

برآوردهای پارامترهای ژنتیکی و ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌های ذرت با استفاده از یک طرح دی‌آل

Estimation of genetic parameters and general and specific combining abilities in maize using a diallel design

مهدي زارع^۱، رجب چوکان^۲، محمدرضا بی‌همتا^۳ و اسلام مجیدی هروان^۴

چکیده

زارع، م.، ر. چوکان، م. بی‌همتا و ا. مجیدی هروان. ۱۳۸۹. برآوردهای پارامترهای ژنتیکی و ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌های ذرت با استفاده از یک طرح دی‌آل. مجله علوم زراعی ایران. ۱۲ (۳) ۳۳۲-۳۱۸.

در این آزمایش، هفت لاین برگزیده ذرت همراه با ۴۲ ژنتیپ دورگ حاصل از تلاقی‌های دی‌آل مستقیم و معکوس آن‌ها (روش یک گریفیتیک) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی داشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات مورد مطالعه شامل تعداد روز از جوانه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، ارتفاع بال، طول بال، وزن ۱۰۰ دانه، عمق دانه، تعداد ردیف دانه در بال، تعداد دانه در ردیف بال و عملکرد دانه بودند. تفاوت بین ژنتیپ‌ها و اثرات ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) برای تمام صفات معنی دار بود. واریانس اثر تلاقی‌های معکوس برای صفات وزن ۱۰۰ دانه، عمق دانه، تعداد ردیف دانه در بال، تعداد دانه در ردیف بال و عملکرد دانه معنی دار بود که نشان‌دهنده وراثت سیتوپلاسمی آن‌ها می‌باشد. براساس نسبت میانگین مربوطات ترکیب‌پذیری عمومی به میانگین مربوطات ترکیب‌پذیری خصوصی، اثر افزایشی ژن‌ها نقش بیشتری نسبت به اثر غیرافزایشی در کنترل صفات تعداد روز از جوانه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول بال، تعداد ردیف دانه در بال و تعداد دانه در ردیف بال داشت. دامنه تغییرات وراثت‌پذیری عمومی از ۴۸ درصد برای تعداد روز از جوانه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیک تا ۸۹ درصد برای تعداد ردیف دانه در بال و وراثت‌پذیری خصوصی از ۱۰ درصد برای دو صفت تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک و ارتفاع بوته تا ۴۹ درصد برای طول بال متغیر بود و نشان داد که برای صفات تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، ارتفاع بال، وزن ۱۰۰ دانه، عمق دانه و عملکرد دانه، اثر غیرافزایشی ژن‌ها دارای نقش بیشتری نسبت به اثر افزایشی است. براساس هتروزیس نسبت به والد برتر، ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای والدین و دورگ‌ها، لاین‌های یک و چهار جهت افزایش طول بال و تعداد دانه در ردیف بال، لاین دو جهت افزایش عملکرد دانه، لاین سه جهت زودرسی، افزایش عمق دانه، تعداد ردیف دانه در بال و عملکرد دانه، لاین پنج برای افزایش وزن ۱۰۰ دانه، لاین شش برای افزایش وزن ۱۰۰ دانه، تعداد ردیف دانه در بال و عملکرد دانه و لاین هفت برای افزایش وزن ۱۰۰ دانه، عمق دانه و تعداد ردیف دانه در بال مناسب بودند.

واژه‌های کلیدی: ترکیب‌پذیری، دی‌آل، ذرت، وراثت‌پذیری و هتروزیس.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۰/۱

۱- استادیار داشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد فارس (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: maza572002@yahoo.com)

۲- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

۳- استاد داشکده کشاورزی داشگاه تهران

۴- استاد پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کرج

مقدمة

نخستین مرحله در برنامه بهنژادی یک رقم زراعی، ایجاد جمعیتی است که از نظر صفات مورد نظر بهنژادگر دارای تنوع ژنتیکی مناسب باشد (Tabanao and Bernardo, 2005). ایجاد تنوع ژنتیکی از طریق تهیه بذر دورگ میسر می‌باشد (Fehr, 1991; Vidal-Martinez *et al.*, 2001) با استفاده از تجزیه دی‌آلل می‌توان خصوصیات ژنتیکی و ترکیب پذیری عمومی و خصوصی والدین و نتاج حاصل از آن‌ها را برآورد نمود (Verhalen and Murray, 1967).

براساس تجزیه دی‌آلل در ذرت گزارش شد که اثر ترکیب پذیری عمومی (GCA) و ترکیب پذیری خصوصی (SCA) برای صفات تعداد روز تا ظهرور کاکل (Vasal *et al.*, 1993)، ارتفاع بوته Vasal *et al.*, 2004 و Rezaei *et al.*, 2008)، Akbar *et al.*, 2008)، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی (Rezaei *et al.*, 2004)، ارتفاع بلال (Rezaei *et al.*, 2004)، تعداد ردیف دانه (Rezaei *et al.*, 2004 و Liu, 2008)، در بلال (Rezaei *et al.*, 2004 و Srdic *et al.*, 2007)، وزن ۱۰۰ دانه (Akbar *et al.*, 2008) و Srdic *et al.*, 2008)، تعداد دانه در ردیف بلال (Rezaei *et al.*, 2004 و Srdic *et al.*, 2007)، Liu, 2008) و عملکرد دانه (Liu, 2008، Akbar *et al.*, 2008) معنی دار بود. محققانی از قبیل استوبر و همکاران (Stuber *et al.*, 1996)، رضایی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2004 و Srdic *et al.*, 2007) با استفاده از تلاقي‌های دی‌آلل گزارش کردند که سهم واریانس افزایشی برای ارتفاع بلال و ارتفاع بوته بیشتر از واریانس غالبیت بود، ولی مصطفوی و همکاران (Mostafavi *et al.*, 2008) گزارش کردند که در کنترل این صفات، ژنهایی با اثر فوق غالبیت نقش داشتند. پرز-ولادکوئز و همکاران (Perez-Velasquez *et al.*, 1996)، رضایی و

شد. در مرحله سه تا چهار برگی، اقدام به تنک بوته‌های اضافی شد تا تنها یک بوته در هر کپه باقی بماند. فاصله خطوط کاشت نیز ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مقدار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر از منبع فسفات آمونیوم و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره در هر هکتار قبل از کشت و مقدار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره در هر هکتار نیز به صورت سرک در مرحله هفت تانه برگی گیاه مصرف شد. مبارزه با علف‌های هرز در چند مرحله در طول فصل به صورت وجین دستی انجام شد. در هر ردیف با رعایت حاشیه، تعداد هشت بوته به طور تصادفی انتخاب و علامت‌گذاری شدند. اندازه‌گیری صفات تعداد روز از جوانه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد روز از ظهرور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک در ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، طول بلال و عمق دانه، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف بلال روی بوته‌های علامت‌گذاری شده انجام گرفت و میانگین اندازه‌های مربوط به هر کرت تعیین و ثبت شدند. صفات با مقیاس طولی با استفاده از خط‌کش مدرج و صفات با مقیاس وزنی با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقیقه ۱/۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری قطر بلال و قطر چوب بلال از کولیس استفاده شد. صفات وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه نیز بر حسب ۱۴ درصد رطوبت محاسبه شدند.

