مجله علمی-پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات
جلد ۱۳، شماره ٤، زمستان ۱۳۹٦، صفحات ٤٧-۳۱

ISSN NO: 2008-8485

# بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصیات مورفو- فیزیولوژیکی آفتابگردان تحت شرایط آبیاری مطلوب و محدود

# Evaluation of combining ability morpho-physiological charactristics of sunflower under optimum and limited irrigation condition

مهدی زهدی اقدم[۱*]، فرخ درویش کجوری[۲]، مهدی غفاری[۳] و آسا ابراهیمی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰٤/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۰٦/۲۰

**چکیده**

**بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌ها تحت شرایط آبیاری مطلوب و محدود به‌منظور استفاده والدین در ایجاد واریته‌های هیبرید جدید ضروری است. افزون بر این، نوع وراثت صفات می‌تواند در تصمیم‌گیری برای تعیین روش‌های اصلاحی مناسب و پیش‌بینی میزان پیشبرد ژنتیکی ناشی از گزینش کمک کند. در این پژوهش که در دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹٤ انجام گردید به‌منظور بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در آفتابگردان، پنج لاین نرعقیم و چهار تستر بازگرداننده باروری به‌صورت لاین در تستر در سال ۱۳۹۲ تلاقی داده شدند. هیبریدهای حاصل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار برای آبیاری نرمال و سه تکرار برای تنش بررسی شدند. بر اساس نتایج میانگین مربعات تجزیه مرکب صفات زراعی و فیزیولوژیک تحت شرایط آبیاری محدود، در صفات مختلف معنی‌دار گردید. از نظر عملکرد دانه لاین AGK30 بالاترین GCA مثبت و معنی‌دار و AGK2 بیشترین GCA منفی و معنی‌دار با صفت مذکور داشت. در بررسی تسترها، تستر (RGHK50) بالاترین میزان GCA مثبت و معنی‌دار و تستر (RGHK56) بیشترین GCA منفی و معنی‌داری را با عملکرد داشت در بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی هیبرید (RGHK56×AGK44) بیشترین SCA مثبت و معنی‌دار و همچنین هیبرید (RGHK25× AGK110) بالاترین میزان SCA منفی و معنی‌دار را به خود اختصاص داد. همچنین در بررسی صفات فیزیولوژیک لاین AGK110 قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار و لاین AGK2 قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار با صفت کاتالاز داشت. در بررسی تسترها، تستر RGHK50 بالاترین میزان GCA مثبت و معنی‌دار و تستر RGHK56 قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌داری را با صفت کاتالاز داشت. در بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی هیبرید RGHK46×AGK260 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار و هیبرید (RGHK46× AGK44) بالاترین میزان SCA منفی و معنی‌دار را برای صفت کاتالاز به خود اختصاص داد. همچنین لاین AGK44 قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار و AGK110 قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار با صفت SOD داشت. در بررسی تسترها، تستر RGHK 56 بالاترین میزان GCA مثبت و معنی‌دار و تستر RGHK25 قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌داری را با صفت سوپر اکسید دیسموتاز داشت. در بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی هیبرید (RGHK50× AGK260) بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار و هیبرید (RGHK50× AGK44) بالاترین میزان SCA منفی و معنی‌دار را برای صفت SOD به خود اختصاص داد. در تبیین صفات ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و درصد پرولین تحت شرایط تنش اثر غالبیت نقش بیشتری ایفا کرد. ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق توسط هر دو نوع اثرافزایشی و غالبیت کنترل شدند.**

**کلمات کلیدی: ترکیب‌پذیری خصوصی، ترکیب‌پذیری عمومی، واریانس افزایشی، واریانس غالبیت.**

۱- دانشجوی دکتری واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحدعلوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
۳- موسسه تحقیقات، اصلاح وتهیه نهال وبذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحدعلوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
*- مکاتبه کننده E-mail: mehdizohdi53@yahoo.com



