

## برآورد پارامترهای واریانس ژنتیکی، تعیین ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت دانه‌ای در شرایط نرمال و تنش شوری

رسول بنایی<sup>۱</sup>، امین باقی زاده<sup>۲</sup> و سعید خاوری خراسانی<sup>۳\*</sup>

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه اصلاح نباتات، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان
- ۲- دانشیار، گروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان
- ۳- استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۲۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۰۴)

### چکیده

به منظور برآورد اجزای واریانس ژنتیکی و قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌های ذرت، آزمایشی با استفاده از ۸ لاین خویش آمیخته نسل ۶ (S<sub>6</sub>) به‌عنوان لاین‌های مادری و ۲ تستر (K1264/ 1-5 (زودرس) و K3615/2 (دیررس)) به‌عنوان والدین پدری به همراه ۲ شاهد زودرس (Ksc 302) و دیررس (Ksc704) با استفاده از طرح ژنتیکی تلاقی لاین × تستر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو محیط شور ( $EC = 5 \text{ dSm}^{-1}$ ) و غیر شور در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تحصیلات تکمیلی کرمان در سال زراعی ۱۳۹۳ اجرا گردید. نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری بین لاین‌ها در برخی صفات در هر دو محیط نشان داد. اختلاف معنی‌دار در میانگین مربعات لاین × تستر در شرایط غیر شور برای کلیه صفات به غیر از صفات تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد کاکل و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک مشاهده شد. در شرایط شور فقط در صفات تعداد کل برگ و تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد کاکل میانگین مربعات لاین × تستر غیر معنی‌دار بود. واریانس افزایشی برای صفات تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد کاکل و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در شرایط غیر شور بیشتر از واریانس غالبیت ارزیابی شد که نسبت بیشتر از یک واریانس افزایشی به واریانس غیر افزایشی نیز گویای این مطلب است. لاین L6 با مقدار ۱۴۵۵/۷۸۵ در شرایط غیر شور و ۷۸۹/۱۰۷ در شرایط شور دارای حداکثر عملکرد مثبت و معنی‌دار در ترکیب‌پذیری عمومی و تلاقی‌های  $L4 \times T1 = 428.460$  و  $L7 \times T1 = 703.363$  در شرایط غیر شور و تلاقی  $L3 \times T1 = 438.345$  در شرایط شور دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری بودند. از کل تنوع موجود، سهم لاین‌ها و لاین در تسترها بیشتر از سهم تسترها بوده است که نشان دهنده انتقال تنوع از لاین‌ها به هیبریدها می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** اجزای ژنتیکی، ترکیب‌پذیری خصوصی، ترکیب‌پذیری عمومی، ذرت، لاین × تستر

\* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: s.khavari@areo.ir

## مقدمه

امنیت غذایی جهانی به بهبود محصول مستمر با افزایش تحمل نسبت به تنش‌های غیرزنده به‌خصوص شوری و خشکی وابسته است (Aslam et al., 2012). روش تهیه لاین‌های خالص به زمان زیادی نیاز دارد. روش‌های جدید مثل تولید لاین‌های خالص از طریق دابل هاپلوئیدی این مدت زمان را کوتاه‌تر کرده است. اما لاین‌هایی که از این طریق تولید می‌شوند مشکل سازگاری را به دنبال دارند، بنابراین لاین‌های خالص مطلوب را نباید به راحتی کنار گذاشت، بلکه باید ترکیب‌پذیری آن‌ها را با لاین‌های مختلف سنجید و در صورت امکان به بهترین ترکیب جهت تهیه واریته هیبرید دست یافت. ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی به ترتیب برحسب واریانس‌های ژنتیکی افزایشی و غیر افزایشی بیان و تفسیر می‌گردند و در تهیه هیبرید باید از هر دو واریانس افزایشی و غیرافزایشی استفاده شود. برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) به اصلاح گران کمک می‌نماید تا در مورد برنامه‌های اصلاحی و استراتژی‌های گزینش ژنوتیپ‌ها تصمیم‌گیری نمایند (Fathi et al., 2007). ترکیب‌پذیری در روش‌های اصلاحی جوامع گیاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، به‌خصوص آنکه مطالعه دقیق ترکیب‌پذیری می‌تواند در رابطه با انتخاب روش‌های اصلاحی لاین‌ها در ترکیب‌های هیبریدی مفید واقع شود. برای انجام هر برنامه اصلاحی، اطلاع از ساختار ژنتیکی، چگونگی کنترل صفات توسط ژن‌ها و نیز قابلیت ترکیب‌پذیری صفات ضروری است. مشخص نمودن ترکیب‌پذیری لاین‌ها و بخش افزایشی و غیر افزایشی واریانس ژنتیکی در کنترل صفات، اساس تصمیم‌گیری در مورد نحوه استفاده از ژرم‌پلاسم‌های موجود است که محققین مختلف بر پایه روش‌های متعدد نسبت به برآورد آن‌ها اقدام می‌نمایند (Hajiporbagheri et al., 2005). اطلاع از ساختار ژنتیکی والدین مورد تلاقی در هر برنامه به‌نژادی برای هدفمند کردن دورگ‌گیری، تعیین روش اصلاحی و تولید واریته‌های پر محصول و با کیفیت مناسب ارزشمند می‌باشد. چنین اطلاعاتی از طریق

روش‌های ژنتیک کمی نظیر تلاقی‌های لاین  $\times$  تستر، دای‌آل و تجزیه میانگین نسل‌ها به دست می‌آید (Farshadfar, 1998).

از روش‌های تخمین ترکیب‌پذیری در گیاهان می‌توان به روش پلی‌کراس و تاپ کراس اشاره کرد که تجزیه لاین  $\times$  تستر گسترش روش تاپ‌کراسی است که در آن چندین تستر به کار می‌رود. در آزمایش لاین  $\times$  تستر علاوه بر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، اثرات متعدد ژن‌ها را نیز می‌توان به دست آورد. نقشه دورگ‌گیری این طرح بدین صورت است که در آن  $I$  لاین و  $t$  تستر را در نظر می‌گیریم. هریک از  $I$  لاین را با هر یک از  $t$  تستر آمیزش داده و  $txI$  نتاج تنی به دست می‌آید. سپس این نتاج را همراه و یا بدون والدین یعنی تسترها و لاین‌ها در یک آزمایش تکرار دار مناسب مثل طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد آزمایش قرار می‌دهیم (Farshadfar, 1998). لاین  $\times$  تستر یکی از روش‌های معتبر در جهت شناسایی و دستیابی به هیبریدهای با عملکرد بالا در محصولاتی است که در آن‌ها تسترها شناخته شده‌اند (Arefi et al., 2012). از ویژگی‌های مهم این روش به دست آوردن اطلاعات ژنتیکی از طریق استفاده از تعداد بیشتری از ارقام و انجام تعداد کمتری تلاقی در مقایسه با سایر روش‌های ژنتیک کمی نظیر تجزیه دای‌آل می‌باشد (Singh and Chaudhary, 1977).

ارزش بالای ترکیب‌پذیری عمومی (مثبت یا منفی) نشان از بالا بودن یا پایین بودن میانگین والدین نسبت به میانگین کل دارد و اطلاعاتی درباره غلظت ژن‌های غالب و اثرات افزایشی می‌دهد. برای انتخاب والدین باید ترکیبی از ترکیب‌پذیری خصوصی، عمومی و میانگین هیبرید استفاده شود. فراوانی از افزایش ژن‌های مطلوب توسط بهترین ترکیب از میانگین، ترکیب‌پذیری خصوصی مطلوب، اثرات ترکیب‌پذیری عمومی بالا و داشتن فراوانی جمعیت‌های بالا از آل‌های مطلوب منابع خوبی برای انتخاب گیاهان هستند (Aslam et al., 2012). فتحی و همکاران (Fathi et al., 2007) گزارش نمودند که ارقامی دارای GCA معنی‌دار برای صفت یا صفات خاص

عمومی نسبتاً بالای هستند، مناسب‌ترند. اسکوریک و همکاران (Skoric et al., 2000) برای عملکرد دانه ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی معنی‌داری را (در جهات مثبت و منفی) مشاهده کردند و نسبت واریانس قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی به خصوصی را کمتر از یک برآورد کردند. این امر نشان دهنده سهم بیشتر واریانس غیر افزایشی در کنترل این صفت بود. در مطالعه‌ای روی ترکیب‌پذیری ارقام برنج گزارش شد که صفات تعداد دانه پر در خوشه و تاریخ ۵۰ درصد گلدهی تحت کنترل اثرات افزایشی ژن‌ها قرار داشته و می‌توانند به نتایج نسل بعد انتقال یابند، در حالی که صفات عملکرد دانه، تعداد پنجه بارور و طول برگ پرچم عمدتاً تحت کنترل اثرات غالبیت ژن‌ها بودند (Soroush and Moumeni, 2006). چوگان نقش اثرات فوق غالبیت ژنی برای عملکرد دانه در دو تراکم، تعداد دانه در ردیف در تراکم بالا و تعداد ردیف دانه در بلال را گزارش نمود (Choukan, 1999).

تحقیق حاضر به‌منظور بررسی توانایی ترکیب‌پذیری (عمومی و خصوصی) و نیز برآورد اجزای واریانس ژنتیکی برای برخی صفات مهم زراعی در قالب طرح تلاقی لاین × تستر در دو شرایط نرمال و تنش شوری متوسط انجام شد.

