

برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری و اثرهای ژنی صفات زراعی در تعدادی از لاین‌های اینبرد آفتابگردان (*Helianthus annuus*)

فاطمه حسن‌زاده^۱، محمود تورچی^{۲*}، محمد مقدم‌واحد^۲

سعید اهری‌زاد^۲ و مهدی غفاری^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۳/۱۰)

چکیده

تولید موفقیت‌آمیز ارقام هیبرید آفتابگردان نیازمند اطلاع از قابلیت ترکیب‌پذیری لاین‌های اینبرد و نیز اجزای واریانس ژنتیکی برای خصوصیات مختلف زراعی است. بدین منظور ۲۰ هیبرید حاصل از تلاقی پنج لاین خویش‌آمیخته نر عقیم سیتوپلاسمی با چهار لاین برگرداننده باروری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه تبریز مورد بررسی قرار گرفتند. براساس نتایج حاصل اختلاف معنی‌داری بین هیبریدها از نظر بیشتر خصوصیات اندازه‌گیری شده وجود داشت که امکان برآورد اجزای واریانس ژنتیکی از طریق روش لاین × تستر را فراهم کرد. نتایج نشان داد که صفات ارتفاع بوته، قطر طبق، وزن هزار دانه و درصد روغن تحت کنترل اثرات افزایشی بود. در صفات زمان شروع گل‌دهی، قطر ساقه و عملکرد دانه اثرات فوق‌غالبیت مشاهده شد که بیانگر کارایی‌پذیری و دورگه‌گیری به ترتیب برای اصلاح این صفات می‌باشد. از نظر عملکرد دانه لاین نر عقیم ۵۲ و تستر R۵۰ از ترکیب‌پذیری عمومی بهتری برخوردار بودند. دو ترکیب R۲۶ × ۵۲ و R۵۰ × ۲۲۲ بالاترین ترکیب‌پذیری خصوصی را داشتند. نتایج این بررسی نشان داد که به دلیل وجود تنوع ژنتیکی در مواد ژنتیکی اصلاحی از نظر خصوصیات زراعی و وجود ترکیباتی با قابلیت ترکیب‌پذیری مطلوب، با اعمال روش‌های مبتنی بر گزینش و دورگ‌گیری امکان تولید هیبریدهای برتر آفتابگردان وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: اثر ژنی، ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، تجزیه لاین × تستر، آفتابگردان

۱ و ۲. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادان گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳. دانشیار ژنتیک بیومتری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوی، آذربایجان غربی

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mtoorchi@tabrizu.ac.ir

مقدمه

آفتابگردان از مهم‌ترین گیاهان روغنی در ایران و جهان است. هیبریدهای آفتابگردان در بسیاری از کشورها به‌علت عملکرد بالا، یکنواختی، کیفیت و ... ترجیح داده می‌شوند (۱۴). شایستگی یک لاین یا یک رقم برای استفاده به‌عنوان والد در یک هیبرید (علاوه بر خصوصیات با ارزش اقتصادی آن)، توسط توانایی آن در تولید در تلاقی‌ها تعیین می‌شود، این توانایی را ترکیب‌پذیری می‌گویند. در برنامه‌های تهیه ارقام هیبرید، شناسایی لاین‌های اینبرد برخوردار از ترکیب‌پذیری بالا برای قرارگیری در برنامه‌های تلاقی از ملزومات انتخاب والدین می‌باشد (۱۳). طرح تجزیه لاین × تستر در واقع حالتی از تجزیه فاکتوریل یا طرح II کامستاک و رایبسون می‌باشد که برای برآورد اجزای واریانس افزایشی و غالبیت و نیز ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها و ترکیب‌پذیری خصوصی آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۶). روش تجزیه لاین × تستر حالت گسترش یافته روش تاپ‌کراس می‌باشد که به‌منظور افزایش اطلاعات حاصل از تجزیه و تحلیل طرح‌ریزی شده است (۱۵). در این روش بیش از یک تستر به‌منظور برآورد قابلیت ترکیب به‌کار گرفته می‌شود. با داشتن بیش از یک تستر روش تجزیه لاین × تستر به‌طور هم‌زمان خانواده‌های تنی و ناتنی را در اختیار گذاشته و از این‌رو، علاوه بر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، امکان برآورد واریانس افزایشی و غالبیت را فراهم می‌آورد (۲۳). رایت به نقل از فرشادفر (۳) بیان داشت که از میان این دو جزء واریانس افزایشی و غالبیت، فقط جزء افزایشی است که به‌گزینش در درون یک جمعیت پاسخ می‌دهد. مطالعات متعددی تاکنون به‌منظور برآورد مقدار اجزای واریانس ژنتیکی صورت گرفته است. نتیجه حاصل از مطالعات فوق‌نشان می‌دهد که بخش مهمی از تنوع ژنتیکی موجود در مهم‌ترین صفات زراعی تقریباً در کلیه گیاهان زراعی، توسط عمل افزایشی ژن‌ها کنترل می‌شود. در عین حال واریانس غیر افزایشی نیز در بیشتر گونه‌های گیاهان و برای بیشتر صفات وجود دارد که توجیه‌کننده تولید واریته‌های هیبرید در این گیاه

است (۳).

