول برمـی‌گردد. در این مرحله حدود ۴۵ درصد ماده خشک تشکیل شده و دانه در قسمت وسط بلال زرد رنگ می‌شود.

مرحله رسیدن فـیزیولوژیـک: این مرحـله قبل از رسیـدن کامـل است و با ظهـور لایه سیـاه‌رنگ در محل اتصال دانه به محـــور بلال(قسمت تحتانی دانه) این مرحله آغاز می‌شود.

در مـراحل اول تـا چهارم نمونه‌برداری هر بار ۳ بوته در هر کـرت بـا رعایـت اثـر حاشیـه برداشـته شد و در مرحـله آخر نمـونه‌برداری به منظور محاسبه عملکرد با رعایت اثر حاشیه ۱۵ بـوته در هـر کرت برداشت شد و نتیجه حاصله برحسب تن در هکتار بیان گردید.

در ایـن پژوهش بعضی از صفات مورفولوژیک و شماری از شـاخـص‌هـای فیزیولوژیک به شـرح زیر بررسـی شد (اندیس داده شده به هر صفت مربوط به مرحله اندازه‌گیری است):

سطـح برگ(LA)، که با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (۹ و ۱۷):

(./۷۵) × (عرض برگ) × (طول برگ) = سطح برگ

ارتفـاع گـیاه (PH)، طـول گـل تاجـی (TL)، شـمار برگ فعال (NACTL)، طـول و عـرض بـرگ اصـلی (LAV)، شـمار گـره (NN)، طـول مـیان‌گـره (IL)، وزن هـزار دانـه (W1000) بـا میانگـین‌گیـری از ۴ نمـونه ۱۰۰۰تایـی، وزن بـلال بـا پوشـش (EWC) و بـدون پوشـش (EWWC)، عملکـرد دانـه برحسـب عملکـرد دانـه در گـیاه (GYP) و عملکـرد در هکتار (GYH) با انـدازه‌گیـری عملکرد دانه در واحد سطح و سپس تعمیم آن در هکـتار، شـمار بـرگ‌هـای بـالای بـلال اصـلی (NLAME)، شـاخص‌هـای فیـزیولوژیک شـامل شاخص سطح برگ (LAI)، سـرعـت نسبی رشد گـیاه زراعی (RGR)، سـرعـت رشد گـیاه زراعی (CGR) و میزان جذب و تحلیل خـالص (NAR) بودنـد که با روابط زیر محاسبه شدند (۱۲)

$$LAI = LA/P$$

$$RGR = [(\ln W2 - \ln W1)/(M2 - M1)] \times 1000$$
$$CGR = [(W2 - W1)/(M2 - M1)] \times (1/GA) \times 1000$$
$$NAR = CGR/LAI \qquad [۱]$$

شـاخص سـطح برگ با اندازه‌گیری سطح برگ ۱۰ بوته محاسبه شـد. P سطح اشغال شده توسط یک گیاه است. W_1 و W_2 وزن خشـــک برداشـــت شـــده در دو مـــرحله متوالـــی، M_1 و M_2 شـاخص‌هـای حرارتـی اسـت کـه برحسـب درجه روز – رشد (GDD) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$m_i = [(T_{max} + T_{min})/2] - T_B \qquad [۲]$$

m_i شاخص حرارتی روزانه بر حسب درجه روزهای رشد، T_{max} و T_{min} بـه‌تـرتیب حداکثـر دمـای روزانـه با حد بالای ۳۰°C و حـداقل دمـای روزانه ۱۰°C و T_B درجه حرارت پایه برای گیاه ذرت (۱۰°C) است (۱۲).

نخسـت، بـرای هـر صفت، تجزیه مرکب انجام شد. نظر به ایـن‌کـه یکـی از ژنوتیپ‌ها تفاوت بسیار زیادی با بقیه داشت و ایـن تفاوت باعث ایجاد اریبی در محاسبات و در نهایت کاهش دقـت شـاخص‌هـا مـی‌شـد، آن رقـم حذف و با ۱۲ رقم تجزیه مـرکب انجـام شـد. در کلـیه محاسـبات رقـم و محیط به‌عنوان عوامل تصادفی در نظر گرفته شدند.

