

مطالعه قابلیت ترکیب‌پذیری و برآورده اثرات ژن در برخی صفات لاین‌های اینبرد ذرت شیرین (*Zea mays L. var saccarata*) به روش تلاقی لاین × تستر

علی بروزگری^۱، سعید ملکزاده شفارودی^۲، سعید خاوری خراسانی^{۳*} و فرج‌اله شهریاری‌احمدی^۴

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بهنژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد
- ۲- دانشیار، گروه بهنژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد
- ۳- استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مشهد
- ۴- استاد، گروه بهنژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۴)

چکیده

دستیابی به نتایج مطلوب در برنامه‌های بهنژادی گیاهی، نیازمند انتخاب آگاهانه والدین بر اساس قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و نوع اثرات ژن‌ها می‌باشد. به منظور برآورده اجزای واریانس ژنتیکی و قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌های ذرت شیرین، آزمایشی با استفاده از ۸ لاین اینبرد S6 ذرت شیرین (شامل ۴ لاین مادری و ۴ والد پدری) با استفاده از طرح ژنتیکی لاین × تستر در سال ۱۳۹۸ در ایستگاه طرق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی انجام شد. ترکیبات تست‌کراس حاصل از این تلاقی‌ها برای شرکت در آزمون نتاج در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۹ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه لاین × تستر نشان داد اثر لاین، تستر و لاین × تستر برای اکثر صفات اندازه‌گیری شده دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($p < 0.05$). تغییرات نسبت $\sigma_{\text{gca}}^2/\sigma_{\text{sca}}^2$ برای صفت عملکرد دانه برابر با ۰/۱ برآورد گردید و نشان داد که هر دو اثر افزایشی و غالبیت در کنترل این صفت نقش دارند، اما سهم اثر غالبیت بیشتر بود. نتایج تحقیق نشان داد ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های L3 و T1 برای صفت عملکرد دانه با اثر GCA مثبت و معنی‌دار بود. برآورده گردید. همچنین نتایج عملکرد دانه نشان داد که ترکیبات L3 × T1، L2 × T4، L4 × T1 و L4 × T2 به ترتیب با میانگین عملکرد بالا سبز ۳۳/۹۶، ۳۰/۴۷ و ۲۷/۸۵ تن در هکتار برترین هیبریدها بودند. این ترکیبات می‌توانند به عنوان هیبریدهایی با پتانسیل عملکرد بالا در برنامه‌های اصلاحی پیشرفتی برای تولید و معرفی ارقام جدید ذرت شیرین مورد استفاده گیرند.

واژگان کلیدی: ذرت شیرین، اینبرد لاین، عملکرد دانه، ترکیب‌پذیری، اثر ژن

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

هتروژیگوس حاصل از تلاقی ژنوتیپ‌های مختلف عمل خواهد کرد.

در پژوهشی دیگر برای بررسی توانایی ترکیب‌پذیری ۲۳ لاین اینبرد ذرت شیرین، لاین‌ها به صورت ۳ تستر و ۲۰ لاین، در یک طرح آزمایشی به روش لاین × تستر تلاقی داده شدند. ارزیابی ۶۰ ترکیب حاصل از تلاقی لاین‌ها نشان داد که توانایی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای همه صفات معنی‌دار بود که این امر وجود اثرات غالیت و افزایشی را در کنترل صفات مربوطه نشان داد.
(Revilla *et al.* 2021)

منکیر و همکاران (Mankir *et al.*, 2004) واریانس معنی‌داری برای لاین‌ها در صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بالال و روز تا ظهرور تاسل و کاکل به دست آوردن و واریانس معنی‌داری برای اثر متقابل لاین × تستر برای صفات ارتفاع بوته و روز تا ظهرور تاسل به دست آوردن.

بنایی و همکاران (Banaii *et al.*, 2016) در تحقیقی بر روی برآورده اثرات ژن‌ها در لاین‌های ذرت نتیجه گرفتند که در تنش شوری اثر لاین × تستر فقط در صفات تعداد کل برگ و تعداد روز تا ظهرور ۵۰ درصد کاکل غیرمعنی‌دار بود. واریانس افزایشی برای صفات تعداد روز تا ظهرور ۵۰ درصد کاکل و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در شرایط کنترل بیشتر از واریانس غالیت ارزیابی شد که نسبت بیشتر از یک واریانس افزایشی به واریانس غیرافزایشی نیز گویای این مطلب بود.

آسیف و همکاران (Asif *et al.*, 2014) در تحقیقی میزان ترکیب‌پذیری عملکرد و اجزای آن را بر روی ذرت دانه‌ای با استفاده از روش تجزیه لاین × تستر به دست آوردن.

هدف مطالعه حاضر، برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌های S6 ذرت شیرین و تخمین نوع اثرات ژنی عملکرد دانه کنسروی و صفات واپسی، با استفاده از طرح تلاقی لاین × تستر می‌باشد. با استفاده از این روش، لاین‌های والدینی دارای ترکیب‌پذیری مناسب شناسایی شده و برای تولید هیریدهای سینگل کراس تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مقدمه

یکی از اولین برنامه‌های اصلاحی لاین‌های اینبرد، برای بهنژادی ذرت، ارزیابی ترکیب‌پذیری‌ها در نسل‌های اولیه می‌باشد. اصولاً قابلیت ترکیب‌پذیری و اثرات ژن نقش معنی‌داری در اصلاح مواد ژنتیکی ایفا می‌کند. به علاوه طرح تلاقی لاین × تستر که توسط کمپیوتون در سال ۱۹۵۷ پیشنهاد شد، یکی از ابزارهای قدرتمند برای ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها است که بر اساس نتایج حاصل از تلاقی‌ها، به انتخاب والدین مطلوب برای تولید هیریدهای تجاری کمک می‌کند (El-

Degwy *et al.*, 2014).