پوت (۱۹) در تلاقی دیالال لاین‌های اینبرد و گوزدنوویک و همکاران (۸) و اندرخور و همکاران (۲) در تلاقی لاین × تستر آفتابگردان، نقش اثرات غیرافزایشی در کنترل ارتفاع بوته را اشاره نمودند. پوت (۱۹) برای درصد روغن نقش اثرات افزایشی را مهم‌تر دانست. کنترل درصد روغن توسط اثرات افزایشی به‌وسیله فیک (۴)، اورتیس و همکاران (۱۸) و رضایی‌زاد و فرخی (۲۱) گزارش شده است. از طرف دیگر هالاندی و همکاران (۱۱)، اسکوریچ و همکاران (۲۵) و اندرخور و همکاران (۲) نقش جزء غیر افزایشی (واریانس غالبیت و اپیستازی) واریانس ژنتیکی را در توارث درصد روغن دانه را عنوان کردند. درحالی‌که هیتی (۱۰) هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی را در کنترل درصد روغن دانه و نیز وزن صد دانه و ارتفاع گیاه مؤثر دانست. علی‌رغم اینکه نقش اثرات افزایشی در کنترل زمان گل‌دهی آفتابگردان به کرات ذکر شده است (۱)، مهاسوندرام و همکاران (۱۷) نقش اثرات غالبیت در کنترل این صفت را مهم‌تر دانست. کنترل قطر طبق توسط اثرات افزایشی به‌وسیله گوزدنوویک و همکاران (۸) و گانگاپا و همکاران (۵) عنوان شده است. اما مهاسوندرام و همکاران (۱۷) نقش اثرات غالبیت را در کنترل این صفت مهم‌تر دانستند. پوت (۱۹) نیز نقش مهم‌تر اثرات غیر افزایشی در کنترل عملکرد دانه را گزارش کرده است. وی در تجزیه ژنتیکی عملکرد و خصوصیات مرتبط با آن از تلاقی لاین × تستر در آفتابگردان، اثرات افزایشی معنی‌دار را برای صفاتی مانند تعداد دانه‌های پر در طبق و وزن هزار دانه، به‌دست آوردند. اما غفاری و همکاران (۶) نقش اثرات غیر افزایشی را برای وزن هزار دانه گزارش کردند. گوکسوی و همکاران (۷) نیز هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی را در کنترل وزن هزار دانه گزارش کردند. اطلاع از سهم اجزای واریانس ژنتیکی در لاین‌های جدید به‌نژادی می‌تواند کارایی برنامه‌های به‌نژادی آفتابگردان از نظر خصوصیات زراعی را افزایش دهد، لذا بررسی حاضر به‌منظور برآورد اجزای واریانس ژنتیکی برای صفات زراعی مختلف

برای برآورد پارامترهای ژنتیکی از فرمول‌های زیر استفاده شد (۲۴):

$$\hat{\sigma}_{gca}^2 = CovHS = \frac{(MSL)(1-t)(MST)(t-1) - MSE}{l+t-1} \cdot \frac{1}{r \left(\frac{1+t}{2} \right)} \quad (1)$$

$$\hat{\sigma}_{sca}^2 = \frac{MSLT - MSE}{r} \quad (2)$$

$$\hat{\sigma}_{gca}^2 = \left(\frac{1+F}{4} \right) \sigma_A^2 \quad (3)$$

$$\hat{\sigma}_{sca}^2 = \left(\frac{1+F}{2} \right)^2 \sigma_D^2 \quad (4)$$

$$\hat{\sigma}_A^2 = (F=1) = 2\sigma_{gca}^2 \quad (5)$$

$$\hat{\sigma}_D^2 = (F=1) = \sigma_{sca}^2 \quad (6)$$

در این فرمول‌ها، MSL، MST، MSLT، MSE، σ_{gca}^2 ، Cov HS، σ_A^2 ، σ_D^2 و F به ترتیب عبارت از میانگین مربعات لاین‌ها، میانگین مربعات تسترها، میانگین مربعات برهمکنش لاین × تستر، واریانس خطا، واریانس ترکیب‌پذیری عمومی، کواریانس برادر - خواهران تنی، واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی، واریانس افزایشی، واریانس غالبیت و ضریب اینبریدینگ بودند.

در برآورد واریانس اثرات افزایشی و غالبیت به علت اینکه لاین‌های والدی اینبرد بودند، میزان F (ضریب اینبریدینگ) برابر با ۱ در نظر گرفته شد. در حالتی که اثر لاین معنی‌دار نبود واریانس ترکیب‌پذیری عمومی از طریق میانگین مربعات تستر و در شرایط معنی‌دار نشدن اثر تستر، ترکیب‌پذیری عمومی از طریق میانگین مربعات لاین برآورد شد.

برآورد ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها و ترکیب‌پذیری خصوصی آنها با استفاده از روابط زیر صورت گرفت:

$$gca(l) = \frac{X_{i...}}{rt} - \frac{X_{...}}{rlt} \quad (7)$$

آفتابگردان صورت گرفت و ضمن آن با برآورد قابلیت‌های ترکیب عمومی و خصوصی لاین‌های والدی مناسب برای انجام دورگ‌گیری شناسایی شدند.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸ و در یک سال در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا گردید. مواد گیاهی شامل ۲۰ هیبرید سینگل کراس بود که این هیبریدها از تلاقی پنج لاین نر عقیم سیتوپلاسمی به‌عنوان والد مادری و چهار لاین برگرداننده باروری به‌عنوان والد پدری (تستر) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوی تولید شدند. لاین‌های نر عقیم سیتوپلاسمی از انتقال سیتوپلاسم نر عقیم به گونه والد مادری با تلاقی برگشتی و لاین‌های برگرداننده باروری از انتقال ژن‌های برگشت‌دهنده باروری به گونه‌های والد پدری به‌دست آمدند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار پیاده شد. آماده‌سازی زمین در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۸ انجام شد. کاشت در تاریخ ۳۰ و ۳۱ اردیبهشت صورت گرفت. هر کرت آزمایشی مشتمل بر ۲ خط ۵ متری با فواصل ردیفی ۶۰ سانتی‌متر و فواصل بوته ۲۵ سانتی‌متر بود. اندازه‌گیری صفات تعداد روز تا شروع گل‌دهی، تعداد روز تا پایان گل‌دهی، ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق، زمان رسیدن در طی فصل رشد بر روی ده بوته انجام شد. در مورد صفات تعداد دانه در طبق، وزن دانه‌های هر طبق، عملکرد دانه برحسب تک‌بوته، وزن هزار دانه، درصد روغن، اندازه‌گیری‌ها پس از برداشت محصول بر روی ۵ بوته انجام شد. به‌طورکلی از طریق اثر لاین‌ها و تسترها، ترکیب‌پذیری عمومی و از طریق برهمکنش لاین × تستر، ترکیب‌پذیری خصوصی محاسبه شد. تجزیه داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از طرح تلاقی لاین × تستر در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و با فرض ثابت بودن لاین‌ها و تسترها انجام شد. برای انجام محاسبات و تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای SPSS16، MSTATC و Excel استفاده به‌عمل آمد.