ضرایب همبستگی ژنتیکی بین عملکرد دانه و صفات مورد مطالعه با استفاده از واریانس و کوواریانس

براساس رابطه زیر محاسبه شد (Miller *et al.*, 1957):

$$r = \frac{\delta_{12}}{\sqrt{(\delta^2_{11})(\delta^2_{22})}} \quad (1)$$

در این رابطه، r ضریب همبستگی ژنتیکی، δ_{12} و δ_{21} به ترتیب کوواریانس و واریانس و اعداد ۲۰۱ به ترتیب صفات اول و دوم را نشان می‌دهند. به منظور تعیین معنی‌دار بودن آزمون فرض صفر از آزمون t استفاده شد (به نقل از Rezai, 2001):

(Rezaei *et al.*, 2004) گزارش کردند که برای عملکرد دانه، بیشتر دورگه‌ها نسبت به والد برتر هتروزیس نشان دادند، ولی واسال و همکاران (Vasal *et al.*, 1993) گزارش کردند که برای این صفت، هتروزیس والد برتر در اکثر تلاقی‌ها پایین بود. نتایج حاصل از همبستگی بین صفات نشان داد که تعداد دانه در ردیف بلال با عملکرد دانه همبستگی فتوتیپی مثبت و معنی‌دار داشت (Vidal-Martinez *et al.*, 2001).

به منظور توصیه روش بهترادی مناسب برای اصلاح لاین‌های ذرت مناسب شرایط آب و هوایی کشور، در این آزمایش با استفاده از تلاقی دی‌آلل لاین‌هایی که در صفات زراعی مختلف متنوع بودند، به مطالعه عمل‌ژن‌ها و وراثت‌پذیری صفات اقتصادی و زراعی مهم پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش هفت لاین اینبرد ذرت به نام‌های K18، K3218، K19، MO17، K1264.1، K3653.5 که از این پس به ترتیب با شماره‌های ۱ تا ۷ مشخص می‌شوند و از لاین‌های ذرت رایج در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر بوده و همه ساله جهت غربال کردن لاین‌های جدید تولیدی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در بهار سال ۱۳۸۴ کشت و تمامی تلاقی‌های ممکن بین آن‌ها انجام شد. دورگه‌های نسل اول حاصل از تلاقی‌های مستقیم و معکوس به همراه والدین آن‌ها (در مجموع ۴۹ ژنوتیپ) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد فارس کاشته شدند. کاشت بذرها در ۲۰ خرداد سال ۱۳۸۵ به طبق خشکه کاری و دستی انجام گرفت. هر تکرار شامل ۴۹ کرت و هر کرت شامل یک ردیف شش متري بود که برای حفظ یکنواختی درون تکرار، هر تکرار به دو بلوک تفکیک شد. هر ردیف شامل ۳۱ کپه به فاصله ۲۰ سانتی‌متر بود و در هر کپه سه بذر کاشته

۴ استفاده شد (به نقل از Farsi and Bagheri, 1999) و معنی دار بودن آن با استفاده از روش LSD طبق رابطه ۵ مورد آزمون قرار گرفت:

$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}} \quad (2)$
در این رابطه، r ضریب همبستگی ژنتیکی و n تعداد کل داده ها هستند. جهت محاسبه متوسط هتروزیس و هتروزیس نسبت به والد برتر به ترتیب از رابطه های ۳ و

$$F_1 = \frac{\text{متوسط هتروزیس}}{F_1} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{هتروزیس نسبت به والد برتر} = \frac{F_1 - 1}{F_1} \times 100 \quad (4)$$

$$LSD = \sqrt{\frac{2MSe}{r}} \times t \quad (5)$$

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که اختلاف معنی داری بین ژنوتیپ ها وجود داشت. بنابراین اثر ژنوتیپ به میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی (GCA)، ترکیب پذیری خصوصی (SCA) و تلاقی های معکوس تجزیه شد (جدول ۱). برای کلیه صفات GCA و SCA معنی دار بود که بیانگر نقش و تأثیر عمل افزایشی و غیرافزایشی ژن ها در کنترل کلیه صفات مورد مطالعه بود. این یافته با نتایج چوکان (Choukan, 2002) و مورایا و همکاران (Muraya *et al.*, 2006) در خصوص اثر GCA و SCA برای صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف و وزن ۱۰۰ دانه مطابقت داشت. معنی دار شدن اثر GCA و SCA برای صفت طول بلال توسط بور달و و همکاران (Bordallo *et al.*, 2005) نیز گزارش شده است. واریانس اثر معکوس برای صفات وزن ۱۰۰ دانه، عمق دانه، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال و عملکرد دانه نیز معنی دار شد. بین نتایج تلاقی های مستقیم و معکوس این صفات تفاوت آماری وجود داشته و احتمالاً "اثر پایه مادری، نقش مؤثری در وراثت آن ها داشته است. اکبر و همکاران (Akbar *et al.*, 2008) گزارش کردند که اثر معکوس برای صفات وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه

در این رابطه، MSe میانگین مربعات خطای آزمایشی، r تعداد تکرار و t در سطح پنج یا یک درصد با استفاده از درجه آزادی خطای آزمایشی به دست آمد (به نقل از Farshadfar, 1998). جهت آزمون نرمال بودن داده ها و یکنواختی واریانس ها از نرم افزار Minitab نسخه ۱۲ استفاده شد (Minitab, 1998). به منظور تجزیه واریانس صفات و مقایسه میانگین های ژنوتیپ ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن، از نرم افزار SAS نسخه ۸/۰۲ استفاده شد (SAS Institute, 2001). برآورد پارامترهای ژنتیکی و شاخص های آماری با استفاده از نرم افزار Diallel انجام شد (Magari and Kang, 1994). از روش اول گریفینگ در مدل ثابت، مقادیر ترکیب پذیری عمومی والدین و خصوصی هر تلاقی برآورد شد (Griffing, 1956). برای محاسبه وراثت پذیری عمومی (H_b) و وراثت پذیری خصوصی (H_n) براساس رابطه های ۶ و ۷ از نرم افزار Dial98 استفاده شد (Ukai, 1998):

$$H_b = \frac{V_G}{V_P} \quad (6)$$

$$H_n = \frac{V_A}{V_P} \quad (7)$$

در این رابطه، V_G واریانس ژنتیکی، V_A واریانس افزایشی و V_P واریانس فوتیپی هستند.

صفات تعداد روز از جوانه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد ردیف دانه در بلال تعلق داشت. دامنه تغییرات وراثت‌پذیری خصوصی از ۱۰ درصد برای تعداد روز از ظهرور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک و ارتفاع بوته تا ۴۹ درصد برای طول بلال متغیر بود. پایین بودن وراثت‌پذیری خصوصی صفات تعداد روز از ظهرور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، وزن ۱۰۰ دانه، عمق دانه و عملکرد دانه، می‌تواند به دلیل سهم مؤثر اثر غیرافزایشی ژن‌ها نسبت به اثر افزایشی در کنترل این صفات باشد. بنابراین، روش‌های به نژادی مبتنی بر افزایش توأم ژن‌های افزایشی و غیرافزایشی از جمله روش دوره‌ای متناول برای لاین‌هایی که در آن‌ها این صفات تجمع یابد، مؤثر است. چوی و همکاران (Choi *et al.*, 1995) و زارع و همکاران (Zare *et al.*, 2008) نیز برای تعداد روز از ظهرور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک وراثت‌پذیری پایین گزارش کردند. در کنترل تعداد ردیف دانه در بلال، ژن‌های با اثر افزایشی و در کنترل وزن صد دانه و عملکرد، دانه ژن‌های با اثر غیرافزایشی (Petrovic, 1998) اهمیت بیشتری دارند که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت داشت. بررسی اثر ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها برای تعداد روز از جوانه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیک نشان داد که لاین هفت دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و لاین سه دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۲). بنابراین از لاین سه می‌توان به عنوان والد زودرس در ارقام دورگ استفاده کرد. در بررسی ترکیب‌پذیری خصوصی این صفت مشاهده شد که تلاقي 3×7 دارای بیشترین SCA مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و تلاقي‌های 2×3 و 3×4 دارای بیشترین SCA منفی و معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد بودند (جدول ۳). بنابراین می‌توان از دورگ‌های 2×3 و 3×4 جهت کاهش تعداد روز از جوانه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیک

معنی‌دار بود که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. معنی‌دار بودن نسبت میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی به میانگین مربعات ترکیب‌پذیری خصوصی در صفات تعداد روز از جوانه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول بلال، تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف بلال، حاکی از اهمیت بیشتر اثر افزایشی ژن‌ها نسبت به اثر غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل این صفات بود. بنابراین استفاده از روش‌های به نژادی مبتنی بر گزینش لاین در یک سیستم دوره‌ای و تولید ارقام هیرید جهت بهبود صفات فوق مؤثر خواهد بود. رضایی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2004) گزارش کردند که برای صفات تعداد روز از کاشت تا رسیدگی، تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد ردیف دانه در بلال، نقش اثر افزایشی ژن‌ها بیشتر از اثر غیرافزایشی ژن‌ها بود که مشابه اطلاعات به دست آمده از آزمایش حاضر بود. متوسط میزان هتروزیس نسبت به میانگین والدین برای صفات تعداد روز از جوانه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیک و وزن ۱۰۰ دانه منفی و برای سایر صفات مثبت بود (جدول ۱). بیشترین مقدار متوسط هتروزیس مربوط به عملکرد دانه (۴۵/۸۸ درصد) بود که با نتایج رضایی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2004) و تولسار و همکاران (Tollenaar *et al.*, 2004) هماهنگی داشت. بنابراین برای افزایش عملکرد دانه، روش به نژادی تهیه ارقام هیرید می‌تواند به افزایش تولید ارقام برتر کمک نماید.

بیشترین مقدار متوسط هتروزیس منفی برای وزن ۱۰۰ دانه (۱۷/۰۱ - درصد) به دست آمد. منفی بودن متوسط هتروزیس بیانگر این است که دورگ‌ها به طرف والد ضعیف آن صفت گرایش داشته‌اند. الـ و همکاران (Alam *et al.*, 2008) نیز برای وزن ۱۰۰ دانه هتروزیس منفی گزارش کردند. اجو و همکاران (Oju *et al.*, 2007) برای طول بلال هتروزیس مثبت گزارش کردند. وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی (جدول ۱) نشان می‌دهد که دامنه وراثت‌پذیری عمومی از ۴۸ تا ۸۹ درصد متغیر بود که به ترتیب به

جدول ۱- تجزیه واریانس و پارامترهای ژنتیکی یک تلاقي ۷×۷ ذرت براساس تجزیه دی آلل (روش اول گرینینگ)

Table 1. Analysis of variance and genetic parameters of maize using a 7×7 diallel cross design (Method A, Griffing)

S. O. V.	متابع تغییر	درجه آزادی d.f	روز از ظهور کاکل										تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد ردیف دانه در بلال	No. of Kernels. row ⁻¹	عملکرد دانه Grain yield
			روز از جوانهزنی تا رسیدگی فیزیولوژیک	Days from germination to physiological maturity	Physiological maturity	Plant height	ارتفاع بوته	ارتفاع بلال	Ear length	وزن ۱۰۰ دانه	طول بلال	عمق دانه				
(MS) میانگین مربعات																
Replication	تکرار	2	62.56 **	61.42 ns	13591.01 **	1327.41 **	59.45 **	139.54 **	0.19 **	13.17 **	105.83 *	0.23 *				
Genotype	ژنتیپ	48	21.33 **	51.2 **	1398.56 **	311.3 **	16.07 **	74.46 **	0.09 **	16.18 **	73.78 **	0.46 **				
	GCA	6	62 **	2.67 *	1756.30 **	557.91 **	66.93 **	144.30 **	0.14 **	51.79 **	245.51 **	5.76 **				
	SCA	21	20.02 *	2.79 **	2273.59 **	484.63 **	13.01 **	85.40 **	0.08 **	13.61 **	57.92 **	10.5 **				
Reciprocal	اثرات معکوس	21	11.06 ns	0.48 ns	421.32 ns	67.51 ns	4.61 ns	43.57 **	0.07 **	8.58 **	40.58 *	4.46 **				
Error	خطا	96	11.94	28.96	569.32	112.02	4.25	16.06	2.39	1.57	23.34	0.05				
GCA/SCA			3.10 *	0.96 ns	0.77 ns	1.15 ns	5.14 **	1.69 ns	1.75 ns	3.81 **	4.24 **	0.55 ns				
Ave. Heterosis	متوسط هتروزیس		-0.35	7.62	28.29	39.88	17.73	-17.01	19.97	14.6	14.13	45.88				
H _b	وراثت پذیری عمومی		0.48	0.53	0.64	0.69	0.74	0.77	0.65	0.89	0.67	0.86				
H _n	وراثت پذیری خصوصی		0.30	0.10	0.10	0.17	0.49	0.26	0.24	0.48	0.44	0.11				
Correlation coefficient ^a	ضریب همبستگی ^a		0.21 *	0.58 **	0.40 **	0.34 **	0.28 *	0.14 ns	0.26 *	0.29 *	0.54 **	—				

ns: Non-significant

*, **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

a: Coefficient of genetic correlation between grain yield and other characters

و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ا: ضریب همبستگی ژنتیکی بین عملکرد و سایر صفات

بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) بود (جدول ۲). لذا می‌توان در دورگ‌گیری‌ها جهت افزایش ارتفاع بوته از لاین چهار و جهت کاهش ارتفاع بوته از لاین هفت استفاده کرد. از بین ۴۲ دورگ مورد بررسی، دورگ‌های 4×7 , 4×6 , 2×4 , 3×6 , 1×6 , 3×5 و 5×7 بیشترین مقدار SCA در جهت مثبت و معنی‌دار برای ارتفاع بوته داشتند (جدول ۳). بنابراین می‌توان برای این صفت دورگ‌های فوق را پس از مقایسه با ارقام شاهد، به عنوان دورگ‌های جدید معرفی نمود. چنین نتایجی توسط چوکان و مساوات (Choukan and Mosavat, 2005) و اکبر و همکاران (Akbar et al., 2008) نیز گزارش شده است.

برای صفت ارتفاع بلال، لاین‌های یک و پنج ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار (به ترتیب در سطوح احتمال یک و پنج درصد) و لاین هفت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) نشان دادند (جدول ۲). با توجه به این که ارتفاع زیاد بلال می‌تواند منجر به شکستن و خواییدگی ساقه و در نتیجه باعث کاهش عملکرد شود، لذا می‌توان جهت کاهش ارتفاع بلال در برنامه‌های بهنژادی از نتاج لاین هفت پس از دورگ‌گیری استفاده کرد. اثر ترکیب‌پذیری خصوصی در تلاقی‌های 3×6 , 2×5 , 2×4 و 1×3 با بیشترین مقدار SCA مثبت و معنی‌دار، باعث افزایش این صفت خواهد شد (جدول ۳). براساس نتایج آزمون LSD در سطوح احتمال پنج و یک درصد، در ۲۶ دورگ ($61/9$ درصد) هتروژیس مثبت و معنی‌دار برای ارتفاع بلال نسبت به والد برتر مشاهده شد. بیشترین مقدار هتروژیس مربوط به تلاقی 3×6 (۶۴/۳۴ درصد) بود (جدول ۴). نتایج مشابهی توسط رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2004) و الام و همکاران (Alam et al., 2008) برای این صفت گزارش شده است.

