

## برآورد ترکیب پذیری و عمل ژن در لاین‌های منتخب ذرت (*Zea mays* L.) Estimation of combining ability and gene action in selected maize (*Zea mays* L.) lines

سید افشین مساوات<sup>۱</sup>، حجت‌اله مظاهری لقب<sup>۲</sup>، حسن سلطانیلو<sup>۳</sup> و رجب چوکان<sup>۴</sup>

### چکیده

مساوات. س. ۱، ح. مظاهری لقب، ح. سلطانیلو و ر. چوکان. ۱۳۹۸. برآورد ترکیب پذیری و عمل ژن در لاین‌های منتخب ذرت (*Zea mays* L.). مجله علوم زراعی ایران. ۲۱(۱): ۱۰-۱.

ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه‌ای و علوفه‌ای است که نقش مهمی در صنایع غذایی و تغذیه دام، به‌ویژه تغذیه طیور دارد. به‌منظور برآورد ترکیب پذیری و عمل ژن در لاین‌های منتخب ذرت و شناسایی بهترین ترکیب هیبریدی برای صفات مورفولوژیک ذرت، آزمایشی طی سال ۱۳۹۲ بصورت تلاقی‌های دی‌آلل دو طرفه با ده والد در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان اجرا شد. نتایج بررسی در دو مکان (ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان- عراقی محله و ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد) در سه تکرار در سال ۱۳۹۳ کشت شدند. برای داده‌های مربوط به صفات تعداد روز از سبز شدن تا ظهور کاکل و تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد ردیف دانه در بلال، عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف بلال، تجزیه واریانس جداگانه در هر مکان انجام و سپس تجزیه مرکب صورت گرفت. معنی‌دار بودن اثر ترکیب پذیری عمومی و خصوصی برای اکثر صفات نشان داد که هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفات موثر بوده و درجه غالبیت بیشتر از یک نیز نشان دهنده عمل فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل این صفات بود. در کلیه صفات مورد بررسی مقدار پایین وراثت پذیری خصوصی و مقدار بیشتر واریانس غالبیت، نشان دهنده اهمیت بیشتر اثرات غالبیت در کنترل ژنتیکی این صفات بود. نتایج این آزمایش نشان داد که در اصلاح ذرت برای صفاتی نظیر تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد ردیف دانه در بلال، گزینش نقشی نداشته و باید از روش‌های مبتنی بر هیبریداسیون استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: ترکیب پذیری، کنترل ژنتیکی، لاین‌های ذرت و وراثت‌پذیری.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۲  
این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی مصوب شماره ۲-۵۷-۰۳-۹۲۱۲۴ می‌باشد.  
۱- دانشجوی سابق دکتری دانشگاه بوعلی سینا همدان و استادیار پژوهش بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: afshinmosavat@gmail.com)  
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان  
۳- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
۴- استاد پژوهش موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

## مقدمه

با توجه به روند رو به رشد جمعیت در جهان، پیش بینی می‌شود که جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۰ به حدود هشت میلیارد نفر بالغ شود. این موضوع باعث عدم تعادل بین رشد جمعیت و رشد تولیدات کشاورزی خواهد شد، بنابراین راهکار اساسی برای تأمین غذای جمعیت روبه‌رشد دنیا، افزایش تولیدات کشاورزی است. ذرت یکی از غلات مهم و سومین محصول غذایی اصلی در جهان، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه است و بدلیل ارزش غذایی خاص آن مورد توجه می‌باشد. از مجموع ذرت مصرفی دنیا حدود ۷۰ درصد جهت تغذیه دام و طیور، ۲۵ درصد برای مصرف مستقیم انسان و پنج درصد در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنانچه عوامل بازدارنده رشد ذرت از جمله بیماری‌های گیاهی به خوبی کنترل شود، افزایش سطح کشت و تولید بیش‌تر آن امکان‌پذیر است (Choukan, 2013).

برای یک صفت کمی، هدف اصلی از شناسایی ماهیت ژنتیکی آن، جداسازی واریانس ژنتیکی قابل توارث از واریانس محیط غیرقابل توارث و همچنین تقسیم‌بندی واریانس ژنتیکی به اجزای مختلف مانند واریانس افزایشی، واریانس غالبیت و واریانس بین‌الللی ژن‌ها در مکان‌های مختلف (اپیستازی) است. تعیین تعداد ژن‌های بزرگ‌اثر و عوامل ژنی که صفات کمی را کنترل می‌کنند نیز از اهداف دیگر مطالعه یک صفت کمی است. چوکان و مساوات (Choukan & Mosavat, 2007) در ارزیابی پنج تست‌ذرت گزارش کردند که در کنترل توارث صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد ردیف دانه در بلال، عرض دانه و تعداد دانه در بلال، ژن‌ها با اثر افزایشی و غیرافزایشی و در توارث تعداد دانه در ردیف بلال و ضخامت دانه فقط ژن‌هایی با اثر افزایشی نقش دارند. در آزمایش زارع و همکاران (Zare et al., 2011) تجزیه همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی نشان داد که صفات

تعداد دانه در ردیف بلال و ارتفاع بوته، دارای ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه بودند. آنها همچنین عنوان کردند ۷۸/۶ درصد از دورگ‌ها برای صفت روز تا ظهور کاکل نسبت به والد برتر هتروزیس منفی و معنی‌دار داشتند. الم و همکاران (Alam et al., 2004) نیز برای صفت روز تا ظهور کاکل هتروزیس منفی و معنی‌داری گزارش کردند. وجود همبستگی مثبت بین طول بلال و عملکرد دانه و هتروزیس منفی و معنی‌دار در مطالعات انجام شده قبلی مؤید کارایی استفاده از دو صفت طول بلال و عملکرد دانه در برنامه‌های اصلاحی است (Zare et al., 2011; Liu, 2008; Alam et al., 2008). دهقانپور (Dehghanpour, 2014) بر اساس تجزیه مرکب شش محیط (ترکیب سه مکان و دو سال) گزارش نمود که میانگین مربعات قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی و عمومی برای کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود که نشان‌دهنده موثر بودن توأم اثرات افزایشی و غیرافزایشی بوده، ولی سهم واریانس غیرافزایشی برای دو صفت عملکرد دانه و تعداد دانه در ردیف بلال بیشتر از سهم واریانس افزایشی بود.

ژانگ و همکاران (Zhang et al., 1996) تلاقی‌های حاصل از ۱۰ لاین والدینی ذرت را با استفاده از روش اول گریفینگ طی دو سال برای سرعت کاهش رطوبت بلال مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند که اثرات ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) برای این صفت اهمیت بیشتری نسبت به اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) داشت. پاولکوا و رود (Pavilkova and Rood, 1987) سطح برگ را در چهار لاین زودرس ذرت و هیبریدهای آنها مطالعه نموده و نتیجه گرفتند که افزایش تعداد برگ تحت تأثیر عمل غالبیت ناقص ژن و سطح برگ تحت تأثیر عمل فوق غالبیت قرار دارد. اسپانر و همکاران (Spaner et al., 1996) با مطالعه قابلیت‌های ترکیب‌پذیری و هتروزیس در شش واریته آزاد‌گرده‌افشان

ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی ده لاین اینبرد زودرس ذرت از طریق روش چهارم گریفینگ صفات تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ریف بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه، عملکرد دانه، طول برگ، تعداد برگ، ارتفاع بوته و بلال را مورد مطالعه قرار داد و گزارش داد که اثرات افزایشی در بیان کلیه صفات مورد اندازه‌گیری و اثرات غیرافزایشی در بیان صفات تعداد ردیف دانه در بلال، طول برگ، تعداد برگ، ارتفاع بوته و بلال دخالت دارند. شناخت دقیق و آگاهی کامل از نحوه توارث صفات لازمه موفقیت قبل از طراحی یک برنامه به‌نژادی برای اصلاح ارقام جدید است. انتخاب بهترین روش اصلاحی و انتخاب مناسب‌ترین والدین از لحاظ عملکرد و سایر صفات مطلوب، در برنامه‌های تولید یک هیبرید برتر موثر خواهد بود. شناسایی صفات همبسته با مقاومت به بیماری پوسیدگی فوزاریومی بلال در ذرت، برآورد نوع و عمل ژن در این صفات و سایر صفات مهم زراعی، برآورد قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در والدین و تخمین میزان وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی صفات برای مقاومت به بیماری فوق‌الذکر از اهداف این تحقیق بوده است.

