به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی
دوره ۱ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۲
صفحه‌های ۱۳۱-۱۴۴

مطالعهٔ وراثت صفات زراعی در آفتابگردان با استفاده از روش تلاقی لاین در تستر

مژگان تبریزی‌وند طاهری[۱]، سیدسیامک علوی‌کیا*[۲]، محمد مقدم واحد[۳]، سعید اهری‌زاد[۴]، مهدی غفاری[۵]

۱. دانشجوی دکتری اصلاح نباتات گرایش ژنتیک مولکولی گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲. استادیار گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول مکاتبات*)
۳. استاد گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز
۴. دانشیار گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز
۵. هیئت علمی وزارت جهاد کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی

تاریخ وصول مقاله: ۹۱/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۱۰/۷

چکیده

بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها به‌منظور استفاده از آن‌ها به‌منزلهٔ والدین در ایجاد واریته‌های هیبرید جدید ضروری است. افزون بر این، نوع وراثت صفات می‌تواند در تصمیم‌گیری برای تعیین روش‌های اصلاحی مناسب و پیش‌بینی میزان پیشبرد ژنتیکی ناشی از گزینش کمک کند. در این پژوهش، به‌منظور بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در آفتابگردان، پنج لاین نر عقیم و چهار تستر بازگردانندهٔ باروری به‌صورت لاین × تستر تلاقی داده شدند. هیبریدهای حاصل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بررسی شدند. براساس نتایج حاصل، از نظر عملکرد دانه و روغن، لاین‌های نر عقیم ۵۲، ۳۳۰ و ۳٤٤ و تسترهای R_{25} و R_{50} از ترکیب‌پذیری عمومی بهتری برخوردار بودند. ترکیبات ۲۲۲ ×$R_{۲۵}$ و ۵۲ ×$R_{۲۴}$ به‌ترتیب از نظر عملکرد دانه و روغن بالاترین ترکیب‌پذیری خصوصی را داشتند. در تبیین صفات وزن خشک طبق، وزن دانه‌های هر طبق، عملکرد دانه با پوسته، عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن اثر غالبیت نقش بیشتری ایفا کرد. ارتفاع بوته و تعداد دانه‌های هر طبق توسط هر دو نوع اثر افزایشی و غالبیت کنترل شدند.

کلیدواژه‌ها: ترکیب‌پذیری خصوصی، ترکیب‌پذیری عمومی، واریانس افزایشی، واریانس غالبیت، وراثت‌پذیری.

* نویسنده مسئول
Email:ss. alavikia@ tabrizu.ac.ir

مقدمه

سویا، کلزا و آفتابگردان نزدیک به ۷۸درصد از روغن خوراکی جهان را تأمین می‌کنند (۱٤). کشاورزان غالباً هیبریدهای آفتابگردان را به‌دلیل یکنواختی، عملکرد بالا و مقاومت به آفات و بیماری‌ها ترجیح می‌دهند. مهم‌ترین گام برای تولید هیبریدها، شناسایی والدین مطلوب است. تولید لاین‌های اینبرد برخوردار از ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی مطلوب برای عملکرد و اجزای آن از اهداف اصلی اصلاح آفتابگردان محسوب می‌شود. در این بین بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده براساس طرح تلاقی‌های دی‌آلل بوده است. یکی از روش‌های برآورد ترکیب‌پذیری، طرح تلاقی لاین × تستر است که حالت تعمیم‌یافتهٔ روش تاپ‌کراس به‌شمار می‌رود و در این راستا از چند تستر برای بررسی ترکیب‌پذیری لاین‌های ارزیابی‌شده استفاده می‌شود. افزون بر این، از روش لاین × تستر برای تعیین اثرات ژنتیکی استفاده می‌شود (۱۱).

ترکیب‌پذیری عمومی معناداری برای قطر طبق، مقدار روغن و عملکرد و همچنین ترکیب‌پذیری خصوصی معنادار برای وزن هزاردانه و ارتفاع بوته در آفتابگردان گزارش شده است (۱۲). براساس یک پژوهش، هیبریدهایی از جمله CSFH-6037 وCSFH-6039، به‌ترتیب ترکیب‌پذیری خصوصی بالایی برای عملکرد دانه و مقدار روغن داشتند (۳). با بررسی ٤۸ هیبرید آفتابگردان به روش لاین × تستر اثرهای غیرافزایشی ژن‌ها برای عملکرد دانه، تاریخ ۵۰درصد گلدهی، زمان رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، قطر طبق، وزن هزاردانه و وزن هکتولیتر معنادار گزارش شده است (۱۵). در مطالعه‌ای دیگر، ۷۲ هیبرید آفتابگردان با استفاده از تلاقی لاین × تستر بررسی شدند و وجود اثرهای افزایشی و غیرافزایشی معنادار برای عملکرد دانه و زمان ۵۰درصد گلدهی محرز شد (٦).

هرچند اکثر پژوهشگران نقش اثرهای غیرافزایشی را در کنترل عملکرد دانه مهم دانسته‌اند، برخی گزارش‌ها نشان‌دهندهٔ اهمیت اثرهای افزایشی در تبیین این صفت است (۱۷، ۱۳، ۹ و ۱۲). اختلاف در نتایج آزمایش‌ها را می‌توان به نوع مواد گیاهی و محیط آزمایش‌شده نسبت داد. با استفاده از تجزیهٔ لاین × تستر وجود اثرهای افزایشی معناداری برای مقدار روغن مشاهده شد (۱٦). از طرف دیگر، در یک بررسی نه لاین اینبرد و سه تستر ارزیابی شد و اثر غیرافزایشی در تبیین مقدار روغن مؤثر عنوان شد (۵). در یک آزمایش، به روش لاین × تستر با استفاده از سه لاین نر عقیم و ۱۰ تستر بازگرداننده باروری وجود اثرهای غیرافزایشی برای مقدار روغن بیان شد (٤). برخی گزارش‌ها نیز نشانگر وجود هر دو نوع اثر افزایشی و غیرافزایشی برای مقدار روغن است. برای بررسی ترکیب‌پذیری و اثرهای ژنی در هیبریدهای F_1 آفتابگردان با استفاده از چهار لاین نر عقیم و شش لاین بازگرداننده باروری، وجود اثرهای افزایشی و غیرافزایشی برای مقدار روغن عنوان شد (۷). همچنین با مطالعه روی ۲۵ هیبرید آفتابگردان با استفاده از طرح ژنتیکی شماره II نقش اثرهای افزایشی و غیرافزایشی در تبیین مقدار روغن مؤثر عنوان شد (۱۰).