به‌طور کلی، توانایی ترکیب‌پذیری عمومی (General combining ability, GCA) و توانایی ترکیب‌پذیری خصوصی (Specific combining ability, SCA)، ارزش‌های ژنتیکی بالقوه منابع اصلاح‌شده را برای تولید هیرید را اندازه‌گیری می‌کنند. ژن‌هایی که دارای اثرات افزایشی هستند GCA و ژن‌هایی که دارای اثرات غالیت و اپیستازی هستند SCA تولید می‌کنند؛ بنابراین می‌توان گفت که برآورده ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) نسبت به مجموعه مشخصی از لاین‌های اصلاحی آزمایش شده بستگی دارد (Debesa Gobu, 2021).

برای بهبود ژنتیکی صفت عملکرد، ضروری است تا تلاقی‌های با پتانسیل ترکیب‌پذیری پایین حذف شوند و همچنین والدین در برنامه‌ی بهنژادی در گروههای هترووتیک قرار گیرند. ارزیابی اثرات ژن در هر یک از صفات مؤثر بر میزان عملکرد، نقش مهمی در انتخاب روش‌های بهنژادی ایفا می‌کند. اینکه قابلیت ترکیب‌پذیری والدین مشخص باشد کاربرد زیادی در تعیین والدین از لحاظ عملکرد هیریدهای آن‌ها دارد (Ravikesavan *et al.* 2020).

روسواندی و همکاران (Ruswandi *et al.* 2021)، در یک آزمایش برای بررسی کارایی طرح تلاقی لاین × تستر نشان دادند که یک تستر خالص‌شده بهتر از یک تستر

مواد و روش‌ها

آزمایشی انتخاب و خصوصیات مربوط به اجزای عملکرد، شامل طول بلال، قطر بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس دانه‌ها از سطح چوب‌بلال تراشیده و تعیین وزن چوب‌بلال بر روی باسکول انجام شد. در نهایت برداشت علوفه کرت با کفبر کردن بوته‌ها از سطح زمین صورت پذیرفت. پس از ثبت داده‌ها در نرم‌افزار اکسل تجزیه و تحلیل اطلاعات از طریق روابط ۱ تا ۱۲ با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد.

مجموع مربعات تکرار

$$SS_R = \frac{\Sigma Y_{..k}^2}{mf} - \frac{Y_{..}^2}{rmf} \quad (\text{رابطه ۱})$$

مجموع مربعات لاین‌ها

$$SS_L = \frac{\Sigma Y_{..l}^2}{rf} - \frac{Y_{..}^2}{rmf} \quad (\text{رابطه ۲})$$

مجموع مربعات تسترهای

$$SS_T = \frac{\Sigma Y_{..j}^2}{rm} - \frac{Y_{..}^2}{rmf} \quad (\text{رابطه ۳})$$

مجموع مربعات لاین × تستر

$$SS_{L \times T} = \frac{\Sigma Y_{ij..}^2}{r} - \frac{\Sigma Y_{..l}^2}{rf} - \frac{\Sigma Y_{..j}^2}{rm} + \frac{Y_{..}^2}{rmf} \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$\sigma_{gca}^2 = \text{CovHS} = \frac{1}{2} \sigma_A^2 \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$\sigma_{gca}^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 - \frac{1}{2} \sigma_A^2 - \frac{1}{2} \sigma_A^2 = \sigma_D^2 \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$\sigma_A^2 = 2 \sigma_{gca}^2 \quad (\text{رابطه ۷})$$

برآورد اثر ترکیب‌پذیری عمومی تسترهای لاین‌ها به شرح زیر محاسبه شد:

$$GCA_{Line} = \hat{g}_i = \frac{Y_{i..}}{tr} - \frac{Y_{..}}{ltr}, \sum \hat{g}_i = 0 \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$SE \hat{S}_{ij} = \left(\frac{MSE}{rt} \right)^{1/2} \quad (\text{رابطه ۹})$$

$$SE (\hat{S}_{ij} - \hat{S}_{kl}) = \left(2 \frac{MSE}{r} \right)^{1/2} \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

$$GCA_{Tester} = \hat{g}_j = \frac{Y_{..j}}{lr} - \frac{Y_{..}}{ltr}, \sum \hat{g}_j = 0 \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

$$SCA = S_{ij} = \frac{Y_{ij..}}{lr} - \frac{Y_{i..}}{tr} - \frac{Y_{..j}}{lr} + \frac{Y_{..}}{ltr}, \\ \sum_i S_{ij} = \sum_j S_{ij} = \sum_i \sum_j S_{ij} = 0 \quad (\text{رابطه ۱۲})$$

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه حاکی از وجود تفاوت بسیار معنی‌دار ($p < 0.01$) بین هیبریدهای ذرت شیرین به دست آمده از تلاقی لاین‌ها × تسترهای بود (جدول ۱)؛ بنابراین اثرات تلاقی یا ترکیب تست‌کراس به

