دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برخی لاین‌های اینبرد آفتابگردان در رابط نرمال و تنش خشکی در منطقه اسلام‌آباد، کرمانشاه

فاطمه محمدی[۱]، آرش فاضلی[۲]، اسدالله زارعی سیاه بیدی[۳] و عباس رضایی‌زاد[۴]

۱- کارشناس ارشد ژنتیک و به نژادی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران، (نویسنده مسوول: a.fazeli@ilam.ac.ir)
۳- استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه ایران
۴- دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۱
صفحه: ۱۱۳ تا ۱۲۱

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: آفتابگردان یک گیاه نیمه متحمل به تنش خشکی است که با توجه به اهمیت و نقش آن در تولید روغن کشت آن رو به گسترش است. اما تنش خشکی باعث کاهش شدید عملکرد دانه و روغن آن می شود. لذا تولید و معرفی ارقام هیبرید می‌تواند به افزایش عملکرد کمک کند که اولین گام در تولید دورگه هیبرید شناسایی والدین بر اساس قابلیت ترکیب پذیری عمومی و خصوصی آنها و همچنین تعیین نوع اثرات ژنی است.

مواد و روش‌ها: به‌منظور برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌های اینبرد آفتابگردان در شرایط نرمال و تنش خشکی، آزمایشی با استفاده از تعداد ۱۲ هیبرید آفتابگردان حاصل تلاقی بین لاین‌های نرعقیم و تستر به همراه دو شاهد قاسم و شمس در دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی اجرا شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس مرکب تیمارهای مورد بررسی در دو شرایط نرمال و تنش خشکی نشان داد که اثر تنش خشکی بر اکثر صفات مورد بررسی در سطح یک درصد به جز تعداد دانه در طبق اثر معنی‌داری دارد. اثر لاین‌ها برای ارتفاع بوته، درصد روغن و قطر طبق و اثر تسترها برای اکثر صفات به جز تعداد دانه در طبق معنی‌دار گردید که نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها است. همچنین لاین ۱ و تستر ۳ در هر دو شرایط نرمال و تنش با برخورداری از ترکیب‌پذیری منفی و معنی‌دار برای ارتفاع بوته والد مناسبی در جهت کاهش این صفت در تلاقی‌ها محسوب می‌شود. علاوه بر این اثر متقابل لاین × تستر بر اکثر صفات به جز وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق اثر معنی‌دار داشت. لاین ۱ و تستر ۱ در هر دو شرایط دارای بیشترین مقدار مثبت ترکیب‌پذیری عمومی از لحاظ عملکرد دانه بودند و به عنوان والدین مطلوب برای تولید دورگ‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی قابل استفاده شناخته شدند، به طوری که در شرایط نرمال هیبرید شماره ۱۳ با عملکرد دانه ۵۲۲۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت و در شرایط تنش هیبرید شماره ۳۱ با میانگین ۳۵۴۴/۶ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را داشت.

نتیجه‌گیری: نتایج کلی این تحقیق نشان می‌دهد که صفات مهم عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن توسط اثرات غالبیت ژنی کنترل می شود که با انجام هیبریداسیون و انتخاب صحیح والدین در برنامه‌های اصلاحی می توان این صفات را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: تستر، درصد روغن، قابلیت ترکیب‌پذیری، لاین، هیبرد آفتابگردان

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus*) یکی از عمده‌ترین دانه‌های روغنی در ایران و جهان است که به دلیل مناسب بودن نیازهای زراعی، عملکرد بالای روغن، بالا بودن ارزش غذایی و فقدان عوامل ضد تغذیه‌ای، سطح زیر کشت آن افزایش یافته است (۶). از طرفی ارقام مختلف آفتابگردان به دلیل وضعیت ژنوتیپی متفاوت از نظر خصوصیات رشدی، حجم بوته و طول دوره‌ی نمو، رفتار متفاوتی را در شرایط محیطی مختلف از خود بروز می‌دهند و همانند اغلب محصولات زراعی به ویژه محصولات تابستانه، در معرض تنش‌های محیطی از جمله دما و خشکی قرار دارند (۲۰،۲۶).

آفتابگردان به دلیل دارا بودن سیستم ریشه‌ای عمیق یک محصول زراعی نیمه متحمل به خشکی شناخته می‌شود و کشت آن در اراضی خشک و نیمه خشک دنیا گسترش پیدا کرده است (۲۲). اما توزیع نابرابر بارندگی و کمبود آب در برخی مناطق باعث کاهش شدید تولید دانه و عملکرد روغن آن می‌شود (۲۴). بنابراین، تلاش‌های اصلاحی برای 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 ژنوتیپ‌های مناسب برای توانایی ترکیب‌پذیری در برنامه‌های اصلاحی است (۲۵).

اولین و مهمترین گام در تهیه دورگ‌های متحمل به تنش، انتخاب صحیح والدین بر اساس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، تهیه ارقام هیبرید و شناسایی نوع اثرات ژنی صفات مهم و مؤثر در تحمل تنش است (۲۸). تجزیه لاین × تستر یک رویکرد مناسب برای تشخیص لاین‌های برتر برای تلاقی صفات مورد نظر می‌باشد. در بسیاری از مطالعات برای تعیین والدین مناسب از قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) صفات و برای برآورد تلاقی از قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) صفات استفاده می‌شود (۱۰). ترکیب‌پذیری عمومی، وضعیت متوسط یک لاین در ترکیب هیبریدهای آن را نشان داده و گویای اثرات افزایشی ژن است و ترکیب‌پذیری خصوصی، وضعیت دو لاین در یک تلاقی بخصوص را تعیین کرده و بیانگر اثرات غالبیت ژن می‌باشد (۸).

اندرخور و همکاران (۴) در آزمون واریانس ژنتیکی لاین‌های اینبرد آفتابگردان گزارش کردند که در تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی‌دار برای صفات ارتفاع بوته، طول دوره رویش، طول دوره گلدهی، عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق و عملکرد روغن مشاهده گردید و برخی تلاقی‌ها برای

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.113]

عملکرد دانه و عملکرد روغن دارای ترکیب‌پذیری مثبت معنی‌دار بالا بودند.

در پژوهشی مشابه تبریزی و همکاران (۲۳) پنج لاین نرعقیم و چهار لاین بازگرداننده (تستر) تلاقی دادند. نتایج نشان داد ارتفاع بوته، قطر طبق، دانه های خالی در هر طبق، روز تا آغاز گلدهی، روز تا رسیدگی، قطر ساقه و وزن هزار دانه به طور عمده توسط اثرات افزایشی ژن کنترل شد و اثر غالبیت برای روزهای پایان گلدهی مهم بود. همچنین عملکرد روغن، درصد روغن، وزن خشک طبق، وزن دانه در طبق، عملکرد دانه و عملکرد پوسته دانه تحت کنترل هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی بودند.