در برنامه‌های بهنژادی استفاده کرد. نتایج به دست آمده از آزمون LSD نشان داد که براساس میزان هتروژیس نسبت به والد برتر برای این صفت، هیچ کدام از دورگ‌ها دیررس‌تر از والدین نبودند (جدول ۴). شاید علت این موضوع استفاده از لاین‌های اینبرد نسبتاً زودرس ذرت در این آزمایش باشد. رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2004) والام و همکاران (Alam et al., 2008) نیز برای این صفت هتروژیس منفی و معنی‌دار گزارش کردند. اثر ترکیب‌پذیری عمومی برای صفت تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک در لاین هفت مثبت و معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) و در لاین دو منفی و معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) بود (جدول ۲). بنابراین از لاین دو می‌توان جهت کاهش تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک در دورگ‌گیری‌ها استفاده کرد. اثر ترکیب‌پذیری خصوصی در جهت مثبت برای دورگ‌های 1×6 و 1×3 به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود. اثر ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار نیز در سطح احتمال یک درصد در دورگ 2×3 مشاهده شد (جدول ۳). بنابراین می‌توان دورگ 2×3 را برای کاهش صفت تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک در نظر گرفت. مقدار هتروژیس نسبت به والد برتر در $14/3$ درصد از دورگ‌ها معنی‌دار بود. دورگ 3×2 دارای هتروژیس منفی و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بود که تأکیدی بر تلاقی لاین‌های دو و سه در جهت کاهش این صفت بود (جدول ۴). نتایج مشابهی توسط مارتون و همکاران (Marton et al., 2005) برای این صفت گزارش شده است.

در بررسی ترکیب‌پذیری عمومی ارتفاع بوته مشخص شد که لاین چهار دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) و لاین هفت دارای

جدول ۲- اثر ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های ذرت برای صفات گیاهی مورد ارزیابی

Table 2. General combining ability effects of maize inbred lines for plant characteristics

والدین Parent	روز از جوانه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیک Days from germination to physiological maturity	روز از ظهرور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک Days from silking to physiological maturity	ارتفاع برابر Plant height	ارتفاع بال Ear height	طول بال Ear length	وزن ۱۰۰ دانه 100-grain weight	عمق دانه Grain dept	تعداد ریف دانه در بال No. of rows.ear ⁻¹	تعداد دانه در ریف بال No. of kernels. row ⁻¹	عملکرد دانه Grain yield
1	0.61 ns	0.57 ns	3.03 ns	5.29 **	1.74 **	0.56 ns	-0.02 ns	-0.53 **	3.47 **	0.11 ns
2	-0.73 ns	-1.67 *	-4.25 ns	-2.64 ns	0.49 ns	-2.59 **	-0.04 ns	-0.98 **	0.19 ns	5.92 **
3	-1.3 **	-0.03 ns	1.92 ns	0.45 ns	-1.25 **	-2.14 **	0.12 **	0.65 **	-0.34 ns	0.28 *
4	-0.51 ns	-1.03 ns	7.55 *	0.63 ns	1.06 **	-9.30 **	0.02 ns	-1.4 **	2.77 **	0.13 ns
5	-0.11 ns	-0.86 ns	1.38 ns	3.72 *	0.50 ns	7.59 **	-0.03 ns	-0.35 *	-2.08 **	-0.71 **
6	1.06 *	0.62 ns	2.75 ns	-2.58 ns	-1.57 **	2.43 **	0.01 ns	0.94 **	-0.82 ns	0.39 **
7	2.20 **	2.40 **	-12.39 **	-4.87 **	-0.97 **	1.76 **	0.05 *	1.67 **	-3.19 **	-0.26 ns
S.E.(gi)	0.4936	0.7687	3.4086	1.5120	0.2945	0.5725	0.0225	0.1789	0.6901	0.1367

ns: Non-significant

*, **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

Maize genotypes: 1. K18, 2. K3218, 3. K1264.1, 4. MO17, 5. K19, 6. K74.1, 7. K3653.5

غیر معنی‌دار

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳- اثر ترکیب‌پذیری خصوصی لاین‌ها ذرت برای صفات گیاهی مورد ارزیابی
Table 3. Specific combining ability effects of maize inbred lines for plant characteristics

نوع تلاقی Crosses	روز از جوانه‌زنی تا رسیدگی Days from germination to physiological maturity	روز از ظهرور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک Days from silking to physiological maturity	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع بلال Ear height	طول بلال Ear length	وزن ۱۰۰ دانه 100-grain weight	عمق دانه Grain dept	تعداد ردیف دانه در بلال No. of rows.eat ⁻¹	تعداد دانه در ردیف بلال No. of kernels.row ⁻¹	عملکرد دانه Grain yield
2×1	1.44 ns	3.36 ns	7.56 ns	4.28 ns	0.84 ns	-1.89 *	-0.01 ns	-0.70 ns	1.65 ns	-0.71 *
3×1	0.35 ns	4.05 *	9.28 ns	8.46 *	1.08 ns	1.87 *	0.19 **	0.41 ns	1.45 ns	2.35 **
4×1	-1.11 ns	-1.12 ns	1.29 ns	-0.41 ns	0.69 ns	-1.89 *	0.04 ns	0.39 ns	-2.17 ns	-0.70 *
5×1	1.99 ns	1.22 ns	-2.54 ns	1.66 ns	-0.29 ns	-0.04 ns	-0.15 **	-0.06 ns	-3.25 ns	0.34 ns
6×1	0.32 ns	6.91 **	21.15 *	8.46 *	-1.22 ns	-5.23 **	0.09 ns	-0.15 ns	2.93 ns	0.43 ns
7×1	0.18 ns	-0.88 ns	-5.48 ns	-2.78 ns	-0.77 ns	-2.07 *	0.01 ns	0.72 ns	-2.14 ns	-0.33 ns
3×2	-3.53 **	-5.71 **	-8.60 ns	1.65 ns	-1.92 **	-1.13 ns	-0.01 ns	-0.55 ns	-3.90 *	-1.58 **
4×2	0.51 ns	1.46 ns	22.2 **	11.48 **	2.28 **	3.95 **	0.12 *	0.57 ns	4.78 **	2.58 **
5×2	1.11 ns	0.96 ns	12.71 ns	9.09 *	1.13 ns	-0.67 ns	0.01 ns	-0.01 ns	1.54 ns	0.18 ns
6×2	-1.56 ns	-1.69 ns	4.04 ns	-3.71 ns	0.21 ns	-0.92 ns	-0.06 ns	1.77 **	1.85 ns	0.79 *
7×2	0.63 ns	0.36 ns	-8.89 ns	-2.89 ns	-0.51 ns	1.54 ns	0.03 ns	-1.10 *	-0.42 ns	0.56 ns
4×3	-2.42 *	-2.02 ns	-0.30 ns	-4.31 ns	-0.92 ns	-4.42 **	-0.01 ns	0.41 ns	-1.22 ns	-1.46 **
5×3	-0.49 ns	1.31 ns	16.97 *	-1.37 ns	0.34 ns	-3.16 **	0.16 **	1.56 **	2.80 ns	-0.74 *
6×3	0.18 ns	1.84 ns	23.7 **	12.77 **	2.30 **	-2.59 **	0.14 *	2.01 **	3.64 *	1.05 **
7×3	3.70 **	1.88 ns	-6.83 ns	0.99 ns	0.96 ns	1.85 *	-0.07 ns	-2.46 **	-1.93 ns	-0.48 ns
5×4	0.90 ns	0.31 ns	-1.26 ns	3.46 ns	0.19 ns	-0.70 ns	-0.09 ns	-0.53 ns	1.85 ns	0.90 **
6×4	1.90 ns	1.00 ns	-13.1 ns	-1.68 ns	-1.27 ns	-0.29 ns	-0.14 *	-1.08 *	-1.84 ns	-2.08 **
7×4	-2.08 ns	0.05 ns	28.9 **	7.94 *	0.55 ns	-1.16 ns	0.01 ns	0.99 *	4.19 *	1.63 **
6×5	-1.18 ns	-1.66 ns	-4.03 ns	1.20 ns	1.21 ns	-1.30 ns	-0.01 ns	0.61 ns	1.61 ns	0.40 ns
7×5	-2.15 ns	1.22 ns	16.71 *	-3.05 ns	0.46 ns	4.79 **	0.07 ns	0.61 ns	-0.05 ns	0.14 ns
7×6	-0.15 ns	1.91 ns	7.71 ns	4.35 ns	1.71 *	-2.20 *	0.08 ns	2.39 **	-0.58 ns	0.68 *
S.E.(s.i.j)	1.2258	1.909	8.4646	3.7547	0.7314	0.8745	0.0559	0.4442	1.7138	0.3394