برای برآورد وراثت پذیری عمومی (\hat{h}_B^2) و خصوصی (\hat{h}_N^2) و درجه غالبیت (\hat{a}) از فرمول‌های زیر استفاده شد:

$$\hat{h}_B^2 = \frac{\sigma_C^2}{\sigma_C^2 + \frac{\sigma_E^2}{r}} \quad (18)$$

$$\hat{h}_N^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \frac{\sigma_E^2}{r}} \quad (19)$$

$$\hat{a} = \sqrt{\frac{2\sigma_D^2}{\sigma_A^2}} \quad (20)$$

که در این فرمول $\sigma_G^2 =$ واریانس کل ژنتیکی و σ_E^2 واریانس خطا است.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که بین تسترها و نیز لاین‌ها از نظر کلیه صفات به‌غیر از ارتفاع بوته و قطر طبق برای لاین‌ها تفاوت معنی‌دار وجود داشت که نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و وجود اثرات افزایشی از نظر این صفات است. برهمکنش لاین \times تستر نیز برای صفات زمان شروع گل‌دهی، زمان پایان گل‌دهی، قطر ساقه، قطر طبق، زمان رسیدن، تعداد دانه، وزن دانه‌های طبق و عملکرد دانه معنی‌دار بود که بیانگر نقش اثرات غالبیت در تبیین این صفات است.

بیشترین عملکرد دانه به هیبریدهای $R50 \times 222$ (۶۸/۸) گرم) و $R26 \times 52$ (۶۵/۱) گرم) تعلق داشت. هیبریدهای $R25 \times 52$ (۵۱/۳ درصد) و $R25 \times 148$ (۵۳/۶ درصد) بیشترین درصد روغن را دارا بودند. این نتایج نشان می‌دهد که ارقام پرمحصول لزوماً دارای درصد روغن بالایی نیستند، بنابراین باید در برنامه‌های به‌نژادی به‌گزینه هم‌زمان این دو معیار و یا استفاده از شاخص‌های گزینشی برای بهبود هر دو صفت توجه کرد. هیبرید $R26 \times 148$ از لحاظ تعداد روزهای تا رسیدگی (۱۱۰ روز)، شروع گل‌دهی (۶۰/۳ روز) و پایان

$$gca(t) = \frac{X_{.j.}}{rl} - \frac{X_{...}}{rlt} \quad (8)$$

$$scaij = \frac{X_{ij.}}{r} - \frac{X_{i..}}{rt} - \frac{X_{.j.}}{rl} + \frac{X_{...}}{rlt} \quad (9)$$

که در آن gca (I) = ترکیب‌پذیری عمومی لاین، gca (t) = ترکیب‌پذیری عمومی تستر، $scaij$ = ترکیب‌پذیری خصوصی لاین با تستر، $X_{i...}$ = مجموع ارزش هیبریدهای مربوط به لاین i ام، $X_{.j.}$ = مجموع ارزش‌های تستر j ام، $X_{ij.}$ = مجموع ارزش حاصل از تلاقی لاین i ام با تستر j ام و $X_{...}$ = مجموع کل می‌باشد.

وراثت‌پذیری عمومی (h_B^2) و وراثت‌پذیری خصوصی (h_N^2) با رابطه زیر به‌دست آمد:

$$h_B^2 = \frac{V_G}{V_P} \quad (10)$$

$$h_N^2 = \frac{V_A}{V_P} \quad (11)$$

که در آن: V_G = واریانس ژنتیکی کل، V_A = واریانس اصلاحی و V_P = واریانس فنوتیپی است.

مقادیر خطای استاندارد (SE) برای آزمون معنی‌دار بودن اثرات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و تفاوت‌های آنها با استفاده از روابط زیر به‌دست آمد (۲۴).

$$SE(gca \text{ برای لاین}) = \sqrt{\frac{MSE}{rt}} \quad (12)$$

$$SE(gca \text{ برای تستر}) = \sqrt{\frac{MSE}{rl}} \quad (13)$$

$$SE(sca) = \sqrt{\frac{MSE}{r}} \quad (14)$$

برای مقایسه ترکیب‌پذیری عمومی دو لاین

$$SE(gi-gj) = \sqrt{\frac{2MSE}{rt}} \quad (15)$$

برای مقایسه ترکیب‌پذیری عمومی دو تستر

$$S.E.(gi-gj) = \sqrt{\frac{2MSE}{rl}} \quad (16)$$

برای مقایسه دو ترکیب‌پذیری خصوصی

$$S.E.(sij-skj) = \sqrt{\frac{2MSE}{r}} \quad (17)$$

جدول ۱. تجزیه واریانس طرح لاین × تستر برای صفات زراعی در آفتابگردان

درصد روغن	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	وزن دانه‌ها	تعداد دانه	زمان رسیدن	میانگین مربعات		ارتفاع بوته	پایان گل دهی	شروع گل دهی	درجه آزادی	منابع تغییر
						قطر ساقه	قطر طبق					
۱/۸۶ ^{ns}	۱۴۷/۹ ^{ns}	۴۳۷ ^{ns}	۸۵/۴ ^{ns}	۵۴۳ ^{ns}	۳/۶۵ ^{ns}	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۸۱ ^{ns}	۴۳۳*	۸/۴۵ ^{**}	۴/۲۷*	۲	تکرار
۱۸/۸۲ ^{**}	۵۸۵/۸ ^{**}	۲۶۱/۳*	۴۹۲/۳ ^{**}	۴۱۱۸/۰۵ ^{**}	۴۵/۳۵ ^{**}	۰/۶۰ ^{ns}	۹/۹۰ ^{**}	۱۲۸ ^{ns}	۶۲/۸۹ ^{**}	۶۸/۱۷ ^{**}	۴	لاین
۳۱/۲۷ ^{**}	۱۸۸/۵*	۴۲۳/۱ ^{**}	۳۰۳/۰*	۱۱۸۵/۵ ^{**}	۵۹/۱۳ ^{**}	۴/۳۷ ^{**}	۹/۹۹ ^{**}	۶۴۲ ^{**}	۱۲/۶۴ ^{**}	۵/۲۶ ^{**}	۳	تستر
۵/۸۳ ^{ns}	۷۴/۳ ^{ns}	۱۷۲/۱*	۱۴۱/۱*	۳۰۶۴۰ ^{**}	۱۶/۱۶*	۱/۱۸*	۳/۴۸*	۱۳۴ ^{ns}	۵/۴۷ ^{**}	۴/۶۲ ^{**}	۱۲	لاین × تستر
۴/۶۴	۴۹/۱	۸۵/۶	۷۰/۸	۱۱۳۹۸	۶/۰۹	۰/۵۳	۱/۳۷	۱۲۰	۱/۳۱	۰/۸۴	۳۸	خطا
۴/۴۵	۱۰/۹۴	۱۸/۶۸	۱۵/۹۱	۱۱/۵۸	۲/۱۴	۴/۹۸	۶/۳۲	۷/۹۷	۱/۴۸	۱/۴۱		ضریب تغییرات (۱/)

