Archive of SID
doi: 10.22124/c.2018.10848.1411

دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره هشتم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۷ (۲۶۰-۲۵۱)

برآورد ترکیب‌پذیری و اثر ژن‌ها در لاین‌های اینبرد S7 ذرت با استفاده از روش دوم گریفینگ تحت شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب

معصومه زمانی فارسی[۱]، مهدی رحیمی[۲*]، مریم عبدلی‌نسب[۳] و امین باقی‌زاده[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۳

چکیده

برای ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌های ذرت، پنج لاین S7 ذرت و نتاج آن‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار تحت شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان در سال ۱۳۹۶ مورد ارزیابی قرار گرفتند و صفات عملکرد دانه و اجزای آن اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس حاکی از وجود تفاوت‌های معنی‌دار بین لاین‌ها و نیز ترکیب‌پذیری عمومی والدها و خصوصی هیبریدها بود. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه دای‌آلل به روش دوم گریفینگ، صفات تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در بلال، طول بلال و وزن صد دانه بیش‌تر تحت تأثیر اثر افزایشی ژن‌ها قرار داشتند، در حالی‌که صفت تعداد بلال تحت کنترل اثر غیرافزایشی ژن‌ها و عملکرد در بوته تحت کنترل سهم تقریباً برابر آثار افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها قرار داشت. لاین KSC704-S7-1 برای صفت عملکرد دانه و بیش‌تر صفات مرتبط با آن در هر دو شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب، ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری نشان داد و بنابراین می‌توان از این لاین برای بهبود عملکرد دانه در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. علاوه بر آن، دورگ‌های P1×P3 و P2×P5 به‌ترتیب تحت شرایط تنش کمبود آب و بدون تنش برای عملکرد دانه و بیش‌تر صفات مرتبط با آن ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری داشتند و به‌عنوان بهترین دورگ‌ها برای بهبود عملکرد دانه ذرت به‌ترتیب تحت شرایط تنش کمبود آب و بدون تنش معرفی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: اثر افزایشی و غیرافزایشی، ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، تلاقی دای‌آلل

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بیوتکنولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

۲- استادیار، گروه بیوتکنولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

۳- استادیار، گروه بیوتکنولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

۴- دانشیار، گروه بیوتکنولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

* نویسنده مسئول: mehdi83ra@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) در بیش از ۱۸۷ میلیون هکتار از اراضی جهان کشت می‌شود و تولید سالانه آن حدود ۱۰۶۱ میلیون تن می‌باشد (FAO, 2016). سطح زیر کشت ذرت در ایران در حدود ۱۵۹ هزار هکتار با تولید ۱۱۷۰۵۸۷ تن است (Ahmadi *et al.*, 2017). این گیاه در محدوده وسیعی از جهان از ۴۲ درجه عرض جنوبی تا ۵۰ درجه عرض شمالی در شرایط اقلیمی بسیار متنوع از نظر دما، طول روز، میزان بارندگی و سایر پارامترهای اقلیمی کشت می‌شود (Gerpacio and Pingali, 2007).

تولید این محصول در کشور برای نیاز سالانه کافی نیست و در سال ۱۳۹۳ حدود ۶۱۶۱۹۵ هزار تن ذرت از خارج وارد شده است (Hosseinpour *et al.*, 2015). برای رفع کمبود و جلوگیری از واردات لازم است که میزان تولید را افزایش داد. اصلاح ارقام پر محصول و با کیفیت مطلوب از اهداف عمده در برنامه‌های به‌نژادی محسوب می‌شود که به اطلاعات جامعی از ساختار ژنتیکی والدین مورد تلاقی و نیز ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی آن‌ها، میزان هتروزیس، نحوه عمل ژن‌ها و نیز برهمکنش آن‌ها با یکدیگر و با محیط نیاز دارد. دست‌یابی به چنین اطلاعاتی که یکی از پیش‌نیازهای اصلی برای به‌کارگیری ارقام در پروژه‌های اصلاحی است، از طریق روش‌های ژنتیک کمی مانند تلاقی‌های دای‌آلل، تجزیه میانگین نسل‌ها و سایر طرح‌های ژنتیکی امکان‌پذیر است (Hill *et al.*, 1998).

موفقیت هر روش به‌نژادی به انتخاب والدین مناسب بستگی دارد. این امر می‌تواند از هدر رفتن وقت و انرژی در مراحل بعدی یک برنامه به‌نژادی جلوگیری کند. برخی از ارقام گیاهی برای بعضی از صفات، ترکیب‌پذیری خوبی را با تعداد زیادی از ژنوتیپ‌ها دارا هستند و به‌عبارت دیگر ترکیب‌پذیری عمومی بالایی دارند، در حالی‌که برخی دیگر از ارقام فقط با ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌های ویژه‌ای تولید نتاج برترمی‌کنند و به بیان دیگر ترکیب‌پذیری خصوصی خوبی دارند (Matin *et al.*, 2016).

تلاقی‌های دای‌آلل در ذرت به‌طور گسترده‌ای برای برآورد اثر ژن‌های کنترل‌کننده صفات مطلوب و نیز شناخت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی به‌کار گرفته شده است. به‌کارگیری تلاقی‌های دای‌آلل در ذرت بسیار متداول است (Ojo *et al.*, 2007; Wattoo *et al.*, 2014; Matin *et al.*, 2016; Bisen *et al.*, 2017; Kumar *et al.*, 2017; Brahmbhatt *et al.*, 2018; Issa *et al.*, 2018; Josue and Brewbaker, 2018; Karim *et al.*, 2018) و در در ایران نیز به‌منظور شناخت ترکیب‌پذیری ژن‌های صفات مطلوب و نیز اثر ژن‌های کنترل کننده این صفات به‌کار رفته است (Afarinesh *et al.*, 2005; Rezaei *et al.*, 2005; Choukan *et al.*, 2007; Dehghanpour, 2013).

