

Research Article

Plant Prod., 2022, 44(4), 613-623
<http://plantproduction.scu.ac.ir/>

ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

Study the Combinability of Yield and Yield Components in S₇ Maize Lines

Mehdi Rahimi 

*Corresponding Author: Associate Professor, Department of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran (mehdi83ra@yahoo.com)

Citation: Rahimi, M. (2021). Study the combinability of yield and yield components in S₇ maize lines. *Plant Productions*, 44(4), 613-623.

 10.22055/PPD.2020.33870.1916

Received: 5 January 2021

Accepted: 14 April 2021

Abstract

Introduction

Maize (*Zea mays* L.) is the fourth most important cereal after wheat, barley and rice in Iran (Ahmadi *et al.*, 2018). Given the future demand of corn as a food for humans and as a feed for livestock, there is a continuous need to evolve new hybrids with high yield. To achieve this, combining ability study is one of the best options (Reddy Yerva *et al.*, 2016). Griffing diallel method (Griffing, 1956a; b) is one of the methods that examines how genetic control traits in parents. It also evaluates the general and specific combining ability of parents and hybrids. The purpose of this study was to estimate the general and specific combining ability of parents and hybrids.

Materials and Methods

In order to estimate the gene action and heritability of important agronomic traits, five S₇ maize lines were crossed in a 5×5 half-diallel and F1 hybrids derived from them were cultivated in a randomized complete block design with three replications at the Research Farm of Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran in 2017. Number of ear, grain number per row, grain row number, grain number per ear, ear length, 100-grain weight and grain yield per square meter were evaluated. Analysis of data for general and specific combining ability was carried out following Griffing (1956) method IV model I using DIALLEL-SAS05 program (Zhang *et al.*, 2005).

Results and Discussion

Analysis of variance revealed that there was a significant difference between genotypes for all studied traits that showed the role of additive and non-additive effects in controlling these traits.



The low ratio of GCA variance to SCA for the grain row number and number of ear traits, and in other words, the lack of significant GCA variance of these traits showed that genetic control of these traits has a non-additive effect. General (GCA) and specific (SCA) combining ability variances for grain number per row, grain number per ear, ear length, 100-grain weight and grain yield per square meter were significant at 1% probability level, indicating the control of these traits by additive and non-additive effects of genes with a greater proportion of additive gene effects.

Conclusion

The results of this study indicated that although genes with both additive and non-additive effects played a role in controlling of yield and its component traits, in controlling the traits of ear number and rows, the role of non-additive effects was greater. However, other traits were more controlled by the additive gene effects. The Line 14 had positive and significant GCA for the yield trait and most of its related traits, which indicated that the line could be used in breeding programs to improve yield and increase it. The results also showed that the $P1 \times P2$ and $P3 \times P5$ crosses had positive and significant SCA for yield and its related traits, so these hybrids might be the best for improving and increasing maize grain yield.

Keywords: Additive and non-additive effects, General and specific combinability, Gene action, 100-Grain weight

مطالعه ترکیب پذیری صفات عملکرد و اجزای آن در لاین های S7 ذرت

 مهدی رحیمی

* نویسنده مسئول: دانشیار، گروه بیوتکنولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران (mehdi83ra@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶

چکیده

به منظور مطالعه صفات عملکردی ذرت، دورگ های حاصل از پنج لاین S7 ذرت در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان در طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در قالب یک طرح نیمه دای آبل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس دی آبل به روش چهارم گریفینگ، معنی داری واریانس ترکیب پذیری عمومی و خصوصی صفات تعداد دانه در بلال، طول بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن صد دانه و عملکرد دانه را در سطح یک درصد نشان داد که نشان از نقش اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفات داشت. همچنین با توجه به معنی دار نبودن واریانس ترکیب پذیری عمومی و معنی داری واریانس ترکیب پذیری خصوصی به علاوه پایین بودن نسبت نسبت ژنتیکی برای صفات بلال و تعداد ردیف دانه نقش اثرات غیرافزایشی در کنترل این صفات مشخص گردید. لاین Line14 ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی داری برای صفت عملکرد دانه و اکثر صفات مرتبط با آن نشان داد که از این لاین برای بهبود عملکرد و افزایش آن می توان در برنامه های به نژادی استفاده نمود. علاوه بر آن، تلاقی های P1×P2 (با عملکرد ۷۱۸ گرم در مترمربع) و P3×P5 (با عملکرد ۷۲۸ گرم در مترمربع) به عنوان بهترین دورگ ها برای بهبود و افزایش عملکرد دانه ذرت معرفی شدند، زیرا ترکیب پذیری خصوصی مثبت و معنی داری برای عملکرد دانه و اکثر صفات مرتبط با آن را نشان دادند.