ns, *, **, به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

کنترل ارتفاع گیاه مهم‌تر دانستند. پوت و هیزر (۲۰) دریافتند که هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در تبیین صفت وزن هزار دانه اهمیت دارد. پوت و هیزر (۲۰)، فیک (۴) و حسن (۹) اثرات افزایشی را در کنترل درصد روغن مؤثر دانسته‌اند. درحالی‌که هیتی (۱۰) گزارش کرد که درصد روغن بیشتر تحت‌تأثیر اثر غالبیت ژن‌ها قرار دارد. قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن دانه‌های طبق بیشتر تحت‌تأثیر اثرات افزایشی بودند و نسبت GCA/SCA در آنها بیشتر از یک برآورد شد. درجه غالبیت کمتر از یک نیز حاکی از کنترل روابط اللی این صفت از نوع غالبیت ناقص است. به‌طورکلی تفاوت گزارش‌های مختلف در نقش اثرات افزایشی و غیر افزایشی در خصوص صفات مورد مطالعه می‌تواند به تفاوت در مواد گیاهی، نوع طرح ژنتیکی مورد استفاده نسبت داد. عملکرد دانه در بوته بیشتر توسط اثرات غالبیت تحت‌تأثیر قرار گرفت. نسبت GCA/SCA کمتر از یک و درجه غالبیت بزرگ‌تر از یک نیز مؤید این مطلب بوده و حاکی از کنترل روابط اللی این صفت از نوع فوق غالبیت است. لذا باید روش‌های مبتنی بر تولید واریته‌های هیبرید را برای به‌نژادی این صفت به‌کار برد. پوت و هیزر (۲۰)، اورتیس و همکاران (۱۸)، اسکوریچ و همکاران (۲۵) و حسن (۹) نیز نقش بیشتر اثرات غالبیت را برای عملکرد دانه گزارش کردند. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که به‌نژادی صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و درصد روغن از طریق روش‌های مبتنی بر انتخاب امکان‌پذیر است. در مورد عملکرد دانه نیز به‌علت نقش بارز اثرات غالبیت تولید واریته‌های هیبرید قابل توجه است.

وراثت‌پذیری عمومی برای همه صفات مورد مطالعه در حد مطلوبی بود. بیشترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی به‌ترتیب در صفات پایان گل‌دهی (۰/۹۴) و تعداد دانه در طبق (۰/۹۲) و کمترین مقدار آن در عملکرد دانه (۰/۷۰) و هم‌چنین بیشترین مقدار وراثت‌پذیری خصوصی به‌ترتیب در صفات تعداد دانه (۰/۷۹) و پایان گل‌دهی (۰/۷۷) و کمترین مقدار آن در زمان شروع گل‌دهی (۰/۲۸) به‌دست آمد. نوع وراثت صفات می‌تواند

گل‌دهی (۷۲/۶ روز) زودرس‌ترین هیبرید بود. به‌طورکلی با در نظر گرفتن صفات مهمی مانند عملکرد دانه، درصد روغن و سایر صفات زراعی هیبریدهای $R50 \times R25 \times R25$ ، $R25 \times R25 \times R25$ ، $R26 \times R26 \times R26$ ، $R23 \times R23 \times R23$ ، $R26 \times R26 \times R26$ دارای ویژگی‌های مطلوبی در این آزمایش بودند و از آنها می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی آفتابگردان استفاده کرد (جدول ۲).

نتایج مربوط به برآوردهای اجزای واریانس ژنتیکی (واریانس افزایشی و واریانس غالبیت)، نسبت قابلیت ترکیب عمومی به قابلیت ترکیب خصوصی (GCA/SCA)، درجه غالبیت و هم‌چنین مقادیر وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی صفات مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است. زمان شروع گل‌دهی تحت‌تأثیر اثرات غالبیت بود. نسبت GCA/SCA نیز مؤید این موضوع است. و درجه غالبیت در مورد این صفت نیز بیشتر از یک به‌دست آمد. این نتایج بیان می‌دارند که روابط اللی از نوع فوق غالبیت شروع گل‌دهی را در این مواد کنترل می‌کنند. سانچز و همکاران (۲۲) گزارش کردند که برای صفت شروع گل‌دهی واریانس غالبیت از اهمیت بیشتری برخوردار است. درحالی‌که گانگاپا و همکاران (۵) نقش اثرات افزایشی را در کنترل زمان شروع گل‌دهی مؤثرتر دانستند. زمان پایان گل‌دهی، زمان رسیدگی و قطر ساقه تحت‌تأثیر هر دو نوع اثر افزایشی و غالبیت بودند (جدول ۳). در عین حال سانچز و همکاران (۲۲) گزارش کردند که برای صفت طول دوره گل‌دهی واریانس غالبیت از اهمیت بیشتری برخوردار است. پوت و هیزر (۲۰) نقش بیشتر اثرات افزایشی را در کنترل زمان رسیدگی عنوان کردند. گانگاپا و همکاران (۵) قطر ساقه را تحت‌تأثیر هر دو اثرات افزایشی و غالبیت دانستند. جان (۱۲) بیان کرد که قطر ساقه توسط اثرات غالبیت تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد. در مورد صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و درصد روغن، اثر لاین \times تستر معنی‌دار نبود و بنابراین نقش واریانس غالبیت در این صفات ناچیز بود و می‌توان گفت که در تبیین این صفات اثرات افزایشی سهم عمده‌ای دارند. اورتیس و همکاران (۱۸) و هلاذنی و همکاران (۱۱) اثرات افزایشی را در