در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی نحوه کنترل ژنتیکی صفات ذرت به‌صورت دای‌آلل انجام گرفت، نتایج نشان داد که صفات عملکرد دانه توسط آثار افزایشی و غیرافزایشی با سهم برابر، وزن صد دانه و تعداد دانه در ردیف توسط آثار افزایشی و غیرافزایشی با سهم بیش‌تر آثار افزایشی و ارتفاع بوته و تعداد ردیف در بلال توسط آثار افزایشی و غیرافزایشی با سهم بیش‌تر آثار غیرافزایشی کنترل می‌شوند (Moradi, 2014). در آزمایش دیگری که روی هشت لاین خویش‌آمیخته ذرت در قالب یک طرح دای‌آلل انجام شد، مشخص شد که بیش‌تر صفات از قبیل تعداد ردیف در بلال، وزن هزار دانه و عملکرد تک‌بوته تحت کنترل ژن‌هایی با اثر فوق‌غالبیت قرار دارند و در کنترل آن‌ها اثر افزایشی بیش‌تر از اثر غیرافزایشی ژن‌ها بود (Hussain *et al.*, 2014). در مطالعه‌ای دیگر که در قالب یک طرح دای‌آلل ۶ × ۶ روی لاین‌های خویش‌آمیخته ذرت در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی انجام شد، گزارش شد که بیش‌تر صفات مورد مطالعه تحت هر دو شرایط تحت کنترل آثار افزایشی قرار داشتند (Wattoo *et al.*, 2014). علاوه بر آن، در تحقیقی که در هفت لاین خویش‌آمیخته ذرت در قالب یک تلاقی دای‌آلل انجام شد، مشخص شد که سهم اثر افزایشی نسبت به اثر غیرافزایشی ژن‌ها برای صفات مورد مطالعه مهم‌تر بود (Zare *et al.*, 2011a, b).

با توجه به این توضیحات و با توجه به تاثیر محیط بر نوع عمل ژن‌ها و تفاوت آن در شرایط محیطی متفاوت، این تحقیق اجرا شد که هدف از آن، ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و خصوصی دورگ‌ها و شناسایی لاین‌های با ترکیب‌پذیری خصوصی خوب به‌منظور استفاده از آن‌ها جهت تولید ارقام دورگ پرمحصول در برنامه‌های مختلف اصلاح ذرت بود.

مواد و روش‌ها

ابتدا بیست جمعیت مورد نظر با والد KSC704 تلاقی داده شد و سپس تک بوته‌های انتخابی با ظاهری مناسب مانند ریشه‌های قوی، ضخامت ساقه بهتر، وضعیت و زاویه مناسب برگ با ساقه، عدم تظاهر علایم آفات و بیماری‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

انتخاب شدند. عملیات خودگشنی در زمان مناسب و با دقت انجام شد. در ابتدا بیش از ۷۰۰ تک‌بوته تا مرحله S3 گزینش و گشنیده شدند. در مرحله S3 با یک آزمایش زودهنگام با دو تستر B73 و MO17 عملیات غربال لاین‌ها صورت گرفت و تعداد ۱۹۸ لاین انتخاب شد. در مرحله S6 نیز غربال لاین‌ها با آزمایش زودهنگام با این دو تستر انجام و در نهایت ۱۵ لاین انتخاب شدند. لاین‌های منتخب در مرحله S6 در مزرعه ارزیابی و با تجزیه خوشه‌ای به سه گروه و پنج زیرگروه تقسیم شدند. در نهایت از هر زیرگروه یک لاین انتخاب شد تا در مطالعات بعدی مورد استفاده قرار گیرد. پنج لاین اصلاح‌شده S7 به‌نام‌های KSC704-S7-1، KSC704-S7-4، KSC704-S7-8، KSC704-S7-12 و KSC704-S7-15 که در دسته دوم بودند، به‌منظور برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها و نوع اثر ژن‌های کنترل‌کننده صفات زراعی در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان با موقعیت طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۲۰۲۰ متر بالاتر از سطح دریای آزاد کشت و تلاقی‌های مستقیم بین آن‌ها انجام شد. در سال زراعی بعد (۱۳۹۶)، والدها و نتاج حاصل از تلاقی دای‌آلل یک‌طرفه آن‌ها در دو آزمایش جداگانه تحت شرایط بدون تنش (دور آبیاری ۵ روزه) و تنش کمبود آب (دور آبیاری ۱۰ روزه) که به‌ترتیب بر اساس ۵۰ و ۸۵ درصد رطوبت قابل استفاده اعمال شد، بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار کشت شدند. صفات مورد مطالعه عملکرد و اجزای عملکرد شامل تعداد بلال در بوته، تعداد دانه در بلال (تعداد کل دانه‌های پر در بلال)، تعداد ردیف دانه (تعداد کل ردیف‌های موجود در بلال)، تعداد دانه در ردیف (تعداد کل دانه‌های پر موجود در هر ردیف بلال)، طول بلال (سانتی‌متر)، وزن صد دانه (گرم) و عملکرد تک بوته (گرم) بودند.