ذرت با استفاده از تلاقی دی‌آلل گزارش نمودند که نقش واریانس افزایشی برای عملکرد دانه مهم است. کاسمین و همکاران (Cosmin *et al.*, 1991) با استفاده از تلاقی دی‌آلل در ۱۰ لاین اینبرد ذرت نشان دادند که اثرات افزایشی برای عملکرد دانه و رطوبت دانه در زمان برداشت دارای اهمیت بیشتری است و لاین‌های MO17 و B73 دو لاین اصلاحی دیگر بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی را برای صفت عملکرد دانه دارا بودند. مالوار و همکاران (Malvar *et al.*, 1996) در بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری ژرم‌پلاسم ذرت در اسپانیا گزارش کردند که واریانس افزایشی برای صفت تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار بوده، ولی در کنترل تغییرات عملکرد دانه، واریانس غالبیت از اهمیت بیشتری برخوردار بود.

دهقانپور و همکاران (Dehghanpour *et al.*, 1996) به منظور تعیین قابلیت‌های ترکیب‌پذیری و هتروزیس در ذرت دانه سفید با استفاده از تلاقی دی‌آلل کامل در هشت لاین والدینی اینبرد گزارش کردند که ترکیب‌پذیری خصوصی و عمومی در تغییرات ژنتیکی صفات تعداد ردیف دانه در بلال، ارتفاع بوته و بلال مؤثر بودند. دهقانپور (Dehghanpour, 2002) به منظور

#### جدول ۱- منشاء و شجره لاین‌های ذرت مورد ارزیابی

Table 1. Origin and pedigree of the studied maize lines

لاین‌های ذرت Maize lines	شجره Pedigree	منشأ Origin
1 K18	K18	Karaj
2 C7	S0200237-ent006/38-1-1-4-1-3-2-7	CIMMYT- TL01B-6791A-yellow
3 B196	ILYH0731-2007CHTSY24/8-3-2-1-1-4	CIMMYT- CHTSY2007
4 K74/1	K74/1	Karaj
5 B73	B73	USA
6 MO17	MO17	USA
7 C5	S0200237-ent006/38-1-1-4-1-3-2-5	CIMMYT- TL01B-6791A-yellow
8 C53	ILYH0731-2007CHTSY24/8-3-2-3-1-11	CIMMYT- CHTSY2007
9 B276	S0200237-ent006/(B73*40-11-1)-2-3-1-1	CIMMYT- TL01B-6791A-yellow
10 B254	S0200237-ent006/(B73*40-10-1)-2-4-1-4	CIMMYT- TL01B-6791A-yellow

## مواد و روش‌ها

به منظور برآورد اثرات ژنتیکی کنترل کننده برخی از صفات کمی و قابلیت ترکیب پذیری، ده لاین والدینی ذرت دریافتی از مرکز بین المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) و مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (جدول ۱) در قالب تلاقی دی آلل کامل در تابستان سال ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان مورد بررسی قرار گرفتند. بذره‌های هر لاین در یک ردیف پنج متری به فاصله بوته ۲۰ سانتی متر در دو تاریخ کاشت (به فواصل ۷ روز؛ به منظور ایجاد همزمانی در گلدهی نر و ماده) کشت شدند. در زمان گرده‌افشانی به منظور تأمین بذر برای سال بعد، از هر ۱۰ لاین کشت شده حداقل دو بلال خودگشن شده و برای سایر بلال‌ها با استفاده از گرده‌افشانی بصورت دستی کلیه تلاقی‌های مستقیم و معکوس انجام شد. بذره‌های  $F_1$  های حاصل از تلاقی‌های مستقیم و معکوس به همراه لاین‌های والدینی در سال بعد در دو منطقه (ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان و ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند. هر کرت شامل دو ردیف کاشت شش متری بود. در پایان رشد رویشی یادداشت برداری از صفات تعداد روز از سبز شدن تا ظهور کاکل و تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال، عملکرد دانه والدین و نتایج حاصل یادداشت برداری و اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس جداگانه در هر مکان و سپس تجزیه مرکب انجام و پس از اطمینان از معنی‌دار بودن اثر تلاقی‌ها، از روش سوم گریفینگ (Griffing, 1956a and Griffing, 1956a, b) برای تجزیه دی آلل استفاده گردید. واریانس افزایشی از طریق دو برابر کردن واریانس ترکیب‌پذیری عمومی برآورد شد: (رابطه ۱)  $(\sigma_A^2 = 2\sigma_{gca}^2)$  واریانس غالبیت از طریق واریانس ترکیب‌پذیری

خصوصی برآورد شد (رابطه ۲):

$$(\sigma_D^2 = \sigma_{sca}^2) \quad (\text{رابطه ۲})$$

بر اساس نظر گریفینگ میزان وراثت‌پذیری عمومی

و خصوصی با استفاده از رابطه‌های زیر بدست آمد:

$$h_b^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_P^2} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + M_e} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$h_n^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_G^2 + \sigma_E^2} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + M_e} \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$\delta_E^2 = ME' \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$h_n^2 = \frac{(\sigma_A^2)}{(\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2)} \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$h_b^2 = \frac{(\sigma_A^2 + \sigma_D^2)}{(\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2)} \quad (\text{رابطه ۷})$$

که در آن  $\sigma_A^2$  واریانس افزایشی،  $\sigma_D^2$  واریانس- غالبیت،  $\sigma_{gca}^2$  واریانس ترکیب‌پذیری عمومی،  $\sigma_{gca}^2$  واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی،  $h_b^2$  وراثت‌پذیری عمومی،  $h_n^2$  وراثت‌پذیری خصوصی،  $\sigma_g^2$  یا  $\sigma_G^2$  واریانس ژنوتیپی،  $\sigma_P^2$  واریانس فنوتیپی،  $\sigma_{\delta}^2$  (ME') واریانس خطا و  $r$  تعداد تکرار هستند.  $\sigma_{\delta}^2$  خارج قسمت میانگین مربعات اشتباه آزمایشی بر تعداد تکرار است. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب صفات در جدول ۲ نشان داد که بین لاین‌های ذرت تفاوت معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) بوده و تنوع ژنتیکی لازم بین آنها وجود داشت. بنابراین امکان تجزیه دی آلل فراهم بوده و تنوع ژنتیکی لاین‌ها امکان تفکیک واریانس تلاقی‌ها به ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی را فراهم می‌کند. نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۲) نشان داد که اثر مکان و اثر متقابل ژنوتیپ در مکان برای کلیه صفات، بجز ارتفاع بوته، معنی‌دار بود. به عبارت دیگر پاسخ ژنوتیپ‌ها در دو مکان یکسان نبود. معنی‌دار شدن اثرات متقابل ژنوتیپ‌ها با محیط کارایی انتخاب را کاهش داده و اصلاحگر را مجبور می‌کند که اولاً نوع اثر متقابل را تعیین نموده و