واریـانس و کـوواریانس فنوتیپـی و ژنوتیپـی و واریـانس محیطـی و بـرهمکنش محـیط بـا ژنوتیپ بر مبنای امید ریاضی طبق فرمول‌های زیر محاسبه شدند (۷)

$$\delta^2_e = MSE$$
$$\delta^2_{LV} = (MSLV - MSE)/r$$
$$\delta^2_g = \delta^2_v = (MSV - MSLV)/rl$$
$$\delta^2_{ph} = \delta^2_v + \delta^2_{LV}/l + \delta^2_e/rl = MSV/rl \qquad [۳]$$

δ^2_e واریـانس خطـای آزمایش، δ^2_{LV} واریانس برهمکنش رقم با محـیط، δ^2_g و δ^2_{ph} به‌ترتیب واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی و r و L بـه‌تـرتیب تکـرار و محیط هستند. برای محاسبه کوواریانس‌های ژنوتیپـی و فنوتیپـی بـا بهـره‌گیری از همین روابط فقط به جای مجموع مربعات از مجموع حاصل‌ضرب‌ها استفاده شد.

وراثت‌پذیری از تقسیم واریانس ژنوتیپی بر فنوتیپی به‌دست آمـد. انحـراف استانـدارد وراثت‌پذیـری که محکی برای برآورد وراثت‌پذیری است براساس روش فالکونر محاسبه شد (۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID

ضریب 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 به‌دست آمد (۱۵):

$$GCV = [\delta_g / x] \times 100 \qquad PCV = [\delta_{ph} / x] \times 100 \qquad [۴]$$

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

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

$$r_g = \delta_{g12} / \delta_{g1} \times \delta_{g2} \qquad r_{ph} = \delta_{ph12} / \delta_{ph1} \times \delta_{ph2} \qquad [۵]$$

r_g و r_{ph} به‌ترتیب ضرایب هم‌بستگی ژنوتیپی و فنوتیپی، δ_{g12}، δ_{ph12} کوواریانس ژنوتیپی و فنوتیپی صفت اول و دوم و δ_g و δ_{ph} به‌ترتیب 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 وراثت پذیری 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 حاصل‌ضرب ضریب هم‌بستگی دو صفت در ضریب پت مربوط به متغیر دوم به‌دست 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 ضرایب پت از حاصل‌ضرب ماتریس ضرایب هم‌بستگی ژنوتیپی صفات با یکدیگر در بردار ضرایب هم‌بستگی ژنوتیپی صفات با عملکرد به‌دست 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 به‌کار برده شد. در هر دو نوع شاخص انتخاب، ۲۸ ترکیب مختلف از صفات، به‌عنوان رابطه‌های خطی یا مدل خطی چند متغیره (در این‌جا به هرکدام از این مدل‌ها شاخص گفته می‌شود) به‌کار برده شد. شاخص نوع اول، شاخص پیشنهادی اسمیت و همکاران (۲۱) است که فرمول محاسبه‌ای ضرایب آن به‌صورت زیر است:

$$b = p^{-1}Ga \qquad [۶]$$

b بردار ضرایب شاخص، p^{-1} معکوس ماتریس واریانس- کوواریانس فنوتیپی، G ماتریس واریانس- کوواریانس ژنوتیپی و a بردار ستونی وراثت‌پذیری صفات است. درصورتی‌که وزن‌های اقتصادی نسبی نیز مشخص باشد، شاخص کاراتر شاخصی خواهد بود که $a_ih_i^2$ 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:

$$r_{IH} = (b'Ga)^{1/2}/(a'Ga)^{1/2} \qquad [۷]$$

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱. میانگین مربعات مربوط به اشتباه آزمایش، رقم، محیط و برهم‌کنش آنها[1]