ns: Non- significant

*, **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

Maize genotypes: 1. K18, 2. K3218, 3. K1264.1, 4. MO17, 5. K19, 6. K74.1, 7. K3653.5

ns: غیر معنی‌دار

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴- اثر هتروزیس صفات گیاهی در هیبریدهای ذرت در مقایسه با والد برتر

Table 4. Heterosis effects for plant characteristics in maize hybrids as compared to the superior parent

نوع تلاقی Crosses	روز از جوانهزنی تا رسیدگی فیزیولوژیک Days from germination to physiological maturity	روز از ظهر کارکل تا رسیدگی فیزیولوژیک Days from silking to physiological maturity	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع بالال Ear height	طول بالال Ear length	وزن ۱۰۰ دانه 100-grain weight	عمق دانه Grain dept	تعداد ردیف دانه در بالال No. of rows/ear	تعداد دانه در ردیف بالال No. of kernels/row ¹	عملکرد دانه Grain yield
2×1	0 ^{ns}	9.64	27.68 ^{ns}	33.53	8.05	-24.39	31.67	-3.03	4.69 ^{**}	57.54 ^{**}
3×1	-1.44 ^{ns}	6.54 ^{ns}	28.52 ^{ns}	43.29 ^{**}	-9.03	-33.59 ^{**}	78.33	5.41 ^{**}	-14.04 ^{**}	11.95 ^{**}
4×1	-2.84 ^{ns}	0.5 ^{ns}	26.46 ^{ns}	37.04 ^{**}	-6.30 ^{**}	-35.47 ^{**}	1.18 ^{ns}	-15.15 ^{**}	-13.68 ^{**}	8.21 ^{**}
5×1	0.96 ^{ns}	11.70 ^{**}	10.03 ^{ns}	18.93 ^{**}	-8.05 ^{**}	-23.16 ^{**}	-15.49 ^{**}	10.08 ^{**}	-19.30 ^{**}	96.14 ^{**}
6×1	-0.48 ^{ns}	28.56	42.44	44.42 ^{ns}	-19.93	-39.50 ^{**}	30.44	32.35	0.76 ^{ns}	77.62 ^{**}
7×1	1.16 ^{ns}	8.34 ^{ns}	15.07 ^{ns}	12.39 ^{ns}	-9.26	-22.09 ^{**}	51.79 ^{**}	-7.85 ^{**}	-30.70 ^{**}	-5.61 ^{**}
3×2	-2.15 ^{ns}	-8.53 ^{ns}	11.38 ^{ns}	41.40 ^{**}	-14.20 ^{**}	-35.51 ^{**}	40 ^{**}	-3.58 ^{**}	-10.16 ^{**}	-58.27 ^{**}
4×2	-2.61 ^{ns}	0 ^{ns}	27.88 ^{ns}	44.13 ^{**}	17.67	-3.76 ^{ns}	-3.53 ^{**}	4.18	22.16 ^{**}	67.16 ^{**}
5×2	0.48 ^{ns}	1.52 ^{ns}	34.65 ^{ns}	31.75 ^{**}	24.29 ^{**}	-22.67 ^{**}	-14.08 ^{**}	3.09 ^{**}	8.5 [*]	32.19 ^{**}
6×2	-2.58 ^{ns}	1.01 ^{ns}	20.44 ^{ns}	37.63 ^{**}	-2.70 ^{ns}	-36.11 ^{**}	-14.49 ^{**}	38.21 ^{**}	37.86 ^{**}	54.39 ^{**}
7×2	-1.39 ^{ns}	1.96 ^{ns}	11.87 ^{ns}	12.07 ^{ns}	2.06 ^{ns}	8.55	63.33	-1.58 ^{ns}	14.86 ^{**}	93.99 ^{**}
4×3	-3.09 ^{ns}	-1.51 ^{ns}	25.33 ^{ns}	36.79 ^{**}	0.51 ^{ns}	-28.48 ^{**}	4.71 ^{**}	0.88 ^{ns}	28.08 ^{**}	-23.35 ^{**}
5×3	-1.44 ^{ns}	4.03 ^{ns}	29.46 ^{ns}	8.16 ^{ns}	14.43 ^{**}	-31.96 ^{**}	28.17 ^{**}	23.45 ^{**}	9.10 ^{**}	-46.88 ^{**}
6×3	-0.94 ^{ns}	7.04 ^{ns}	43.29 ^{ns}	64.34 ^{**}	38.55 ^{**}	-44.17 ^{**}	56.52	33.31 ^{**}	22.93 ^{**}	16.91 ^{**}
7×3	-0.47 ^{ns}	3.93 ^{ns}	16.68 ^{ns}	28.56 ^{**}	21.67 ^{**}	-7.52 ^{**}	16.67 ^{**}	-16.40 ^{**}	-9.65 [*]	-5.51 ^{**}
5×4	-1.42 ^{ns}	0 ^{ns}	17.24 ^{ns}	16.21 ^{ns}	9.09	-15.17 ^{**}	-15.29 ^{**}	11.08 ^{**}	27.56 ^{**}	40.47 ^{**}
6×4	-0.70 ^{ns}	6.56 ^{ns}	26.03 ^{ns}	34.8 ^{**}	-3.75	-34.82 ^{**}	-1.18 ^{ns}	17.65	-6.65 ^{ns}	-33.14 ^{**}
7×4	-3.02 ^{ns}	3.43 ^{ns}	32.44 ^{ns}	34.66 ^{**}	5.85 ^{**}	-17.14 ^{**}	-17.65 ^{**}	-6.27 ^{**}	16.99 ^{**}	62.46 ^{**}
6×5	-0.70 ^{ns}	3.19 ^{ns}	26.53 ^{ns}	7.60 ^{ns}	19.31	-48	1.40 ^{ns}	22.25 ^{**}	41.47 ^{**}	-23.51 ^{**}
7×5	-3.25 ^{ns}	-0.49 ^{ns}	28.25 ^{ns}	10.32 ^{ns}	13.05 ^{**}	-5.75 ^{ns}	11.26	-13.30 ^{**}	-6.78 ^{ns}	134.28 ^{**}
7×6	-0.69 ^{ns}	6.87 ^{ns}	19.84 ^{ns}	14.42 ^{ns}	31.51 ^{**}	-40.09 ^{**}	47.83 ^{**}	20.27 ^{**}	3.37 ^{ns}	26.35 ^{**}
1×2	0.24 ^{ns}	3.54 ^{ns}	13.75 ^{ns}	26.66 ^{**}	-8.87	-53.69 ^{**}	-5	-5.08 ^{**}	-22.47 ^{**}	-12.98 ^{**}
1×3	-0.24 ^{ns}	11.56 ^{**}	23.30 ^{ns}	44.17 ^{**}	-8.11	-21.49	68.33	2.70	-7.87 ^{**}	36.76 ^{**}
1×4	-2.13 ^{ns}	0 ^{ns}	18.19 ^{ns}	17.76 ^{**}	10.19	-28.97 ^{**}	-15.29 ^{**}	17.20 ^{**}	-11.04 ^{**}	0.88 ^{**}