داده‌های به‌دست آمده مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و با توجه به معنی‌دار بودن واریانس تیمارها، تجزیه دای‌آلل با روش دوم گریفینگ (Griffing, 1956a, b) انجام شد. در این روش، مجموع مربعات تیمار به دو جزء مجموع مربعات ترکیب‌پذیری عمومی (SS_{gca}) و خصوصی (SS_{sca}) تفکیک می‌شود. همچنین، آثار ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای والدها و تلاقی‌ها نیز برآورد شد (Griffing, 1956a, b). از نسبت بیکر (Baker, 1978) نیز برای برآورد تقریبی اثر ژن‌ها در هر روش استفاده شد (رابطه ۱):

$$BR = \frac{2MS_{GCA}}{2MS_{GCA} + MS_{SCA}} \quad (۱)$$

در این رابطه، BR نسبت بیکر و MS_{GCA} و MS_{SCA} به‌ترتیب میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی هستند. به‌منظور تجزیه واریانس و نیز تجزیه دای‌آلل در قالب روش دوم گریفینگ از برنامه ارایه شده در نرم‌افزار SAS (Zhang *et al.*, 2005) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات در قالب روش دوم گریفینگ در جدول‌های ۱ و ۲ ارایه شده است. چنانچه مشاهده می‌شود، اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. به‌این ترتیب، مجموع مربعات بین ژنوتیپ‌ها به ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) تفکیک و نوع عمل ژن‌ها مورد آزمون قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدها و هیبریدها از نظر کلیه صفات (به‌جز ترکیب‌پذیری عمومی تعداد بلال) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۱ و ۲). بنابراین، ترتیب وجود آثار افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی صفات مورد مطالعه مورد تأیید قرار گرفت. زارع و همکاران (Zare *et al.*, 2011a, b) نیز وجود اثر افزایشی و غیرافزایشی را در کنترل این صفات نشان دادند.

نسبت واریانس GCA به SCA پایین در مورد صفت تعداد بلال و به‌عبارتی معنی‌دار نبودن واریانس GCA نشان داد که در کنترل ژنتیکی این صفت اثر غیرافزایشی ژن‌ها نقش دارد. بعلاوه، نسبت بیکر نیز برای این صفت پایین و حاکی از کنترل ژنتیکی این صفت توسط اثر غیرافزایشی ژن‌ها بود. نتایج محققین دیگر نیز حاکی از کنترل این صفت توسط آثار افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها است، با این تفاوت که تعدادی از محققین، سهم بیش‌تر اثر غیرافزایشی ژن‌ها (Afarinesh *et al.*, 2005; Choukan *et al.*, 2007; Dehghanpour, 2013; Karim *et al.*, 2018) و تعدادی سهم بیش‌تر اثر افزایشی ژن‌ها (Zare *et al.*, 2011a, b; Hussain *et al.*, 2014; Wattoo *et al.*, 2014) را گزارش کرده‌اند. دلیل این اختلاف می‌تواند به‌خاطر تفاوت در والدهای مورد مطالعه و نحوه توزیع آلل‌ها در آن‌ها، انجام آزمایش در سال‌ها و محیط‌های مختلف و در نتیجه سهم متفاوت برهمکنش محیط با ژنوتیپ‌ها باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف ذرت با استفاده از روش دوم گریفینگ تحت شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب

Table 1. Combined analysis of variance of maize different traits by second Griffing's method under normal and water deficit conditions

Source of variations	df	Mean squares						
		Number of ear	Number of grain per row	Number of grain row	Number of grain per ear	Ear length	100 grain weight	Grain yield per plant
Environment (E)	1	0.27^{ns}	582.82**	920.42**	844669.35**	318.32**	5585.42**	1205892.79**
Replication / E	2	0.03	0.88	0.88	56.0167	0.0083	0.254	402.61
Genotype (G)	14	0.84**	10.05**	7.03**	6330.6**	0.66**	7.899**	36622.22**
GCA	4	0.15^{ns}	15.89**	15.88**	12836.33**	1.27**	8.608**	16167.92**
SCA	10	1.11**	7.72**	3.49**	3728.31**	0.42**	7.615**	44803.94**
E × G	14	0.27*	7.78**	8.20**	5353.6**	1.18**	1.354**	31834.27**
GCA × E	4	0.15^{ns}	1.26^{ns}	7.05**	1817.3**	1.429**	1.59**	8877.57**
SCA × E	10	0.31*	10.39**	8.66**	6768.12**	1.324**	1.26**	41016.95**
Error	28	0.10	0.53	0.74	27.62	0.017	0.0153	3631.40
CV (%)		20.66	4.15	4.81	1.70	0.76	0.288	25.56
Baker ratio		0.21	0.80	0.90	0.87	0.86	0.69	0.42
MS_{GCA}/MS_{SCA}		0.14	2.06	4.55	3.44	3.02	1.13	0.36

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

جدول ۲- تجزیه واریانس ساده صفات مختلف ذرت با استفاده از روش دوم گریفینگ تحت شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب

Table 2. Simple analysis of variance of maize different traits by second Griffing's method under normal and water deficit conditions