هدف از پژوهش حاضر، برآورد ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و بررسی اثرهای ژنی (افزایشی و غالبیت) لاین‌های آفتابگردان با استفاده از روش لاین × تستر بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی استفاده‌شده شامل چهار لاین برگردانندهٔ باروری ($R_{۲۳}$، $R_{۲۵}$، $R_{۲۶}$ و$R_{۵۰}$) به‌منزلهٔ والد پدری (تستر) و پنج لاین نر عقیم (۵۲، ۱٤۸، ۲۲۲، ۳۳۰ و ۳٤٤) به‌منزلهٔ والد مادری بود. لاین‌های برگشت‌دهندهٔ باروری از طریق خودباروری و گزینش متوالی در نتاج هیبریدهای وارداتی استخراج شدند (۱). نتاج حاصل از تلاقی این لاین‌ها در

قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شدند. آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹ در ایستگاه تحقیقاتی کرکج دانشگاه تبریز، واقع در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز و در مسیر جاده تبریز- باسمنج، انجام شد. محل مطالعه‌شده ۱۳۶۰ متر ارتفاع از سطح دریا، طول جغرافیایی ´۱۷، °۴۶ شرقی، عرض جغرافیایی ´۱۵، °۳۸ شمالی، میانگین بارندگی ۲۷۱/۳ میلی‌متر در سال و میانگین دمای سالیانه ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد دارد. آماده‌سازی قطعه زمین انتخابی در اردیبهشت سال ۱۳۸۹ انجام گرفت. قبل از کاشت بذر، جوی و پشته‌هایی به فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متر توسط فاروئر ایجاد شدند. بذرها با فاصله ۲۵ سانتی‌متر به‌صورت کپه‌ای به تعداد ۲- ۳ عدد در هر کپه و عمق سه سانتی‌متر کاشته شدند. مبارزه با علف‌های هرز در مرحلهٔ ۲- ۳ برگی و عملیات تنک در مرحلهٔ ۲- ٤ برگی و نگه‌داری فقط یک بوته در هر کپه انجام شد. در کرت‌های آزمایشی بیماری یا آفت مشاهده نشد. در این آزمایش صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق، وزن خشک طبق، تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا پایان گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد دانه‌های پوک، تعداد دانه‌های هر طبق و وزن هزاردانه با انتخاب تصادفی ۱۰ بوته رقابت‌کننده از هر کرت و حذف بوته‌های حاشیه‌ای به همراه صفات عملکرد دانه با پوسته، عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد و برای اندازه‌گیری روغن از دستگاه NMR[1] استفاده شد. به‌دلیل خسارت ناشی از حضور گنجشک در مزرعه، در صفات وزن خشک طبق، وزن دانه‌های هر طبق، عملکرد دانه با پوسته، تعداد دانه‌های پوک هر طبق، تعداد دانه‌های هر طبق، عملکرد روغن و عملکرد دانه هشت کرت گمشده در کل آزمایش وجود داشت.

1. Nuclear Magnetic Resonance

برای تعیین ترکیب‌پذیری لاین‌های آفتابگردان مطالعه‌شده از تجزیهٔ لاین × تستر استفاده شد (۱۱). باتوجه به ثابت‌بودن لاین‌های آزمایش‌شده، پارامترهای ژنتیکی از طریق فرمول‌های زیر برآورد شدند:

$$\sigma^2_{GCA}\ (L) = \frac{MS_L - MS_E}{rt}$$

$$\sigma^2_{GCA}\ (T) = \frac{MS_T - MS_E}{rl}$$

$$\sigma^2_{GCA}\ (LT) = \frac{MS_{LT} - MS_E}{r}$$

$$\sigma^2_A\ \sigma^2_{GCA}\ (F=1) = \frac{1}{2}$$

$$\sigma^2_{SCA}\ (F=1) = \sigma^2_D$$

در این رابطه‌ها، MS_L، MS_T، MS_{LT}، MS_E، σ^2_A، σ^2_D، σ^2_{SCA}، σ^2_{GCA} و F به‌ترتیب عبارت از میانگین مربعات لاین، میانگین مربعات تستر، میانگین مربعات اثر متقابل لاین × تستر، میانگین مربعات خطا، واریانس افزایشی، واریانس غالبیت، واریانس ترکیب‌پذیری عمومی، واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی و ضریب اینبریدینگ هستند. در برآورد واریانس اثرهای افزایشی و غالبیت به‌دلیل استفاده از لاین‌های والدی اینبرد، میزان F (ضریب اینبریدینگ) برابر با ۱ در نظر گرفته شد.

ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) لاین‌ها از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شد:

$$GCA\ (i) = \bar{X}i - \bar{X}$$

$$SCA\ (ij) = \bar{X}_{ij} - GCA(i) - GCA(j) - \bar{X}$$

در این رابطه‌ها، $\bar{X}_i$ میانگین هیبریدهای مربوط به یک لاین، $\bar{X}_{ij}$ میانگین کل و $\bar{X}_{\circ}$ میانگین یک هیبرید است.

نتایج و بحث

بین لاین‌ها از نظر کلیهٔ صفات به‌جز قطر طبق، وزن خشک طبق و تعداد دانه‌های پوک اختلاف معنآداری وجود داشت.

بین تسترها نیز از نظر کلیهٔ صفات به‌جز قطر طبق، وزن خشک طبق، تعداد روز تا شروع گلدهی و تعداد روز تا پایان گلدهی تفاوت معناداری مشاهده شد (جدول۱). اثر متقابل لاین × تستر برای صفات ارتفاع بوته، وزن خشک طبق، تعداد دانه‌های پوک هر طبق، وزن دانه‌های هر طبق، تعداد دانه‌های هر طبق، تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد دانه با پوسته، عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن معنادار بود که بیانگر نقش اثر غیرافزایشی در کنترل این صفات است. در مورد صفات قطر ساقه، وزن هزاردانه و تعداد روز تا پایان گلدهی اثر لاین × تستر معنادار نبود. درنتیجه در تبیین این صفات اثرهای غیرافزایشی نقش ناچیزی داشتند (جدول۲). در مطالعه‌ای دیگر نیز وجود اثر افزایشی برای وزن هزاردانه عنوان شد (۹). درعین‌حال، در یک طرح دی‌آلل وجود هر دو نوع اثر افزایشی و غالبیت برای وزن هزاردانه گزارش شد (۸). باتوجه به درجهٔ غالبیت، در تبیین صفات وزن خشک طبق، وزن دانه‌های هر طبق، عملکرد دانه با پوسته، عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن اثرهای غالبیت نقش ایفا کردند (جدول۲). در مطالعه‌ای وجود اثرهای افزایشی در کنترل عملکرد دانه مشاهده شد (۱۷). برای درصد روغن وجود اثرهای غیرافزایشی عنوان شده است (۲). درحالی‌که گروهی دیگر نقش اثرهای افزایشی را در تبیین درصد روغن مؤثر عنوان کردند (۱٦). ارتفاع بوته و تعداد دانه‌های هر طبق تحت‌تأثیر هر دو نوع اثر افزایشی و غالبیت بودند (جدول۲). اثرهای افزایشی معناداری برای ارتفاع بوته گزارش شده است (۵ و ۹). درحالی‌که در مطالعه‌ای دیگر وجود اثرهای غیرافزایشی برای ارتفاع بوته مؤثر عنوان شد (۱۵). در مورد تعداد دانه‌های پوک در هر طبق، تعداد روز تا شروع گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با توجه به پایین‌بودن درجهٔ غالبیت، می‌توان گفت که این صفت بیشتر تحت کنترل اثرهای افزایشی است. براساس پژوهشی نقش اثرهای افزایشی در زمان رسیدگی مؤثر بیان شده است (۲). درحالی‌که در مطالعه‌ای دیگر نقش اثرهای غیرافزایشی در تبیین شروع گلدهی مؤثرتر عنوان شده است (۱۷).