1×5	1.44 ^{ns}	7.43 ^{ns}	25.54 ^{ns}	29.47 ^{**}	-4.98	-30.26 ^{**}	-29.58 ^{**}	0.98 ^{ns}	-38.76 ^{**}	-31.93 ^{**}
1×6	-2.11 ^{ns}	21.42 ^{ns}	26.06 ^{ns}	31.65 ^{**}	-25.85 ^{**}	-50.52	10.14	-3.03 ^{**}	-17.05 ^{**}	2.27 ^{**}
1×7	-4.64 ^{ns}	-2.94 ^{ns}	1.45 ^{ns}	12.88 ^{ns}	-25.08 ^{**}	-33.26 ^{**}	-5.36 ^{**}	3.87 ^{**}	-27.33 ^{**}	54.04 ^{**}
2×3	-5.74 [*]	-10.04 [*]	15 ^{ns}	32.97 ^{**}	-9.02	-26.44 ^{**}	35 ^{**}	-7.23 ^{**}	-9.65 [*]	-39.34 ^{**}
2×4	-0.24 ^{ns}	1.51 ^{ns}	34.38 ^{ns}	60.68 ^{**}	23.20 ^{**}	-16.29	3.53	-2.01 ^{ns}	35.46 ^{**}	131.09 ^{**}
2×5	0 ^{ns}	0 ^{ns}	29.80 ^{ns}	14.96 ^{ns}	20.67 ^{**}	-9.46	9.86	6.19	34.86 ^{**}	73.39 ^{**}
2×6	-2.82 ^{ns}	-3.04 ^{ns}	30.39 ^{ns}	49.65 ^{ns}	5.26	-48.52 ^{**}	8.70	18.56 ^{**}	19.68 ^{**}	43.63 ^{**}
2×7	-1.63 ^{ns}	0.48 ^{ns}	5.29 ^{ns}	4.16 ^{ns}	-1.35	-9.03	-33.33	-28.94	0.59 ^{ns}	82.83 ^{**}
3×4	-4.74 ^{ns}	-3.51 ^{ns}	15.81 ^{ns}	14.15 ^{ns}	-22.25	-43.36	2.35	-4.53	-18.73 ^{**}	-66.91 ^{**}
3×5	-0.72 ^{ns}	1.51 ^{ns}	39.34 [*]	13.49 ^{ns}	10.31	-25.76	53.52	2.70	5.74 ^{ns}	-48.16 ^{**}
3×6	-2.82 ^{ns}	4.52 ^{ns}	36.49 ^{ns}	59.6 ^{**}	32.35	-46.12	42.03	16.22	8.32 ^{**}	-5.70 ^{**}
3×7	0.93 ^{ns}	7.83 ^{ns}	1.04 ^{ns}	16.64 ^{ns}	35.59	-4.87	35	-10.95	-21.09 ^{**}	-63.42 ^{**}
4×5	0 ^{ns}	0.5 ^{ns}	21.97 ^{ns}	22.45 ^{**}	5.47	-17.82	-30.59	-1.08	-8.39 [*]	14.96 ^{**}
4×6	0.47 ^{ns}	0.5 ^{ns}	-0.34	14.43 ^{ns}	-26.57	-35.53	-47.06	17.65	7.87 ^{**}	-27.20 ^{**}
4×7	-3.48 ^{ns}	0 ^{ns}	28.01 ^{ns}	40.21 ^{**}	-5.34	-7.94	-10.59	-4.69	11.30 ^{**}	61.88 ^{**}
5×6	-3.29 ^{ns}	6.90 ^{ns}	20.91 ^{ns}	12.47 ^{ns}	13.89 ^{**}	-26.21	2.82	45.58	38.22 ^{**}	55.81 ^{**}
5×7	-2.78 ^{ns}	7.83 ^{ns}	30.37 ^{ns}	-12.47	17.79	44.94	-2.82	10.13	7.98 ^{**}	122.86 ^{**}
6×7	-0.93 ^{ns}	6.86 ^{ns}	24.76 ^{ns}	32.16 ^{ns}	33.64	-30.56	-17.39	12.48	4.61 ^{ns}	47.31 ^{**}
LSD 5%	5.61	8.74	38.73	17.18	3.35	6.50	2.51	2.03	7.84	0.36
LSD 1%	7.43	11.57	51.32	22.76	4.43	8.62	3.32	2.69	10.39	0.48

ns: Non-significant

ns: غير معنی دار

* , **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* , **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

Maize genotypes: 1. K18, 2. K3218, 3. K1264.1, 4. MO17, 5. K19, 6. K74.1, 7. K3653.5

دادند (جدول ۴). بنابراین می‌توان هر یک از این دورگ‌ها را در برنامه‌های بهنژادی تهیه ارقام دورگ مورد استفاده قرار داد.

برای صفت تعداد ردیف دانه در بلال، اثر ترکیب‌پذیری عمومی در تمام والدین معنی‌دار بود، به طوری که لاین‌های هفت، شش و سه به ترتیب دارای بیشترین GCA در جهت مثبت و معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) و لاین‌های چهار، دو و یک به ترتیب دارای بیشترین GCA در جهت منفی و معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) و لاین پنج دارای GCA منفی و معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) بود (جدول ۲). بنابراین می‌توان از لاین‌های هفت، شش و سه جهت افزایش تعداد ردیف دانه در بلال استفاده کرد. اثر ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌های ۷*۶، ۳*۶، ۳*۵ و ۲*۶ (در سطح احتمال یک درصد) و دورگ‌ک ۴*۷ (در سطح احتمال پنج درصد) معنی‌دار و مثبت بود (جدول ۳). بنابراین از دورگ‌های مذکور جهت افزایش تعداد ردیف دانه در بلال می‌توان استفاده کرد. دورگ ک ۳*۷ (در سطح احتمال یک درصد) و دورگ‌های ۲*۷ و ۴*۶ (در سطح احتمال پنج درصد) نیز دارای SCA منفی و معنی‌دار بودند. نتایج به دست آمده از آزمون LSD نشان داد که میزان هتروزیس نسبت به والد برتر در ۳۷ دورگ (۸۸/۱ درصد) معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مشابهی توسط رضابی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2004) برای این صفت گزارش شده است.

