ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاینهای نر عقیم سورگوم از نظر عملکرد دانه و خصوصیات وابسته

محمود تورچی و عبدالمجید رضائی

بترتیب مربی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز و استادگروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ پذیرش مقاله ۷۵/۷/۴

خلاصه

به منظور ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاینهای نر عقیم سورگوم، در سال زراعی ۱۳۶۹ تعداد ۱۹ لاین نر عقیم سورگوم (لاین A) بعنوان پایه مادری با یک توده متنوع ژنتیکی بعنوان پایه پدری در یک محل ایزوله تلاقی داده شدند. در بهار ۱۳۷۰، نوزده تاپ کراس، والدپدری (بعنوان شاهد) و ۱۹ والد نر بارور مادری (لاین B) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان در دو محیط مساعد و نامساعد بصورت طرح کرتهای دوبار خرد شده در قالب بلوکهای کامل تصادفی در ۳ تکرار ارزیابی گردیدند. در هر محیط دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۶ اردیبهشت فاکتور اصلی، دو فاصله کاشت ۱۰ و ۲۰ سانتیمتر بین بوته‌ها در روی ردیف فاکتور فرعی اول و ژنوتیپها فاکتور فرعی دوم را تشکیل دادند. در طول فصل زراعی ۶ صفت مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای بیشتر صفات و در هر دو محیط مساعد و نامساعد تفاوت میانگین اکثر تاپ کراسها بالاینهای B مربوط که بیانگر هتروزیس و برتری نسبت به والد مادری است، معنی دار بود. هتروزیس منجر به افزایش عملکرد دانه، وزن حجمی، طول خوشه، ارتفاع گیاه، متوسط وزن خوشه و شروع زودتر گلدهی شد. عملکرد دانه و وزن حجمی کمترین و ارتفاع بوته و طول خوشه بیشترین قابلیت‌های توارث را بر اساس مؤلفه‌های واریانس داشتند. برآوردهای قابلیت توارث برای اکثر صفات در محیط نامساعد کمتر از محیط مساعد بود. برآوردهای بالای وراثت‌پذیری برای اکثر صفات مورد مطالعه نشان داد که امکان گزینش‌های مطلوب بر مبنای آنها وجود دارد. در محیط مساعد لاینهای A22 و A23 اثرات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) معنی‌داری را از نظر کلیه صفات از جمله عملکرد دانه داشتند و می‌توانند بعنوان والد مناسب در تهیه هیبرید مورد استفاده قرار گیرند.

مقدمه

هتروزیس یا برتری هیبرید F_1 نسبت به متوسط والدین برای بسیاری از صفات سورگوم گزارش شده است. هتروزیس در این گیاه با گلدهی زودتر، پنجه زنی بیشتر، ارتفاع بلندتر و افزایش عملکرد دانه و علوفه ظاهر می‌شود (۲۵ و ۳۳). یکی از اساسی‌ترین قدمها در تهیه بذر هیبرید انتخاب والدین است. والدین هرسینگل کراس بایستی علاوه بر دارا بودن خصوصیات مطلوب زراعی و پتانسیل عملکرد، دارای قابلیت ترکیب‌پذیری نیز باشند (۲۰). به عبارت دیگر دو والد مطلوب لزوماً سینگل کراس مناسبی را تولید نمی‌کنند، بلکه می‌بایستی دارای ترکیب‌پذیری خوبی نیز با یکدیگر باشند. طرح تلاقیهای دا ی آلل کاملترین اطلاعات ژنتیکی برای ارزیابی پتانسیل و قابلیت ترکیب‌پذیری لاینهای اینبرد با یکدیگر را در اختیار قرار می‌دهد (۴۲). در این طرح ژنتیکی تمام تلاقیهای ممکن بین تعدادی ژنوتیپ هموزیگوت انجام می‌گردد. طرح تلاقیهای دی آلل بدلیل

نیاز به انجام دورگه‌گیری زیاد، خصوصاً در مواردی که ارزیابی تعداد نسبتاً زیادی لاین اینبرد مورد نظر باشد، بخاطر محدودیت زمانی و هزینه زیاد امکان‌پذیر نیست. بهمین جهت ابتدا بایستی به نحوی نسبت به گزینش لاینهای برتر و دارای قابلیت ترکیب‌پذیری خوب اقدام نمود. بدین ترتیب اصلاح‌کنندگان نباتات قادر خواهند بود تا مواد نامطلوب را از همان ابتدای برنامه به نژادی شناسایی و حذف نمایند و سعی خود را روی مواد امیدبخش متمرکز سازند.

دیویس (۱۲) استفاده از روش تاپ کراس بعنوان نوعی آزمون نتاج برای ارزیابی قدرت ترکیب‌پذیری عمومی لاینهای اینبرد را پیشنهاد کرده است. تاپ کراسها عبارتند از نتاج حاصل از تلاقی یک سری لاین یا کلون با یک والدنر مشترک که می‌تواند یک لاین اینبرد، سینگل کراس یا واریته ناهمگن باشد (۱و۴۱). در گزینش برای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی معمولاً از یک واریته یا جامعه با پایه ژنتیکی متنوع و هتروزیگوسیتی زیاد بعنوان والد آزمون کننده استفاده می‌شود. این جامعه می‌تواند جامعه والدی یا هر جامعه با پایه ژنتیکی گسترده (واریته ساختگی یا آزاد گرده افشان) و غیر خویشاوند باشد (۲۰). در طرح ژنتیکی تاپ کراس فرض بر تلاقی تصادفی تمامی گیاهان با یک نمونه تصادفی از گامتهای والد نر است (۲و۳۴). نتاج حاصل از تلاقی هر لاین خالص با والد تاپ کراس یک فامیل برادر ـ خواهری ناتنی را تشکیل می‌دهند. بعبارت دیگر رابطه خویشاوندی آنها در داشتن یک والد مشترک است. و اریانس ما بین تاپ کراسها، σ^2_t کوواریانس مابین فامیلهای ناتنی را برآورد می‌کند. کوواریانس فامیلهای ناتنی نیز برابر با $\frac{1+F}{4}\sigma^2_A$ بوده (F ضریب خویش‌آمیزی است) و بدین ترتیب برآوردی از واریانس ژنتیکی افزایشی (σ^2_A) را در اختیار قرار میدهد. واریانس ژنتیکی افزایشی ناشی از اثرات افزایشی ژنها می‌باشد. اثر افزایشی ژنها از نسلی به نسل دیگر قابل انتقال میباشد و بازده ناشی از انتخاب را تعیین می‌نماید، لذا از جنبه به نژادی حائز اهمیت فراوان است.

در سورگوم تعداد زیادی لاین نر عقیم (A) و لاین برگرداننده باروری (R) بمنظور تولید هیبرید تهیه شده‌اند (۴و۳۸). تاپ کراسها در سورگوم مورد مطالعه چندانی قرار نگرفته‌اند (۲۱، ۲۶ و ۳۰). اولین بار راس و کافوید (۳۷) در سال ۱۹۷۸ تاپ کراسهای حاصل از تلاقی لاینهای A با یک جامعه آزاد گرده افشان را مورد مطالعه قرار داده و تفاوتهای بارزی را در مقادیر قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برای عملکرد دانه گزارش نموده‌اند. محمد (۳۱) از جوامع آزاد گرده افشان و مخلوط لاینهای برگرداننده باروری بعنوان والد تاپ کراس برای ارزیابی ترکیب‌پذیری لاینهای A استفاده نموده است. وی گزارش می نماید که بین دو روش تفاوتی در گزینش لاینهای برتر وجود ندارد.

اطلاع از نحوه توارث صفات کمی، راندمان انتخاب برای این صفات را افزایش می دهد. اگر چه در مورد صفات کمی اندازه‌گیری اثرات تک‌تک ژنها امکان‌پذیر نیست، ولی روشهای آماری موجود امکان مطالعه اثرات تجمعی چنین ژنهایی را امکان‌پذیر ساخته‌اند. بعنوان مثال، قابلیت توارث میزان انتقال نسبی یک صفت از والدین به نتاج را نشان می‌دهد. همچنین بزرگی چنین برآوردی، میزان پیشرفت حاصل از انتخاب را تعیین و بهترین روش برای بهبود خصوصیات جامعه را مشخص می کند (۲۰ و ۲۷). از طرف دیگر تأثیر عوامل محیطی بر برآورد پارامترهای ژنتیکی همیشه مورد توجه متخصصان اصلاح نباتات بوده است (۳۲ و ۴۵). در اکثر پروژه‌های اصلاح نباتات، والدین و هیبریدها در شرایط مطلوب تحقیقاتی تهیه و ارزیابی می‌شوند و سپس بذور معرفی شده در شرایط نامطلوبتر توسط زارعین مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. لذا بهتر است که این ارزیابی‌ها در شرایط محیطی متنوع و حداقل در دو محیط متفاوت انجام شوند (۸ و ۲۹). ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای عکس‌العملهای بسیار متفاوتی را در محیطهای مختلف نشان می‌دهند. این موضوع بدلیل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بوده وتولید واریته‌های سازگار به یک منطقه وسیع را با مشکل مواجه می‌سازد (۱۷، ۳۹ و ۴۰). تهیه ژنوتیپ‌های با سازگاری وسیع و دارای عملکرد بالا نیازمند به ارزیابی و انجام گزینش در محیطهای متفاوت است (۳۵). روزیل و همبلین (۳۶) معتقدند که مکانهای ارزیابی ژنوتیپ‌ها بایستی نماینده واقعی مناطق تولید تجاری باشند. آلن و همکاران (۲) تغییرات قابلیت توارث برای عملکرد دانه در محیطهای مساعد و نامساعد را بسته به نوع گیاه مورد مطالعه متفاوت گزارش نموده‌اند. کروک و کاسادی (۱۰) اثر متقابل منطقه با مؤلفه‌های ژنتیکی (تنوع ناشی از والدهای نر، ماده و تلاقیها) در سورگوم را معنی‌دار گزارش نموده و ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیطهای متفاوت را برای گزینش ارقام سازگار به دامنه وسیعی از شرایط محیطی توصیه نموده‌اند. دنجی و پارادو (۱۱)

گـزارش نـموده‌انـد کـه اثـرات قـابلیت تـرکیب‌پذیری عـمومی در محیطهای مختلف روند خـاصی را بـرای هـیچیک از صـفات نشـان نداده‌اند.