جدول۱. تجزیهٔ واریانس طرح لاین × تستر آفتابگردان

		میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجهٔ آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	قطر طبق	وزن خشک[×] طبق	وزن هزار دانه	وزن دانه‌های هر[×] طبق	عملکرد دانه با پوسته[×]	عملکرد دانه[×]
تکرار	۲	۲۴۵/۲۶۸**	۱۲/۵۹۴**	۰/۶۴۲^{ns}	۶۰۳/۱۱۱**	۴۷/۱۳۴*	۲۴۲/۴۴۷**	۱/۱۲۲**	۱۵۹/۵۱۱**
لاین	۴	۱۵۷/۹۹۲**	۱۱/۳۸۵**	۲/۱۳۶^{ns}	۱۵۷/۸۲۳^{ns}	۸۷/۴۶۵**	۱۰۷/۴۳۶*	۰/۳۶۳$^{+}$	۷۰/۶۱۵*
تستر	۳	۴۴۲/۸۱۰**	۸/۸۷۵**	۲/۲۷۱^{ns}	۱۰۴/۸۹۰^{ns}	۱۵۸/۳۲۱**	۹۱/۶۶۹$^{+}$	۰/۶۳۶*	۶۰/۲۷۰$^{+}$
لاین× تستر	۱۲	۷۶/۰۰۸*	۱/۳۱۱^{ns}	۱/۳۲۴^{ns}	۲۰۹/۷۸۲$^{+}$	۲۰/۰۸۷^{ns}	۸۲/۹۰۲*	۰/۴۰۶*	۵۴/۵۴۶*
خطا	۳۸	۳۶/۸۴۳	۱/۸۱۹	۱/۵۱۲	۱۱۲/۱۴۰	۱۴/۴۵۸	۳۶/۹۲۰	۰/۱۸۳	۲۴/۲۸۶

ns، +، *، ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطوح احتمال۱۰، ۵ و ۱ درصد

[×]صفات دارای کرت گمشده با درجهٔ آزادی خطای ۳۰

ادامهٔ جدول۱

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد دانه‌های پوک هر طبق×	تعداد دانه‌های هر طبق×	تعداد روز تا شروع گلدهی	تعداد روز تا پایان گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	درصد روغن	عملکرد روغن
تکرار	۲	۱۴۶۵۲/۵۶**	۵۸۶۶۵/۰۶**	۵/۰۱۷^{ns}	۰/۱۵۰^{ns}	۴۱/۱۵۰**	۴/۸۳۷^{ns}	۰/۴۳۰**
لاین	۴	۱۶۷۸۰/۸۵^{ns}	۷۰۳۹۳/۹۸**	۱۱۸/۳۰۸**	۶/۰۵۸$^{+}$	۶۹/۷۶۷**	۱۲/۴۸۴*	۰/۱۱۳*
تستر	۳	۱۵۹۷۱/۲۸**	۵۰۱۳۷/۰۷**	۴/۰۰۰^{ns}	۱/۲۶۱^{ns}	۱۵/۴۶۷*	۲۲/۸۲۵**	۰/۱۵۷*
لاین× تستر	۱۲	۲۴۸۰/۱۷$^{+}$	۲۲۹۹۷/۲۴*	۷/۵۹۷*	۳/۱۹۲^{ns}	۹/۱۸۹$^{+}$	۱۰/۲۲۰**	۰/۱۰۷*
خطا	۳۸	۱۲۹۷/۳۰	۸۴۱۷/۳۷	۳/۴۵۵	۲/۴۴۸	۵/۰۶۲	۳/۷۸۹	۰/۰۴۲

ns، +، *، ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطوح احتمال۱۰، ۵ و ۱ درصد

×صفات دارای کرت گمشده با درجهٔ آزادی خطای ۳۰

جدول۲. برآورد اجزای واریانس ژنتیکی، درجهٔ غالبیت و وراثت‌پذیری در نتاج حاصل از تلاقی لاین × تستر آفتابگردان

صفات	واریانس افزایشی	واریانس غالبیت	درجهٔ غالبیت	$\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$	وراثت‌پذیری خصوصی	وراثت‌پذیری عمومی
ارتفاع بوته	۳۷/۱۵۹	۱۳/۰۵۵	۰/۸۳۸	۱/۴۲	۰/۵۹	۰/۸۰
قطر ساقه	۱/۲۶۷	ــــ	ــــ	ــــ	۰/۶۸	۰/۶۸
قطر طبق	ــــ	ــــ	ــــ	ــــ	ــــ	ــــ
وزن خشک طبق	ــــ	۳۲/۵۴	ــــ	ــــ	ــــ	۰/۴۷
وزن هزاردانه	۱۵/۶۷۳	ــــ	ــــ	ــــ	۰/۷۶	۰/۷۶
وزن دانه‌های هر طبق	۹/۵۱	۱۵/۳۲	۱/۷۹	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۶۷
عملکرد دانه با پوسته	۰/۰۴۵۲	۰/۰۷۴	۱/۸۰	۰/۳	۰/۲۵	۰/۶۶
عملکرد دانه	۶/۲۵	۱۰/۰۸	۱/۷۹	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۶۷
تعداد دانه‌های پوک هر طبق	۱۹۵۶/۵۲	۳۹۴/۲۹	۰/۶۳	۲/۴۸	۰/۷۰	۰/۸۴
تعداد دانه‌های هر طبق	۷۹۴۶/۰۲	۴۸۵۹/۹۵	۱/۱۰	۰/۸۱	۰/۵۱	۰/۸۲
تعداد روز تا شروع گلدهی	۱۹/۱۴۲	۱/۳۸۰	۰/۳۷	۶/۹۳	۰/۸۸	۰/۹۵
تعداد روز تا پایان گلدهی	۰/۶۰۱	ــــ	ــــ	ــــ	۰/۴۲	۰/۴۲
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۶/۰۸۵	۱/۳۷۵	۰/۶۷	۲/۲۱	۰/۶۷	۰/۸۲
درصد روغن	۱/۹۹۳	۲/۱۴	۱/۴۶	۰/۴۶	۰/۳۷	۰/۷۷
عملکرد روغن	۰/۰۱۲	۰/۰۲۱	۱/۸۷	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۷۰

میانگین مربعات منبع تغییر مورد نظر معنادار نیست.

تفاوت نتایج این آزمایش با نتایج برخی از پژوهشگران را می‌توان به نوع ژنوتیپ‌های استفاده‌شده به‌منزلهٔ لاین و تستر منتسب کرد. به‌طورکلی، می‌توان نتیجه گرفت که در مورد صفات مهمی مانند عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن که اثر غالبیت در تبیین آن‌ها نقش دارد، استفاده از پدیدهٔ هتروزیس برای این صفات توجیه‌پذیر است. بنابراین، می‌توان از طریق گزینش در سطح هیبرید، از اثرهای غیرافزایشی بهره‌مند شد. در حال حاضر، تولید هیبرید به‌منزلهٔ مهم‌ترین روش برای اصلاح آفتابگردان به شمار می‌آید. برآوردهای وراثت‌پذیری خصوصی و عمومی صفات اندازه‌گیری‌شده در آفتابگردان در جدول۳ درج شده است. وراثت‌پذیری خصوصی و عمومی تعداد روز تا شروع گلدهی (به‌ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۹۵)، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (به‌ترتیب ۰/٦۷ و ۰/۸۲)، ارتفاع بوته (به‌ترتیب ۰/۵۹ و ۰/۸۰) و قطر ساقه (به‌ترتیب ۰/٦۸ و ۰/٦۸) بالا و یا نسبتاً بالا بود که این موضوع نقش کمتر عوامل محیطی در مقابل عوامل ژنتیکی را در کنترل این صفات نشان می‌دهد. از طرف دیگر، مقادیر وراثت‌پذیری خصوصی و عمومی تعداد روز تا شروع گلدهی، قطر ساقه و تا حدودی تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک به هم نزدیک بودند که بیانگر اهمیت بیشتر اثرهای افزایشی در تبیین این صفات است. بنابراین گزینش برای زودرسی و نیز قطر ساقه در نسل‌های در حال تفرق یا اصلاح جمعیت می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد. عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن دارای وراثت‌پذیری عمومی نسبتاً بالا (به‌ترتیب ۰/٦۷، ۰/۷۷ و ۰/۷۰) بودند. از طرف دیگر، وراثت‌پذیری خصوصی این صفات پایین بود (به‌ترتیب ۰/۲٦، ۰/۳۷ و ۰/۲٦). چنان که قبلاً عنوان شد، نقش اثرهای غالبیت در کنترل این صفات بارز است و برای نیل به حداکثر عملکرد دانه و عملکرد روغن تولید واریته‌های هیبرید ضروری است.