کلیدواژه ها: اثر افزایشی و غیرافزایشی، ترکیب پذیری عمومی و خصوصی، عمل ژن، وزن صد دانه

مقدمه

هکتار و تولیدی بالغ بر یک میلیون تن با متوسط عملکرد ۷۶۹۰ کیلوگرم در هکتار، مشارکتی ۱/۳ درصدی در سبد غذایی ملی دارد (Ahmadi et al., 2018). ذرت علاوه بر غذای اساسی برای انسان و حیوانات، به عنوان یک ماده اولیه برای صنعت نشاسته، روغن، پروتئین، نوشیدنی های الکلی، شیرینی ها و اخیراً سوخت های زیستی مورد استفاده قرار می گیرد (Reddy Yerva et al., 2016).

ذرت (*Zea mays* L.) از نظر تولید اولین غله در جهان است و در جهان در بیش از ۱۸۷ میلیون هکتار از اراضی کشت می شود و حدود ۱۱۳۵ میلیون تن تولید سالانه آن می باشد (FAO, 2018). ذرت در ایران چهارمین غله مهم بعد از گندم، جو و برنج از نظر تولید است. در ایران با سطح زیر کشت در حدود ۱۳۹ هزار

برآورد اثر ژن‌های کنترل‌کننده صفات‌های کمی، هم‌چنین شناخت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در گیاهان مختلف (Mokhtarifar et al., 2016) و به خصوص ذرت به‌طور گسترده‌ای با تلاقی‌های دای‌آلل انجام شده است. به‌کارگیری تلاقی‌های دای‌آلل در ذرت بسیار متداول بوده (Bisen et al., 2017; Brahmhatt et al., 2018; Issa et al., 2018; Josue and Brewbaker, 2018; Karim et al., 2018; Kumar et al., 2017; Matin et al., 2016; Ojo et al., 2007; Reddy Yerva et al., 2014; Wattoo et al., 2016) و در ایران نیز از تجزیه دای‌آلل به‌منظور شناخت ترکیب‌پذیری والدین و هم‌چنین اثر ژن‌های کنترل‌کننده صفات‌های کمی عملکرد و اجزای آن و هم‌چنین صفات زراعی استفاده شده است (Afarinesh et al., 2005; Choukan et al., 2007; Mostafavi et al., 2010; Rezaei et al., 2005; Dehghanpour, 2013).

در مطالعه‌ای از تجزیه دای‌آلل در ذرت برای شناسایی نحوه کنترل ژنتیکی صفات استفاده شد و نتایج سهم برابر اثرات افزایشی و غیرافزایشی را در کنترل صفت عملکرد دانه نشان داد. هم‌چنین نتایج نشان داد که صفات وزن صد دانه و تعداد دانه در ردیف توسط اثرات افزایشی و غیرافزایشی با سهم بیشتر اثرات افزایشی کنترل می‌شوند. نقش اثرات افزایشی و غیرافزایشی با سهم بیشتر اثرات غیرافزایشی در کنترل صفات ارتفاع بوته و تعداد ردیف در بلال نیز مشخص شد (Moradi, 2014). هم‌چنین در آزمایشی دیگر در قالب یک طرح دای‌آلل بر روی هشت لاین خویش‌آمیخته ذرت نتایج نشان داد که اکثر صفات از قبیل تعداد ردیف در بلال، وزن هزار دانه و عملکرد تک بوته تحت کنترل ژن‌هایی با اثر فوق‌غالبیت قرار دارند (Hussain et al., 2014). در مطالعه‌ای دیگر یک طرح دای‌آلل 6×6 در دو شرایط نرمال و تنش خشکی بر روی شش لاین خویش‌آمیخته (لاین اینبرد) ذرت انجام شد. نتایج نشان داد که نقش اثرات افزایشی در کنترل اکثر صفات مورد مطالعه در ذرت در شرایط نرمال و تنش خشکی محرز است (Wattoo et al., 2008).

با توجه به تقاضای آینده ذرت به‌عنوان غذا برای انسان و به‌عنوان خوراک برای دام، نیاز مداوم به تکامل هیبریدهای جدید با عملکرد بالا وجود دارد. برای رسیدن به این هدف، مطالعه ترکیب‌پذیری یکی از بهترین گزینه‌ها است. به‌منظور انتخاب بهترین ترکیب هیبریدی، لاین‌های انتخابی خیلی خوبی باید تلاقی داده شوند و این مزیت قابل توجهی خواهد بود که قادر به برآورد توانایی ترکیب‌پذیری والدین، عمل ژن‌ها و اثرات هتروزیسی تلاقی‌ها می‌باشد (Reddy Yerva et al., 2016). ترکیب‌پذیری توانایی لاین‌های والدینی را برای تولید هیبرید شرح می‌دهد. اسپراگ و تاتوم (Sprague and Tatum, 1942) برای تعیین میانگین عملکرد یک لاین در ترکیبات هیبریدی از اصطلاح ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) استفاده کردند و از اصطلاح ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) برای تعریف مواردی که عملکرد هیبرید نسبتاً بهتر یا بدتر از لاین‌های درگیر در آن هیبرید هستند، استفاده نمودند. از مهمترین کارهای هر برنامه اصلاحی برای دورگ‌گیری تعیین ترکیب‌پذیری و اجزاء واریانس ژنتیکی می‌باشد و نحوه عمل ژن یا ژن‌های دخیل در تظاهر صفات‌های کمی مهم تعیین می‌شود. هم‌چنین به اصلاح‌کنندگان کمک می‌نماید تا والدین با ترکیب‌پذیری عمومی و هیبریدهایی با ترکیب‌پذیری خصوصی بالا را شناسایی نمایند (Christie and Shattuck, 2010). برنامه‌های تلاقی‌های دای‌آلل برای دستیابی به این هدف با تهیه یک روش سیستماتیک برای شناسایی والدین و هیبریدهای مناسب برای صفات‌های مورد بررسی به‌کار برده می‌شوند. تجزیه دای‌آلل به روش گریفینگ (Griffing, 1956a; Griffing, 1956b) یکی از روش‌های ارزیابی چگونگی عمل ژن‌های کنترل‌کننده صفات‌ها در والدین، بررسی ترکیب‌پذیری عمومی والدین و هم‌چنین بررسی ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدها می‌باشد و روش چهارم گریفینگ به دلیل استفاده نکردن از والدین در تجزیه ارباب کمتری در صفات با هتروزیس بالا دارد (Rahimi et al., 2008).

