

ترکیب‌پذیری برخی لاین‌های آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) از نظر صفات مهم زراعی

## Combining Ability of some Sunflower (*Helianthus annuus L.*) Lines for Important Agronomic Traits

عباس رضائی‌زاد<sup>۱</sup> و اسداله زارعی سیاه‌بیدی<sup>۲</sup>

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و محقق، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۷

### چکیده

رضائی‌زاد، ع. و زارعی سیاه‌بیدی، ا. ۱۳۹۴. ترکیب‌پذیری برخی لاین‌های آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) از نظر صفات مهم زراعی. مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۱: ۳۰۶-۲۹۳.

به منظور تهیه هیبریدهای جدید و ارزیابی ترکیب‌پذیری برخی لاین‌های نرعقیم و لاین‌های بازگردان باروری، سی و دو دورگ آفتابگردان حاصل از تلاقی چهار لاین بازگردان باروری شامل RN-3، RN-137، R-864 و R-217 با هشت لاین نرعقیم سیتوپلاسمی شامل CMS 19، CMS 156/1، CMS 456/2، CMS 51، CMS 1052/1، 522/2 و MS 1221/1 در سال ۱۳۹۱ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که دورگ‌های CMS19×R217، CMS19×R137 و CMS1221/1×R137 به ترتیب با ۷۰۰۸، ۵۵۴۵ و ۵۵۲۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشتند. هیبرید فرخ (شاهد) با ۵۴۱۲ کیلوگرم در هکتار از نظر عملکرد دانه در رتبه چهارم قرار گرفت. تجزیه واریانس لاین × تستر نشان داد که اثر لاین‌های بازگردان باروری و لاین‌های نرعقیم سیتوپلاسمی که برآوردی از ترکیب‌پذیری عمومی است برای اکثر صفات زراعی مورد ارزیابی معنی‌دار بود. لاین‌های بازگردان باروری R137 و R864 و لاین نرعقیم CMS19 بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت برای عملکرد دانه را داشتند. اثر متقابل لاین‌های بازگردان باروری و لاین‌های نرعقیم سیتوپلاسمی که برآوردی از ترکیب‌پذیری خصوصی است برای صفات تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، قطر طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود. بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی برای عملکرد دانه متعلق به دورگ‌های CMS19 × R217 و CMS 456/2 × R217 بود.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، هیبریدها، کنترل ژنتیکی، عملکرد، اجزای عملکرد.

## مقدمه

روش‌های اصلی برنامه‌های به‌نژادی آفتابگردان

مورد توجه قرار گرفت (Hu et al., 2010).

اولین دورگ‌های ایرانی با نام‌های مهر و شفق در سال ۱۳۶۶ معرفی شدند (Arshi and Jafari, 1990) و در سال ۱۳۷۳ سه دورگ جدید با نام‌های گلشید، آذرگل و گل‌دیس معرفی شدند (Arshi et al., 1994).

تولید نسل جدید ارقام هیبرید در ایران با معرفی دورگ‌های فرخ، قاسم و برزگر بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ آغاز شد.

یافتن والدین مناسب برای تولید ارقام هیبرید در آفتابگردان از اهمیت بالایی برخوردار است. برای شناسایی والدین مناسب باید جمعیتی از اینبردلاین‌ها با ترکیب‌پذیری عمومی بالا اصلاح شوند و سپس اقدام به شناسایی اینبردلاین‌های دارای ترکیب‌پذیری خصوصی بالا برای صفات زراعی مهم کرد.

هالور و میراندا (Halluer and Miranda, 1988)

ترکیب‌پذیری عمومی را به عنوان شاخص ژن‌هایی که دارای اثر افزایشی بوده و قابلیت ترکیب خصوصی را نشان دهنده اثر غیر افزایشی عنوان کردند. لورتی و دل‌گاتو (Laurti and Del Gatto, 2001) ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی ۲۴۵ تست کراس را مورد ارزیابی قرار دادند و گزارش کردند که برآوردهای ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های بازگردان باروری اغلب بیشتر از لاین‌های نرعقیم (CMS) بود و این موضوع

ارقام هیبرید در آفتابگردان به دلیل یکنواختی در صفات زراعی، عملکرد بالا ناشی از وجود هتروزیس کافی و مقاومت به آفات و بیماری‌ها از محبوبیت بالایی برخوردار هستند. علی‌رغم این که در شروع اصلاح آفتابگردان هنوز به اهمیت هتروزیس و تولید ارقام هیبرید در آفتابگردان پی برده نشده بود، اولین ارقام آزادگرده‌افشان آفتابگردان جمعیت‌های هتروژنی بودند که مجموعه‌ای از هیبریدهای طبیعی بود. آخرین ارقام آزادگرده‌افشان نیز ارقام خود عقیم بودند چرا که خود عقیمی به عنوان یک صفت مطلوب سبب تشکیل هیبریدهای طبیعی بیشتری در جمعیت‌های آزادگرده‌افشان و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شد. با این حال نقطه ضعف این ارقام غیریکنواختی در صفات مهم زراعی همچون ارتفاع بوته و زمان رسیدگی بود (Hu et al., 2010).