در پژوهشی ترکیب‌پذیری لاین‌های آفتابگردان در شرایط نرمال آبی و تنش خشکی، با استفاده از ۴۱ ژنوتیپ آفتابگردان، شامل ۱۳ والد پدری، دو والد مادری و ۲۶ هیبرید حاصل از آن‌ها بررسی شد. بر اساس نتایج اثر لاین‌ها در شرایط بدون تنش برای صفات روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و عملکرد دانه و در شرایط تنش برای اکثر صفات معنی‌دار شد که بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها است. همچنین اثرات متقابل لاین × تستر در شرایط بدون تنش فقط در مورد صفت وزن هزار دانه و در شرایط تنش برای طول دوره گلدهی، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و عملکرد روغن معنی‌دار بود (۵).

در آزمایشی به منظور بررسی تخمین میزان هتروزیس، عملکرد، توانایی ترکیب‌پذیری، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و پارامترهای پایداری آفتابگردان، با چهارده تستر و سه لاین نرعقیم (CMS) در قالب طرح تلاقی لاین در تستر، صفات روز تا ۵۰ درصد گلدهی، روز تا بلوغ فیزیولوژیکی، ارتفاع گیاه، قطر طبق، درصد پر شدن دانه، عملکرد دانه در بوته، وزن صد دانه، عملکرد روغن و درصد روغن را بررسی شد. برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی بالا در مقایسه با ترکیب‌پذیری عمومی برای همه صفات نمایانگر اهمیت اثرات غیر افزایشی در کنترل صفات بود (۷).

خان و همکاران (۱۶) در آزمایش لاین× تستر برای صفات روز تا رسیدگی، وزن صد دانه، محتوای روغن و عملکرد دانه در هکتار اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی بزرگتری از ترکیب‌پذیری عمومی به دست آوردند که دلالت بر عمل غیر افزایشی ژن داشت. در تحقیقی دیگر 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 (تستر) در دو سطح بدون تنش و تنش خشکی تلاقی داده شدند. نتایج نشان داد که اثر لاین‌ها و تسترها به جز 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 (۲).

هدف از انجام پژوهش حاضر برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌های آفتابگردان با استفاده از روش لاین × تستر به منظور تعیین بهترین ترکیب هیبرید برای عملکرد دانه و روغن و همچنین تعیین اثرهای ژنی (افزایشی و غالبیت) تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش کم آبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان اسلام آباد غرب استان کرمانشاه با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۴۲ متر از سطح دریا اجرا شد. بر اساس آمار هواشناسی میانگین دمای سالانه ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه ۴۶۹ میلی‌متر است. این ایستگاه از اقلیم سرد و معتدل برخوردار است و بارندگی در این شهر معمولاً از نیمه دوم مهر ماه شروع شده و تا اوایل خرداد ماه ادامه دارد.

مواد گیاهی مورد استفاده شامل ۱۲ ترکیب آفتابگردان حاصل از تلاقی ۴ لاین برگرداننده باروری (والد پدری) به عنوان تستر با ۳ لاین نرعقیم (والد مادری) و از دو هیبرید قاسم و شمس به عنوان شاهد تشکیل شده بودند. لاین‌ها و تسترهای مورد استفاده به شرح جدول ۱ بود.

جدول ۱- لاین ها و تسترهای مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Used lines and testers in experiment

شماره هیبرید	کد	لاین تستر	لاین بازگرداننده باروری	هیبرید
۱	D1	AF81-222	R131	R131×AF81-222
۲	D2	AGK32	R131	R131×AGK32
۳	D3	AGK38	R131	R131×AGK38
۴	D4	AF81-222	RGK33	RGK33×AF81-222
۵	D5	AGK32	RGK33	RGK33×AGK32
۶	D6	AGK38	RGK33	RGK33× AGK38
۷	D7	AF81-222	RGK15	RGK15× AF81-222
۸	D8	AGK32	RGK15	RGK15×AGK32
۹	D9	AGK38	RGK15	RGK15×AGK38
۱۰	D10	AF81-222	RF81-112	RF81-112×AF81-222
۱۱	D11	AGK32	RF81-112	RF81-112×AGK32
۱۲	D12	AGK38	RF81-112	RF81-112×AGK38
۱۳	D13	–	–	قاسم
۱۴	D14	–	–	شمس

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.113]

پس از آماده‌سازی زمین شامل شخم، تسطیح زمین و نهرکنی کاشت بذر انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل سه خط سه متری با فواصل ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فواصل بوته ۱۷ سانتی‌متر بوده است. گیاهان حاصل از تلاقی لاین × تستر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در دو آزمایش مرکب مکانی جداگانه تحت تنش خشکی و آبیاری نرمال قرار گرفتند. در شرایط نرمال، آبیاری مطابق با نیاز گیاه انجام شد و در محیط تنش، آبیاری از مرحله هشت برگی تا پایان گلدهی صورت پذیرفت و سپس قطع گردید.

صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، قطر طبق (سانتی‌متر)، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه (گرم)، عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)، عملکرد روغن (کیلوگرم بر هکتار) و درصد روغن از روش NMR[1] در بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه نهال و بذر کرج اندازه‌گیری شد.

برآورد اثر ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های برگداننده باروری، اینبرد لاین‌ها، ترکیب‌پذیری خصوصی از طریق روش سینگ و چوداری به شرح زیر استفاده گردید (۲۱).

رابطه ۱: $GCAi. = Xi. - \bar{X}..$

رابطه ۲: $GCA.j = X.j - \bar{X}..$

رابطه ۳: $SCAij = Xij - GCAi. - GCA.j - \bar{X}..$

در روابط فوق $X_{i.}$، $X_{..}$، $X_{.j}$، X_{ij}، $GCA_{i.}$، $GCA_{.j}$ و SCAij به ترتیب معادل میانگین لاین، میانگین کل، میانگین تستر، میانگین هیبرید، ترکیب‌پذیری عمومی لاین، ترکیب‌پذیری عمومی تستر و ترکیب‌پذیری خصوصی است.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه 9/1) و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۲) برای صفات مختلف در شرایط تنش و آبیاری مطلوب نشان داد که میانگین مربعات برای کلیه صفات معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که بین لاین‌ها از نظر صفات ارتفاع بوته و درصد روغن، قطر طبق اختلاف معنی‌دار وجود داشت. همچنین بین تسترها از نظر صفات قطر طبق، وزن هزار دانه، درصد روغن، عملکرد دانه، عملکرد روغن و ارتفاع بوته اختلاف معنی‌دار وجود داشت. معنی‌دار بودن اثر تسترها با گزارشات خانی و همکاران (۱۷) مطابقت دارد. معنی‌داری صفات مذکور، این موضوع را بیان می‌دارد که تفاوت معنی‌داری در ترکیب پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها برای این صفات وجود دارد و معنی‌داری ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها و تسترها بیانگر اثرات افزایشی ژن‌ها دارد (۳،۱۹). اثر متقابل تستر × لاین برای صفات ارتفاع بوته، قطر طبق، درصد روغن، عملکرد دانه و عملکرد روغن در سطح احتمال یک تفاوت معنی‌دار بود که بیانگر نقش اثر غالبیت در کنترل این صفات دارد. واریانس لاین × تستر برآوردی از واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی است که با واریانس غالبیت مرتبط است. اثر متقابل تنش × تستر فقط برای قطر طبق معنی‌دار بود. اثر متقابل تنش × لاین و اثر متقابل تنش × تستر × لاین برای هیچکدام از صفات معنی‌دار نبود (جدول ۲). این نتایج نشان دهنده این است که تفاوت بین لاین‌ها یا تسترها در دو سطح تنش مورد بررسی با هم فرق می‌کند.