اثر ژن‌های کنترل‌کننده صفت‌های زراعی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در قالب یک طرح نیمه‌دی‌آلل در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته در کرمان با موقعیت طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱ دقیقه شمالی با ارتفاع ۲۰۲۰ متر بالاتر از سطح دریای آزاد کشت گردیدند و تلاقی‌های مستقیم بین والدین انجام شد. در سال زراعی بعد (۹۷-۱۳۹۶) نتایج حاصل از تلاقی بین والدین (هیبریدها) در مزرعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند. هر تیمار در دو خط کشت گردید. طول هر خط ۲ متر، فاصله بین کپه‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر منظور شد و صفت‌های عملکرد و اجزای عملکرد شامل تعداد بلال در بوته، تعداد دانه در بلال (تعداد کل دانه‌های پر در پنج بلال تصادفی شمرده شد)، تعداد ردیف دانه (تعداد کل ردیف‌های موجود در یک بلال)، تعداد دانه در هر ردیف (تعداد کل دانه‌های پر موجود در هر ردیف بلال)، طول بلال (بر حسب سانتی‌متر)، وزن صد دانه (بر حسب گرم) و عملکرد دانه (بر حسب گرم/مترمربع) در آن‌ها اندازه‌گیری و مورد ارزیابی قرار گرفتند. کلیه اندازه‌گیری‌ها بر روی پنج نمونه تصادفی انجام شد.

پس از معنی‌دار بودن واریانس تیمارها، تجزیه‌ی دی‌آلل با روش چهارم گریفینگ مدل مخلوط B (Griffing, 1956a; Griffing, 1956b) انجام شد. برای این منظور، مجموع مربعات تیمارها در روش چهارم گریفینگ به دو جزء مجموع مربعات ترکیب‌پذیری عمومی (SS_{GCA}) و خصوصی (SS_{SCA}) تفکیک شد. علاوه بر آن، اثرات ترکیب‌پذیری عمومی برای والدین (gca_i) و خصوصی برای هر تلاقی (sca_{ij}) نیز برآورد گردید و معنی‌دار بودن آن‌ها با استفاده از توزیع ای استیودنت و از طریق فرمول‌های زیر انجام شد (Griffing, 1956a; Griffing, 1956b).

(al., 2014). در مطالعه ذرت به روش دی‌آلل با هفت لاین خویش آمیخته نیز نتایج نشان داد که در کنترل صفات عملکرد و اجزای آن سهم اثر غیرافزایشی ژن‌ها نسبت به اثر افزایشی ژن‌ها مهم‌تر بود (Zare et al., 2011a; Zare et al., 2011b).

هدف از انجام پژوهش حاضر، تعیین چگونگی اثر ژن‌ها در کنترل ژنتیکی صفت‌های کمی عملکرد و اجزای آن، برآورد ترکیب‌پذیری عمومی والدین و درنهایت برآورد ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدهای حاصل از تلاقی والدین بوده است که درنهایت به انتخاب والدین مناسب و هم‌چنین هیبریدهای برتر می‌انجامد.

مواد و روش‌ها

ابتدا بیست جمعیت ذرت با والد KSC704 تلاقی داده شدند و در سال اول ارزیابی تک بوته‌های انتخابی با ظاهری مناسب مانند ریشه‌های قوی، ضخامت ساقه بهتر، وضعیت و زاویه مناسب برگ با ساقه، عدم تظاهر علائم آفات و بیماری‌ها انتخاب شدند. عملیات خودگشایی در زمان مناسب و با دقت انجام گردید. در ابتدا بیش از ۷۰۰ تک بوته تا مرحله S_3 گزینش و گشوده شدند. در مرحله S_3 با یک آزمایش آزمون زود هنگام با دو تستر B73 و MO17 عملیات غربال لاین‌ها صورت گرفت و تعداد ۱۹۸ لاین انتخاب گردید و در مرحله S_6 نیز دوباره با دو تستر B73 و MO17 عملیات غربال لاین‌ها صورت گرفت و درنهایت ۱۵ لاین انتخاب شدند. این لاین‌ها در مرحله S_6 در مزرعه ارزیابی و با تجزیه خوشه‌ای در سه گروه و در ۵ زیرگروه تقسیم شدند (داده‌ها منتشر نشده‌اند). درنهایت از هر زیرگروه یک لاین انتخاب و در سه دسته پنج‌تایی تقسیم شدند (در هر دسته لاین‌ها فاصله ژنتیکی زیادی باهم داشتند) تا در مطالعات بعدی مورد استفاده قرار گیرند. پنج لاین خالص S_7 ذرت به نام‌های Line6، Line10، Line11، Line13 و Line14 که در یکی از دسته‌ها قرار داشتند، به منظور برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌های ذرت و نوع

