"مجله علوم زراعی ایران"
جلد بیست و یکم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

مقاله پژوهشی

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[۱]، حجت‌اله مظاهری لقب[۲]، حسن سلطانلو[۳] و رجب چوکان[۴]

چکیده

مساوات. س. ا.، ح. مظاهری لقب، ح. سلطانلو و ر. چوکان. ۱۳۹۸. برآورد ترکیب پذیری و عمل ژن در لاین‌های منتخب ذرت (*Zea mays* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ۲۱(۱): ۱۵-۱.**

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 لاین های 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. نتاج جهت 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 وراثت‌پذیری 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.

واژهای کلیدی: ترکیب‌پذیری، کنترل ژنتیکی، لاین‌های ذرت و وراثت‌پذیری.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۲ این مقاله مستخرج ازطرح 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 امکان پذیر 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 بین اللی 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 تسترذرت 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. پاویلکوا 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 ترکیب پذیری و هتروزیس در شش واریته آزاد گرده‌افشان

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 دی آلل 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 و 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 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 فوق الذکر از اهداف این تحقیق بوده است.

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) درقالب تلاقی دی‌آلل کامل در تابستان سال ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان مورد بررسی قرار گرفتند. بذرهای هر لاین در یک ردیف پنج متری به فاصله بوته ۲۰ سانتی‌متر در دو تاریخ کاشت (به فواصل ۷ روز؛ به‌منظور ایجاد همزمانی در گلدهی نر و ماده) کشت شدند. در زمان گرده‌افشانی به‌منظور 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. بذرهای 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 نتاج 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 دی‌آلل استفاده گردید. واریانس افزایشی از طریق دو برابر کردن واریانس ترکیب‌پذیری عمومی برآورد شد:

$(\sigma^2_A = 2\sigma^2_{gca})$ (رابطه ۱)

واریانس غالبیت از طریق واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی برآورد شد (رابطه ۲):

$(\sigma^2_D = \sigma^2_{sca})$ (رابطه ۲)

بر اساس نظر گریفینگ میزان وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی با استفاده از رابطه‌های زیر بدست آمد:

$$h^2_b = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_P} = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_A + \sigma^2_D + M'_e}$$ (رابطه ۳)

$$h^2_n = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P} = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P} = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_G + \sigma^2_E} = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_A + \sigma^2_D + M'_E}$$ (رابطه ۴)

$$\delta^2_E = ME'$$ (رابطه ۵)

$$h^2_n = \frac{(\sigma^2_A)}{(\sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_E)}$$ (رابطه ۶)

$$h^2_b = \frac{(\sigma^2_A + \sigma^2_D)}{(\sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_E)}$$ (رابطه ۷)

که در آن σ^2_A واریانس‌افزایشی، σ^2_D واریانس-غالبیت، σ^2_{gca}واریانس ترکیب پذیری عمومی، σ^2_{gca} واریانس ترکیب پذیری خصوصی، h^2_b وراثت پذیری عمومی، h^2_n وراثت پذیری خصوصی، σ^2_g یا σ^2_Gواریانس ژنوتیپی، σ^2_Pواریانس فنوتیپی، σ^2_δ(ME′)واریانس خطا و r تعداد تکرار هستند. σ^2_δ خارج قسمت میانگین مربعات اشتباه آزمایشی بر تعداد تکرار است. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزارSAS 9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب صفات درجدول 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 دی‌آلل فراهم بوده و تنوع ژنتیکی لاین‌ها امکان تفکیک واریانس تلاقی‌ها به ترکیب پذیری 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

ثانیاً با احتیاط بیشتری نتایج حاصل را تفسیر کند (Truberg and Huehn, 2000). اگر چه معنی‌دار شدن اثرات متقابل صفات نامطلوب به نظر می‌رسد، ولی استفاده از اثرات متقابل مثبت می‌تواند برای اصلاحگر مفید باشد و می‌تواند 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 معنی‌دار بود. تجزیه ترکیب‌پذیری این صفت نشان داد که میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی و خصوصی و اثرات مادری و اثرات غیرمادری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. معنی‌دار شدن اثرات ترکیب پذیری عمومی در مکان، ترکیب پذیری خصوصی در مکان و اثرات مادری در مکان نشانگر این است که ترکیب‌پذیری عمومی والدین، خصوصی دورگ‌ها و اثرات معکوس در شرایط محیطی دستخوش تغییر می‌شوند. والدهای C5 و K74/1 دارای قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌داری (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 معنی‌دار 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 ژنوتیپ‌ها برای برنامه‌های اصلاحی آینده این موضوع باید در نظر گرفته شود. دورگ‌های MO17×B254 و B196×MO17 بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار را داشتند (جدول ۴).