باعث پدیده هتروزیس در نسل اول می شود. مقدار وراثت پذیری عمومی و خصوصی این صفت به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۴۷ بود (جدول های ۳ و ۴). نتایج حاصل از آزمایش شر و همکاران (Sher et al., 2012) نشان داد که اثرات غیر آللی افزایشی × افزایشی و افزایشی × غالبیت نیز در کنترل این صفت نقش داشته و می توان با استفاده از تولید بذور هیبرید در بهبود این صفت (کاهش روز تا ظهور کاکل) اقدام کرد. سلیم و همکاران (Saleem et al., 2002) نیز عنوان کردند که در کنترل این صفت اثرات اپیستازی نقش دارند. نقش اثرات ژنتیکی افزایشی در رابطه با تغییرات ژنتیکی صفات در ذرت به دفعات گزارش شده است (Iqbal et al., 2011; Atanaw et al., 2006).

نتایج نشان داد که صفت تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک تحت تأثیر اثرات مکان، ژنوتیپ، مادری و غیرمادری بوده (جدول ۲) و نسبت ژنتیکی آن ۰/۴۴ بدست آمد. بعلاوه مقادیر ترکیب پذیری عمومی و خصوصی نشان دهنده سهم بیشتر اثر غیرافزایشی ژن ها نسبت به اثر افزایشی در کنترل این صفت بود (جدول های ۳ و ۴). ترکیب پذیری عمومی هیچیک از والدین در تجزیه مرکب معنی دار نشد، در حالیکه در تجزیه جداگانه ترکیب پذیری عمومی والد MO17 در ایستگاه عراقی محله گرگان و والد B276 در ایستگاه گنبد منفی و معنی دار بود. بنابراین به نظر می رسد که از این والدین می توان برای کاکل دهی زود هنگام و افزایش طول دوره پر شدن بلال استفاده کرد. دورگ های C5×C53 و M017×C5 از نظر تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک به ترتیب بیشترین ترکیب پذیری خصوصی منفی را در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان و گنبد داشتند. نتایج نشان داد که تنوع ژنتیکی لازم بین ژنوتیپ های ذرت برای صفت ارتفاع بوته وجود داشت (جدول ۲). میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی و خصوصی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود و

ثانیاً با احتیاط بیشتری نتایج حاصل را تفسیر کند (Truberg and Huehn, 2000). اگر چه معنی دار شدن اثرات متقابل صفات نامطلوب به نظر می رسد، ولی استفاده از اثرات متقابل مثبت می تواند برای اصلاحگر مفید باشد و می تواند از آن در جهت اهداف خود استفاده نماید (Dehghani et al., 2010).

نتایج نشان داد که اثرات ساده و اثرات متقابل برای تعداد روز از سبز شدن تا ظهور کاکل معنی دار بود. تجزیه ترکیب پذیری این صفت نشان داد که میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی و خصوصی و اثرات مادری و اثرات غیرمادری در سطح احتمال یک درصد معنی دار بودند. معنی دار شدن اثرات ترکیب پذیری عمومی در مکان، ترکیب پذیری خصوصی در مکان و اثرات مادری در مکان نشانگر این است که ترکیب پذیری عمومی والدین، خصوصی دورگ ها و اثرات معکوس در شرایط محیطی دستخوش تغییر می شوند. والد های C5 و K74/1 دارای قابلیت ترکیب پذیری عمومی منفی و معنی داری (به ترتیب در ایستگاه عراقی محله گرگان و گنبد) برای تعداد روز از سبز شدن تا ظهور کاکل بودند (جدول ۳). با توجه به ضریب همبستگی منفی و معنی دار بین عملکرد دانه و تعداد روز از سبز شدن تا ظهور کاکل، تسریع در زمان ظهور کاکل باعث کاهش عملکرد دانه خواهد شد (Zare et al., 2011)، بنابراین در انتخاب ژنوتیپ ها برای برنامه های اصلاحی آینده این موضوع باید در نظر گرفته شود. دورگ های MO17×B254 و B196×MO17 بیشترین مقدار ترکیب پذیری خصوصی منفی و معنی دار را داشتند (جدول ۴).

با توجه به نزدیک بودن مقادیر واریانس افزایشی (۲/۹۸) به واریانس غالبیت (۲/۷۷)، به نظر می رسد که هر دو اثر افزایشی و غالبیت در کنترل این صفت سهمی باشند. براتی و همکاران (Barati et al., 2003) نیز گزارش دادند که واریانس ژنتیکی موجود مربوط به اثرات غالبیت است که بدون آنکه قابل تثبیت باشد،

به ترتیب ۰/۷۱ و ۰/۵۴ بود. در آزمایش زارع و همکاران (Zare *et al.*, 2011) معنی دار نشدن نسبت واریانس ترکیب پذیری عمومی به ترکیب پذیری خصوصی در ارتفاع بوته، مؤید این است که اثرات افزایشی و غیر افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفت اهمیت یکسانی دارند. مقدار پیشنهادی بکر (Becker, 1986) نیز می تواند بعنوان معیاری برای تعیین اهمیت اثرات ژنتیکی مورد استفاده قرار گیرد، نزدیکی این نسبت به یک، حاکی از اهمیت بیشتر اثرات افزایشی در تعیین یک صفت می باشد (Fan *et al.*, 2008).

بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال به ترتیب در والد B276 و سپس والد B254 (۱۲/۱۹) بدست آمد. دورگ های C7×B254، K74/1×C5 و B276×C7 نیز بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال را داشتند. واریانس ترکیب پذیری عمومی، خصوصی، اثرات معکوس، مادری و غیر مادری برای این صفت معنی دار بود (جدول ۲). دو والد K74/1 و B254 ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی داری برای تعداد ردیف دانه در بلال داشتند و این موضوع باعث افزایش تعداد ردیف بلال در نتاج شد (جدول ۳). نسبت ژنتیکی برای این صفت ۰/۶۷ بود که مشارکت اثرات افزایشی و غیر افزایشی ژن را در تعیین صفت فوق نشان می دهد، بنابراین برای به نژادگر، پیش بینی بهبود این صفت در مواد ژنتیکی فوق، از طریق قابلیت ترکیب پذیری لاین های والدینی، با توجه به همبستگی مثبت با برخی صفات، امکان پذیر خواهد شد. افزایش ارتفاع بوته در ژنوتیپ های حاصل از هیبریدهای مذکور با افزایش تعداد ردیف دانه در بلال و افزایش تعداد ردیف و بدنال آن افزایش عملکرد همراه است. اهمیت بیشتر اثرات غیر افزایشی نشان دهنده آن است که انتخاب در نسل های اول حاصل از تلاقی، در اصلاح این صفت مؤثر نخواهد بود. وراثت پذیری خصوصی و عمومی برای این صفت به ترتیب ۰/۵۷ و ۰/۹۳ برآورد شد