#### مواد و روش

در این تحقیق ۱۶ هیبرید سینگل‌کراس که حاصل از تلاقی ۲ تستر به‌عنوان والدین پدری و ۸ لاین خویش آمیخته S<sub>6</sub> به‌عنوان لاین مادری که در سال زراعی ۱۳۹۰ با یکدیگر در دو مزرعه ایزوله در مرکز تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مشهد تلاقی داده شده بودند، مورد بررسی قرار گرفت. لاین‌ها (هشت لاین به همراه یک شاهد) به ترتیب عبارت بودند از: L13، L16، L17، L18، L20، L22، L23، L24، L28 و تسترها شامل K1264/1-5 (زودرس) و K3615/2 (دیررس) به همراه ۲ شاهد زودرس (Ksc 302) و دیررس (Ksc704) بودند. قابل ذکر است داده‌های شاهدها در محاسبات لاین × تستر وارد نگردید. هیبریدها در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تحصیلات تکمیلی و صنعتی کرمان حاصل از تلاقی لاین

می‌باشند اینگونه والدین به‌آسانی انتقال صفت مورد نظر را به نتایج خود میسر می‌سازند و به عبارت دیگر ارقامی مناسب در برنامه اصلاحی برای صفات مورد نظر می‌باشند. رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2005) نتایج آزمایش خود را اینگونه بیان کردند که اثر ترکیب‌پذیری عمومی در اغلب والد‌ها برای کلیه صفات معنی‌دار بود. اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها به‌جز برای صفات عملکرد دانه و ارتفاع گیاه که در بیش از نیمی از دورگ‌ها معنی‌دار بود، در بقیه صفات برای تعداد کمی از دورگ‌ها معنی‌دار گردید. معنی‌دار شدن واریانس‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی نشان داد که اینبرد لاین‌ها از لحاظ ترکیب‌پذیری عمومی و دورگ‌های حاصل از لحاظ ترکیب‌پذیری خصوصی با هم اختلاف بسیار معنی‌داری داشتند. طی آزمایش‌هایی بر روی ۸ جامعه آزادگرده‌افشان ذرت به روش تلاقی‌های دای‌آل در منطقه اصفهان با محاسبه وراثت‌پذیری خصوصی، درجه غالبیت و نسبت میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، گزارش نمود که اثرات غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل تعداد دانه در ردیف و ارتفاع بلال و برای سایر صفات اثرات افزایشی ژن‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند (Rezaei et al., 2005). حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2012) نتیجه گرفتند که معنی‌دار بودن میانگین مربعات لاین × تستر نشان داد که واکنش لاین‌ها با تسترهای مختلف برای صفات مربوطه متفاوت بوده و حاکی از نقش اثر ژن غالبیت و غیرافزایشی در کنترل صفات مزبور بود. همچنین ترکیب‌پذیری خصوصی بین تلاقی‌ها را نشان می‌دهد. بنابراین در مجموع هر دو اثر ژن افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفات نقش داشتند. از آنجا که اثر تلاقی‌ها برای صفات (به استثنای تعداد ردیف دانه در شرایط نرمال) معنی‌دار بوده است از این‌رو مقدار ترکیب‌پذیری عمومی برآورد و آزمون ترکیب‌پذیری عمومی برای هر لاین برای صفات مورد نظر انجام و میزان GCA برای هر صفت متفاوت بود. قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بر مبنای اثرات افزایشی ژن‌ها می‌باشد، لذا لاین‌هایی که دارای قابلیت ترکیب‌پذیری

$$\sigma^2_{gca} = \text{CovHS}^{(\text{Average})} = \frac{(1+4)}{F} \sigma^2_A$$

$$\sigma^2_{sca} = \sigma^2_{mf} = \text{CovFS} - \text{CovHS}^{(\text{female})}$$

$$- \text{CovHS}^{(\text{male})} = \left(\frac{1+F}{2}\right)^2 \sigma^2_D$$

که  $F$  ضریب خویش‌آمیزی می‌باشد و در این آزمایش به علت اینکه بذور استفاده شده در مرحله  $S_6$  بودند با استفاده از فرمول  $F_n = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^n$  برای  $n$  برابر با نسل خویش آمیخته می‌باشد، که ضریب خویش‌آمیزی  $F = 1$  در نظر گرفته شد (Farshadfar, 1998).

نسبت  $\frac{\sigma^2_{gca}}{\sigma^2_{sca}}$  برآورد نسبت اثرات افزایشی به غیر افزایشی ژن (های) کنترل کننده صفت مورد نظر را ارائه می‌دهد. برآورد ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) از طریق والد‌های مادری یا لاین‌ها و از طریق والد‌های پدری یا تسترها به صورت زیر بود:

$$GCA(L) = g^{\wedge}_i = \frac{Y_{i..}}{tr} - \frac{Y_{...}}{ltr}, \Sigma g^{\wedge}_i = 0$$

$$GCA(T) = g^{\wedge}_i = \frac{Y_{.j.}}{tr} - \frac{Y_{...}}{ltr}, \Sigma g^{\wedge}_i = 0$$

و برای برآورد اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) چنین بود:

$$SCA = S^{\wedge}_{ij} = \frac{Y_{ij.}}{tr} - \frac{Y_{i..}}{tr} - \frac{Y_{.j.}}{lr}$$

$$\sum_i S^{\wedge}_{ij} = \sum_j S^{\wedge}_{ij} = \sum_{ij} S^{\wedge}_{ij} = 0$$

لازم به ذکر است که محاسبات و تجزیه آماری لاین  $\times$  تستر با استفاده نرم‌افزار کامپیوتری اسماعیلی و همکاران (Ismaili et al., 2005) صورت پذیرفت.

برای محاسبه درجه غالبیت از فرمول  $\sqrt{\frac{2\sigma_D}{\sigma_A}}$  استفاده شد.

## نتایج و بحث

به دلیل اینکه در نتایج تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌دار بین هیبریدها برای کلیه صفات مورد مطالعه دیده شد، بنابراین تجزیه لاین  $\times$  تستر برای مطالعه ترکیب‌پذیری و

$\times$  تستر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به سه تکرار در دو شرایط تیماری نرمال و شوری متوسط ( $EC=5$ ) مورد بررسی قرار گرفت. نحوه اعمال شوری با استفاده از آب شور انجام شد.

$EC$  آب مورد استفاده در مزرعه  $0/85$  دسی زیمنس بر متر مربع و  $EC$  خاک قبل از کشت  $1/19$  دسی زیمنس بر متر مربع بود. تا قبل از مرحله  $4$  برگی هر  $2$  بلوک با آب معمولی آبیاری شدند و بعد از آن بلوک مربوط به تیمار شوری ( $EC=5 \text{ Ds/m}^2$ ) آبیاری شدند. نحوه اعمال تنش شوری با استفاده از آب‌شور (نمک کلرید سدیم) بود که در مزرعه تهیه شد به این صورت که در مخزنی ابتدا آب با شوری مورد نظر تهیه و سپس به زمین داده می‌شد. قابل ذکر است که  $EC$  خاک نرمال به‌طور میانگین بعد از  $3$  مرتبه اندازه‌گیری  $1/19$  دسی زیمنس بر متر مربع و  $EC$  خاک برای شرایط شوری متوسط به‌صورت میانگین  $4/756$  دسی زیمنس بر متر مربع بود.

صفات مورد اندازه‌گیری به‌طور تصادفی بر روی  $10$  بوته رقابت کننده اندازه‌گیری شد و شامل ارتفاع بوته، تعداد کل برگ، طول تاسل، تعداد روز تا ظهور  $50$  درصد کاکل، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول بلال، وزن بلال، قطر بلال، درصد چوب بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال و عملکرد دانه (بر مبنای رطوبت  $14\%$  و بر حسب کیلوگرم بر هکتار) بودند. ساختار تجزیه واریانس و امید ریاضی میانگین مربعات برای طرح لاین  $\times$  تستر در جدول  $1$  آمده است. معنی‌دار بودن میانگین مربعات لاین و تستر و میانگین مربعات لاین  $\times$  تستر در جدول تجزیه واریانس مربوطه، به ترتیب آزمون مستقیمی برای معنی‌دار بودن جزء افزایشی و غالبیت واریانس ژنتیکی فراهم می‌آورد. کمپتورن (Kempthorne, 1975) نشان داد که واریانس اثرات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی بر اساس رابطه زیر با اجزای واریانس ژنتیکی مرتبط است:

$$\sigma^2_{gi} = \sigma^2_f = \text{CovHS}^{(\text{female})}$$

$$\sigma^2_{gi} = \sigma^2_m = \text{CovHS}^{(\text{male})}$$

قابل توجهی داشتند و اینبرد لاین‌ها (L)، تسترها (T) و لاین  $\times$  تسترها ( $L \times T$ ) برای تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار بودند. ال-مورشیدی همکاران گزارش دادند که تسترها نسبت به لاین‌ها بیشتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار گرفتند (El-Morshidy *et al.*, 2003). برای معنی‌دار شدن قوی اثر تلاقی‌های مربوط به یک صفت، لازم نیست که همه اجزای آن (لاین‌ها، تسترها و لاین  $\times$  تستر) معنی‌دار شوند، بلکه معنی‌دار شدن حتی فقط یک جزء می‌تواند سبب معنی‌دار شدن آن گردد، البته عکس این مطلب درست نیست (Kempthorne, 1975). حفنی (Hefny, 2010) گزارش کرد که لاین‌ها تفاوت معنی‌داری برای تمام صفات به غیر از ردیف‌های بلال در تاریخ کاشت مطلوب و ردیف‌های بلال، طول و قطر بلال در کشت با تأخیر نشان دادند. تفاوت معنی‌داری بین تسترها برای تعداد روز تا تاسل دهی، قطر بلال، وزن بلال، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد گیاه در شرایط مطلوب ثبت شد. در مقابل در کشت با تأخیر، تعداد روز تا تاسل دهی، طول بلال و ردیف‌های بلال تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. وی همچنین بیان داشت که در کنترل صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد تاسل دهی، قطر بلال، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد گیاه در شرایط مطلوب کاشت قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) نقش بیشتری داشتند. واریانس افزایشی برای صفت تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد کاکل و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در شرایط نرمال بیشتر از واریانس غالبیت ارزیابی شد (جدول ۳). ناوار و همکاران (Nawar *et al.*, 2011) نشان دادند که اثرات افزایشی، غالبیت و اپیستاتیک در وراثت‌پذیری عملکرد و اجزای آن مهم است، با این حال مقدار اثرات غالبیت و اپیستاتیک ژن نسبت به اثرات افزایشی ژن بیشتر بود. گزارش شده است که واریانس غالبیت نسبت به جزء افزایشی برای عملکرد و اجزای آن در ذرت بیشتر است (Sofi and Rather, 2006). واریانس اجزای ژنتیکی نشان داد که هر دو جزء افزایشی و غالبیت برای تمام صفات به غیر از قطر بلال معنی‌دار بودند. در صفت قطر بلال واریانس غالبیت غیر معنی‌دار بود (El-Hosary, 2014). کلاور گابویسانگ و همکاران

اثرات ژنی انجام شد. یک تستر مطلوب ممکن است به‌عنوان یک ترکیب ساده بزرگ با حداکثر اطلاعات در جدول ۱- میانگین مربعات تجزیه واریانس طرح تلاقی لاین  $\times$  تستر

Table1. Mean squares analysis of variance for line $\times$ tester design

| S.O.V.       | D.F.        | M.S            | E(MS)                                   |
|--------------|-------------|----------------|-----------------------------------------|
| R            | r-1         | MSR            | $\sigma^2_e + lt \sigma^2_r$            |
| T            | lt-1        | MSC            | $\sigma^2_e + r \sigma^2_c$             |
| L            | l-1         | MSL            | $\sigma^2_e + rV_{sca} + rtV_{gca} (L)$ |
| T            | t-1         | MST            | $\sigma^2_e + rV_{sca} + rtV_{gca} (T)$ |
| L $\times$ T | (l-1)(t-1)  | MSL $\times$ T | $\sigma^2_e + rV_{sca}$                 |
| Error        | (r-1)(lt-1) | MSE            | $\sigma^2_e$                            |

r: تعداد تکرار، l تعداد لاین و t تعداد تستر می‌باشد.