جدول۳. ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های آفتابگردان بررسی‌شده در آزمایش

صفات	۵۲	۳۳۰	۳٤٤	۲۲۲	۱٤۸	SE (GCA)	SE (g_i-g_j)
ارتفاع بوته	-۵/۲۲*	۵/۰۱*	-۰/۱۲ns	۰/۳۸۹ns	-۰/۰۵ns	۱/۷۵	۲/۴۷
قطر ساقه	۱/۰۸*	۰/۶۸ns	-۰/۷۷ns	-۱/۲۱*	۰/۲۳ns	۰/۳۸	۰/۵۵
قطر طبق	۰/۵۳ns	۰/۲۹ns	-۰/۵۰ns	-۰/۱۲ns	-۰/۱۴ns	۰/۳۵	۰/۵۰
وزن خشک طبق	۲/۴۴ns	۳/۹۷ns	-۶/۰۱۴ns	-۰/۳۲ns	-۰/۰۹ns	۳/۰۵	۴/۳۲
وزن هزار دانه	۰/۳۳ns	۰/۳۶ns	۳/۹۵*	-۳/۴۲*	-۱/۲۳ns	۱/۰۹	۱/۵۵
وزن دانه‌های هر طبق	۲/۰۰۵ns	۲/۶۵ns	-۵/۲۳*	۰/۰۰۹ns	۰/۵۶ns	۱/۷۵	۲/۴۸
عملکرد دانه با پوسته	۰/۱۰ns	۰/۰۸ns	-۰/۳۲*	۰/۰۳ ns	۰/۱۱ ns	۰/۱۲۳	۰/۱۷۴
عملکرد دانه	۱/۶۲ns	۲/۱۵ns	-۴/۲۴*	۰/۰۰۷ ns	۰/۴۵ns	۱/۴۲	۲/۰۱
تعداد دانه‌های پوک هر طبق	-۱۴/۶۴ns	۴/۷۵ns	۱۰/۳۵ ns	۱۲/۸۱ns	-۱۳/۲۸ns	۱۰/۳۹	۱۴/۷۰
تعداد دانه‌های هر طبق	۳۶/۴۸ns	۳۹/۹۵ns	-۱۴۰/۲۱**	۳۵/۰۱ns	۲۸/۷۷ns	۲۶/۴۸	۳۷/۴۵
تعداد روز تا شروع گلدهی	۴/۴۳**	۲/۱**	-۲/۹۸**	-۱/۴۸*	-۲/۰۶**	۰/۵۳	۰/۷۵
تعداد روز تا پایان گلدهی	-۰/۲۶ns	-۰/۷۵*	-۰/۹۳ns	۰/۳۱ns	-۰/۱ns	۰/۴۵	۰/۶۳
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۳/۶**	۱ns	-۲/۷۶**	-۱/۰۳ns	-۱/۸*	۰/۶۴	۰/۹۱
درصد روغن	۱/۳۹*	-۰/۷۵ns	-۱/۱۰ns	۰/۶۲ ns	-۰/۱۵ns	۰/۵۶	۰/۷۹
عملکرد روغن	۰/۰۷۶ns	۰/۰۱۲ns	-۰/۱۷*	۰/۰۲ ns	۰/۰۵ns	۰/۰۵	۰/۰۸

ns ، *، ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

وزن هزاردانهٔ وراثت‌پذیری خصوصی و عمومی نسبتاً بالا (به‌ترتیب ۰/۷٦ و ۰/۷٦) و تعداد دانه‌های هر طبق وراثت‌پذیری عمومی بالا (۰/۸۲) و وراثت‌پذیری خصوصی متوسط (۰/۵۱) داشتند. به‌طورکلی، وراثت‌پذیری خصوصی وزن هزاردانه، تعداد دانه‌های هر طبق و نیز قطر ساقه بیشتر از عملکرد دانه و عملکرد روغن بود. بنابراین، به هنگام تولید لاین‌های اینبرد در اصلاح آفتابگردان، گزینش برای این صفات در نسل‌های در حال تفّرق می‌تواند به‌طور غیرمستقیم موجب افزایش عملکرد لاین‌های اینبرد شود. باتوجه به اهمیت کوتاه‌بودن طول دوره گلدهی و مطلوب‌بودن مقادیر منفی ترکیب‌پذیری، لاین نر عقیم ۳٤٤ و در مرتبهٔ بعدی لاین‌های ۱٤۸ و ۳۳۰ بالاترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی را برای تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا پایان گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک داشتند (جدول۳). لاین ۳٤٤ از نظر وزن هزار دانه و ارتفاع بوته نیز ترکیب‌پذیری عمومی مطلوبی را داشتند. لاین‌های نر عقیم ۵۲ و ۳۳۰ بالاترین ترکیب‌پذیری عمومی از نظر قطر ساقه، قطر طبق، وزن خشک طبق، وزن دانه‌های هر طبق، عملکرد دانه و تعداد دانه‌های هر طبق را داشتند. لاین‌های ۵۲ و ۱٤۸ از بالاترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی منفی برای تعداد دانه‌های پوک و نیز بالاترین مقدار ترکیب‌پذیری مثبت برای عملکرد دانه با پوسته و عملکرد روغن برخوردار شدند. به‌طورکلی، لاین‌های ۵۲، ۳٤٤ و ۳۳۰ را می‌توان به‌علت داشتن برخی خصوصیات مطلوب از نظر ترکیب‌پذیری عمومی در برنامه‌های اصلاحی آفتابگردان استفاده کرد. از نظر تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا پایان گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک تستر $R_{۲۵}$ و در مرتبهٔ بعدی تسترهای $R_{۲۳}$و $R_{۵۰}$از بالاترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی برخوردار بودند و بنابراین، از این تسترها می‌توان در برنامه‌های اصلاح برای صفت زودرسی استفاده کرد (جدول٤). مقادیر منفی ترکیب‌پذیری برای ارتفاع بوته مطلوب است، زیرا کاهش ارتفاع بوته سبب افزایش مقاومت به ورس و سهولت در عملیات برداشت می‌شود. از این نظر نیز $R_{۲۳}$و $R_{۲۶}$مطلوب‌تر از دیگر تسترها بودند. همچنین تستر $R_{۲۳}$ترکیب‌پذیری عمومی مطلوبی از نظر قطر طبق، وزن هزاردانه، درصد روغن و تعداد دانه‌های پوک هر طبق داشت. تسترهای $R_{۵۰}$و $R_{۲۵}$از لحاظ وزن خشک طبق، وزن دانه‌های هر طبق، عملکرد دانه با پوسته، عملکرد دانه، تعداد دانه‌های هر طبق و عملکرد روغن ترکیب‌پذیری عمومی بالاتری برخوردار بودند. همچنین همبستگی بالایی بین این صفات مشاهده می‌شود (جدول۷). بنابراین، از نظر برخی ویژگی‌ها لاین‌های بازگرداننده باروری $R_{۵۰}$و $R_{۲۵}$تسترهای امیدبخش به‌علت برخورداری از ژن‌های افزایشی برای صفات مورد نظر هستند. بیشترین میانگین برای صفات عملکرد دانه با پوسته، عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد روغن در هیبریدهای ۱۴۸ ×$R_{۲۵}$ و ۲۲۲ × $R_{۵۰}$ مشاهده شد (جدول). از لحاظ صفات تعداد روز تا شروع گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک هیبریدهای $R_{۲۵}$ × ۳۴۴ و $R_{۲۶}$ × ۳۳۰و تعداد روز تا پایان گلدهی۱۴۸× $R_{۵۰}$، $R_{۲۳}$ × ۵۲ و ۳۴۴ × $R_{۲۶}$ بالاترین ترکیب‌پذیری خصوصی منفی را داشتند (جدول٦). هیبرید۲۲۲ × $R_{۲۵}$ ترکیب‌پذیری خصوصی بالایی برای وزن خشک طبق، وزن دانه‌های هر طبق، عملکرد دانه با پوسته، عملکرد دانه، تعداد دانه‌های هر طبق و عملکرد روغن داشت. هیبرید ۵۲ × $R_{۲۳}$ ترکیب‌پذیری خصوصی بالایی برای وزن هزاردانه و درصد روغن داشت. هیبریدهای $R_{۲۳}$× ۲۲۲ و $R_{۲۵}$ ۳۳۰ ×از نظر تعداد دانهٔ پوک ترکیب‌پذیری خصوصی منفی مطلوبی داشتند. هیبرید $R_{۲۳}$ ۱۴۸×ترکیب‌پذیری خصوصی مطلوبی برای قطر ساقه و قطر طبق داشت. به‌طورکلی، با توجه به صفات بررسی‌شده هیبریدهای $R_{۲۵}$ ×۲۲۲و۵۲ × $R_{۲۳}$ هیبریدهای امیدبخش از نظر برخی ویژگی مهم زراعی به حساب می‌آیند.