نشان دهنده کنترل این صفت توسط اثرات افزایشی و غیر افزایشی ژن ها بود (جدول ۲). زارع و همکاران (Zare *et al.*, 2011) و بوردالو و همکاران (۲۰۰۵) (Bordallo *et al.*, 2005) نیز گزارش کردند که معنی دار شدن میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی و خصوصی و همچنین معنی دار نشدن نسبت بیکر (Zare *et al.*, 2011) مؤید این است که اثرات افزایشی و غیر افزایشی در کنترل ژنتیکی ارتفاع بوته اهمیت یکسانی دارند. پایین بودن نسبت واریانس ترکیب پذیری عمومی به ترکیب پذیری خصوصی سهم ناچیز اثرات افزایشی ژن ها در کنترل ارتفاع بوته را نشان داد. اثرات ترکیب پذیری عمومی، ترکیب پذیری خصوصی، اثر معکوس، مادری و غیر مادری در سطح یک درصد معنی دار بودند. اثرات مکان × ترکیب پذیری عمومی، مکان × ترکیب پذیری خصوصی، مکان × اثر معکوس، مکان × اثر مادری و مکان × اثر غیر مادری نیز معنی دار بودند که نشان دهنده تغییر میزان ترکیب پذیری عمومی والدین و ترکیب پذیری خصوصی دورگ ها و اثرات معکوس در دو ایستگاه تحقیقاتی بود. درجه غالبیت محاسبه شده برای این صفت در هر دو مکان نزدیک به یک بود که نشان دهنده کنترل این صفت توسط اثرات غیر افزایشی ژن ها می باشد (جدول ۲). اثرات ترکیب پذیری عمومی والد های K74/1 و C7 منفی و معنی دار بود (جدول ۴)، بنابراین این دو والد در کاهش ارتفاع موثر بوده اند، در حالیکه والدین C53 و B276 بیشترین ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی دار را داشتند.

دورگ های C7×B254 و B73×B254 به ترتیب با ترکیب پذیری خصوصی ۶۹/۲ و ۵۷/۳ بهترین دورگ ها برای افزایش صفت ارتفاع بوته شناخته شدند. برآورد اجزای واریانس ژنتیکی در جدول های ۲ و ۳ نشان داده شده است. برای صفت ارتفاع بوته سهم واریانس افزایشی و غالبیت به ترتیب ۳۰۲/۷۸ و ۱۶۴/۳۶- و مقدار وراثت پذیری خصوصی و عمومی

(جدول‌های ۳ و ۴).

با توجه به اینکه والد K74/1 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار (۰/۶۹) در بین والدین بود، می‌توان از آن به عنوان یکی از والدین در پروژه‌های اصلاحی به منظور افزایش عملکرد دانه استفاده کرد. با بررسی داده‌های مربوط به ترکیب‌پذیری خصوصی برای عملکرد دانه، لاین‌های C7، B196، MO17 و K74/1 با لاین B254، ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار خوبی داشتند. بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی برای عملکرد دانه نیز به ترکیب C5×B254 تعلق داشت که در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. سایر ترکیب‌های MO17×B254، K74/1×B254، C7×B254 و B196×B254 در درجات بعدی از نظر قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی قرار داشتند. لاین B254 نسبت به سایر لاین‌ها (C5 و C53) قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بسیار کمتری برای عملکرد دانه و اجزای آن داشت، در حالیکه در ترکیب با سایر لاین‌ها از عملکرد بالایی برخوردار بود (جدول ۴). لاین‌های C5 و B254 دارای منشاء مشترکی هستند، با این وجود ترکیب این دو لاین، بدلیل پدیده تفکیک متجاوز، قابلیت ترکیب خصوصی بالایی را نشان داد.

مقادیر وراثت‌پذیری ۰/۰۹ تا ۰/۹۹ و نسبت ژنتیکی ۰/۶۷ بود (جدول ۲) که نشان‌دهنده اهمیت کم اثرات افزایشی در کنترل این صفت بود. ضمناً درجه غالبیت ۱۹/۴۸ نشان می‌دهد که کنترل این صفت تحت تأثیر اثرات فوق‌غالبیت می‌باشد. نتایج آزمایش آفرینش و همکاران (Afarinesh et al., 2004) نشان داد که در شرایط آبیاری معمول هر دو اثر افزایشی و غالبیت باهمدیگر این صفت را کنترل می‌کنند، اما در شرایط تنش خشکی فعالیت ژن‌های کوچک‌اثر، تضعیف شده و یا متوقف گردیده و فقط ژن‌های بزرگ‌اثر و غالب قادرند به فعالیت خود ادامه داده و تظاهر یابند. اهمیت اثر غالبیت در کنترل عملکرد دانه توسط چوکان نیز گزارش شده است (Choukan, 2001; 1988). براساس نتایج تجزیه لاین

تعداد دانه در ردیف بلال یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد ذرت محسوب می‌شود. در بین والدین، والدهای B254 و C7 با میانگین ۲/۲۵ و ۷، به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در ردیف بلال را داشتند. در بین تلاقی‌ها، بیشترین تعداد دانه در بلال مربوط به دورگ B73×C5 بود و دورگ C7×K18 کمترین تعداد دانه در بلال را داشت. تجزیه ترکیب‌پذیری برای این صفت نشان داد که میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی، ترکیب‌پذیری خصوصی، اثرات معکوس، مادری و غیر مادری معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار برای این صفت به والدهای K18 (۰/۲۴۵)، C5 (۲۶۳/۶) و C53 (۲۵۶/۶) تعلق داشت. با توجه به اینکه قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بر مبنای اثرات افزایشی ژن‌ها است، بنابراین لاین‌هایی که دارای قابلیت ترکیب‌عمومی نسبتاً زیادی باشند، دارای اثرات افزایشی زیادی نیز هستند. از این لاین‌ها می‌توان جهت تولید ارقام ترکیبی (سنستیک) استفاده کرد.

دورگ C5×B254 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار برای تعداد دانه در ردیف بلال بود (جدول ۳). نسبت ژنتیکی این صفت ۰/۹۸ و وراثت‌پذیری خصوصی و عمومی آن به ترتیب ۰/۰۳- و ۲/۰۳ برآورد گردید (جدول ۲). نتایج بدست آمده با یافته‌های سایر محققان (Barati et al., 2003; Zare et al., 2010; Dehghanpour et al., 2014) مطابقت داشت.

نتایج تجزیه واریانس برای عملکرد نشان داد که میانگین مربعات منابع تغییر بجز ترکیب‌پذیری عمومی و ترکیب‌پذیری خصوصی و اثرات معکوس برای عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). ترکیب‌پذیری عمومی والدهای K74/1، B73 و B254 مثبت و معنی‌دار و برای والدهای K18 و MO17 منفی و معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه ژنتیکی صفات گیاهی لاین‌های ذرت در دو مکان (گرگان و گنبد)

Table 2. Genetic analysis of plant characteristics of maize lines in two locations (Gorgan and Gonbad)