در این تحقیق که با هدف بررسی ترکیب‌پذیری و اثرات زن در لاین‌های اینبرد ذرت شیرین، انجام شد، ۸ لاین اینبرد ذرت شیرین S6 (شامل ۴ لاین مادری و ۴ والد پدری) با استفاده از طرح ژنتیکی لاین × تستر در سال ۱۳۹۸ با هم تلاقی داده شدند. ترکیبات حاصل از تلاقی‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۹ در ایستگاه طرق مشهد واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی کشت شده و مورد ارزیابی قرار گرفتند. شایان ذکر است که لاین‌های خالص ذرت شیرین مورد استفاده در سال‌های قبل از طریق خودگشتنی اجباری از هیبریدهای نسل اول ذرت‌های شیرین خارجی عمدتاً با منشأ اروپایی استخراج شده بودند. در سال اول اجرای طرح، بذر ۸ لاین مختلف ذرت شیرین شامل چهار واریته به عنوان آزمون‌کننده (Tester) و چهار واریته به عنوان لاین آزمون‌شونده (Testing) که تا مرحله S6 خالص شده بودند، در ردیفهایی به طول ۵ متر با فاصله‌ی بین و روی ردیف به ترتیب ۷۵ و ۲۰ سانتی‌متر با تراکم ۷/۵ بوته در مترمربع، کشت شدند. بذوری که در سال اول از تلاقی بین تسترهای لاین‌های مادری حاصل شده بودند، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار (۱۶ ترکیب حاصل شده از انجام تلاقی بین ۴ والد مادری و ۴ والد پدری) در ۳ تکرار کشت شدند. پس از مرحله شروع گل‌دهی در سال دوم اجرای آزمایش، خصوصیات مورفو‌لوزیک، شامل تعداد کل برگ‌ها، تعداد برگ بالای بالا اصلی، قطر ساقه، قطر بلال، عمق دانه، تعداد شاخه‌های فرعی گل‌تاجی، ارتفاع بوته و ارتفاع گل‌تاجی بر روی ۸ بوته تصادفی رقابت‌کننده در هر کرت اندازه‌گیری و ثبت شدند. در مرحله نموی اوایل خمیری شدن دانه‌ها در هر کرت که معمولاً دانه‌ها دارای ۶۰-۷۰ درصد رطوبت هستند، ابتدا تعداد بوته برداشتی شمارش و پس از حذف اثرات حاشیه، کلیه بلال‌های هر کرت برداشت و توزیع شدند. سپس ۸ بلال به صورت تصادفی از هر کرت

را به نسل بعد منتقل کرد. لاینهای L4 و L2 دارای بیشترین اختلاف معنی دار از نظر اثر GCA برای این صفت بودند. در میان تست‌ها بیشترین اثر مثبت و معنی دار به والد T1 اختصاص یافت. ترکیب L1 × T1 بیشترین اثر SCA مثبت و معنی دار را برای این صفت به خود اختصاص داد (جدول ۴). میسوبیک (Misevic, 1989) در مطالعه‌ای روی هفت واریته آزاد گردهافشان ذرت، نشان داد که سهم غالیت ژن‌ها برای عملکرد دانه و ارتفاع بوته مهم‌تر از اثرات افزایشی است که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد.

تعداد برگ کل بوته: لاینهای L2 و L4 و تست‌های T1 و T4 دارای بیشترین اثر GCA برای این صفت در میان لاینهای شرکت‌کننده در آزمایش بودند که از این میان لاینهای L1 و L4 بهتری دارای اثر مثبت و منفی معنی دار برای اثر GCA بودند. ترکیب L2 × T4 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و غیرمعنی دار برای این صفت بود (جدول ۴).

قطر ساقه: صفت قطر ساقه یک صفت مؤثر بر عملکرد دانه می‌باشد، به طوری که معمولاً هر چه قطر ساقه بوته‌ها بیشتر باشد، انتقال مواد غذایی و آسیمیلات‌ها بین قسمت‌های مختلف گیاه بهتر صورت می‌گیرد. بررسی‌ها نشان داد که اختلاف بین تیمارها برای اثر لاین × تست (0.01 < p) و برای اثر لاین (0.05 < p) معنی دار بود (جدول ۲). لاینهای L1 و L2 بهتری دارای بالاترین میزان ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و منفی معنی دار برای این صفت بودند. تست‌های T1 و T4 نیز بهتری بیشترین اثر GCA مثبت و منفی معنی دار را به عنوان والدین پدری شرکت‌کننده در تلاقی‌ها به خود اختصاص دادند (جدول ۴). با بررسی اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی مشخص شد ترکیبات L2 × T4 و L2 × T3 بهتری برترین هیریدهای دارای اثر SCA مثبت و منفی معنی دار برای صفت قطر ساقه بودند.

عملکرد دانه: مهم‌ترین هدف از انجام هر برنامه اصلاحی افزایش عملکرد است؛ بنابراین افزایش عملکرد دانه کسری به عنوان هدف نهایی از اصلاح این گیاه در نظر گرفته می‌شود. بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر لاین و لاین × تست برای عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۱).

اجزای آن یعنی لاین، تست و لاین × تست تجزیه شد تا بتوان اثرات ژنی را با توجه به نقش والدین شرکت‌کننده در تلاقی برای صفات مورد بررسی تجزیه و تحلیل و برآورده نمود. اثر لاین برای اکثر صفات مورد بررسی به جز تعداد ردیف دانه، طول بالا، تعداد بالا در بوته و شاخص برداشت معنی دار برآورده گردید (جدول ۱)؛ بنابراین می‌توان گفت که اثر والد مادری در انتقال اکثر صفات مورد مطالعه مؤثر بوده است. از سویی اثر تست برای بیش از نیمی از صفات مورد بررسی، یعنی ارتفاع بوته، قطر بالا، تعداد ردیف دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی دار برآورده شد (جدول ۱)؛ بنابراین در ارزیابی اولیه نقش لاینهای در غربالگری ترکیبات بیشتر از تست‌ها می‌باشد.

در خصوص اثر متقابل لاین در تست به عنوان مهم‌ترین جزء تجزیه ژنتیکی لاین × تست تفاوت معنی دار (p < 0.05) یا خیلی معنی دار (p < 0.01) برای بیشتر صفات به جز تعداد دانه در ردیف و تعداد بالا در بوته برآورده شد (جدول ۲)؛ بنابراین با توجه به نتایج اولیه حاصل شده از انجام آزمایش می‌توان انتظار داشت که اجرای واریانس ژنتیکی در رابطه با ارزیابی صفات مختلف تفرق مطلوبی نشان دهد.