بر اساس مقایسه میانگین (جدول ۳) صفات ارزیابی شده در هیبریدهای حاصل از تلاقی لاین × تستر آفتابگردان در شرایط نرمال آبیاری و تنش خشکی نشان داد که هیبرید RGK33×AGK32 در شرایط نرمال و هیبرید RF81-112×AGK38 در شرایط تنش بلندترین ارتفاع بوته را داشت، اما هیبرید RGK15× AF81-222 در شرایط نرمال و تنش پاکوتاه ترین هیبرید بود. از آنجایی که ارتفاع کوتاه برای هیبریدها از نظر برداشت آسانتر، به ویژه در برداشت ماشینی حایز اهمیت است. بنابراین یک صفت اساسی در اصلاح آفتابگردان محسوب می‌شود. همچنین هیبریدهای R131×AF81-222 و RGK15× AF81-222 به ترتیب کمترین قطر طبق و هیبرید R131×AGK38 بیشترین قطر طبق را در شرایط نرمال و تنش داشتند. از لحاظ وزن هزار دانه در شرایط نرمال، بیشترین مقدار مربوط به هیبرید RGK15×AGK38 و کمترین مقدار مربوط به هیبرید RF81-112×AGK32 و هیبریدهای RGK33×AF81-222 و RF81-112×AGK38 در شرایط تنش بیشترین و کمترین مقدار را داشتند.

از لحاظ صفت تعداد دانه در طبق در شرایط نرمال، هیبریدهای R131×AGK32 (بیشترین) و هیبرید RGK15× AF81-222 (کمترین) در شرایط تنش، هیبریدهای RF81-112×AGK32 (بیشترین) و هیبرید RGK33× AGK38 (کمترین) تعداد دانه در طبق را داشتند. هیبریدهای RF81-112×AGK32 و R131×AF81-222 به ترتیب بیشترین و کمترین درصد روغن را در شرایط نرمال و تنش در بین هیبریدها داشتند. هیبریدهای R131×AGK38 و RGK33×AGK32 بیشترین و کمترین عملکرد دانه در شرایط نرمال داشتند در حالی که هیبریدهای RGK15× AF81-222 و RGK33×AGK32 بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در شرایط تنش نشان دادند. بیشترین عملکرد روغن مربوط به هیبرید R131×AGK38 و کمترین مربوط به هیبریدهای RGK33× AGK38 و RGK33×AGK32 به ترتیب در در بین صفات مورد بررسی بیشترین تغییرات حاصل از تنش خشکی مربوط به عملکرد دانه، عملکرد روغن و وزن هزار دانه بود. به طوری که این صفات به ترتیب ۲۱/۸۶، ۱۸/۱۲و ۱۴/۳۴ درصد کاهش یافتند (جدول ۳). در پژوهشی مشابه غفاری و همکاران (۱۲) ۱۶ اینبرد لاین در شرایط عادی و تنش خشکی با قطع آبیاری از مرحله گلدهی مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه نیز عملکرد دانه نسبت به سایر صفات موردمطالعه بیشتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت به طوری که در شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد عملکرد دانه به میزان ۳۹/۶ درصد کاهش یافت. در آزمایشی دیگر کاهش عملکرد روغن و عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (۱۳).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOI: 10.52547/jcb.13.40.113]

با توجه به اینکه در ارتفاع بوته ترکیب‌پذیری منفی و معنی‌دار یک صفت اصلاحی مطلوبی تلقی می‌شود بهترین لاین برای صفت ارتفاع بوته لاین AF81-222 بود که بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار را در شرایط نرمال و تنش داشت (جدول ۴) محققین دیگر هم ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌داری را برای لاین‌های آفتابگردان در مورد ارتفاع بوته گزارش کرده‌اند (۹،۱۸).
همچنین برای صفات قطر طبق و درصد روغن، لاین AGK32 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی بالا و مثبت در شرایط نرمال بود اما در شرایط تنش لاین AGK38 برای قطر طبق و لاین AGK32 برای درصد روغن بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی بالا و مثبت را داشتند. برای صفت عملکرد روغن به‌ترتیب لاین AGK32 و لاین AF81-222 در شرایط نرمال و تنش دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی بالا و مثبت بودند. معنی‌دار شدن ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها در شرایط بدون تنش در رابطه با صفت عملکرد روغن در گزارشات گاتو و همکاران (۹) و عباسی و همکاران (۱) گزارش شده است.
با توجه به اهمیت عمکلرد دانه لاین AF81-222 در هر دو شرایط نرمال و تنش ترکیب پذیری عمومی مثبت و بالایی را نشان داد. در حالی که در شرایط نرمال لاین AGK38 برای صفت تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه و در شرایط تنش لاین AGK32 برای صفت تعداد دانه در طبق و لاین AF81-222 برای وزن هزار دانه دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالا و مثبتی داشتند.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب طرح لاین × تستر آفتابگردان در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش کمبود آب
Table2. combined analysis of variance in Line× Tester in sunflower under normal irrigation and water limited stress