کشف سیستم نرعقیمی به وسیله لکلرک (Leclercq, 1969) که از تلاقی گونه‌های *H. annuus* و *H. Petiolaris* به دست آمد و سیستم بازگردان باروری توسط کینمن (Kinman, 1970) نقطه عطفی در تولید هیبرید آفتابگردان بود. فرانسول (Fransol) و رلکس (Relax) اولین هیبریدهای آفتابگردان بودند که با استفاده از سیستم نرعقیمی سیتوپلاسمی در سال ۱۹۷۴ در فرانسه تولید شدند و از سال ۱۹۷۸ به بعد تولید ارقام هیبرید به عنوان یکی از

نشان می‌دهد که انتخاب بر اساس لاین‌های بازگردان باروری نسبت به CMS ها می‌تواند بیشتر موثر باشد، از طرفی میزان GCA همیشه کمتر از SCA بود. کمتر بودن مقدار ترکیب‌پذیری عمومی نسبت به ترکیب‌پذیری خصوصی برای صفات زراعی مهم در مطالعات متعدد اشاره شده است (Bajaj *et al.*, 1997؛ Khan *et al.*, 2008؛ Patil *et al.*, 2012؛ Skoric and Mohnar, 2000). با این حال غفاری و همکاران (Ghaffari *et al.*, 2011) گزارش دادند که ترکیب‌پذیری عمومی برای همه صفات مورد بررسی از قبیل عملکرد دانه و روغن، وزن هزار دانه و قطر طبق بیشتر از ترکیب‌پذیری خصوصی بود. سانچز و همکاران (Sanchez *et al.*, 1999) وراثت‌پذیری و واریانس ژنتیکی صفات مختلف آفتابگردان را مورد ارزیابی قرار داده و گزارش کردند که واریانس افزایشی برای صفات موثر بر طول دوره زایشی، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل و وزن طبق بیشتر از واریانس غالبیت بود در حالی که برای صفات تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا انتهای گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و عملکرد دانه واریانس غالبیت از اهمیت بیشتری برخوردار بود. راجانا و همکاران (Rajanna *et al.*, 2001) هتروزیس را در تاپ‌کراس‌های آفتابگردان مورد مطالعه قرار داده و بیان داشتند که تنوع CMS ها در برنامه‌های به‌نژادی هتروزیس می‌تواند مفید واقع

شود.

در تحقیق حاضر سعی شده است ضمن بررسی اینبرد لاین‌های نرعقیم و لاین‌های بازگردان باروری جدید، ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی این مواد آزمایشی برای صفات زراعی مهم در آفتابگردان برآورد شود.

### مواد و روش‌ها

به منظور تهیه دورگ‌های جدید و ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برخی از اینبردلاین‌های نرعقیم و لاین‌های بازگردان باروری آفتابگردان، ده اینبردلاین و پنج لاین بازگردان باروری آفتابگردان (از مواد به‌نژادی بخش تحقیقات دانه‌های روغنی در کرج) برای دورگ‌گیری انتخاب شدند. برای انجام دورگ‌گیری، اینبردلاین‌ها و لاین‌های بازگردان باروری هر کدام در یک خط پنج متری و در دو تاریخ مختلف در سال ۱۳۹۰ کشت کاشته شدند. فاصله خطوط کاشت ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر بود. قبل از شروع گل‌دهی تعدادی از بوته‌های لاین‌های نرعقیم و همچنین تعدادی از لاین‌های بازگردان باروری برای جمع‌آوری گرده با کیسه ململ پوشانیده شدند. در مرحله گل‌دهی هر لاین بازگردان باروری با سه بوته از هر لاین نرعقیم تلاقی داده شدند. تلاقی‌ها برای هر بوته سه بار و به صورت یک روز در میان انجام شد. لازم به ذکر است که برخی از تلاقی‌های پیش‌بینی شده به دلیل کمبود بذر، عدم جوانه زنی

نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی دارای سودمندی نسبی بود میانگین داده‌های هر کرت با استفاده از فرمول‌های مربوطه تصحیح شد و از داده‌های تصحیح شده برای تجزیه واریانس ترکیبات لاین × تستر استفاده شد. بدین منظور و با در نظر گرفتن لاین‌هایی که تلاقی‌های آن‌ها کامل بود، داده‌های مربوط به ۳۲ ترکیب حاصل از تلاقی چهار لاین بازگردان باروری (RN-3، RN-137، R-864 و R-217) و هشت لاین نرعقیم سیتوپلاسمی (CMS 19، CMS 51، CMS 156/1، CMS 456/2، CMS 522/2، CMS 1052/1، CMS 60/30 و CMS 1221/1) به صورت طرح تلاقی لاین × تستر تجزیه شد و مجموع مربعات دورگ‌ها به اجزای اثر بازگردان باروری، لاین‌های نرعقیم و اثر متقابل لاین‌های نرعقیم و بازگردان باروری تقسیم شد. اثر لاین‌های نرعقیم و بازگردان باروری معادل ترکیب‌پذیری عمومی و اثر متقابل این دو برآوردی از ترکیب‌پذیری خصوصی است.