مورد عملکرد مورد انتظار از لاین‌های مورد آزمایش استفاده شود و یا هنگامی که در ترکیب یا در محیط‌های دیگر رشد می‌کند، معرفی شود (El-Hosary, 2014). در شرایط نرمال اختلاف معنی‌داری بین لاین‌ها در تمام صفات به غیر از طول بلال، وزن بلال، قطر بلال، تعداد ردیف دانه و درصد چوب بلال وجود داشت. در شرایط تنش متوسط در صفات تعداد کل برگ، طول تاسل، تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد کاکل، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد دانه در ردیف نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲). اختلاف معنی‌دار مشاهده شده بین لاین‌ها برای صفات مختلف مبین وجود نقش اثرات ژنی در کنترل صفات می‌باشد (Ismaili *et al.*, 2005). اختلاف معنی‌داری در میانگین مربعات لاین  $\times$  تستر در شرایط نرمال برای کلیه صفات به غیر از صفات تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد کاکل و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک مشاهده شد. در شرایط تنش متوسط فقط در صفات تعداد کل برگ، تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد کاکل میانگین مربعات لاین  $\times$  تستر غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). معنی‌دار بودن میانگین مربعات لاین  $\times$  تستر نشان داد که واکنش لاین‌ها با تسترهای مختلف برای صفات مربوطه متفاوت است و نیز حاکی از نقش اثر غالبیت و غیر افزایشی در کنترل صفات مذکور دارد. بنابراین در مجموع هر دو اثرات افزایشی و غیر افزایشی در کنترل این صفات نقش دارند. ال-هوساری (El-Hosary, 2014) نتیجه گرفت که تلاقی‌ها معنی‌داری

برای ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) لاین‌های خالص ذرت کارآمدتر هستند. وی همچنین نتیجه گرفت که واریانس ژنتیکی غیرافزایشی در نظر گرفته شده، منبع اصلی از واریانس ژنتیکی کل، مسئول توارث همه صفات مورد مطالعه است. تخمین GCA لاین‌ها و تسترها به‌منظور شناسایی ترکیب‌شونده‌ی مطلوب و مفید در جدول ۴ آمده است. قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بر مبنای اثرات افزایشی ژن‌ها می‌باشد، لذا لاین‌هایی که دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی نسبتاً بالای هستند مناسب‌ترند (Hosseini et al., 2012). طبق داده‌های جدول ۳ در شرایط نرمال در تمام صفات مورد بررسی به غیر از صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد کاکل، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول بلال، درجه غالبیت بیشتر از یک بود. در شرایط تنش متوسط درجه غالبیت بیشتر از یک برای صفات ارتفاع بوته، تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد کاکل، طول، وزن و قطر بلال مشاهده نشد. گزارش شده است که درجه غالبیت طیفی از فوق غالبیت را برای صفات مورد مطالعه نشان داد (Sofi and Rather, 2006).

اثر ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها برای یازده صفت مورد مطالعه کاملاً متغیر به دست آمد. اثر ترکیب‌پذیری خصوصی از تلاقی‌های مختلف برای صفات مختلف به‌طور معنی‌داری از یکدیگر متفاوت بودند. لاین  $\times$  تستر با توانایی ترکیب خوب برای صفات مرتبط با عملکرد مانند قطر بلال و طول بلال، عملکرد را از طریق ترکیب تلاقی بهبود می‌بخشد (Singh and Chaudhary, 1977). تخمین GCA لاین‌ها و تسترها به‌منظور شناسایی ترکیب‌شونده‌های مطلوب در جدول ۴ آمده است، لاین‌ها برای اکثر صفات در هر سه شرایط تیماری معنی‌دار شد (مثبت و منفی). در شرایط نرمال لاین L6 برای صفات ارتفاع بوته، طول تاسل، طول بلال، وزن بلال، قطر بلال و عملکرد دانه، ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری نشان داد. لاین L2 برای صفت درصد چوب بلال دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار بود. لاین L3 برای صفات تعداد کل برگ و رسیدگی فیزیولوژیک مثبت و معنی‌دار شد. برای صفات تعداد روز

(Claver Ngaboyisonga et al., 2009) نشان داد که عملکرد دانه به‌وسیله اثرات افزایشی، غیر افزایشی و مادری عمل ژن کنترل می‌شود. نقش بیشتر اثرات غیر افزایشی برای ارتفاع گیاه توسط سینگ (Singh and Singh, 1998) گزارش گردید درحالی‌که کوناک و همکاران (Konak et al., 1999). اثرات افزایشی را گزارش کردند. ارشاد الحق و همکاران (Irshad-ul-Haq et al., 2010) گزارش دادند که عمل غیر افزایشی ژن در توارث عملکرد دانه و بسیاری دیگر از صفات زراعی مهم‌تر بوده است. در حالی که، اکبر و همکاران (Akbar et al., 2008) هر دو اثرات افزایشی و غیر افزایشی ژن را در بیان عملکرد و صفات مرتبط با آن گزارش دادند. نسبت واریانس افزایشی به غیر افزایشی در شرایط نرمال در صفات تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد کاکل، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول بلال معنی‌دار نبود. در شرایط تنش متوسط صفات ارتفاع بوته، تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد کاکل، طول و وزن بلال و قطر بلال، معنی‌دار نشد. گزارش شده است که واریانس توانایی ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) نسبت به واریانس توانایی ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) برای تمام صفات بیشتر بود که نشان دهنده عمل غیر افزایشی ژن برای تمام صفات بود (Vijayabharathi, 2009). برآورد منفی یا صفر برای اجزای واریانس می‌تواند ناشی از عدم کفایت مدل آماری و ژنتیکی، عدم کفایت نمونه‌برداری از جمعیت مرجع، خطای نمونه‌برداری در برآوردها و ضعف طرح از مایشی باشد (Ismaili et al., 2005). هر دو اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل سطح برگ نقش دارند، در حالی که در مورد وزن صد دانه و عملکرد دانه در گیاه اثرات افزایشی ژن به‌طور برجسته مشاهده شده بود. در مورد دمای برگ و اندازه روزنه اثرات غیر افزایشی نسبت به افزایشی غالب بودند (Aslam et al., 2012).

از کل تنوع موجود، سهم لاین‌ها و لاین در تسترها بیشتر از سهم تسترها بوده است که حاکی از انتقال تنوع از لاین‌ها به هیبریدها می‌باشد (جدول ۳). ال-هوساری (El-Hosary, 2014) اعلام کرد که تسترهای با پایه‌ی ژنتیکی عمومی نسبت به آن‌هایی که پایه ژنتیکی خصوصی دارند،

تلاقی‌هایی که اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) مطلوبی را نشان می‌دهند می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی آینده استفاده شوند. از این‌بردار لاین‌های انتخاب شده برای ترکیب‌پذیری عمومی می‌توان برای توسعه واریته‌های سنتتیک استفاده کرد. لاین‌هایی که ارزش ترکیب‌پذیری خصوصی بالایی را نشان می‌دهند می‌توانند در برنامه اصلاحی هیبریدی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Singh and Singh, 1998). جدول ۵ نتایج ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌های مختلف را در ۲ شرایط تیماری نشان می‌دهد. بر پایه مندرجات در شرایط نرمال برای صفات ارتفاع بوته (ترکیب  $L_4 \times T_1$  و  $L_3 \times T_1$ )، تعداد کل برگ (ترکیب  $L_2 \times T_1$  و  $L_5 \times T_1$ )، طول تاسل (ترکیب  $L_3 \times T_1$ )، طول بلال (ترکیب  $L_1 \times T_1$ ،  $L_2 \times T_1$  و  $L_3 \times T_1$ )، وزن بلال (ترکیب  $L_3 \times T_1$  و  $L_7 \times T_1$ )، تعداد دانه در ردیف (ترکیب  $L_1 \times T_1$ )، تعداد ردیف دانه (ترکیب  $L_8 \times T_1$  و  $L_1 \times T_1$ ) و عملکرد دانه (ترکیب  $L_4 \times T_1$  و  $L_7 \times T_1$ ) دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و خوبی بودند. در شرایط تنش متوسط صفات ارتفاع بوته (ترکیب  $L_5 \times T_1$ )، طول تاسل (ترکیب  $L_6 \times T_1$ )، طول بلال (ترکیب  $L_2 \times T_1$  و  $L_3 \times T_1$ )، وزن بلال (ترکیب  $L_4 \times T_1$  و  $L_3 \times T_1$ )، قطر بلال (ترکیب  $L_8 \times T_1$ )، تعداد ردیف دانه (ترکیب  $L_8 \times T_1$ )، درصد چوب بلال (ترکیب  $L_2 \times T_1$  و  $L_6 \times T_1$ ) و عملکرد دانه (ترکیب  $L_3 \times T_1$ ) دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری بودند. میانگین مربع قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) شامل بخش ژنتیکی افزایشی و افزایشی  $\times$  افزایشی ژنتیک است، در حالی که قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) نشان دهنده بخش ژنتیکی غیر افزایشی است، که قسمت بیشتری از کل این واریانس را غالبیت و انحراف اپیستاتیک تشکیل می‌دهند. معنی‌دار شدن میانگین مربعات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی این موضوع را آشکار می‌کند که هر دو نوع عمل افزایشی و غیر افزایشی ژن در تعیین عملکرد نتاج سینگل کراس نقش دارند (El-Badawy, 2013).

تا ظهور ۵۰ درصد کاکل و تعداد ردیف دانه، لاین  $L_8$  و برای صفت تعداد دانه در ردیف لاین  $L_1$  مثبت و معنی‌دار به دست آمد. برای صفات ارتفاع بوته لاین  $L_1$ ، طول تاسل و تعداد ردیف دانه لاین  $L_3$ ، تعداد کل برگ و تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد کاکل لاین  $L_6$ ، رسیدگی فیزیولوژیک لاین  $L_7$ ، طول بلال، وزن و قطر بلال، تعداد دانه در ردیف و عملکرد دانه لاین  $L_2$  و برای درصد چوب بلال لاین  $L_4$  منفی و معنی‌دار شدند. با توجه به اینکه در ذرت یکی از اهداف توسعه حوزه کشت است (و در واقع دو کشت متوالی در یک‌سال مورد نظر است)، در نتیجه در مورد صفات تعداد روز تا ظهور کاکل و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، GCA منفی مطلوب است. در شرایط تنش متوسط لاین‌های  $L_2$  (برای ارتفاع بوته و طول تاسل)،  $L_6$  (برای تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد کاکل، طول بلال، وزن بلال و عملکرد دانه)،  $L_7$  (برای تعداد کل برگ و تعداد ردیف دانه)،  $L_8$  (برای رسیدگی فیزیولوژیک)،  $L_1$  (برای قطر بلال و تعداد دانه در ردیف)،  $L_3$  (برای درصد چوب بلال)، مثبت و معنی‌دار و لاین‌های  $L_5$  (برای ارتفاع بوته)،  $L_3$  (طول تاسل، تعداد ردیف دانه و عملکرد دانه)،  $L_6$  (تعداد کل برگ)،  $L_4$  (برای رسیدگی فیزیولوژیک و درصد چوب بلال)،  $L_7$  (برای قطر بلال و وزن هزاردانه)،  $L_8$  (برای تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد کاکل)،  $L_2$  (برای طول بلال، وزن بلال و تعداد دانه در ردیف) منفی و معنی‌دار مشاهده شد. ارزش بالای ترکیب‌پذیری عمومی (مثبت یا منفی) نشان از بالا بودن یا پایین بودن میانگین والدین نسبت به میانگین کل دارد و اطلاعاتی درباره غلظت ژن‌های غالب و اثرات افزایشی می‌دهد. برای انتخاب والدین باید ترکیبی از ترکیب‌پذیری خصوصی، عمومی و میانگین هیبرید استفاده شود. فراوانی از افزایش ژن‌های مطلوب توسط بهترین ترکیب از میانگین، ترکیب‌پذیری خصوصی مطلوب، اثرات ترکیب‌پذیری عمومی بالا و داشتن فراوانی جمعیت‌های بالا از آلل‌های مطلوب منابع خوبی برای انتخاب گیاهان هستند (Aslam et al., 2012).

جدول ۲- میانگین مربعات صفات زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت دانه‌ای بر اساس طرح تلاقی لاین × تستر

Table 2. Mean squares for agronomic traits, yield and yield components of corn hybrids using line × tester design

| منبع تغییر<br>S.O.V.         | درجه<br>آزادی<br>D.F. | ارتفاع بوته (سانتیمتر)<br>Plant Height |                              | تعداد کل برگ<br>Leaves per Plant |                            | طول تاسل<br>Tassel Length  |                            | روز تا ظهور ۵۰٪ کاکل<br>Days to 50% silking |                            | روز تا رسیدگی فیزیولوژیک<br>Days to Physiological Maturity |                            | طول بلال<br>Ear length     |                            |
|------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                              |                       | تنش متوسط<br>Moderate stress           |                              | تنش متوسط<br>Middle stress       |                            | تنش متوسط<br>Middle stress |                            | تنش متوسط<br>Middle stress                  |                            | تنش متوسط<br>Middle stress                                 |                            | تنش متوسط<br>Middle stress |                            |
|                              |                       | نرمال<br>Normal                        | تنش متوسط<br>Moderate stress | نرمال<br>Normal                  | تنش متوسط<br>Middle stress | نرمال<br>Normal            | تنش متوسط<br>Middle stress | نرمال<br>Normal                             | تنش متوسط<br>Middle stress | نرمال<br>Normal                                            | تنش متوسط<br>Middle stress | نرمال<br>Normal            | تنش متوسط<br>Middle stress |
| تکرار<br>Rep                 | 2                     | 122.499 <sup>ns</sup>                  | 67.971 <sup>**</sup>         | 0.419 <sup>ns</sup>              | 2.715 <sup>**</sup>        | 2.967 <sup>ns</sup>        | 62.584 <sup>**</sup>       | 2.348 <sup>ns</sup>                         | 1.667 <sup>ns</sup>        | 1.750 <sup>ns</sup>                                        | 4.333 <sup>ns</sup>        | 0.029 <sup>ns</sup>        | 0.812 <sup>ns</sup>        |
| تلاقی<br>Cross               | 15                    | 737.374 <sup>**</sup>                  | 63.730 <sup>**</sup>         | 0.548 <sup>**</sup>              | 2.418 <sup>**</sup>        | 45.639 <sup>**</sup>       | 35.098 <sup>**</sup>       | 2/444 <sup>**</sup>                         | 2.643 <sup>ns</sup>        | 11.639 <sup>**</sup>                                       | 10.556 <sup>**</sup>       | 5.683 <sup>**</sup>        | 5.205 <sup>**</sup>        |
| لاین<br>Line                 | 7                     | 1246.28 <sup>**</sup>                  | 32.933 <sup>ns</sup>         | 8.223 <sup>**</sup>              | 4.094 <sup>**</sup>        | 70.349 <sup>*</sup>        | 61.847 <sup>**</sup>       | 4/298 <sup>**</sup>                         | 5.049 <sup>**</sup>        | 20.512 <sup>**</sup>                                       | 16.524 <sup>*</sup>        | 4.197 <sup>ns</sup>        | 3.818 <sup>ns</sup>        |
| تستر<br>Tester               | 1                     | 33.134 <sup>ns</sup>                   | 9/310 <sup>ns</sup>          | 0.396 <sup>ns</sup>              | 2.813 <sup>ns</sup>        | 8.167 <sup>ns</sup>        | 6.483 <sup>ns</sup>        | 0/935 <sup>ns</sup>                         | 0.460 <sup>ns</sup>        | 5.333 <sup>ns</sup>                                        | 4.083 <sup>ns</sup>        | 0.083 <sup>ns</sup>        | 0.605 <sup>ns</sup>        |
| لاین × تستر<br>Line × Tester | 7                     | 329.076 <sup>**</sup>                  | 102.301 <sup>**</sup>        | 1.466 <sup>**</sup>              | 0.686 <sup>ns</sup>        | 26.282 <sup>**</sup>       | 12.437 <sup>**</sup>       | 0/805 <sup>ns</sup>                         | 0.549 <sup>ns</sup>        | 3.667 <sup>ns</sup>                                        | 5.512 <sup>*</sup>         | 7.970 <sup>**</sup>        | 7.249 <sup>**</sup>        |
| خطا<br>Error                 | 30                    | 38.127                                 | 7.988                        | 0.203                            | 0.355                      | 5.488                      | 2.081                      | 0/918                                       | 1.363                      | 4.306                                                      | 2.156                      | 0.319                      | 0.550                      |



ادامه جدول ۲

Table 2. Continued

| منبع تغییر<br>S.O.V.         | درجه<br>آزادی<br>D.F. | وزن بلال               |                       | قطر بلال (میلی متر)  |                     | درصد چوب بلال         |                      | تعداد دانه در ردیف   |                      | تعداد ردیف دانه     |                     | عملکرد دانه               |                           |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
|                              |                       | Ear Weight             |                       | Ear Diameter(mm)     |                     | Cob Percent           |                      | No.of kernel per row |                      | No.of kernel row    |                     | Yield                     |                           |
|                              |                       | نرمال                  | تنش متوسط             | نرمال                | تنش متوسط           | نرمال                 | تنش متوسط            | نرمال                | تنش متوسط            | نرمال               | تنش متوسط           | نرمال                     | تنش متوسط                 |
|                              |                       | Normal                 | Moderate stress       | Normal               | Moderate stress     | Normal                | Moderate stress      | Normal               | Moderate stress      | Normal              | Moderate stress     | Normal                    | Moderate stress           |
| تکرار<br>Rep                 | 2                     | 17.787 <sup>ns</sup>   | 28.796 <sup>ns</sup>  | 0.773 <sup>ns</sup>  | 2.820 <sup>ns</sup> | 4.144 <sup>ns</sup>   | 4.392 <sup>ns</sup>  | 0.419 <sup>ns</sup>  | 0.791 <sup>ns</sup>  | 0.027 <sup>ns</sup> | 0.708 <sup>ns</sup> | 89271.679 <sup>ns</sup>   | 3909.054 <sup>ns</sup>    |
| تلافی<br>Cross               | 15                    | 923.454 <sup>**</sup>  | 477.074 <sup>**</sup> | 11.171 <sup>**</sup> | 4.621 <sup>**</sup> | 85.061 <sup>**</sup>  | 63.422 <sup>**</sup> | 30.130 <sup>**</sup> | 23.050 <sup>**</sup> | 2.654 <sup>**</sup> | 1.745 <sup>**</sup> | 2371010.967 <sup>**</sup> | 894947.197 <sup>**</sup>  |
| لاین<br>Line                 | 7                     | 1138.398 <sup>ns</sup> | 465.852 <sup>ns</sup> | 14.637 <sup>ns</sup> | 3.483 <sup>ns</sup> | 118.051 <sup>ns</sup> | 92.607 <sup>ns</sup> | 48.484 <sup>**</sup> | 39.484 <sup>**</sup> | 3.911 <sup>ns</sup> | 1.879 <sup>ns</sup> | 3816879.875 <sup>*</sup>  | 1221983.977 <sup>ns</sup> |
| تستر<br>Tester               | 1                     | 97.869 <sup>ns</sup>   | 193.523 <sup>ns</sup> | 0.472 <sup>ns</sup>  | 0.791 <sup>ns</sup> | 0.417 <sup>ns</sup>   | 16.412 <sup>ns</sup> | 39.060 <sup>ns</sup> | 7.584 <sup>ns</sup>  | 0.464 <sup>ns</sup> | 1.070 <sup>ns</sup> | 91692.813 <sup>ns</sup>   | 141081.459 <sup>ns</sup>  |
| لاین × تستر<br>Line × Tester | 7                     | 826.451 <sup>**</sup>  | 528.804 <sup>**</sup> | 9.234 <sup>*</sup>   | 6.307 <sup>**</sup> | 64.162 <sup>**</sup>  | 40.953 <sup>**</sup> | 10.500 <sup>**</sup> | 8.826 <sup>**</sup>  | 1.711 <sup>**</sup> | 1.707 <sup>**</sup> | 1250758.939 <sup>**</sup> | 675605.523 <sup>**</sup>  |
| خطا<br>Error                 | 30                    | 26.324                 | 28.435                | 3.751                | 1.193               | 6.386                 | 8.804                | 1.491                | 2.044                | 0.261               | 0.224               | 115953.720                | 86217.441                 |

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی داری و معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

<sup>\*</sup>، <sup>\*\*</sup>: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively and <sup>ns</sup>: non-significant

جدول ۳- برآورد اجزای واریانس ژنتیکی و سهم لاین‌ها، تسترها و لاین در تسترها

Table 3. Estimates of genetic variance components and contribution of lines, testers and line× tester

| Variance                            | ارتفاع بوته  |                 | تعداد کل برگ     |                 | طول تاسل      |                 | روز تا ظهور ۵۰٪ کاکل |                 | روز تا رسیدگی فیزیولوژیک       |                 | طول بلال   |                 |
|-------------------------------------|--------------|-----------------|------------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------|-----------------|
|                                     | Plant height |                 | Leaves per plant |                 | Tassel length |                 | Days to 50% silking  |                 | Days to physiological maturity |                 | Ear length |                 |
|                                     | نرمال        | تنش متوسط       | نرمال            | تنش متوسط       | نرمال         | تنش متوسط       | نرمال                | تنش متوسط       | نرمال                          | تنش متوسط       | نرمال      | تنش متوسط       |
|                                     | Normal       | Moderate stress | Normal           | Moderate stress | Normal        | Moderate stress | Normal               | Moderate stress | Normal                         | Moderate stress | Normal     | Moderate stress |
| واریانس افزایشی                     | 23.199       | -2.192          | 0.175            | 0.098           | 1.100         | 1.288           | 0.093                | 0.119           | 0.453                          | 0.287           | -0.130     | -0.116          |
| $\sigma^2 A$                        |              |                 |                  |                 |               |                 |                      |                 |                                |                 |            |                 |
| واریانس غالبیت                      | 96.983       | 31.438          | 0.421            | 0.110           | 6.931         | 3.452           | -0.038               | -0.271          | -0.213                         | 1.119           | 2.550      | 2.233           |
| $\sigma^2 D$                        |              |                 |                  |                 |               |                 |                      |                 |                                |                 |            |                 |
| درجه غالبیت                         | 2.892        | 0               | 2.192            | 1.496           | 3.550         | 2.316           | 0                    | 0               | 0                              | 2.794           | 0          | 0               |
| Degree of dominance                 |              |                 |                  |                 |               |                 |                      |                 |                                |                 |            |                 |
| $\frac{\sigma^2 gca}{\sigma^2 sca}$ | 0.12         | -0.03           | 0.21             | 0.45            | 0.08          | 0.19            | -1.24                | -0.22           | -1.06                          | 0.13            | -0.03      | -0.026          |
| سهم لاین                            | 78.87        | 24.12           | 48.38            | 79.01           | 79.93         | 82.23           | 82.08                | 89.14           | 82.24                          | 73.05           | 34.46      | 34.23           |
| Cont. of line                       |              |                 |                  |                 |               |                 |                      |                 |                                |                 |            |                 |
| سهم تستر                            | 0.30         | 0.97            | 0.58             | 7.76            | 1.19          | 1.23            | 2.55                 | 1.16            | 3.06                           | 2.58            | 0.10       | 0.77            |
| Cont. of tester                     |              |                 |                  |                 |               |                 |                      |                 |                                |                 |            |                 |
| سهم لاین × تستر                     | 20.83        | 74.91           | 15.04            | 13.24           | 26.87         | 16.54           | 15.37                | 9.70            | 14.07                          | 24.37           | 65.44      | 65.0            |
| Cont. of L*T                        |              |                 |                  |                 |               |                 |                      |                 |                                |                 |            |                 |

ادامه جدول ۳-

Table 3. Continued

| واریانس<br>Variance                    | وزن بلال        |                              | قطر بلال        |                              | درصد چوب بلال   |                              | تعداد دانه در ردیف   |                              | تعداد ردیف دانه  |                              | عملکرد دانه     |                              |
|----------------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|
|                                        | Ear weight      |                              | Ear diameter    |                              | Cob percent     |                              | No.of kernel per row |                              | No.of kernel row |                              | Yield           |                              |
|                                        | نرمال<br>Normal | تنش متوسط<br>Moderate stress | نرمال<br>Normal | تنش متوسط<br>Moderate stress | نرمال<br>Normal | تنش متوسط<br>Moderate stress | نرمال<br>Normal      | تنش متوسط<br>Moderate stress | نرمال<br>Normal  | تنش متوسط<br>Moderate stress | نرمال<br>Normal | تنش متوسط<br>Moderate stress |
| واریانس افزایشی<br>$\sigma^2 A$        | 5.512           | -2.939                       | 0.110           | -0.096                       | 1.187           | 1.277                        | 1.115                | 0.808                        | 0.054            | 0.002                        | 63650.683       | 12462.595                    |
| واریانس غالبیت<br>$\sigma^2 D$         | 266.709         | 166.790                      | 1.828           | 1.704                        | 19.259          | 10.716                       | 3.003                | 2.261                        | 0.483            | 0.494                        | 378268.406      | 196462.694                   |
| درجه غالبیت<br>Degree of dominance     | 9.838           | 0                            | 5.764           | 0                            | 5.695           | 4.097                        | 2.321                | 2.365                        | 4.246            | 21.445                       | 3.448           | 5.615                        |
| $\frac{\sigma^2 gca}{\sigma^2 sca}$    | 0.01            | -0.01                        | 0.03            | -0.03                        | 0.03            | 0.06                         | 0.19                 | 0.18                         | 0.06             | 0.002                        | 0.084           | 0.032                        |
| سهم لاین<br>Cont. of line              | 57.53           | 45.57                        | 61.14           | 35.17                        | 64.77           | 68.14                        | 75.09                | 79.94                        | 68.76            | 50.25                        | 75.13           | 63.72                        |
| سهم تستر<br>Cont. of tester            | 0.70            | 2.70                         | 0.28            | 1.14                         | 0.03            | 1.73                         | 8.64                 | 2.19                         | 1.17             | 4.09                         | 0.26            | 1.05                         |
| سهم لاین $\times$ تستر<br>Cont. of L*T | 41.77           | 51.73                        | 38.58           | 63.69                        | 35.20           | 30.13                        | 16.26                | 17.87                        | 30.08            | 45.66                        | 24.62           | 35.23                        |

جدول ۴- برآورد ترکیب پذیری عمومی (GCA) لاین‌ها و تسترها براساس طرح تلاقی لاین × تستر در هیبریدهای ذرت دانه ای در شرایط نرمال و شور

Table 4. Estimates of general combination ability (GCA) for lines and testers using line × tester design in corn hybrids under normal and salt condition

| لاین<br>Line                        | ارتفاع بوته          |                      | تعداد کل برگ         |                      | طول تاسل             |                      | روز تا ظهور ۵۰٪ کاکل |                      | روز تا رسیدگی فیزیولوژیک       |                      | طول بلال             |                      |
|-------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                     | Plant height         |                      | Leaves per plant     |                      | Tassel length        |                      | Days to 50% silking  |                      | Days to physiological maturity |                      | Ear length           |                      |
|                                     | نرمال                | تنش متوسط            | نرمال                | تنش متوسط            | نرمال                | تنش متوسط            | نرمال                | تنش متوسط            | نرمال                          | تنش متوسط            | نرمال                | تنش متوسط            |
|                                     | Normal               | Moderate stress      | Normal               | Moderate stress      | Normal               | Moderate stress      | Normal               | Moderate stress      | Normal                         | Moderate stress      | Normal               | Moderate stress      |
| L1                                  | -12.724**            | 0.222 <sup>ns</sup>  | -0.012 <sup>ns</sup> | -0.537*              | -2.781*              | -2.278**             | -0.015 <sup>ns</sup> | -0.485 <sup>ns</sup> | 2.375*                         | -1.250*              | 0.794**              | -0.434 <sup>ns</sup> |
| L2                                  | 0.786 <sup>ns</sup>  | 5.632**              | 1.026**              | -0.013 <sup>ns</sup> | -1.113 <sup>ns</sup> | 6.973**              | 0.469*               | -0.819 <sup>ns</sup> | 1.208 <sup>ns</sup>            | -0.417 <sup>ns</sup> | -1.022**             | -0.908*              |
| L3                                  | -4.527 <sup>ns</sup> | -1.464 <sup>ns</sup> | 1.545**              | 0.508*               | -5.206**             | -3.046               | 0.385 <sup>ns</sup>  | 0.231 <sup>ns</sup>  | 2.208**                        | 0.750 <sup>ns</sup>  | 0.894**              | -0.726*              |
| L4                                  | 5.651*               | -0.646 <sup>ns</sup> | 1.248**              | 0.502*               | 0.485 <sup>ns</sup>  | -0.942 <sup>ns</sup> | -0.648 <sup>ns</sup> | -0.602 <sup>ns</sup> | -0.292 <sup>ns</sup>           | -1.250*              | 0.819**              | -0.604*              |
| L5                                  | -2.120 <sup>ns</sup> | -1.556 <sup>ns</sup> | -0.934**             | -0.722*              | 2.554*               | 0.203 <sup>ns</sup>  | -0.198 <sup>ns</sup> | 0.481 <sup>ns</sup>  | -0.792 <sup>ns</sup>           | -0.250 <sup>ns</sup> | 0.094 <sup>ns</sup>  | 0.856*               |
| L6                                  | 32.306**             | 0.938 <sup>ns</sup>  | -1.752**             | -1.423**             | 6.227**              | 1.889**              | -1.598               | 1.481**              | -0.458 <sup>ns</sup>           | 0.083 <sup>ns</sup>  | 1.233**              | 1.087**              |
| L7                                  | -8.432**             | -0.671 <sup>ns</sup> | -0.677**             | 0.918**              | 0.139 <sup>ns</sup>  | -0.824 <sup>ns</sup> | 0.385 <sup>ns</sup>  | 0.881 <sup>ns</sup>  | -3.125**                       | -0.083 <sup>ns</sup> | 0.178 <sup>ns</sup>  | -0.064 <sup>ns</sup> |
| L8                                  | -10.922**            | -0.581 <sup>ns</sup> | -0.444*              | 0.767**              | 0.665 <sup>ns</sup>  | 1.974**              | 1.219**              | -1.169*              | -1.125 <sup>ns</sup>           | 3.917**              | 0.436 <sup>ns</sup>  | 0.764*               |
| S.E.g <sup>i</sup>                  | 2.521                | 1.154                | 0.184                | 0.243                | 0.956                | 0.589                | 0.391                | 0.477                | 0.847                          | 0.599                | 0.231                | 0.303                |
| SE(g <sup>i</sup> -g <sup>j</sup> ) | 3.565                | 1.632                | 0.260                | 0.344                | 1.352                | 0.833                | 0.553                | 0.674                | 1.198                          | 0.848                | 0.326                | 0.428                |
| تستر ۱<br>Tester 1                  | 0.831                | 0.440 <sup>ns</sup>  | 0.091 <sup>ns</sup>  | 0.242 <sup>ns</sup>  | -0.412 <sup>ns</sup> | 0.368 <sup>ns</sup>  | 0.140 <sup>ns</sup>  | 0.098 <sup>ns</sup>  | 0.333 <sup>ns</sup>            | -0.292 <sup>ns</sup> | 0.041 <sup>ns</sup>  | 0.112 <sup>ns</sup>  |
| تستر ۲<br>Tester 2                  | -0.831               | -0.440 <sup>ns</sup> | -0.091 <sup>ns</sup> | -0.242               | 0.412 <sup>ns</sup>  | -0.368               | -0.140 <sup>ns</sup> | -0.098 <sup>ns</sup> | -0.333 <sup>ns</sup>           | 0.292 <sup>ns</sup>  | -0.041 <sup>ns</sup> | -0.112 <sup>ns</sup> |
| S.E.g <sup>j</sup>                  | 1.260                | 0.557                | 0.092                | 0.122                | 0.478                | 0.294                | 0.196                | 0.238                | 0.424                          | 0.300                | 0.115                | 0.151                |
| SE(g <sup>i</sup> -g <sup>j</sup> ) | 1.782                | 0.816                | 0.130                | 0.172                | 0.676                | 0.416                | 0.277                | 0.337                | 0.599                          | 0.424                | 0.163                | 0.214                |

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی داری و معنی داری در سطح ۵٪ و ۱٪ احتمال

\*, \*\*: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively and <sup>ns</sup>: non-significant

Table 4. Continued

| لاین<br>Line                        | وزن بلال<br>Ear weight |                      | قطر بلال<br>Ear diameter |                      | درصد چوب بلال<br>Cob percent |                      | تعداد دانه در ردیف<br>No.of kernel per row |                      | تعداد ردیف دانه<br>No.of kernel row |                      | عملکرد دانه<br>Yield   |                       |
|-------------------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|
|                                     | تنش متوسط              |                      | تنش متوسط                |                      | تنش متوسط                    |                      | تنش متوسط                                  |                      | تنش متوسط                           |                      | تنش متوسط              |                       |
|                                     | نرمال<br>Normal        | Moderate stress      | نرمال<br>Normal          | Moderate stress      | نرمال<br>Normal              | Moderate stress      | نرمال<br>Normal                            | Moderate stress      | نرمال<br>Normal                     | Moderate stress      | نرمال<br>Normal        | Moderate stress       |
| L1                                  | 2.489 <sup>ns</sup>    | -5.037*              | -0.241 <sup>ns</sup>     | 1.625**              | -1.948 <sup>ns</sup>         | 3.314*               | 4.895**                                    | 5.274**              | -0.733**                            | -0.547*              | -133.745 <sup>ns</sup> | -97.853 <sup>ns</sup> |
| L2                                  | -18.571**              | -11.248**            | -2.111*                  | 0.155 <sup>ns</sup>  | 7.043**                      | 1.800 <sup>ns</sup>  | -4.803**                                   | -3.866**             | -0.746**                            | -0.431*              | -1007.585**            | -391.196**            |
| L3                                  | -14.845**              | -10.317**            | -1.556*                  | -0.171 <sup>ns</sup> | 5.674**                      | 6.726**              | -1.432*                                    | -0.865 <sup>ns</sup> | -1.051**                            | -0.921**             | -913.096**             | -638.609**            |
| L4                                  | -3.448 <sup>ns</sup>   | 2.603 <sup>ns</sup>  | -0.113 <sup>ns</sup>     | -0.696 <sup>ns</sup> | -4.959**                     | -5.249**             | 0.027 <sup>ns</sup>                        | 0.177 <sup>ns</sup>  | 0.838**                             | 0.239 <sup>ns</sup>  | -642.848**             | 204.377 <sup>ns</sup> |
| L5                                  | -1.525 <sup>ns</sup>   | 2.716 <sup>ns</sup>  | 0.302 <sup>ns</sup>      | 0.097 <sup>ns</sup>  | 1.545 <sup>ns</sup>          | 0.328 <sup>ns</sup>  | 0.207 <sup>ns</sup>                        | -0.625 <sup>ns</sup> | -0.071 <sup>ns</sup>                | 0.223 <sup>ns</sup>  | -170.696 <sup>ns</sup> | 305.606*              |
| L6                                  | 24.730**               | 13.145**             | 3.140**                  | 0.122 <sup>ns</sup>  | -3.325**                     | -2.948 <sup>ns</sup> | 2.533**                                    | 1.132*               | -0.016 <sup>ns</sup>                | 0.514*               | 1455.785**             | 789.107**             |
| L7                                  | 11.437**               | 9.745**              | 0.339 <sup>ns</sup>      | -0.896*              | -3.745**                     | -3.658 <sup>ns</sup> | -0.673 <sup>ns</sup>                       | -0.390 <sup>ns</sup> | 0.692**                             | 0.639**              | 153.979 <sup>ns</sup>  | 117.596 <sup>ns</sup> |
| L8                                  | -0.268 <sup>ns</sup>   | -1.570 <sup>ns</sup> | 0.240 <sup>ns</sup>      | -0.236 <sup>ns</sup> | -0.286 <sup>ns</sup>         | -0.132 <sup>ns</sup> | -0.753                                     | 0.838 <sup>ns</sup>  | 1.086**                             | 0.283 <sup>ns</sup>  | -27.480 <sup>ns</sup>  | -289.023*             |
| S.E.g <sup>i</sup>                  | 2.095                  | 2.177                | 0.791                    | 0.446                | 1.032                        | 1.211                | 0.498                                      | 0.584                | 0.209                               | 0.193                | 139.017                | 119.873               |
| SE(g <sup>i</sup> -g <sup>j</sup> ) | 2.962                  | 3.079                | 1.118                    | 0.631                | 1.459                        | 1.713                | 0.705                                      | 0.825                | 0.295                               | 0.274                | 196.599                | 169.526               |
| تستر ۱<br>Tester 1                  | 1.428 <sup>ns</sup>    | 2.008 <sup>ns</sup>  | 0.099 <sup>ns</sup>      | 0.128 <sup>ns</sup>  | -0.093 <sup>ns</sup>         | -0.585 <sup>ns</sup> | -0.902 <sup>ns</sup>                       | -0.398 <sup>ns</sup> | -0.098 <sup>ns</sup>                | -0.149 <sup>ns</sup> | 43.707 <sup>ns</sup>   | 54.214 <sup>ns</sup>  |
| تستر ۲<br>Tester 2                  | -1.428                 | -2.008               | -0.099 <sup>ns</sup>     | -0.128 <sup>ns</sup> | 0.093 <sup>ns</sup>          | 0.585 <sup>ns</sup>  | 0.902 <sup>ns</sup>                        | 0.398 <sup>ns</sup>  | 0.098 <sup>ns</sup>                 | 0.149 <sup>ns</sup>  | -43.707 <sup>ns</sup>  | -54.214               |
| S.E.g <sup>j</sup>                  | 1.047                  | 1.088                | 0.395                    | 0.223                | 0.516                        | 0.606                | 0.249                                      | 0.292                | 0.104                               | 0.097                | 69.508                 | 59.937                |
| SE(g <sup>i</sup> -g <sup>j</sup> ) | 1.481                  | 1.539                | 0.559                    | 0.315                | 0.729                        | 0.857                | 0.352                                      | 0.413                | 0.147                               | 0.137                | 98.300                 | 84.763                |

\*، \*\* و <sup>ns</sup> به ترتیب غیرمعنی داری و معنی داری در سطح ۵٪ و ۱٪ احتمال\*، \*\*: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively and <sup>ns</sup>: non-significant

جدول ۵- برآورد ترکیب پذیری خصوصی (SCA) لاین ها و تسترها براساس طرح تلاقی لاین در تستر در هیبریدهای ذرت دانه ای در شرایط نرمال و شوری

Table 5. Estimates of specific combination ability (SCA) for lines and testers using line  $\times$  tester in corn hybrids under normal and salt conditions

| لاین $\times$ تستر<br>Line $\times$ Tester | ارتفاع بوته<br>Plant height  |                      | تعداد کل برگ<br>Leaves per plant |                      | طول تاسل<br>Tassel length    |                      | روز تا ظهور ۵۰٪ کاکل<br>Days to 50% silking |                      | روز تا رسیدگی فیزیولوژیک<br>Days to physiological maturity |                      | طول بلال<br>Ear length       |                      |
|--------------------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|
|                                            | تنش متوسط<br>Moderate stress |                      | تنش متوسط<br>Moderate stress     |                      | تنش متوسط<br>Moderate stress |                      | تنش متوسط<br>Moderate stress                |                      | تنش متوسط<br>Moderate stress                               |                      | تنش متوسط<br>Moderate stress |                      |
|                                            | نرمال<br>Normal              | Moderate stress      | نرمال<br>Normal                  | Moderate stress      | نرمال<br>Normal              | Moderate stress      | نرمال<br>Normal                             | Moderate stress      | نرمال<br>Normal                                            | Moderate stress      | نرمال<br>Normal              | Moderate stress      |
| L1 $\times$ T1                             | -3.594 <sup>ns</sup>         | 1.185 <sup>ns</sup>  | -0.019 <sup>ns</sup>             | -0.032 <sup>ns</sup> | -2.256 <sup>ns</sup>         | -2.501 <sup>**</sup> | -0.056 <sup>ns</sup>                        | -0.398 <sup>ns</sup> | —                                                          | -0.042 <sup>ns</sup> | 1.159 <sup>**</sup>          | 1.314 <sup>ns</sup>  |
| L2 $\times$ T1                             | -6.206 <sup>ns</sup>         | -0.799 <sup>ns</sup> | 0.503 <sup>*</sup>               | 0.471 <sup>ns</sup>  | 0.716 <sup>ns</sup>          | 0.991 <sup>ns</sup>  | -0.172 <sup>ns</sup>                        | 0.135 <sup>ns</sup>  | -0.167 <sup>ns</sup>                                       | -0.875 <sup>ns</sup> | -0.675 <sup>*</sup>          | 0.731 <sup>**</sup>  |
| L3 $\times$ T1                             | 11.424 <sup>**</sup>         | 2.571 <sup>ns</sup>  | -0.493 <sup>ns</sup>             | 0.356 <sup>ns</sup>  | 4.183 <sup>**</sup>          | 0.751 <sup>ns</sup>  | 0.210 <sup>ns</sup>                         | -0.015 <sup>ns</sup> | 1.167 <sup>ns</sup>                                        | 1.458 <sup>ns</sup>  | 1.297 <sup>**</sup>          | 0.983 <sup>*</sup>   |
| L4 $\times$ T1                             | 7.769 <sup>*</sup>           | -2.174 <sup>ns</sup> | 0.274 <sup>ns</sup>              | -0.157 <sup>ns</sup> | -0.289 <sup>ns</sup>         | -0.279 <sup>ns</sup> | -0.690 <sup>ns</sup>                        | -0.215 <sup>ns</sup> | 0.333 <sup>ns</sup>                                        | 0.958 <sup>ns</sup>  | 1.475 <sup>**</sup>          | 0.644 <sup>*</sup>   |
| L5 $\times$ T1                             | -1.386 <sup>ns</sup>         | 6.733 <sup>**</sup>  | 0.846 <sup>**</sup>              | 0.140 <sup>ns</sup>  | -1.138 <sup>ns</sup>         | 0.396 <sup>ns</sup>  | 0.527 <sup>ns</sup>                         | -0.065 <sup>ns</sup> | -0.167                                                     | 0.625 <sup>ns</sup>  | -0.515 <sup>ns</sup>         | -0.929 <sup>*</sup>  |
| L6 $\times$ T1                             | -11.269 <sup>**</sup>        | -2.245 <sup>ns</sup> | -0.433 <sup>ns</sup>             | -0.242 <sup>ns</sup> | -1.658 <sup>ns</sup>         | 2.056 <sup>*</sup>   | 0.227 <sup>ns</sup>                         | -0.098 <sup>ns</sup> | -0.833 <sup>ns</sup>                                       | -0.042 <sup>ns</sup> | -1.263 <sup>**</sup>         | -0.347 <sup>**</sup> |
| L7 $\times$ T1                             | 3.552 <sup>ns</sup>          | 1.931 <sup>ns</sup>  | -0.398 <sup>ns</sup>             | -0.587 <sup>ns</sup> | 1.514 <sup>ns</sup>          | 1.306 <sup>ns</sup>  | 0.144 <sup>ns</sup>                         | 0.635 <sup>ns</sup>  | 0.833 <sup>ns</sup>                                        | -0.875 <sup>ns</sup> | -0.151 <sup>ns</sup>         | -0.506 <sup>ns</sup> |
| L8 $\times$ T1                             | -0.291 <sup>ns</sup>         | -7.202 <sup>**</sup> | -0.281 <sup>ns</sup>             | 0.051 <sup>ns</sup>  | -1.073 <sup>ns</sup>         | -0.738 <sup>ns</sup> | -0.190 <sup>ns</sup>                        | 0.019 <sup>ns</sup>  | -1.167 <sup>ns</sup>                                       | -1.208 <sup>ns</sup> | -1.325 <sup>**</sup>         | -1.891 <sup>*</sup>  |
| L1 $\times$ T2                             | 3.594                        | -1.185               | 0.019                            | 0.032                | 2.256                        | 2.501                | 0.056                                       | 0.398                | —                                                          | 0.042                | -1.159                       | -1.314               |
| L2 $\times$ T2                             | 6.206                        | 0.799                | -0.053                           | -0.471               | -0.716                       | -0.991               | 0.173                                       | -0.135               | 0.167                                                      | 0.875                | 0.675                        | -0.731               |
| L3 $\times$ T2                             | -11.424                      | -2.571               | 0.493                            | -0.356               | -4.183                       | -0.751               | -0.210                                      | 0.015                | -1.167                                                     | -1.458               | -1.297                       | -0.983               |
| L4 $\times$ T2                             | -7.769                       | 2.174                | -0.274                           | 0.157                | 0.289                        | 0.279                | 0.690                                       | 0.215                | -0.333                                                     | -0.958               | -1.475                       | -0.644               |
| L5 $\times$ T2                             | 1.386                        | -6.733               | -0.846                           | -0.140               | 1.138                        | -0.396               | -0.527                                      | 0.065                | 0.167                                                      | -0.625               | 0.515                        | 0.929                |
| L6 $\times$ T2                             | 11.269                       | 2.245                | 0.433                            | 0.242                | 1.658                        | -2.056               | -0.227                                      | 0.098                | 0.833                                                      | 0.042                | 1.263                        | 0.347                |
| L7 $\times$ T2                             | -3.552                       | -1.931               | 0.398                            | 0.587                | -1.514                       | -1.306               | -0.144                                      | -0.635               | -0.833                                                     | 0.875                | 0.151                        | 0.506                |
| L8 $\times$ T2                             | 0.291                        | 7.202                | 0.281                            | -0.051               | 1.073                        | 0.738                | 0.190                                       | -0.019               | 1.167                                                      | 1.208                | 1.326                        | 1.891                |
| S.E.S <sup>ij</sup>                        | 3.565                        | 1.632                | 0.260                            | 0.344                | 1.352                        | 0.833                | 0.553                                       | 0.674                | 1.198                                                      | 0.848                | 0.326                        | 0.428                |
| S.E.(S <sup>ij</sup> -S <sup>kl</sup> )    | 5.042                        | 2.308                | 0.368                            | 0.487                | 1.913                        | 1.178                | 0.782                                       | 0.953                | 1.694                                                      | 1.199                | 0.461                        | 0.605                |

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی داری و معنی داری در سطح ۵٪ و ۱٪ احتمال

\*, \*\*: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively and <sup>ns</sup>: non-significant

ادامه جدول ۵-

Table 5. Continued

| لاین × تستر<br>Line × Tester            | وزن بلال              |                       | قطر بلال             |                      | درصد چوب بلال        |                      | تعداد دانه در ردیف   |                      | تعداد ردیف دانه      |                      | عملکرد دانه            |                        |
|-----------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
|                                         | Ear weight            |                       | Ear diameter         |                      | Cob percent          |                      | No.of kernel per row |                      | No.of kernel row     |                      | Yield                  |                        |
|                                         | نرمال                 | تنش متوسط             | نرمال                | تنش متوسط            | نرمال                | تنش متوسط            | نرمال                | تنش متوسط            | نرمال                | تنش متوسط            | نرمال                  | تنش متوسط              |
|                                         | Normal                | Moderate stress       | Normal               | Moderate stress      | Normal               | Moderate stress      | Normal               | Moderate stress      | Normal               | Moderate stress      | Normal                 | Moderate stress        |
| L1×T1                                   | 4.324 <sup>ns</sup>   | 0.835 <sup>ns</sup>   | -0.443 <sup>ns</sup> | 0.228 <sup>ns</sup>  | 5.493 <sup>**</sup>  | 1.615 <sup>ns</sup>  | 1.639 <sup>*</sup>   | 1.241 <sup>ns</sup>  | 0.688 <sup>*</sup>   | 0.204 <sup>ns</sup>  | -128.746 <sup>ns</sup> | 55.506 <sup>ns</sup>   |
| L2×T1                                   | -21.110 <sup>**</sup> | -18.305 <sup>**</sup> | -1.216 <sup>ns</sup> | 0.425 <sup>ns</sup>  | 3.725 <sup>*</sup>   | 4.132 <sup>**</sup>  | -2.106 <sup>**</sup> | -2.179 <sup>**</sup> | 0.298 <sup>ns</sup>  | 0.038 <sup>ns</sup>  | -603.414 <sup>**</sup> | -665.766 <sup>**</sup> |
| L3×T1                                   | 10.307 <sup>**</sup>  | 8.862 <sup>**</sup>   | 1.202 <sup>ns</sup>  | -0.355 <sup>ns</sup> | -1.893 <sup>ns</sup> | -1.038               | 0.852 <sup>ns</sup>  | 0.179 <sup>ns</sup>  | -0.073 <sup>ns</sup> | -0.404 <sup>ns</sup> | 217.343 <sup>ns</sup>  | 438.345 <sup>*</sup>   |
| L4×T1                                   | 1.390 <sup>ns</sup>   | 3.509 <sup>ns</sup>   | 0.672 <sup>ns</sup>  | 0.317 <sup>ns</sup>  | -2.948 <sup>*</sup>  | -2.842 <sup>ns</sup> | -1.676 <sup>*</sup>  | -1.556 <sup>*</sup>  | -0.018 <sup>ns</sup> | -0.429 <sup>ns</sup> | 428.460 <sup>*</sup>   | 284.090 <sup>ns</sup>  |
| L5×T1                                   | -3.473 <sup>ns</sup>  | 0.795 <sup>ns</sup>   | -1.683 <sup>ns</sup> | -0.527 <sup>ns</sup> | -4.090 <sup>*</sup>  | -3.214 <sup>ns</sup> | -0.476 <sup>ns</sup> | 0.873 <sup>ns</sup>  | -0.877 <sup>*</sup>  | -0.432 <sup>ns</sup> | 178.434 <sup>ns</sup>  | -184.196 <sup>ns</sup> |
| L6×T1                                   | -2.151 <sup>ns</sup>  | 5.400 <sup>*</sup>    | -0.951 <sup>ns</sup> | -2.118 <sup>**</sup> | 0.529 <sup>ns</sup>  | 1.060 <sup>*</sup>   | 1.054 <sup>ns</sup>  | 0.733 <sup>ns</sup>  | -0.485 <sup>ns</sup> | -0.344 <sup>ns</sup> | -352.432 <sup>*</sup>  | 133.422 <sup>ns</sup>  |
| L7×T1                                   | 17.959 <sup>**</sup>  | 12.384 <sup>**</sup>  | 1.731 <sup>ns</sup>  | 0.823 <sup>ns</sup>  | -1.169 <sup>ns</sup> | 2.073 <sup>ns</sup>  | 0.347 <sup>ns</sup>  | 0.411 <sup>ns</sup>  | -0.163 <sup>ns</sup> | -0.476 <sup>ns</sup> | 703.363 <sup>**</sup>  | 57.086 <sup>ns</sup>   |
| L8×T1                                   | -7.246 <sup>*</sup>   | -2.681 <sup>ns</sup>  | 0.686 <sup>ns</sup>  | 1.207 <sup>*</sup>   | 0.289 <sup>ns</sup>  | -1.786 <sup>ns</sup> | 0.367 <sup>ns</sup>  | 0.299 <sup>ns</sup>  | 0.630 <sup>*</sup>   | 1.034 <sup>**</sup>  | -443.407 <sup>*</sup>  | -118.488 <sup>ns</sup> |
| L1×T2                                   | -4.324                | -0.835                | 0.443                | -0.228               | -5.493               | -1.615               | -1.639               | -1.241               | -0.688               | -0.204               | 128.746                | -55.506                |
| L2×T2                                   | 21.110                | 18.305                | 1.216                | -0.425               | -3.725               | -4.132               | 2.106                | 2.179                | -0.298               | -0.038               | 603.414                | 665.766                |
| L3×T2                                   | -10.307               | 8.862                 | -1.202               | 0.355                | 1.893                | 1.038                | -0.852               | -0.179               | 0.073                | 0.404                | -217.343               | -438.345               |
| L4×T2                                   | -1.390                | 3.509                 | -0.672               | -0.317               | 2.948                | 2.842                | 1.676                | 1.556                | 0.018                | 0.429                | -428.460               | -284.090               |
| L5×T2                                   | -3.473                | 0.795                 | 1.683                | 0.527                | 4.090                | 3.214                | 0.476                | -0.873               | 0.877                | 0.432                | -178.434               | 184.196                |
| L6×T2                                   | 2.151                 | -5.400                | 0.951                | 2.118                | 0.592                | -1.060               | -1.054               | -0.733               | 0.485                | 0.344                | 352.432                | -133.422               |
| L7×T2                                   | -17.959               | -12.384               | -1.731               | -0.823               | 1.169                | -2.073               | -0.347               | -0.411               | 0.163                | 0.476                | -703.363               | -57.086                |
| L8×T2                                   | 7.246                 | 2.681                 | -0.686               | -1.207               | 0.289                | 1.786                | -0.367               | -0.299               | -0.630               | -1.034               | 443.407                | 118.488                |
| S.E.S <sup>ij</sup>                     | 2.962                 | 3.079                 | 1.118                | 0.631                | 1.459                | 1.713                | 0.705                | 0.825                | 0.295                | 0.274                | 196.599                | 169.526                |
| S.E.(S <sup>ij</sup> -S <sup>kl</sup> ) | 4.189                 | 4.354                 | 1.581                | 0.892                | 2.063                | 2.423                | 0.997                | 1.167                | 0.417                | 0.387                | 278.033                | 239.746                |