با توجه به نزدیک بودن مقادیر واریانس افزایشی (۲/۹۸) به واریانس غالبیت (۲/۷۷)، به نظر می‌رسد که هر دو اثر افزایشی و غالبیت در کنترل این صفت سهیم 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، باعث پدیده هتروزیس در نسل اول می‌شود. مقدار وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی این صفت به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۴۷ بود (جدول‌های ۳ و ۴). نتایج حاصل از آزمایش شر و همکاران (Sher *et al.*, 2012) نشان داد که اثرات غیرآللی افزایشی×افزایشی و افزایشی×غالبیت نیز در کنترل این صفت نقش داشته و می‌توان 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 نشان‌دهنده سهم بیشتر اثر غیرافزایشی ژن‌ها نسبت به اثر افزایشی در کنترل این صفت بود (جدول‌های ۳ و ۴). ترکیب‌پذیری عمومی هیچیک از والدین در تجزیه مرکب معنی‌دار نشد، در حالیکه در تجزیه جداگانه ترکیب‌پذیری عمومی والد MO17 در ایستگاه عراقی محله گرگان و والد B276 در ایستگاه گنبد منفی و معنی‌دار بود. بنابراین به نظر می‌رسد که از این والدین می‌توان برای کاکل‌دهی زودهنگام و افزایش طول دوره پرشدن بلال استفاده کرد. دورگ‌های C5×C53 و M017×C5 از نظر تعداد روز از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیک به ترتیب بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی منفی را در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان وگنبد داشتند.

نتایج نشان داد که تنوع ژنتیکی لازم بین ژنوتیپ‌های ذرت برای صفت ارتفاع بوته وجود داشت (جدول ۲). میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و

نشان‌دهنده کنترل این صفت توسط اثرات افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها بود (جدول ۲). زارع و همکاران (Zare *et al.*, 2011) و بوردالو و همکاران (۲۰۰۵) (Bordallo *et al.*, 2005) نیز گزارش کردند که معنی‌دار شدن میانگین مربعات ترکیب پذیری عمومی و خصوصی و همچنین معنی‌دار 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 ژن‌ها در کنترل ارتفاع بوته را نشان داد. اثرات ترکیب پذیری عمومی، ترکیب پذیری خصوصی، اثر معکوس، مادری و غیرمادری در سطح یک درصد معنی‌دار بودند. اثرات مکان × ترکیب پذیری عمومی، مکان × ترکیب پذیری خصوصی، مکان × اثر معکوس، مکان × اثر مادری و مکان × اثر غیرمادری نیز معنی‌دار بودند که نشان‌دهنده تغییر میزان ترکیب پذیری عمومی والدین و ترکیب پذیری خصوصی دورگ‌ها و اثرات معکوس در دو ایستگاه تحقیقاتی بود. درجه غالبیت محاسبه شده برای این صفت در هر دو مکان نزدیک به یک بود که نشان‌دهنده کنترل این صفت توسط اثرات غیرافزایشی ژن‌ها می‌باشد (جدول ۲). اثرات ترکیب پذیری عمومی والدهای K74/1 و C7 منفی و معنی‌دار بود (جدول ۴)، بنابراین این دو والد در کاهش ارتفاع موثر بوده‌اند، در حالیکه والدین C53 و B276 بیشترین ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار را داشتند.

دورگ‌های C7×B254 و B73×B254 به ترتیب با ترکیب‌پذیری خصوصی ۶۹/۲ و ۵۷/۳ بهترین دورگ‌ها برای افزایش صفت ارتفاع بوته شناخته شدند. برآورد اجزای واریانس ژنتیکی در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. برای صفت ارتفاع بوته سهم واریانس افزایشی و غالبیت به‌ترتیب ۳۰۲/۷۸ و ۱۶۴/۳۶- و مقدار وراثت‌پذیری خصوصی و عمومی به ترتیب ۰/۷۱ و ۰/۵۴ بود. در آزمایش زارع و همکاران (Zare *et al.*, 2011) معنی‌دار 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 می‌تواند 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 می‌باشد (Fan *et al.*, 2008).

بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال به ترتیب در والد B276 و سپس والد B254 (۱۲/۱۹) بدست آمد. دورگ‌های K74/1×C5، C7×B254 و B276×C7 نیز بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال را داشتند. واریانس ترکیب‌پذیری عمومی، خصوصی، اثرات معکوس، مادری و غیر مادری برای این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). دو والد K74/1 و B254 ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری 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 غیرافزایشی ژن را در تعیین صفت فوق نشان می‌دهد، بنابراین برای به‌نژادگر، پیش‌بینی بهبود این صفت در مواد ژنتیکی فوق، از طریق قابلیت ترکیب‌پذیری لاین‌های والدینی، با توجه به همبستگی مثبت با برخی صفات، امکان‌پذیر خواهد شد. افزایش ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های حاصل از هیبریدهای مذکور با افزایش تعداد ردیف دانه در بلال و افزایش تعداد دانه در ردیف و بدنبال آن افزایش عملکرد همراه است. اهمیت بیشتر اثرات غیرافزایشی نشان‌دهنده آن است که انتخاب در نسل‌های اول حاصل از تلاقی، در اصلاح این صفت مؤثر نخواهد بود. وراثت‌پذیری خصوصی و عمومی برای این صفت به ترتیب ۰/۵۷ و ۰/۹۳ برآورد شد

(جدول‌های ۳ و ۴).

تعداد دانه در ردیف بلال یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد ذرت محسوب می‌شود. در بین والدین، والدهای B254 و C7 با میانگین ۲۵/۲ و ۷، به‌ترتیب 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 ترکیب پذیری عمومی، ترکیب پذیری خصوصی، اثرات معکوس، مادری و غیر مادری معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار ترکیب پذیری 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 قابلیت‌ترکیب‌پذیری عمومی برمبنای 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 (سنتتیک) 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 ۰/۰۹- 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 ترکیب پذیری عمومی و ترکیب پذیری خصوصی و اثرات معکوس برای عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). ترکیب پذیری عمومی والدهای K74/1، B73 و B254 مثبت و معنی‌دار و برای والدهای K18 و MO17 منفی و معنی‌دار بود (جدول ۳). 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 فوق غالبیت 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

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^{-1}	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد دانه Grain yield	ردیف دانه در بلال No. of row.ear^{-1}
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^{ns}	34.3^{ns}
SCA	ترکیب پذیری خصوصی	45	25.4***	17.7^{ns}	145***	3067***	5701853^{ns}	15.05***
Reverse effect	اثر معکوس	45	11.08***	15.07^{ns}	68***	1148***	6110154^{ns}	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^{ns}	5.4***
Location x Genotype	ژنوتیپ × مکان	99	14.63***	15.5***	73.4***	354^{ns}	5189605***	11***
GCA x Location	GCA در مکان	9	33.65***	27.6***	149***	347^{ns}	11182426**	25.5^{ns}
SCA x Location	SCA در مکان	45	14.84***	16.4^{ns}	78.2***	311^{ns}	4241556***	9.64^{ns}
Location x Reverse effect	اثر معکوس × مکان	۴۵	10.62***	12.2***	۵۳/۴***	399^{ns}	4939089***	9.4^{ns}
Location x Maternal effect	اثر مادری × مکان	9	19.56***	17.5***	83.3***	447^{ns}	1702478^{ns}	16.8***
Location x Non maternal effect	اثر غیرمادری × مکان	36	8.38**	10.9***	46***	387^{ns}	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_g^2)GCA variance	واریانس ترکیب پذیری عمومی		0.036^{ns}	0.016^{ns}	2613842521^{ns}	189.4^{ns}	2613842521^{ns}	0.029^{ns}
(σ_S^2)SCA variance	واریانس ترکیب پذیری خصوصی		0.003**	0.0022^{ns}	188226247^{ns}	35.4***	188226247^{ns}	0.001*
(σ_r^2)Reciprocal effect variance	واریانس اثرات تلاقی معکوس		0.073^{ns}	0.116^{ns}	19052033024^{ns}	455.6***	19052033024^{ns}	0.041^{ns}
(σ_A^2) Additive variance	واریانس افزایشی		2.98	1.25	3.87	302.87	574434.47	3.33
(σ_D^2) 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^2b	وراثت پذیری عمومی		0.91	0.99	-0.09	0.71	.0994	0.99
h^2n	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