این بررسی باتوجه به موارد ذکر شده، بمنظور ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) ۱۹ لاین نر عـقیم سـورگوم از نـظر عملکرد دانه و خصوصیات مهم زراعی با استفاده از روش تاپ کراس طرح‌ریزی شده است. بمنظور حصول نتایج جامع‌تر،این مـطالعه در شرایط متفاوت محیطی و زراعی پیاده شده است.

مواد و روشها

مواد مورد بررسی شامل ۱۹ تاپ کراس سـورگوم بـود کـه بطور تصادفی از بین مواد بیشتری که در سال ۱۳۶۹ تهیه شده بودند انتخاب گردید. بمنظور تهیه تاپ کراسها، در یک منطقهٔ ایزوله تعداد زیادی لاین نر عقیم سورگوم (لاین A) در ردیفهائی بطول ۴ متر و در سه تکرار کشت گردیدند. والد گرده دهنده در اطراف مـزرعه و همچنین پس از هر دو ردیف والد مادری کاشته شد. والد پـدری از مخلوط مساوی بذر از حدود ۱۲۰ لاین برگردانندهٔ باروری (لایـن R) بدست آمد. هر تاپ کراس نیز از مخلوط مساوی بذر حاصل از گرده افشانی همه بوته‌های سه تکرار تـولید شـد. در سـال ۱۳۷۰، نوزده تاپ کراس، والد پـدری (بـعنوان شـاهد) و ۱۹ والد مـادری (لاین‌های B که از نظر ژنتیکی کاملاً شبیه به لاین‌های A بوده ولی نر بارور هستند) در قالب طرح کرتهای دوبار خرد شده به تـفکیک در هر یک از دو محیط مساعد و نامساعد با طرح پـایه بـلوکهای کـامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان ارزیابی گردیدند. در هر محیط دو تاریخ کاشت ۱۱ و ۲۶ اردیبهشت در کرتهای اصلی و دو تراکـم کـاشت ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر بین بوته‌ها در روی ردیف کاشت در کرتهای فرعی اول و ژنوتیپها در کرتهای فرعی دوم منظور شدند. اختصاص کلیه عوامـل آزمایشی بطور تصادفی انجام شد. زمین محل آزمایش در سال قـبل زیرکشت گندم بود. عملیات تهیهٔ زمین شامل شـخم پـائیزه، دیسک بهاره، کودپاشی به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمـونیم و تهیه جوی و پشته‌ها بود. کشت بصورت هیرم کاری انجام شـد. هـر ژنوتیپ در یک ردیف بطول ۶ متر کشت گردید. در محیط مساعد عملیات و مواظبتهای معمول زراعی از جمله دادن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در دو نوبت، آبیاری بر اساس نیاز آبـی گـیاه و تـا رسیدن به حد ظرفیت زراعـی صـورت گـرفت. مـبارزه مـطلوب بـا علفهای هرز با دست و برای ۲ تا ۳ مرتبه انجام گردید. محیط نامساعد شرایط نامطلوبتری را بدلیل داشتن محل نامناسب‌تر در مزرعه و عدم انجام بخشی از عملیات زراعی انجام شده در محیط مناسب دارا بود. صفات مورد مطالعه عبارت بودند از : ۱ - تاریخ ۵۰ درصد گلدهی بر حسب تعداد روز از کاشت تا وقتی که ۵۰ درصـد از خـوشه‌های هرکرت بطور کامل خارج شدند، ۲ - طول گیاه بر حسب سانتیمتر از سطح زمین تا انتهای خوشه اصلی، ۳ - متوسط طول خوشه بر حسب سانتیمتر، ۴ - عملکرد دانه در کرت پس از حذف حاشیه و تـبدیل برحسب تن در هکتار، ۵ - وزن حجمی یا وزن ۵۰۰ سانتیمتر مکعب کـــه پس از مـحاسبات آمـاری بـه هکـتولیتر تـبدیل شـد و ۶ - متوسط وزن خوشه بر حسب گرم.

قابلیت توارث عمومی (h^2_B) از نسبت واریانس ژنتیکی (σ^2_g) به واریانس فنوتیپی (σ^2_{ph}) محاسبه شد. قابلیت تـوارث و خـطاهای معیار مربوط بر اساس میانگین ژنوتیپ از فرمولهای:

$$h^2_B=\frac{\hat{\sigma}^2_g}{\sigma^2/rpab+\sigma^2_{ge}/p+\sigma^2_g} \quad \text{و}$$

$$SE(h^2_B)=\frac{SE\hat{\sigma}^2_g}{\sigma^2/rpab+\sigma^2_{ge}/p+\sigma^2_g}$$

برآورد شدند (۲۰ و ۲۸). در این فرمولها r= تعداد تکرار، p= تعداد محیط، a= تعداد تاریخ کاشت و b= تعداد تراکـم کـاشت است. لازم به ذکر است که σ^2_g واریانس بین فامیلهای نیمه خواهری بوده و فقط شامل واریـانس اثـرات افـزایشـی است. قـابلیت تـوارث صفات برای دو محیط بر اساس طرح بلوکهای کامل تصادفی (جدول ۵) از فرمول

$$h^2_B=\frac{\hat{\sigma}^2_g}{\sigma^2/rp+\sigma^2_{ge}/p+\sigma^2_g}$$

و بـــراســـاس تک‌تک مـــحیط‌ها (جـــدول ۶) از فـــرمول $h^2_B=\frac{\hat{\sigma}^2_g}{\sigma^2/r\,\sigma^2_g}$ محاسبه شده.

در برآورد مـولفه‌های واریـانس خـطا $\hat{\sigma}^2_{ge}$ و $\hat{\sigma}^2_g$ از مـدل تصادفی کامل استفاده شد. خطای معیار (SE) مؤلفه‌های واریانس بـا استفاده از فرمول زیر محاسبه شد(۲۰، ۲۴ و ۲۸):

$$SE=\left[\frac{2}{c^2}\{\Sigma_i MS_i^2/(df_i+2)\}\right]^{1/2}$$

در این فرمول c= ضریب مؤلفه واریانس مورد نظر در امید

ریاضی واریانس، MS_i = میانگین مربعات i ام در فرمول مربوط به برآورد واریانس حقیقی مورد نظر، و df_i = درجه آزادی میانگین مربعات i ام است.

ضریب تنوع ژنتیکی (GCV) از نسبت جذر برآورد واریانس ژنتیکی فامیلهای نیمه خواهری بر میانگین آنها محاسبه شد (۲۲ و ۲۸):

$$GCV=\frac{100\sqrt{\hat{\sigma}^2 g}}{\bar{x}}$$

اثرات قابلیت ترکیب پذیری عمومی (GCA) از اختلاف بین میانگین هر تاپ کراس با میانگین کل تاپ کراسها برآورد گردید.

برای آزمون اختلاف معنی‌دار اثرات GCA با صفر از آزمون دو دامنهٔ t به صورت زیر استفاده شد (۲۰، ۲۱ و ۳۸):

$$t=\frac{GCA}{SE_{GCA}} \quad , \quad SE_{GCA}=(MS_{ge}/rpab)^{1/2}$$

در این فرمول SE_{GCA} = خطای استاندارد اثرات GCA و MS_{ge} = میانگین مربعات ژنوتیپ و محیط، r = تعداد تکرار، p = تعداد محیط، a = تعداد تاریخ کاشت و b = تعداد تراکم کاشت می‌باشد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده هانشان داد که اثر محیط بر کلیه خصوصیات مورد مطالعه به جز وزن حجمی و متوسط وزن خوشه معنی‌دار است. با توجه به معنی‌دار شدن واریانس ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در هر یک از محیط‌های مساعد و نامساعد، میانگین مربعات ژنوتیپ به اجزاء مربوط به تاپ کراسها، لاینهای B، تاپ کراسها در برابر لاینهای B و شاهد در برابر بقیه ژنوتیپها تفکیک گردید (جدول ۱). در هر دو محیط مورد بررسی تفاوت بین لاینهای B و تفاوت بین تاپ کراسها برای تمامی خصوصیات مورد ارزیابی از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). این نتیجه دلیل بر وجود تنوع ژنتیکی کافی است و برآورد پارامترهای ژنتیکی را معتبر می‌سازد. تفاوت میانگین تاپ کراسها با لاینهای B (والد مادری) در محیطهای مساعد و نامساعد (جدول ۲) برای همهٔ صفات مورد مطالعه از نظر آماری معنی‌دار بود. میانگین تمام صفات مورد مطالعه بجز تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی تقریباً در تمامی تاپ کراسها بیشتر از لاینهای مادری مربوط بود. کاهش تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و زودرسی در تاپ کراسها موجب فرار گیاه از شرایط نامساعد آب و هوائی و از جمله کمبود رطوبت شده و مخصوصاً در محیط نامساعد صفت مطلوبی بشمار می‌رود.

هتروزیس :

میزان هتروزیس نسبت به والد مادری و مقادیر حداقل اختلاف معنی‌دار برای آزمون آنها در جدول ۲ ارائه شده است. برای همهٔ صفات مورد بررسی هتروزیس نسبت به والد مادری وجود داشت و در اکثر موارد از نظر آماری معنی‌دار بود. در اکثر موارد بروز هتروزیس منجر به افزایش عملکرد دانه، وزن حجمی، طول خوشه، ارتفاع گیاه، متوسط وزن خوشه و شروع زودتر گلدهی شد. در مطالعات دیگر (۲۵، ۳۳ و ۴۳) نیز ظهور هتروزیس با گلدهی زودتر، افزایش ارتفاع و عملکرد دانه سورگوم همراه بوده است. در محیط مساعد بیشترین مقدار هتروزیس را تاپ کراس شماره ۳ برای عملکرد دانه، وزن حجمی و متوسط وزن خوشه و تاپ کراس شماره ۱۹ برای طول خوشه و ارتفاع گیاه داشتند. تاپ کراس شمارهٔ ۱۰ در هر دو محیط بیشترین هتروزیس را برای تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی داشت (جدول ۲). در محیط نامساعد تاپ کراسهای شمارهٔ ۱۵، ۸ و ۱۰ بترتیب بالاترین هتروزیس را برای عملکرد دانه، وزن حجمی و طول خوشه، و متوسط وزن خوشه داشتند.