برآورده اثرات ژنی و قابلیت ترکیب‌پذیری برای صفات اندازه‌گیری شده به شرح زیر بود:

ارتفاع بوته: نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس نشان داد که بین تلاقی‌ها برای صفت ارتفاع بوته اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۱). تجزیه واریانس به دست آمده این صفت به اثرات لاین، تست و لاین × تست نشان داد که واریانس‌ها برای تمام اثرات فوق‌الذکر معنی دار می‌باشند. این تفاوت‌ها بیانگر این است که در کنترل ارتفاع بوته هر دو اثرات افزایشی و غالیت نقش دارند. محاسبه نسبت $\sigma_{gca}^2 / \sigma_{sca}^2$ برای این صفت نشان داد که اثرات غیرافزایشی دارای اثر بیشتر بر کنترل ژن‌های دخیل در ارتفاع ذرت شیرین می‌باشند (جدول ۲). به دلیل بالا بودن هر دو نوع وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی این صفت در کنار نقش بیشتر اثرات غالیت می‌توان از طریق روش‌های مبتنی بر هیریداسیون و استفاده از قابلیت هتروزیس تا حد زیادی آن

جدول ۱- تابع تجزیه واریانس آماری عملکرد و صفات وابسته در ترکیبات نسبت‌کراس ذرت شیرین
Table 1. Analysis of variance for yield and related traits of sweet corn test cross combinations

| صفات (Traits) | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | | | | | | | | |
| میانگین | | بلند |
| S.O.V | DF | مرجعی |
| نیزه | Ear length per plant | بذری | گله |
| عملکرد | | عملکرد |
| عمرده | | گل |
| برداشت | | برداشت |
| کل چربی | | کل چربی |
| ارتفاع | | ارتفاع |
| شانصص | | شانصص |
| فرز | | فرز |
| تفاضل | | تفاضل |
| تمدار | | تمدار |
| تمدار دار | | تمدار دار |
| رددیف | | رددیف |
| No. of kernel row | | No. of kernel row |
| ذرت | | ذرت |
| Rep | 2 | 1.07 ns | 0.14 ns | 1.65 ns | 34.49 ns | 48.05 ns | 1.50 ns | 72.89 ns | 0.47 ns | 0.41 ns |
| Cross | 15 | 3.04** | 0.22** | 100.41** | 342.75** | 138.48** | 46.74** | 1233.41** | 1.53** | 7.98** |
| Line | 3 | 5.87 ns | 0.34 ns | 162.58* | 795.96** | 399.47** | 49.62 ns | 2885.35** | 3.76** | 14.08* |
| Tester | 3 | 2.85 ns | 0.33 ns | 197.08* | 505.87* | 90.91 ns | 97.80* | 2097.85** | 1.35 ns | 12.05 ns |
| لاین × تستر | 9 | 2.17* | 0.15 ns | 47.47* | 137.34* | 67.34* | 28.75** | 394.61** | 0.86* | 4.58** |
| Line×Tester | | | | | | | | | | |
| Error | 30 | 0.65 | 0.05 | 10.98 | 39.94 | 16.81 | 6.11 | 77.31 | 0.27 | 0.79 |
| Coeficient of variation (%) | | ضریب تغییرات (درصد) |

*: بهترین چهار معنی دار، معنی دار در میان احتمال ۵ و ۱ درصد ns

ns * and **: Non significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۲- برآورد اجرای واریانس ثابتی و سهم لاین‌ها، تسترهای لاین × تسترهای غلت (Trails)

Table 2. Estimation of genetic variance components and contribution of lines, testers and line \times tester design traits.

جدول ۳- برآورد ترکیب‌بازی عمومی (GCA) هیبریدها بر اساس طرح ناچی لاین × تستر لاین‌های ایندزد ذرت شیرین

Table 3. Estimation of general combining ability (SCA) for hybrids using line × tester mating design in sweet corn inbred lines

| صفات (Traits) | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------|-------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | | | | | | | | |
| لاین | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | تعداد برگ (سانتی‌متر) | قطر ساقه قرنی (سانتی‌متر) | تعداد دانه | تعداد ریشه | طول بالان قرنی (سانتی‌متر) | ردیف دانه | عملکرد دانه (نی در هکه) | عملکرد بالان (نی در هکه) |
| Line | کل برگه Leaves | stem diameter (cm) | Ear diameter (cm) | No. of kernels per row | No. of ear | Ear length(cm) | Grain yield(t/ha) | Forage yield(t/ha) | عملکرد دانه (نی در هکه) |
| (Line1) لاین ۱ | -12.35* | -0.49* | -1.17* | -2.13* | -1.15 | -0.76* | -10.58** | -0.62 | -5.28* |
| (Line2) لاین ۲ | 8.14* | 0.78* | 1.24* | 1.68* | 0.811 | 0.22 | 9.08* | -0.54 | -0.01 |
| (Line3) لاین ۳ | -13.60* | 0.01 | 0.50 | 0.68 | 1.45* | 0.27* | 2.05 | 0.81* | 0.07 |
| (Line4) لاین ۴ | 17.81** | -0.29 | -0.57 | -0.23 | 0.75 | 0.26 | -0.54 | 0.35 | 1.15 |
| S.E. (line) | 2.53 | 0.15 | 0.25 | 0.45 | 0.45 | 0.17 | 1.82 | 0.23 | 0.06 |
| S.E. (g ⁱ -g ^j) | 3.59 | 0.21 | 0.36 | 0.64 | 0.64 | 0.24 | 2.58 | 0.32 | 0.09 |
| (Tester1) تستر ۱ | 17.89** | 0.41 | 0.88* | 1.35 | -1.06 | -1.15* | 8.49* | 0.29 | 0.24* |
| (Tester2) تستر ۲ | -0.10 | -0.02 | 0.44 | -2.12* | -0.26 | 0.91 | -1.94 | -0.61 | -0.06 |
| (Tester3) تستر ۳ | -13.68** | 0.01 | 0.09 | -2.98** | -0.10 | -0.26* | -7.09* | -0.16 | -0.12 |
| (Tester4) تستر ۴ | -4.10 | -0.4 | -1.42* | 3.75** | 1.43 | 0.50 | 0.54 | 0.47 | -0.05 |
| S.E. (tester) | 2.84 | 0.23 | 0.19 | 0.39 | 0.52 | 0.14 | 1.70 | 0.23 | 0.04 |
| S.E. (g ⁱ -g ^j) | 4.03 | 0.18 | 0.41 | 0.54 | 0.74 | 0.21 | 2.30 | 0.19 | 0.09 |