جدول٤. ترکیب‌پذیری عمومی تسترهای آفتابگردان آزمایش‌شده

صفات	R_{50}	R_{26}	R_{23}	R_{25}	SE (GCA)	SE (g_i-g_j)
ارتفاع بوته	۶/۸۸*	−۱/۸۳^{ns}	−۶/۰۶*	۱/۰۱^{ns}	۱/۵۶	۲/۲۱
قطر ساقه	۱/۱۲*	−۰/۱۴^{ns}	−۰/۵۶^{ns}	−۰/۴۰^{ns}	۰/۳۴	۰/۴۹
قطر طبق	۰/۰۹^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۰/۳۵^{ns}	−۰/۵۵^{ns}	۰/۳۱	۰/۴۴
وزن خشک طبق	۳/۷۴^{ns}	−۳/۲۸^{ns}	−۱/۱۲^{ns}	۰/۶۶^{ns}	۲/۷۳	۳/۸۶
وزن هزاردانه	−۰/۱۵^{ns}	−۱/۹۳^{ns}	۴/۶۳**	−۲/۵۳*	۰/۹۸	۱/۳۸
وزن دانه‌های هر طبق	۳/۹۳*	−۲/۶۴^{ns}	−۱/۰۸^{ns}	−۰/۲۰^{ns}	۱/۵۶	۲/۲۱
عملکرد دانه با پوسته	۰/۳۲*	−۰/۱۱^{ns}	−۰/۲۲^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۱۱	۰/۱۵
عملکرد دانه	۳/۱۹*	−۲/۱۴^{ns}	−۰/۸۷^{ns}	−۰/۱۶^{ns}	۱/۲۷	۱/۷۹
تعداد دانه‌های پوک هر طبق	۱۴/۴۱^{ns}	۴۱/۲۵*	−۱۳/۵۸^{ns}	−۴۲/۰۸*	۹/۲۹	۱۳/۱۵
تعداد دانه‌های هر طبق	۷۶/۷۷*	−۱۹/۰۹^{ns}	−۷۴/۰۶*	۱۶/۳۸^{ns}	۲۳/۶۸	۳۳/۵۰
تعداد روز تا شروع گلدهی	−۰/۲^{ns}	۰/۲^{ns}	۰/۶^{ns}	−۰/۶^{ns}	۰/۴۷	۰/۶۷
تعداد روز تا پایان گلدهی	۰/۴۱^{ns}	−۰/۰۵^{ns}	−۰/۱۱^{ns}	−۰/۲۵^{ns}	۰/۴۰	۰/۵۷
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	−۰/۴^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۱/۳۳^{ns}	−۱/۰۶^{ns}	۰/۵۸	۰/۸۲
درصد روغن	−۰/۶۲^{ns}	−۱/۱۳^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۱/۶۹*	۰/۵۰	۰/۷۱
عملکرد روغن	۰/۱۴*	−۰/۰۸^{ns}	−۰/۱۰^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۵	۰/۰۷

ns ، *، ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول۵. میانگین برخی صفات مهم در هیبریدهای ارزیابی‌شدهٔ آفتابگردان حاصل از تلاقی لاین × تستر

هیبرید	تکرار	عملکرد دانه	عملکرد دانه با پوسته	درصد روغن	عملکرد روغن	هیبرید	تکرار	عملکرد دانه	عملکرد دانه با پوسته	درصد روغن	عملکرد روغن
$R_{۵۰}\times۵۲$	۲	۳۲/۰۸	۲/۶۹	٤۷/٦۵	۱/۳۰	$R_{۲۳}\times۱۴۸$	۳	۲۱/۷۸	۱/۸۳	٤٦/۸٦	۰/۸٦
$R_{۵۰}\times۳۳۰$	۲	۳۰/۷٦	۲/۳۸	٤٤/۷۹	۱/۰٦	$R_{۲۳}\times۲۲۲$	۳	۲٦/۳۳	۱/۹۲	٤۵/۸۷	۰/۸۸
$R_{۵۰}\times۳۴۴$	۳	۲۷/۵۲	۲/۲۲	٤۲/۷۵	۰/۹۵	$R_{۲۳}\times۵۲$	۳	۳۱/٤٦	۲/۲۸	٤۷/٦۵	۱/۰۸
$R_{۵۰}\times۲۲۲$	۲	۳۵/۱٦	۲/۸٦	٤۸/٤۲	۱/٤۰	$R_{۲۳}\times۳۴۴$	۳	۲٤/۵۱	۱/۸۲	٤٤/۵۲	۰/۸۱
$R_{۵۰}\times۱۴۸$	۲	۲۵/۱۵	۲/۰۲	٤۲/٦۰	۰/۸۷	$R_{۲۳}\times۳۳۰$	۳	۲۷/۳۳	۱/۷۹	٤٤/۸۰	۰/۸۰
$R_{۲۶}\times۲۲۲$	۳	۲۵/۲۱	۲/۱۹	٤۳/۳۰	۰/۹۵	$R_{۲۵}\times۵۲$	۲	۲۷/۸۲	۲/۰۱	٤٦/۷۵	۰/۹۵
$R_{۲۶}\times۵۲$	۲	۲۳/۳٤	۱/۹٤	٤۷/۰۰	۰/۹۱	$R_{۲۵}\times۳۳۰$	۲	۲۹/۳۸	۲/۵۲	٤۵/۳۳	۱/۱۳
$R_{۲۶}\times۱۴۸$	۳	۲۹/۰٤	۲/۲۰	٤۳/۵۳	۰/۹۷	$R_{۲۵}\times۳۴۴$	۳	۱۹/۱۱	۱/۵۰	٤۷/٤٦	۰/۷۱
$R_{۲۶}\times۳۳۰$	۳	۲۸/۰۳	۲/۰۱	٤۵/۵۲	۰/۹۱	$R_{۲۵}\times۱۴۸$	۲	۳٤/۹۲	۲/۸٤	٤۹/۸۸	۱/٤٤
$R_{۲۶}\times۳۴۴$	۳	۲۰/۵٤	۱/۷۸	٤٤/۳۱	۰/۷۹	$R_{۲۵}\times۲۲۲$	۳	۲۱/۳۱	۱/٦٦	٤۸/۳۹	۰/۸۰
Lsd	۲و۲	۸/۳۲	۰/۷۲	۳/۲۷	۰/۳٤						
Lsd	۲و۳	۷/٦۰	۰/٦۵	۲/۹۸	۰/۳۱						
Lsd	۳و۳	٦/۸۰	۰/۵۹	۲/٦۷	۰/۲۸						