رابطه (۱)

سطح پنج درصد) در سطح احتمال یک صدم ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود. نتایج تجزیه گزینگی نشان داد که واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والد‌ها و هیبریدها از نظر کلیه صفات (به‌جز برای صفات‌های تعداد بلال و تعداد ردیف دانه) در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). به این ترتیب در کنترل ژنتیکی صفات‌های مورد مطالعه وجود اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها مورد تأیید قرار گرفت. وجود اثر افزایشی و غیرافزایشی در کنترل صفات‌های عملکرد و اجزای آن نیز توسط Zare et al. (2011b) و Zare et al. (2011a) گزارش شده است.

در مورد صفات‌های تعداد ردیف دانه و تعداد بلال نسبت واریانس GCA به SCA پایین بود و به عبارتی واریانس GCA معنی‌دار نبود، بنابراین نقش اثرات غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفات مشخص شد. به‌علاوه پایین بودن نسبت ژنتیکی نیز برای این صفات حاکی از کنترل ژنتیکی آن‌ها توسط اثر غیرافزایشی ژن‌ها بود. کنترل ژنتیکی این صفات توسط اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها توسط محققین دیگر نیز مشخص شده بود، با این تفاوت که تعدادی از پژوهشگران، سهم بیشتر اثر غیرافزایشی ژن‌ها (Afarinesh et al., 2005; Choukan et al., 2007; Dehghanpour, 2013; Karim et al., 2018; Hussain et al., 2014; Wattoo et al., 2014; Zare et al., 2011a; Zare et al., 2011b) را گزارش نموده‌اند.

$$t = \frac{\widehat{gca}_i}{\sqrt{\text{var}(\widehat{gca}_i)}}$$

$$t = \frac{\widehat{sca}_{ij}}{\sqrt{\text{var}(\widehat{sca}_{ij})}}$$

$$\text{Var}(\widehat{gca}_i) = \frac{p-1}{p(p-2)} M'_e$$

$$\text{Var}(\widehat{sca}_{ij}) = \frac{p-3}{p-1} M'_e$$

در این روابط p ، تعداد والدین و M'_e ، برابر با MSe/r است.

برآورد تقریبی اثر ژن‌ها در هر روش نیز از نسبت ژنتیکی که توسط بیکر (Baker, 1978) استفاده شده بود، محاسبه شد.

$$\text{نسبت ژنتیکی} = \frac{2MS_{GCA}}{2MS_{GCA} + MS_{SCA}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

به منظور تجزیه واریانس و هم‌چنین برای تجزیه دای‌آلل به روش چهارم گزینگی مدل مخلوط B از برنامه ارائه شده SAS (Zhang et al., 2005) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین تیمارها برای تمامی صفات‌های مورد مطالعه (به‌جز تعداد بلال که در سطح پنج درصد معنی‌دار بود) در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود (جدول ۱). چنانچه مشاهده می‌شود اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات (بجز تعداد بلال در

Table 1. Simple analysis of variance of maize yield traits by fourth Griffing method

Source of variation	df	Mean Square						
		Number of ear per plant	Grain number per row	Row number	Grain number per ear	Ear length (cm)	100-grain weight	Grain yield (gr/m ²)
Rep	2	0.133 ^{ns}	5.2 ^{**}	5.7 ^{**}	56.93 ^{ns}	1.33 ^{**}	0.59 ^{ns}	5808.15 ^{ns}
Genotype	9	0.552 [*]	55.56 ^{**}	18.39 ^{**}	29319.37 ^{**}	2.06 ^{**}	16.23 ^{**}	60966.58 ^{**}
GCA	4	0.48 ^{ns}	56.91 ^{**}	1.14 ^{ns}	28458.98 ^{**}	1.54 ^{**}	29.15 ^{**}	68189.51 ^{**}
SCA	5	0.61 [*]	54.48 ^{**}	32.18 ^{**}	30007.68 ^{**}	2.49 ^{**}	5.89 ^{**}	55188.23 ^{**}
Error	18	0.207	0.459	0.441	30.93	0.101	0.185	10009.02
CV%		27.88	2.62	3.29	1.24	1.58	0.79	25.43
Genetic ratio		-	0.68	-	0.65	0.55	0.91	0.71
MSGCA/MSSCA		0.79	1.04	0.04	0.95	0.62	4.95	1.24

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability level, respectively.