جدول ۴- برآورد ترکیب پذیری خصوصی (SCA) هibridها بر اساس طرح تالاقی لاین × تستر لاین‌های ایندرو ذرت شربن

Table 4. Estimation of specific combining ability (SCA) of hybrids using line × tester design in sweet corn inbred lines

| صفات (Traits) | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|------------------|------------|-----------|---------------|----------------------|----------------|------------|-------------------|-----------------|--------------------|---------------|
| ترکیب | ارتفاع بوته (سانتی متر) | تعادل برگ | تعادل دانه | قطر بالان | تعادل دانه | تعادل دانه | طول بالان | بلان به | عملکرد دانه | عملکرد بالان | عملکرد علفه | ثابت |
| Cross | Plant height(cm) | Leaves per plant | کل بوته | گل بوته | در ریز | در ریز | ردف دانه | سرمه | عملکرد دانه | عملکرد بالان | عملکرد علفه | برداشت |
| | | | | | (سانتی متر) | (سانتی متر) | No. of Ear | No. of Ear | (نی در هکان) | (نی در هکان) | (نی در هکان) | Harvest index |
| | | | | | diameter (cm) | kernel diameter (cm) | kernel per row | length(cm) | Grain yield(t/ha) | Ear yield(t/ha) | Forage yield(t/ha) | |
| L1×T1 | 18.08* | -0.3 | 0.05 | -0.57 | 2.86 | -0.26 | 0.43 | 0.01 | -1.08 | 1.50 | 2.58 | -1.39 |
| L2×T1 | -3.81 | 0.28 | 0.50 | 0.90 | -0.53 | 0.12 | -0.44 | -0.06 | -3.06 | -2.24 | 0.81 | -3.03 |
| L3×T1 | -5.72 | 0.09 | -0.20 | 1.11 | -1.10 | 0.15 | -0.54 | 0.11 | 4.07* | 0.26 | -3.81 | 4.04 |
| L4×T1 | -8.47 | -0.07 | -0.35 | -1.44 | -1.22 | 0.08 | 0.55 | -0.05 | 0.07 | 0.48 | 0.41 | 0.38 |
| L1×T2 | -12.64 | -0.29 | -0.16 | 0.30 | -2.27 | -0.91 | -0.02 | -0.02 | 0.78 | -1.07 | -1.85 | 0.43 |
| L2×T2 | -1.14 | 0.01 | -0.93 | -0.71 | 0.64 | 0.96 | -0.99 | -0.19 | -2.70 | 0.86 | 3.56 | -1.70 |
| L3×T2 | 13.60 | 0.36 | 1.19 | -1.59 | 1.32 | 0.26 | 1.08 | 0.22 | 1.12 | 3.45 | 2.32 | 0.37 |
| L4×T2 | 0.18 | -0.08 | -0.10 | 1.99 | 0.29 | -0.31 | -0.07 | -0.01 | 0.79 | -3.24 | -4.03 | 0.89 |
| L1×T3 | -6.06 | 0.33 | 0.52 | 2.05 | -0.57 | 0.98 | -0.74 | 0.04 | 2.60 | 5.08 | 2.47 | 1.82 |
| L2×T3 | -5.89 | -0.93 | -1.74 | -0.75 | -0.24 | -0.81 | 0.26 | -0.16 | -1.80 | -10.79* | -8.98* | -0.29 |
| L3×T3 | 2.18 | 0.12 | 0.18 | 0.08 | 0.10 | -0.14 | 0.27 | -0.06 | -3.34 | -0.33 | 3.01 | -3.33 |
| L4×T3 | 9.77 | 0.47 | 1.02 | -1.38 | 0.71 | -0.03 | 0.21 | 0.19 | 2.54 | 6.04 | 3.50 | 1.80 |
| L1×T4 | 0.68 | 0.25 | -0.42 | -1.79 | -0.02 | 0.29 | 0.33 | -0.02 | -2.30 | -5.51 | -3.21 | -0.86 |
| L2×T4 | 10.85 | 0.64 | 2.16* | 0.56 | 0.13 | -0.28 | 1.17 | 0.42* | 7.56* | 12.18* | 4.61 | 5.03* |
| L3×T4 | -10.06 | -0.58 | -1.17 | 0.39 | -0.32 | 0.28 | 0.81 | -0.27 | -1.85 | 3.37 | 1.52 | -1.08 |
| L4×T4 | -1.47 | -0.32 | -0.56 | 0.82 | 0.21 | 0.26 | -0.69 | -0.11 | -3.41 | -3.29 | 0.12 | -3.08 |
| SE(sig) | 5.07 | 0.30 | 0.51 | 0.90 | 0.91 | 0.34 | 0.46 | 0.13 | 1.19 | 3.64 | 2.36 | 1.42 |
| SE(sig) | 7.18 | 0.42 | 0.72 | 1.28 | 1.29 | 0.48 | 0.65 | 0.18 | 2.70 | 5.16 | 3.34 | 2.01 |

و $L1 \times T1$ به عنوان هیریدهای برتر از لحاظ اثر مثبت ترکیب‌پذیری خصوصی برای این صفت شناسایی شدند (جدول ۴). با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد بالل و عملکرد دانه کسری با شاخص برداشت (داده‌ها نشان داده نشده‌اند)، می‌توان چنین بیان نمود که هرچقدر عملکرد زیست‌توده افزایش یابد، شاخص برداشت هم افزایش یافته، بنابراین مواد فتوستزی ارسال شده به بالل صرف تولید دانه کنسروی می‌شود و این مسئله به عنوان مزیتی برای ترکیبات امیدبخش اصلاح‌شده در این پژوهش می‌تواند در برنامه‌های آتی اصلاحی مدنظر قرار گیرد.