Source of variations	df	Mean squares						
		Number of ear	Number of grain per row	Number of grain row	Number of grain per ear	Ear length	100 grain weight	Grain yield per plant
Normal conditions								
Replication	1	0.033^{ns}	0.133^{ns}	0.133^{ns}	7.5^{ns}	0.016^{ns}	0.432**	804.351^{ns}
Genotype	14	0.676**	10.3**	6.771**	8684.057**	0.567**	4.697**	66297.327**
GCA	4	0.129^{ns}	9.121**	13.557**	10573.629**	0.307**	5.209**	23825.448*
SCA	10	0.895**	10.771**	4.057*	7928.229**	0.671**	4.492**	83286.079**
Error	14	0.105	0.776	1.133	30.286	0.016	0.011	6778.99
CV (%)		19.82	4.27	4.88	1.28	0.64	0.2	21.8
Baker ratio		0.22	0.63	0.87	0.73	0.48	0.70	0.36
MS_{GCA}/MS_{SCA}		0.14	0.85	3.34	1.33	0.46	1.16	0.29
Water deficit conditions								
Replication		0.033^{ns}	1.633*	1.633*	104.533^{ns}	0.0003^{ns}	0.075^{ns}	0.864^{ns}
Genotype		0.429**	7.533**	8.462**	3000.143**	1.276**	4.556**	2159.164**
GCA		0.179^{ns}	8.021**	9.379**	4080**	2.316**	4.828**	1220.037^{ns}
SCA		0.529**	7.338**	8.095**	2568.2**	0.859**	4.447**	2534.815**
Error		0.105	0.276	0.348	24.962	0.018	0.019	483.804
CV (%)		21.57	4.21	4.22	2.616	0.908	0.418	23.392
Baker ratio		0.40	0.69	0.70	0.76	0.84	0.68	0.49
MS_{GCA}/MS_{SCA}		0.34	1.09	1.16	1.59	2.69	1.09	0.48

^{ns}, * an^{d} **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به نتایج این تحقیق که سهم بیش‌تر اثر غیرافزایشی ژن‌ها را در کنترل تعداد بلال نشان داد و نیز پایین بودن نسبی وراثت‌پذیری خصوصی و نسبت بیکر برای این صفت، پیشنهاد می‌شود از روش‌های اصلاحی مبتنی بر دورگ‌گیری برای اصلاح این صفت در برنامه‌های به‌نژادی استفاده شود (Rezaei *et al.*, 2005; Choukan *et al.*, 2007; Zare *et al.*, 2011b; Wattoo *et al.*, 2014; Issa *et al.*, 2018; Karim *et al.*, 2018).

واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) والدها و خصوصی (SCA) دورگ‌ها برای صفات تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف در بلال، طول بلال و وزن صد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و حاکی از کنترل این صفات توسط آثار افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها با سهم بیش‌تر اثر افزایشی ژن‌ها بود (جدول‌های ۱ و ۲). بزرگ‌بودن نسبت واریانس GCA به SCA و نسبت بیکر نزدیک به یک برای این صفات نشان داد که نقش اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفات بیش‌تر از اثر غیرافزایشی ژن‌ها است. نتایج تعدادی از محققین دیگر نیز حاکی از کنترل ژنتیکی این صفات توسط اثر افزایشی و غیرافزایشی ولی با سهم بیش‌تر اثر افزایشی ژن‌ها است که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت (Zare *et al.*, 2011a, b; Hussain *et al.*, 2014; Wattoo *et al.*, 2014). در مقابل، محققین دیگری سهم بیش‌تر اثر غیرافزایشی ژن‌ها را در کنترل این صفات گزارش کرده‌اند (Afarinesh *et al.*, 2005; Rezaei *et al.*, 2005; Choukan *et al.*, 2007; Dehghanpour, 2013; Bisen *et al.*, 2017; Kumar *et al.*, 2017; Brahmbhatt *et al.*, 2018; Karim *et al.*, 2018). با توجه به این‌که گزینش در مورد صفاتی که تحت کنترل آثار افزایشی ژن‌ها هستند می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد، بنابراین با توجه به بالا بودن نسبی وراثت‌پذیری خصوصی و نسبت بیکر نزدیک به یک و در نتیجه سهم بیش‌تر اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل صفات تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف در بلال، طول بلال و وزن صد دانه، از روش‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب در نسل‌های اولیه می‌توان برای بهبود این صفات در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد (Afarinesh *et al.*, 2005; Choukan *et al.*, 2007; Ojo *et al.*, 2007; Zare *et al.*, 2011b; Hussain *et al.*, 2014; Moradi, 2014; Issa *et al.*, 2018).

نسبت واریانس GCA به SCA در مورد صفت عمکلرد دانه تقریباً مساوی بود و نشان داد که در کنترل ژنتیکی این صفت آثار غیرافزایشی و افزایشی ژن‌ها نقش یکسانی دارند. بعلاوه نسبت بیکر نیز برای این صفت در حد متوسط بود و حاکی از کنترل ژنتیکی این صفات توسط اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها با سهم مساوی ژن‌ها بود. در تحقیق مرادی (Moradi, 2014) نیز سهم برابر آثار افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت گزارش شد که با نتایج این مطالعه در یک راستا بود. با توجه به سهم برابر آثار افزایش و غیرافزایشی در کنترل این صفت از روش‌های اصلاحی مبتنی بر دورگ‌گیری و انتخاب در نسل‌های پیشرفته برای بهبود این صفت می‌توان استفاده کرد.