جدول٦. ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدهای آفتابگردان ارزیابی‌شده حاصل از تلاقی لاین × تستر

تستر	لاین	ارتفاع بوته	قطر ساقه	قطر طبق	وزن خشک طبق	وزن هزاردانه	وزن دانه‌های هر طبق	عملکرد دانه با پوسته
$R_{5\cdot}$	۵۲	$-۵/۶۲^{ns}$	$-۰/۷۴^{ns}$	$-۰/۲۶^{ns}$	$۲/۱۵^{ns}$	$-۰/۱۱^{ns}$	$۱/۴۹^{ns}$	$۰/۲۶^{ns}$
$R_{5\cdot}$	۳۳۰	$-۰/۶۳^{ns}$	$۰/۱۱^{ns}$	$۰/۱۱^{ns}$	$-۶/۲۲^{ns}$	$۰/۹۴^{ns}$	$-۶/۲۵^{*}$	$-۰/۴۰^{*}$
$R_{5\cdot}$	۳۴۴	$۱/۵۳^{ns}$	$۰/۴۳^{ns}$	$۰/۲۷^{ns}$	$۱/۳۳^{ns}$	$-۰/۰۵^{ns}$	$۴/۳۸^{ns}$	$۰/۲۵^{ns}$
$R_{5\cdot}$	۲۲۲	$۴/۷۳^{ns}$	$۰/۱۹^{ns}$	$-۰/۱۱^{ns}$	$۲/۷۴^{ns}$	$-۰/۷۷^{ns}$	$۰/۳۸^{ns}$	$-۰/۱۲^{ns}$
$R_{5\cdot}$	۱۴۸	$۰/۴۶^{ns}$	$-۰/۰۰۸^{ns}$	$-۰/۳۷^{ns}$	$-۲/۰۳^{ns}$	$۱/۰۳^{ns}$	$-۰/۷۸^{ns}$	$-۰/۰۳^{ns}$
$R_{۲۶}$	۲۲۲	$-۱/۳۳^{ns}$	$۰/۱۳^{ns}$	$۰/۴۵^{ns}$	$-۲/۵۳^{ns}$	$۰/۹۹^{ns}$	$۱/۰۶^{ns}$	$-۰/۱۱^{ns}$
$R_{۲۶}$	۵۲	$-۵/۰۳^{ns}$	$-۰/۵۰^{ns}$	$-۰/۱۱^{ns}$	$۱/۲۵^{ns}$	$-۱/۳۸^{ns}$	$-۱/۳۶^{ns}$	$-۰/۲۲^{ns}$
$R_{۲۶}$	۱۴۸	$۵/۹۰^{ns}$	$۰/۳۷^{ns}$	$۰/۰۳^{ns}$	$۳/۳۲^{ns}$	$-۰/۶۳^{ns}$	$۱/۰۹^{ns}$	$۰/۳۵^{*}$
$R_{۲۶}$	۳۳۰	$۷/۳۹^{*}$	$۰/۷۲^{ns}$	$۰/۶۴^{ns}$	$۱/۲۲^{ns}$	$-۲/۰۱^{ns}$	$۱/۷۳^{ns}$	$۰/۰۸^{ns}$
$R_{۲۶}$	۳۴۴	$-۱/۹۳^{ns}$	$-۰/۹۰^{ns}$	$-۰/۹۶^{ns}$	$-۱/۸۳^{ns}$	$-۱/۲۸^{ns}$	$-۰/۲۸^{ns}$	$۰/۰۶^{ns}$
$R_{۲۳}$	۱۴۸	$۲/۰۱^{ns}$	$۰/۷۷^{ns}$	$۰/۹۳^{ns}$	$۹/۶۲^{ns}$	$۱/۷۸^{ns}$	$۳/۰۴^{ns}$	$۰/۲۱^{ns}$
$R_{۲۳}$	۲۲۲	$-۷/۴۶^{*}$	$-۰/۵۹^{ns}$	$-۰/۶۱^{ns}$	$-۸/۹۹^{ns}$	$۱/۵۰^{ns}$	$-۴/۴۹^{ns}$	$-۰/۳۴^{*}$
$R_{۲۳}$	۵۲	$-۴/۳۵^{ns}$	$-۰/۳۷^{ns}$	$۰/۵۸^{ns}$	$۹/۵۰^{ns}$	$۵/۳۶^{*}$	$۶/۷۳^{*}$	$۰/۴۳^{*}$
$R_{۲۳}$	۳۴۴	$۲/۴۴^{ns}$	$۰/۶۱^{ns}$	$-۰/۰۲^{ns}$	$۱/۴۹^{ns}$	$-۲/۲۰^{ns}$	$۰/۲۳^{ns}$	$۰/۱۳^{ns}$
$R_{۲۳}$	۳۳۰	$۴/۴۴^{ns}$	$۰/۱۴^{ns}$	$-۰/۴۴^{ns}$	$۰/۳۴^{ns}$	$-۱/۹۵^{ns}$	$۰/۰۵^{ns}$	$-۰/۰۴^{ns}$
$R_{۲۵}$	۵۲	$-۲/۵۳^{ns}$	$-۰/۳۸^{ns}$	$-۰/۱۱^{ns}$	$-۱۱/۳۲^{*}$	$-۱/۱۹^{ns}$	$-۷/۰۲^{*}$	$-۰/۵۳^{**}$
$R_{۲۵}$	۳۳۰	$۲/۱۲^{ns}$	$۰/۴۱^{ns}$	$-۰/۵۸^{ns}$	$-۱۰/۸۱^{*}$	$-۴/۲۶^{*}$	$-۹/۱۷^{**}$	$-۰/۷۵^{**}$
$R_{۲۵}$	۳۴۴	$۱/۴۶^{ns}$	$۰/۰۳^{ns}$	$۰/۴۲^{ns}$	$۹/۱^{ns}$	$۱/۵۵^{ns}$	$۵/۲۴^{ns}$	$۰/۳۱^{ns}$
$R_{۲۵}$	۱۴۸	$-۲/۹۴^{ns}$	$-۰/۸۴^{ns}$	$-۰/۶۴^{ns}$	$-۱۲/۵۵^{*}$	$۱/۶۰^{ns}$	$-۶/۱۱^{*}$	$-۰/۲۰^{ns}$
$R_{۲۵}$	۲۲۲	$-۰/۶۳^{ns}$	$۰/۴۰^{ns}$	$۰/۸۰^{ns}$	$۱۴/۲۶^{*}$	$۱/۱۰^{ns}$	$۱۰/۰۳^{**}$	$۰/۶۴^{**}$
SE (SCA)		۳/۵	۰/۷۷	۰/۷۰	۶/۱۱	۲/۱۹	۳/۵	۰/۲