میانگین مربعات تاپ کراسها در برابر لاینهای B که معیاری از متوسط هتروزیس می‌باشد (۲۰)، برای کلیهٔ صفات مورد بررسی در محیط‌های مساعد و نامساعد و همچنین در هشت محیط مورد آزمایش (دو تاریخ کاشت و دو تراکم کاشت در هر یک از محیط‌ها) از نظر آماری معنی‌دار بود (جداول ۱ و ۳). متوسط هتروزیس و واریانس تاپ کراسها در برابر لاینهای B معیارهائی از بروز اثرات غیرافزایشی ژنها می‌باشند (۴) و معنی‌دار شدن آنها نشان می‌دهد که اثرات غیر افزایشی ژنها در مورد صفات مورد مطالعه قابل توجه بوده‌اند.

ضریب تغییرات و قابلیت توارث صفات:

ضرایب تغییرات فنوتیپی، ژنتیکی و ژنتیکی افزایشی صفات مختلف به همراه میانگین‌ها و دامنهٔ تغییرات آنها و برآورد واریانس‌های ژنتیکی افزایشی در دو محیط مساعد و نامساعد در جدول ۴ آورده شده اند. ضرایب تغییرات فنوتیپی برای همهٔ صفات و در هر دو محیط مورد بررسی بزرگتر از ضرایب تغییرات ژنتیکی بودند، ولی در اکثر موارد اختلاف ایندو ناچیز بود. لذا

جدول ۱- تجزیه واریانس ژنوتیپ‌ها به بخش‌ها و مقایسات مختلف در محیط‌های مساعد و نامساعد.

منابع تغییرات	درجات آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد دانه	متوسط طول خوشه	ارتفاع گیاه	وزن حجمی	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی	متوسط وزن خوشه
			محیط مساعد				
ژنوتیپ	۳۸						
بین تاپ کراسها	۱۸	۵۲/۲۳**	۴۵/۸۲**	۶۴۹۵/۴**	۴۵/۴۴**	۵۲/۵۵**	۱۳۱۹/۵**
بین لایه‌های B	۱۸	۲۰/۸۱**	۴۸/۵۱**	۱۳۱۳/۵**	۶۰/۴۰**	۳۴۲/۹۰**	۶۰۵/۰**
تاپ کراسها در مقابل لاین‌های B	۱	۷۸۷/۰۵**	۸۳۴/۵۷**	۴۲۲۱۲۲/۵**	۱۷۶۸/۹۸**	۱۷۰۵/۹۷**	۴۲۵۱۹/۰۸**
شاهد در مقابل بقیه	۱	۷/۴۸	۹۰/۶۸**	۹۶۰/۰**	۱۶/۹۵	۹/۲۷	۳/۳۹
خطا	۳۰۴	۲/۶۴	۲/۶۵	۸۷/۴۹	۱۱/۸۶	۱۰/۶۴	۹۴/۳۴
			محیط نامساعد				
ژنوتیپ	۳۸						
بین تاپ کراسها	۱۸	۲۶/۹۲**	۳۰/۱۱**	۳۶۲۹/۲**	۱۹/۹۲**	۱۵۵/۹**	۹۲۱/۰**
بین لاین‌های B	۱۸	۱۲/۹۱**	۳۷/۷۳**	۹۸۳/۹**	۶۳/۱۰**	۴۳۷/۳**	۵۳۲/۰**
تاپ کراسها در مقابل لاین‌های B	۱	۲۰۶/۳۳**	۵۰۵/۶۸**	۲۳۹۳۴۱/۷**	۷۵۴/۴۰**	۸۳۴/۸۴**	۲۳۵۱۰/۹**
شاهد در مقابل بقیه	۱	۴/۳۷	۶۳/۸۷**	۷۱۶/۲*	۰/۵۵	۶/۲۴	۱۳۹/۱
خطا	۳۰۴	۱/۵۷	۳/۴۲	۱۲۳/۳۳	۸/۲۱	۱۱/۹۳	۸۸/۸۹

* و **: بترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱درصد.

جدول ۲- تفاوت میانگین خصوصیات مختلف تاپ کراسها با لاین‌های B در محیط‌های مساعد و نامساعد.

تاپ کراس	عملکرد دانه (تن در هکتار)		وزن حجمی (هکتولیتر)		متوسط طول خوشه (سانتیمتر)		ارتفاع گیاه (سانتیمتر)		تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی		متوسط وزن خوشه (گرم)	
	مساعد	نامساعد	مساعد	نامساعد	مساعد	نامساعد	مساعد	نامساعد	مساعد	نامساعد	مساعد	نامساعد
۱	۱/۸۳**	۰/۶۲	۱/۹۴	۰/۶۴	۳/۶**	۲/۹۹**	۵۸/۱**	۴۵/۳**	-۳/۸**	-۲/۱	۱۶/۳**	۱۲/۱**
۲	۳/۴۰**	۱/۴۹**	۴/۶۶**	۲/۹۸*	۱/۷**	۲/۰۲**	۵۹/۷**	۳۹/۰**	-۴/۴**	-۳/۶*	۱۸/۵**	۱۹/۰**
۳	۶/۶۹**	۳/۰۹**	۹/۸۸**	۱۰/۰۰**	۲/۱**	۰/۸۰	۶۷/۱**	۵۰/۷**	-۳/۰*	-۳/۳*	۳۸/۱**	۲۹/۳**
۴	۳/۱۸**	۱/۲۵*	۲/۹۶*	۰/۷۰	۳/۰**	۰/۷۷	۶۹/۲**	۵۲/۴**	-۰/۳*	۲/۷*	۲۰/۲**	۱۴/۰**
۵	۱/۲۰	۰/۵۸	۵/۱۴**	۲/۸۴*	۲/۹**	۲/۳۰**	۵۱/۴**	۳۹/۲**	-۶/۱**	-۴/۳**	۲۰/۱**	۱۲/۹**
۶	۰/۹۱	۰/۴۵	۲/۳۸	۱/۰۶	۳/۱**	۲/۳۹**	۴۶/۷**	۴۵/۶**	-۳/۲*	-۴/۰**	۱۶/۲**	۱۴/۴**
۷	۳/۰۷**	۱/۳۶**	۲/۳۸	۲/۲۶	۰/۶	۰/۸۸	۶۹/۳**	۵۲/۱**	-۰/۷	۱/۰	۱۸/۵**	۱۵/۲**
۸	۴/۲۱**	۲/۸۵**	۵/۰۸**	۵/۶۸**	۳/۹**	۴/۱۳**	۷۰/۷**	۵۴/۰**	-۹/۷**	-۸/۲**	۳۲/۰**	۲۳/۹**
۹	۳/۶۰**	۲/۴۱**	۳/۲۸*	-۰/۷۸	۲/۳**	۱/۱۹	۷۵/۷**	۵۹/۵**	۱/۴	۱/۷	۲۳/۹**	۱۷/۰**
۱۰	۴/۴۵**	۳/۵۶**	۶/۴۶**	۳/۳۴**	۳/۴**	۳/۰۷**	۶۴/۹**	۴۹/۴**	۱۲/۸**	-۱۲/۶**	۳۱/۳**	۲۹/۷**
۱۱	۴/۷۰**	۲/۷۳**	۲/۳۰	۰/۵۴	۴/۲**	۳/۳۰**	۷۰/۴**	۵۱/۱**	-۷/۹**	-۸/۷**	۲۳/۳**	۱۵/۸**
۱۲	۳/۱۶**	۰/۶۱	۱/۵۸	۲/۹۴*	۳/۱**	۱/۸۴*	۷۳/۷**	۵۵/۷**	-۱/۵	۱/۴	۱۸/۶**	۸/۴*
۱۳	۳/۳۳**	۲/۶۹**	۵/۷۲**	۵/۳۲**	۱/۶*	۲/۲۳**	۶۱/۹**	۴۱/۵**	-۹/۱**	-۷/۲**	۲۶/۴**	۲۵/۶**
۱۴	۱/۲۰	۱/۳۱*	۳/۸۸**	۳/۰۴**	۲/۳**	۱/۸۲*	۲۴/۷**	۳۵/۴**	-۴/۸**	-۵/۲**	۱۹/۰**	۱۳/۹**
۱۵	۳/۲۱**	۳/۸۱**	۴/۲۲**	۵/۲۴**	۳/۹**	۳/۶۴**	۷۳/۶**	۵۲/۵**	-۰/۵	-۱/۴	۱۸/۸**	۲۸/۱**
۱۶	۱/۳۹*	۱/۲۹*	۲/۷۲	۱/۵۸	۲/۸**	۱/۵۲*	۵۸/۳**	۳۸/۱**	-۸/۶**	-۵/۰**	۱۱/۴**	۵/۸
۱۷	-۲/۲۳**	-۲/۶۲**	۲/۴۰	۲/۲۲	۱/۹**	۲/۰۳**	۸۲/۳**	۶۳/۳**	۲/۲	۱/۵	۶/۲	-۲/۱
۱۸	-۱/۰۰	-۰/۲۱	۰/۸۶	۰/۰۴	-۱/۳*	-۰/۲۸	-۱۲/۴**	-۳/۴	-۱/۱	-۰/۳	-۴/۵	-۱/۲
۱۹	۳/۶۳**	-۱/۷۲**	۶/۹۸**	-۰/۷۶	۶/۴**	۳/۳۸**	۷۶/۱**	۴۹/۳**	۰/۶	۵/۸**	۱۳/۱**	-۸/۴*
LSD (۰/۰۵)	۱/۳۰	۱/۰۱	۲/۷۷	۲/۳۰	۱/۳	۱/۵	۷/۵	۸/۹	۲/۶	۲/۸	۷/۸	۷/۶
LSD (۰/۰۱)	۱/۷۲	۱/۳۲	۳/۶۴	۳/۰۴	۱/۷	۱/۹۶	۹/۹	۱۱/۸	۳/۵	۳/۷	۱۰/۴	۱۰/۰

* و **: بترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳- میانگین مربعات تاپ کراسها در برابر لاینهای B در محیطهای مساعد و نامساعد در تاریخها و تراکمهای مختلف کاشت.