دانه در بلال، طول بلال، وزن صد دانه و عملکرد دانه و بالا و نزدیک به یک بودن نسبت ژنتیکی و همچنین بالا بودن نسبت MSGCA/MSSCA برای این صفت‌ها، از روش‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب دوره‌ای یا هیبریداسیون و انتخاب در نسل‌های بعدی می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی برای بهبود این صفت‌ها استفاده نمود چراکه گزینش در مورد صفت‌های که دارای واریانس افزایشی قابل ملاحظه‌ای هستند می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد (Afarinesh et al., 2005; Choukan et al., 2007; Hussain et al., 2014; Issa et al., 2018; Moradi, 2014; Ojo et al., 2007; Zare et al., 2011b).

اثرات GCA و SCA برای صفت تعداد بلال در بوته در جدول ۲ نشان داده شده است. لاین Line13 برای صفت تعداد بلال دارای GCA منفی بود و نشان دهنده این مفهوم است که این لاین پتانسیل انتقال کاهش تعداد بلال در بوته را به نتاج خود دارا هست. تلاقی‌های دارای SCA مثبت و معنی‌دار برای افزایش تعداد بلال می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین، تلاقی‌های Line10×Line14 و Line11×Line13 در برنامه‌های به‌نژادی افزایش تعداد بلال مدنظر خواهند بود و می‌توان در نسل‌های پیشرفته از این تلاقی‌ها گیاهانی با تعداد بلال بیشتر را انتخاب و این صفت را در نتاج حاصل تثبیت نمود. در مورد طول بلال، لاین Line13 دارای GCA مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۲). هم‌چنین SCA مثبت و معنی‌دار برای تلاقی‌های Line11×Line14، Line10×Line13، و Line6×Line13 مشاهده گردید (جدول ۲)، بنابراین می‌توان از این تلاقی‌ها برای افزایش طول بلال در نتاج استفاده نمود.

نتایج تجزیه واریانس روش چهارم گریفینگ نشان داد که بین GCA والدها و SCA تلاقی‌ها تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0/01$) برای صفت‌های تعداد دانه در ردیف، وزن صد دانه و تعداد دانه در بلال وجود دارد (جدول ۱). همچنین نسبت MSGCA/MSSCA و نسبت ژنتیکی نیز نشان داد که این صفت‌ها تحت تأثیر هر دو نوع اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها با سهم بیشتر اثرات افزایشی قرار دارند. بنابراین، با توجه به مثبت و معنی‌دار بودن همبستگی این صفت‌ها با عملکرد دانه (جدول ۳).

انجام آزمایش در سال‌ها و محیط‌های مختلف و در نتیجه سهم متفاوت اثر متقابل محیط با ژنوتیپ‌ها و هم‌چنین متفاوت بودن والدهای مورد مطالعه و نحوه توزیع آلل‌ها در آن‌ها می‌تواند دلیل این اختلاف باشد. با توجه به پایین بودن نسبت ژنتیکی و کنترل توسط اثرات غیرافزایشی، برای اصلاح ارزش ژنوتیپی این صفت‌ها پیشنهاد می‌شود از روش‌های اصلاحی مبتنی بر دورگ‌گیری در برنامه‌های به‌نژادی استفاده گردد (Choukan et al., 2007; Issa et al., 2018; Karim et al., 2018; Rezaei et al., 2005; Wattoo et al., 2014; Zare et al., 2011b).

برای صفت‌های تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، طول بلال، وزن صد دانه و عملکرد دانه واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) والدها و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) هیبریدها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و حاکی از کنترل این صفت‌ها توسط اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها بود (جدول ۱). با توجه به بزرگ بودن نسبت واریانس GCA به SCA، سهم بیشتر اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت‌ها مشخص گردید. نزدیک به یک بودن نسبت ژنتیکی و هم‌چنین بالا بودن نسبت MSGCA/MSSCA نیز نشان داد که نقش اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفت‌ها بیشتر از اثرات غیرافزایشی ژن‌ها است. کنترل ژنتیکی این صفت‌ها توسط اثرات افزایشی و غیرافزایشی ولی با سهم بیشتر اثرات افزایشی ژن‌ها توسط تعدادی از پژوهشگران دیگر نیز نشان داده شده است که با نتایج این تحقیق در یک راستا می‌باشد (Hussain et al., 2014; Wattoo et al., 2014; Zare et al., 2011a; Zare et al., 2011b).