برآورد اثر ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های بازگردان باروری، لاین‌های نرعقیم، ترکیب‌پذیری عمومی نسبی و ترکیب‌پذیری خصوصی به ترتیب با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Singh and Chaudhary, 1977):

بذر و یا عدم هم‌زمانی گلدهی انجام نشد. از پنجاه ترکیب پیش‌بینی شده ۳۴ هیبرید F1 به دست آمد که در سال ۱۳۹۱ به همراه دو شاهد فرخ و SHF81-90 در قالب یک طرح لاتیس ساده با دو تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. بدین منظور در سال زراعی ۱۳۹۱ قطعه زمینی یکنواخت انتخاب و عملیات زراعی مناسب شامل شخم، دیسک و ماله برای تسطیح زمین انجام شد. کود شیمیایی مورد نیاز بر اساس آزمون خاک مصرف شد. کاشت به صورت جوی و پشته و هر کرت مشتمل بر چهار خط به طول ۵/۵ متر و با فواصل خطوط ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ۲۵ سانتی‌متر روی خطوط بود. در طی آزمایش عملیات معمول زراعی شامل تنک کردن، وجین و سله‌شکنی و مبارزه با آفات انجام شد. در این آزمایش از خصوصیات مهم زراعی شامل تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، ارتفاع بوته و قطر طبق بر اساس دستورالعمل اشنایتر و میلر (Schneiter and Miller, 1981) یادداشت‌برداری به عمل آمد. برداشت از دو خط وسط هر کرت با حذف یک بوته از ابتدا و انتهای هر کرت انجام شد. پس از برداشت، مقدار عملکرد دانه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد.

برای صفاتی که طرح لاتیس برای آن‌ها

$$GCA_{i0} = X_{i0} - \bar{X}_{00}$$

$$GCA_{0j} = X_{0j} - \bar{X}_{00}$$

$$RGCA = \frac{GCA}{\bar{X}_{00}} \times 100$$

ترکیب‌پذیری عمومی نسبی

$$SCA_{ij} = X_{ij} - GCA_{i0} - GCA_{0j} - \bar{X}_{00}$$

ترکیب‌پذیری خصوصی

ترکیب‌پذیری عمومی بازگردان باروری و ترکیب‌پذیری عمومی نسبی هستند. برای محاسبه مقادیر اشتباه معیار ( $SE$ ) به منظور آزمون معنی‌دار بودن اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی از روابط ذیل استفاده شد:

در روابط فوق  $X_{ij}$ ،  $X_{0j}$ ،  $\bar{X}_{00}$ ،  $X_{i0}$ ،  $GCA_{i0}$  و  $GCA_{0j}$  به ترتیب میانگین لاین‌های نرعقیم، میانگین کل، میانگین بازگردان باروری، میانگین دورگ، ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های نرعقیم،

$$SE_{gca}(CMS) = \sqrt{\frac{f-1 \times MSe}{f \times m \times r}}$$

اشتباه معیار ترکیب‌پذیری لاین‌های نرعقیم

$$SE_{gca}(restorer) = \sqrt{\frac{m-1 \times MSe}{f \times m \times r}}$$

اشتباه معیار ترکیب‌پذیری لاین‌های بازگردان باروری

$$SE_{sca} = \sqrt{\frac{(m-1) \times (f-1) \times MSe}{f \times m \times r}}$$

اشتباه معیار ترکیب‌پذیری خصوصی

واریانس ترکیب‌پذیری اقدام شد. تجزیه واریانس ترکیب‌پذیری ترکیبات (جدول ۱) نشان داد که اثر لاین‌های بازگردان باروری و لاین‌های نرعقیم سیئوپلاسمی که برآوردی از ترکیب‌پذیری عمومی است برای اکثر صفات زراعی مورد ارزیابی معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که سهم لاین‌های نرعقیم در تظاهر عملکرد دانه بیش از لاین‌های بازگردان باروری و در مورد بقیه صفات سهم لاین‌های بازگردان باروری بیشتر بود (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس لاین  $\times$  تستر نشان داد که به طور کلی سهم اثر متقابل کمتر از سهم لاین‌های بازگردان باروری و لاین‌های نرعقیم بود. این موضوع نشان می‌دهد که در مواد آزمایشی حاضر سهم اثر افزایشی در کنترل صفات بیش

در روابط فوق  $f$  و  $m$  به ترتیب تعداد لاین‌های نرعقیم و لاین‌های بازگردان باروری هستند. محاسبات آماری مربوط به طرح لاتیس و تجزیه لاین  $\times$  تستر با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

## نتایج و بحث

تجزیه واریانس تیمارها به روش طرح لاتیس ساده نشان داد که سودمندی طرح لاتیس نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای همه صفات به استثنای وزن هزار دانه معنی‌دار بود و در نتیجه مقادیر اندازه‌گیری شده بر اساس روابط مربوطه تصحیح (نتایج طرح لاتیس آورده نشده است) و سپس نسبت به تجزیه