صفت	محیط	تاریخ کاشت ۱۱ اردیبهشت		تاریخ کاشت ۲۶ اردیبهشت	
		فاصلهٔ بوته‌روی‌ردیف ۱۰ سانتیمتر	فاصلهٔ بوته‌روی‌ردیف ۲۰ سانتیمتر	فاصلهٔ بوته‌روی‌ردیف ۱۰ سانتیمتر	فاصلهٔ بوته‌روی‌ردیف ۲۰ سانتیمتر
عملکرد دانه	مساعد	۲۰۵/۴۳**	۵۶/۴۸**	۴۳۵/۹۲**	۱۷۹/۰۷**
	نامساعد	۷۳/۷۴**	۲۰/۵۲**	۸۱/۸۲**	۶۱/۱۹**
متوسط طول خوشه	مساعد	۱۵۸/۴۵**	۲۲۶/۸۱**	۲۲۴/۸۴**	۲۲۹/۰۸**
	نامساعد	۱۳۶/۶۲**	۱۰۸/۴۷**	۲۶۸/۹۵**	۴۱/۸۸**
ارتفاع گیاه	مساعد	۸۶۳۲۲/۵۴**	۱۱۲۹۲۷/۵۸**	۱۱۰۸۵۹/۸۷**	۱۱۳۳۰۵/۵۸**
	نامساعد	۳۹۳۵۰/۲۱**	۷۱۰۵۰/۱۴**	۸۱۰۶۶/۶۷**	۵۲۳۵۳/۰۶**
وزن حجمی	مساعد	۲۶۲/۶۶**	۱۸۲/۶۵**	۱۲۰۳/۷۴**	۳۸۸/۱۷**
	نامساعد	۱۲۴/۶۴**	۳۶۸/۵۷**	۶۹/۸۳**	۲۶۲/۹۰**
تعدادروز تا ۵۰ درصدگلدهی	مساعد	۵۱۳/۷۲**	۳۱۳/۳۴**	۶۴۸/۹۸**	۲۸۱/۰۶**
	نامساعد	۱۱۲/۰۱*	۲۸۱/۰۶**	۴۸۰/۳۲**	۷۲/۶۴*
متوسط وزن خوشه	مساعد	۱۰۴۷۰/۴۶**	۸۰۸۲/۳۹**	۲۰۹۶۹/۵۹**	۱۶۹۵۰/۵۹**
	نامساعد	۵۳۱۵/۳۰**	۴۶۵۶/۱۰**	۶۷۷۸/۹۶**	۹۰۵۴/۶۳**

* و **: بترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴- دامنه تغییرات، میانگین، واریانس افزایشی (σ^2_A)، ضریب تنوع (CV)، ضریب تنوع فنوتیپی (PCV)، ضرایب تنوع ژنتیکی (GCV) و ژنتیکی افزایشی (AGCV) برای عملکرد دانه و خصوصیات وابسته در تاپ کراسها.

صفت	محیط	دامنه تغییرات	میانگین	σ^2_A	CV	PCV	GCV	AGCV
عملکرد دانه	مساعد	۱/۳۰-۱۵/۰۲	۸/۷۶±۰/۴۸	۸۲۳۸۰/۶	۱۹/۰۹	۲۳/۸۰	۲۳/۱۶	۳۲/۷۵
(تن در هکتار)	نامساعد	۱/۳۲-۱۱/۲۶	۶/۵۰±۰/۳۴	۴۲۶۰۴/۰	۱۷/۹۵	۲۳/۰۶	۲۲/۴۷	۳۱/۷۷
متوسط طول خوشه	مساعد	۱۶/۲۰-۳۴/۵۰	۲۷/۹۶±۰/۵۱	۷/۱	۶/۲۸	۶/۹۹	۶/۷۵	۹/۵۴
(سانتی‌متر)	نامساعد	۱۸/۳۰-۳۳/۰۰	۲۶/۲۳±۰/۵۶	۴/۴	۷/۳۶	۶/۰۴	۵/۶۵	۸/۰۰
ارتفاع گیاه	مساعد	۱۰۰/۰۰-۲۴۳/۰۰	۱۹۵/۶۵±۳/۰۲	۱۰۶۴/۴	۵/۳۵	۱۱/۷۹	۱۶/۶۸	۱۶/۶۸
(سانتیمتر)	نامساعد	۸۶/۰۰-۲۱۶/۰۰	۱۷۱/۹۹±۲/۵۰	۵۹۲/۴	۵/۰۴	۱۰/۱۱	۱۰/۰۱	۱۴/۱۵
وزن حجمی	مساعد	۵۴/۶۶-۸۰/۵۲	۷۴/۲۴±۰/۹۶	۱۴۳/۶	۴/۴۷	۲/۶۲	۲/۲۸	۳/۲۳
(هکتولیتر)	نامساعد	۵۶/۰۶-۸۲/۵۴	۷۴/۶۲±۰/۸۲	۴۹/۴	۳/۸۰	۱/۷۳	۱/۳۳	۱/۸۸
تعداد روز تا	مساعد	۸۱/۰۰-۱۰۵/۰۰	۹۲/۲۶±۰/۶۱	۸/۰	۲/۲۹	۲/۲۷	۲/۱۷	۳/۰۷
۵۰ درصد گلدهی	نامساعد	۸۲/۰۰-۱۲۵/۰۰	۹۵/۸۳±۰/۸۶	۲۴/۵	۳/۱۰	۳/۷۶	۳/۶۵	۵/۱۷
متوسط وزن خوشه	مساعد	۱۴/۷۳-۹۷/۳۸	۵۷/۵۱±۲/۶۲	۲۰۶/۲	۱۵/۷۹	۱۸/۲۴	۱۷/۶۶	۲۴/۹۷
(گرم)	نامساعد	۲۰/۱۸-۹۶/۲۲	۵۳/۲۶±۲/۴۹	۱۴۱/۲	۱۶/۸۶	۱۶/۴۵	۱۵/۷۸	۲۲/۳۱

استنباط می‌شود که اثر محیط در برآورد پارامترهای ژنتیکی ناچیز است. استیلائی و همکاران (۱۵) نیز نزدیک بودن مقادیر ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی را دلیلی بر اثر ناچیز محیط بر برآورد پارامترهای ژنتیکی گزارش نموده‌اند. عملکرد دانه و وزن حجمی بترتیب بیشترین و کمترین تنوع ژنتیکی را در هر دو محیط داشتند. بطور کلی ضرایب تغییرات نشان دادند که تنوع ژنتیکی نسبتاً خوبی برای همهٔ صفات مورد مطالعه بجز وزن حجمی و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی در هر دو محیط مخصوصاً محیط مساعد وجود دارد.

برآوردهای قابلیت توارث صفات مورد مطالعه برمبنای میانگین تاپ کراسها (فامیلهای نیمه خواهری) در دو محیط و در تجزیه مرکب آنها روی هشت محیط مورد بررسی به ترتیب در جداول ۵ و ۶ ارائه شده‌اند. برآورد قابلیت توارث در تجزیه مرکب داده‌های دو محیط برای عملکرد دانه معادل ۰/۸۳ بود. لاتروپ و همکاران (۲۸) برآورد قابلیت توارث عملکرد دانه در جامعهٔ IAPIR برمبنای فامیلهای نیمه خواهری و براساس میانگین ژنوتیپ‌ها را ۰/۸۴ واکبیل و همکاران (۱۴) آنرا در سه جامعهٔ متفاوت بین ۰/۷۴ تا ۰/۸۷ گزارش نموده‌اند، که با نتایج این بررسی تطابق دارند. جان ـ ارن و همکاران (۲۳) برآورد قابلیت توارث در جامعهٔ NP3R برمبنای فامیلهای نیمه خواهری (۰/۷۱) راکمتر از برآورد حاصل در این آزمایش گزارش کرده‌اند. لاتروپ و همکاران (۲۸) با توجه به قابلیت توارث بالای عملکرد دانه روش انتخاب فامیلی را برای اصلاح آن در جامعهٔ IAPIR مؤثر دانسته‌اند.

برآورد بالای قابلیت توارث برای عملکرد دانه احتمالاً ناشی از تنوع زیاد مابین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بوده است. لاتروپ و همکاران (۲۸) نیز بالا بودن برآورد قابلیت توارث برای عملکرد دانه در جامعهٔ IAPIR را به همین موضوع و همچنین عدم وجود اثر متقابل معنی‌دار بین ژنوتیپ و محیط ربط داده‌اند. کروک و کاسادی (۱۰) نیز بالا بودن برآورد وراثت‌پذیری خصوصی برای عملکرد دانه (۰/۸۷ و ۰/۹۸ بترتیب براساس مؤلفه‌های واریانس ماده‌ها و نرها) را با تنوع زیاد ژنتیکی در جوامع والدی مربوط دانسته‌اند. از طرف دیگر چنین به نظر می‌رسد که واریانس‌های اثرات متقابل ژنوتیپ × سال، ژنوتیپ × منطقه و ژنوتیپ × سال × منطقه نیز در برآورد بالای این پارامتر دخالت داشته باشند. بعبارت دیگر کافی نبودن تعداد محیط (اعم از سال و منطقه) موجب اریبی واریانس ژنتیکی به سمت مقادیر بالا می‌شود. دادلی و مول (۱۳) و ابراهیم و همکاران (۲۲) نیز نتیجهٔ مشابهی را گزارش نموده‌اند.