اگرچه، کنترل این صفت‌ها توسط اثرات افزایشی و غیرافزایشی با سهم بیشتر اثرات غیرافزایشی ژن‌ها توسط پژوهشگران دیگری نیز گزارش شده است (Afarinesh et al., 2005; Bisen et al., 2017; Brahmabhatt et al., 2018; Choukan et al., 2007; Dehghanpour, 2013; Karim et al., 2018; Kumar et al., 2017; Rezaei et al., 2005) که می‌تواند به دلیل ارقام مختلف و شرایط محیطی متفاوت باشد. با توجه به نتایج و سهم بیشتر اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل صفت‌های تعداد دانه در ردیف، تعداد

Table 2. General combining ability of parents and specific combining ability of hybrids by fourth Griffing method

Parents and crosses	Studied traits						
	Number of ear per plant	Grain number in row	Row number	Grain number in ear	Ear length	100 grain weight	Grain yield per square meter
Line6 (P1)	0.156 ^{ns}	-3.089 ^{**}	0.289 ^{ns}	-64.822 ^{**}	-0.291 ^{ns}	2.760 ^{**}	-2.048 ^{ns}
Line10 (P2)	0.044 ^{ns}	-1.422 ^{**}	-0.156 ^{ns}	-43.044 ^{**}	-0.291 ^{ns}	-2.196 ^{**}	-54.560 ^{ns}
Line11 (P3)	0.044 ^{ns}	2.467 ^{**}	-0.044 ^{ns}	43.400 ^{**}	-0.280 ^{ns}	-0.284 ^{ns}	66.159 [*]
Line13 (P4)	-0.400 ^{**}	-0.644 [*]	0.400 ^{ns}	-4.044 [*]	0.609 ^{**}	-0.584 ^{**}	-111.787 ^{**}
Line14 (P5)	0.156 ^{ns}	2.689 ^{**}	-0.489 ^{ns}	68.511 ^{**}	0.253 ^{ns}	0.304 [*]	102.236 ^{**}
P1×P2	0.167 ^{ns}	0.944 [*]	3.000 ^{**}	75.167 ^{**}	-0.411 [*]	0.022 ^{ns}	116.431 ^{**}
P1×P3	-0.167 ^{ns}	-2.944 ^{**}	-0.111 ^{ns}	-44.944 ^{**}	-0.089 ^{ns}	-0.756 ^{**}	-104.885 [*]
P1×P4	0.278 ^{ns}	-3.500 ^{**}	-0.222 ^{ns}	-61.500 ^{**}	0.422 [*]	0.278 ^{ns}	20.949 ^{ns}
P1×P5	-0.278 ^{ns}	5.500 ^{**}	-2.667 ^{**}	31.278 ^{**}	0.078 ^{ns}	0.456 [*]	-32.494 ^{ns}
P2×P3	-0.389 [*]	-0.944 [*]	-2.000 ^{**}	-64.056 ^{**}	-0.256 ^{ns}	1.767 ^{**}	-133.399 ^{**}
P2×P4	-0.278 ^{ns}	2.833 ^{**}	1.556 ^{**}	95.389 ^{**}	1.089 ^{**}	-0.033 ^{ns}	26.892 ^{ns}
P2×P5	0.500 [*]	-2.833 ^{**}	-2.556 ^{**}	-106.500 ^{**}	-0.422 [*]	-1.756 ^{**}	-9.924 ^{ns}
P3×P4	0.389 [*]	3.611 ^{**}	-2.222 ^{**}	-0.056 ^{ns}	-0.756 ^{**}	-1.278 ^{**}	74.013 ^{ns}
P3×P5	0.167 ^{ns}	0.278 ^{ns}	4.333 ^{**}	109.056 ^{**}	1.100 ^{**}	0.267 ^{ns}	164.272 ^{**}
P4×P5	-0.389 [*]	-2.944 ^{**}	0.889 [*]	-33.833 ^{**}	-0.756 ^{**}	1.033 ^{**}	-121.854 ^{**}

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability level, respectively.

Table 3. Table of correlations between maize yield traits

Traits	Number of ear per plant (X1)	Grain number in row (X2)	Row number (X3)	Grain number in ear (X4)	Ear length (X5)	100 grain weight (X6)	Grain yield per square meter (X7)
X1	1						
X2	-0.031 ^{ns}	1					
X3	-0.118 ^{ns}	-0.098 ^{ns}	1				
X4	-0.045 ^{ns}	0.771 ^{**}	0.425 [*]	1			
X5	-0.26 ^{ns}	0.208 ^{ns}	0.434 [*]	0.441 [*]	1		
X6	-0.074 ^{ns}	-0.147 ^{ns}	0.156 ^{ns}	-0.059 ^{ns}	0.036 ^{ns}	1	
X7	0.775 ^{**}	0.426 [*]	0.202 ^{ns}	0.567 ^{**}	0.046 ^{ns}	0.049 ^{ns}	1

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability level, respectively.

والد بهبوددهنده این صفات‌ها در برنامه‌های به‌نژادی برای افزایش آن‌ها و در نهایت افزایش عملکرد دانه استفاده نمود (جدول ۲).