آثار GCA و SCA برای صفت تعداد بلال در بوته در شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب به‌ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ ارایه شده است. لاین KSC704-S7-12 دارای GCA منفی برای صفت تعداد بلال در هر دو شرایط بود، به این مفهوم که این والد پتانسیل انتقال کاهش تعداد بلال در بوته را به نتاج خود دارد. با توجه به این‌که هر چه تعداد بلال در بوته بیش‌تر باشد، تعداد دانه‌ها در بوته بیش‌تر شده و بنابراین عملکرد در واحد بوته و به دنبال آن در واحد سطح افزایش خواهد یافت، بنابراین از این والد نمی‌توان در برنامه‌های به‌نژادی برای رسیدن به دورگ‌های با عملکرد بالا استفاده کرد. تلاقی‌های KSC704-S7-15× KSC704-S7-4 و KSC704-S7-8×KSC704-S7-12 دارای SCA مثبت و معنی‌دار تحت هر دو شرایط بودند و بنابراین می‌توان از این تلاقی‌ها برای افزایش تعداد بلال در نتاج استفاده کرد و یا در نسل‌های پیشرفته از این تلاقی‌ها گیاهانی با تعداد بلال بیش‌تر را انتخاب و این صفت را در نتاج حاصل تثبیت کرد. همچنین تعدادی از تلاقی‌ها تحت شرایط بدون تنش دارای SCA منفی و معنی‌دار بودند که باعث کاهش تعداد بلال خواهند شد و بعضی دیگر تحت شرایط کمبود آب دارای SCA مثبت و معنی‌دار بودند که می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی برای رسیدن به دورگ‌های با تعداد بلال بیش‌تر تحت شرایط تنش کمبود آب استفاده کرد (جدول‌های ۳ و ۴).

در مورد طول بلال، لاین KSC704-S7-15 دارای GCA مثبت و معنی‌دار تحت هر دو شرایط بود و لاین KSC704-S7-1 دارای GCA مثبت و معنی‌دار تحت شرایط بدون تنش و GCA منفی و معنی‌دار تحت شرایط تنش کمبود آب بود (جدول‌های ۳ و ۴). همچنین، تلاقی‌های P1×P4، P1×P5، P3×P5 و P4×P5 تحت شرایط بدون تنش و تلاقی‌های P1×P2، P2×P4 و P3×P4 تحت شرایط تنش کمبود آب دارای SCA مثبت

www.SID.ir

Archive of SID

و معنی‌دار بودنـد (جدول‌های ۳ و ۴)، به‌طوری‌که می‌توان در نسـل‌های پیشرفته از این تلاقی‌ها گیاهانی با طول بلال مناسب را انتخاب و این صفت را در نتاج تثبیت کرد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در بلال نشان داد که بین GCA والدها و SCA تلاقی‌ها تفاوت بسیار معنی‌داری وجود داشت (جدول‌های ۱ و ۲). نسبت MS_{GCA}/MS_{SCA} و نسبت بیکر تحت هر دو شرایط نیز نشان داد که این صفات تحت تأثیر هر دو نوع اثر افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها قرار دارند. از آنجایی که این صفات به‌عنوان اجزای اصلی عملکرد دانه هستند و با افزایش آن‌ها عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد، از این‌رو هر گونه اقدام اصلاحی در مورد افزایش این صفات تأثیر زیادی بر افزایش عملکرد خواهد داشت. با توجه به این‌که لاین KSC704-S7-1 برای صفات تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال تحت هر دو شرایط و برای صفت تعداد ردیف دانه در شرایط تنش کمبود آب، لاین KSC704-S7-15 برای صفت تعداد دانه در بلال تحت هر دو شرایط و برای صفت تعداد ردیف در بلال تحت شرایط بدون تنش دارای GCA مثبت و معنی‌دار بود. بنابراین می‌توان از این لاین‌ها به‌عنوان والد در برنامه‌های به‌نژادی به‌منظور اصلاح این صفات تحت شرایط بدون تنش یا تنش کمبود آب بسته به معنی‌داری آن‌ها در هر شرایط استفاده کرد (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۳- ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی والدها و خصوصی هیبریدها به‌روش دوم گریفینگ تحت شرایط بدون تنش

Table 3. Stimating the general and specific combining ability of the parents and hybrids by second Griffing's method under normal conditions

Parents and crosses	General and specific combining ability of the studied traits						
	Number of ear	Number of grain per row	Number of grain row	Number of grain per ear	Ear length	100 grain weight	Grain yield per plant
KSC704-S7-1 (P1)	0.100	1.343**	-0.114	24.600**	0.159**	-0.321**	36.003
KSC704-S7-4 (P2)	0.100	-0.514*	0.671	-2.900*	-0.041	0.871**	35.363
KSC704-S7-8 (P3)	-0.043	-0.729**	-0.186	-14.186**	-0.206**	-0.507**	-32.327
KSC704-S7-12 (P4)	-0.114	-0.086	-1.471**	-36.757**	-0.041	0.407**	-54.544*
KSC704-S7-15 (P5)	-0.043	-0.014	1.100**	29.243**	0.130**	-0.450**	15.505
P1×P2	-0.333	2.071**	1.143*	74.500**	-0.374**	2.117**	-14.222
P1×P3	0.310	1.786**	-1.500*	-2.714	-1.060**	0.095	70.882
P1×P4	-0.619**	-2.857**	1.286*	-36.643**	0.426**	0.731**	-156.555**
P1×P5	0.310	-3.429**	0.214	-80.143**	0.455**	0.538**	-8.979
P2×P3	0.310	-1.857**	-0.786	-74.714**	-0.010	0.352*	-22.902
P2×P4	-0.619**	-1.500*	-2.500**	-70.643**	-0.324**	-2.462**	-195.089**
P2×P5	1.310**	3.429**	-0.571	93.857**	-0.345**	1.545**	468.376**
P3×P4	0.524**	1.714**	1.357**	60.643**	-0.310**	0.017	168.760**
P3×P5	-0.048	-0.357	1.786**	25.643**	0.569**	0.974**	7.256
P4×P5	-0.476*	-0.500	-0.429	-24.786**	0.455**	-0.790**	-133.791*