برآورد قابلیت توارث برای طول خوشه ۰/۹۳ بود و با برآوردهای گزارش شده توسط فانوس و همکاران (۱۶) براساس مؤلفه‌های واریانس (۰/۸۶ تا ۰/۹۴) مطابقت داشت. چیانگ و اسمیت (۷) قابلیت توارث طول خوشه در تلاقیهای دای آلل سورگوم را برمبنای میانگین کرت ۰/۶۲ گزارش نموده‌اند. آنها نتیجه گرفته‌اند که می‌توان در جوامع مطالعه شده، برای طول خوشه بزرگتر انتخاب سریع و مؤثری را انجام داد.

برآورد وراثت‌پذیری برای ارتفاع بوته ۰/۹۷ بود که تقریباً معادل برآوردهای گزارش شده توسط اکبیل و همکاران (۱۴) در جوامع NP3R، NP5R و NP7BR (۰/۷۹ تا ۰/۹۲) و جان ـ ارن و همکاران (۲۳) در جامعه NP3R (۰/۸۹ تا ۰/۹۱) می‌باشد. وراثت‌پذیری بالای ارتفاع بوته حاکی از تعداد کم ژنهای کنترل‌کنندهٔ آن و تأثیر کم عوامل محیطی بر تظاهر این صفت می‌باشد.

قابلیت توارث برای تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی برابر ۰/۸۸ برآورد گردید، که با نتایج جان ـ ارن و همکاران (۲۳) واکبیل و همکاران (۱۴) مطابقت دارد. علی خان و ویبل (۳) وراثت‌پذیری ارتفاع بوته و تعداد روز تا گلدهی را بیشتر از عملکرد دانه، وزن خوشه و وزن حجمی گزارش کرده‌اند.

توارث عملکرد دانه پیچیده است و بوسیلهٔ تعداد زیادی ژن با اثرات کم و احتمالاً چند ژن با اثر بزرگ کنترل می‌شود (۵).از طرف دیگر توارث ارتفاع بوته و زمان رسیدگی دانه در سورگوم نسبتاً ساده و عمدتاً توسط چهار جفت ژن کنترل می‌شود. نتایج مطالعات مختلف (۶، ۱۸، ۱۹ و ۳۴) نشان داده است که این ژنها اثر عمده‌ای بر عملکرد دانه دارند، لذا با اعمال روشهای مرسوم اصلاح از جمله روشهای انتخاب فامیلی می‌توان صفات مذکور و درنتیجه عملکرد را افزایش داد.

میزان وراثت‌پذیری برای وزن حجمی و متوسط وزن خوشه بترتیب ۰/۸۳ و ۰/۸۸ بود. اکبیل و همکاران (۱۴) و جان ـ ارن و همکاران (۲۳) نیز برآورد قابلیت توارث برای وزن خوشه را در حدود نتایج این بررسی (بترتیب ۰/۸۰ و ۰/۸۳) گزارش نموده‌اند. چیانگ و اسمیت (۷) قابلیت توارث ارتفاع و وزن خوشه را پائین‌تر از طول خوشه گزارش کرده‌اند.

جدول ۵- برآوردهای قابلیت توارث عمومی (h^2_B) صفت مختلف تاپ کراسها براساس تجزیه واریانس مرکب داده‌ها در دو محیط.

صفت	دو محیط براساس طرح کرتهای دوبارخردشده	دو محیط براساس طرح بلوکهای کامل تصادفی				میانگین
		تاریخ کاشت ۱۱ اردیبهشت		تاریخ کاشت ۲۶ اردیبهشت		
		تراکم زیاد	تراکم کم	تراکم زیاد	تراکم کم	
عملکرد دانه	۰/۸۳±۰/۳۲	۰/۶۶±۰/۳۳	۰/۵۶±۰/۳۵	۰/۷۴±۰/۳۳	۰/۷۶±۰/۳۳	۰/۶۸
متوسط طول خوشه	۰/۹۳±۰/۳۲	۰/۷۲±۰/۳۳	۰/۷۶±۰/۳۲	۰/۸۵±۰/۳۲	۰/۹۳±۰/۳۲	۰/۸۲
ارتفاع بوته	۰/۹۷±۰/۳۲	۰/۸۶±۰/۳۳	۰/۹۵±۰/۳۲	۰/۹۶±۰/۳۲	۰/۹۲±۰/۳۲	۰/۹۲
وزن حجمی	۰/۸۳±۰/۳۲	۰/۴۶±۰/۳۶	۰/۳۸±۰/۳۷	۰/۷۸±۰/۳۲	۰/۵۱±۰/۳۵	۰/۵۳
تعداد روز تا ۵۰درصدگلدهی	۰/۸۸±۰/۳۲	۰/۸۵±۰/۳۲	۰/۸۹±۰/۳۲	۰/۸۸±۰/۳۳	۰/۶۴±۰/۳۴	۰/۸۲
وزن خوشه	۰/۸۸±۰/۳۲	۰/۷۸±۰/۳۲	۰/۷۰±۰/۳۳	۰/۷۰±۰/۳۳	۰/۸۷±۰/۳۲	۰/۷۶

جدول ۶- برآوردهای قابلیت توارث عمومی (h^2_B) صفات مختلف تاپ کراسها براساس مؤلفه‌های واریانس در شرایط مختلف.

صفت	محیط مساعد				محیط نامساعد				میانگین
	تاریخ کاشت ۱۱ اردیبهشت		تاریخ کاشت ۲۶ اردیبهشت		تاریخ کاشت ۱۱ اردیبهشت		تاریخ کاشت ۲۶ اردیبهشت		
	تراکم زیاد	تراکم کم	تراکم زیاد	تراکم کم	تراکم زیاد	تراکم کم	تراکم زیاد	تراکم کم	
عملکرد دانه	۰/۷۹±۰/۳۲	۰/۷۸±۰/۳۲	۰/۸۳±۰/۳۲	۰/۹۱±۰/۳۲	۰/۸۴±۰/۳۲	۰/۷۶±۰/۳۲	۰/۹۱±۰/۳۲	۰/۷۸±۰/۳۲	۰/۸۳
طول خوشه	۰/۷۷±۰/۳۲	۰/۷۸±۰/۳۲	۰/۷۵±۰/۳۲	۰/۸۵±۰/۳۲	۰/۶۵±۰/۳۳	۰/۴۱±۰/۳۵	۰/۷۳±۰/۳۲	۰/۵۷±۰/۳۲	۰/۶۹
ارتفاع بوته	۰/۸۳±۰/۳۲	۰/۹۶±۰/۳۲	۰/۹۶±۰/۳۲	۰/۹۷±۰/۳۲	۰/۹۱±۰/۳۲	۰/۹۵±۰/۳۲	۰/۹۴±۰/۳۲	۰/۸۹±۰/۳۲	۰/۹۳
وزن حجمی	۰/۵۹±۰/۳۲	۰/۱۲±۰/۳۸	۰/۳۵±۰/۳۵	۰/۵۳±۰/۳۳	۰/۱۹±۰/۳۷	۰/۵۰±۰/۵۰	۰/۵۰±۰/۳۴	۰/۲۱±۰/۳۶	۰/۳۷
تعداد روزتا ۵۰ درصدگلدهی	۰/۸۴±۰/۳۲	۰/۶۰±۰/۳۳	۰/۷۰±۰/۳۲	۰/۷۵±۰/۳۳	۰/۶۹±۰/۳۳	۰/۸۳±۰/۳۲	۰/۹۰±۰/۳۲	۰/۸۵±۰/۳۲	۰/۷۷
وزن خوشه	۰/۷۷±۰/۳۲	۰/۷۳±۰/۳۲	۰/۸۳±۰/۳۲	۰/۸۵±۰/۳۲	۰/۷۲±۰/۳۲	۰/۷۰±۰/۳۲	۰/۸۰±۰/۳۲	۰/۷۹±۰/۳۲	۰/۷۷

برآوردهای قابلیت توارث برمبنای فامیلهای نیمه خواهری (تاپ کراسها) در تجزیه واریانس مرکب هشت محیط (جدول ٦) نشان داد که برای بیشتر صفات مورد مطالعه، تأخیر در کاشت باعث حصول برآوردهای بزرگتری می گردد. همچنین برای اکثر صفات، برآوردهای قابلیت توارث در محیط‌های نامساعد کمتر از محیط‌های مساعد بود. اصولاً در محیط مساعد اختلاف ژنوتیپها به علت پاسخ مناسب برخی از آنها به عوامل محیطی بیشتر شده و برآوردهای قابلیت توارث بالا خواهند بود.

مؤلفه‌های واریانس :

حصول پیشرفت از طریق انتخاب فقط تا زمانی امکان‌پذیر است که ژنوتیپ‌های برتر به آسانی قابل شناسایی باشند. لذا لازم است که روشهای ارزیابی طوری طراحی شوند تا اثرات ژنتیکی بوسیلهٔ اثرات متقابل و اثرات محیطی پوشیده نمانند. اطلاع از مقادیر نسبی واریانس منابع مختلف تنوع در یک برنامهٔ به نژادی گامی برای رسیدن به این هدف است.

برآوردهای واریانس خطا (σ^2) برای فامیلهای نیمه خواهری (تاپ کراسها) در مورد همهٔ صفات بجز متوسط طول خوشه و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی در محیط مساعد بیشتر از محیط نامساعد بود (جدول ۷). این برآوردها در مورد همهٔ صفات مورد مطالعه بجز ارتفاع گیاه و وزن حجمی معادل برآوردهای واریانس ژنتیکی بودند. در مورد دو صفت اخیر واریانس‌های ژنتیکی بترتیب بیشتر و کمتر از واریانس‌های خطا بودند (جدول ۷).

میانگین مربعات اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای همهٔ صفات بجز طول خوشه از نظر آماری معنی‌دار بود. نسبت واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به واریانس ژنتیکی بین ۰/۲ درصد برای وزن حجمی تا ۳۲/۷ درصد برای عملکرد دانه متغیر بود. بطور کلی این واریانس برای همهٔ صفات مورد مطالعه کوچکتر از واریانس ژنتیکی بود.