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی d.f	روز از سبز شدن تا ظهور کاکل Day from emergence to silking	روز از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک Day from silking to physiological maturity	تعداد دانه در ردیف بلال No. of grain.row <sup>-1</sup>	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد دانه Grain yield	ردیف دانه در بلال No. of row.ear <sup>-1</sup>	
Location	مکان	1	18648***	3514***	3021***	198671***	101345736***	254***
Location/Replication	مکان / تکرار	4	108	124.7	224	17643	16270829	15.3
Genotype	ژنوتیپ	99	19.45***	16.2***	101***	2207***	5900970***	13***
GCA	ترکیب پذیری عمومی	9	31.57***	13.88***	44.9**	3202***	5850636 <sup>ns</sup>	34.3 <sup>ns</sup>
SCA	ترکیب پذیری خصوصی	45	25.4***	17.7 <sup>ns</sup>	145***	3067***	5701853 <sup>ns</sup>	15.05***
Reverse effect	اثر معکوس	45	11.08***	15.07 <sup>ns</sup>	68***	1148***	6110154 <sup>ns</sup>	6.7***
Maternal effect	اثر مادری	9	9.32*	22.02***	77.5***	2458***	11192514**	12.1***
Non maternal effect	اثر غیرمادری	36	11.52***	13.3***	66.1***	820**	4839563 <sup>ns</sup>	5.4***
Location x Genotype	ژنوتیپ × مکان	99	14.63***	15.5***	73.4***	354 <sup>ns</sup>	5189605***	11***
GCA x Location	GCA در مکان	9	33.65***	27.6***	149***	347 <sup>ns</sup>	11182426**	25.5 <sup>ns</sup>
SCA x Location	SCA در مکان	45	14.84***	16.4 <sup>ns</sup>	78.2***	311 <sup>ns</sup>	4241556***	9.64 <sup>ns</sup>
Location x Reverse effect	اثر معکوس × مکان	45	10.62***	12.2***	54/4***	399 <sup>ns</sup>	4939089***	9.4 <sup>ns</sup>
Location x Maternal effect	اثر مادری × مکان	9	19.56***	17.5***	83.3***	447 <sup>ns</sup>	1702478 <sup>ns</sup>	16.8***
Location x Non maternal effect	اثر غیرمادری × مکان	36	8.38**	10.9***	46***	387 <sup>ns</sup>	5748243***	7.6***
Error	خطا	396	5.29	4.21	18.7	520	318874	2.91
Coefficient of variation (%)	ضریب تغییرات		4.02	3.08	19.8	12.2	20.47	14
(σ <sub>G</sub> <sup>2</sup> )GCA variance	واریانس ترکیب پذیری عمومی		0.036 <sup>ns</sup>	0.016 <sup>ns</sup>	2613842521 <sup>ns</sup>	189.4 <sup>ns</sup>	2613842521 <sup>ns</sup>	0.029 <sup>ns</sup>
(σ <sub>S</sub> <sup>2</sup> )SCA variance	واریانس ترکیب پذیری خصوصی		0.003**	0.0022 <sup>ns</sup>	188226247 <sup>ns</sup>	35.4***	188226247 <sup>ns</sup>	0.001*
(σ <sub>F</sub> <sup>2</sup> )Reciprocal effect variance	واریانس اثرات تلاقی معکوس		0.073 <sup>ns</sup>	0.116 <sup>ns</sup>	19052033024 <sup>ns</sup>	455.6***	19052033024 <sup>ns</sup>	0.041 <sup>ns</sup>
(σ <sub>A</sub> <sup>2</sup> ) Additive variance	واریانس افزایشی		2.98	1.25	3.87	302.87	574434.47	3.33
(σ <sub>D</sub> <sup>2</sup> ) Dominance variance	واریانس غالبیت		2.77	33.79	-4.04	-164.36	5595561.67	33.47
Genetic ratio	نسبت ژنتیکی		0.93	0.44	0.98	1	0.67	0.67
h <sup>2</sup> b	وراثت پذیری عمومی		0.91	0.99	-0.09	0.71	.0994	0.99
h <sup>2</sup> n	وراثت پذیری عمومی		0.47	0.04	2.03	1.54	0.0926	0.09
Dominance degree	درجه غالبیت		1.86	54.16	-2.09	-1.09	19.48	20.08

<sup>ns</sup>, \*, \*\*, \*\*\*: Not significant and significant at 5%, 1% and 0.1% probability levels respectively

<sup>ns</sup>, \*\*, \*, \*\*\*: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال پنج، یک و یک‌دهم درصد

GCA: ترکیب‌پذیری عمومی، SCA: ترکیب‌پذیری خصوصی، : واریانس ترکیب‌پذیری عمومی، : واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی

GCA: General Combining Ability, SCA: Specific Combining Ability, : Variance of GCA, : Variance of SCA

"برآورد ترکیب پذیری و عمل ژن در... مساوات و همکاران، ۱۳۹۸، ۱۵-۱"

جدول ۳- قابلیت ترکیب پذیری عمومی برای صفات گیاهی لاین‌های ذرت در دو مکان (گرگان و گنبد)

Table 3. General combining ability for plant characteristics of maize lines in two locations (Gorgan and Gonbad)

والدین لاین‌های ذرت Parents of maize lines	روز از سبز شدن تا ظهور کاکل Days from emergence to silking	روز از ظهور کاکل تا رسیدن فیزیولوژیک Days from silking to physiological maturity	تعداد دانه در ردیف بلال No. of grain.row <sup>-1</sup>	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد دانه Grain yield	تعداد ردیف دانه در بلال No. of row.ear <sup>-1</sup>
K18	1.19**	0.16 <sup>ns</sup>	0.245**	-3.405 <sup>ns</sup>	0.245**	-1.05***
S0200237-ent006/38-1-1-4-1-3- 2-7	-0.4 <sup>ns</sup>	0.56*	6.83 <sup>ns</sup>	-5.01*	5.83 <sup>ns</sup>	-0.108 <sup>ns</sup>
ILYH0731-2007CHTSY24/8-3-2-1-1-4	-0.07 <sup>ns</sup>	-0.19 <sup>ns</sup>	7.59 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	7.59 <sup>ns</sup>	-0.008 <sup>ns</sup>
K74/1	-0.5 <sup>ns</sup>	-0.32 <sup>ns</sup>	6.254**	-5.35*	0.254**	0.69***
B73	0.23 <sup>ns</sup>	-0.5 <sup>ns</sup>	4.389***	3.33 <sup>ns</sup>	0.389***	0.38*
MO17	0.37 <sup>ns</sup>	-0.27 <sup>ns</sup>	1.36 <sup>ns</sup>	0.95 <sup>ns</sup>	1.36 <sup>ns</sup>	-0.702***
S0200237-ent006/38-1-1-4-1-3-2-5	-0.35 <sup>ns</sup>	0.41 <sup>ns</sup>	6.263**	-4.21 <sup>ns</sup>	0.264**	0.034 <sup>ns</sup>
ILYH0731-2007CHTSY24/8-3-2-3-1-11	-0.47 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>	6.256**	8.05***	0.257***	0.12 <sup>ns</sup>
S0200237-ent006/(B73*40-11-1)-2-3-1-1	-0.05 <sup>ns</sup>	-0.145 <sup>ns</sup>	7.68 <sup>ns</sup>	8.43***	7.68 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>
S0200237-ent006/(B73*40-10-1)-2-4-1-4	0.04 <sup>ns</sup>	0.121 <sup>ns</sup>	1.02 <sup>ns</sup>	-3.05 <sup>ns</sup>	1.02 <sup>ns</sup>	0.558***

ns, \*, \*\*, \*\*\*: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال پنج، یک و یک‌دهم درصد

ns, \*, \*\*, \*\*\*: Not significant and significant at 5%, 1% and 0.1% probability levels respectively

جدول ۴- قابلیت ترکیب پذیری خصوصی برای صفات گیاهی لاین های ذرت در دو مکان (گرگان و گنبد)

Table 4. Specific combining ability for plant characteristics of maize lines in two locations (Gorgan and Gonbad)