جدول ۱- تجزیه واریانس لاین × تستر برای صفات مختلف آفتابگردان  
Table 1. Line × tester variance analysis for different traits of sunflower

S.O.V.	منابع تغییرات	df.	میانگین مربعات MS				
			تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته	قطر طبق	وزن هزاردانه	
	درجه آزادی	Days to physiologic maturity	Plant height	Head diameter	1000 seeds weight	Seed yield	
Replication	تکرار	1	0.01 <sup>ns</sup>	229.5 <sup>ns</sup>	22.9*	58.9 <sup>ns</sup>	23889 <sup>ns</sup>
Restorer	بازگردان باروری	3	408.3**	4205.3**	17.0*	268.4**	985776 <sup>ns</sup>
CMS line	لاین نر عقیم	7	69.1**	635.6*	8.1 <sup>ns</sup>	200.0**	1331504**
Interaction effect	اثر متقابل	21	69.1**	213.8 <sup>ns</sup>	7.8*	47.1**	864027*
Error	اشباه آزمایشی	31	36.4	235.6	213.8	17.8	368682
C.V. (%)	ضریب تغییرات		2.9	9.9	11.0	6.1	12.9

ns, \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.  
ns, \* and \*\*: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۲- متوسط سهم (درصد) لاین‌های بازگردان باروری، نر عقیم و اثر متقابل آن‌ها در تظاهر صفات مختلف آفتابگردان

Table 2. Mean contribution (%) of restorers, CMS lines and their interaction in expression of different traits of sunflower

S.O.V.	منابع تغییرات	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته	قطر طبق	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
		Days to physiologic maturity	Plant height	Head diameter	1000 seeds weight	Seed yield
Restorer	بازگردان باروری	0.75	0.83	0.52	0.52	0.31
CMS line	لاین نر عقیم	0.13	0.13	0.25	0.39	0.42
Interaction Effect	اثر متقابل	0.13	0.04	0.24	0.09	0.27

همکاران (Chigeza *et al.*, 2014) با بررسی ۱۰۹ لاین نر عقیم آفتابگردان در ترکیب با دو تستر نشان دادند که برای عملکرد دانه سهم واریانس ترکیب‌پذیری عمومی بیش از واریانس ترکیب‌پذیری خصوص بود و نتیجه‌گیری کردند که شناسایی هیبریدهای برتر آفتابگردان بر اساس اثر ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های مادری امکان‌پذیر است. در تحقیقات مختلف گاهی اثر افزایشی ژن (Machikowa *et al.*, 2011)؛

از اثر غالبیت است. در مورد صفت عملکرد دانه به عنوان مهم‌ترین صفت اصلاحی نیز سهم اثر افزایشی حاصل از لاین نر عقیم بیش از اثر غالبیت بود با این حال سهم اثر غالبیت در کنترل این صفت قابل توجه و بیش از سایر صفات بود و به نظر می‌رسد این صفت تحت تاثیر اثر دوگانه افزایشی و غیر افزایشی قرار دارد. هر چند ممکن است سهم بیشتر اثر افزایشی مربوط به لاین نر عقیم حاصل اثر مادری باشد. چگزا و

عملکرد دانه دارای بیشترین ترکیب‌پذیری منفی بود. در این آزمایش بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی برای عملکرد دانه متعلق به دورگ‌های CMS19×R217 و CMS 456/2× R217 بود (جدول ۵).

نتایج نشان داد که از نظر صفت ارتفاع بوته اثر افزایشی حاصل از لاین‌های نرعقیم و بازگردان باروری معنی‌دار بوده و به مراتب بیشتر از اثر متقابل بود و این موضوع بیانگر کنترل ژنتیکی از نوع افزایشی در این صفت است. اورتیس و همکاران (Ortis *et al.*, 2005) نیز اثر افزایشی را به عنوان اثر اصلی کنترل‌کننده ارتفاع بوته گزارش دادند. امروزه معرفی دورگ‌های آفتابگردان با ارتفاع کم برای کشت در سیستم‌های متراکم و همچنین کشت دوم، یکی از اهداف به‌نژادی آفتابگردان محسوب می‌شود. نتایج نشان داد که برای صفت ارتفاع بوته سهم لاین‌های بازگردان باروری در تظاهر صفت به مراتب بیش از سهم لاین‌های نرعقیم است. نتایج برخی مطالعات دیگر (Laureti and Del Gatto, 2001؛ Farokhi, 2003؛ Zaocheng *et al.*, 1987) نیز حاکی از اثر معنی‌دار لاین‌های بازگردان باروری بر ارتفاع بوته دورگ‌های آفتابگردان است. در مطالعه رضایی‌زاد و فرخی (Rezaeizad and Farrokhi, 2009) نیز برای صفت ارتفاع بوته تنها اثر ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های بازگردان باروری معنی‌دار شده بود، اما در مطالعه گجلی و همکاران