معنی‌دار بودن واریانس‌های ژنتیکی برای تمامی صفات (جدول ۷) نشان داد که در مواد مورد بررسی تنوع ژنتیکی کافی وجود دارد. برآوردهای واریانس ژنتیکی برای تمامی صفات بطور غیرقابل انتظاری بالا بودند. احتمالاً تعداد کم محیط، علت اصلی بالا بودن واریانس‌های ژنتیکی بوده است. لاتروپ و همکاران (۲۸) نیز به نتایج مشابهی دست یافته‌اند و دلایل احتمالی آنرا به آمیزش بین جورها، دگر باروری جزئی و بالاخره خطاهای احتمالی طی مراحل تلاقی ربط داده‌اند. کامستاک و مول (۹) گزارش نموده‌اند که ارزیابی ژنوتیپها در محیط‌های بسیار متنوع موجب افزایش واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و حصول برآوردهای کوچکتری از واریانس ژنتیکی می‌شود.

قابلیت ترکیب‌پذیری :

برآوردهای اثرات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاینهای A براساس کل داده‌ها و برمبنای داده‌های هر یک از دو محیط مساعد و نامساعد بترتیب در جداول ۸ و ۹ ارائه شده‌اند. بسیاری از لاینهای A مورد مطالعه اثرات GCA معنی‌داری را برای همهٔ صفات داشتند، ولی این اثرات در تعدادی از آنها بارزتر بود، لذا از نظر تولید هیبریدلاین‌های برتری می‌باشند.

تاپ کراس شمارهٔ ۸ بالاترین عملکرد دانه (۹/۴۰ تن در هکتار) را داشت و بزرگترین اثر GCA مثبت و معنی‌دار (۱/۷۷) نیز متعلق به والد آن بود. این لاین اثرات GCA مثبت و معنی‌داری را نیز از نظر طول خوشه، متوسط وزن خوشه و اثرات GCA منفی و معنی‌داری را نیز از نظر زمان ۵۰ درصد گلدهی نشان داد (جدول ۸). لاینهای A12 و A23 پس از لاین A22 تاپ کراسهای با عملکرد بالائی (۹/۲٦ تن در هکتار) را تولید کرده و اثرات GCA آنها (۱/٦۳) نیز معنی‌دار بود. این لاین‌ها اثرات GCA مثبت و معنی‌داری را نیز برای وزن حجمی و وزن خوشه داشتند. علاوه بر این لاین A12 اثرات GCA مثبت و معنی‌داری را برای طول خوشه و ارتفاع بوته نشان داد. از طرف دیگر این دو لاین دیررستر از لاین شماره A22 بودند. بالاخره لاین A5 بعد از لاینهای A12، A22 و A23 تاپ کراسی با عملکرد بالا (۹/۱۴ تن در هکتار) تولید نمود. این لاین بجز برای زمان ۵۰ درصد گلدهی برای بقیهٔ صفات مورد بررسی اثرات GCA مثبت ومعنی‌داری داشت.

با توجه به نتایج حاصل می‌توان از لاینهای A5، A12، A22 و A23 بدلیل داشتن اثرات GCA مثبت، بالا و معنی‌دار برای عملکرد دانه بعنوان والدهای برتر برای تولید هیبرید استفاده نمود. لاین A22 بدلیل داشتن اثر GCA کوچک برای ارتفاع بوته (۰/۳۴-) احتمالاً والد مطلوبتری برای تولید هیبرید پاکوتاه می‌باشد هوکسترا و همکاران (۲۱) گزارش نموده‌اند که در مناطق با طول فصل رشد کوتاه، اثرات GCA منفی و کوچک برای ارتفاع گیاه مطلوب است.

جدول ۷- برآورد مؤلفه‌های واریانس + در تجزیه‌های جداگانه و مرکب تاپ کراسها برای خصوصیات مختلف.

صفت	محیط مساعد			محیط نامساعد			تجزیه مرکب			
	σ^2_{ph}	σ^2_g	σ^2	σ^2_{ph}	σ^2_g	σ^2	σ^2_{ph}	σ^2_g	σ^2_{ge}	σ^2
عملکرد دانه	۴۳۵۲۴/۱	۴۱۱۹۰/۳	۲۸۰۰۵/۷	۲۲۴۳۵/۱	۲۱۳۰۲/۰	۱۳۵۹۷/۵	۲۸۲۲۶۶/۴	۲۳۵۵۳/۳	۷۶۹۲/۸	۲۰۸۰۱/۶
	(۱۳۷۶۶/۲)++	(۱۳۷۶۶/۲)	(۴۸/۳)	(۷۰۹۵/۸)	(۷۰۹۵/۸)	(۳۳/۷)	(۹۱۸۴/۰)	(۹۰۶۲/۰)	(۲۹۸۴/۳)	(۲۹/۴)
متوسط طول خوشه	۳/۸۲	۳/۵۶	۳/۰۹	۲/۵۱	۲/۲۰	۳/۷۳	۲/۹۶	۲/۷۵	۰/۱۳	۳/۴۱
	(۱/۲۱)	(۱/۲۱)	(۰/۵۱)	(۰/۷۹)	(۰/۷۹)	(۰/۵۶)	(۰/۹۵)	(۰/۹۴)	(۰/۲۱)	(۰/۳۸)
ارتفاع گیاه	۵۴۱/۳	۵۳۲/۲	۱۰۹/۶	۳۰۲/۵	۲۹۶/۲	۷۵/۲	۴۰۸/۵	۳۹۵/۰	۱۹/۲	۹۲/۴
	(۱۷۱/۲)	(۱۷۱/۲)	(۳/۰۲)	(۹۵/۶)	(۹۵/۶)	(۲/۵۰)	(۱۲۹/۳)	(۱۲۹/۲)	(۸/۵)	(۱/۹۶)
وزن حجمی	۹۴/۷	۷۱/۸	۲۷۵/۰	۴۱/۵	۲۴/۷	۲۰۱/۳	۵۸/۱۲	۴۸/۱۶	۰/۰۸	۲۳۸/۱۱
	(۳۰/۱)	(۳۰/۱)	(۴/۸)	(۱۳/۳)	(۱۳/۳)	(۴/۱۰)	(۱۸/۹۳)	(۱۸/۶۵)	(۶/۵۱)	(۳/۱۵)
تعداد روزتا ۵۰درصدگلدهی	۴/۳۷	۴/۰۰	۴/۴۵	۱۲/۹۹	۱۲/۲۵	۸/۸۳	۷/۷۲	۶/۷۶	۱/۳۷	۶/۶۴
	(۱/۳۹)	(۱/۳۹)	(۰/۶۱)	(۴/۱۱)	(۴/۱۱)	(۰/۸۶)	(۲/۴۸)	(۲/۴۶)	(۰/۶۱)	(۰/۵۳)
متوسط وزن خوشه	۱۱۰/۰	۱۰۳/۱	۸۲/۴۳	۷۶/۸	۷۰/۶	۷۴/۲۲	۸۳/۶	۷۳/۹	۱۲/۹	۷۸/۳
	(۳۴/۸)	(۳۴/۸)	(۲/۶۲)	(۲۴/۳)	(۲۴/۳)	(۲/۵)	(۲۶/۸)	(۲۶/۶)	(۶/۲)	(۱/۸)

+ : σ^2_{ph} ،σ^2_g ،σ^2_{ge} ،σ^2 بترتیب مؤلفه‌های واریانس فنوتیپی، ژنوتیپی، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و خطا می‌باشند.

++ : اعداد داخل پرانتز خطای استانداردمؤلفه‌های واریانس می‌باشند.

جدول ۸- برآوردهای اثرات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی ۱۹ لاین بر عقیم سورگوم برای خصوصیات مختلف براساس کل داده‌ها.

ژنوتیپ		صفت					
تاپ‌کراس	لاین A	عملکرد دانه (تن در هکتار)	متوسط طول خوشه (سانتیمتر)	ارتفاع گیاه (سانتیمتر)	وزن حجمی (هکتولیتر)	تعداد روز تا ۵۰ درصدگلدهی	متوسط وزن خوشه (گرم)
۱	A1	-۰/۴۳	-۲/۱۳*	-۱۳/۳۴*	-۰/۴۴	-۱/۴۲	-۰/۷۷
۲	A4	۰/۸۳	۰/۶۰	۲/۶۶	۰/۴۰	-۲/۶۷*	۴/۲۴
۳	A5	۱/۵۱*	۱/۰۷*	۹/۴۵*	۱/۹۶*	-۰/۲۶	۷/۵۸*
۴	A12	۱/۶۳*	۱/۳۱*	۱۱/۶۲*	۱/۶۵*	-۱/۳۸	۱۰/۶۲*
۵	A13	۰/۵۹	-۲/۴۳*	۱/۹۵	۰/۶۵	-۱/۵۵	۵/۴۷
۶	A18	۰/۲۹	-۰/۹۸*	۴/۷۸	-۱/۵۰*	-۰/۶۶	-۳/۳۹
۷	A21	۱/۴۱	۰/۴۱	-۰/۰۱	۱/۶۱*	-۱/۸۴	۶/۱۲
۸	A22	۱/۷۷*	۱/۰۹*	-۰/۳۴	۰/۶۶	-۲/۴۷*	۸/۰۱*
۹	A23	۱/۶۳*	۰/۹۵*	۶/۶۲	۱/۵۳*	-۱/۹۷	۹/۴۴*
۱۰	A26	۰/۳۵	۲/۲۷*	۶/۸۷	۰/۴۲	۱/۲۴	-۰/۰۶
۱۱	A29	۰/۱۶	-۰/۴۹	۹/۳۷*	-۰/۸۷	۱/۵۳	-۰/۱۰
۱۲	A34	۰/۶۴	-۰/۶۸	-۱/۸۰	۱/۰۷	-۱/۷۲	۳/۷۶
۱۳	A37	-۰/۰۵	۲/۰۵*	۶/۶۲	-۰/۳۰	۲/۷۴*	۲/۵۷
۱۴	A40	-۰/۵۷	۰/۶۳	-۱۱/۹۳*	-۲/۰۰*	۱/۵۸	-۵/۵۶
۱۵	A44	۰/۵۸	-۱/۲۸*	۷/۸۲*	-۰/۰۶	۰/۱۲	۵/۳۸
۱۶	A84	-۱/۱۶	۱/۱۲*	۱۳/۳۲*	۰/۱۳	۷/۰۸*	-۶/۹۰*
۱۷	A85	-۴/۰۱*	۰/۵۱	۱۱/۸۷*	-۰/۷۴	-۰/۸۰	-۱۶/۲۰*
۱۸	A94	-۴/۱۵*	-۴/۷۳*	-۷۷/۵۵*	-۴/۴۶*	-۴/۱۳*	-۲۵/۸۱*
۱۹	A102	-۱/۰۱	-۰/۶۴	۱۲/۴۱*	۰/۴۷	۵/۲۰*	-۴/۹۴
LSD(۰/۰۵)		±۱/۴۴	±۰/۹۵	±۷/۷۰	±۱/۳۲	±۲/۰۶	±۶/۵۰
میانگین آزمایش		۷/۶۳	۲۷/۱۰	۱۸۳/۸	۷۴/۴۲	۹۴/۰۵	۵۵/۴

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

حدول ۹- برآوردهای اثرات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی ۱۹ لاین بر عقیم از نظر عملکرد دانه در شرایط مختلف کاشت در محیط‌های مساعد و نامساعد.