منابع تغییر صفات[2]	محیط (df=1)	E×L (df=4)	رقم (df=11)	برهمکنش محیط و هیبرید(df=11)	خطای آزمایش (df=44)	میانگین
NACTL2	۰/۵ns	۰/۹۰۳	۳/۱۶۲**	۰/۴۰۹ns	۰/۴۰۳	۱۵/۳۸۹
NACTL3	۷/۳۴۷**	۰/۳۰۶	۳/۴۰۸**	۰/۸۳۲**	۰/۱۶۹	۱۳/۹۳۱
NACTL4	۲۲/۲۲۲**	۰/۱۸۱	۳/۵۵۶**	۰/۸۲۸**	۰/۲۲۶	۱۲/۸۸۹
CGR2	۱۲۹۲۰۹/۸۵۹**	۱۲۰/۲۱۷	۱۰۵۰۲/۴۴۴**	۱۳۷۷/۲۶۶**	۱۵۱/۴۹۳	۲۹۱/۶۵۲
CGR3	۵۷۵۲/۷۱۱۰**	۴۹/۹۵۱	۴۸۷۵/۵۰۷**	۷۸۹/۱۷۸**	۵۱/۰۲۴	۱۶۳/۶۸۳
CGR4	۸۳۲۹/۵۳۲**	۱۲/۲۴۹	۳۳۰/۷۱۷**	۱۸۷/۷۰۳**	۷/۶۵۹	۵۷/۹۵۱
EL	۷/۹۳۳**	۰/۲۰۳	۵/۰۴۲**	۲/۸۶۸**	۰/۲۳۹	۱۹/۰۲۸
NAR2	۱۰۲۰/۵۴۱**	۱/۱۱	۱۴۶/۹۶**	۸۶/۷۴۲**	۵/۶۷۴	۶۸/۳۶۱
NAR3	۱۴/۸۴۲**	۰/۱۸۴	۱۲۵/۸۵۳**	۲۲/۹۲۹**	۲/۰۵۱	۳۶/۹۵۲
NAR4	۳۴۴/۴۴۴**	۱/۱۰۲	۱۷/۲۸۹**	۱۳/۹۸۲**	۰/۴۲۳	۱۵/۴۷
LAI4	۲/۳۸۳**	۰/۰۰۶	۰/۶۰۶**	۰/۰۹۶**	۰/۰۰۸	۳/۷۲۹
LAV3	۲۶۱۴۸/۷۸۹*	۳۸۱۱/۰۹۷	۱۹۳۵۱/۷۸۹**	۱۲۴۳۲/۸۰۸**	۲۵۷۳/۱۷۴	۶۳۸/۱۸۳
LAV4	۶۳۴۰۱/۲۳۱**	۵۵۸/۱۹۱	۲۲۶۳۱/۴۷۵**	۴۷۶۵/۵۷۹**	۲۷۱/۳۴۸	۵۷۰/۱۸۵
RGR2	۸/۱۷۴**	۰/۰۰۵	۱/۳۹۴**	۰/۴۹۴**	۰/۰۱۲	۶/۶۲۷
RGR3	۰/۷۳۶**	۰/۰۰۴	۰/۳۳۲**	۰/۲۹**	۰/۰۰۳	۱/۹۵۸
RGR4	۰/۰۲۹**	۰/۰۰	۰/۴۵۱**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۱	۰/۸۶