تلاقی ها Crosses	روز از سبز شدن تا ظهور کامل Days from emergence to silking	روز از ظهور کامل تا رسیدن فیزیولوژیک Days from silking to physiological maturity	تعداد دانه در ردیف بلال No. of grain.row <sup>-1</sup>	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد دانه Grain yield	تعداد ردیف دانه در بلال No of row.ear <sup>-1</sup>	
1	S12	0.1 <sup>ns</sup>	-0.88 <sup>ns</sup>	0.364 <sup>ns</sup>	-12.75 <sup>ns</sup>	9.363 <sup>ns</sup>	-1.348 <sup>**</sup>
2	S13	1.1 <sup>ns</sup>	-0.88 <sup>ns</sup>	2.940 <sup>***</sup>	10.2 <sup>ns</sup>	940 <sup>***</sup>	-0.36 <sup>ns</sup>
3	S14	-0.55 <sup>ns</sup>	-0.08 <sup>ns</sup>	0.370 <sup>ns</sup>	6.15 <sup>ns</sup>	9.369 <sup>ns</sup>	-1.15 <sup>*</sup>
4	S15	-0.62 <sup>ns</sup>	0.27 <sup>ns</sup>	-0.779 <sup>**</sup>	4.21 <sup>ns</sup>	-779 <sup>**</sup>	0.91 <sup>ns</sup>
5	S16	0.5 <sup>ns</sup>	-1.71 <sup>*</sup>	0.333 <sup>ns</sup>	-9.3 <sup>ns</sup>	333 <sup>ns</sup>	0.89 <sup>ns</sup>
6	S17	-0.28 <sup>ns</sup>	2.35 <sup>**</sup>	1.85 <sup>ns</sup>	11.96 <sup>ns</sup>	-1.85 <sup>ns</sup>	-0.16 <sup>ns</sup>
7	S18	-3 <sup>*</sup>	0.77 <sup>ns</sup>	172 <sup>ns</sup>	11.16 <sup>ns</sup>	4.172 <sup>ns</sup>	1.92 <sup>***</sup>
8	S19	-0/58 <sup>ns</sup>	2.328 <sup>**</sup>	209 <sup>ns</sup>	7.63 <sup>ns</sup>	209 <sup>ns</sup>	-0.78 <sup>ns</sup>
9	S110	-5.02 <sup>ns</sup>	4.958 <sup>***</sup>	-4.35 <sup>ns</sup>	36.28 <sup>**</sup>	-4.35 <sup>ns</sup>	1.56 <sup>ns</sup>
10	S23	-0.058 <sup>ns</sup>	1.55 <sup>ns</sup>	-324 <sup>ns</sup>	9.27 <sup>ns</sup>	-7.323 <sup>ns</sup>	1.11 <sup>*</sup>
11	S24	-0.29 <sup>ns</sup>	-0.4 <sup>ns</sup>	-1184 <sup>***</sup>	7.11 <sup>ns</sup>	1184 <sup>***</sup>	0.99 <sup>*</sup>
12	S25	-0.775 <sup>ns</sup>	1.37 <sup>ns</sup>	845 <sup>**</sup>	19.4 <sup>**</sup>	845 <sup>**</sup>	0.05 <sup>ns</sup>
13	S26	-0.24 <sup>ns</sup>	-0.28 <sup>ns</sup>	482 <sup>ns</sup>	0.078 <sup>ns</sup>	482 <sup>ns</sup>	0.302 <sup>ns</sup>
14	S27	-0.108 <sup>ns</sup>	-0.38 <sup>ns</sup>	0.245 <sup>ns</sup>	-13.9 <sup>*</sup>	-245 <sup>ns</sup>	0.066 <sup>ns</sup>
15	S28	0.34 <sup>ns</sup>	0.29 <sup>ns</sup>	598 <sup>*</sup>	12.4 <sup>ns</sup>	598 <sup>*</sup>	1.64 <sup>***</sup>
16	S29	0.09 <sup>ns</sup>	0.93 <sup>ns</sup>	430 <sup>ns</sup>	5.02 <sup>ns</sup>	430 <sup>ns</sup>	0.52 <sup>ns</sup>
17	S210	-2.44 <sup>ns</sup>	0.525 <sup>ns</sup>	1332 <sup>***</sup>	69.2 <sup>***</sup>	1332 <sup>**</sup>	6.25 <sup>***</sup>
18	S34	0.375 <sup>ns</sup>	-0.4 <sup>ns</sup>	568 <sup>*</sup>	-1.85 <sup>ns</sup>	1.568 <sup>*</sup>	0.64 <sup>ns</sup>
19	S35	0.058 <sup>ns</sup>	-0.13 <sup>ns</sup>	-366 <sup>ns</sup>	-11.6 <sup>ns</sup>	-366 <sup>ns</sup>	0.37 <sup>ns</sup>
20	S36	-3.66 <sup>**</sup>	1.47 <sup>ns</sup>	-0.729 <sup>**</sup>	15.7 <sup>*</sup>	-729 <sup>**</sup>	1.28 <sup>**</sup>
21	S37	-0.108 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	539.6 <sup>ns</sup>	6.29 <sup>ns</sup>	540 <sup>ns</sup>	-0.37 <sup>ns</sup>
22	S38	0.258 <sup>ns</sup>	-0.13 <sup>ns</sup>	-9.99 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	-99.9 <sup>ns</sup>	-0.88 <sup>ns</sup>
23	S39	0.675 <sup>ns</sup>	-0.24 <sup>ns</sup>	566.6 <sup>*</sup>	-5.12 <sup>ns</sup>	-567 <sup>*</sup>	-1.08 <sup>*</sup>
24	S310	-1.358 <sup>ns</sup>	-1.975 <sup>ns</sup>	1314 <sup>***</sup>	11.08 <sup>ns</sup>	1314 <sup>**</sup>	-1.07 <sup>ns</sup>

ns, \*, \*\*, \*\*\*: Not significant and significant at 5%, 1% and 0.1% probability levels respectively  
 ns, \*\*, \*\*\*, \*\*\*: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال پنج، یک و یک دهم درصد  
 1: K18, 2: S0200237-ent006/38-1-1-4-1-3- 2-7, 3: ILYH0731-2007CHTSY24/8-3-2-1-1-4, 4: K74/1, 5: B73, 6: MO17, 7: S0200237-ent006/38-1-1-4-1-3-2-5, 8: ILYH0731-2007CHTSY24/8-3-2-3-1-11, 9: S0200237-ent006/(B73\*40-11-1)-2-3-1-1, 10: S0200237-ent006/(B73\*40-10-1)-2-4-1-4

"برآورد ترکیب پذیری و عمل ژن در... مساوات و همکاران، ۱۳۹۸، ۱۵-۱"

جدول ۴ - (ادامه)

Table 4. (Continued)