تعداد ردیف دانه: صفات تعداد ردیف دانه و دانه در ردیف از اجزاء اصلی عملکرد دانه ذرت می‌باشد و معمولاً به دلیل همبستگی بالا با طول و قطر بالل، منجر به تولید عملکرد بیشتر می‌شوند که این امر برای بازار پسندی محصول ذرت شیرین به صورت تازه‌خوری اهمیت ویژه‌ای دارد. بررسی جدول تجزیه لاین \times تستر نشان داد که فقط اثر لاین برای این صفت معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). لاین $L3$ و تستر $T4$ بهترین لاین‌های دارای اثر ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت برای این صفت شناخته شدند (جدول ۴).

دانه در ردیف: نتایج به دست آمده برای صفت دانه در ردیف نشان‌گر وجود هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی برای ژن‌ها کترل کننده این صفت بود (جدول ۲). بهترین اثر ترکیب‌پذیری خصوصی مربوط به ترکیب $T1 \times L2$ بود. به علاوه لاین $L1$ و تستر $T1$ به عنوان والدین با بیشترین اثر GCA مثبت برای صفت تعداد دانه در ردیف شناخته شدند (جدول ۳).

قطر بالل: قطر بالل یک صفت تعیین‌کننده در عملکرد می‌باشد که به طور مستقیم بر عمق دانه بالل تأثیر می‌گذارد. تجزیه لاین \times تستر برای صفت قطر بالل نشان داد که تیمارهای مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار برای اجزا واریانس تلاقی‌ها داشتند (جدول ۲). بررسی بهترین ترکیب‌شونده‌های عمومی برای والدین تلاقی‌ها نشان داد که لاین $L2$ و تستر $T4$ دارای بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار برای اثر GCA صفت قطر بالل بودند، در حالی که لاین‌های والدینی $L1$ و $T2$ نیز همبستگی منفی و معنی‌داری داشتند.

نسبت $\sigma_{gea}^2 / \sigma_{sea}^2$ برای صفت عملکرد دانه، برابر با ۰/۱ به دست آمد و نشان داد که ضمن آنکه دو اثر افزایشی و غالیت در کترل این صفت مؤثر می‌باشد، سهم اثرات غالیت در این مورد بیشتر بود (جدول ۲)؛ بنابراین می‌توان با روش‌های اصلاحی مبتنی بر تولید هیرید و بهره بردن از مزیت اثر هتروزیس در این مسئله که ناشی از اثرات غیرافزایشی ژن‌ها می‌باشد، برای افزایش عملکرد اقدام کرد. لاین‌های $L3$ و $T1$ با اثر مثبت و لاین‌های $L1$ و $T3$ با اثر منفی معنی‌دار برای ترکیب‌پذیری عمومی به عنوان بهترین لاین‌های مؤثر مشخص شدند. بهترین ترکیبات از لحاظ این صفت $T4 \times L2$ و $T1 \times L3$ بودند (جدول ۳). در آزمایشی که برای برآورده ترکیب‌پذیری در *Läl Bidari et al.*, 2015، اثر هر دو جزء افزایشی و غیرافزایشی را در کترل صفت عملکرد دانه دخیل دانستند. نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج *Läl Bidari* و *همکاران* (*Läl Bidari et al.*, 2015) مطابقت دارد.

عملکرد علوفه: ارزیابی نتایج حاصل شده از آزمایش نشان داد که اثر تست در سطح احتمال ۱ درصد و لاین \times تست در سطح احتمال ۵ درصد برای صفت عملکرد بوته معنی‌دار بود (جدول ۱). کترل ژن‌های صفت عملکرد علوفه هر دو اثر غالیت و افزایشی دخیل هستند (جدول ۲). بهترین ترکیب‌شونده‌ها با اثر GCA معنی‌دار لاین‌های $L1$ و $L2$ بودند. تسترهای $T1$ و $T3$ نیز به عنوان بهترین والدین پدری شرکت کننده در تلاقی‌ها برای اثر GCA شناخته شدند (جدول ۳). با توجه به این که علوفه به عنوان محصول فرعی ذرت شیرین پس از برداشت بالل مطرح می‌باشد؛ بنابراین علوفه تولیدی از کیفیت مطلوبی برخوردار نیست و معمولاً به عنوان تازه‌خوری برای دام استفاده می‌شود و ارزش سیلوسازی ندارد.

شاخص برداشت: ارزیابی نتایج حاصل شده از جدول تجزیه لاین \times تست برای صفت شاخص برداشت نشان داد که اثر تست در سطح احتمال ۵ درصد و اثر لاین \times تست در سطح احتمال ۱ درصد بین تیمارهای آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری بودند (جدول ۲). این مسئله اهمیت هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی را در کترل این صفت نشان داد (جدول ۳). ترکیبات $L2 \times T4$ و $T2 \times L1$

ترکیبات $L1 \times T4$, $L2 \times T1$, $L3 \times T1$ و $L1 \times T3$ دارای بیشترین اثر SCA می‌باشند.