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات												
		ستاره‌ای	روز تا شروع گلدهی	روز تا پایان گلدهی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته (cm)	قطر طبق (cm)	قطر ساقه (mm)	وزن هزار دانه	طبق / تعداد دانه	درصد روغن	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد روغن	شاخص سطح برگ	وزن خشک اندام هوایی
تنش	۱	۰/۲۴^{ns}	۱۳/۳۴**	۱/۳۸**	۳۲۰/۸۸**	۲۶۶۴/۵۰**	۵۹/۹۸**	۲۶/۶۲**	۱۲۲۳/۴۷**	۴۶۷۴۰/۳۹^{ns}	۸۲/۹۶**	۱۱۲۳۲۵۸۵/۴**	۱۴۵۴۰۰۹/۸۶**	۱۲/۳۵**	۶۰۸۴۲/۳۴^{ns}
تکرار (تنش)	۴	۱/۲۷^{ns}	۱/۰۵*	۰/۸۱**	۰/۲۳^{ns}	۱۱۳/۶۹^{ns}	۰/۹۹*	۱/۴۱^{ns}	۴۰/۹۳^{ns}	۴۹۶۱۷/۴۸^{ns}	۳/۷۸^{ns}	۳۲۷۷۳۸/۴^{ns}	۶۴۲۳۷/۲۳^{ns}	۰/۱۲*	۱۲۵۶۱/۷۲^{ns}
تستر	۳	۴/۸۶*	۱۳/۹۳**	۴/۰۰**	۲۲/۳۱**	۵۴۲/۹۸*	۱/۸۲**	۳/۵۴**	۵۰۰/۲۰**	۱۱۱۸۰۱/۴۵^{ns}	۴۲/۱۱**	۴۵۵۲۷۲۵/۶**	۷۵۴۰۱۵/۱۶**	۰/۹۰**	۸۰۰۶/۷۵^{ns}
لاین	۲	۱/۱۶^{ns}	۴۳/۵۵**	۳/۷۹**	۰/۰۰^{ns}	۱۵۴۹/۲۶**	۱/۱۸*	۲/۲۸^{ns}	۶۳/۰۱^{ns}	۹۳۶۶۶/۱۴^{ns}	۶۴/۹۸**	۲۸۷۵۰۹/۷^{ns}	۹۱۳۴/۷۷^{ns}	۰/۶۱**	۷۵۶۳۷/۵۴*
تستر × لاین	۶	۴/۷۹**	۲۳/۲۰**	۵/۳۴**	۱۱/۰۳**	۶۲۹/۳۵**	۳/۶۵**	۱۴/۸۷**	۷۱/۲۲^{ns}	۵۷۰۱۵/۷۷^{ns}	۱۹/۳۹**	۲۴۳۳۶۷۰/۷**	۶۵۲۱۰۷/۰۵**	۱/۷۴**	۴۸۴۵۷/۸۹*
تنش× تستر	۳	۱/۶۸^{ns}	۰/۵۳^{ns}	۱/۵۳**	۴/۲۵**	۱۶۶/۳۸^{ns}	۱/۴۷**	۲/۸۱*	۱۶/۳۰^{ns}	۱۱۲۹۱۵/۷۸^{ns}	۵/۳۳^{ns}	۸۶۴۱۳۸/۰^{ns}	۱۳۰۴۴۸/۶۸^{ns}	۰/۳۳**	۱۲۸۶۲/۳۱^{ns}
تنش × لاین	۲	۴/۲۲^{ns}	۰/۷۲^{ns}	۲/۳۴**	۱/۵۵**	۲۰۰/۷۹^{ns}	۰/۳۹^{ns}	۰/۶۵^{ns}	۶۹/۲۳^{ns}	۵۷۷۲۲/۴۶^{ns}	۰/۳۷^{ns}	۲۰۸۳۶۵/۲^{ns}	۵۹۴۹۲/۵۷^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۲۰۴۳۷/۱۸^{ns}
تنش × تستر × لاین	۶	۲/۷۷^{ns}	۱/۲۹**	۱/۱۶**	۴/۲۵**	۱۹۴/۱۸^{ns}	۰/۶۵^{ns}	۰/۶۳^{ns}	۳۲/۴۷^{ns}	۳۰۸۵۳/۰۱^{ns}	۷/۳۱^{ns}	۲۱۴۵۶۶/۴^{ns}	۷۱۱۶۰/۲۴^{ns}	۰/۳۱**	۷۳۱۶/۰۸^{ns}
خطا	۴۴	۱/۳۹	۰/۳۱	۰/۲۰	۰/۲۴	۱۵۳/۵۷	۰/۳۲	۰/۸۳	۵۹/۸۰	۵۰۰۹۰/۰۷	۴/۱۳	۵۰۲۴۱۰/۱	۹۰۷۷۵/۱	۰/۰۴	۱۶۹۷۰/۶۶
ضریب تغییرات		۲/۸۸	۰/۹۸	۰/۴۷	۰/۵۱	۶/۸۸	۳/۸۰	۳/۴۷	۱۴/۴۹	۱۷/۵۱	۴/۵۶	۲۲/۰۳	۲۱/۱۲	۵/۷۵	۳۵/۵۶

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد

جدول ۳- میانگین مربعات برای صفات زراعی در شرایط آبیاری مطلوب (NS) و تنش (S)
Table 3. Mean squares for agronomic traits under optimum (NS) and water limited conditions (S)

لاین	تستر	ارتفاع بوته (cm)		قطر طبق (cm)		وزن هزار دانه (g)		طبق/تعداد دانه		درصد روغن (٪)		عملکرد دانه (kg ha^{-1})		عملکرد روغن (kg ha^{-1})	
		NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S
۱	۱	۱۷۸/۳۳	۱۶۳/۶۶	۱۴/۹۳	۱۳/۹۱	۵۸/۱۳	۵۱	۱۲۰۶/۳	۱۱۳۸/۷	۳۶/۵۸	۴۰/۹۴	۳۷۸۷/۹	۳۰۱۰/۷	۱۳۸۸/۶	۱۲۳۳/۱
۲	۱	۱۸۷/۶۶	۱۷۴/۶۶	۱۵/۴۴	۱۴/۳۷	۵۹/۰۳	۵۳/۶	۱۶۶۳/۴	۱۲۴۴/۹	۴۱/۳۵	۴۶/۳۲	۴۳۹۱/۸	۳۱۲۷/۷	۱۸۳۱/۱	۱۴۴۹/۵
۳	۱	۱۹۳/۶۶	۱۸۶/۶۶	۱۷/۲۲	۱۶/۱۴	۶۶/۳۳	۵۱/۲۶	۱۶۳۹/۷	۱۴۱۹/۳	۴۵/۸۲	۴۶/۴۴	۵۵۷۳/۲	۳۵۴۴/۶	۲۵۲۷/۷	۱۶۴۲/۸
۱	۲	۱۸۷/۳۳	۱۷۹/۶۶	۱۵/۷۱	۱۴/۴۳	۶۱/۶۶	۵۷/۰۶	۱۲۲۸/۴	۱۲۰۳/۵	۴۱/۸۱	۴۲/۹۹	۳۸۵۶/۷	۳۲۱۷	۱۵۹۷/۳	۱۳۸۸/۵
۲	۲	۲۰۰/۳۳	۱۸۵	۱۶/۲۱	۱۳/۸۸	۵۰/۹۶	۴۵/۸	۱۱۷۴/۸	۱۱۱۳/۹	۴۴/۱	۴۶	۲۵۳۴	۲۱۲۲/۸	۱۱۱۶/۸	۹۷۳/۳
۳	۲	۱۷۹/۳۳	۱۷۵/۳۳	۱۵/۲۴	۱۳/۳۶	۵۹/۲۶	۵۲/۸	۱۳۸۸/۷	۱۰۸۶/۵	۴۰/۷۸	۴۵/۸۳	۲۳۹۶/۵	۲۲۷۳/۱	۹۷۷	۱۰۴۴/۷
۱	۳	۱۷۵/۶۶	۱۳۰	۱۶/۱۷	۱۳/۰۳	۵۶/۹۳	۵۲/۴۳	۱۱۵۰/۳	۱۲۶۰/۷	۴۳/۱۹	۴۵/۳	۳۹۴۵/۴	۳۵۵۰/۳	۱۷۰۲/۳	۱۶۰۶/۸
۲	۳	۱۸۶/۶۶	۱۸۰/۶۶	۱۶/۴	۱۵/۰۱	۶۰/۸۶	۴۹/۶	۱۲۱۰/۳	۱۳۹۲/۶	۴۶/۵۹	۴۷/۰۲	۳۲۷۲/۵	۲۷۵۶/۹	۱۵۲۴/۸	۱۲۹۷/۶
۳	۳	۱۸۵/۳۳	۱۷۴/۳۳	۱۵/۶۳	۱۴/۲۱	۶۶/۳۶	۵۳/۷۳	۱۳۲۷/۲	۱۳۲۴/۸	۴۴/۴۲	۴۴/۵۳	۳۲۴۵/۵	۲۶۴۶	۱۴۴۲/۳	۱۱۷۳/۴
۱	۴	۱۷۹	۱۷۳/۳۳	۱۶/۱	۱۳/۳۵	۵۱/۷۳	۳۸/۴۶	۱۲۰۴/۴	۱۲۶۲/۷	۴۵/۲۶	۴۵/۵۸	۲۹۶۸	۲۴۱۰/۷	۱۳۴۱/۸	۱۰۹۸/۸
۲	۴	۱۸۰/۶۶	۱۷۰/۶۶	۱۶/۲	۱۳/۴۷	۴۶/۶	۴۷	۱۱۷۰/۲	۱۴۳۱/۷	۴۷/۷۲	۴۸/۴۹	۴۰۸۲/۲	۳۰۱۳	۱۹۳۰/۸	۱۴۶۰/۸
۳	۴	۱۹۹/۳۳	۱۹۳/۳۳	۱۵/۱۶	۱۳/۳۵	۵۱/۷	۳۷/۹	۱۲۷۲/۵	۱۱۴۵/۲	۴۳/۳۶	۴۷/۳۱	۳۲۹۳/۹	۲۱۹۵/۴	۱۴۳۸/۷	۱۰۳۹/۳

جدول ۴- قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها تحت شرایط آبیاری مطلوب (NS) و تنش (S)
Table 4. General combining ability for lines of sunflower in the line × tester analysis under optimum (NS) and water limited conditions (S)

تستر	ارتفاع بوته (cm)		قطر طبق (cm)		وزن هزار دانه (g)		تعداد دانه در طبق		درصد روغن (٪)		عملکرد دانه (kg ha^{-1})		عملکرد روغن (kg ha^{-1})	
	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S
۱	-۶/۰۲۷	-۱۲/۲۸۰	-۰/۳۶۰	-۰/۱۳۷	-۰/۳۵۰	۰/۵۲۰	-۱۰۵/۶۳۳	-۳۵/۹۳۳	-۱/۷۰۳	-۱/۸۶۳	۲۷/۲۰۰	۲۲۴/۸۳۳	-۶۰/۷۶۷	۴۷/۷۶۷
۲	۲/۷۲۳	۳/۸۱۰	۰/۱۴۰	۰/۱۹۳	-۳/۱۰۰	-۰/۲۲۰	۱/۶۶۷	۴۳/۸۶۷	۱/۵۲۷	۱/۳۹۷	-۴۲/۲۰۰	-۶۷/۲۶۷	۳۲/۶۳۳	۱۱/۲۶۷
۳	۳/۳۰۳	۸/۴۷۰	۰/۲۲۰	-۰/۰۵۷	۳/۴۵۰	-۰/۳۰۰	۱۰۳/۹۶۷	-۷/۹۳۳	۰/۱۷۷	۰/۴۶۷	۱۵/۰۰۰	-۱۵۷/۵۶۷	۲۸/۱۳۳	-۵۹/۰۳۳
اشتباه استاندارد (SE)	۲/۰۶۶	۲/۰۶۶	۰/۰۹۴	۰/۰۹۴	۱/۲۸۹	۱/۲۸۹	۳۷/۳۰۲	۳۷/۳۰۲	۰/۳۳۷	۰/۳۳۷	۱۱۸/۱۳۵	۱۱۸/۱۳۵	۵۰/۲۱۵	۵۰/۲۱۵

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOI: 10.52547/jcb.13.40.113]

جدول ۵- قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی تسترها تحت شرایط آبیاری مطلوب (NS) و تنش (S)

Table 5. General combining ability for restorer lines of sunflower in the line × tester analysis under optimum (NS) and water limited conditions (S)

تستر	ارتفاع بوته (cm)		قطر طبق (cm)		وزن هزار دانه (g)		تعداد دانه در طبق		درصد روغن (٪)		عملکرد دانه (kg ha^{-1})		عملکرد روغن (kg ha^{-1})	
	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S
۱	۰/۴۴۴	۱/۳۱۹	-۰/۰۰۸	۰/۹۵۹	۳/۶۹۸	۳/۴۱۶	۲۰۰/۱۰۳	۱۹/۴۵۰	-۲/۱۶۵	-۱/۲۵۳	۹۷۲/۰۰۳	۵۰۶/۶۵۰	۳۴۷/۵۳۳	۱۹۷/۱۴۷
۲	۲/۸۸۹	۶/۳۱۹	-۰/۱۴۷	۰/۰۳۹	-۰/۱۶۳	۳/۳۴۶	-۳۹/۰۷۷	-۱۱۳/۵۲۰	-۱/۱۸۵	-۰/۸۷۳	-۶۸۳/۲۶۸	-۱۸۳/۳۹۰	-۳۳۷/۸۹۸	-۱۰۹/۰۹۳
۳	-۳/۵۵۶	-۱۲/۰۱۴	۰/۲۰۳	۰/۲۲۹	۲/۹۱۸	۳/۳۸۶	-۷۳/۷۳۸	۷۷/۸۹۰	۱/۳۱۵	-۰/۱۹۳	-۱۲۴/۴۷۸	۲۶۳/۳۹۰	-۱۱/۷۹۸	۱۱۴/۶۶۷
۴	۰/۲۲۲	۵/۴۳۱	-۰/۰۴۷	-۰/۴۶۱	-۷/۴۵۳	-۷/۴۱۴	-۸۷/۲۸۷	۳۱/۷۴۰	۲/۰۳۵	۱/۳۱۷	-۱۶۴/۲۵۸	-۱۸۱/۳۳۰	۲/۱۶۲	-۴۵/۰۰۳
اشتباه استاندارد (SE)	۲/۵۳۰	۲/۵۳۰	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	۱/۵۷۹	۱/۵۷۹	۴۵/۶۸۵	۴۵/۶۸۵	۰/۴۱۳	۰/۴۱۳	۱۴۴/۶۸۵	۱۴۴/۶۸۵	۶۱/۵۰۰	۶۱/۵۰۰

جدول ۶- قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدهای آفتابگردان حاصل از تلاقی لاین × تستر تحت شرایط آبیاری مطلوب مطلوب (NS) و تنش (S)

Table 6. Specific combining ability for hybrids of sunflower in the line × tester analysis under optimum (NS) and water limited conditions (S)

لاین	تستر	ارتفاع بوته (cm)		قطر طبق (cm)		وزن هزار دانه (g)		تعداد دانه در طبق		درصد روغن (٪)		عملکرد دانه (kg ha^{-1})		عملکرد روغن (kg ha^{-1})	
		NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S
۱	۱	-۲/۱۹۴	۰/۶۸۱	-۰/۷۹۳	-۰/۷۳۲	-۲/۶۸	-۲/۱۵۶	-۱۹۱/۱۸۶	-۹۶/۸۵۸	-۲/۹۶۶	-۱/۵۰۶	-۸۲۳/۶۰۸	-۵۴۳/۱۳۳	-۴۶۶/۴۳۳	-۲۹۵/۸۶۴
۲	۱	-۱/۶۱۴	-۴/۴۰۹	-۰/۶۱۳	-۰/۷۷۲	۰/۹۷	۱/۱۸۴	۱۵۸/۶۱۴	-۷۰/۴۵۸	-۱/۴۲۶	۰/۶۱۴	-۱۵۰/۳۰۷	-۱۳۴/۰۳۳	-۱۱۷/۳۳۳	-۴۲/۹۶۴
۳	۱	۳/۸۰۵	۲/۹۳۱	۱/۴۱۶	۰/۹۱۸	۱/۷۲	-۱/۰۷۶	۳۲/۶۱۴	۱۵۵/۷۴۲	۴/۳۹۳	۱/۶۶۴	۹۷۳/۹۵۲	۳۷۳/۱۶۷	۵۸۳/۷۶۷	۲۲۰/۶۳۶
۱	۲	۴/۳۶۱	۱۱/۶۸۱	۰/۱۲۶	۰/۷۰۸	۴/۷۱	۳/۹۷۴	۷۰/۰۹۴	۱۰۰/۹۱۲	۱/۲۸۳	۱/۱۶۴	۹۰۰/۴۶۲	۳۵۳/۲۰۷	۴۲۷/۶۹۷	۱۶۵/۷۷۶
۲	۲	۸/۶۱۱	۰/۹۳۱	۰/۲۹۶	-۰/۳۴۲	-۳/۲۴	-۶/۵۴۶	-۹۰/۸۰۵	-۶۸/۴۸۸	۰/۳۴۳	-۰/۰۸۶	-۳۵۲/۸۳۷	-۴۴۸/۸۹۳	-۱۴۶/۲۰۳	-۲۱۲/۹۲۴
۳	۲	-۱۲/۹۶۸	-۱۳/۳۹۹	-۰/۴۲۳	-۰/۹۴۲	-۱/۴۹	۰/۵۳۴	۲۰/۷۹۴	-۴۴/۰۸۸	-۱/۶۲۶	۰/۶۷۴	-۵۴۷/۵۳۷	-۲۰۸/۲۹۳	-۲۸۱/۵۰۳	-۷۱/۲۲۴
۱	۳	-۰/۸۶۴	-۱۹/۶۴۶	۰/۲۳۶	-۰/۸۸۲	-۴/۱	-۰/۶۹۶	۲۶/۶۵۴	-۳۳/۲۹۸	۰/۱۶۳	۱/۷۹۴	۴۳۰/۳۷۲	۲۳۹/۷۲۷	۲۰۶/۵۹۷	۱۶۰/۳۱۶
۲	۳	۱/۳۸۵	۱۴/۹۲۴	۰/۱۳۶	۰/۵۹۸	۲/۵۸	-۲/۷۸۶	-۲۰/۶۴۵	۱۸/۸۰۲	۰/۳۳۳	۰/۲۵۴	-۱۷۳/۱۲۷	-۲۶۱/۵۷۳	-۶۴/۳۰۲	-۱۱۲/۳۸۴
۳	۳	-۰/۵۲۴	۳/۹۳۴	-۰/۳۸۳	-۰/۲۸۲	۱/۵۳	۱/۴۳۴	-۶/۰۴۵	۲/۸۰۲	-۰/۴۸۶	-۱/۳۰۶	-۲۵۷/۳۲۷	-۲۸۲/۱۷۳	-۱۴۲/۳۰۳	-۱۶۶/۲۸۴
۱	۴	-۱/۳۰۲	۶/۲۳۹	۰/۴۱۶	۰/۱۲۸	۲/۰۷	-۳/۸۶۶	۹۴/۳۰۴	۱۴/۸۵۲	۱/۵۱۳	۰/۵۶۴	-۵۰۷/۲۴۷	-۴۵۵/۱۵۳	-۱۶۷/۸۶۳	-۱۸۸/۰۱۴
۲	۴	-۸/۳۹۲	-۱۲/۵۲۱	۰/۱۸۶	-۰/۲۵۲	۰/۳۱	۵/۴۱۴	-۴۷/۱۹۵	۱۰۴/۰۵۲	۰/۷۴۳	۰/۲۱۴	۶۷۶/۳۵۲	۴۳۹/۲۴۷	۳۲۷/۷۳۷	۲۱۰/۴۸۶
۳	۴	۹/۶۹۷	-۰/۶۰۳	-۰/۴۵۲	-۰/۴۵۲	-۱/۷۶	-۳/۶۰۶	-۴۷/۱۹۵	-۱۳۰/۶۴۸	-۲/۲۶۶	-۰/۰۳۶	-۱۶۹/۱۴۸	-۲۸۸/۰۵۳	-۱۵۹/۸۶۳	-۱۴۰/۷۱۴
اشتباه استاندارد (SE)		۳/۵۷۷	۰/۱۶۳	۰/۱۶۳	۰/۱۶۳	۲/۲۳۲	۲/۲۳۲	۶۴/۶۰۸	۶۴/۶۰۸	۰/۵۸۴	۰/۵۸۵	۲۰۴/۶۱۵	۲۰۴/۶۱۵	۸۶/۹۷۴	۸۶/۹۷۵

با توجه به اهمیت صفت پاکوتاهی از لحاظ ارتفاع بوته (به دلیل مقاوم بودن گیاه پاکوتاه به ورس) و مطلوب بودن مقادیر کم و منفی ترکیب‌پذیری، تسترRGK15 بالاترین ترکیب‌پذیری عمومی و منفی را در شرایط نرمال و تنش برای این صفت داشت (جدول ۵). همچنین تستر RGK15 در شرایط نرمال و تستر R131 در شرایط تنش برای صفت قطر طبق دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالا و مثبتی بودند. از آنجا که قطر طبق از عوامل مؤثر بر عملکرد دانه می‌باشد هرچه قطر طبق بیشتر باشد تعداد دانه‌های طبق نیز افزایش می‌یابد در نتیجه عملکرد گیاه بیشتر می‌شود بنابراین از این صفت به عنوان یک شاخص برای گزینش در شرایط تنش می‌توان بهره برد که با نتایج یالچین و همکاران (۲۷) در مورد صفت قطر طبق همخوانی داشت.

تستر R131 در شرایط نرمال و تستر RGK15 در شرایط تنش بیشترین ترکیب پذیری عمومی مثبت و بالا را برای تعداد دانه در طبق داشت. تستر R131 برای صفات وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد روغن در هر دو شرایط نرمال و تنش دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالا و مثبت بود، معنی‌دار شدن تسترها در رابطه با صفات فوق در نتایج اندرخور و همکاران (۳) گزارش شده است. برای صفت درصد روغن، تستر RF81-112 در شرایط نرمال و تنش دارای بیشترین ترکیب پذیری عمومی مثبت و بالا بود. بنابراین از این تسترها می‌توان برای بهبود صفات مهم گیاهی در شرایط محیطی مختلف استفاده کرد.

در بررسی ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدها (جدول ۶)، هیبرید AGK38 ×RGK33 در شرایط نرمال و هیبرید AF81-222 ×RGK15 در شرایط تنش دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی دار برای ارتفاع بوته بودند که با مطالعات عمران و همکاران (۱۴) همخوانی داشت. برای صفت قطر طبق هیبرید R131×AGK38 در شرایط نرمال و تنش دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار بود. هیبرید RGK33×AF81-222 در شرایط نرمال و هیبرید RF81-112×AGK32 در شرایط تنش دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار برای وزن هزار دانه بودند.

نتایج این مطالعه نشان داد برای صفات ارتفاع بوته، قطر طبق و وزن هزار دانه در شرایط نرمال سهم هیبریدها به مراتب بیشتر از سهم تسترها و لاین‌ها بود. برای صفت قطر طبق در شرایط تنش سهم تستر بیشتر از سهم هیبریدها و لاین‌ها بود. به طوری که تستر R131 با مقدار ۱۴/۸۱ سانتی‌متر در شرایط تنش بالاترین ترکیب پذیری عمومی و مثبت را داشت و در برنامه‌های اصلاحی می‌توان به عنوان والد مناسب برای افزایش مقاومت به خشکی استفاده کرد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.113]

ترکیب پذیری عمومی بالای تسترها در مورد صفت قطر طبق نیز توسط عباسی و همکاران (۱) گزارش شده است.

با توجه به این نتایج می‌توان بیان کرد که اثرات غیر افزایشی هیبریدها یعنی غالبیت در ایجاد تنوع صفات ارتفاع بوته، قطر طبق و وزن هزار دانه در شرایط نرمال نقش بیشتری داشته است و اثر افزایشی در ایجاد تنوع صفت قطر طبق در شرایط خشکی نقش بیشتری داشته است که با نتایج عارفی و همکاران (۵) در مورد صفات اخیر همخوانی دارد. مشابه با نتایج فوق غفاری و همکاران (۱۱) گزارش کردند که ترکیب‌پذیری عمومی برای صفاتی از قبیل عملکرد دانه و قطر طبق بیشتر از ترکیب‌پذیری خصوصی بود. همچنین در شرایط تنش اثر افزایشی اندازه بزرگتری نسبت به اثر غالبیت و در شرایط نرمال اثر غالبیت بسیار بیشتر از اثر افزایشی برای بررسی قطر طبق نشان دادند.

از لحاظ صفت تعداد دانه در طبق در شرایط نرمال هیبرید R131×AGK32 و در شرایط تنش هیبرید R131×AGK38 دارای ترکیب پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری بودند که حاکی نقش بیشتر از اثرات غیر افزایشی ژن‌ها یا غالبیت در شرایط تنش است. همچنین در شرایط نرمال هیبرید R131×AGK38 و در شرایط تنش هیبرید RGK15× AF81-222 دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار برای درصد روغن بودند. صفت عملکرد دانه در شرایط نرمال هیبرید R131×AGK38 و در شرایط تنش هیبرید RF81-112×AGK32 دارای ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری بودند. از لحاظ صفت عملکرد روغن، هیبرید R131×AGK38 در شرایط نرمال و تنش دارای ترکیب پذیری خصوصی مثبت و بالایی بود.

صفاتی از جمله عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن که اثر غالبیت در بروز آن‌ها نقش دارد می‌توان از طریق انتخاب هیبرید، از اثرهای غالبیت این صفات بهره برد و در برنامه‌های اصلاحی از آن‌ها استفاده کرد. جوسیک و همکاران (۱۵) بیان کردند برای صفاتی از جمله میزان روغن دانه و عملکرد روغن برآورد قدرت ترکیب‌پذیری عمومی پایین بوده و این صفات بوسیله اثرات غیر افزایشی کنترل می‌شوند.

همچنین می‌توان بیان کرد که در شرایط نرمال، اثرات غالبیت ژن‌ها نقش بیشتری در کنترل و بیان عملکرد دانه داشت، درحالی که در شرایط تنش، اثرات افزایشی در کنترل این صفت بیشترین نقش را داشت که با نتایج عارفی و همکاران (۵) مطابقت نداشت.

نتیجه‌گیری کلی

بین لاین‌ها از نظر صفات روز تا شروع گلدهی، روز تا پایان گلدهی، ارتفاع بوته، درصد روغن و شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد و برای صفات قطر طبق و وزن خشک اندام هوایی تفاوت معنی‌دار وجود داشت. بین تسترها از نظر صفات ستاره‌ای، روز تا شروع گلدهی، روز تا پایان گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، قطر طبق، قطر ساقه، وزن هزار دانه، درصد روغن، عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص سطح برگ تفاوت معنی‌دار وجود داشت که بیانگر اثر افزایشی در کنترل این صفات است. اثر متقابل تستر × لاین برای صفات ستاره‌ای، روز تا شروع گلدهی، روز تا پایان گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، قطر طبق، قطر ساقه،درصد روغن، عملکرد دانه، عملکرد روغن، شاخص سطح برگ و صفت وزن خشک اندام هوایی تفاوت معنی‌دار بود که بیانگر نقش اثر غالبیت در کنترل این صفات است.

نتایج ترکیب‌پذیری نشان داد که برای اکثر صفات مورد ارزیابی به جز صفت تعداد دانه در طبق در شرایط نرمال سهم هیبریدها بیشتر از سهم لاین‌ها و تسترها بود و برای صفت تعداد دانه در طبق سهم تستر بیشتر از سهم لاین و هیبرید بود. در شرایط خشکی نیز برای اکثر صفات مورد ارزیابی به جز صفات قطر طبق و عملکرد دانه سهم هیبریدها بیشتر از سهم لاین و تستر یود و برای صفات قطر طبق و عملکرد دانه سهم تستر بیشتر از سهم لاین و هیبرید بود. برای صفت تعداد دانه در طبق در شرایط نرمال سهم تستر بیشتر از سهم هیبریدها و لاین‌ها بود. ولی در شرایط تنش سهم هیبرید بیشتر از سهم تستر و لاین‌ها بود. به طوری که تستر R131 با میانگین ۱۵۰۳/۱۶ دانه در شرایط نرمال بالاترین ترکیب‌پذیری عمومی و مثبت را داشت.

برای صفت قطر طبق در شرایط تنش سهم تستر بیشتر از سهم هیبریدها و لاین‌ها بود. به طوری که تستر R131 با مقدار ۱۴/۸۱ سانتی‌متر در شرایط تنش بالاترین ترکیب‌پذیری عمومی و مثبت را داشت.

برای صفت عملکرد دانه در شرایط تنش سهم تستر بیشتر از سهم هیبرید و لاین بود. به طوری که عملکرد دانه برای تستر R131 با میانگین ۳۲۲۷/۷۱ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش بالاترین ترکیب‌پذیری عمومی و مثبت را داشت.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.113]

منابع

1. Abbasi, A., Gh.A. Saeedi, A.M. Rezaee and E. Farrokhi. 2004. Assessment of general combining ability in some sunflower inbred lines. Proceedings of the 8th Iranian Crop Production and Plant Breeding Congress. Aug. 25-27: 309 pp (In Persian).
2. 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).
3. Andarkhor, S.A.A., M. Moghadam and E. Farrokhi Ardebili. 2004. Assessment of general combining of sunflower inbred lines with three male seterility testers on line × tester analysis. Proceedings of the 8th Iranian Crop Production and Plant Breeding Congress, Aug. 25-27, 301 p (In Persian).
4. Andarkhor, S.A.A., N. Mastibege, V. Rameeh, and R.A. Alitabar. 2014. Evaluation of combining ability and heterosis of phenological and morphological traits and seed yield in breeding lines of sunflower using line×tester analysis in summer cropping condition. Journal of Crop Breeding, 6(13) (In Persian).
5. 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. Journal of Crop Breeding, 7: 115-125 (In Persian).
6. Bagheri, A.A. 2013. Te effect of foliar nitrogen and on the qualitative and quantitative characteristics of the Sunflower. MSc. thesis. Faculty of Agriculture, University of Zabol. 110 p (In Persian).
7. Bhoite, K.D., R.B. Dubey, M. Vyas, S.L. Mundra and K.D. Ameta. 2018. Evaluation of combining ability and heterosis for seed yield in breeding lines of sunflower (*Helianthus annuus L.*) using line x tester analysis. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7(5): 1457-1464.
8. Chiuta, N.E. and C.S. Mutengwa. 2020. Combining ability of quality protein maize inbred lines for yield and morpho-agronomic traits under optimum as well as combined drought and heat-stressed conditions. Agronomy, 10(2): 184.
9. Gatto, A.D., L. Mangoni and D. Laureti. 2005. Germplasm with good combining ability for selecting RHA lines in sunflower (*Helianthus annuus* L.) Proceedings of the XLIX Italian Society of Agricultural Genetics Annual Congress Potenza, Italy-12-15 September.
10. Ghaffari, M. and F. Shariati. 2018. Combining ability of sunflower inbred lines under drought stress. Helia, 41(69): 201-212.
11. Ghaffari, M., I. Farrokhi and M. Mirzapour. 2011. Combining ability and gene action for agronomic traits and oil content in sunflower (*Helianthus annuus* L.) using F1 hybrids, Crop Breed Journal, 1: 73-84.
12. Ghaffari, M., M.M. Toorchi, Valizadeh and M.R. Shakiba. 2012. Morpho-physiological screening of sunflower inbred lines under drought stress condition. Turk J Field Crop, 17(2): 185-190.
13. 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.
14. Imran, M., S.A. Saif-ul-Malook, M.A. Nawaz, M.K. Ahabaz, M. Asif and Q. Ali. 2015. Combining ability analysis for yield related traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). American-Eurasian J. Agric. & Environ. Science, 15(3): 424-436.
15. Jocic, S., D. Miladinović and Y. Kaya. 2015. Breeding and genetics of sunflower. In: Sunflower: Chemistry, Production, Processina, and Utilization. AOCS Press, Urbana, Illionois, USA (Eds: Force EM, Dunford DT, Salas JJ), 27-53.
16. Khan, H., H.U. Rahman, H. Ahmad, H. Ali, H.A. Inamullah and M. Alam. 2008. Magnitude of combining ability of sunflower genotypes in different environments. Pakistan Journal of Botany, 40: 151-160.
17. Khani, M., J. Daneshian, H. Zeinalikhah and M.R. Ghanadha. 2005. Genetic analysis of yeild and yield components in sunflower lines using line × tester design in drought stress and non-stress conditions. Iranian Journal of Agronomy Sciences, 36: 435-445 (In Persian).
18. Ortegon, M., A.A. Escabedo and L.Q. Villarreal. 1992. Combining ability of sunflower lines and comparisons among Parent lines and hybrids. Proc. 13th Int. sunflower Conf. (Pisa-Italy). 1178- 193.
19. Rezaeezad, A. and E. Farrokhi. 2004. Evaluation of combining ability in sunflower lines. Proceedings of the 8th Iranian Crop Production and Plant Breeding Congress, Aug. 25-27: 52 pp (In Persian).
20. Robert, G.A., M. Rajasekar and P. Manivannan. 2016. Triazole-induced drought stress amelioration on growth yield, and pigments composition of *Helianthus annuus* L. (sunflower). International Multidisciplinary Research Journal, 5: 6-15.
21. Singh, R.K. and B.D. Chaudhary. 1977. Biometrical methods in quantitative genetics analysis. Kalyani Publisher, New Delhi, Ludhiana, India.
22. Skoric, D. 2009. Sunflower breeding for resistance to abiotic stresses. Helia, 32: 1-15.
23. Tabrizi, M., F. Hassanzadeh, M. Moghaddam, S. Alavikia, S. Aharizad and M. Ghaffari. 2012. Combining ability and gene action in sunflower using line tester method. Journal of Plant Physiology & Breeding, 2(2): 35-44.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.113]

24. Tahir, M.H.N., I. Muhammad and M.K. Hussain. 2002. Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) inbred accessions for drought tolerance. Int. J. Agric. Biol, 3: 398-400.
25. 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.
26. Yadollahi, P., M.R. Asgharipour, H. Marvane, N. Kheiri, and A. Amiri. 2017. The effects of drought stress on grain and oil yield of two cultivars of sunflower. Crop Science Research in Arid Regions, 1(1): 65-76 (In Persian).
27. Yalçın, K.A.Y.A., V. Pekca and N. Cicek. 2015. Effects of drought on morphological traits of some sunflower lines. Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics, 2(2): 54-68.
28. Zohdi Aghdam, M., F. Darvish Kojouri, M. Ghaffari, A. Ebrahimi. 2019. Genetic analysis of morpho-physiological characteristics of sunflower under optimum and limited irrigation conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences, 12(2): 331-346 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.113]

Evaluation of General and Specific Combining Ability of Some Sunflower Inbred Lines under Normal and Drought Stress Condition

Fatemeh Mohammadi[1], Arash Fazeli[2], Asadolah Zareei Siahbidi[3] and Abbas Rezaeizad[4]

1- M.Sc. of Science, Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
2-Associated Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran, (Corresponding Author: a.fazeli@ilam.ac.ir)
3- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education center, AREEO, Kermanshah, Iran
4- Associate Professor, Horticulture Crops Research department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education center, AREEO, Kermanshah, Iran
Received: Jun 27, 2021 Accepted: November 22, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Sunflower is a semi-drought tolerant plant that due to its importance in oil production, the area under cultivation is expanding. But drought stress severely reduces the yield of grain and oil. Therefore, the production and introduction of hybrid cultivars can help increase performance. The first step in the production of hybrid is to identify parents based on their General and Specific combining ability and also to determine the type gene actions.

Material and Methods: In order to investigate the combining ability of sunflowers inbred lines under normal conditions and drought stress, a study using 12 sunflower hybrids obtained from the cross of male sterile and tester lines with two controls, Qasem and Shams, in two separate experiments in the form of The design of randomized complete blocks with three replications was performed under two conditions of normal irrigation and drought stress.

Results: The results of combined analysis of variance of the studied treatments under both normal and drought stress conditions showed that drought stress had a significant effect on all studied traits number of seeds per head. The effect of lines for plant height, oil percentage and head diameter and the effect of testers were significant for most traits except number of seeds per head, which shows a significant difference between the general combinability of lines and testers. Also, line 1 and tester 3 in both normal and stress conditions with a negative and significant combinability for the height of the parent plant is suitable to reduce this trait in the cross. In addition, line × tester interaction had a significant effect on most traits except 1000-seed weight and number of seeds. The Line 1 and Tester 1 with significant positive general combining ability (GCA) effects for grain yields were considered as suitable combiners for improving these traits. So that under normal conditions, hybrid No. 13 with grain yield of 5224 kg / ha had the highest grain yield and under stress conditions of hybrid No. 31 with an average of 3544.6 kg / ha had the highest grain yield.

Conclusion: The general results of this study show that the important traits of grain yield, oil percentage and oil yield are controlled by the dominance gene action, which can be improved by hybridization and best selection of parents in breeding programs.

Keywords: Combining ability, Line, Oil percentage, Sunflower hybrid, Tester

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

[DOI: 10.52547/jcb.13.40.113]