جدول ۲. میانگین صفات زراعی هیبریدهای آفتابگردان مورد آزمایش

روغن (درصد)	(گرم)	(گرم)	وزن دانه‌های عملکرد دانه	تعداد دانه در	زمان رسیدن (روز)	قطر طبق (سانتی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	ارتفاع (سانتی متر)	پایان گل دهی (روز)	شروع گل دهی (روز)	تست	لاین
۴۸/۷	۵۹/۵	۴۶/۲	۴۸/۸	۱۱۸	۱۳/۷	۱۸/۴	۱۳/۱	۸۰/۶	۶۹/۰	۶۹/۰	ab	R۲۳
۵۱/۳	۵۱/۳	۴۸/۷	۵۳/۵	۱۱۷	۱۳/۸	۱۹/۴	۱۴/۰	۸۰/۰	۶۸/۰	۶۸/۰	abc	R۲۵
۴۸/۲	۶۳/۸	۶۵/۱	۶۴/۹	۱۱۷	۱۵/۶	۲۰/۹	۱۵/۰	۸۰/۰	۶۸/۳	۶۸/۳	abc	R۲۶
۴۹/۳	۴۹/۸	۵۰/۰	۵۲/۷	۱۱۳	۱۴/۲	۱۹/۲	۱۴/۳	۷۸/۳	۶۷/۰	۶۷/۰	cd	R۵۰
۵۰/۳	۷۱/۲	۴۹/۱	۵۲/۱	۱۲۰	۱۴/۵	۱۸/۷	۱۳/۳	۷۴/۶	۶۷/۶	۶۷/۶	ghi	R۲۳
۵۳/۶	۵۸/۲	۴۸/۷	۵۹/۷	۱۱۲	۱۳/۵	۱۸/۰	۱۳/۹	۷۴/۶	۶۷/۶	۶۷/۶	ghi	R۲۵
۴۶/۳	۶۳/۳	۵۴/۰	۵۸/۵	۱۱۰	۱۴/۴	۱۸/۲	۱۲/۷	۷۷/۶	۶۰/۳	۶۰/۳	j	R۲۶
۴۸/۳	۵۸/۱	۵۵/۴	۶۰/۸	۱۱۵	۱۵/۱	۲۰/۲	۱۴/۱	۷۷/۰	۶۵/۰	۶۵/۰	efg	R۵۰
۴۶/۹	۶۰/۳	۴۵/۲	۴۳/۸	۱۱۳	۱۴/۴	۱۷/۲	۱۲/۹	۷۴/۶	۶۳/۳	۶۳/۳	ghi	R۲۳
۵۰/۱	۶۰/۰	۴۶/۰	۵۴/۴	۱۱۲	۱۴/۵	۱۷/۲	۱۳/۵	۷۵/۶	۶۴/۶	۶۴/۶	efgh	R۲۵
۴۸/۲	۵۴/۴	۴۵/۷	۴۸/۶	۱۱۳	۱۴/۴	۱۶/۵	۱۲/۶	۷۶/۳	۶۵/۰	۶۵/۰	efg	R۲۶
۴۹/۷	۶۴/۹	۶۸/۸	۷۱/۶	۱۱۶	۱۵/۹	۱۹/۶	۱۴/۴	۷۸/۰	۶۴/۰	۶۴/۰	efghi	R۵۰
۴۶/۹	۷۰/۵	۴۷/۲	۵۴/۰	۱۱۹	۱۴/۸	۱۸/۸	۱۳/۱	۷۹/۰	۶۷/۳	۶۷/۳	bcd	R۲۳
۴۹/۹	۵۸/۷	۴۸/۵	۵۳/۰	۱۱۴	۱۴/۰	۱۸/۲	۱۳/۴	۷۷/۶	۶۵/۶	۶۵/۶	def	R۲۵
۴۶/۷	۶۸/۴	۵۶/۵	۵۹/۰	۱۱۶	۱۵/۸	۲۰/۰	۱۴/۳	۷۸/۳	۶۶/۰	۶۶/۰	de	R۲۶
۴۸/۲	۷۰/۶	۴۸/۹	۵۴/۹	۱۱۹	۱۴/۶	۱۹/۵	۱۵/۱	۸۲/۳	۶۹/۳	۶۹/۳	a	R۵۰
۴۵/۰	۸۱/۵	۳۹/۰	۴۱/۴	۱۱۶	۱۴/۴	۱۷/۲	۱۳/۳	۷۶/۰	۶۷/۶	۶۷/۶	efghi	R۲۳
۴۶/۲	۷۱/۴	۳۳/۵	۳۵/۸	۱۱۰	۱۳/۷	۱۶/۹	۱۴/۳	۷۵/۶	۶۳/۰	۶۳/۰	hi	۲۵R
۴۶/۹	۶۹/۲	۳۴/۲	۳۵/۴	۱۱۰	۱۴/۴	۱۵/۵	۱۲/۶	۷۴/۰	۶۳/۰	۶۳/۰	hi	R۲۶
۴۸/۴	۷۵/۰	۵۸/۳	۵۳/۷	۱۱۳	۱۵/۹	۲۰/۰	۱۵/۳	۷۶/۳	۶۴/۰	۶۴/۰	efghi	R۵۰

حروف به ترتیب نشان دهنده صفات از بیشتر به کمتر می باشد. اعداد با حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

جدول ۳. برآورد اجزای واریانس ژنتیکی، درجه غالبیت و وراثت‌پذیری نتاج حاصل از تلاقی لاین × تستر در آفتابگردان