ns ، *، ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ادامهٔ جدول٦

تستر	لاین	عملکرد دانه	تعداد دانهٔ پوک	تعداد دانه‌های هر طبق	عملکرد روغن	درصد روغن	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	تعداد روز تا پایان گلدهی	تعداد روز تا شروع گلدهی
$R_{5.}$	۵۲	۱/۲۱^{ns}	−۱۸/۷۳^{ns}	۴۳/۰۳^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۱/۰۱^{ns}	۰/۴ ^{ns}	۰/۶۶ ^{ns}	−۰/۶۳^{ns}
$R_{5.}$	۳۳۰	−۵/۰۷ *	۹/۶۵^{ns}	−۱۱۵/۳۳*	−۰/۱۶^{ns}	۰/۸۷^{ns}	−۰/۱۳^{ns}	−۱/۲^{ns}	۰/۳^{ns}
$R_{5.}$	۳۴۴	۳/۵۵^{ns}	۳/۱۰^{ns}	۶۸/۴۷^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۰/۳۱^{ns}	−۱/۳۳^{ns}	۰/۸۶^{ns}	−۰/۷۶^{ns}
$R_{5.}$	۲۲۲	۰/۳۱^{ns}	۵/۹۶^{ns}	۳/۸۲^{ns}	−۰/۱۰^{ns}	−۲/۲۰*	۱/۰۶^{ns}	−۰/۳۳^{ns}	۱/۱^{ns}
$R_{5.}$	۱۴۸	−۰/۶۴^{ns}	−۲۸/۰۲^{ns}	−۴۱/۱۳^{ns}	−۰/۰۳^{ns}	۰/۳۰^{ns}	−۰/۴۳^{ns}	−۰/۹۱^{ns}	۰/۳۶^{ns}
$R_{۲۶}$	۲۲۲	۰/۸۶^{ns}	۲۳/۶۳^{ns}	۹/۲۰^{ns}	−۰/۰۰۴^{ns}	۱/۵۵^{ns}	−۰/۹۶^{ns}	۰/۵۵^{ns}	−۰/۰۳^{ns}
$R_{۲۶}$	۵۲	−۱/۱۱^{ns}	۱۶/۰۷^{ns}	−۸/۳۹^{ns}	−۰/۰۹^{ns}	−۰/۳۷^{ns}	۱/۱۶^{ns}	−۰/۰۵^{ns}	−۰/۷۶^{ns}
$R_{۲۶}$	۱۴۸	۰/۸۸^{ns}	−۱۱/۶۸^{ns}	۴۰/۳۱^{ns}	۰/۱۲^{ns}	−۱/۴۷^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۰/۴۱^{ns}	۰/۴۳^{ns}
$R_{۲۶}$	۳۳۰	۱/۴۰^{ns}	۶۰/۴۷**	۶۴/۵۷^{ns}	−۰/۰۰۵^{ns}	−۱/۳۸^{ns}	−۱/۴۳^{ns}	−۰/۳۳^{ns}	−۱/۲۱^{ns}
$R_{۲۶}$	۳۴۴	−۰/۲۳^{ns}	−۱۷/۲۶^{ns}	−۱۱/۲۲^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۶۸^{ns}	۱/۷^{ns}	−۰/۸۶^{ns}	۱/۳۸^{ns}
$R_{۲۳}$	۱۴۸	۲/۴۷^{ns}	−۹/۶۸^{ns}	۴۴/۸۷^{ns}	۰/۰۹^{ns}	−۰/۳۰^{ns}	−۰/۵^{ns}	۰/۵۳ ^{ns}	۰/۳۱^{ns}
$R_{۲۳}$	۲۲۲	−۳/۶۴^{ns}	−۳۳/۵۱^{ns}	−۹۸/۲۳*	−۰/۱۴^{ns}	۱/۰۰۸ ^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۰/۶۶^{ns}	−۰/۴۸^{ns}
$R_{۲۳}$	۵۲	۵/۴۶*	۱۷/۲۰^{ns}	۴۹/۳۱^{ns}	۰/۲۸**	۲/۵۵*	۰/۴^{ns}	−۰/۹۱^{ns}	−۰/۰۵^{ns}
$R_{۲۳}$	۳۴۴	۰/۱۸^{ns}	−۱۴/۶۵^{ns}	۳۸/۱۰^{ns}	۰/۰۱^{ns}	−۲/۰۵*	۲/۵۳*	۱/۵۵^{ns}	۱/۸۸*
$R_{۲۳}$	۳۳۰	۰/۰۴ ^{ns}	۹/۲۲^{ns}	۲۰/۵۴^{ns}	−۰/۰۴^{ns}	−۰/۷۰^{ns}	−۱/۳۳^{ns}	−۰/۷۱^{ns}	−۰/۵۱^{ns}
$R_{۲۵}$	۵۲	−۵/۶۹*	−۱۱/۷۷^{ns}	−۱۰۷/۹۶*	−۰/۲۵*	۰/۲۰^{ns}	−۱/۶ ^{ns}	۰/۰۸^{ns}	−۱/۳۱^{ns}
$R_{۲۵}$	۳۳۰	−۷/۴۳**	−۳۰/۹۱^{ns}	−۱۱۵/۷۸*	−۰/۴۰**	−۲/۴۸*	۱/۰۶^{ns}	۱/۵^{ns}	۱/۵۳^{ns}
$R_{۲۵}$	۳۴۴	۴/۲۵^{ns}	−۱/۳۶^{ns}	۷۹/۲۵^{ns}	۰/۱۰^{ns}	−۱/۰۵ ^{ns}	−۳/۱۳*	−۰/۰۳^{ns}	−۳/۵۳**
$R_{۲۵}$	۱۴۸	−۴/۹۵*	−۱۸/۷۲^{ns}	−۱۲۵/۵۱*	−۰/۰۷^{ns}	۱/۰۷ ^{ns}	۲^{ns}	−۰/۶۳^{ns}	۱/۷۳^{ns}
$R_{۲۵}$	۲۲۲	۸/۱۳**	۵۱/۰۰۱*	۱۶۲/۰۴ **	۰/۳۸**	۲/۴۶*	۰/۰۶^{ns}	−۰/۸۳^{ns}	۰/۲۶^{ns}
SE (SCA)		۲/۸۴	۲۰/۷	۵۲/۹۶	۰/۱۱	۱/۱۲	۱/۲۹	۰/۹	۱/۰۷

ns، *، ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۷. همبستگی سادهٔ صفات زراعی در هیبریدهای آفتابگردان مطالعه‌شده

	HW	SW	YH	ES	SN	OY	YW	SH	SD	HD	TW	BF	EF	DM	OP
HW	۱														
SW	۰/۹۲**	۱													
YH	۰/۸۱**	۰/۹۱**	۱												
ES	۰/۰۹NS	۰/۱۲NS	۰/۱۴NS	۱											
SN	۰/۸۲**	۰/۸۹**	۰/۸۷**	۰/۱۴NS	۱										
OY	۰/۷۸**	۰/۸۹**	۰/۹۷**	۰/۰۵NS	۰/۸۳**	۱									
YW	۰/۹۲**	۱**	۰/۹۱**	۰/۱۲NS	۰/۸۹**	۰/۸۹**	۱								
SH	۰/۳۰NS	۰/۳۲NS	۰/۳۹NS	۰/۲۰NS	۰/۴۴*	۰/۲۴NS	۰/۳۲NS	۱							
SD	۰/۵۴*	۰/۵۶**	۰/۵۲*	۰/۰۸NS	۰/۵۷**	۰/۴۲NS	۰/۵۶**	۰/۴۵*	۱						
HD	۰/۶۴**	۰/۶۲**	۰/۴۳NS	۰/۳۶NS	۰/۴۷*	۰/۴۰NS	۰/۶۲**	-۰/۰۵NS	۰/۵۲*	۱					
TW	۰/۰۱NS	-۰/۰۰۷NS	-۰/۱۳NS	-۰/۰۲NS	-۰/۴۴*	-۰/۱۱NS	-۰/۰۰۷NS	-۰/۳۷NS	-۰/۰۶NS	۰/۲۸NS	۱				
BF	۰/۲۲NS	۰/۲۱NS	۰/۱۵NS	-۰/۱۳NS	۰/۱۹NS	۰/۱۵NS	۰/۲۱NS	-۰/۱۷NS	۰/۵۰*	۰/۴۱NS	۰/۰۰۹NS	۱			
EF	۰/۱۷NS	۰/۲۲NS	۰/۱۶NS	-۰/۰۵NS	۰/۳۶NS	۰/۰۶NS	۰/۲۲NS	۰/۳۲NS	۰/۳۳NS	۰/۲۰۱NS	-۰/۳۴NS	۰/۱۳NS	۱		
DM	۰/۱۶NS	۰/۱۴NS	۰/۰۸NS	-۰/۱۳NS	۰/۱۰NS	۰/۱۰NS	۰/۱۴NS	-۰/۳۷NS	۰/۳۲NS	۰/۳۷NS	۰/۰۷NS	۰/۹۳**	۰/۲۰NS	۱	
OP	۰/۱۴NS	۰/۲۵NS	۰/۲۵NS	-۰/۳۴NS	۰/۱۵NS	۰/۴۶*	۰/۲۵NS	-۰/۴۴*	-۰/۱۸NS	۰/۰۴NS	۰/۰۵NS	۰/۱۶NS	-۰/۳۱NS	۰/۱۵NS	۱