Skoric and Mohnar, 2000؛ Ghaffari *et al.*, 2011) و گاهی اثر ژنی غیرافزایشی (Khan *et al.*, 2008)؛ Ortis *et al.*, 2005؛ Bajaj *et al.*, 1997) موثر بر عملکرد دانه گزارش شده است. برخی محققان از جمله پوت (Putt, 1966)، میخالشویچ (Mihaljevic, 1988)، تیاگی (Tyagi, 1988) و کستلوت و همکاران (Kestlout *et al.*, 1985) اثر دوگانه افزایشی و غیرافزایشی را برای عملکرد دانه گزارش داده‌اند. نتایج نشان داد که دورگ‌های CMS19×R217، CMS1221/1×R137 و CMS19×R137 به ترتیب با ۷۰۰۸، ۵۵۴۵ و ۵۵۲۶ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه بودند (جدول ۳). هیبرید فرخ با ۵۴۱۲ کیلوگرم در هکتار از نظر عملکرد دانه در رتبه چهارم قرار گرفت. لاین‌های بازگردان باروری R137 و R864 و لاین نرعقیم CMS19 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت برای عملکرد دانه بودند (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که سهم لاین‌های نرعقیم در تظاهر عملکرد دانه کمی بیشتر از سهم بازگردان‌های باروری است (جدول ۱) اما سهم لاین‌های بازگردان باروری هم در کنترل عملکرد دانه دورگ‌ها در این آزمایش قابل توجه بود. در بین بازگردان‌های باروری دو لاین RN-137 و R-864 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت برای عملکرد دانه بودند. لاین بازگردان باروری RN3 از نظر

جدول ۳- میانگین صفات زراعی مهم دورگ‌های آفتابگردان به همراه شاهد‌ها

Table 3. Mean of important agronomic traits of sunflower hybrids along with checks

لاین نر عقیم	بازگردان باروری	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته	قطر طبق	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
CMS line	Restorer	Days to physiologic maturity	Plant height (cm)	Head diameter (cm)	1000 seeds Weight (g)	Seed yield (kg/ha-1)
CMS 19	RN-3	115	154.7	17.6	80.6	4726
CMS 19	RN-137	109	166.7	19.1	66.1	5526
CMS 19	R-864	100	161.8	19.3	69.5	5405
CMS 19	R-217	114	168.6	17.3	73.4	7008
CMS 51	RN-3	110	132.1	15.8	83.3	4769
CMS 51	RN-137	114	164.1	18.8	69.8	4903
CMS 51	R-864	97	138.7	19.3	79.8	4218
CMS 51	R-217	100	142.7	16.9	78.2	3894
CMS 156/1	RN-3	116	141.4	17.5	76.3	4863
CMS 156/1	RN-137	102	161.7	16.5	81.6	3486
CMS 156/1	R-864	100	157.0	20.5	72.1	5370
CMS 156/1	R-217	113	161.5	22.5	67.6	5095
CMS 456/2	RN-3	115	122.8	15.0	72.7	3234
CMS 456/2	RN-137	114	176.1	22.4	74.9	4580
CMS 456/2	R-864	99	149.7	18.3	62.0	4536
CMS 456/2	R-217	102	172.7	19.4	56.0	5312
CMS 522/2	RN-3	107	124.7	16.1	70.3	4067
CMS 522/2	RN-137	112	181.0	18.1	69.2	4854
CMS 522/2	R-864	98	125.1	16.9	67.0	4760
CMS 522/2	R-217	101	144.0	14.8	63.9	4037
CMS 1052/1	RN-3	110	139.4	16.2	74.6	4545
CMS 1052/1	RN-137	99	174.3	16.7	60.0	5172
CMS 1052/1	R-864	98	145.1	17.5	58.4	5051
CMS 1052/1	R-217	101	176.1	16.1	60.2	4134
CMS 60/30	RN-3	107	159.8	19.5	67.5	4125
CMS 60/30	RN-137	100	183.4	20.2	66.0	4826
CMS 60/30	R-864	99	146.5	17.1	68.8	4992
CMS 60/30	R-217	98	183.3	17.8	57.1	4439
CMS 1221/1	RN-3	109	130.0	18.0	75.0	4358
CMS 1221/1	RN-137	102	176.7	22.9	66.5	5545
CMS 1221/1	R-864	100	128.1	17.1	66.5	4350
CMS 1221/1	R-217	102	152.8	15.1	66.2	4394
Farrokh (check)		103	160.5	17.7	64.1	5412
SHF-81-90 (check)		109	187.7	21.2	65.6	4722
LSD ( $P \leq 0.05$ )		19	21.9	3.6	14.8	1095
LSD ( $P \leq 0.01$ )		26	29.6	4.8	19.8	1482

(Hlandi *et al.*, 2014) با بررسی سیزده لاین نر عقیم آفتابگردان در ترکیب با ۳ لاین بازگردان باروری، کنترل ژنتیکی ارتفاع بوته به

(Gegli *et al.*, 2011) اثر غیرافزایشی و فوق‌غالبیت سهم بیشتری در کنترل صفت ارتفاع بوته داشتند. در مطالعه هلاندی و همکاران



جدول ۴- اثرات ترکیب پذیری عمومی و ترکیب پذیری عمومی نسبی لاین های نرعیقیم و بازگردان  
باروری آفتابگردان