شروع گل‌دهی	پایان گل‌دهی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	قطر طبق	زمان رسیدن	تعداد دانه	وزن دانه‌ها	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	درصد روغن	
۰/۵۹	۵/۹۳	۶۹/۱	۱/۲۷	۰/۵۱	۶/۶۹	۴۰۷۰۱	۵۰/۴	۳۶/۳	۵۳/۳	۲/۸۵	واریانس افزایشی
۱/۲۶	۱/۳۸	-	۰/۷۰	۰/۱۷	۳/۳۶	۶۴۱۴	۲۳/۴	۲۸/۸	-	-	واریانس غالبیت
۰/۲۳	۲/۱۶	-	۰/۹۰	۱/۵۱	۱/۰۰	۳/۱۷	۱/۰۸	۰/۶۳	-	-	نسبت $\frac{\sigma_{GCA}^2}{\sigma_{SCA}^2}$
۰/۸۷	۰/۹۴	-	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۹۲	۰/۷۶	۰/۷۰	-	-	وراثت‌پذیری عمومی
۰/۲۸	۰/۷۷	۰/۶۲	۰/۵۲	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۷۹	۰/۵۲	۰/۳۹	۰/۷۴	۰/۶۳	وراثت‌پذیری خصوصی
۲/۰۷	۰/۶۸	-	۱/۰۵	۰/۸۱	۱/۰۰	۰/۵۶	۰/۹۶	۱/۲۶	-	-	درجه غالبیت

برداشت مهم است. در عین حال با توجه به مطلوب بودن مقادیر منفی برای صفت ارتفاع بوته، لاین ۲۲۲ (۴/۲۳-) شاید مطلوب‌تر از بقیه لاین‌های نر عقیم باشد. برای قطر ساقه لاین ۵۲ ترکیب‌پذیری عمومی بالا و معنی‌دار (۰/۹۶) داشت. با توجه به اهمیت قطر ساقه بیشتر، لاین ۵۲ به جهت داشتن ترکیب‌پذیری عمومی در جهت مثبت و نیز قطر ساقه بیشتر (جدول ۲) لاین مطلوبی از لحاظ این صفت شمرده می‌شود. برای تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه نیز ترکیب‌پذیری عمومی لاین ۵۲ (به ترتیب ۱۷۰/۸ و ۳/۰۶) بهتر بود. به‌طورکلی لاین‌های ۵۲ و ۱۴۸ با در نظر گرفتن کلیه خصوصیات به‌عنوان بهترین لاین‌های نر عقیم از نظر ترکیب‌پذیری عمومی شناسایی شدند. از لحاظ درصد روغن، ترکیب‌پذیری عمومی تستر R۲۵ معنی‌دار (۱/۸۶) بود و با توجه به اهمیت درصد روغن، این لاین برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی مناسب می‌باشد. افزون بر این، لاین R۲۵ بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی را برای زمان پایان گل‌دهی (۰/۳۷-) و زمان رسیدگی (۱/۶۳-) داشت. ترکیب‌پذیری خصوصی ترکیبات سینگل‌کراس در جدول ۵ آمده است. هیبرید R۵۰ × ۵۲ بالاترین ترکیب‌پذیری خصوصی منفی را از لحاظ زمان رسیدگی (۳/۶۵-) داشت. از لحاظ شروع گل‌دهی و زمان رسیدگی هیبرید R۲۶ × ۱۴۸ دارای

در تصمیم‌گیری برای تعیین روش‌های به‌نژادی مناسب و پیش‌بینی میزان پیشبرد ژنتیکی ناشی از گزینش کمک کند. خان (۱۶) در یک طرح تلاقی لاین × تستر وراثت‌پذیری بالایی را برای صفات تعداد روز تا گل‌دهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق، وزن صد دانه، تعداد دانه در طبق، محتوای روغن دانه، عملکرد روغن و دانه گزارش کرد. ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های نر عقیم در جدول ۴ آمده است. با توجه به اهمیت زودرسی، مقادیر منفی ترکیب‌پذیری عمومی در مورد صفات زمان شروع گل‌دهی و زمان پایان گل‌دهی مطلوب می‌باشد. لاین نر عقیم ۱۴۸ بالاترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی را از لحاظ زمان شروع گل‌دهی (۲/۵۰-) و زمان پایان گل‌دهی (۲/۳۵-) داشت. همچنین این لاین از لحاظ درصد روغن و وزن دانه‌های طبق ترکیب‌پذیری عمومی بالایی (به ترتیب ۱/۲۳ و ۴/۹۳) نشان داد. لاین ۳۴۴ دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار برای روزهای تارسیدگی (۲/۱۸-) بود. همچنین این لاین از لحاظ وزن هزار دانه بالاترین ترکیب‌پذیری عمومی را داشت (۱۰/۲۶). کلیه لاین‌های نر عقیم از ترکیب‌پذیری عمومی غیر معنی‌دار برای صفت ارتفاع بوته برخوردار بودند. کاهش ارتفاع بوته از نظر افزایش مقاومت به ورس و سهولت عملیات اجرایی به‌ویژه