HW (وزن خشک طبق)، SW (وزن دانه‌های هر طبق)، YH (عملکرد دانه با پوسته)، ES (تعداد دانه‌های پوک هر طبق)، SN (تعداد دانه‌های هر طبق)، OY (عملکرد روغن)، YW (عملکرد دانه)، SH (ارتفاع بوته)، SD (قطر ساقه)، HD (قطر طبق)، TW (وزن هزار دانه)، BF (تعداد روز تا شروع گلدهی)، EF (تعداد روز تا پایان گلدهی)، DM (تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک)، OP (درصد روغن).

رگرسیون چندگانه

بررسی همبستگی‌های ساده به‌تنهایی کافی نیست و ممکن است به نتایج نادرستی منجر شود، لذا نتایج رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد دانه با پوسته با سایر صفات در جدول۸ درج شده است. ضرایب رگرسیون استانداردشده و مقادیر VIF نیز در جدول۹ درج شده است. در معادلهٔ نهایی دو صفت تعداد دانه‌های هر طبق و وزن هزاردانه به‌ترتیب با ضرایب رگرسیون استانداردشده ۱/۰۱۳ و ۰/۳۰۹ تأثیر مستقیم معنادار روی عملکرد دانه با پوسته داشتند و بقیهٔ صفات از معادلهٔ نهایی حذف شدند. مقادیر VIF که معیار تعیین چند هم‌خطی است برای این صفات پایین بود که بیانگر وجودنداشتن چند هم‌خطی بین متغیرهای مستقل در این تجزیه است. ضریب تبیین تصحیح‌شده برای این رابطه ۰/۸۲۵ به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ توجیه خوب عملکرد دانه با پوسته به‌وسیلهٔ این صفات است. در یک مطالعه، تعداد دانه‌های پر، وزن هزاردانه، قطر طبق و درصد روغن از صفات مهم مؤثر بر عملکرد دانه و عملکرد روغن گزارش شد (۱۸).

نتیجه‌گیری

لاین‌های نر عقیم ۳٤٤، ۵۲ و ۳۳۰ و لاین‌های بازگردانندهٔ باروری $R_{۵}$ و $R_{۲۵}$ بهترین لاین‌ها از نظر ترکیب‌پذیری عمومی بودند. هیبریدهای ۲۲۲ × $R_{۲۵}$ و ۵۲ × $R_{۲۳}$ نیز از ترکیب‌پذیری خصوصی مطلوبی برخوردار بودند که می‌توان در برنامه‌های اصلاحی از این هیبریدها و لاین‌ها استفاده کرد.

در مورد صفات مهمی مانند عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن اثرهای غیرافزایشی نقش داشتند. بنابراین، استفاده از ارقام هیبرید برای این صفات توجیه‌پذیر است. نتایج تجزیهٔ رگرسیون نشان داد که تعداد دانه‌های هر طبق و وزن هزاردانه مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه‌اند و با توجه به وراثت‌پذیری بالایی که دارند می‌توان از طریق گزینش در نسل‌های در حال تفکیک برای اصلاح این صفات اقدام کرد.

جدول۸. تجزیهٔ رگرسیون گام‌به‌گام بین عملکرد دانه با پوسته و سایر صفات اندازه‌گیری‌شده در هیبریدهای آفتابگردان

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
رگرسیون	۲	۱/۱۶۳**
باقی‌مانده	۱۷	۰/۰۲۵
کل	۱۹	

** معنادار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول۹. ضرایب رگرسیون استانداردشده و مقدار VIF صفات واردشده به مدل در رگرسیون چندگانه

	تعداد دانه‌های هر طبق	وزن هزاردانه
ضریب رگرسیون استانداردشده	۱/۰۱۳	۰/۳۰۹
مقدار VIF	۱/۲۴۴	۱/۲۳۴

منابع

۱. غفاری م (۱۳۸٤) بررسی و تهیهٔ مواد ژنتیکی جهت هیبریداسیون آفتابگردان برای مناطق سرد و معتدل کشور. گزارش پژوهشی مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر آذربایجان غربی.

2. Ashok S, MohamedShariff N and Narayanan SL (2000b) Combining ability studies in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Crop Research. 20: 457-462.

3. Asish K, Manivannan N and Vindhya Varman P (2008) Combining ability analysis for yield and its contributing characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Madras Agricultural. 95: 7-12.

4. Asish K, Manivannan N and Vindhya Varman P (2009) Line vs tester analysis for seed and oil yield in sunflower. Madras Agricultural. 96: 283-285.

5. Bhat JS, Giriraj K and Singh RD (2000) Analysis of combining ability in sunflower. New Botanist. 27: 37-43.

6. Gangappa E, Channakrishnaiah KM Harini MS and Ramesh S (1997) Studies on combining ability in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Plant Genetics and Breeding. 20: 73-84.

7. Ghaffari M, Farrokhi I and Mirzapour M (2011) Combining ability and gene action for agronomic traits and oil content in sunflower (*Helianthus annuus* L.) using F_1 hybrids. Crop Breeding. 1: 75-87.

8. Goksoy AT, Turkec A and Turan ZM (2002) Quantitative inheritance in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia. 25: 131-140.

9. Karasu A, Sincik M Goksoy AT and Turan ZM (2010) Combining ability and heterosis for yield and yield components in sunflower. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj Napoca. 38: 259-264.

10. Kaya Y (2005) Determining combining ability in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 29: 243-250.

11. Kempthorne O (1957) An Introduction to Genetic Statistics. John Wiley and Sons, New York.

12. Machikowa TH, Saetang CH and Funpeng K (2011) General and specific combining ability for quantitative characters in sunflower. Agricultural Science. 3: 91-95.

13. Mijic A, Kozumplik V Liovic I Krizmanic M Duvnjak T Maric S Horvat D Silic G and Gunjaca J (2008) Combining abilities and gene effects on sunflower grain yield, oil content and oil yield. Periodicum Biologorum. 110: 277-284.

14. Miller JF and Fick GN (1997) Genetics of sunflower. In: AA. Schniter (Ed). Sunflower Technology and Production. Crop Science Society of America Madison Wiscosin, USA, 441-495.

15. Mohanasundaram K, Manivannan N and Vindhiya Varman P (2010) Combining ability analysis for seed yield and its components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Plant Breeding. 1: 846-868.

16. Ortis L, Nestares G Frutos E and Machado N (2005) Combining ability analysis for agronomic traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia. 28: 125-134.

17. Sharma S, Bajaj RK Kaur N and Sehgal SK (2003) Combining ability studies in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Crop Improvement. 30: 69-73.

18. Yesilova A, Gorttapeh AH, Zardashty MR and Talat F (2009) Evaluation of correlated traits for seed and oil yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.) through path analysis under condition of relay cropping. Biological Sciences. 4: 82-85.