Table 4. General combining ability effects and partial general combining ability of CMS lines and restorers of sunflower

لاین نرعیقیم	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته	قطر طبق	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
CMS line	Days to physiologic maturity	Plant height	Head diameter	1000 seeds weight	Seed yield
CMS 19	4.4	8.5	0.3	3.0	960.8
CMS 51	0.0	-10.1	-0.3	8.4	-259.5
CMS 156/1	2.6	0.9	1.2	5.0	-1.9
CMS 456/2	2.4	0.9	0.8	-3.0	-289.9
CMS 522/2	-0.7	-10.8	-1.5	-1.8	-275.8
CMS 1052/1	-3.2	4.3	-1.4	-6.1	20.0
CMS 60/30	-3.9	13.8	0.6	-4.6	-109.9
CMS 1221/1	-1.6	-7.6	0.3	-0.9	-43.7
SE <sub>i</sub>	2.0	5.1	4.8	1.4	201.0
<b>لاین بازگردان باروری</b>					
<b>Restorer</b>					
RN-3	6.0	-16.3	-1.0	5.6	-369.6
RN-137	1.5	18.5	1.3	-0.1	156.1
R-864	-6.1	-10.5	0.2	-1.4	129.8
R-217	-1.3	8.3	-0.5	-4.1	83.7
SE <sub>j</sub>	1.31	3.3	3.2	0.91	131.0

SE<sub>i</sub>: اشتباه معیار ترکیب پذیری لاین های نرعیقیم، SE<sub>j</sub>: اشتباه معیار ترکیب پذیری لاین های بازگردان باروری.

SE<sub>i</sub>: Standard error of general combining ability of CMS lines; SE<sub>j</sub>: Standard error of general combining ability of restorers lines.

صورت فوق غالبیت نسبت به والد برتر بود. نتایج نشان داد که در بین لاین های نرعیقیم لاین های CMS51 و CMS522/2 دارای بیشترین ترکیب پذیری منفی برای ارتفاع بوته بودند. از طرفی CMS19 پس از CMS60/30 دارای بیشترین ترکیب پذیری مثبت بود و باعث پابلند شدن هیبرید می شود که یکی دیگر از نقاط ضعف این لاین است اما باید در نظر داشت که ترکیب همه صفات مطلوب در یک لاین و یا هیبرید بسیار مشکل است (Hladni et al., 2011).

برای کنترل صفت روز تا رسیدگی نیز همانند ارتفاع بوته سهم لاین های بازگردان باروری به مراتب بیش از لاین های نرعیقیم و اثر متقابل بود. در مطالعه غفاری و همکاران (۲۰۱۱) نیز سهم لاین های بازگردان باروری در توجیه واریانس تعداد روز تا رسیدگی بیش از لاین های نرعیقیم بود. لاین های نرعیقیم CMS60/30 و CMS1052/1 و لاین بازگردان باروری RN-864 دارای بیشترین اثر ترکیب پذیری عمومی منفی برای این صفت بودند. لاین نرعیقیم CMS19 که در این

جدول ۵- اثر ترکیب‌پذیری خصوصی لاین‌های بازگردان باروری و نرعقیم

Table 5. Specific combining ability effects of restorer and CMS lines of sunflower

لاین نرعقیم	بازگردان باروری	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته	قطر طبق	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
CMS line	Restorer	Days to physiologic maturity	Plant height	Head diameter	1000 seeds weight	Seed yield
CMS 19	RN-3	-0.2	8.1	0.3	2.6	-570.9
CMS 19	RN-137	-2.2	-14.8	-0.5	-6.2	-296.6
CMS 19	R-864	-3.1	9.3	0.8	-1.5	-390.8
CMS 19	R-217	5.5	-2.6	-0.5	5.1	1258.3
CMS 51	RN-3	-1.3	4.0	-0.8	-0.1	692.5
CMS 51	RN-137	7.2	1.2	-0.2	-7.8	301.3
CMS 51	R-864	-1.8	4.8	1.3	3.4	-358.0
CMS 51	R-217	-4.1	-10	-0.3	4.5	-635.8
CMS 156/1	RN-3	2.0	2.3	-0.7	-3.7	528.9
CMS 156/1	RN-137	-7.0	-12.2	-4.1	7.3	-1373.8
CMS 156/1	R-864	-1.4	12.1	1.0	-0.9	536.9
CMS 156/1	R-217	6.3	-2.2	3.7	-2.7	308.0
CMS 456/2	RN-3	1.3	-16.2	-2.7	0.7	-811.6
CMS 456/2	RN-137	4.8	2.2	2.3	8.6	8.2
CMS 456/2	R-864	-2.1	4.8	-0.7	-3.0	-9.1
CMS 456/2	R-217	-4.0	9.1	1.2	-6.3	812.5
CMS 522/2	RN-3	-3.6	-2.7	0.7	-2.9	7.2
CMS 522/2	RN-137	6.4	18.8	0.3	1.7	268.5
CMS 522/2	R-864	-0.5	-8.1	0.2	0.8	200.3
CMS 522/2	R-217	-2.3	-8.0	-1.1	0.4	-476.1
CMS 1052/1	RN-3	1.9	-3.0	0.6	5.7	189.0
CMS 1052/1	RN-137	-4.1	-3.0	-1.2	-3.2	290.3
CMS 1052/1	R-864	2.0	-3.2	0.6	-3.5	196.0
CMS 1052/1	R-217	0.2	9.1	0.0	1.0	-675.3
CMS 60/30	RN-3	0.0	7.9	1.9	-3.0	-101.1
CMS 60/30	RN-137	5.1	25.6	1.3	2.5	100.9
CMS 60/30	R-864	4.1	-11.3	-1.8	5.3	266.4
CMS 60/30	R-217	-1.7	6.8	-0.4	-3.7	-240.0
CMS 1221/1	RN-3	-0.2	-0.6	0.8	0.8	66.1
CMS 1221/1	RN-137	-2.7	11.3	3.3	-1.9	727.4
CMS 1221/1	R-864	2.9	-8.3	-1.4	-0.7	-441.8
CMS 1221/1	R-217	0.0	-2.4	-2.6	1.7	-351.7
<i>SE<sub>ij</sub></i>		3.5	8.8	8.4	2.4	349.0