تلاقی‌ها Crosses	روز از سبز شدن تا ظهور کاکل Days from emergence to silking	روز از ظهور کاکل تا رسیدن فیزیولوژیک Days from silking to physiological maturity	تعداد دانه در هر ردیف بلال No. of grain.row <sup>-1</sup>	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد دانه Grain yield	تعداد ردیف دانه در بلال No of row.ear <sup>-1</sup>	
25	S45	-0.09 <sup>ns</sup>	99.51 <sup>ns</sup>	-6.4 <sup>ns</sup>	52 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>	
26	S46	-2.39 <sup>ns</sup>	2.27 <sup>**</sup>	-499 <sup>ns</sup>	6.35 <sup>ns</sup>	-499 <sup>ns</sup>	0.67 <sup>ns</sup>
27	S47	0.075 <sup>ns</sup>	-0.163 <sup>ns</sup>	1089 <sup>***</sup>	13.46 <sup>ns</sup>	1089 <sup>**</sup>	1.77 <sup>***</sup>
28	S48	0.525 <sup>ns</sup>	-0.663 <sup>ns</sup>	-6.431 <sup>ns</sup>	-8.7 <sup>ns</sup>	-432 <sup>ns</sup>	-0.24 <sup>ns</sup>
29	S49	0.19 <sup>ns</sup>	-0.105 <sup>ns</sup>	1040 <sup>***</sup>	10.1 <sup>ns</sup>	1040 <sup>***</sup>	-0.94 <sup>ns</sup>
30	S410	-3.29 <sup>ns</sup>	-0.525 <sup>ns</sup>	1798 <sup>***</sup>	22.63 <sup>ns</sup>	1798 <sup>***</sup>	1.72 <sup>ns</sup>
31	S56	-0.79 <sup>ns</sup>	0.95 <sup>ns</sup>	341 <sup>ns</sup>	14.2 <sup>*</sup>	341 <sup>ns</sup>	-0.19 <sup>ns</sup>
32	S57	-0.99 <sup>ns</sup>	1.02 <sup>ns</sup>	8.202 <sup>ns</sup>	7.93 <sup>ns</sup>	203 <sup>ns</sup>	-0.59 <sup>ns</sup>
33	S58	-0.29 <sup>ns</sup>	0.6 <sup>ns</sup>	6.709 <sup>**</sup>	9 <sup>ns</sup>	709 <sup>**</sup>	-0.6 <sup>ns</sup>
34	S59	-0.21 <sup>ns</sup>	-1.17 <sup>ns</sup>	-74.7 <sup>ns</sup>	10.86 <sup>ns</sup>	-75.7 <sup>ns</sup>	0.95 <sup>ns</sup>
35	S510	-3.475 <sup>ns</sup>	1.29 <sup>ns</sup>	778 <sup>ns</sup>	57.3 <sup>***</sup>	778 <sup>ns</sup>	-0.008 <sup>ns</sup>
36	S67	-0.29 <sup>ns</sup>	-0.71 <sup>ns</sup>	1019 <sup>***</sup>	12.2 <sup>ns</sup>	1019 <sup>***</sup>	0.99 <sup>*</sup>
37	S68	-0.09 <sup>ns</sup>	0.45 <sup>ns</sup>	170 <sup>ns</sup>	19.2 <sup>**</sup>	170 <sup>ns</sup>	-0.85 <sup>ns</sup>
38	S69	-1.84 <sup>ns</sup>	0.68 <sup>ns</sup>	510 <sup>ns</sup>	6.2 <sup>ns</sup>	510 <sup>ns</sup>	0.37 <sup>ns</sup>
39	S610	-5.84 <sup>*</sup>	3.61 <sup>**</sup>	2077 <sup>***</sup>	47.8 <sup>***</sup>	2077 <sup>***</sup>	1.072 <sup>ns</sup>
40	S78	0.208 <sup>ns</sup>	-1.56 <sup>ns</sup>	-869 <sup>***</sup>	-7.4 <sup>ns</sup>	-869 <sup>***</sup>	0.75 <sup>ns</sup>
41	S79	-0.54 <sup>ns</sup>	-0.09 <sup>ns</sup>	267 <sup>ns</sup>	2.7 <sup>ns</sup>	267 <sup>ns</sup>	-0.12 <sup>ns</sup>
42	S710	0.475 <sup>ns</sup>	1.89 <sup>*</sup>	2343 <sup>***</sup>	40.19 <sup>***</sup>	2343 <sup>***</sup>	2.81 <sup>**</sup>
43	S89	0.24 <sup>ns</sup>	-0.34 <sup>ns</sup>	-136 <sup>ns</sup>	-14.8 <sup>*</sup>	-136 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>
44	S810	-0.84 <sup>ns</sup>	0.425 <sup>ns</sup>	8.514 <sup>ns</sup>	-7.15 <sup>ns</sup>	-780 <sup>ns</sup>	3.07 <sup>***</sup>
45	S910	-1.34 <sup>ns</sup>	-1.183 <sup>ns</sup>	11 <sup>ns</sup>	30.74 <sup>**</sup>	390 <sup>ns</sup>	-0.316 <sup>ns</sup>

ns, \*, \*\*, \*\*\*: Not significant and significant at 5%, 1% and 0.1% probability levels respectively  
 ns, \*\*, \*\*\*, \*\*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج، یک و یک‌دهم درصد  
 1: K18, 2: S0200237-ent006/38-1-1-4-1-3- 2-7, 3: ILYH0731-2007CHTSY24/8-3-2-1-1-4, 4: K74/1, 5: B73, 6: MO17, 7: S0200237-ent006/38-1-1-4-1-3-2-5, 8: ILYH0731-2007CHTSY24/8-3-2-3-1-11,  
 9: S0200237-ent006/(B73\*40-11-1)-2-3-1-1, 10: S0200237-ent006/(B73\*40-10-1)-2-4-1-4

ژن‌ها نشان داد که تولید دورگ‌هایی با عملکرد بالاتر از والدین با استفاده از ارقام موجود امکان‌پذیر است. نتایج حاصل از کنترل ژنتیکی در کلیه صفات مورد بررسی، به جز عملکرد دانه، در دو مکان یکسان بود. تجزیه ترکیب پذیری نشان‌دهنده اهمیت بیشتر اثرات غیر افزایشی در مقایسه با اثرات افزایشی برای کلیه صفات بود، در نتیجه گزینش در نسل‌های اول برای این صفات از کارایی لازم برخوردار نخواهد بود. اگرچه اثر متقابل ترکیب پذیری عمومی در مکان برای اکثر صفات معنی‌دار بود، ولی با توجه به اثر ترکیب پذیری عمومی والدین در دو محیط، بهترین والدین برای اصلاح و پیشرفت ژنتیکی صفات مورد نظر انتخاب شدند. والدین B276، B254، C53 و B196 بر اساس کلیه صفات مورد ارزیابی، بالاترین مقادیر را بخود اختصاص داده و والد‌های مناسبی جهت بهبود این صفات شناخته شدند.

در تستر، از دورگ لاین دیررس K3615/2 با تستر MO17 و از دورگ لاین KLM7610/1-13 استخراجی از ژرم پلاسما سیمیت با تستر B73، به ترتیب با ۱۱/۲۰۰ و ۱۱/۰۸۰ تن در هکتار بالاترین عملکرد دانه بدست آمد (Choukan and Mosavat, 2007).