LAI1	۰/۱۹۲**	۰/۰۰	۰/۰۴۹**	۰/۰۴۱**	۰/۰۰۱	۰/۷۷
LAI2	۱۱/۰۴۵**	۰/۰۱۱	۱/۲۶۲**	۰/۱۵۷**	۰/۰۱۲	۴/۲۴۲
LAI3	۲/۴۶۸**	۰/۰۲۷	۰/۹۳۲**	۰/۱۰۶**	۰/۰۰۶	۴/۴۱۱
W100	۴۸/۰۲۰**	۰/۷۳۴	۱۷/۷۷۵**	۴/۲۹۱**	۰/۳۴۴	۲۶/۴۸
ROWE	۱۰/۸۸۹**	۰/۰۵۶	۳/۸۵۹**	۱/۴۳۴**	۰/۰۵۶	۱۶/۹۴۴
EWW5	۲۷۴۸/۳۷۱**	۱۹/۱۵۳	۱۴۱۲/۴۴۴**	۴۵۵/۶۶۶**	۲۵/۰۶۴	۱۸۹/۲۶۷
ED5	۲۶/۹۷۴**	۰/۰۹۴	۲۳/۵۰۴**	۴/۶۹۸**	۰/۲۴۱	۵۰/۴۷۳
EH5	۳۵/۸۲۸ns	۹/۷۴	۶۱۹/۳۴۹**	۱۷۸/۵۸۱**	۸/۰۶۵	۱۰۹/۴۲۳
PH4	۳۷۴۵/۷۴**	۲۳/۶۴۲	۵۰۹/۶۲۵**	۴۷۰/۹۶۹**	۱۱/۲۹۵	۲۰۷/۱۳۶
NLAME3	۲/۷۲۲**	۰/۰۵۶	۱/۱۶۲**	۰/۳۲۸**	۰/۰۲۵	۵/۷۲۲
IL3	۱۸/۶۷۶**	۰/۰۲۷	۵/۸۱۴**	۴/۸۲۶**	۰/۱۳	۱۵/۱۳۶
NN3	۰/۳۴۷**	۰/۵۱۴	۱/۶۵**	۰/۶۵*	۰/۳۳۲	۱۶/۰۹۷
PH3	۹۲۱/۳۴۹**	۲۳/۲۹۸	۶۷۸/۳۵۵**	۴۸۶/۱۶۲**	۲۰/۳۷۳	۱۹۸/۹۹۴
TL	۲۳/۱۴۳**	۱/۱۰۸	۱۴۸/۲۴۱**	۸/۴۷۶**	۲/۱۰۳	۴۰/۸۳۶
PH1	۵/۸۳۷**	۰/۴۷۸	۱۲/۴۱۶**	۹/۵۶**	۰/۵۱۵	۳۰/۱۱۷
PH2	۹۲۹/۸۱۱**	۲۶/۳۶۸	۵۹۵/۷۰۴**	۱۶۲/۲۳۲**	۱۰/۳۴۹	۱۸۲/۴۴۷
GYP5	۱۴۴۲/۹۱۹**	۰/۵۷۵	۱۴۷۲/۲۴۲**	۴۹۵/۸۶۷**	۰/۴۲۷	۱۷۱/۹۱۱
GYH5	۶/۰۱۵**	۰/۰۱۱	۶/۳۵۳**	۲/۲۰۸**	۰/۰۱۰	۱۱/۴۵۲
EWC5	۱۸۹۵/۸۴۲**	۱۰/۵۷	۱۵۵۵/۶۸۱**	۴۸۴/۶۲۵**	۱۴/۳	۲۰۳/۰۴۶

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

www.SID.ir

Archive of SID

وزن‌های اقتصادی نسبی برای عملکرد عدد یک و برای بقیه صفات، عدد صفر منظور می‌گردد، P و G نیز به‌ترتیب ماتریس واریانس- کوواریانس 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 (به‌ترتیب ۰/۹۲ ، ۰/۸۲ و ۰/۷۳) هستند و هر سه در سطح یک درصد معنی‌دار هستند. یافته‌های واتسون (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 و۳ 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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲. ترکیبات صفات و ضرایب مربوطه در شاخص نوع اول

ردیف	شاخص	r_{HI}	رتبه
۱	۰/۴۲۵۸x۱	۰/۸۱	۱۰
۲	۲/۰۶۰۶x۱ + ۰/۰۳۴۶x۴	۱	۱
۳	۱/۲۶۲۹x۱ + ۰/۶۳۵۸x۵	۰/۹۵	۳
۴	۰/۳۳۹۵x۱ + ۰/۱۹۴۱x۶	۰/۷۳	۱۳
۵	۰/۳۰۰۲x۱ + ۰/۳۳۸۳x۷	۰/۶۷	۱۵
۶	۰/۲۸۷۱x۱ + ۰/۱۸۲۸x۸	۰/۶۴	۱۶
۷	۰/۳۰۲۶x۱ − ۰/۰۰۹۶x۱۰	۰/۷۲	۱۴
۸	۰/۰۷۶۲x۱ + ۰/۰۶۹۵x۱۱	۰/۵	۱۹
۹	−۰/۱۳۴۴x۱ + ۰/۴۹۸۶x۱	۰/۸۳	۹
۱۰	۰/۰۵۸x۲ − ۴/۲۲۴۳x۱۰+ ۰/۴۰۲۵x۱۲	۰/۸۵	۷
۱۱	۰/۷۵۴x۳ − ۵/۳۸۳۹x۷ + ۰/۲۲۷۱x۱۱ + ۰/۳۸۹۵x۱۲	۰/۸۵	۷
۱۲	−۰/۰۳۶x۳ + ۰/۹۲۹۲x۷ − ۰/۰۹۰۱x۱۰	۰/۹۸	۲
۱۳	۰/۸۳۵x۷ − ۰/۰۱۰۹x۹	۰/۹۲	۴
۱۴	۰/۸۷۳x۵ − ۲/۰۶۰۳x۸ + ۰/۴۵۱۹x۱۲	۰/۹	۶
۱۵	۰/۷۳۲۲x۶ + ۰/۳۵۰۳x۱۰	۰/۸۵	۷
۱۶	۰/۱۳۱۶x۴ + ۱/۹۹۶۶x۷ − ۰/۱۹۴۴x۱۰	۰/۸۴	۸
۱۷	۰/۷۷۶۹x۸ + ۱/۱۸۸۶x۱۰ + ۰/۱۰۰۴x۱۱	۰/۷۵	۱۱
۱۸	۰/۵۵۸x۷ + ۰/۳۲۴x۸ + ۰/۰۶۸۹x۹	۰/۷۵	۱۱
۱۹	−۰/۶۸۱۳x۳ − ۰/۶x۸	–	–
۲۰	−۰/۰۴۵۹x۲ + ۰/۸۸۳۹x۵ + ۴/۲۶۷۵x۶ − ۰/۴۷۸۶x۸	۰/۹۱	۵
۲۱	۰/۳۷۷۶x۸ + ۰/۲۷۰۶x۱۰	۰/۷۴	۱۲
۲۲	−۰/۰۱۷۱x۳ − ۰/۰۵۷۶x۱۰	–	–
۲۳	−۰/۰۱۵۴x۲ + ۰/۹۰۳۵x۵ + ۵/۱۴۴۸x۶	۰/۹	۶
۲۴	۰/۲۱۸۶x۱ + ۰/۲۰۹۸x۶ − ۰/۰۰۱۸x۱۰	۰/۶۱	۱۷
۲۵	۰/۱۶۲۳x۱ + ۰/۲۱۸x۸ − ۰/۰۷۵x۱۰	۰/۵۵	۱۸
۲۶	۰/۰۹۷۵x۱ + ۰/۹۲۵۴x۵ − ۲/۱۸۷۳x۸ + ۰/۴۶۰۶x۱۲	۰/۹	۶
۲۷	۴/۲۳۰۵x۱ − ۰/۵۱۴۸x۴ + ۷/۴۲۳۲x۷ + ۰/۶۲۳۲x۸ − ۳/۳۳۶۷x۱۰	۱/۳۷	–
۲۸	۱/۲۵۷۵x۱ + ۰/۶۲۹۳x۵ + ۱/۸۱۲۲x۶ + ۰/۵۴۷۷x۸	۰/۹۵	۳

غیر قابل قبول r_{HI}: هم‌بستگی ارزش ارثی با شاخص انتخاب. x_1 تا x_{12} به‌ترتیب عملکرد (تن در هکتار)، CGR_4، طول بلال، LAI_2, LAI_4, NAR_3, NAR_2، شمار ردیف در بلال، طول میان‌گره در مرحله سوم، شمار گره، ارتفاع گیاه در مرحله سوم، وزن بلال با پوشش در مرحله پنجم است.

و۲/۰۶۰۶ 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 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

www.SID.ir

Archive of SID

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(r_{HI}=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، r_{HI}=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 GYH5، NAR2، NAR3، 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 درنظر 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) (r_{HI}=1) مربوط به شاخص شماره دو (شامل صفات GYH5 و NAR2 با ضرایب به‌ترتیب ۰/۰۳۴۶ و ۲/۰۶۰۶) و پس از آن شاخص‌های شماره ۱۱ و ۲۸ با هم‌بستگی‌های به‌ترتیب 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.

همان‌طورکه 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 به‌منظور 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 شمارهٔ 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 ۲و۳ 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 (بالاتر 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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳. ترکیبات مختلف صفات و ضرایب مربوط در شاخص نوع دوم

ردیف	شاخص	r_{HI}	رتبه
۱	۰/۴۲۵۸x۱	۰/۸۱	۱۴
۲	۲/۰۶۰۶x۱ + ۰/۰۳۴۶x۴	۱	۱
۳	۱/۲۶۲۹x۱ + ۰/۶۳۵۸x۵	۰/۹۵	۴
۴	۰/۴۲۳۶x۱ – ۱/۱۴۳۶x۶	۰/۹۲	۷
۵	۰/۴۱۳۹x۱ – ۱/۰۸۷۷x۷	۰/۹۳	۶
۶	۰/۵۰۶۸x۱ – ۰/۵۴۹۸x۸	۰/۹	۹
۷	۰/۴۷۳۵x۱ – ۰/۶۷۱۶x۱۰	۰/۹۱	۸
۸	۰/۸x۱ – ۰/۰۶۳۵x۱۱	۰/۶۵	۱۸
۹	–۰/۱۳۴۴x۱ + ۰/۴۹۸۶x۱۲	۰/۸۳	۱۳
۱۰	۰/۰۴۲۳x۲ – ۴/۹۶۱۴x۱۰ + ۰/۴۱۰۲x۱۲	۰/۸۶	۱۱
۱۱	۰/۱۳۳۳x۳ – ۱۸/۴۱۵۲ x۷ + ۰/۴۲۳۵x۱۱ + ۰/۴۲۹۹x۱۲	۰/۹۹	۲
۱۲	۰/۲۴۷۱ x۳ – ۰/۷۸۷۶x۷ – ۰/۶۲۲۶x۱۰	۰/۹۲	۷
۱۳	–۰/۸۳۵x۷ + ۰/۰۱۰۹x۹	۰/۹۲	۷
۱۴	۰/۸۷۱۳x۵ – ۲/۸۰۷۳x۸ + ۰/۴۶۶x۱۲	۰/۹۱	۸
۱۵	–۰/۷۳۲۲x۶ – ۰/۳۵۰۳x۱۰	۰/۸۵	۱۲
۱۶	۰/۰۹۳۵x۴ + ۰/۴۷۲۴x۷ – ۱/۱۴۱۹x۱۰	۰/۶۹	۱۷
۱۷	–۰/۷۷۶۹x۸ – ۱/۱۸۸۶x۱۰ – ۰/۱۰۰۴x۱۱	۰/۷۵	۱۵
۱۸	–۰/۵۵۸x۷ – ۰/۳۲۴x۸ – ۰/۰۶۸۶x۹	۰/۷۵	۱۵
۱۹	۰/۳۳۰۱x۳ – ۰/۵۷۷۲x۸	۰/۹۲	۷
۲۰	–۰/۰۳۴۸x۲ + ۰/۸۸۳x۵ + ۳/۷۶۱۲x۶ – ۰/۹۷۹۴x۸	۰/۹	۹
۲۱	–۰/۳۷۷۶x۸ – ۰/۲۷۰۶x۱۰	۰/۷۴	۱۶
۲۲	۰/۲۳۵۲x۳ – ۰/۶۱۶۵x۱۰	۰/۸۸	۱۰
۲۳	–۰/۰۱۷۳x۲ + ۰/۸۹۷۱x۵ + ۳/۷۶۱۱x۶	۰/۹	۹
۲۴	۰/۴۸۹۴x۱ – ۱/۰۱۷۹x۶ – ۰/۶۱۴۴x۱۰	۰/۹۴	۵
۲۵	۰/۵۹x۱ – ۰/۴۶۰۶x۸ – ۰/۴۷۷۵x۱۰	۰/۹۱	۸
۲۶	۰/۲۳۷x۱ + ۰/۹۱۸x۵ – ۲/۹۲۷۸x۸ + ۰/۴۶۹x۱۲	۰/۹۱	۸
۲۷	۶/۵۷۸۲x۱ – ۰/۹۲۹x۴ + ۱۰/۳۳۸۵x۷ + ۰/۷۲۷۹x۸ – ۶/۳۳۱۶x۱۰	۱/۵۲|	–
۲۸	۱/۸۸۳۲x۱ + ۰/۵۸۰۹x۵ + ۲/۳۳۲۵x۶+ ۰/۲۲۳۱x۸	۰/۹۸	۳