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

برای صفت تعداد دانه در ردیف، تلاقی‌های P1×P2، P1×P3، P3×P4 و P2×P5 تحت شرایط بدون تنش و تلاقی‌های P1×P2، P1×P4، P3×P4، P3×P5 و P4×P5 تحت شرایط تنش کمبود آب، برای صفت تعداد ردیف در بلال، تلاقی‌های P2×P4 و P3×P5 در شرایط بدون تنش و تلاقی‌های P1×P3، P1×P5، P2×P3 و P2×P4 در شرایط تنش کمبود آب و برای صفت تعداد دانه در بلال، تلاقی‌های P1×P2، P2×P5، P3×P4 و P3×P5 در شرایط بدون تنش و تلاقی‌های P1×P2، P1×P3 و P2×P3 در شرایط تنش کمبود آب دارای SCA مثبت و معنی‌دار بودند (جدول‌های ۳ و ۴). بنابراین، می‌توان از این تلاقی‌ها برای افزایش این صفات و در نتیجه افزایش عملکرد استفاده کرد و یا در نسل‌های پیشرفته‌تر حاصل از این تلاقی‌ها، گیاهانی با مقادیر بیش‌تر این صفات را انتخاب و این صفات را در نتاج حاصل تثبیت کرد و از آن طریق در افزایش عملکرد گامی موثر برداشت.

www.SID.ir

Archive of SID

ترکیب‌پذیری عمومی والدها برای وزن صد دانه از ۰/۵۰۷- در لاین KSC704-S7-8 تا ۰/۸۷۱ در لاین KSC704-S7-4 در شرایط بدون تنش و از ۰/۸۳۱- در لاین KSC704-S7-1 تا ۰/۷۱۹ در لاین KSC704-S7-4 در شرایط تنش کمبود آب متغیر بود. ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها نیز از ۲/۴۶۲- در تلاقی P2×P4 تا ۲/۱۱۷ در تلاقی P1×P2 در شرایط بدون تنش و از ۲/۹۳۱- در تلاقی P2×P4 تا ۱/۸۲۶ در تلاقی P1×P2 در شرایط تنش کمبود آب نوسان داشت (جدول‌های ۳ و ۴). همچنین، لاین‌های KSC704-S7-4 و KSC704-S7-12 در شرایط بدون تنش و لاین‌های KSC704-S7-4، KSC704-S7-8 و KSC704-S7-12 در شرایط تنش کمبود آب و دورگ‌های P1×P2، P1×P4، P1×P5، P2×P3، P2×P5 و P3×P5 در شرایط بدون تنش و دورگ‌های P1×P2، P1×P3، P2×P5، P3×P4، P3×P5 و P4×P5 در شرایط تنش کمبود آب به‌ترتیب از ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی مثبت و معنی‌دار برای این صفت بهره‌مند بودند (جدول‌های ۳ و ۴). از آنجایی که وزن صد دانه از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه در ذرت است، از این‌رو این لاین‌ها دارای پتانسیل بهبود این صفت در بهره‌گیری از اثر افزایشی ژن‌ها هستند. در مورد وزن صد دانه، بیش‌تر تلاقی‌ها دارای SCA مثبت و معنی‌دار بودند که نمایانگر نقش اثر غیرافزایشی ژن‌ها در جهت افزایش این صفت می‌باشد.

جدول ۴- ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی والدها و خصوصی هیبریدها به روش دوم گریفینگ تحت شرایط تنش کمبود آب

Table 4. Stimating the general and specific combining ability of the parents and hybrids by second Griffing's method under water deficit conditions

Parents and crosses	General and specific combining ability of the studied traits						
	Number of ear	Number of grain per row	Number of grain row	Number of grain per ear	Ear length	100 grain weight	Grain yield per plant
KSC704-S7-1 (P1)	-0.071	1.257**	1.029**	25.786**	-0.479**	-0.831**	8.354
KSC704-S7-4 (P2)	0.001	-0.314*	0.314	-1.500	-0.243**	0.719**	-0.820
KSC704-S7-8 (P3)	0.143	-0.243	-1.114**	-15.857**	-0.121**	0.183**	4.387
KSC704-S7-12 (P4)	-0.143	-0.743**	-0.471**	-14.500**	0.464**	0.226**	-15.651**
KSC704-S7-15 (P5)	0.071	0.043	0.243	6.071**	0.379**	-0.296**	3.731
P1×P2	0.071	2.190**	0.190	29.214**	1.071**	1.826**	25.832
P1×P3	0.429*	0.119	2.619**	38.571**	-0.250**	0.862**	53.470**
P1×P4	-0.286	1.619**	-1.024*	4.714	-0.686**	-0.031	-19.257
P1×P5	0.500*	-1.167**	1.262**	-0.357	0.050	-0.110	36.290*
P2×P3	0.357	-0.810*	1.333**	9.857*	-0.786**	-1.488**	22.229
P2×P4	0.143	-1.810**	1.690**	-3.000	0.579**	-2.931**	3.267
P2×P5	0.429*	-3.095**	-3.024**	-76.071**	0.164	1.040**	-14.010
P3×P4	0.500*	1.119**	-2.381**	-21.643**	0.707**	1.505**	14.955
P3×P5	0.286	1.333**	-1.095*	-1.214	-0.257**	0.326**	18.253
P4×P5	0.071	1.833**	-1.238**	-10.071**	-0.743**	0.533**	5.600