ژنوتیپ		محیط مساعد				محیط نامساعد			
		تاریخ کاشت ۱۱ اردیبهشت		تاریخ کاشت ۲۶ اردیبهشت		تاریخ کاشت ۱۱ اردیبهشت		تاریخ کاشت ۲۶ اردیبهشت	
تاپ کراس	لاین A	فاصله‌بوته روی‌ردیف ۱۰ سانتیمتر	فاصله‌بوته روی‌ردیف ۲۰ سانتیمتر	فاصله‌بوته روی‌ردیف ۱۰ سانتیمتر	فاصله‌بوته روی‌ردیف ۲۰ سانتیمتر	فاصله‌بوته روی‌ردیف ۱۰ سانتیمتر	فاصله‌بوته روی‌ردیف ۲۰ سانتیمتر	فاصله‌بوته روی‌ردیف ۱۰ سانتیمتر	فاصله‌بوته روی‌ردیف ۲۰ سانتیمتر
۱	A1	-۰/۳۵	-۲/۱۱	-۰/۰۵	-۱/۲۱	۰/۲۱	۰/۵۵	-۰/۵۱	۱/۱۵
۲	A4	۱/۱۰	-۰/۴۰	۲/۵۰*	۱/۰۷	۰/۰۸	۰/۵۴	۱/۱۱	۰/۶۴
۳	A5	۱/۶۸	۳/۰۵*	۳/۳۴*	۲/۵۱*	۰/۶۶	۰/۰۷	۱/۸۵*	۰/۲۰
۴	A12	۲/۲۷*	۲/۸۶*	۲/۳۷*	۱/۰۵	۱/۹۲*	-۰/۵۰	۲/۴۶*	۰/۵۷
۵	A13	-۱/۲۷	۱/۲۴	۱/۰۶	۱/۴۸*	۱/۰۵	۰/۰۸	۰/۲۳	۰/۹۹
۶	A18	۰/۹۴	۲/۹۸*	۱/۵۰	-۱/۰۷	۰/۵۹	۰/۴۲	۰/۱۵	۰/۷۰
۷	A21	۱/۷۳	۱/۲۶	۰/۵۸	۱/۸۶*	۱/۵۲*	۱/۵۰*	۲/۷۰*	۰/۱۷
۸	A22	۲/۶۷*	۰/۴۸	۱/۳۷	۲/۶۹*	۱/۷۶*	۱/۲۷*	۱/۵۶*	۲/۳۴*
۹	A23	۳/۷۳*	۳/۹۰*	۰/۱۵	۰/۱۴	-۰/۲۰	۱/۱۲	۲/۸۸*	۱/۲۸
۱۰	A26	۰/۳۲	-۱/۲۹	۰/۱۵	۰/۶۴	-۰/۱۴	۰/۵۷	۲/۵۶*	۰/۲۹
۱۱	A29	۰/۷۶	-۱/۲۴	۰/۲۶	-۰/۸۰	۱/۰۹	-۰/۱۰	۰/۵۰	۰/۹۸
۱۲	A34	۰/۷۰	۰/۲۲	۳/۴۱*	۰/۰۸	۱/۰۰	۰/۶۴	-۱/۶۵*	۰/۷۱
۱۳	A37	۰/۴۳	-۱/۰۵	-۱/۰	۰/۲۱	۰/۱۰	۰/۸۴	-۱/۲۱	۰/۸۴
۱۴	A40	-۲/۳۳*	-۰/۶۵	-۲/۲۵*	۰/۰۴	۱/۸۹*	۰/۲۳	۰/۹۵	۰/۵۳
۱۵	A44	-۰/۳۰	-۰/۵۹	-۰/۰۳	۰/۷۴	۲/۲۱*	۰/۹۰	۲/۹۲*	۰/۳۰
۱۶	A84	-۱/۴۲	-۱/۲۴	۰/۰۹	۰/۴۴	-۲/۲۹*	-۰/۶۰	-۳/۰۳*	۰/۳۴
۱۷	A85	-۴/۳۶*	-۲/۸۳*	-۵/۷۰*	-۴/۴۰*	-۴/۰۵*	-۳/۷۸*	-۴/۱۱*	-۲/۸۳*
۱۸	A94	-۵/۰۲*	-۵/۱۸*	-۶/۷۴*	-۵/۸۷*	-۲/۱۵*	-۱/۶۴*	-۳/۱۴*	۳/۴۸*
۱۹	A102	۰/۶۱	۰/۶۱	-۱/۶۱	۱/۵۸*	-۲/۷۴*	-۰/۲	-۴/۳۴*	۲/۰۲*
LSD(۰/۰۵)		±۲/۰۸	±۲/۱۴	±۲/۲۰	±۱/۳۸*	۱/۴۳	±۱/۲۰	±۱/۴۳	±۱/۳۹
میانگین آزمایش		۹/۲۷	۷/۷۳	۹/۶۵	۸/۴۰	۶/۲۸	۶/۷۰	۷/۱۲	۵/۸۸

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

این محققین همچنین توصیه نموده‌اند که یک ژنوتیپ ایده‌آل باید اثرات GCA مساعدی برای همهٔ صفات داشته باشد. از این جهت نیز لاین A22 مناسب بنظر می‌رسد.

در محیط مساعد لاینهای A22,A12,A5 و A23 از نظر عملکرد دانه بالاترین اثرات GCA مثبت و معنی‌دار را داشتند (جدول ۹). اثرات GCA در لاینهای A12 و A23 برای همهٔ صفات معنی‌دار بود، لذا در شرایط مساعد زراعی می‌توانند بعنوان والد مناسب در تولید هیبرید مورد استفاده قرار گیرند. در این محیط تنها مشکل لاینهای با اثرات GCA مناسب برای عملکرد دانه (از جمله لاینهای A12 و A23) داشتن اثرات GCA مثبت و اکثراً معنی‌دار برای ارتفاع بوته می‌باشد.

در محیط نامساعد بالاترین اثرات GCA مثبت و معنی‌دار برای عملکرد دانه متعلق به لاینهای A23,A22,A21,A12 و A44 (جدول ۹) بود. لاین A12 که در شرایط مناسب خصوصیات مطلوبی را داشت، تحت شرایط نسبتاً نامساعد، رشد و نمو خوبی را از نظر عملکرد دانه و دیگر صفات مورد مطالعه نشان نداد. لاین A22 علاوه بر محیط مناسب در این شرایط نیز نمو خوبی داشت و اثرات GCA آن برای تمام صفات مورد بررسی، بجز ارتفاع بوته و وزن حجمی مثبت و معنی‌دار بود. قابل ذکر است که معنی‌دار نشدن اثر GCA برای ارتفاع گیاه با توجه به منفی بودن آن (۲/۹۴-) مطلوب است. به نظر می‌رسد که این لاین با توجه به پایداری مناسبی که در شرایط متفاوت رشد دارد، می‌تواند بعنوان والدی مطلوب در تهیهٔ هیبرید برای دامنهٔ وسیعی از محیط‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به معنی‌دار بودن اثرات متقابل محیط × ژنوتیپ × تاریخ کاشت و محیط × ژنوتیپ × تراکم کاشت برای عملکرد دانه، اثرات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برای هشت محیط مورد بررسی بطور جداگانه محاسبه و در جدول ۹ آورده شده‌اند. بطوریکه ملاحظه می‌شود، اثرات GCA لاین A12 برای عملکرد دانه در محیط نامساعد، در تراکم زیاد مثبت و معنی‌دار و در تراکم کم کوچک و حتی منفی می‌باشد. لاین A22 در محیط مناسب در تاریخ کاشت ۱۱ اردیبهشت و فاصلهٔ کاشت ۱۰ سانتیمتر و در تاریخ کاشت ۲۶ اردیبهشت و فاصلهٔ کاشت ۲۰ سانتیمتر اثرات GCA مثبت و معنی‌دار برای عملکرد دانه داشت، ولی در محیط نامناسب این اثرات در هر چهار حالت زراعی مثبت و معنی‌دار بودند. بطور کلی روند خاصی بین اثرات GCA لاینها در محیط‌های مختلف مشاهده نشد. لذا استنباط می‌شود که بهتر است ارزیابی پتانسیل لاینها برای تهیهٔ هیبرید در شرایط زراعی تولید انجام شود.

REFERENCES

1– Allard, R.W. 1960. Principles of Plant Breeding. John Wiley & Sons, New York.

2– Allen, F.L., R.E.Comstock, & D.C. Rasmusson. 1978. Optimal environments for yield testing. Crop Sci. 18: 747-751.