از نظر صفت تعداد دانه در ردیف بلال، والدی‌های یک و چهار دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) و والدی‌های هفت و پنج دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) بودند (جدول ۲). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین این صفت و عملکرد دانه (جدول ۱)، از لاین‌های یک و چهار می‌توان جهت افزایش تعداد دانه در ردیف بلال

برای صفت طول بلال، لاین‌های یک و چهار دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و لاین‌های سه، شش و هفت دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بودند (جدول ۲). بنابراین از لاین‌های یک و چهار می‌توان جهت افزایش مقدار این صفت استفاده کرد.

برای صفت وزن ۱۰۰ دانه لاین‌های پنج، شش و هفت دارای بیشترین GCA در جهت مثبت و لاین‌های چهار، دو و سه دارای بیشترین GCA در جهت منفی بودند (جدول ۲). بنابراین می‌توان از لاین‌های پنج، شش و هفت جهت افزایش وزن ۱۰۰ دانه استفاده کرد. دورگ‌های ۵*۵، ۴*۴ و ۳*۳ به ترتیب دارای بیشترین SCA مثبت و معنی‌دار و دورگ‌های ۱*۶، ۳*۴، ۳*۵، ۳*۶، ۳*۷، ۱*۷، ۶*۷، ۱*۶ و ۱*۴ به ترتیب دارای بیشترین SCA منفی و معنی‌دار بودند (جدول ۳). لذا از تلاقی‌های معنی‌دار نیز می‌توان جهت افزایش یا کاهش در وزن ۱۰۰ دانه استفاده کرد. براساس آزمون LSD ۹۲/۹ درصد از دورگ‌ها نسبت به والد برتر هتروزیس معنی‌دار داشتند (جدول ۴). بیشترین مقدار هتروزیس مثبت مربوط به تلاقی ۵*۷ (۴۴/۹۴ درصد) بود. نتایج مشابهی توسط اکبر و همکاران (Akbar *et al.*, 2008) برای این صفت گزارش شده است.

بررسی اثر ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها برای صفت عمق دانه (جدول ۲) نشان داد که لاین‌های سه و هفت دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) بودند. بنابراین می‌توان از لاین‌های سه و هفت جهت افزایش عمق دانه استفاده کرد. اثر ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌های ۱*۳، ۳*۵ و ۳*۶ در جهت مثبت و معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) و تلاقی‌های ۱*۵ و ۴*۶ در جهت منفی و معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) بود (جدول ۳). درصد از دورگ‌ها براساس آزمون LSD نسبت به والد برترشان هتروزیس معنی‌دار نشان

می شود. بیشترین اثر SCA معنی دار در جهت مثبت، به ترتیب مربوط به تلاقی لاین های 2×4 ، 1×3 ، 2×7 و 4×5 بود (جدول ۳) که نشان دهنده استفاده از تلاقی این لاین ها جهت بهبود عملکرد دانه است. بررسی جدول هتروزیس (جدول ۴) نیز نشان داد که میزان هتروزیس در تلاقی های مذکور مثبت و معنی دار بود. نتایج مشابهی توسط چوکان و مساوات (Choukan and Mosavat, 2005) و رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2004) برای این صفت گزارش شده است.

به طور کلی اثر افزایشی ژن ها دارای نقش بیشتری نسبت به اثر غیرافزایشی ژن ها در کنترل صفات تعداد روز از جوانه زنی تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول بلال، تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف بلال را داشته است. برای صفات تعداد روز از ظهرور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، وزن ۱۰۰ دانه، عمق دانه و عملکرد دانه اثر غیرافزایشی ژن ها تأثیر بیشتری نسبت به اثر افزایشی ژن ها داشته است. بنابراین تهیه لاین های برتر از طریق روش به نژادی متناسب و به دنبال آن دورگ گیری برای ایجاد هیبریدهای برتر جهت بهبود صفات فوق مؤثر خواهد بود. همچنین جهت افزایش عملکرد دانه، لاین های دو، شش، سه و هفت به عنوان لاین های برتر و تلاقی های 2×4 ، 3×6 و 4×7 به عنوان بهترین دورگ ها شناسایی شدند.

و عملکرد دانه استفاده نمود. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین تعداد دانه در ردیف بلال و عملکرد دانه در نتایج سایر محققان نیز گزارش شده است (Vidal-Martinez et al., 2001; Ottaviano and Camussi, 1981; Torun and Koycu, 1999) در رابطه با ترکیب پذیری خصوصی لاین ها می توان در جهت مثبت و معنی دار به تلاقی های 2×4 ، 3×6 و 4×7 و در جهت منفی و معنی دار به تلاقی 2×3 اشاره کرد (جدول ۳). بنابراین از تلاقی های 2×4 ، 3×6 و 4×7 می توان جهت افزایش تعداد دانه در ردیف بلال و عملکرد دانه استفاده کرد. مقدار هتروزیس نسبت به والد برتر در 34 دورگ معنی دار بود. بیشترین مقدار هتروزیس مثبت و معنی دار (در سطح احتمال یک درصد) مربوط به تلاقی 5×6 ($41/47$ درصد) بود (جدول ۴). بنابراین می توان به دلیل اثر هتروزیس مثبت و معنی دار از لاین های پنج و شش جهت افزایش این صفت و عملکرد دانه در ارقام هیبرید استفاده کرد.

بررسی اثر ترکیب پذیری عمومی لاین ها برای عملکرد دانه (جدول ۲) نشان داد که لاین های دو، شش و سه دارای بیشترین ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی دار و لاین پنج دارای ترکیب پذیری عمومی منفی و معنی دار بود. بنابراین به منظور افزایش پتانسیل ژنتیکی ارقام در برنامه های به نژادی برای بهبود عملکرد دانه، به استفاده از لاین های دو، شش و سه تأکید بیشتری

References

- Akbar, M., M. Saleem, F. M. Azhar, M. Y. Ashraf and R. Ahmad.** 2008. Combining ability analysis in maize under normal and high temperature conditions. J. Agric. Res. 46(1): 27-38.
- Alam, A. K. M. M., S. Ahmed, M. Begum and M. K. Sultan.** 2008. Heterosis and combining ability for grain yield and its contributing characters in maize. Bang. J. Agric. Res. 33(3): 375-379.
- Bordallo, P. N., M. G. Pereira, A. T. A. Junior and A. P. C. Gabriel.** 2005. Diallel analysis of sweet and regular corn genotypes for agronomic characters and total protein content. Hort. Bras. 23(1): 123-127. (In Portuguese with English abstract).

منابع مورد استفاده

- Choi, K. J., M. S. Chin, K. Y. Park, H. S. Lee, J. H. Seo and D.Y. Song.** 1995. Heterosis and heritability of stay-green characters. *Maize Genet. Cooperation Newsl.* 69: 122-123.
- Choukan, R.** 2002. Genetic analysis of grain yield and yield components in maize. *Seed and Plant J.* 18(2): 170-178. (In Persian with English abstract).
- Choukan, R. and A. Mosavat.** 2005. Mode of gene action of different traits in maize tester lines using diallel crosses. *Seed and Plant J.* 21(4): 547-560. (In Persian with English abstract).
- Farshadfar, E.** 1998. Application of biometrical genetics in plant breeding. (1st ed.) Razi University of Kermanshah Publications. pp 527. (In Persian).
- Farsi, M. and A. Bagheri.** 1999. Principles of crop breeding. (2nd Ed.) Jihad-e-Daneshgahi Mashhad Press. pp 296. (In Persian).
- Fehr, W. R.** 1991. Principles of cultivar development. Theory and technique. Volume 1. MacMillan Publishing Co. 536 pp.
- Griffing, B.** 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Aust. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- Liu, Y. L.,** 2008. Combining ability analysis and evaluation on Ga waxy corn inbred lines. *Chinese Agric. Sci.* 24(11): 224-227. (In Chinese with English abstract).
- Magari, R. and M. S. Kang.** 1994. Interactive basic program for Griffing's diallel analyses. *J. Hered.* 85(4): 336-337.
- Marton, L. C., T. Szundy and I. Pók.** 2005. Effect of the year on the vegetative and generative phases in the growing period of maize. *Acta Agronomica Hungarica* 53(2): 133-141.
- Miller, P. A., J. C. Williams, J. H. F. Robinson and R. E. Comstock.** 1957. Estimates of genotypic and environmental variances and covariances in upland cotton and their implication in selection. *Agron. J.* 29: 126-131.
- Minitab.** 1998. MINITAB 12. Minitab, State College, PA., USA.
- Mostafavi, K., R. Choukan, M. R. Bihamta, E. Majidi Heravan and M. Taeb.** 2008. Genetic control of different traits in corn lines (*Zea mays* L.) using graphical analysis. *Seed and Plant J.* 24(1): 117-128. (In Persian with English abstract).
- Muraya, M. M., C. M. Ndirangu and E. O. Omolo.** 2006. Heterosis and combining ability in diallel crosses involving maize (*zea mays*) S₁ lines. *Austra. J. Exp. Agric.* 46(3): 387-394.
- Ojo, G. O. S., D. K. Adedzwa and L. L. Bello.** 2007. Combining ability estimates and heterosis for grain yield and yield components in maize (*Zea mays L.*). *J. of Susta. Develop. Agric. Environ.* 3: 49-57.
- Ottaviano, E. and A. Camussi.** 1981. Phenotypic and genetic relationships between yield components in maize. *Euphytica* 30(3): 601-609.
- Paul, K. K. and S. C. Debnath.** 1999. Combining ability analysis in maize (*Zea mays* L.). *Pak. J. Sci. Indust.*

Res. 42(3): 141-144.

- Perez-Velasquez, J. C., H. Celallos, S. Pandey and C. D. Amaris. 1996.** A diallel cross analysis of some quantitative characters in maize. *Crop Sci.* 36: 572-578.
- Petrovic, Z. 1998.** Combining abilities and mode of inheritance of yield and yield components in maize. *Novi Sad (Yugoslavia)*. pp 85. (In Serbian with English abstract).
- Rezaei, A. H., B. Yazdisamadi, A. Zali, A. M. Rezaei, A. Tallei and H. Zeinali. 2004.** An estimate of heterosis and combining ability in corn using diallel crosses of inbred lines. *Iran. J. Agric. Sci.* 36(2): 385-397. (In Persian with English abstract).
- Rezai, A. 2001.** Concepts of probability and statistics. Mashhad Publishing Co. pp 431. (In Persian).
- SAS Institute. 2001.** SAS user's guide. Version 8. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Srdić, J., Z. Pajić and S. S. Mladenović-Drinić. 2007.** Inheritance of maize grain yield components. *Maydica* 52(3): 261-264.
- Stuber, C. W., R. H. Moll and W. D. Hanson. 1996.** Genetic variance and interrelationships of six traits in a hybrid population of *Zea mays* L. *Crop Sci.* 6: 455-458.
- Tabanao, D. A. and R. Bernardo. 2005.** Genetic variation in maize breeding populations with different numbers of parents. *Crop Sci.* 45: 2301-2306.
- Tollenaar, M., A. Ahmadzadeh and E. A. Lee. 2004.** Physiological basis of heterosis for grain yield in maize. *Crop Sci.* 44: 2086-2094.
- Torun, M. and C. Koycu. 1999.** A study on the determination of the relationship between grain yield and certain yield components of corn using correlation and path analysis. *Turk. J. Agric. Forest.* 23(5): 1021-1027.
- Ukai, Y. 1998.** Dial98. Available at <http://lbt.ab.a.u-tokyo.ac.jp/~ukai/dial98.html>
- Vasal, S. K., G. Srinivasan, S. Pandey, C. F. Gonzalez, J. Crossa and D. L. Beck. 1993.** Heterosis and combining ability of CIMMYT's quality protein maize germplasm: I. Lowland tropical. *Crop Sci.* 33(1): 46-51.
- Verhalen, L. M. and J. C. Murray. 1967.** A diallel analysis of several fiber property traits in upland cotton. *Crop Sci.* 7: 501-505.
- Vidal-Martinez, V. A., M. Clegg., B. Johnson and R. Valdivia-Bernal. 2001.** Phenotypic and genotypic relationships between pollen and grain yield components in maize. *Agrociencia* 35: 503-511.
- Zare, M., R. Choukan, E. Majidi Heravan and M. R. Bihamta. 2008.** Generation mean analysis for grain yield and its related traits in maize (*Zea mays*). *Seed and Plant J.* 24(1): 63-81. (In Persian with English abstract).

Estimation of genetic parameters and general and specific combining abilities in maize using a diallel design

Zare, M¹., R. Choukan², M. R. Bihamta³ and E. Majidi Hervan⁴

ABSTRACT

Zare, M., R. Choukan, M. R. Bihamta and E. Majidi Hervan. 2010. Estimate of genetic parameters and general and specific combining abilities in maize using a diallel design. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 12 (3) 318-332. (In Persian)

Forty two hybrids and their seven parents were planted at the Research Field Station of Islamic Azad University of Firoozabad in 2006 cropping season- using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. Days from germination to physiological maturity, days from silking to physiological maturity, plant height, ear height, ear length, 100-grain weight, grain depth, number of rows.ear⁻¹, number of kernels.row⁻¹ and grain yield were measured and recorded. ANOVA showed significant differences between genotypes as well as significant effect of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) for all measured traits. Effect of reciprocal crossing was also significant for 100-grain weight, grain depth, number of rows.ear⁻¹, number of kernels.row⁻¹ and grain yield that indicated the presence of cytoplasmic inheritance for these traits. Based on MS_{GCA}/MS_{SCA} ratio, additive gene effect was predominant in controlling days from germination to physiological maturity, ear length, number of rows.ear⁻¹ and number of kernels.row⁻¹ traits. The broadsense heritabilities ranged between 48% and 89% for days to physiological maturity and number of rows.ear⁻¹, respectively. Narrow sense heritabilities were estimated between 10% and 49% for days from silking to physiological maturity, plant height and ear length. These results showed that non-additive genetic effects were predominant in controlling days from silking to physiological maturity, plant height, ear height, 100-grain weight, grain depth and grain yield. Considering heterosis in comparison to the superior parents as well as general and specific combining abilities for parents and hybrids indicated that parents 1 and 4 had high potential for traits like ear length and number of kernels.row⁻¹; parent 2 for grain yield; parent 3 for early maturity, increasing grain depth, number of rows.ear⁻¹ and grain yield; parent 5 for 100-grain weight; parent 6 for 100-grain weight, number of rows.ear⁻¹ and grain yield and parent 7 for 100-grain weight, grain depth and number of rows.ear⁻¹.

Key words: Combining ability, Diallel, Heritability, Heterosis and Maize.

Received: February, 2009 Accepted: December, 2010

1- Assistant Prof., Firoozabad Islamic Azad University, Firoozabad, Iran (Corresponding author)
(Email: maza572002@yahoo.com)

2- Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran

3- Professor., The University of Tehran, Karaj, Iran

4- Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Kara, Iran