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

نتایج تجزیه واریانس، تفاوت معنی‌داری را بین والدها و تلاقی‌ها از نظر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای عملکرد دانه نشان داد (جدول‌های ۱ و ۲). بعلاوه، هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها با سهم تقریباً برابر تحت هر دو شرایط در کنترل این صفت به اثبات رسید. زارع و همکاران (Zare *et al.*, 2011a, b) سهم بیش‌تر اثر افزایشی ژن‌ها را در کنترل این صفت گزارش کردند و روش‌های مبتنی بر انتخاب را برای اصلاح این صفت پیشنهاد دادند. در مقابل، محققین دیگر (Kumar *et al.*, 2017; Issa *et al.*, 2018; Josue and Brewbaker, 2018; Karim *et al.*, 2018) سهم بیش‌تر اثر غیرافزایشی را در کنترل عملکرد نشان دادند. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که لاین KSC704-S7-12 دارای GCA منفی و معنی‌دار تحت هر دو شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب بود و به این ترتیب، این والد قابلیت انتقال کاهش عملکرد را به نتاج خود را دارد (جدول‌های ۳ و ۴). با توجه

www.SID.ir

Archive of SID

به این‌که کشاورزان به‌دنبال افزایش محصول هستند و نیز با توجه به محدویت در منابع کشاورزی و رشد روزافزون جمعیت، افرایش محصولات کشاورزی می‌تواند از طریق افزایش محصول در واحد سطح انجام گیرد. بنابراین با بهره‌گیری از سطوح هتروزیس بالا در نتاج حاصل از این والدها می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی برای تولید هیبریدهای با عملکرد بالا استفاده کرد و گام مؤثری در افزایش تولید و عملکرد ذرت برداشت. همچنین، تلاقی‌های P2×P5 و P3×P4 در شرایط بدون تنش و تلاقی‌های P1×P3 و P1×P5 در شرایط تنش کمبود آب دارای SCA مثبت و معنی‌دار بودند و بنابراین می‌توان از این تلاقی‌ها، نتاجی با عملکرد بالاتر از والدین برای هر یک از شرایط تولید و این صفت را در نتاج حاصل اصلاح کرد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق که در قالب تلاقی دای‌آلل ۵×۵ انجام و تحلیل ژنتیکی آن با روش دوم گریفینگ انجام شد، نشان داد که صفات تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف در بلال، طول بلال و وزن صد دانه بیش‌تر تحت تأثیر اثر افزایشی ژن‌ها قرار داشتند، در حالی‌که صفت تعداد بلال تحت کنترل اثر غیرافزایشی ژن‌ها و عملکرد دانه تحت کنترل سهم تقریباً یکسان آثار افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها بود. لاین KSC704-S7-1 برای صفت عملکرد و بیش‌تر صفات مرتبط با آن در هر دو شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب، ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری نشان داد و می‌توان از آن برای بهبود عملکرد در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. همچنین، تلاقی P1×P3 در شرایط تنش کمبود آب و تلاقی P2×P5 در شرایط بدون‌تنش برای عملکرد و بیش‌تر صفات مرتبط با آن ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت نشان داد و بهترین دورگ‌ها برای بهبود و افزایش عملکرد دانه ذرت بودند. ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار برای بیش‌تر صفات مورد مطالعه نشان داد که پتانسیل لازم برای تولید دورگ در برنامه‌های اصلاحی وجود دارد. همچنین، برهمکنش معنی‌دار ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی با محیط نشان داد که لاین‌های والدینی و دورگ‌های حاصل از آن‌ها، واکنش یکسانی در دو شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب نداشتند و بنابراین برای هر یک از این شرایط باید لاین‌ها و دورگ‌های ویژه آن شرایط را مورد استفاده قرار داد. از طرف دیگر، این برهمکنش‌های معنی‌دار نشان دادند که اثر ژن‌ها وابسته به شرایط محیطی بود و از این‌رو برای هر یک از این محیط‌ها باید نوع روش اصلاحی ویژه آن‌را دنبال کرد.

References

Afarinesh, A., Farshadfar, E. A. and Choukan, R. 2005. Genetic analysis of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) using diallel method. **Seed and Plant Journal** 20: 457-473. (In Persian with English Abstract).

Ahmadi, K., Gholizadeh, H. A., Ebadzadeh, H. R., Hosseinpour, R., Abd-Shah, H., Kazimian, A. and Rafiei, M. 2017. Agricultural statistics of crop years 2015-16. Vol. 1: Crop production. Planning and Economics Affairs, Information and Communication Technology Center, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian).

Baker, R. 1978. Issues in diallel analysis. **Crop Science** 18: 533-536.

Bisen, P., Dadheech, A., Namrata, A. K. G. S. and Dhakar, T. R. 2017. Combining ability analysis for yield and quality traits in single cross hybrids of quality protein maize (*Zea mays* L.) using diallel mating design. **Journal of Applied and Natural Science** 9: 1760-1766.

Brahmbhatt, B., Kuchhadiya, G., Gosai, M., Joshi, N. and Kanjariya, K. 2018. Estimation of heterosis through diallel crosses in maize (*Zea mays* L.) for grain yield and protein content. **International Journal of Current Microbiology and Applied Science** 7: 3458-3464.

Choukan, R., Abtahi, H. and Majidi-Heravan, E. 2007. Genetic analysis of different traits in maize using diallel cross analysis. **Iranian Journal of Agriculture Science** 8: 343-356 (In Persian with English Abstract).

Dehghanpour, Z. 2013. Diallel analysis of grain yield, number of kernel rows per ear and number of kernels per row in early maturity maize hybrids. **Iranian Journal of Crop Sciences** 15: 355-366. (In Persian with English Abstract).

FAO. 2016. Statistical databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

www.SID.ir

Archive of SID
Gerpacio, R. V. and Pingali, P. L. 2007. Tropical and subtropical maize in Asia: Production systems, constraints and research priorities. CIMMYT, Mexico.