جدول ۴. ترکیب پذیری عمومی لاین های نر عشیم و تسترهای آنفاگردان در آزمایش

درصد روغن	وزن هزار دانه	وزن دانه ها	تعداد دانه	زمان رسیدن	قطر طبق	قطر ساقه	ارتفاع بوته	پایان گل دهی	شروع گل دهی	لاین
۰/۹۹ ns	-۷/۸۸**	۲/۱۵ ns	۱۷۰/۸**	۱/۶۵*	-۰/۱۴ ns	۰/۹۶**	۲/۳۱ ns	۲/۶۵**	۲/۰۰**	۵۲
۱/۲۳ ns	-۱/۳۰ ns	۴/۹۳*	۶۱/۰*	-۰/۶۸ ns	-۰/۲۳ ns	۰/۲۹ ns	-۲/۵۳ ns	-۲/۳۵**	-۲/۵۰**	۱۴۸
۰/۲۹ ns	-۴/۱۱ ns	۱/۳۳ ns	۶۶/۰*	-۱/۱۸ ns	۰/۲۱ ns	-۰/۸۵*	-۴/۲۳ ns	-۰/۹۳**	-۰/۸۳**	۲۲۲
-۰/۷۲ ns	۳/۰۴ ns	۲/۳۹ ns	۱۷/۸ ns	۲/۴۰**	۰/۳۳ ns	۰/۶۵ ns	۲/۶۱ ns	۲/۲۳**	۲/۰۰**	۳۳۰
-۱/۷۸**	۱۰/۲۶**	-۱/۲۵**	-۳۱۵/۲**	-۲/۱۸**	-۰/۱۷ ns	-۱/۰۶**	۰/۸۴ ns	-۱/۰۶**	-۱/۶۶**	۳۴۴
۰/۶۴۰۷	۲/۱۴۴۱	۲/۶۷۰۸	۳۰/۸۱۹۶	۰/۸۱۲۳	۰/۲۱۰۱	۰/۳۳۷۸	۲/۲۲۲۶	۰/۴۳۳۰	۰/۲۲۳۶	SE(GCA)
۰/۹۰۶۱	۳/۰۴۷۱	۳/۸۷۷۱	۴۳/۵۵۵۶	۱/۰۰۰۷	۰/۲۹۷۲	۰/۴۷۷۸	۴/۵۵۷۵	۰/۴۶۷۲	۰/۳۷۵۴	SE(gi-gj)
تستر										
-۰/۹۴ ns	۴/۵۸*	-۴/۰۶ ns	-۱۱۹/۶**	۲/۵۷**	۰/۱۴ ns	-۰/۴۲ ns	-۶/۲۸*	۰/۱۰ ns	۰/۱۲ ns	R۲۳
۱/۸۶**	-۴/۰۷*	-۴/۳۷ ns	۳۱/۰ ns	-۱/۶۳*	-۰/۵۷**	-۰/۵۴ ns	۰/۴۲ ns	-۰/۳۷ ns	۰/۳۵ ns	R۲۵
-۱/۳۲*	-۰/۱۸ ns	۱/۶۲ ns	-۳/۱ ns	-۱/۵۰*	۰/۰۲ ns	-۰/۲۵ ns	-۲/۰۶ ns	۰/۸۳**	۰/۵۵*	R۲۶
۰/۴۰ ns	-۰/۳۲ ns	۶/۸۱**	۹۱/۸**	۰/۵۷ ns	۰/۳۷ ns	۱/۲۱**	-۲/۰۶ ns	۱/۳۰**	۰/۷۸**	R۵۰
۰/۵۳۳۱	۱/۹۱۷۸	۲/۳۸۸۹	۲۷/۵۶۵۹	۰/۶۳۷۱	۰/۱۸۷۹	۰/۳۰۲۲	۲/۸۸۲۴	۰/۲۹۵۵	۰/۲۳۷۴	SE(GCA)
۰/۸۱۰۵	۲/۸۱۲۲	۳/۳۷۸۴	۳۸/۹۸۴۱	۰/۹۰۱۰	۰/۲۶۵۸	۰/۴۲۷۳	۴/۰۷۶۳	۰/۴۱۷۹	۰/۳۳۵۸	SE(gi-gj)

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

SE(GCA) مقادیر خطای استاندارد برای آزمون معنی دار بودن اثرات ترکیب پذیری عمومی

SE(gi-gj) مقادیر خطای استاندارد برای آزمون معنی دار بودن تفاوت های اثرات ترکیب پذیری عمومی

است. از سوی دیگر به دلیل نقش فوق غالبیت در کنترل خصوصیات زمان شروع گل دهی، قطر ساقه و عملکرد دانه بهره برداری از پدیده هتروزیس می تواند در به نژادی این صفات مؤثر باشد. خصوصیات مرتبط با فنولوژی، وزن دانه و تعداد دانه در طبق در کنترل هر دو نوع اثرات افزایشی و غالبیت بودند ولی نقش اثرات افزایشی بیشتر بود، لذا اعمال روش های مبتنی بر انتخاب و دورگ گیری می تواند به بهبود ژنتیکی این خصوصیات منجر شود.

لاین های نر عقیم ۵۲ و ۱۴۸ و لاین های رستورر R۵۰ و R۲۵ با در نظر گرفتن کلیه ویژگی ها به عنوان بهترین لاین ها از نظر ترکیب پذیری عمومی بودند و نیز با در نظر گرفتن کلیه صفات فوق، هیبرید R۵۰ × R۲۲ به عنوان هیبریدهای امیدبخش می تواند در برنامه های به نژادی مدنظر قرار گیرد. هیبرید R۲۶ × R۱۴۸ نیز در برنامه های به نژادی برای زودرسی می تواند به کار گرفته شود. نتایج این بررسی نشان داد که به دلیل وجود تنوع ژنتیکی از نظر خصوصیات زراعی در لاین های به نژادی و وجود ترکیباتی با قابلیت ترکیب مطلوب با اعمال روش های مبتنی بر گزینش و دورگ گیری امکان تولید هیبریدهای برتر آفتابگردان وجود دارد.

سپاسگزاری

از مدیریت گروه به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی، مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه تبریز و مدیریت و کارکنان ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز که در اجرای این پژوهش همکاری داشتند، قدردانی می شود.