ترکیب‌پذیری عمومی والد‌ها برای صفت تعداد ردیف دانه در روش چهارم گریفینگ از ۰/۴۸۹- در لاین Line14 تا ۰/۴۰۰ در لاین Line13 متغیر بود. ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها نیز از ۲/۶۶۷- در تلاقی P1×P5 تا ۴/۳۳ در تلاقی P3×P5 نوسان داشت (جدول ۲). هیچ لاینی ترکیب‌پذیری عمومی مثبتی نشان نداد و ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری برای دورگ‌های P1×P2، P2×P4، P3×P5 و P4×P5 در این صفت مشاهده گردید (جدول ۲). این صفت یکی از اجزای عملکرد و از صفات‌های مهم برای افزایش

هم‌چنین بودن این صفات‌ها به‌عنوان یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه، لذا هرگونه اقدام اصلاحی در مورد افزایش این صفات‌ها تأثیر بسزایی بر افزایش عملکرد خواهد داشت و با افزایش آن‌ها عملکرد دانه هم افزایش خواهد یافت. بنابراین از روش‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب دوره‌ای یا هیبریداسیون و انتخاب در نسل‌های بعدی می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی برای بهبود این صفات‌ها استفاده نمود و در نهایت عملکرد را افزایش داد. با توجه به این‌که لاین Line14 برای صفات‌های تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال و وزن صد دانه، و هم‌چنین لاین Line11 برای صفات‌های تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال دارای GCA مثبت و معنی‌دار بودند، بنابراین می‌توان از این لاین‌ها به‌عنوان

ذرت برداشت. بنابراین، با توجه به مثبت و معنی دار بودن SCA برای تلاقی های $P1 \times P2$ و $P3 \times P5$ می توان آن ها را به عنوان تلاقی های امیدبخش معرفی نمود و واریته های هیبرید را برای افزایش این صفات پیشنهاد نمود.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از تجزیه دای آلل 5×5 در ذرت به روش چهارم گریفینگ نقش اثرات افزایشی ژن ها در کنترل صفت های تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، طول بلال و وزن صد دانه را نشان داد، در حالی که صفت های تعداد بلال و تعداد ردیف دانه تحت کنترل اثرات غیرافزایشی ژن ها قرار داشتند و در کنترل صفت عملکرد دانه نقش هر دو اثرات افزایشی و غیرافزایشی برابر بود. لاین Line14 ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی داری برای صفت عملکرد و اکثر صفت های مرتبط با آن نشان داد که می توان در برنامه های اصلاحی برای بهبود عملکرد و افزایش آن از این لاین استفاده نمود. هم چنین لایق های $P1 \times P2$ و $P3 \times P5$ ترکیب پذیری خصوصی مثبت و معنی داری برای عملکرد و اکثر اجزای آن نشان دادند، بنابراین می توان این دورگ ها را به عنوان بهترین دورگ برای بهبود و افزایش عملکرد دانه در ذرت معرفی نمود و از آن ها در برنامه های به نژادی استفاده نمود. ترکیب پذیری خصوصی مثبت و مطلوب برای اکثر صفت های مورد مطالعه نشان داد که پتانسیل لازم برای شناسایی هیبرید در برنامه های اصلاحی وجود دارد و می توان از آن ها در برنامه های به نژادی استفاده نمود و پس از بررسی این هیبریدها با ارقام شاهد از آن ها استفاده نمود.

سپاس گذاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی شماره ۲۷۹۸ / ۹۷ با استفاده از اعتبارات پژوهشی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران انجام شده است.

عملکرد در ذرت است، لذا این دورگ ها دارای پتانسیل بهبود این صفت در بهره گیری از اثر غیرافزایشی ژن ها برای افزایش آن و در نهایت افزایش عملکرد دانه می باشند. نقش اثر غیرافزایشی ژن ها در جهت افزایش این صفت با توجه به مثبت و معنی دار بودن SCA اکثر تلاقی ها مشخص گردید.

تجزیه گریفینگ به روش چهارم تفاوت معنی داری بین والد ها و تلاقی ها از نظر ترکیب پذیری عمومی و خصوصی برای عملکرد دانه نشان داد (جدول ۱). بعلاوه، نزدیک بودن نسبت MSGCA/MSSCA به یک و هم چنین نزدیک بودن نسبت ژنتیکی به $0/5$ برای این صفت نشان داد که هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن ها با سهم تقریباً برابر در کنترل این صفت نقش داشتند. در حالی که در مطالعات محققین دیگر (Zare et al., 2011a; Zare et al., 2011b) سهم بیشتر اثر افزایشی ژن ها و هم چنین سهم بیشتر اثرات غیرافزایشی (Issa et al., 2018; Josue and Brewbaker, 2018; Karim et al., 2018; Kumar et al., 2017) برای کنترل این صفت نشان داده شد که با نتایج تحقیق حاضر متفاوت بودند، اگرچه در همه این تحقیقات نقش اثرات افزایشی و غیرافزایشی محرز بود. نتایج بررسی اثرات GCA والد ها نشان داد که لاین های Line11 و Line14 دارای GCA مثبت و معنی دار بودند و بنابراین این والد ها قابلیت انتقال افزایش عملکرد به نتاج خود را دارا هستند (جدول ۲). هم چنین عملکرد تلاقی ها از 217 گرم در مترمربع تا 728 گرم در مترمربع متغیر بود. با توجه به محدودیت در زمین های زراعی، رشد روز افزون جمعیت و هم چنین تمایل کشاورزان به افزایش محصول و درآمد بیشتر، افزایش محصولات کشاورزی از طریق افزایش محصول در واحد سطح می تواند انجام گیرد. بنابراین با بهره گیری از سطوح هتروزیس بالاتر نتاج حاصل از این والد ها می توان در برنامه های به نژادی برای تولید هیبریدهای با عملکرد بالا استفاده نمود و گام مؤثری در افزایش تولید و عملکرد