*SE<sub>ij</sub>*: اشتباه معیار ترکیب‌پذیری خصوصی

*SE<sub>ij</sub>*= Standard error of specific combining ability.

والد مادری هیبریده‌های ایرانی آذرگل و برزگر  
است، دارای بیشترین ترکیب‌پذیری مثبت برای

آزمایش از عملکرد دانه بسیار خوبی در مقایسه  
با سایر لاین‌های نرعقیم برخوردار بود، این لاین

مقایسه با سایر صفات زراعی مرتبط با عملکرد در آفتابگردان بیشتر تحت تاثیر شرایط محیطی و به ویژه تراکم بوته و طول دوره رشد قرار می‌گیرد و نقش اثر ژنتیکی کمتر است (Fick, 1978). با این حال هر دو اثر افزایشی (Machikowa *et al.*, 2011) و غیر افزایشی (Patil *et al.*, 2012) در کنترل ژنتیکی این صفت گزارش شده است. در مطالعه هلاندی و همکاران (۲۰۱۴) نیز کنترل ژنتیکی قطر طبق از نوع غیر افزایشی گزارش شده است.

به طور کلی نتایج نشان داد با توجه به نقش قابل توجه اثر افزایشی در کنترل صفات مورد بررسی برای به دست آوردن دورگ مناسب باید حداقل یکی از والدین دارای ترکیب پذیری مناسب در جهت مطلوب صفت باشد. با توجه به عملکرد بالا و قابل توجه هیبرید CMS19 × R217 توصیه می‌شود این هیبرید در آزمایش‌های تکمیلی مورد ارزیابی دقیق‌تر قرار گیرد. این ترکیب علاوه بر این که دارای بیشترین عملکرد بود از نظر ترکیب‌پذیری خصوصی نیز برای عملکرد دانه در رتبه اول قرار داشت. از طرفی با توجه به ترکیب‌پذیری خوب CMS19 در این آزمایش، استفاده از این لاین در تولید هیبریدهای ایرانی کماکان قابل توجه است.

تعداد روز تا رسیدگی بود. در حالی که در اصلاح لاین‌های آفتابگردان ترکیب‌پذیری عمومی منفی برای این صفت به عنوان یکی از اهداف به‌نژادی مدنظر است.

وزن هزار دانه نیز همانند بقیه صفات مورد بررسی، به استثنای عملکرد دانه، بیشتر تحت تاثیر لاین بازگردان باروری بود. این نتایج با نتیجه مطالعه غفاری و همکاران (۲۰۱۱) و اورتیس و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد در حالی که فرخی (۲۰۰۳) اثر توأم افزایشی و غیر افزایشی و ماچیکووا و همکاران (Machikowa *et al.*, 2011) اثر غیر افزایشی را برای کنترل وزن هزار دانه اعلام کردند. لاین CMS51 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری مثبت برای صفت وزن هزار دانه بود در عین حال این لاین از ترکیب‌پذیری منفی بالایی برای عملکرد دانه برخوردار بود. در بین بازگردان‌های باروری نیز لاین RN-3 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری مثبت برای وزن هزار دانه بود اما این لاین دارای بیشترین ترکیب‌پذیری منفی برای عملکرد دانه بود.

در مورد صفت قطر طبق نیز اثر دوگانه ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی معنی‌دار شد اما سهم اثر لاین‌های بازگردان باروری در تظاهر این صفت به مراتب بیشتر بود. قطر طبق در

## References

Arshi, Y., Arab, G. H., Soltani, A., Khiavi, M., Taie, A., Rad Davaji, A. M., Faghieh, M. J., Alisharifi, M. A., and Fallahtooosi, A. 1994. Introduction of new hybrids of

- sunflower. Proceedings of the 3th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz University, Tabriz, Iran. Page 204 (in Persian).
- Arshi, Y., and Jafari, H. 1990.** Study of Sunflower. A Publication of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. 37 pp. (in Persian).
- Bajaj, R. K., Aujla, K. K., and Chahal, G. S. 1997.** Combining ability studies in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Crop Improvement 34: 141-146.
- Chigeza, G., Mashingaidze, K., and Shanahan, P. 2014.** Advanced cycle pedigree breeding in sunflower. II: Combining ability for oil yield it's components. Euphytica 195: 183-195.
- Farrokhi, E. 2003.** General combining ability and gene effects of sunflower new restorer lines. Seed and Plant 18: 470-486 (in Persian).
- Fick, G. N. 1987.** Sunflower. In: Rabbelen, G., Downey, R. K., and Ashri, A. D. (eds). Oil Crops of the World. Mc. Grow Hill, New York, USA.
- Gejli, K., Shanker Goud, I., and Boraiah, K. M. 2011.** Studies on the combining ability of dwarf restorer lines in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia 34 (54): 89-98.
- 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 F1 hybrids. Crop Breeding Journal 1 (1): 73-84.
- Hallauer, A. R., and Miranda, J. B. 1988.** Quantitative genetic in maize breeding. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Hladni, N., Miklic, V., Jovic, S., Kraljevic-Balalic, M., and Skoric, D. 2014.** Mode of inheritance and combining ability for plant height and head diameter in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Genetika 46 (1): 159-168.
- Hladni, N., Terzic, S., Miklic, V., Jovic, S., Kraljevic-Balalic, M., and Skoric, D. 2011.** Gene effect, combining ability and heterosis in Sunflower morphophysiological traits. Helia 34 (55): 101-114.
- Hu, J., Seiler, G., and Kolle, C. 2010.** Genetics, Genomics and Breeding of Sunflower. CRC Press, New York, USA.
- Kestloot, J. A., Heursel, A. J., and Oawales, F. M. 1985.** Estimation of heritability and genetic variation in sunflower. Helia 8: 17-20.

- Khan, H., Rahman, H., Ahmad, H., Ali, H., and Alam, M. 2008.** Magnitude of combining ability of sunflower genotypes in different environments. *Pakistan Journal of Botany* 40 (1): 151-160.
- Kinman, M.L. 1970.** New development in USDA and state experiment station sunflower breeding programs. *Proceedings of the 4th International Sunflower Conference, Memphis, USA.* pp. 181-183.
- Laureti, D., and Del Gatto, A. D. 2001.** General and specific combining ability in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia* 24 (34):1-16.
- Leclercq, P. 1969.** The sterile male cytoplasmic chezle tournesoil. *Annales de l'Amelioration des Plantes* 19: 99-106.
- Machikowa, T., Saetang, C., and Funpeng, K. 2011.** General and specific combining ability for quantitative characters in sunflower. *Journal of Agricultural Science* 3(1):75-84.
- Mihaljevic, M. 1988.** Combining ability and heterosis in *Helianthus annuus* (wild). *Proceedings of the 12th International Sunflower Conference, Noisad, Yugoslavia.* pp. 963-968.
- Ortis, L., Nestares, G., Frutos, E., and Machado, N. 2005.** Combining ability analysis for agronomic traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia* 28(43): 125-134.
- Patil, R., Goud, I. S., Kulkarni, V., and Banakar, C. 2012.** Combining ability and gene action studies for seed yield and its components in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding* 3(3): 861-867.
- Putt, E. D. 1966.** Heterosis, combining ability, and predicted synthetics from a diallel cross in sunflower. *Canadian Journal of Plant Science* 46: 50-67.
- Rajanna, M. P., Seethram, A., Virupakshappa, K., and Kamesh, S. 2001.** Heterosis in top-cross hybrids of diverse cytostrile source of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia* 24 (34): 25-34.
- Rezaeizad, A., and Farrokhi, E. 2009.** General and specific combining ability of some sunflower inbred lines and restorers. *Seed and Plant* 24: 83-98 (in Persian).
- Sanchez, D. G., Baldini, M., Charles, D. A., and Vannozzi, G. P. 1999.** Genetic variances and heritability of sunflower traits associated with drought tolerance. *Helia* 22 (31): 23-34.

- Schneider, A. A., and Miller, J. F. 1981.** Description of sunflower growth stage. *Crop Science* 21: 901-903.
- Singh, R. K., and Chaudhary, B. D. 1977.** *Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis*. Kalyani Publisher, New Delhi, Ludhiana, India. 288pp.
- Skoric, D. S., and Mohnar, I. 2000.** General (GCA) and specific (SCA) combining abilities in sunflower. *Proceedings of the 15th sunflower Conference, Toulouse, France*. pp. 23-27.
- Tyagi, A. P. 1988.** Combining ability of yield component and maturity trait in sunflower (*Heliathus annuus* L.). *Proceedings of the 12th international Sunflower Conference, Noisad, Yugoslavia*. pp. 489-493.
- Zhaocheng, X. L., Guizhi, D. W., and Ji, Q. 1987.** Applied the theory of relative heritability to calculate the heterosis of sunflower. *Proceedings of the 12th International Sunflower Conference, Noisad, Yugoslavia*. pp. 484-488.