ترکیب پذیری خصوصی معنی دار و مطلوبی (۱/۷۰- و ۲/۹۲-) بود. ترکیب پذیری خصوصی هیبرید R۲۶ × ۵۲ برای قطر ساقه (۱/۶۳) معنی دار بود. این هیبرید به جهت داشتن ترکیب پذیری خصوصی مثبت و نیز قطر ساقه بیشتر ژنوتیپ مطلوبی از لحاظ این صفت شمرده می شود. هم چنین ترکیب پذیری خصوصی این هیبرید از لحاظ عملکرد دانه معنی دار و مثبت (۱۰/۹۰) بوده و بالاترین ترکیب پذیری را در بین هیبریدها داشت. هیبرید R۵۰ × R۲۲ از نظر تعداد دانه در طبق (۱۲۲/۳)، وزن دانه های طبق (۱۱/۰۶) و عملکرد دانه (۱۰/۵۷) نیز ترکیب پذیری خصوصی معنی دار و بالایی داشت و از لحاظ تعداد دانه در طبق (۱۲۰۲) نیز در حد مطلوبی قرار داشت و از بیشترین عملکرد دانه (۶۸/۸۸ گرم) و بیشترین وزن دانه های طبق (۷۱/۶۱ گرم) نیز برخوردار شد. برای قطر طبق هیبرید R۲۶ × R۳۰ بیشترین قابلیت ترکیب خصوصی (۰/۸۱) را دارا بود. به طور کلی با در نظر گرفتن کلیه صفات مورد بررسی، هیبریدهای R۵۰ × R۲۲ و R۲۶ × ۵۲ را می توان به عنوان بهترین ژنوتیپ ها در برنامه های به نژادی مدنظر قرار داد. هیبرید R۲۶ × R۱۴۸ نیز در برنامه های به نژادی زودرسی می تواند به کار گرفته شود.

نتیجه گیری

اطلاع از نحوه کنترل ژنتیکی خصوصیات زراعی نقش مهمی در تعیین روش به نژادی دارد. هر دو نوع روش های مبتنی بر گزینش و دورگ گیری در به نژادی آفتابگردان که گیاهی دگرگشن است به کار گرفته می شود. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که به دلیل نقش بارز اثرات افزایشی در کنترل صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و درصد روغن، به نژادی این خصوصیات از طریق روش های مبتنی بر انتخاب امکان پذیر

منابع مورد استفاده

1. Alvarez, D., P. Luduena and E. Frutos, 1992. Variability and genetic advance in sunflower. *In: Proceedings of the 13th International Sunflower Conference*. Pisa, Italy. pp. 963-968.
2. Andrakhor, S. A. and V. Rameeh. 2013. Evaluation the combining and inheritance abilities of quantitative and qualitative traits of sunflower lines in Mazandaran. *Journal of Crop Breeding* 11(5): 22-33. (In Farsi).
3. Farshadfar, A. 1997. Applying Quantitative Genetic in Plants Breeding. Vol: 1, Razi University of Kermanshah

- Publications. Kermanshah. (In Farsi).
4. Fick, G. N. 1975. Heritability of oil content in sunflower. *Crop Science* 15: 77-78
 5. Gangappa, E., K. M. Channakrishnajiah and M. S. Harini. 1997. Studies on combining ability in sunflower. *Helia* 20: 73-84.
 6. Ghaffari, M., I. Farrokhi and M. Mirzapour. 2011. Combining ability and gene action for agronomic traits and oil content in sunflower (*Helianthus annuus* L.) using F1 hybrids. *Crop Breeding Journal* 1: 75-87
 7. Goksoy, A. T., A. Turkec and Z. M. Turan. 2002. Determination of some agronomic characteristics and hybrid vigor of new improved synthetic varieties in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia* 25: 119-130.
 8. Gvozdenovic, S., J. Joksimovic and D. Skoric. 2005. Gene effect and combining abilities for plant height and head diameter in sunflower. *Genetika* 37: 57-64.
 9. Hassan, S. W. 2001. Heritability estimates, genetic correlation and predicted gains from S1, families in two random mated sunflower population. PhD. Thesis, Punjab University. Lahore, Pakistan.
 10. Hity, A. H. 1992. Genetic analysis of agronomic characters in sunflower. In: Proceedings of the 13th International Sunflower Conference. Pisa, Italy. pp. 1118-1128.
 11. Hladni, N., D. Skoric, M. Kraljevic-Balalic, Z. Sakac and D. Jovanovic. 2006. Combining ability for oil content and its correlations with other yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia* 29: 101-110.
 12. Jan, M. 2003. Genetic analysis of heritable traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). PhD. Thesis, NWFP Agricultural University. Peshawar, Pakistan.
 13. Jan, M., G. Hassan, I. Hussain and U. D. Razi. 2006. Combining ability analysis of yield and yield components in sunflower. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 9: 2328-2332.
 14. Kaya, Y. 2003. Aycicek Tarimi. *Tarm Istanbul Dergisi* 84: 24-25.
 15. Kempton, O. 1957. An Introduction to Genetic Statistics. The Iowa State University Press. United States.
 16. Khan, H. 2004. Magnitude of heterosis and combining ability in sunflower over environment. PhD. Thesis, NWFP Agricultural University. Peshawar, Pakistan.
 17. Mehanasundaram, K., N. Manivernan and P. V. Verman. 2010. Combining ability analysis for seed yield and its components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding* 1: 864-868.
 18. Ortis, L., G. Nestares, E. Frutos and N. Machado. 2005. Combining ability analysis for agronomic traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia* 28: 125-134.
 19. Putt, E. D. 1966. Heterosis, combining ability and predicted synthetics from a diallel cross in sunflower. *Canadian Journal of Plant Science* 46: 59-67.
 20. Putt, E. D. and C. B. Jr. Heiser. 1966. Male sterility and partial sterility in sunflower. *Crop Science* 6: 165-168.
 21. Rezaizad, A. and A. Farrokhi. 2008. General and specific combining abilities of inbred and restorer lines of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Seed and Plant Journal* 24: 98-83. (In Farsi).
 22. Sanchez, D. G., M. Baldini, D. A. Charles and G. P. Vannozzi. 1999. Genetic variances and heritability of sunflower traits associated with drought tolerance. *Helia* 22: 23-34.
 23. Sharma, J. R. 1988. Statistical and Biometrical Techniques in Plant Breeding. New Age International Ltd Publishers. New Delhi. India.
 24. Singh, R. K. and B. D. Chaudhary. 1977. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kalyani Publishers, New Delhi. India.
 25. Skoric, D., S. Jovic, N. Hladni and G. P. Vannozzi. 2007. An analysis of heterotic potential for agronomically important traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia* 30: 55-74.
 26. Wricke, G. and W. E. Weber. 1986. Quantitative genetics and selection in plant breeding. *Helia* 23: 101-141.