References

- Afarinesh, A., Farshadfar, E. A., & Choukan, R. (2005). Genetic analysis of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) using diallel method. *Seed and Plant*, 20(4), 457-473 [In Farsi]
- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Abd-Shah, H., Kazimian, A., & Rafiei, M. (2018). *Agricultural statistics of crop years 2016-17, Volume One: Crop production*. Ministry of Agriculture-Jahad, Planning and Economics Affairs, Information and Communication Technology Center, Tehran, Iran. [In Farsi]
- Baker, R. (1978). Issues in diallel analysis. *Crop Science*, 18(4), 533-536.
- Bisen, P., Dadheech, A., Namrata, A. K. G. S., & 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(3), 1760-1766.
- Brahmbhatt, B., Kuchhadiya, G., Gosai, M., Joshi, N., & 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 Sciences*, 7(4), 3458-3464.
- Choukan, R., Abtahi, H., & MajidiHeravan, E. (2007). Genetic analysis of different traits in maize using diallel cross analysis. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 8(4), 343-356. [In Farsi]
- Christie, B., & Shattuck, V. (2010). The diallel cross: Design, analysis, and use for plant breeders. In: Janick, J. (Ed.), *Plant breeding reviews* (Vol. 74, pp. 9-36). USA: John Wiley & Sons.
- 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(4), 355-366 [In Farsi]
- FAO. (2018). *Statistical databases*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Griffing, B. (1956a). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, 9(4), 463-493.
- Griffing, B. (1956b). A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*, 10, 31-50.
- Hussain, M., Shah, K., Ghafoor, A., Kiani, T., & Mahmood, T. (2014). Genetic analysis for grain yield and various morphological traits in maize (*Zea mays* L.) under normal and water stress environments. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 24, 1230-1240.
- Issa, Z., Nyadanu, D., Richard, A., Sangare, A., Adejumbi, I., & 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(6), 115-127.
- Josue, A. D. L., & 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., & 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(1), 125-134.
- Kumar, A., Vyas, R., Tomar, A., & 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., & Ahmed, J. U. (2016). Combining ability and heterosis in maize (*Zea mays* L.). *American Journal of BioScience*, 4(6), 84-90.

- Mokhtarifar, K., Abdoshahi, R., & Pourseyedi, S. (2016). Evaluation of heritability and combining ability of yield and some related traits in bread wheat using half diallel analysis. *Plant Productions*, 39(2), 11-26. [In Farsi]
- Moradi, M. (2014). Genetic analysis for grain yield and yield contributing characters in maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Biosciences*, 5(8), 173-179.
- Mostafavi, K., Choukan, R., Taeb, M., MajidiHeravan, E., & Bihamta, M. (2010). Genetic study of yield and related traits in corn (*Zea mays* L.) using graphical diallel analysis. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 6(3), 19-26 [In Farsi]
- Ojo, G., Adedzwa, D., & 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.
- Rahimi, M., Rabiei, B., Samizadeh Lahiji, H., & Kafi Ghasemi, A. (2008). Evaluation of combining ability in rice cultivars based on second and fourth Griffing methods. *Journal of Water and Soil Science*, 12(43), 129-141. [In Farsi]
- Reddy Yerva, S., Sekhar, T. C., Allam, C. R., & Krishnan, V. (2016). Combining ability studies in maize (*Zea mays* L.) for yield and its attributing traits using Griffing's diallel approach. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 7(4), 1046-1055.
- Rezaei, A., Yazdisamadi, B., Zali, A., Rezaei, A., Tallei, A., & 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. [In Farsi]
- Sprague, G. F., & Tatum, L. A. (1942). General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Agronomy Journal*, 34(10), 923-932.
- Wattoo, F. M., Saleem, M., & Sajjad, M. (2014). Identification of potential F1 hybrids in maize responsive to water deficient condition. *American Journal of Plant Sciences*, 5(13), 1945-1955.
- Zare, M., Choukan, R., Bihamta, M. R., & MajidiHeravan, E. (2011a). A genetic study of agronomic traits of corn inbred lines using a diallel graphic analysis. *Agriocology Journal*, 7, 27-36 [In Farsi]
- Zare, M., Choukan, R., Bihamta, M. R., MajidiHeravan, E., & Kamelmanesh, M. M. (2011b). Gene action for some agronomic traits in maize (*Zea mays* L.). *Crop Breeding Journal*, 1(2), 133-141.
- Zhang, Y., Kang, M. S., & Lamkey, K. R. (2005). DIALLEL-SAS05: A comprehensive program for Griffing's and Gardner-Eberhart analyses. *Agronomy Journal*, 97(4), 1097-1106.