^{ns}, *, **, ***: Not significant and significant at 5%, 1% and 0.1% probability levels respectively

^{ns}، *، **، ***: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج، یک و یک‌دهم درصد

GCA: General Combining Ability, SCA: Specific Combining Ability, σ_g^2 : Variance of GCA , σ_S^2 : Variance of SCA

GCA: ترکیب‌پذیری عمومی، SCA: ترکیب‌پذیری خصوصی، σ_g^2 : واریانس ترکیب‌پذیری عمومی، σ_S^2 : واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی

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^{-1}	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد دانه Grain yield	تعداد ردیف دانه در بلال No. of row.ear^{-1}
K18	1.19^{**}	0.16^{ns}	0.245^{**}	-3.405^{ns}	0.245^{**}	-1.05^{***}
S0200237-ent006/38-1-1-4-1-3- 2-7	-0.4^{ns}	0.56^{*}	6.83^{ns}	-5.01^{*}	5.83^{ns}	-0.108^{ns}
ILYH0731-2007CHTSY24/8-3-2-1-1-4	-0.07^{ns}	-0.19^{ns}	7.59^{ns}	0.28^{ns}	7.59^{ns}	-0.008^{ns}
K74/1	-0.5^{ns}	-0.32^{ns}	6.254^{**}	-5.35^{*}	0.254^{**}	0.69^{***}
B73	0.23^{ns}	-0.5^{ns}	4.389^{***}	3.33^{ns}	0.389^{***}	0.38^{*}
MO17	0.37^{ns}	-0.27^{ns}	1.36^{ns}	0.95^{ns}	1.36^{ns}	-0.702^{***}
S0200237-ent006/38-1-1-4-1-3-2-5	-0.35^{ns}	0.41^{ns}	6.263^{**}	-4.21^{ns}	0.264^{**}	0.034^{ns}
ILYH0731-2007CHTSY24/8-3-2-3-1-11	-0.47^{ns}	0.16^{ns}	6.256^{**}	8.05^{***}	0.257^{***}	0.12^{ns}
S0200237-ent006/(B73*40-11-1)-2-3-1-1	-0.05^{ns}	-0.145^{ns}	7.68^{ns}	8.43^{***}	7.68^{ns}	0.08^{ns}
S0200237-ent006/(B73*40-10-1)-2-4-1-4	0.04^{ns}	0.121^{ns}	1.02^{ns}	-3.05^{ns}	1.02^{ns}	0.558^{***}

ns، *،** ، ***: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار 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 ترکیب‌پذیری خصوصی برای صفات گیاهی لاین‌های ذرت در دو مکان (گرگان و گنبد)

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

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

ns, *,**,***: Not significant and significant at 5%, 1% and 0.1% probability levels respectively ns، *،** ، ***: به ترتیب غیرمعنی‌دار 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

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

ns, *,**,***: Not significant and significant at 5%, 1% and 0.1% probability levels respectively ns، *،** ، ***: به ترتیب غیرمعنی‌دار 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

در تستر، از دورگ لاین دیررس K3615/2 با تستر MO17 و از دورگ لاین KLM7610/1-13 استخراجی از ژرم‌پلاسم 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 عمل گزینش نمی‌توان قائل شد و باید از روش‌های مبتنی بر هیبریداسیون استفاده نمود. درجه غالبیت بیشتراز یک نیز نشان‌دهنده عمل فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل این صفات بود. نتایج حاصل از برآورد نوع عمل 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 B254، B276، C53 و B196 بر اساس کلیه صفات مورد ارزیابی، بالاترین مقادیر را بخود اختصاص داده و والدهای مناسبی جهت بهبود این صفات شناخته شدند.

منابع مورد استفاده

References

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. Nurruzzaman, 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 × 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 inbreed 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.[1], H. Mazahery-Laghab [2], H. Soltanloo [3], and R. Choukan [4]

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 combinig 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 Gorganand 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^{-1}, grain yield, plant height and number of grain.ear^{-1}, 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^{-1} 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