\*, \*\* به ترتیب غیرمعنی داری و معنی داری در سطح ۵٪ و ۱٪ احتمال

\*, \*\*: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively and <sup>ns</sup>: non-significant

مثبت و معنی‌دار و تلاقی  $L7 \times T1$  برای صفات وزن بلال (۱۷/۹۵۹) و عملکرد دانه (۷۰۳/۳۶۳) ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار نشان دادند. در شرایط شور نیز همین لاین (L6) برای صفات وزن بلال (۱۳/۱۴۵)، بلال (۱/۰۸۷) و عملکرد دانه (۷۸۹/۱۰۷) و تلاقی  $L3 \times T1$  برای صفات عملکرد دانه (۴۳۸/۳۴۵) و طول بلال (۰/۹۸۳) ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی مثبت و معنی‌داری نشان داد.

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد ارقامی که دارای GCA معنی‌دار برای صفت یا صفات خاص می‌باشند این‌گونه والدین به‌آسانی انتقال صفت مورد نظر را به نتاج خود میسر می‌سازند و به عبارت دیگر ارقامی مناسب در برنامه اصلاحی برای صفات مورد نظر می‌باشند. با توجه به نتایج این تحقیق لاین L6 در شرایط غیر شور در صفات ارتفاع بوته (۳۳/۳۰۶)، طول تاسل (۶/۲۲۷)، طول بلال (۱/۲۳۳)، وزن بلال (۲۴/۷۳۰)، قطر بلال (۳/۱۴۰) و عملکرد دانه (۱۴۴۵/۷۸۵) دارای ترکیب‌پذیری عمومی

## References

- Akbar, M., Saleem, M., Azhar, F.M., Ashraf, M.Y., and Ahmad, R. (2008). Combining ability analysis in maize under normal and high temperature conditions. *Journal of Agriculture Research*. **46(1)**: 261-277.
- Arefi, S. Samizade, H. Nabipoor, A. Javaherdashti, M. (2012). Estimation the components of genetic variance and determination of combining sunflower lines using Line  $\times$  Tester method. *Iranian Journal Of Field Crop Science*. **43(3)**: 469-479 (In Persian).
- Aslam, M., Khan, I.A. and Basra, S. M.A. (2012). Combining ability estimates and mode of inheritance for drought related traits in genetically distant maize accessions (*Zea mays*). *The Journal of Animal and Plant Sciences*. **22(3)**: 679-682.
- Choukan, R. (1999). Estimation of combining ability, additive and dominance variances of characters using line  $\times$  tester crosses of maize inbred lines. *Seed and Plant*. **15**: 47-55 (In Persian).
- Claver Ngaboyisonga, K.N., Kirubi, D. and Githiri, S.M. (2009). Effects of low nitrogen and drought on genetic parameters of grain yield and endosperm hardness of quality protein maize. *Asian Journal of Agricultural Research*. **3(10)**: 1-10.
- El-Badawy, M.E.M. (2013). Heterosis and combining ability in maize using diallel crosses among Seven new inbred lines. *Asian Journal of Crop Science*, **5(1)**: 1-13.
- El-Hosary, A. (2014). Relative values of three different testers in evaluating combining ability of new maize inbred lines. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, **8(2)**: 57-65.
- El-Morshidy, M.A., Hassaballa, E.A., Abou-Elsaad, S.F. and El-Moula, M.A. (2003). Combining ability and type of gene action in maize under favorable and water stress environments. *Proceedings of the 3rd Conference on Plant Breeding*, April 26, 2003, Giza, EC.
- Farshadfar, A. (1998). Application of Biometrical genetics in plant Breeding. Razi University. Kermanshah Press, Kermanshah, Iran (In Persian).
- Fathi, M.R. (2007). Evaluation of general and specific combining ability of sugar beet diploid pollinators. *Journal of Sugar Beet*, **23(2)**: 151-162 (In Persian).
- HajiPorBagheri, A., Nematzadeh, Gh., Peyghambari, A. and Norouzi, M. (2005). Estimate the combining and gene effects in rice hybrids and lines using Line  $\times$  Tester analysis. *Iranian Journal of Agriculture Science*, **36(4)**: 947-953 (In Persian).
- Hefny, M. (2010). Genetic Control of Flowering Traits, Yield and its Components in Maize (*Zea mays* L.) at Different Sowing Dates. *Asian Journal of Crop Science*, **2(4)**: 236-249.
- Hosseini, F., Choukan, R., Bihamta, M.R. and Mohammadi, A. (2012). Study on general Combining Ability lines and reaction of maize hybrids for drought tolerance. *1<sup>th</sup> National Conference on new Issues in Agriculture*, **15(1)**: 60-70 (In Persian).
- Irshad-ul-Haq, M., Ajmal, S.U., Munir, M. and Gulfaraz, M. (2010). Gene action studies of different quantitative traits in maize. *Pakistan Journal of Botany*, **42(2)**: 1021-1030.



- Ismaili, A., Dehghani, H., Khavari Khorasani, S. and Nodoshan, H.** (2005). Estimation of combinability and gene effects in early-mature maize inbred lines using line× tester analysis. *Iranian Journal of Agriculture Science*, **36(4)**: 917-929 (In Persian).
- Kempthorne, O.** (1957). *An Introduction to Genetic Statistics*. John Wiley, New York, USA.
- Konak, C., Ünay, A., Serter, E. and Başal, H.** (1999). Estimation of combining ability effects, hetrosis and hetrobeltiosis by line × tester method in maize. *Turkish Jorنال of Field Crops*, **4**: 1-9.
- Nawar, A.A., El Shamarka, S.A., Khalil, A.N., Daoowd, M.I. and Teelap, E.L.** (2011). Estimation of genetic variance components for yield and protein content for some new genotypes in maize. *Menofia Journal of Agricultural Research*, **36**: 933-951.
- Rezaei, A.H., Yazdisamadi, B., Zali, A., Rezaei, A.M., Tallei, A. and Zeinali, H.** (2005). An Estimate of Heterosis and Combining Ability in Corn Using Diallele Crosses of Inbres Lines. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, **36(2)**: 385-397 (In Persian).
- Singh, D.N. and Singh, I.S.** (1998). Line x tester analysis in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Research-birsa Agricultural University*, **10**: 177-182.
- Singh, R.K. and Chaudhary, B.D.** (1977). *Biometrical methods in quantitative genetic analysis*. Kalyani Publication, New Delhi, IND.
- Skoric, D., Jovic, S. and Molnar, I.** (2000). General (GCA) and Specific(SCA) combining abilities in sunflower. *Proc. of 15th Int. Sunflower Conf. Toulouse, FR*.
- Soroush, H. R. and Moumeni, A.** (2006). Genetic dissection of some important agronomic characters in rice using Line×Tester analysis. *JWSS-Isfahan University of Technology*, **10(1)**: 177-188 (In Persian).
- Sofi, P. and Rather, A.G.** (2006). Genetic analysis of yield trials in local and CIMMYT inbred line crosses using line ×tester analysis in maize (*Zea mays* L.). *Asian Journal of Plant Science*. **5(6)**: 1039-1042.
- Vijayabharathi, A., Anandakumar, C.R. and Gnanamalar, R.P.** (2009). Combining ability analysis for yield and its components in popcorn *Zea mays* var. everta Sturt. *Electronic Journal of Plant Breeding*. **1(1)**: 28-32.

## Estimates of Genetic Variance Parameters and General and Specific Combining Ability of Morphological Traits, Yield and Yield Components of Maize Hybrids in Normal and Salt Stress Conditions

Rasoul Banaei<sup>1</sup>, Amin Baghizadeh<sup>2</sup> and Saeid Khavari Khorasani<sup>3,\*</sup>

- 1- M.Sc. Student, Department of Plant Breeding, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran
- 2- Associate Professor, Department of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran
- 3- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, ARREO, Mashhad, Iran

(Received: December 20, 2015 – Accepted: April 23, 2016)

### Abstract

In order to estimate the components of genetic variance and general and specific combining abilities of maize lines, an experiment was done using 8 S<sub>6</sub> inbred lines as female parents and 2 male inbred lines as testers consisted of K1264/5-1 (early mature) and K3615/1 (late mature) using line by tester mating design based on randomized complete block design with three replications in two different conditions (Salt stress with Ec=5 dsm<sup>-1</sup> and non-salt conditions) in research field of graduate university of advanced technology (Kerman, Iran) in 2014. Analysis of variance results showed significant differences among inbred lines for some of measured traits in both salt and non-salt conditions. Significant differences observed for line × tester mean-squares in non-salty condition for all measured traits except days to silking and physiological maturity. In salt stress condition, just for leaves number per plant and days to silking, line × tester effects were not significant. Additive variance for days to silking and physiological maturity in non-salt condition was more than dominant variance, therefore the additive to non-additive variance ratio was more than 1 and indicating emphasis on this matter too. Inbred line L6 had a significant positive GCA and the highest grain yield with 1455.785 and 789.107 kg/ha in non-salt and salt stress condition, respectively. The crosses (L4×T1=428.460 and L7×T1= 438,345) in non-salt condition and (L3×T1=438.345) in salt stress conditions had a positive significant specific combining ability. Finally, from all existed variation, the lines and line × tester effects were more important than tester effects that indicates transmission of diversity from lines to hybrids.

**Keywords:** Genetic components, SCA, GCA, Maize, Line × tester

---

\* Corresponding Author, E-mail: s.khavari@areo.ir