بررسی اثرات ترکیب‌پذیری برای لاین L1 نشان داد که این لاین برای صفات ارتفاع بوته، انشعابات فرعی گل‌تاجی، برگ کل بوته، برگ بالای بلال اصلی، قطر ساقه، قطر بلال، عملکرد علوفه و عملکرد بیولوژیک دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی دار بود. به دلیل معنی دار شدن صفات فوق و ترکیب‌پذیری بالا برای این صفات، می‌توان از این لاین جهت افزایش زیست‌توده گیاهی، به طور ویژه در تولید و اصلاح ترکیبات مناسب به عنوان ارقام علوفه‌ای و علوفه‌ای -دانه‌ای استفاده کرد. طبق نتایج به دست آمده از اثر ترکیب‌پذیری در لاین L3 صفات ردیف دانه، تعداد دانه و عملکرد دانه دارای ترکیب‌پذیری مثبت و معنی دار بودند. بررسی تلاقی‌های این لاین نشان داد که L3 \times T1 با ۳۳/۹۶ تن در هکتار به عنوان بهترین هیبرید از لحاظ عملکرد دانه می‌باشد. ضمن آن‌که بیشترین اثر SCA مربوط به صفت عملکرد دانه، بعد از ترکیب $T4 \times L2$ مربوط به هیبرید L3 \times T1 بود. لاین L4 به عنوان سومین لاین برتر از لحاظ اثر GCA مثبت و معنی دار در تولید ترکیبات هیبرید برای صفت عملکرد دانه شناخته شد. نتایج نشان داد، لاین T1 که به عنوان تستر شماره ۱ در ترکیب با چهار لاین دیگر مورد ارزیابی قرار گرفت بود، در نهایت منجر به تولید ترکیبات برتر $T1 \times L3$ و $L4 \times T1$ با عملکردی به ترتیب معادل ۳۳/۹۶ و ۲۷/۸۵ تن در هکتار در منطقه مشهد شد؛ بنابراین این لاین می‌تواند به عنوان یک والد پدری مطلوب جهت تولید هیبریدهای با عملکرد بالا برای شرایط اقلیمی مشهد در نظر گرفته شود.

معنی دار شدن اثر ترکیب‌پذیری عمومی برای صفت انشعابات فرعی گل‌تاجی در کنار قرار گرفتن در رتبه دوم از نظر بیشترین میزان اثر SCA مثبت و معنی دار برای والد T2 نشان داد که از این لاین می‌توان به عنوان یک والد پدری برتر استفاده کرد. بررسی ترکیبات به دست آمده از والد مشترک T3 نیز نشان داد که این ترکیبات از عملکرد دانه پایینی برخوردار بودند. این مسئله بیانگر عدم عملکرد مناسب ترکیبات حاصل از تلاقی این والد با لاین‌های مادری بود. هیبرید $T3 \times L3$ با عملکرد دانه ۱۷/۶۰ تن در هکتار به عنوان بهترین ترکیبات حاصل از مشارکت والد T3 شناخته شد. برآورد اثر GCA و SCA در مورد صفات مختلف و

ترکیبات $L1 \times T3$ و $L2 \times T4$ نیز دارای بیشترین اثر SCA برای قطر بلال بودند (جدول ۴) که با برترین هیبریدهای مورد مطالعه در آزمایش از لحاظ عملکرد دانه مطابقت داشت.

طول بلال: معنی دار شدن اثر لاین \times تستر صفت طول بلال، مشخص کرد که اثرات غیرافزایشی در کنترل این صفت نقش دارند (جدول ۲)؛ بنابراین می‌توان از روش‌های مبتنی بر هیبریداسیون برای اصلاح این صفت استفاده کرد. بهترین ترکیب‌شونده‌ها برای این صفت لاین L3 و تستر T4 بودند (جدول ۴).

تعداد بلال به بوته: چند بلال بودن از خصوصیات ترکیبات و ارقام تجاری ذرت شیرین می‌باشد و زیاد بودن این شاخص بیانگر تعداد بیشتر بلال در واحد سطح بوده که می‌تواند منجر به افزایش عملکرد گردد. هیچ‌کدام از اثرات لاین، تستر و لاین \times تستر برای این صفت معنی داری نبودند (جدول ۱). لاین L1 و تستر T4 به عنوان بهترین ترکیب‌شونده‌های عمومی برای این صفت شناسایی شدند (جدول ۳).

بررسی داده‌های حاصله نشان داد که واریانس GCA (اثرات افزایشی ژن‌ها) برای تمام صفات بزرگ‌تر از واریانس SCA (اثرات غیرافزایشی ژن‌ها) بود. نسبت واریانس GCA به SCA برای همه صفات کمتر از یک بود که این امر بیانگر اهمیت بیشتر اثرات غالیت، فوق‌غالیت و اپیستازی در کنترل صفات موربد بررسی می‌باشد. برآورد نسبت $\sigma_{gca}^2 / \sigma_{sca}^2$ و همچنین اثر افزایشی و غالیت برای صفت عملکرد دانه به ترتیب ۰/۱، ۳۷/۶۹ و ۳/۶۶ برآورد شد. بررسی اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌های موربد مطالعه نشان داد که از نظر صفت عملکرد دانه لاین‌های L1 و L3 دارای ترکیب‌پذیری مثبت و معنی دار و لاین‌های L2 و L4 دارای اثر ترکیب‌پذیری منفی و معنی داری بودند. تسترهای T1 و T3 نیز به ترتیب با اثر GCA مثبت و منفی معنی دار، برای صفت عملکرد دانه شناخته شدند. لاین L3 و همچنین تستر T1 به عنوان بهترین ترکیب‌شونده‌های عمومی، به عنوان والدین مناسب برای صفت عملکرد دانه می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی آینده مورد استفاده قرار گیرند. نتایج به دست آمده برای ترکیب‌پذیری خصوصی عملکرد دانه نشان داد که

بودند؛ بنابراین این والد می‌تواند به عنوان یک تست مناسب برای شرکت در تلاقی‌ها به عنوان والد پدری پیشنهاد شود.