غیر قابل قبول r_{HI} : هم‌بستگی ارزش ارثی با شاخص انتخاب x_1 تا x_2 به‌ترتیب عملکرد (تن در هکتار)، CGR_4، طول بلال، NAR_2، NAR_3، LAI_4، LAI_2، 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 بـه ذکر است که شمار صفات وارد شده در شاخص‌ها اهمـیت ندارد و لزوماً شاخصی که شمار صفت بیشتری در خود داشـته باشد، مناسب‌تر نیست و آنچه مهم می‌باشد این است که صـفات انـتخاب شـده دارای میـزان بـالای وراثت‌پذیری، تنوع ژنوتیپـی، پیشرفت ژنتیکی و هم‌بستگی ژنوتیپی با عملکرد باشد و صـفات وارد شـده در یک شاخص، هم‌بستگی شدیدی با هم نداشـته باشند. نتایج به‌دست آمده از هردو نوع شاخص انتخاب نیـز ایـن امر را تأیید می‌کند. از طرف دیگر باید دقت کرد تاحد ممکـن آزمـایش انجـام شـده به این منظور از تنوع کافی رقم و محـیط نیـز بـرخوردار باشـد چـرا که با انجام آزمایش در طیف وسـیعی از محـیط‌هـا و رقـم باعـث افزایش دقت شاخص‌های به‌دست آمده می‌شود.

مـی‌تـوان از شـاخص‌هـای انـتخاب بـه‌مـنظور انجام بهتر و

www.SID.ir

Archive of SID

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

منابع مورد استفاده

۱. چوکان، ر. ۱۳۸۰. ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت با استفاده از تلاقی‌های دی‌آلل. مجله علوم زراعی ایران (۳)۳ : ۸-۱.

۲. رضایی، ع. ۱۳۷۳. *شاخص‌های انتخاب در اصلاح نباتات*. چهارمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات، انتشارات دانشگاه تبریز.

۳. رضایی، ع. م. و ا. سلطانی. ۱۳۷۷. *مقدمه ای بر تحلیل رگرسیون کاربردی*. چاپ اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.

٤. 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. ٨٤ صفحه.

۵. نوابی، ع. ۱۳۷۵. بررسی صفات مهم زراعی در بوته‌های F4 گندم (*Triticum aestivum*) به عنوان معیار انتخاب لاین‌های پرعملکرد. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ۸۵ صفحه.

٦. 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. Laffitle. 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 Melborne. Porkuitle, 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. Jatimliansky, 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.

www.SID.ir