3– Ali–Khan, S.T., & D.E.Weibel. 1969. Heritability and interrelationships of some agronomic characters in grain sorghum. Can J.Plant Sci. 49: 216-218.

4– Beil, G.M, & R.E.Atkins. 1967. Estimates of general and specific combining abitity in F1 hybrids for grain yield and its components in grain sorghum, Sorghum vulgare Pers. Crop Sci. 7: 225-228.

5– Bitinger, T.S., R.P.Cantrell, J.D.Axtell, & W.E.Nyquist. 1981. Analysis of quantitative traits in PP9 random mating sorghum population. Crop Sci. 21: 664–669.

6– Casady, A.J. 1965. Effect of a single height (Dw) gene of sorghum on grain yield, gran yield components, and test weight. Crop Sci. 5: 385-388.

7– Chiang, M.S., & J.D.Smith. 1967. Diallel analysis of the inheritance of quantitative characters in grain sorghum. I. Heterosis and inbreeding depression. Can. J.Genet. Cytol. 9: 44-51.

8– Comstock, R.E. 1979. Inbred lines vs. the population as testers in reciprocal recurrnt selection. Crop Sci. 19: 881-886.

9– Comstock. R.E., & R.H. Moll. 1963. Genotype–environment interactions. P. 164-194. In: Hanson W.D. and H.F.Robinson

(eds). Statistical genetics and plant breeding. Natl. Acad of Sci–Natl. Res. Council. Puble. 982. Washington. Dc.

10– Crook, W.J. & A.J. Casady. 1974, Heritability and interrelationships of grain–protein content with other agronomic traits of sorghum. Crop Sci. 14: 622-624.

11– Dangi, O.P., & R.S.Paroda. 1978. Combining ability for quality characters in forage sorghum. Plant Breeding. 80: 38-43.

12– Davis, R.L. 1927. Report of the plant breeder. P. 14-15. Rept. Puerto Rico Agric. Exp. Stn.

13– Dudley, J.W., & R.H.Moll. 1969. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. Crop Sci. 9: 257-262.

14– Eckebil, J.P., W.M. Ross, C.O.Gardner, & J.W.Maranville. 1977. Heritabilty estimates, genetic correlations, and predicted gains from S1 progeny tests in three grain sorghum random–mating populations. Crop Sci. 17: 373-377.

15– Estilai, A., B.Ehdaie, H.H.Naqvi, D.A.Dierig, D.T.Ray, & A.E.Thompson. 1992. Correlations and path analysis of agronomic traits in guayule. Crop Sci: 32 953-957.

16– Fanous, M.S., D.E. Weibel, & R.D.Morrison. 1971. Quantitative inheritance of some head and seed characteristics in sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench]. Crop Sci. 11: 787-789.

17– Gorman, D.P., M.S. Kang, & M.R. Milam. 1989. Contribution of weather variables to genotype × environment interaction in grain sorghum. Plant Breeding. 103: 299-303.

18– Graham. D., & K.J. Lessman. 1966. Effect of height on yield and yield components of two isogenic lines of Sorghum vulgare. Pers. Crop Sci. 6: 372-374.

19– Hadley, H.H., J.E. Freeman, & E.Q.Javier. 1965. Effect of height mutations on grain yield in sorghum. Crop Sci. 5: 11-14.

20– Hallauer, A.R., & J.B.Miranda, FO. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

21– Hookstra, G.H., W.M.Ross. & R.F.Mumm. 1983. Simultaneous evaluation of grain sorghum A–lines and random–mating populations with topcrosses. Crop Sci. 23: 977-981.

22– Ibrahim, O.E., W.E.Nuquist. & J.D.Axtell. 1985. Quantitative inheritance and correlations of agronomic and grain quality traits of sorghum. Crop Sci. 25: 649-654.

23– Jan–Orn, J., C.O.Gardner, & W.M.Ross. 1976. Quantitative genetic studies of the NP3R random–mating grain sorghum population. Crop Sci. 16: 489-496.

24– Kempthorne, O. 1969. An introduction to genetic statistics. Iowa State University press, Ames., Iowa.

25- Kirby, J.S., & R.E.Atkins. 1986. Heterotic responses for vegetative and mature plant characters in grain sorghum, Sorghum bicolor (L.) Moench. Crop Sci. 8: 335-339.

26– Laosuwan, P., & R.E.Atkins. 1977. Estimates of combining ability and heterosis in converted exotic sorghums. Crop Sci: 17: 47–50.

27– Liang, G.,H.L., & T.L. Walter. 1968. Heritability estimates and gene effects for agronomic traits in grain sorghum, Sorghum vulgare Pers. Crop Sci. 8: 77-81.

28– Lothrop, J.E., R.E. Atkins, & O.S. Smith. 1985. Variability for yield and yield components in IAPIR grain sorghum random–mating population.I.Means, variance components, and heritabilities. Crop Sci. 25: 235-240.

29– Matzinger, D.F. 1953. Comparison of three types of testers for the evaluation of inbred lines of corn. Agron. J. 45: 493-495.

30– Mengesha, M.H., & K.E.P. Rao. 1982. Current situation and future of sorghum germplasm. P. 323–333. In: Mertin J.V. (ed.), Sorghum in the eighties. Vol. 1. Int Crops Res. Inst. for the Semi–Arid Tropics. Patancheru, A.P., India.

31– Mohamed, A.B. 1980. An evaluation of eight female lines of grain sorghum using three groups of testers. M.S.Thesis, Univ. of

Nebraska, Lincoln, NB.

32– Obilana, A.T., & A.R.Hallauer. 1974. Estimation of variability of quantitative traits in BSSS by using unselected maize inbred lines. Crop Sci. 14: 99-103.

33– Quinby, J.R. 1963. Manifestations of hybrid vigor in sorghum. Crop Sci. 3: 288-291.

34– Quinby, J.R., & R.E.Karper. 1948. The effect of different alleles on the growth of sorghum hybrids. J.Am. Soc. Agron. 40: 255-259.

35– Rajewski, J.F., C.A.Francis, & J.D.Eastin. 1991. Differential responses to defoliation of grain sorghum yield–related traits. Crop Sci. 31: 561-567.

36– Rosielle, A.A., & J.Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non–stress environments. Crop Sci. 21: 943-946.

37– Ross. W.M. and K.D. Kofoid. 1978. A Preliminary evaluation of topcrosses in Sorghum bicolor (L.) Moench. Maydica 23: 101-109.

38– Ross, W.M., H.J.Gorz, F.A.Haskins, G.H.Hookstra, J.K.Rutto, & R.Ritter. 1983. Combining ability effects for forage residue traits in grain sorghum hybrids. Crop Sci. 23: 97–101.

39– Saeed, M., & C.A.Franicis. 1983. Yield stability in relation to maturity in grain sorghum. Crop Sci. 23: 683-687.

40– Saeed, M., C.A.Francis, J.F.Rajewski, & J.W.Maranville. 1987. Genotype × environment interaction and stability analysis of protein and oil in grain sorghum. Crop Sci. 27: 169–171.

41– Schertz, K.F., & L.G.Dalton. 1980. Sorghum. P. 577-588. In: Fehr, W.R. and H. H. Hadley (eds.), Hybridization of crop plants. Am. Soc.of Agron., Madison., WI.

42– Sprague, G.F., & L.A.Tatum. 1942. General vs specfic combining ability in single crosses of corn. J.Am. Soc. Agron. 34: 923-932.

43– Stepthens, J.C. & J.R.Quinby. 1952. Yield of hand–produced hybrid sorghum. Agron. J. 44: 231-233.

44– Wricke, G., & W.E.Weber. 1986. Quantitative genetics and selection in plant breeding. Walter de Gruyter. New York.

45– Zambezi, B.T., E.S.Horner, and F.G.Martin. 1986. Inbred Lines as testers for general combining ability in maize. Crop Sci. 26: 908-910.

Evaluation of general combining ability of sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) male sterile lines for grain yield and related traits.

M.TOURCHI AND A.M.REZAI

Instructor,College of Agriculture , University of Tabriz and
Professor, Department of Agronomy , College of Agriculture
Isfahan University of Technology.

Accepted 25 Sep.1996.

Abstract

To evaluate the general combining ability of male-sterile lines of sorghum for grain yield and some related traits in a genetically broad base population of sorghum [***Sorghum bicolor*** (L.) Moench], in 1990, nineteen randomly selected male-sterile lines (A-line) were topcrossed to a broad genetic base tester (a mixture of equal amount of seed from 120 fertility restorer(R-lines) and 19 topcrosses were produced. Genotypes, consisting of 19 topcrosses, 19 male-fertile lines (B-lines) and tester were grown in 1991 at the Isfahan University of Technology Research Farm located in Najaf-Abad. Genotypes were evaluated in two favorable and unfavorable environments in a split-split plot design with complete randomized block arrangment in 3 replications. The main plots were two planting dates, 1st and 16 May. Two within rows plant spacings (10 and 20 cm) considered as the sub plots. Differences between means of topcrosses and their respective B-lines, that indicates heterosis and superiority relative to the female parent, were statistically different from zero, for most of the traits studied. Heterosis led to an increase in grain yield, test weight, panicle lenght, plant height, panicle weight and earliness.

Grain yield and test weight had the smallest heritability estimates, based on variance components and regression of topcrosses on female parents. The highest estimate of heritability based on variance component and regression belonged to plant height and panicle lenght. Due to high genetic variability and unadequate number of environments studied, the heritability estimates were high for most of the traits. The stimates of heritability for most of the traits in unfavorable environmental conditions were lower than those in favorable conditions. Howevere, the high estimates of heritabilites indicated the efficiency of selection for superior genotypes based on these traits. Therefore, it is possible to increase the mean of these traits by selection.

In favorable environment A22 and A23 had Significant general combining ability (GCA) effects for all of the traits,e.g. grain yield, and can be used as better parent in hybrid production. A12 had only a better performances for most of the traits in favorable environmental conditions. A22 showed a good performance in both environments, and its GCA effects for all of the traits, except plant height and test weight were positive and significant. Therefore, it can be used as a potential parent in hybrid seed production for a wide range of environments.