ترکیبات حاصل از مشارکت والد T4 نشان داد، هیریدهای L2 × T4 و L3 × T4 دارای عملکرد دانه بالا و قابل قبولی (به ترتیب با عملکرد ۳۰/۴۷ و ۲۳/۴۵ تن در هکتار) برای والد T4

References

- Asif, A., Liaqat, S., Shah, K.A. and Shamsur, R. (2014). Heterosis for grain yield and its attributing components in maize variety azam using line \times tester analysis method. *Academia Journal of Agricultural Research*, **2(11)**: 225-230.
- Banaei, R., Baghizadeh, A. and Khavari Khorasani, S. (2016). Estimates of genetic variance parameters and general and specific combining ability of morphological traits, yield and yield components of maize hybrids in normal and salt stress conditions. *Plant Genetic Researches*, **3(1)**: 57-74 (In Persian).
- Debesa Gobu, B. (2021). Heterosis, combining ability and heterotic grouping for maize (*Zea Mays L.*) inbred lines in the moisture stress areas. M.Sc. Thesis, Jimma University, Oromia Region, Ethiopia.
- Dorri, P., Khavari Khorasani, S., Vali Zadeh, M. and Taheri, P. (2014). Investigation the heritability and gene effects on yield and some agronomic traits of maize (*Zea mays L.*). *Plant Genetic Researches*, **1(2)**: 33-42 (In Persian).
- El-Degwy, I.S., Kamara, M.M. and Koyama, H. (2014). Estimation combining ability of some maize inbred lines using line \times tester mating design under two nitrogen levels. *Australian Journal of Crop Science*, **8(9)**: 1336-1342.
- Esmaili, A., Dehghani, H., Khavari Khorasani, S. and Mirzayi Nodoushan, H. (2005). Estimate of combining ability and genetic effects on early lines of maize plant density by line \times tester method. *Journal of Iran Agricultural Sciences*. **36**: 917-929 (In Persian).
- Khavari Khorasani1, S. and Mahdi Poor, A. (2017). Genetic improvement of grain yield by determination of selection index in single cross hybrids of maize (*Zea mays L.*). *Plant Genetic Researches*, **5(1)**: 1-18 (In Persian).
- Kumara, B.S., Ganesan, K.N., Nallathambi, G., and Senthil, N. (2013). *Heterosis of Single Cross Sweet Corn Hybrids Developed with Inbreds of Domestic Genepool*. Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, IN.
- Lâl Bidari, M., Babaeian Jelodar, N.A., Khavari Khorasani, S. and Ranjbar, G.A. (2015). Estimation of combining ability of agronomic and physiological traits of inbred lines of maize (*Zea Mays L.*) using line \times tester crosses under normal irrigation and drought stress conditions. *Journal of Crop Breeding*, **7(16)**: 79-88.
- Mankir, A., Melake-Berhan, A., Ingelbrecht, I. and Adepoju, A. (2004). Grouping of tropical mid-altitude maize inbred lines on the basis of yield data molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics*, **108**: 1582-1590.
- Misevic, D. (1989). Identification of inbred lines as a source of new alleles for improvement of elite maize single crosses. *Crop Science*, **29**: 1120-1125.
- Ravikesavan, R., Suhasini, B., Yuvaraja A. and Kumari Vinodhana, N. (2020). Assessment of combining ability for yield and yield contributing traits in sweet corn. *Electronic Journal of Plant Breeding*, **11(1)**: 224-229.
- Riboniesa P.L. and Efren, E.M. (2008). Classifying white inbred lines into heterotic groups using yield combining ability effects. *Journal of University of Southern Mindanao*, **16(1)**: 99-103.
- Revilla, P., Anibas, C.M. and Tracy, W.F. (2021). Sweet corn research around the world 2015-2020. *Agronomy*, **11(3)**: 534.
- Ruswandi, D., Syafii, M., Maulana, H., Ariyanti, M., Poppy Indriani, N. and Yuwariah, Y. (2021). GGE biplot analysis for stability and adaptability of maize hybrids in western region of Indonesia. *International Journal of Agronomy*, **2021**: 2166022.

Study on Combining Ability and Gene Effects Estimation in Some Sweet Corn Inbred Lines (*Zea mays L. var saccarata*) by Line × Tester Method

Ali Barzgari¹, Saeed Malekzade Shafaroudi², Saeed Khavari Khorasani^{3,*}
and Farajollah Shahriari Ahmadi⁴

- 1- M.Sc. Student, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University Mashhad, Mashad, Iran
- 2- Associated Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University Mashhad, Mashad, Iran
- 3- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, ARREO, Mashhad, Iran
- 4- Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University Mashhad, Mashad, Iran

(Received: December 1, 2021 – Accepted: February 23, 2022)

Abstract

In breeding programs determination of gene effects and general and specific combining ability for screening of test crosses is necessary. In order to estimate the genetic variance components and the general and specific combining ability of sweet corn lines, an experiment was conducted using 8 sweet corn S6 inbred lines (including 4 maternal and 4 paternal lines) by line × tester mating design in 2019, at the Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan Razavi Province, Mashhad, Iran. The obtained test cross hybrids were evaluated in a randomized complete block design with 3 replications in 2020. The results of line, tester and line × tester analysis for most of measured traits showed significant differences ($p < 0.05$). The $\sigma^2_{gca}/\sigma^2_{sca}$ ratio for grain yield was equal to 0.1, showed that while both additive and dominance effects play a role in controlling this trait, but dominance effect was higher. The results for general combining ability of L3 and T1 lines showed positive and significant GCA effect for grain yield. Also, the specific combining ability of grain yield showed that $T4 \times L2$, $T1 \times L3$ and $T3 \times L1$ had the highest SCA rate. In this study, in terms of grain yield, $T1 \times L3$, $T4 \times L2$ and $T1 \times L4$ with 33.96, 30.47 and 27.85 tons per hectare had the highest green ear yield, respectively. These combinations can be as the hybrids with high yield potential in advanced breeding programs for release of new sweet corn varieties.

Keywords: Sweet corn, Inbred line, Grain yield, Combining ability, Gene effect

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