### نتیجه‌گیری

در اکثر صفات مورد بررسی در لاین‌های ذرت مقادیر پایین وراثت‌پذیری خصوصی و مقادیر بیشتر واریانس غالبیت، نشان‌دهنده اهمیت بیشتر اثرات غالبیت در کنترل ژنتیکی این صفات می‌باشد، بنابراین در اصلاح این صفات نقشی برای عمل‌گزینش نمی‌توان قائل شد و باید از روش‌های مبتنی بر هیبریداسیون استفاده نمود. درجه غالبیت بیشتر از یک نیز نشان‌دهنده عمل فوق‌غالبیت ژن‌ها در کنترل این صفات بود. نتایج حاصل از برآورد نوع عمل

### References

### منابع مورد استفاده

- Afarinesh, A., E. Farshadfar and R. Choukan. 2004. Genetic analysis of drought tolerance on maize by diallel cross method. Seed Plant J. 20 (4): 457-473. (In persian with English abstract).
- 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. Bangladesh J. Agric. Res. 33(3): 375-379.
- Alam, M. F., M. M. R. Khan, M. Nuruzzaman, S. Parvez, A. M. Swaraz, I. Alam and N. Ahsan. 2004. Genetic basis of heterosis and inbreeding depression in rice (*Oryza sativa* L.). J. Zhejiang University (Science). 5(4): 406-411.
- Atanaw, A., M. C. Wali, P. M. Salimath and R. C. Jagadeesha. 2006. Combining ability, heterosis and per se performance in maize maturity components. Karnataka J. Agric. Sci. 19(2): 268-271.
- Barati, A., G. H. Nematzadeh, G. Abaskianoosh and R. Choukan. 2003. An investigation of gene action on different traits of corn (*Zea may* L.) using diallel crosses system. Iranian Journal of Agricultural Science. 4 (1): 163-168. (In persian with English abstract).
- Becker, W. A. 1986. Manual of quantitative genetics: Academic Enterprises. USA
- Bordallo, Patricia do N., M. G. Pereira and A. T. Amaral Junior. 2005. Diallel analysis of sweet and regular corn genotypes for agronomic characters and total protein content. Horticultura Brasileira. 23(1): 123-127.
- Choukan, R. 2001. Evaluation of yield and yield components on grain maize by using diallel cross. Iran. J. Crop

Sci. 3(3): 1-8. (In persian with English abstract).

**Choukan, R. 2007.** Heterotic grouping of maize inbred lines based on specific combining ability with tester lines. Seed Plant J. 22 (3): 399-409. (In persian with English abstract).

**Choukan, R. 2013.** Maize and maize properties. Seed and Plant Improvement Institute. pp 432. (In Persian).

**Choukan, R. and A. Mosavat. 2007.** Mode of gene action of different traits in maize tester lines using diallele crosses. Seed Plant J. 21: 547-560. (In persian with English abstract).

**Cosmin, O., N. Bica and C. Bagiu. 1991.** Study of combining ability in some inbred lines of maize. 23 (3-4) 105-122. Maize Abs. 1993. 9(1).

**Dehghani, H., S. H. Sabaghpour and A. Ebadi. 2010.** Study of genotype  $\times$  environment interaction for chickpea yield in Iran. Agron. J. 102: 1-8.

**Dehghanpour, Z., 2002.** General and specific combining ability and genetic parameters of maize inbred lines for different triats. Seed Plant J. 18 (1): 49-61. (In persian with English abstract).

**Dehghanpour, Z., B. Ehdaie and M. Moghaddam. 1996.** Diallel analysis of agronomic characters in white endosperm corn. J. Genet. Breed. 50: 357-365.

**Dehghanpour, Z. 2014.** Diallel analysis of grain yield, number of kernel rows per ear and number of kernels per row in early maturity maize hybrids. Iran. J. Crop Sci. 15(4): 355-366. (In persian with English abstract).

**Fan, X. M., H. M. Chen, J. Tan, C. X. Xu, Y. M. Zhang, Y. X. Huang, and M. S. Kang. 2008.** A new maize heterotic pattern between temperate and tropical germplasms. Agron. J. 100: 917-923.

**Griffing, B. 1956a.** Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9: 463-493.

**Griffing, B. 1956b.** A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. Heredity 10(1): 31-50.

**Iqbal, M., K. Khan, H. Sher and H. Rahman, 2011.** Genotypic and phenotypic relationship between physiological an grain yield related traits in four maize (*Zea mays* L.) crosses of subtropical climate. J. Sci. Res. Essays. 6(13): 2864-2872.

**Liu, L. Y. 2008.** Combining ability analysis and evaluation on Ga waxy corn inbred lines. <http://www.casb.org.cn/qikan/epaper/zhaiyao.asp?bsid=15144>

**Malvar, R. A., A. Ordas, P. Revilla and M. E. Cartea. 1996.** Estimates of genetic variances in two populations of maize. Crop Sci. 36: 291-295.

**Pavilkova, T. and S. B. Rood. 1987.** Diallel analysis of leaf number, leaf development rate, and plan height of early maturing maize. Crop Sci. 21: 867-873.

**Saleem, M., K. Shahzd, M. Javid and A. Ahmad. 2002.** Genetic analysis for various quantitative traits in maize (*Zea mays* L.) inbred lines. Int. J. Agric. Biol. 4(3): 379-382.

**Sher, H., M. Iqbal, K. Khan, M. Yasir and H. UR-Rahman. 2012.** Genetic analysis of maturity and flowering

characteristics in maize (*Zea mays* L.). Asian Pac. J. Trop. Biomed. 2 (8): 621-626.

**Spaner, D., R. A. I. Brathwait and D. E. Mather. 1996.** Diallel study of open- pollinated maize varieties in Trinidad. Euphytica. 90: 65-72.

**Truberg, B. and M. Huehn. 2000.** Contribution to the analysis of genotype by environment interactions: Comparison of different parametric and non -parametric tests for interactions with emphasis on crossover interactions. Agron. Crop Sci. 185: 267- 274.

**Zare, M., R. Choukan, E. Majidi Heravan and M. R. Bihamta. 2011.** Study of combining ability, heritability and heterosis in corn using diallel crosses of inbred lines. J. Agron, Plant Breed. 1(6): 43-63.

**Zhang, Y., M. S. Kang and R. Magari. 1996.** A diallel analysis of ear moisture loss rate in maize. Crop Sci. 36: 1140-1144.

## Estimation of combining ability and gene action in selected maize (*Zea mays* L.) lines

Mosavat, S. A.<sup>1</sup>, H. Mazahery-Laghab<sup>2</sup>, H. Soltanloo<sup>3</sup>, and R. Choukan<sup>4</sup>

### ABSTRACT

Mosavat, S. A., H. Mazahery-Laghab, H. Soltanloo, and R. Choukan. 2019. Estimated combining ability and gene action in selected maize (*Zea mays* L.) lines. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 21(1): 1-15. (In Persian).

Maize is one of the most important grain and forage crop, that has a unique role in the food and feed industry, especially poultry feed. To estimate combining ability and gene action and to identify the best hybrid combination for different morphological traits, experiments were designed and carried out as diallel crossing with 10 parents at Gorgan Agricultural Research Station, Gorgan, Iran, in 2013. The progenies were grown in randomized complete block design with three replications in two locations including; Araghi-Mahaleh in Gorgan and Gonbad Agricultural Research Stations in Gonbad, Iran, in 2014. Data for days from emergence to silking, days from silking to physiological maturity, number of row.ear<sup>-1</sup>, grain yield, plant height and number of grain.ear<sup>-1</sup>, were measured and recorded. Analysis of variance was performed separately for each location, and then combined analysis of variance was also performed. The effects of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) were significant on most traits, which implied that both additive and non-additive actions were involved in controlling these traits. The dominance degree was greater than one also indicated that the over-dominance of genes action in controlling the studied traits. For all studied traits, low narrow sense heritability and a greater dominance variance indicated that dominance actions was more important in genetic control of these traits. Therefore, to improve traits such as days from silking to physiological maturity and number of row.ear<sup>-1</sup> selection would not be efficient, and hybridization methods should be used for development and improvement of maize germplasm.

**Key word:** Combining ability, Genetic control, Heritability and Maize lines.

Received: January, 2018 Accepted: January, 2019

1. Former PhD Student of Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran and Assistant of Professor, Field and Horticulture Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran (Corresponding author) (Email: afshinmosavat@gmail.com)

2. Associate Prof., Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

3. Associate Prof., Gorgan University of Agricultural and Natural Resources Sciences, Gorgan, Iran

4. Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran