"مجله علوم زراعی ایران"
جلد بیستم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷

ارزیابی ترکیب‌پذیری و عمل ژن در لاین‌های والدینی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش خشکی

Combining ability and gene action in parental lines of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress conditions

محمد عابدینی اسفهلانی[۱]، رضا فتوت[۲]، مسعود سلطانی نجف‌آبادی[۳] و علیرضا توکلی[۴]

چکیده

عابدینی اسفهلانی، م. ر. فتوت، م. سلطانی نجف آبادی و ع. ر. توکلی. ۱۳۹۷. ارزیابی ترکیب‌پذیری و عمل ژن در لاین‌های والدینی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش خشکی. **مجله علوم زراعی ایران. ۲۰(۱): ۱۵-۱.**

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر شاخص‌های ژنتیکی و ترکیب‌پذیری صفات مهم زراعی آفتابگردان، هشت لاین برگرداننده باروری با سطوح مختلف تحمل به تنش خشکی، با سه لاین نرعقیم به عنوان تستر در سال ۱۳۹۳ تلاقی داده شدند. دورگ‌های حاصله به همراه والدین به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹٤ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بسطام شهرستان شاهرود مورد ارزیابی قرار گرفتند. آبیاری در دو سطح؛ بدون تنش (آبیاری کامل) و تنش خشکی در کرت‌های اصلی و ژنوتیپ‌های آفتابگردان (۲٤ دورگ، ۱۱ والد و یک رقم شاهد) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. صفات گیاهی اندازه‌گیری شده شامل تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بودند. نتایج حاصل از تجزیه لاین × تستر نشان داد که اثر لاین‌ها و تسترها به‌جز قطر طبق در شرایط تنش، از لحاظ سایر صفات در شرایط بدون تنش و تنش معنی‌دار بودند. اثر متقابل لاین × تستر در شرایط بدون تنش بر صفات تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه و در شرایط تنش بر تعداد روز تا رسیدگی و تعداد دانه در بوته، معنی‌دار بود. لاین‌های C122 و C123 و تستر A19 در هر دو شرایط دارای بیشترین مقدار مثبت ترکیب‌پذیری عمومی از لحاظ عملکرد دانه بودند و به‌عنوان والدین مطلوب برای تولید دورگ‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی قابل‌استفاده شناخته شدند. دورگ A19×C122 با عملکرد دانه ۵۲۲٤ کیلوگرم در هکتار و طول دوره رشد ۹۱ روز بیشترین عملکرد دانه را در شرایط بدون تنش داشت. در شرایط تنش دورگ A19×R217 با ۱۸٦۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشته و دورگ A19×C122 در رتبه بعدی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، تجزیه لاین× تستر، دورگ، قطر طبق و وراثت‌پذیری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۵ تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۱/۲۲ این مقاله مستخرج از پایان نامه دکتری نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان
۲- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: staba1349@gmail.com)
۳- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۴- دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

مقدمه

پراکنش، رشد و تولید گیاهان همواره به دلیل وقوع بلایای طبیعی در قالب عوامل مختلف تنش‌زای زنده و غیرزنده محدود می‌شود. هرکدام از این عوامل با تأثیر نامطلوب خود، رشد گیاهان را محدود کرده و مانع بروز پتانسیل ژنتیکی کامل آن‌ها شده و باعث کاهش تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان می‌شوند (Mahajan and Tuteja, 2005). خشکی یکی از شایع‌ترین و مهم‌ترین انواع تنش‌های غیرزنده، بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Turhan and Baser, 2004). کرامر (Kramer, 1983) خشکی را کمبود رطوبت در محیط ریشه تعریف کرده و میزان خسارت خشکی را به نوع گیاه، ظرفیت نگهداری آب خاک و شرایط جوی مؤثر بر میزان تبخیر و تعرق مربوط می‌داند. واکنش یک گیاه به تنش، به ژنوتیپ، شدت و مدت تنش، مرحله رشدی گیاه، شرایط آب و هوایی، بافت و حتی سلول تحت تأثیر تنش بستگی دارد (Robertson and Holland, 2004).

آفتابگردان یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی جهان است که با داشتن سازگاری بالا با تولید روغن با کیفیت عالی می‌تواند بخشی از واردات ۹۰ درصدی روغن‌های خوراکی ایران را تأمین کند. از لحاظ حساسیت به خشکی، آفتابگردان جزء گیاهان با حساسیت کم تا متوسط محسوب می‌شود (Rauf, 2008) که به دامنه وسیعی از شرایط محیطی سازگار بوده و در شرایط خشک و نیمه‌خشک عملکرد قابل قبولی را تولید می‌کند (Tahir *et al.*, 2002). نتایج بررسی داده‌های ۵۰ ساله (۲۰۱۲-۱۹۶۲) در باره اثر خشکسالی بر عملکرد چهار گیاه زراعی گندم زمستانه، ذرت، آفتابگردان و چغندرقند نشان داده که کمترین میزان کاهش در اثر خشکسالی مربوط به گیاه آفتابگردان بوده است (Potopova *et al.*, 2016)؛ با این وجود تحقیقاتی که در دو محیط تنش خشکی و بدون تنش روی ارقام مختلف آفتابگردان انجام شده، مؤید آن است که بیشتر صفات زراعی گیاه آفتابگردان به تنش خشکی واکنش منفی نشان می‌دهند (Canavar *et al.*, 2014). نتایج آزمایش سی‌وسه مرده و همکاران (Siosehmardeh *et al.*, 2011) نشان داد که تنش خشکی (قطع آب یک ماه پس از کشت تا رسیدگی) در آفتابگردان رقم آذرگل باعث کاهش سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، زیست‌توده، تعداد دانه در طبق، شاخص برداشت و عملکرد دانه شد.

آفتابگردان گیاهی دگرگشن است و بنابراین تولید ارقام دورگ از مهم‌ترین راهکارهای تولید ارقام جدید در این گیاه است. تولید ارقام دورگ آفتابگردان به دلیل یکنواختی در صفات زراعی مثل رسیدگی و ارتفاع بوته، عملکرد بالا ناشی از پدیده هتروزیس و مقاومت به خوابیدگی بوته، آفات و بیماری‌ها موفقیت‌آمیز بوده است (Rezaeizad and Zaree Siahbidi, 2015). تولید ارقام و دورگ‌های متحمل به تنش خشکی می‌تواند راه‌حل مناسبی برای کاهش تلفات محصول در اثر تنش خشکی باشد که این موضوع مستلزم شناخت صفات مؤثر در تحمل خشکی و تعیین نحوه توارث آن‌ها است. نخستین گام در تهیه دورگ‌های متحمل به تنش، انتخاب صحیح والدین بر اساس ترکیب‌پذیری و نوع اثرات ژنی صفات مهم و مؤثر در تحمل تنش است (Volotovich *et al.*, 2008). در بیشتر تحقیقات انجام شده، ترکیب‌پذیری‌های عمومی و خصوصی لاین‌ها و دورگ‌های حاصل از آن‌ها برای صفاتی نظیر روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، قطر ساقه، قطر طبق و عملکرد دانه تخمین زده شده است (Rezaeizad and Zaree Siahbidi, 2015; Arefi *et al.*, 2015 Ortis *et al.*, 2005; Göksoy and Turan, 2005). اورتیس و همکاران (Ortis *et al.*, 2005) در آزمایشی ۲۰ لاین اینبرد آفتابگردان را با چهار تستر تلاقی دادند. نتاج نشان داد که میزان روغن، ارتفاع بوته و وزن هزار

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

دانـه، بیشـترین ترکیـب‌پـذیری عمـومی متناسـب بـا لاین‌های اینبـرد و تسـترهـا را داشـتند کـه ایـن موضـوع نشان‌دهنده برتری اثرات افزایشی برای این صفات است. در تجزیـه لایـن× تسـتر آزمـایش گوکسـوی و تـوران (Göksoy and Turan, 2005) واریـانس ناشـی از ترکیب‌پذیری خصوصی برای عملکرد دانه، تعداد دانـه در طبق و ارتفاع بوته بسیار معنی‌دار بود که این موضوع نشان دهنده اثر ژن‌های بـا اثـرات غالبیـت در بـروز ایـن صفات است.

بیشـتر آزمـایش‌هـای مربـوط بـه ترکیـب‌پـذیری و وراثت‌پذیری صفات زراعـی در آفتـابگردان در شـرایط بدون تنش انجام‌شده و اثر تنش خشکی بر شاخص‌هـای ژنتیکی عملکرد و صفات مهم زراعی، کمتر مورد توجه قرارگرفته است. در این پژوهش بـه منظـور بررسـی اثـر تـنش خشـکی بـر شـاخص‌هـای ژنتیکـی صـفات مهـم آفتابگردان، از تعـدادی لایـن اینبـرد کـه از نظـر تحمـل تنش خشکی دامنه متفاوتی داشتند استفاده شد. آزمایش در شرایط بدون تنش و تنش خشکی اجرا شد که نتـایج آن می‌تواند در اصلاح آفتابگردان، به‌ویژه برای شـرایط تنش خشکی، مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بسـطام شهرستان شاهرود (۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شـمالی، ۵۴ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی و ۱۳۶۶ متـر ارتفـاع از سطح دریا) اجرا شد. بر اساس آمار بلندمدت هواشناسی میانگین حداقل، متوسط و حداکثر دمای سالانه منطقه به ترتیب ۸/۷، ۱۴/۷ و ۲۰/۶ درجه سـانتی‌گـراد و متوسـط بارنـدگی سـالیانه بلندمـدت ۱۵۲ میلـی‌متـر اسـت. ایـن ایستگاه در پهنه‌بندی اقلیمـی جـزء اقلـیم‌هـای خشـک و نیمه‌خشک سرد محسوب می‌شود. خـاک ایـن ایسـتگاه لومی، دارای اسیدیته ۷/۹ و هدایت الکتریکی ۱/۴ دسی زیمـنس بـر متـر اسـت. در سـال ۱۳۹۲، تعـداد ۲۰ لایـن اینبرد فرانسوی آفتابگردان دریـافتی از بخـش تحقیقـات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیـه نهـال و بذر در شرایط بدون تنش و تنش خشکی مورد ارزیـابی قرار گرفته و هشت لاین با درجات مختلف تحمل تنش انتخـاب شـدند (جـدول ۱). در سـال ۱۳۹۳ تلاقـی‌هـای ممکن به صورت لاین × تستر بین لاین‌هـای انتخابی بـا سه لاین نرعقیم سیتوپلاسمی انجام شد. در سـال ۱۳۹۴، ۲۴ دورگ حاصله بـه همـراه ۱۱ والـد و دورگ برزگـر به‌عنوان شاهد در یک آزمایش بـه صـورت کـرت‌هـای خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سـه تکـرار مـورد ارزیـابی قـرار گرفتنـد. عامـل آبیـاری در کرت‌های اصـلی در دو سـطح بـدون تـنش (آبیـاری بـر اسـاس ۱۰۰ درصـد نیـاز آبـی) و تـنش خشـکی (قطـع آبیـاری از مرحلـه سـتاره‌ای شـدن) و ۳۶ ژنوتیـپ آفتابگردان در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. دورگ برزگـر از دورگ‌هـای جدیـد داخلـی اسـت کـه طـی یـک آزمـایش دوسـاله در شـرایط بـدون تـنش و تـنش خشکی، نسبت به دورگ‌های دیگر برتری داشـته اسـت (Zareei Siahbidi, 2012). پـس از آمـاده‌سـازی زمـین، کودهای فسـفر (۵۰ کیلـوگرم در هکتـار از منبـع سـوپر فسفات تریپل) و پتاسیم (۸۰ کیلوگرم در هکتار از منبـع سـولفات پتاسـیم) قبـل از کاشـت و کـود نیتـروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره یـک‌سـوم قبـل از کاشـت و بقیـه طـی در دو نوبـت؛ ۸-۶ برگـی و قبـل از مرحله ستاره‌ای شدن به صورت سرک) مصرف شـدند. هر کرت آزمایشی شـامل چهـار خـط کاشـت بـه طـول پـنج متـر، فاصـله ردیـف‌هـا ۶۰ سـانتیمتر و فاصـله دو بوتـه روی ردیـف ۲۵ سـانتیمتر در نظـر گرفتـه شـد. مقدار آب مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزار بهینـه‌سـازی و برنامـه‌ریـزی مصـرف آب کشـاورزی (OPTIWAT) (Alizadeh and Kamali, 2008) مبتنـی بـر روش پـنمن مانتیث فائو برآورد و انـدازه‌گیـری بـا اسـتفاده از کنتـور حجمـی انجـام شـد. آبیـاری بـه روش قطـره‌ای سـطحی با فواصل قطره‌چکان ۲۰ سانتی‌متر و آبدهی ۱/۶ لیتـر در ساعت بوده و آبیاری هر سه روز یـک‌بـار، بـا توجـه بـه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

مقدار برآورد شده، انجام شد. صفات گیاهی اندازه‌گیری شده شامل تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بودند. نمونه‌برداری از هر کرت آزمایشی از دو خط میانی، با حذف دو بوته از ابتدا و انتهای هر خط، انجام شد. تعداد روز از کاشت تا رسیدن ۹۰ درصد از طبق‌های هر کرت به مرحله رسیدگی، به‌عنوان تعداد روز تا رسیدگی در نظر گرفته شد. ارتفاع بوته از محل طوقه تا زیر طبق روی پنج بوته اندازه‌گیری شد. در زمان رسیدگی، قطر پنج طبق از هر کرت اندازه‌گیری شد. با توجه به اینکه در لاین A19 بوته‌هایی با چند طبق مشاهده شدند، به منظور یکنواختی مقایسه بین لاین‌ها و دورگ‌ها، بجای محاسبه تعداد دانه در طبق از تعداد دانه در بوته استفاده شد. تجزیه لاین × تستر به روش کمپتورن (Kempthorne, 1957) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با در نظر گرفتن ثابت بودن لاین‌ها انجام شد. به دلیل استفاده از لاین‌های خالص، برای محاسبه اجزای واریانس ژنتیکی از ضریب خویش‌آمیزی یک (F=۱) استفاده شد. برآورد شاخص‌های ژنتیکی، ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین و دورگ‌های حاصل و آزمون آن‌ها، با استفاده از روابط ارائه شده توسط سینگ و چوداری (Singh and Chaudhary, 2007) انجام گرفت. برای تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای EXCEL و SPSS استفاده شد.

جدول ۱- منشأ و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) لاین‌های آفتابگردان در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی (۱۳۹۲)

Table 1. Origin and seed yield (kg.ha^{-1}) of sunflower lines in normal and drought stress treatments (2013)

ردیف No.	کد Code	منشأ Origin	بدون تنش Normal	تنش Stress
1	R217	SPII*	2816	1309
2	C41	INRA**	516	256
3	C111	INRA	2147	1335
4	C122	INRA	1493	978
5	C123	INRA	1736	224
6	C148	INRA	2371	1143
7	LR32	INRA	1706	579
8	LR59	INRA	1391	866

* موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
** موسسه اینرا، فرانسه

*Seed and Plant Improvement Institute, Iran
** Institute National de la Recherché Agronomique, France

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای ۳۶ ژنوتیپ آفتابگردان نشان داد که اثر تنش و ژنوتیپ برای کلیه صفات معنی‌دار بود. اثر متقابل تنش× ژنوتیپ نیز برای کلیه صفات، به غیر از قطر طبق، معنی‌دار بود. قطر طبق از اجزای عملکرد در آفتابگردان بوده و گزارش شده است که تنش خشکی تأثیر زیادی بر قطر طبق در آفتابگردان دارد و پکان و همکاران (Pekcan *et al*., 2016) قطر طبق را به عنوان یک شاخص برای گزینش در شرایط تنش معرفی کردند. با این حال اثر متقابل تنش خشکی× ژنوتیپ بر قطر طبق در آزمایش طاهر و همکاران (Tahir *et al*., 2002) و عارفی و همکاران (Arefi *et al*., 2015) معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین صفات نشان داد که در شرایط بدون تنش، دورگ A19×C122 با ۵۲۲۴ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را داشت و در رتبه بعدی دورگ A19×C123 قرار گرفت. عملکرد این دورگ‌ها نسبت به رقم شاهد برتر بود. دورگ A19×C122 از لحاظ

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات گیاهی دورگ‌های آفتابگردان در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی

Table 2. Mean comparison of plant characteristics of sunflower hybrids in normal and drought stress treatments

دورگ‌های آفتابگردان Sunflower hybrids	روز تا رسیدگی Days to maturity		ارتفاع Plant height (cm)		قطر طبق Head diameter (cm)		دانه در بوته Seed.plant^{-1}		وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)		عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	
	بدون تنش Normal	تنش Stress	بدون تنش Normal	تنش Stress	بدون تنش Normal	تنش Stress	بدون تنش Normal	تنش Stress	بدون تنش Normal	تنش Stress	بدون تنش Normal	تنش Stress
A112×R217	88.3**	83.7**	187.7	135.7	14.6	11.0	1090	634	53.8*	34.3**	3817	1182*
A112×C41	90.7	87.7*	177.7	120.3	16.5	11.2	1385**	505	51.9**	36.9**	4670	1024**
A112×C111	86.7**	84.3**	186.3	136.0	16.8	11.5	1392**	947*	46.6**	31.9**	4259	1607
A112×C122	86.7**	83.3**	187.7	135.7	15.9	11.4	1221	698	52.0**	34.2**	4149	1314
A112×C123	86.0**	85.0**	185.7	129.0	16.4	11.8	1374**	617	50.0**	38.9**	4465	1311
A112×C148	89.3*	85.7**	175.7	133.0	16.7	11.9	1252	564	52.2*	36.6**	4252	1159*
A112×LR32	89.7	88.7	200.3	147.7	14.8	11.5	1053	506	55.4	42.1**	3793	1170*
A112×LR59	88.3**	88.0*	201.7	144.7	15.3	10.8	1068	432**	56.6	43.5**	3922	1030**
A19×R217	90.3	86.7**	199.0	152.7	15.3	11.7	1131	775	58.4	43.1**	4322	1869
A19×C41	92.7	90.3	192.0	140.0	16.2	11.9	989	694	56.7	41.4**	3644*	1579
A19×C111	91.0	89.7	223.4**	156.7*	17.7	12.8	1168	791	58.2	38.5**	4400	1673
A19×C122	91.0	85.0**	198.0	148.0	19.5**	12.2	1362**	869	59.0	36.7**	5224*	1735
A19×C123	89.3*	87.0**	200.0	138.3	17.3	10.6	1295*	797	60.5	37.4**	5071*	1635
A19×C148	91.0	87.7*	202.7	146.3	16.9	12.5	1270	769	56.4	40.4**	4670	1726
A19×LR32	95.0**	94.3**	233.7**	159.0*	15.7	11.5	900	621	68.3	45.2**	3998	1534
A19×LR59	96.0**	95.0**	235.0**	157.3*	17.1	10.9	1012	566	66.4	41.9**	4405	1303
A196×R217	85.0**	82.0**	170.7	126.7	15.1	10.4	1167	628	51.5**	51.5**	3891	1168*
A196×C41	88.0**	85.3**	168.3	126.0	17.1	12.2	1324*	639	54.2*	54.2*	4766	1381
A196×C111	87.3**	82.0**	167.0	123.0	16.7	10.6	1040	504	49.1**	49.1**	3370**	945**
A196×C122	85.0**	82.7**	170.0	128.3	15.9	12.5	1368**	641	46.4**	46.4**	4126	1235
A196×C123	85.3**	83.3**	159.7**	124.3	15.3	11.5	1324*	697	45.8**	45.8**	3935	1325
A196×C148	87.3**	83.3**	176.3	128.0	17.1	11.6	1265	664	52.6*	52.6*	4394	1260
A196×LR32	89.7	87.3**	189.0	139.7	15.9	12.1	866*	468*	60.1	60.1	3330**	1121*
A196×LR59	88.7*	88.0*	177.0	129.0	14.6	11.1	683**	462*	57.5	57.5	2593**	932**
Barzghar	91.7	90.7	185.7	137.0	15.9	11.2	1089	697	61.9	61.9	4379	1632

* و**: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد نسبت به رقم برزگر (شاهد) (براساس آزمون LSD)

* and **: Significant at 5 and 1% probability levels, respectively, compared to the Barzghar cultivar (Control), using LSD Test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

تعداد روز تا رسیدگی (۹۱ روز) جزء دورگ‌های متوسط رس بوده و از نظر قطر طبق (۱۹/۵ سانتی‌متر) بیشترین قطر طبق را داشت. در شرایط تنش دورگ A19×R217 با ۱۸۶۸ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را داشت و دورگ A19×C122 با عملکرد ۱۷۳۵ کیلوگرم در هکتار در رتبه بعدی بود (جدول ۲).

به منظور برآورد شاخص‌های ژنتیکی و ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌های مورد استفاده در شرایط بدون تنش و تنش، از تجزیه لاین × تستر به صورت جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. نتایج نشان داد که اثر تلاقی‌ها در هر دو شرایط، به جز قطر طبق در شرایط تنش، معنی‌دار بود (جدول ۳)، بنابراین شرایط لازم برای انجام تجزیه لاین × تستر و تجزیه اثر تلاقی‌ها به اجزای آن و بررسی اثرات ژنی برای صفات در دو شرایط آبیاری وجود داشت. اثر لاین‌ها در شرایط بدون تنش از نظر تمام صفات مورد بررسی و در شرایط تنش از نظر چهار صفت روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه معنی‌دار بود. بین تسترها نیز به‌جز قطر طبق در شرایط تنش، از نظر کلیه صفات در هر دو شرایط، اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اثر متقابل لاین × تستر در شرایط بدون تنش در مورد صفات تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه و در شرایط تنش از لحاظ روز تا رسیدگی و اعداد دانه در بوته، معنی‌دار بود که نشان دهنده واکنش متفاوت لاین‌ها در ترکیب با تسترهای مختلف از لحاظ این صفات است.

برای تعیین این‌که کدام اثر ژنی (افزایشی یا غیر افزایشی) در کنترل صفات نقش مهم‌تری دارد، از نسبت واریانس ترکیب‌پذیری عمومی به واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی ($\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$) استفاده شد (Choukan, 2008). صفاتی که این نسبت در آن‌ها کمتر از یک برآورد می‌شود، نشان دهنده نقش بیشتر واریانس غالبیت نسبت به واریانس افزایشی است و می‌توان از روش دورگ‌گیری برای اصلاح این صفات استفاده کرد. در صفاتی که این نسبت بیشتر از یک است، نقش واریانس افزایشی نسبت به واریانس غالبیت بیشتر است و باید از گزینش مستقیم برای به‌نژادی آن صفت استفاده کرد. اختلاف در نتایج اثرات ژنی (افزایشی یا غیر افزایشی) صفات در آزمایش‌های مختلف می‌تواند ناشی از روش مورد استفاده، تفاوت در مواد آزمایشی و یا استفاده از شاخص‌های مختلف برای برآورد عمل ژنی باشد.

برآورد شاخص‌های ژنتیکی صفت روز تا رسیدگی (جدول ۳) نشان داد که نسبت $\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$ در دو تیمار آبیاری حدود یک بود؛ بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که هر دو اثرات افزایشی و غیر افزایشی به یک میزان در کنترل این صفت نقش دارند. در آزمایش ممون و همکاران (Memon *et al.,* 2015) و رضایی‌زاد و زارعی سیاه‌بیدی (Rezaeizad and Zaree Siahbidi, 2015) نیز هر دو اثرات افزایشی و غیر افزایشی در کنترل صفت تعداد روز تا رسیدگی نقش داشتند که نتایج آزمایش حاضر با یافته‌های آنان مطابقت دارد. وراثت‌پذیری عمومی برای این صفت در دو شرایط بدون تنش و تنش به ترتیب ۶۷/۷ و ۷۸//۳ درصد برآورد شد. به‌طور کلی صفات فنولوژیک مرتبط با طول دوره رویش از وراثت‌پذیری نسبتاً بالایی برخوردار هستند (Rauf *et al*., 2016). محاسبه سهم هر کدام از اجزای واریانس نشان داد که سهم لاین‌ها و تسترها در مورد صفت روز تا رسیدگی خیلی بیشتر از سهم لاین× تستر بود. در آزمایش غفاری و همکاران (Ghaffari *et al*., 2011) و رضایی‌زاد و زارعی سیاه‌بیدی (Rezaeizad and Zaree Siahbidi, 2015) سهم لاین‌های برگرداننده باروری در تبیین واریانس تعداد روز تا رسیدگی، بیشتر از لاین‌های نرعقیم و اثر متقابل بود.

از لحاظ صفت ارتفاع بوته، نسبت $\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$ در شرایط بدون تنش بزرگ‌تر از یک برآورد شد که نشان دهنده نقش بیشتر اثرات افزایشی در کنترل این صفت است. اورتیس و همکاران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

(Ortis *et al.*, 2005) و رضایی‌زاد و زارعی سیاه‌بیدی (Rezaeizad and Zaree Siahbidi, 2015) نیز اثر افزایشی را به‌عنوان اثر اصلی کنترل‌کننده ارتفاع بوته در شرایط آبیاری کامل (بدون تنش) گزارش کردند. گزارش مبنی بر کنترل ارتفاع بوته توسط اثرات غیر افزایشی و فوق غالبیت نیز وجود دارد (Memon *et al.*, 2015). در هر دو تیمار آبی سهم تسترها نسبت به لاین‌ها و اثرات متقابل، از کل واریانس به‌مراتب بیشتر بوده است.

اثر تلاقی‌ها بر صفت قطر طبق در شرایط تنش معنی‌دار نبود. در شرایط بدون تنش نیز با وجود معنی‌دار بودن اثرات لاین و تستر، وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی خیلی پایین برآورد شد (جدول ۳). این موضوع نشان می‌دهد که نقش واریانس ژنتیکی و اجزای آن در تنوع موجود پایین بوده است. بر اساس نظر فیک (Fick, 1978)، قطر طبق در مقایسه با سایر صفات زراعی مرتبط با عملکرد دانه در آفتابگردان، بیشتر تحت تأثیر شرایط محیطی و به‌ویژه تراکم بوته و طول دوره رشد قرار می‌گیرد و نقش اثر ژنتیکی در آن کمتر است.

میانگین مربعات لاین، تستر و لاین × تستر صفت تعداد دانه در بوته، در هر دو تیمار آبیاری معنی‌دار بود (جدول ۳). در هر دو تیمار بدون تنش و تنش نسبت $\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$ کمتر از یک برآورد شد، بنابراین نقش اثرات غیر افزایشی در کنترل این صفت بیشتر از اثرات افزایشی است. برآوردهای بزرگ‌تر از یک برای درجه غالبیت در هر دو شرایط نشان دهنده اثرات فوق غالبیت است. غفاری و همکاران (Ghaffari *et al.*, 2011) و ممون و همکاران (Memon *et al.*, 2015) نیز وجود اثرات افزایشی و غالبیت را در کنترل این صفت گزارش کردند. پورمحمد (Pourmohammad *et al.*, 2014) در آزمایشی در شرایط بدون تنش و تنش شدید به ترتیب اثرات افزایشی و غیر افزایشی را برای کنترل صفت دانه در بوته گزارش کردند و خانی و همکاران (Khani *et al.*, 2005) در هر دو شرایط بدون تنش و تنش اثرات افزایشی را معنی‌دار گزارش کردند. وراثت‌پذیری عمومی این صفت در هر دو شرایط آبیاری نسبتاً بالا (به ترتیب ۷۱/۵ و ۵۶/۶ درصد) برآورد شد. نتایج نشان داد که سهم لاین‌های برگرداننده باروری در کنترل این صفت در هر دو شرایط بالاتر از دو جزء دیگر واریانس بوده است (جدول ۳).

معنی‌دار بودن میانگین مربعات لاین و تستر در هر دو تیمار آبیاری در مورد وزن هزار دانه (جدول ۳)، اهمیت اثرات افزایشی را در کنترل این صفت نشان می‌دهد. این موضوع با نتایج رضایی زاد و زارعی سیاه‌بیدی (Rezaeizad and Zaree Siahbidi, 2015) مطابقت دارد. غفاری و همکاران (Ghaffari *et al.*, 2011) و ممون و همکاران (Memon *et al.*, 2015) نقش اثرات افزایشی و غالبیت و ماچیکووا و همکاران (Machikowa *al al.*, 2011) اثرات غیر افزایشی را برای این صفت گزارش کردند. خانی و همکاران (Khani *et al.*, 2005) در شرایط بدون تنش، نقش اثرات غیر افزایشی را در کنترل این صفت بیشتر از اثرات افزایشی گزارش کردند. بر اساس نتایج آزمایش حاضر، وراثت‌پذیری عمومی برای این صفت در هر دو تیمار آبیاری پایین بود (جدول ۳).

از لحاظ عملکرد دانه در شرایط بدون تنش، میانگین مربعات لاین، تستر و لاین × تستر و در شرایط تنش فقط اثر تستر معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به مقدار کمتر از یک نسبت $\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$، می‌توان استنباط کرد که در شرایط بدون تنش، اثرات غالبیت ژن‌ها نقش بیشتری در کنترل و بیان عملکرد دانه داشته باشد، درحالی‌که در شرایط تنش، اثرات افزایشی در کنترل این صفت بیشترین نقش را داشت. درجه غالبیت در شرایط بدون تنش بزرگ‌تر از یک برآورد شد، بنابراین برای این صفت اثرات فوق غالبیت ژن‌ها در نظر گرفته می‌شود. وجود اثرات غالبیت در کنترل این صفت در شرایط بدون تنش با سایر گزارش‌ها مطابقت دارد (Arefi *et al.*, 2015; Ghaffari *et al.*, 2011; Karasu *et al.*, 2010; Memon *et al.*, 2015; Rezaeizad

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

and Zaree Siahbidi, 2015). در آزمایش پورمحمد و همکاران (Pourmohammad *et al.*, 2014) در شرایط بدون تنش، اثرات افزایشی ژن‌ها بیشترین نقش را در تبیین عملکرد داشت، در صورتی که در شرایط تنش شدید، اثرات غالبیت نقش بیشتری داشت. تغییر اثرات ژنی از غالبیت در شرایط بدون تنش به افزایشی در شرایط تنش، نشان دهنده این است که در شرایط متفاوت رطوبتی باید از روش‌های مختلف اصلاحی برای بهبود عملکرد دانه استفاده کرد و با توجه به سهم بیشتر اثرات غالبیت ژن‌ها در کنترل عملکرد دانه، استفاده از روش‌های مبتنی بر دورگ‌گیری و تولید ارقام دورگ با استفاده از والدین مناسب، در شرایط بدون تنش توجیه‌پذیر است.

گزارش شده است که در شرایط آبیاری کامل، دورگ‌های متوسط رس و دیررس آفتابگردان به دلیل طولانی‌تر بودن دوره رشد و بهره‌برداری از شرایط محیطی، عملکرد دانه بالاتری را تولید می‌کنند، ولی در شرایط کمبود رطوبت، دورگ‌های زودرس به دلیل تطابق بهتر مراحل فنولوژیک گیاه و تحمل بیشتر به کم‌آبی، با کاهش عملکرد کمتری مواجه شده و عملکرد دانه آنها در مناطق کم آب با فصل رشد کوتاه،

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات گیاهی لاین × تستر ژنوتیپ‌های آفتابگردان در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی

Table 3. Analysis of variance of plant characteristics for line × tester sunflower hybrids in normal and drought stress treatments

منابع تغییر Sources of variation		درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares: روز تا رسیدگی Days to maturity – بدون تنش Normal	روز تا رسیدگی – تنش Stress	ارتفاع بوته Plant height – بدون تنش Normal	ارتفاع بوته – تنش Stress	قطر طبق Head diameter – بدون تنش Normal	قطر طبق – تنش Stress
Replication	تکرار	2	176.07**	126.98**	155.10ns	1763.28**	40.59**	24.08**
Genotypes	ژنوتیپ	34	22.59**	36.91**	2541.16**	847.93**	3.60*	2.18**
Parents (P)	والدین	10	19.82**	39.02**	978.87**	791.80**	1.81 ns	4.47**
P vs. C	والدین در مقابل تلاقی‌ها	1	3.40 ns	37.53**	49158.21**	11664.43**	16.99**	0.03 ns
Crosses (C)	تلاقی‌ها	23	24.62**	35.97**	1193.59**	402.05**	3.80*	1.28 ns
Lines (L)	لاین	7	26.04**	60.79**	998.94**	377.90**	5.58*	1.55 ns
Testers (T)	تستر	2	164.22**	171.79**	8864.51**	2926.68**	8.82*	0.88 ns
L×T	لاین × تستر	14	3.97 ns	4.16 *	195.07 ns	53.46 ns	2.19 ns	1.20 ns
Error	خطا	68	2.20	1.85	152.14	123.09	1.96	1.00
σ^2_A	واریانس افزایشی	-	0.95	1.47	45.98	16.05	0.07	-
σ^2_D	واریانس غالبیت	-	0.59	0.77	14.31	0.00	0.08	-
σ^2_E	واریانس محیطی	-	0.73	0.62	50.71	41.03	0.65	-
σ^2_{GCA}	واریانس ترکیب‌پذیری عمومی	-	0.47	0.73	22.99	8.02	0.04	-
σ^2_{SCA}	واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی	-	0.59	0.77	14.31	0.00	0.08	-
$\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$		-	0.81	0.95	1.61	0.00	0.47	-
σ^2_A/σ^2_D	درجه غالبیت	-	1.11	1.02	0.79	0.00	1.46	-
h^2_b	وراثت‌پذیری عمومی	-	67.7	78.3	54.3	28.1	19.9	-
h^2_n	وراثت‌پذیری خصوصی	-	41.8	51.4	41.4	28.1	9.2	-
C. L	سهم لاین‌ها	-	32.2	51.4	25.5	28.6	44.7	36.9
C. T	سهم تسترها	-	58.0	41.5	64.6	63.3	20.2	6.0
C. L×T	سهم لاین × تستر	-	9.8	7.1	9.9	8.1	35.1	57.1

σ^2_A: Additive genetic variance, σ^2_D: Dominance genetic variance, σ^2_{GCA}: General combining ability variance, σ^2_{SCA}: Specific combining ability variance, σ^2_A/σ^2_D: Average degree of dominance h^2_b: Broad sense heritability, h^2_n: Narrow sense heritability, C. L: Contribution of lines, C. T: Contribution of testers C. L×T: Contribution of line×testers

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Not significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

جدول ۳- ادامه

Table 3. Continue

منابع تغییر Sources of variation		درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares: دانه در بوته Seed.plant^{-1} بدون تنش Notmal	دانه در بوته Seed.plant^{-1} تنش Stress	وزن هزار دانه 1000 seed weight بدون تنش Normal	وزن هزار دانه 1000 seed weight تنش Stress	عملکرد دانه Seed yield بدون تنش Normal	عملکرد دانه Seed yield تنش Stress
Replication	تکرار	2	128581**	97075**	393.26**	170.68**	7671669**	855269**
Genotypes	ژنوتیپ	34	167601**	103009**	132.63**	55.21**	2366543**	414244**
Parents (P)	والدین	10	109615**	164304**	150.07**	85.65**	1169395**	631972**
P vs. C	والدین در مقابل تلاقی‌ها	1	2162332**	631080**	753.98**	3.05 ns	45818689**	2800489**
Crosses (C)	تلاقی‌ها	23	106085**	53399**	98.04**	44.24**	997818**	215830**
Lines (L)	لاین	7	228253**	80562**	124.46**	78.24**	1107066**	119997 ns
Testers (T)	تستر	2	71505*	148981**	547.14**	123.65**	2672145**	1525610**
L × T	لاین × تستر	14	49941**	26163*	20.67 ns	15.90 ns	704004**	76634 ns
Error	خطا	68	16415	12980	25.10	17.19	293440	74909
σ^2_A	واریانس افزایشی	-	2585.19	1254.11	3.56	1.31	13529	6409
σ^2_D	واریانس غالبیت	-	11175.58	4394.47	0.00	0.00	136855	757
σ^2_E	واریانس محیطی	-	5471.67	4326.67	8.37	5.73	97813	24969
σ^2_{GCA}	واریانس ترکیب‌پذیری عمومی	-	1292.60	627.06	1.78	0.65	6764	3205
σ^2_{SCA}	واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی	-	11175.58	4394.47	0.00	0.00	136855	575
$\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$		-	0.12	0.14	0.00	0.00	0.05	5.57
σ^2_A/σ^2_D	درجه غالبیت	-	2.94	2.65	0.00	0.00	4.50	0.42
h^2_b	وراثت‌پذیری عمومی	-	71.5	56.6	29.9	18.5	60.6	21.9
h^2_n	وراثت‌پذیری خصوصی	-	13.4	12.6	29.9	18.5	5.5	20.1
C. L	سهم لاین‌ها	-	65.5	45.9	38.6	53.8	33.8	16.9
C. T	سهم تسترها	-	5.9	24.3	48.5	24.3	23.3	61.5
C. L×T	سهم لاین × تستر	-	28.6	29.8	12.8	21.9	42.9	21.6

σ^2_A: Additive genetic variance, σ^2_D: Dominance genetic variance, σ^2_{GCA}: General combining ability variance, σ^2_{SCA}: Specific combining ability variance, σ^2_A/σ^2_D: Average degree of dominance h^2_b: Broad sense heritability, h^2_n: Narrow sense heritability, C. L: Contribution of lines, C. T: Contribution of testers C. L×T: Contribution of line×testers

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Not significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively

بیشتر است (Angadi and Entz, 2002). لاین‌های R217، C122 و C123 در هر دو تیمار بدون تنش و تنش خشکی برای طول دوره رشد دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی بودند (جدول ۴) و بنابراین می‌توان از آنها به‌عنوان والدین برای تولید دورگ‌های زودرس استفاده کرد. در مورد تسترها، ژنوتیپ‌های A112 و A196 دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی بودند، درحالی‌که لاین‌های LR32 و LR59 و تستر A19 دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت بودند و باعث دیررسی دورگ‌ها شدند. ترکیب‌پذیری عمومی مثبت تستر A19 در آزمایش رضایی‌زاد و زارعی سیاه‌بیدی (Rezaeizad and Zaree Siahbidi, 2015) نیز گزارش شده است.

امروزه تولید دورگ‌های آفتابگردان با ارتفاع بوته کوتاه برای کشت در نظام‌های متراکم و کشت دوم، یکی از اهداف به‌نژادی آفتابگردان محسوب می‌شود (Rezaeizad and Zaree Siahbidi, 2015). با توجه به اینکه با کاهش ارتفاع بوته، مقاومت گیاه به خوابیدگی افزایش یافته و برای برداشت ماشینی نیز مطلوب‌تر است، بنابراین مقادیر منفی ترکیب‌پذیری عمومی برای صفت ارتفاع بوته در شرایط بدون تنش مطلوب است، درحالی‌که در شرایط تنش مقادیر مثبت مطلوبیت دارد (Pourmohammad *et al.,* 2014). ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها (جدول ۴) نشان داد که لاین C41 و تستر A196 دارای بهترین ترکیب‌پذیری از نظر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

ارتفاع بوته در شرایط بدون تنش بود، ولی در شرایط تنش لاین LR32 و تستر A19 که دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت بودند، به‌عنوان والدین مناسب از نظر این صفت شناخته شدند. در آزمایش رضایی‌زاد و زارعی سیاه‌بیدی (Rezaeizad and Zaree Siahbidi, 2015) نیز ترکیب‌پذیری عمومی مثبت ارتفاع بوته و پابلندی دورگ‌های تستر A19 گزارش شده است.

قطر طبق از صفات مؤثر بر عملکرد دانه در آفتابگردان محسوب می‌شود. افزایش قطر طبق از طریق افزایش تعداد دانه در طبق، باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. گوکسوی و همکاران (Göksoy *et al.,* 2004) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش قطر طبق در آفتابگردان می‌شود. در هر دو شرایط بدون تنش و تنش، لاین C122 و تستر A19 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری مثبت برای صفت قطر طبق بودند (جدول ۴) و به‌عنوان والدین مناسب دورگ گیری جهت افزایش این صفت قابل استفاده هستند.

تنش خشکی در مرحله گلدهی باعث عدم تشکیل دانه گرده و یا عقیم شدن آن‌ها شده و در نتیجه کاهش تعداد دانه در بوته می‌شود (Göksoy *et al.,* 2004)، بنابراین مقادیر مثبت ترکیب‌پذیری صفت تعداد دانه در بوته مطلوب است. در شرایط بدون تنش لاین‌های C123 و C122 و تستر A112 بیشترین میزان مثبت ترکیب‌پذیری عمومی را برای این صفت دارا بودند، درحالی‌که ترکیب‌پذیری عمومی بالا و مثبت در شرایط تنش، در لاین‌های C111 و C122 و تستر A19 مشاهده شد (جدول ۴). از نظر وزن هزار دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش، لاین های LR32 و LR59 و تستر A19 دارای بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت بودند (جدول ۴).

لاین‌های C122 و C123 و تستر A19 در هر دو تیمار بدون تنش و تنش دارای ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری برای صفت عملکرد دانه بودند و به عنوان والدین مناسب برای تولید دورگ‌های با عملکرد قابل قبول در برنامه‌های اصلاحی شناخته شدند. تعدادی از لاین‌ها مانند R217 و C111 از لحاظ ترکیب‌پذیری عمومی عملکرد دانه در دو تیمار آبیاری متفاوت بودند. دو لاین اخیر در شرایط بدون تنش ترکیب‌پذیری عمومی منفی و در شرایط تنش ترکیب‌پذیری عمومی مثبت داشتند (جدول ۴). این موضوع ضرورت شناسایی و معرفی لاین‌های جدید برای بهبود صفات مهم گیاهی در شرایط مختلف محیطی را نشان می‌دهد.

از لحاظ بیشتر صفات مورد بررسی، ترکیب‌پذیری عمومی مثبت لاین نرعقیم A19 احراز شد. این لاین والد مادری دورگ‌های ایرانی آذرگل و برزگر بوده و ترکیب‌پذیری عمومی مثبت آن در آزمایش‌های متعددی گزارش شده است (Arefi *et al*., 2015; Khani *et al*., 2005; Rezaeizad and Zaree Siahbidi, 2015)، البته مقادیر مثبت ترکیب‌پذیری عمومی این لاین از لحاظ دو صفت روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته از نقاط ضعف آن به شمار می‌رود که باعث دیررسی و پابلندی دورگ‌های حاصله می‌شود، اما باید در نظر داشت که تجمیع کلیه صفات مطلوب در یک لاین یا رقم بسیار مشکل است (Hladni *et al*., 2014). لاین C122 نیز در بین لاین‌های برگرداننده باروری از لحاظ زمان رسیدگی، قطر طبق، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه در هر دو تیمار آبیاری به عنوان ترکیب‌شونده مطلوب شناخته شد.

نتایج مربوط به قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی نتاج دورگ برای صفات مختلف گیاهی در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی در جدول ۵ ارائه شده است. از لحاظ تعداد روز تا رسیدگی در شرایط بدون تنش دورگ A112×LR59 و در شرایط تنش دورگ‌های A112×LR59 و A19×C122 دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مطلوب بودند. از نظر صفت تعداد دانه در بوته، فقط دورگ A112×C111 در شرایط تنش به‌عنوان بهترین دورگ از نظر ترکیب‌پذیری خصوصی شناخته شد. برآورد و آزمون ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها از نظر عملکرد دانه نشان داد که دورگ

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

جدول ۴- ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترهای آفتابگردان در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی

Table 4. General combining ability of lines and testers of sunflower in normal and drought stress treatments

	روز تا رسیدگی Days to maturity		ارتفاع Plant height		قطر طبق Head diameter		دانه در بوته Seed.plant^{-1}		وزن هزار دانه 1000 seed weight		عملکرد دانه Seed yield	
لاین/تستر Lines/testers	بدون تنش Normal	تنش Stress	بدون تنش Normal	تنش Stress	بدون تنش Normal	تنش Stress	بدون تنش Normal	تنش Stress	بدون تنش Normal	تنش Stress	بدون تنش Normal	تنش Stress
R217	-1.21**	-2.39**	-4.41	0.61	-1.25**	-0.51	-37.64	33.84	-0.43	-1.10	-134.2	63.59
C41	1.35**	1.28**	-10.85**	-8.94*	0.33	0.21	66.00	-32.51	-0.70	1.08	215.68	-14.61
C111	-0.76	-1.17*	2.07	0.83	0.80	0.08	33.60	101.87**	-3.67*	-3.39*	-134.92	66.00
C122	-1.54**	-2.83**	-4.96	-0.39	0.84	0.50	150.54**	90.58*	-2.50	-2.60	355.43	85.79
C123	-2.21**	-1.39**	-8.41*	-7.17	0.06	-0.24	164.46**	58.23	-2.92	-1.33	345.43	81.48
C148	0.12	-0.94*	-5.30	-1.94	0.60	0.45	95.53*	20.24	-1.24	-0.83	294.53	39.21
LR32	2.35**	3.61**	17.48**	11.06**	-0.78	0.12	-227.11**	-113.59**	6.28**	5.58**	-437.34*	-67.14
LR59	1.90	3.83**	14.37**	5.94	-0.60	-0.62	-245.38**	-158.66**	5.19**	2.59	-504.62**	-254.31**
SE(GCA)	0.49	0.45	4.11	3.70	0.47	0.33	42.71	37.98	1.67	1.38	180.57	91.23
A112	-0.89*	-0.71*	-2.35	-2.47	-0.40	-0.17	62.68*	-32.42	-2.68**	-0.74	21.49	-117.90*
A19	2.94**	2.96**	20.29**	12.07**	0.70*	0.21	-25.62	89.83**	5.15**	2.55**	322.41**	289.48**
A196	-2.06**	-2.25**	-17.93**	-9.60**	-0.29	-0.04	-37.06	-57.41*	-2.84**	-1.81*	-343.90**	-171.58**
SE(GCA)	0.30	0.28	2.52	2.26	0.29	0.20	26.15	23.25	1.02	0.85	110.57	55.87

*,** : Significant at 5 and 1% probability levels, respectively

*و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

جدول ۵- ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌های آفتابگردان در تیمارهای بدون تنش و تنش خشکی

Table 5. Specific combining ability of sunflower hybrids in normal and drought stress treatments

دورگ‌های آفتابگردان Sunflower hybrid	روز تا رسیدگی Days to maturity		تعداد دانه در بوته Seed.plant^{-1}		عملکرد دانه Seed yield	
	بدون تنش Normal	تنش Stress	بدون تنش Normal	تنش Stress	بدون تنش Normal	تنش Stress
A112×R217	1.33	0.26	-105.15	-12.85	-214.48	-106.52
A112×C41	1.11	0.60	89.37	-74.97	288.28	-185.99
A112×C111	-0.78	-0.29	128.89	232.18**	228.38	316.50*
A112×C122	0.00	0.38	-158.59*	-5.33	-372.21	3.94
A112×C123	0.00	0.60	-19.95	-54.64	-46.61	5.02
A112×C148	1.00	0.82	-73.15	-64.82	-208.21	-105.01
A112×LR32	-0.89	-0.74	51.00	6.21	64.47	12.71
A112×LR59	-1.78*	-1.63*	84.56	-21.78	260.38	59.34
A19×R217	-0.50	-0.40	27.48	6.44	-10.57	173.40
A19×C41	-0.72	-0.40	-217.59	-8.38	-1038.25**	-38.40
A19×C111	-0.28	1.38	-6.19	-46.49	67.79	-24.88
A19×C122	0.50	-1.63*	70.90	42.96	402.10	17.80
A19×C123	-0.50	-1.07	-10.29	3.32	258.17	-77.89
A19×C148	-1.17	-0.85	3.15	13.14	-91.00	55.05
A19×LR32	0.61	1.26	-14.27	-0.20	-31.12	-30.50
A19×LR59	2.06	1.71*	116.79	-10.79	442.89	-74.60
A196×R217	-0.83	.014	74.67	6.41	225.04	-66.88
A196×C41	-0.39	-0.19	128.20	83.35	749.97*	224.39
A196×C111	1.06	-1.08	-122.70	-185.69**	-296.17	-291.63
A196×C122	-0.50	1.25	87.69	-37.64	-29.89	-21.75
A196×C123	0.50	0.47	30.23	51.32	-211.56	72.86
A196×C148	0.17	0.03	40.00	55.68	299.21	49.96
A196×LR32	0.28	-0.53	-36.72	-6.00	-33.34	17.79
A196×LR59	-0.28	-0.08	-201.36**	32.58	-703.27*	15.25
SE(SCA)	0.857	0.786	73.971	65.776	312.752	158.018

*,**: Significant at 5 and 1% probability levels, respectively

*و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

A196×C41 در شرایط بدون تنش و دورگ A112×C111 در شرایط تنش دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت معنی‌داری بودند و به‌عنوان بهترین دورگ‌ها از نظر ترکیب‌پذیری خصوصی شناخته شدند.

با توجه به ترکیب‌پذیری عمومی مثبت لاین‌های برگداننده باروری C122 و C123 و تستر نرعقیم A19 از لحاظ عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی و نیز میانگین عملکرد مطلوب ترکیبات حاصل از آن‌ها، به خصوص دورگ A19×C122، لازم است این دورگ‌ها در آزمایش‌های تکمیلی مورد ارزیابی دقیق‌تر قرار گیرند. بعلاوه با توجه به ترکیب‌پذیری عمومی مثبت لاین نرعقیم A19 در دو تیمار بدون تنش و تنش خشکی، استفاده از این لاین در تولید دورگ‌های جدید آفتابگردان، به خصوص برای شرایط تنش خشکی در ایران قابل توجیه است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) جهت فراهم کردن تسهیلات و مساعدت در انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌شود.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

References منابع مورد استفاده

Alizadeh, A. and G. A. Kamali. 2008. Crops Water Requirements in Iran. Emam Reza University Press. Mashhad. Iran. (In Persian).

Angadi, S. V. and M. H. Entz. 2002. Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars. Agron. J. 94: 136-45.

Arefi, S, A. Nabipour and H. Samizadeh. 2015. Evaluation of combining ability of sunflower lines based on line × tester analysis under water stress and non-stress conditions. J. Crop Breeding. 7: 115-25. (In Persian with English abstract).

Canavar, O., K. P. Gotz, F. Ellmer, F. M. Chmielewski and M. A. Kaynak. 2014. Determination of the relationship between water use efficiency, carbon isotope discrimination and proline in sunflower genotypes under drought stress. Aust. J. Crop Sci. 8: 232-242.

Choukan, R. 2008. Methods of Genetical Analysis of Quantitative Traits in Plant Breeding. Education and Extension Organization Press. Tehran. Iran. (In Persian).

Fick, G. N. 1978. Breeding and Genetics. pp. 279- 397. *In:* J. F.Carter (Ed.) Sunflower Science and Technoligy. Madison, WI. USA.

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 F_1 hybrids, Crop Breed. J. 1: 73-84.

Göksoy, A. T., A. O. Demir, Z. M. Turan and N. Dagusta. 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Res. 87: 167-78.

Göksoy, A. T. and Z. M. Turan. 2005. Combining abilities of certain characters and estimation of hybrid vigour in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Acta Agronomica Hungarica. 52: 361-68.

Hladni, N., V. Miklič, S. Jocić, M. Kraljević-Balalić and D. Škorić. 2014. Mode of inheritance and combining ability for plant height and head diameter in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Genetika. 46: 159-68.

Kempthorne, O. 1957. An introduction to genetic statistics. John Wiley & Sons Inc. New York. NY. USA.

Khani, M., J. Daneshian, H. Zeinali Khanghah and M. R. Ghannadha. 2005. Genetic analysis of yield and its components using line× tester cross design in sunflower inbred lines under the stress and non-stress drought conditions. Iran. J. Agric. Sci. 36: 435-445. (In Persian with English abstract).

Kramer, P. 1983. Water Relations of Plants. Academic Press. San Diego. USA.

Machikowa, T., C. Saetang and K. Funpeng. 2011. General and specific combining ability for quantitative characters in sunflower. J. Agric. Sci. 3: 91-95.

Mahajan, S. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. Arch. Biochem. Biophys. 444: 139-58.

Memon, S., M. J. Baloch, G. M. Baloch and W. A. Jatoi. 2015. Combining ability through line × tester analysis for phenological, seed yield and oil traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Euphytica. 204: 199-209.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

Ortis, L., G. Nestares, E. Frutos and N. Machado. 2005. Combining ability analysis for agronomic traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia. 28: 125-34.

Pekcan, V., G. Evci, M. I. Yilmaz, A. S. B. Nalcaiyi, S. C. Erdal, N. Cicek, Y. Ekmekci and Y. Kaya. 2016. Effects of drought on morphological traits of some sunflower lines. J .Crop Breed. Genet. 2: 54-68.

Potopova, V., C. Boroneant, B. Boincean and J. Soukup. 2016. Impact of agricultural drought on main crop yields in the Republic of Moldova. Int. J. Climatol. 36: 2063-2082.

Pourmohammad, A., M. Toorchi, S. Alavikia and M. R. Shakiba. 2014. Genetic analysis of yield and physiological traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under irrigation and drought stress. Notulae Scientia Biologicae. 6: 207-13.

Rauf, S. 2008. Breeding sunflower (*Helianthus annuus* L.) for drought tolerance. Commun. Biometry Crop Sci. 3: 29-44.

Rauf, S., J. M. Al-Khayri, M. Zaharieva, P. Monneveux and F. Khalil. 2016. Breeding Strategies to Enhance Drought Tolerance in Crops. pp. 397-445. *In:* J. M. Al-Khayri *et al*. (Eds.) Advances in Plant Breeding Strategies: Agronomic, Abiotic and Biotic Stress Traits. Springer International Publishing.

Rezaeizad, A. and A. Zaree Siahbidi. 2015. Combining ability of some sunflower (*Helianthus annuus* L.) lines for important agronomic traits. Seed Plant Improve J. 31: 293-306. (In Persian with English abstract).

Robertson, M. J. and J. F. Holland. 2004. Production risk of canola in the semi-arid subtropics of Australia. Aust. J. Agric. Res. 55: 525-538.

Singh, R. K. and B. D. Chaudhary, B. D. 2007. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis (Third Ed.). Kalyani Publishers, New Dehli, India.

Siosehmardeh, A., H. Ranjbar Bolkhanlou, Y. Sohrabi and B. Bahramnejad. 2011. Evaluation of grain yield, gas exchange and source and sink limitation in sunflower under drought stress at different levels of defoliation. Iran. J. Field Crop Sci. 42: 585-596. (In Persian with English abstract).

Tahir, M. H. N., M. Imran and M. K. Hussain. 2002. Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) inbred lines for drought tolerance. Int. J. Agric. Biol. 3: 398-400.

Turhan, H. and I. Baser. 2004. In vitro and in vivo water stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia, 27: 227-236.

Volotovich, A. A., T. A. Silkova, N. S. Fomchenko, O. V. Prokhorenko and O. G. Davydenko. 2008. Combining ability and heterosis effects in sunflower of Byelorussian origin. Helia. 31: 111-118

Zareei Siahbidi, A. 2012. Study the effect of drought stress on agronomic traits of new sunflower hybrids. Final Project Report, Center of Agricultural Research and Natural Resources of Kermanshah Province. Kermanshah, Iran. (In Persian with English abstract).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]

Combining ability and gene action in parental lines of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress conditions

Abedini Esfahlani, M.[1], R. Fotovat[2], M. Soltani Najafabadi[3] and A. R. Tavakoli[4]

ABSTRACT

Abedini Esfahlani, M., R. Fotovat, M. Soltani Najafabadi and A. R. Tavakoli. 2018. Combining ability and gene action in parental lines of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress conditions. **Iranian Journal of Crop Sciences. 20(1): 1-15. (In Persian).**

To investigate the effect of water stress on genetic parameters and combining ability of seed yield and some of the important traits of sunflower, eight restorer lines with different drought tolerance were crossed with three cytoplasmic male sterile lines as tester in 2014. Hybrids with their parents were evaluated in split plot arrangements using randomized complete block design with three replications at Shahrood Agricultural and Research station, Iran in 2014. Irrigation factors were assigned in the main plots at two levels, full irrigation and water deficit stress, and sunflower genotypes (24 hybrids, 11 parental lines, and one check variety) were randomized in sub-plots. Days to maturity, plant height, head diameter, seed number per plant, 1000 seed weight and seed yield were measured and recorded. Results of line × tester analysis showed that the effect of lines and testers in both conditions was significant for all studied traits, except for the head diameter in stress condition. The line × tester interaction effect in normal conditions was significant for seed number per plant and seed yield. Lines C122 and C123 and tester A19 in both conditions had the highest positive general combining ability in grain yield and could be used as suitable parental lines for developing hybrids in sunflower breeding programs. Hybrid A19 × C122 with 5224 kg.ha^{-1} seed yield and 91 days growth duration produced the highest seed yield under normal irrigation condition. While hybrid A19 × R217 with 1868 kg.ha^{-1} had the highest seed yield under water stress condition.

Key words: Head diameter, Heritability, Hybrid, Line × Tester analysis and Sunflower

Received: November 2017 Accepted: April 2018

1. PhD Student, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
2. Assistant Prof. Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran (Corresponding author)
(Email: staba1349@gmail.com)
3. Assistant Prof. Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4. Associate Prof. Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4. Associate Professor of Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.1.1.4]