Griffing, B. 1956a. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences** 9: 463-493.

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

Hill, J., Becker, H. C. and Tigerstedt, P. M. 1998. Quantitative and ecological aspects of plant breeding. Springer Science and Business Media, London.

Hosseinpour, R., Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Mohammadnia-Afroozi, S. and Dehghani, R. A. 2015. Export and import of agricultural sector in 2014. Planning and Economics Affairs, Information and Communication Technology Center, Ministry of Jahad-e-Agriculture, Tehran, Iran.

Hussain, M., Shah, K., Ghafoor, A., Kiani, T. and Mahmood, T. 2014. Genetic analysis for grain yield and various morphological traits in maize (*Zea mays* L.) under normal and water stress environments. **Journal of Animal and Plant Sciences** 24: 1230-1240.

Issa, Z., Nyadanu, D., Richard, A., Sangare, A., Adejumobi, I. and Ibrahim, D. 2018. Inheritance and combining ability study on drought tolerance and grain yield among early maturing inbred lines of maize (*Zea mays* L.). **Journal of Plant Breeding and Crop Science** 10: 115-127.

Josue, A. D. L. and Brewbaker, J. L. 2018. Diallel analysis of grain filling rate and grain filling period in tropical maize (*Zea mays* L.). **Euphytica** 214: 39.

Karim, A., Ahmed, S., Akhi, A., Talukder, M. and Mujahidi, T. 2018. Combining ability and heterosis study in maize (*Zea mays* L.) Hybrids at different environments in Bangladesh. **Bangladesh Journal of Agricultural Research** 43: 125-134.

Kumar, A., Vyas, R., Tomar, A. and Singh, M. 2017. Genetic components analysis in maize (*Zea mays* L.). **The Pharma Innovation** 6: 315-317.

Matin, M. Q. I., Rasul, M. G., Islam, A., Mian, M. K., Ivy, N. A. and Ahmed, J. U. 2016. Combining ability and heterosis in maize (*Zea mays* L.). **American Journal of Bioscience** 4: 84-90.

Moradi, M. 2014. Genetic analysis for grain yield and yield contributing characters in maize (*Zea mays* L.). **International Journal of Biosciences** 5: 173-179.

Ojo, G., Adedzwa, D. and Bello, L. 2007. Combining ability estimates and heterosis for grain yield and yield components in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Sustainable Development in Agriculture and Environment** 3: 49-57.

Rezaei, A., Yazdisamadi, B., Zali, A., Rezaei, A., Tallei, A. and Zeinali, H. 2005. An estimate of heterosis and combining ability in corn using diallel crosses of inbred lines. **Iranian Journal of Agriculture Science** 36: 385-397.

Wattoo, F. M., Saleem, M. and Sajjad, M. 2014. Identification of potential F1 hybrids in maize responsive to water deficient condition. **American Journal of Plant Sciences** 5: 1945-1955.

Zare, M., Choukan, R., Bihamta, M. R. and Majidi-Heravan, E. 2011a. A genetic study of agronomic traits of corn inbred lines using a diallel graphic analysis. **Agrioecology Journal** 7: 27-36. (In Persian with English Abstract).

Zare, M., Choukan, R., Bihamta, M. R., Majidi-Heravan, E. and Kamelmanesh, M. M. 2011b. Gene action for some agronomic traits in maize (*Zea mays* L.). **Crop Breeding Journal** 1: 133-141.

Zhang, Y., Kang, M. S. and Lamkey, K. R. 2005. DIALLEL-SAS05: A comprehensive program for Griffing's and Gardner–Eberhart analyses. **Agronomy Journal** 97: 1097-1106.

www.SID.ir

Archive of SID
doi: 10.22124/c.2018.10848.1411

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 8, No. 2, Summer 2018 (251-260)

Evaluation of combining ability and gene effect in maize S7 inbred lines based on second Griffing methods under normal and water scarcity conditions

Massoumeh Zamani Farsi[1], Mehdi Rahimi[2*], Maryam AbdoliNasab[3] and Amin Baghizadeh[4]

Received: May 14, 2018 Accepted: July 25, 2018

Abstract

To evaluate the general and specific combining ability of maize lines, five S7 maize lines and their offsprings were evaluated in randomized complete block design with two replications under normal and water deficit conditions at the research field of Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran, in 2017 and grain yield and its components were measured. The results of analysis of variance indicated that there was a significant difference between lines as well as general and specific combining ability of parents and hybrids. Based on the results of the diallel analysis by second Griffing's method, number of grain per row, number of grain rows, number of grain per ear, ear length and 100 grain weight were more influenced by the additive effects than the non-additive gene effects, while the number of ear was more controlled by the non-additive gene effects and grain yield per plant was approximately controlled by equal portion of the additive and non-additive gene effects. The line KSC704-S7-1 showed significant and positive general combining ability for grain yield and more related traits under both water deficit stress and non-stress conditions, so this line can be used to improve grain yield in breeding programs. In addition, P1×P3 and P2×P5 hybrids showed significant and positive specific combining ability for grain yield and most related traits under water deficit stress and normal conditions, respectively, which are introduced as the best hybrids for improving maize grain yield under water deficit stress and normal conditions, respectively.

Keywords: Additive and non-additive effects, Diallel cross, General and specific combining ability

1. M. Sc. Student, Dept. of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran
2. Assist. Prof., Dept. of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran.
3. Assist. Prof., Dept. of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran.
4. Assoc. Prof., Dept. of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran.
* Corresponding author: mehdi83ra@yahoo.com

www.SID.ir