مجله علمی- پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج
www.iau.ir

## مقدمه

آفتابگردان زراعی (*Helianthus annuus*) پس از سویا (*Glycine max*)، کلزا (*Brassica napus*) و بادام زمینی (*Arachis hypogaca*) چهارمین گیاه زراعی یک‌ساله جهان است که به‌خاطر روغن خوراکی آن کشت می‌شود. سطح زیر کشت آفتابگردان روغنی ایران ۱۲۵۰۰ هکتار و ۲۰ هزار هکتار آجیلی در آذربایجان غربی کشت می‌شود و ۱۰۰۰ هزار هکتار هم به‌صورت روغنی است. بذری که مورد استفاده قرار می‌گیرد به‌صورت هیبرید است برخی ایرانی و برخی وارداتی هستند مثل آذرگل و گلشید و از وارداتی‌ها می‌توان به رکورد و وینمیک اشاره نمود. این گیاه پس از ذرت دومین زراعت هیبرید مهم دنیاست و ارقام هیبرید آن با توجه به عملکرد بالا و یکنواختی در رسیدن و دیگر خصوصیات زراعی، تقریباً به‌طور کامل جای ارقام آزادگرده‌افشان را گرفته است (خادم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۳). آفتابگردان یک گیاه دگرگشن است که آن به دلیل (O.P) ارقام آزادگرده‌افشان دگرگشنی به‌تدریج ساختار ژنتیکی خود را از دست می‌دهند بنابراین توجه محققان به تولید ارقام دورگ برای این محصول معطوف گشته است. اصلاح ارقام دورگ پر محصول و پرروغن آفتابگردان که علاوه بر یکنواختی دررسیدن، به بیماری‌ها نیز مقاوم باشند سبب افزایش تولید آن در واحد سطح می‌شود (Aliari, 2000).

اولین و مهم‌ترین گام برای نیل به موفقیت در برنامه اصلاحی تهیه ارقام هیبرید، انتخاب صحیح والدین بر اساس تعیین ترکیب‌پذیری‌های عمومی و خصوصی و نوع اثرات ژنی می‌باشد. غفاری (۱۳۸۵) 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. یکی از ابزارهای اساسی برنامه‌های اصلاح آفتابگردان، ارزیابی ترکیب‌پذیری لاین‌های اینبرد و تعیین سهم اثرات افزایشی و غیر افزایشی واریانس ژنتیکی در کنترل صفات از طریق روش تجزیه لاین در تستر است. اورتگن و همکاران (Orthegen *et al*., 1992) قابلیت ترکیب عمومی و خصوصی معنی‌داری را برای روز تا رسیدگی گزارش نموده و عمل ژن را غیر افزایشی ذکر کردند ولی در مطالعات دیگر برای این صفت قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی معنی‌دار و ماهیت ژن را افزایشی با کمی اثر غیر افزایشی گزارش نمودند (Khan *et al*., 2008). تایگی (Tyagi, 1988) اثر ژن را افزایشی ولی میهالجویچ (Mihaljevic, 1988) برای وزن دانه اثر ژن را افزایشی و غیر افزایشی با اهمیت یکسان گزارش نمودند. مطالعات غفاری و همکاران (Ghaffari *et al*., 2011) حاکی از آن است که قابلیت ترکیب خصوصی برای ارتفاع بوته آفتابگردان بسیار مهم‌تر از قابلیت ترکیب عمومی است.

خان و همکاران (Khan *et al*., 2008) 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. پوت (Putt, 1996) در تلاقی دی آلل لاین‌های اینبرد آفتابگردان، ترکیب‌پذیری خصوصی برای ارتفاع بوته و عملکرد دانه را مهم‌تر از ترکیب‌پذیری عمومی ذکر کرده است که حاکی از اهمیت اثرات غیر افزایشی در کنترل صفات مذکور است. وی برای درصد روغن اثرات افزایشی را مهم‌تر دانست که این امر توسط فیک (Fick, 1975) نیز تأیید شده است. فرخی (۱۳۸۱) نیز نقش اثرات افزایشی را در کنترل درصد روغن آفتابگردان مهم‌تر دانستند.

اورتگن و همکاران (Orthegen *et al*., 1992) و حسن (Hassan, 2001) هر دو نوع اثر افزایشی و غیر افزایشی را در کنترل میزان روغن مؤثر دانسته‌اند. خان و همکاران (Khan *et al*., 2008) برای درصد روغن و ارتفاع بوته در آزمون بدون تنش واریانس افزایشی معنی‌دار برآورد کردند. گانگاپا (Gangappa, 1997) ضمن تأیید اثرات افزایشی در کنترل زمان شروع گلدهی، صفات ارتفاع بوته، قطر طبق، درصد روغن و عملکرد دانهٔ آفتابگردان را تحت تأثیر اثرات غالبیت و وزن هزار دانه و قطر ساقه را تابع هر دو نوع اثرات افزایشی و غالبیت گزارش کردند.

اندرخور و همکاران (۱۳۹۳) در آزمون واریانس ژنتیکی لاین‌های اینبرد آفتابگردان گزارش نمود 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 عملکرد

www.iapb.kiau.ac.ir

دانه و عملکرد روغن دارای ترکیب‌پذیری مثبت معنی‌دار بالا بودند. هدف از این بررسی تعیین اثرات ژنی در لاین‌های موجود و استفاده از نتایج آن در تعیین روش اصلاحی و همچنین تعیین لاین‌های بازگردان باروری و اینبرد لاین‌های برتر و استفاده از آن‌ها در تهیه هیبریدهای پر محصول و برخوردار از صفات مطلوب زراعی بود.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به مدت دو سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوی اجرا گردید. ایستگاه خوی در ۴۴ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۳۸ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شرقی واقع‌شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۰۳ متر است. محل اجرای طرح از اقلیم خشک و سرد برخوردار می‌باشد. حداقل، متوسط و حداکثر دمای سالانه به ترتیب ۳۰-، ۱۲/۵ و ۴۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و متوسط بارندگی سالیانه در این منطقه ۲۹۲/۶ میلی‌متر است.

به‌منظور مشخص شدن برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مرتبط با خاک محل آزمایش قبل از اجرای طرح، نمونه مرکب خاک به‌طور متوسط از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر با استفاده از دستگاه اوگر از چهار قسمت مزرعه محل آزمایش تهیه و به‌منظور تعیین عناصر غذایی، به آزمایشگاه خاک‌شناسی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی ارسال گردید که نتیجه‌ی آن جدول ۱ ارائه شده است.

مواد ژنتیکی مورد استفاده شامل ۲۰ هیبرید سینگل کراس آفتابگردان که در سال ۱۳۹۲ از تلاقی ۴ لاین برگشت‌دهنده باروری به‌عنوان والد پدری با ۵ لاین نرعقیم سیتوپلاسمی به‌عنوان والد مادری حاصل‌شده بود، تشکیل یافت. این مواد در دو آزمایش جداگانه تنش آبی و بدون تنش آبی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی هر کدام با سه تکرار در نیمه دوم خرداد ۱۳۹۳ کشت شد. لاین‌های اینبرد نرعقیم (والد مادری) به‌عنوان لاین و لاین‌های برگشت‌دهنده باروری (والد پدری) به‌عنوان تستر در نظر گرفته شد. منشأ این‌ها ایرانی و در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خوی تولیدشده‌اند. لاین‌ها و تسترهای مورد استفاده به شرح جدول ۲ بود.

قطعه زمین مورد نظر جهت انجام آزمایش در پاییز سال ۱۳۹۲ شخم زده شد. عملیات بعدی شامل شخم سطحی و دیسک زنی در اواخر فروردین سال ۱۳۹۳ صورت گرفت. پخش کودهای پایه مورد نیاز بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه‌های بخش تحقیقات آب‌وخاک در حدود ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (در ۳ نوبت: یک‌سوم در زمان شخم، یک‌سوم در مرحله ۵ برگی و یک‌سوم قبل از گلدهی)، ۱۰۰ الی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم (قبل از کاشت) مصرف شد. پس از کاشت و استقرار بوته‌ها در مرحله ۲ تا ۴ برگی تنک و زمانی که ارتفاع بوته‌ها۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری بود وجین انجام گرفت.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Experiment local soil physical and chemical properties

| ٪ شن sand | ٪ سیلت Silt | ٪ رس Clay | اسیدیته pH | ٪ اشباع خاک Soil saturation | فسفر قابل جذب P available (ppm) | پتاسیم قابل جذب K available (ppm) | آهن قابل جذب Fe available (ppm) | ٪ نیتروژن کل Total N | ٪ کربن آلی OC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25-27 | 42-45 | 26-28 | 7-7.5 | 42-46 | 10-15 | 300-400 | 4-5 | 0.007-0.1 | 0.5-1 |
| 18 | 36 | 46 | 7.8 | 46 | 9.4 | 361 | 4.9 | 0.008 | 0.87 |

جدول ۲- لاین ها و تسترهای مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Used lines and testers in experiment

| لاین ها | AGK 2 | AGK 30 | AGK 44 | AGK 110 | AGK 260 |
|---|---|---|---|---|---|
| تسترها | RGHK25 | RGHK46 | RGHK50 | RGHK56 | |

### محتوای رطوبت نسبی

برای اندازه‌گیری مقدار نسبی آب (RWC) در آزمایشگاه وزن تازه تعیین و سپس نمونه‌ها در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت

www.jagb.kiau.ac.ir

در دمای اتاق و در تاریکی قرارگرفته و متعاقب آن وزن آماس تعیین شد. در مرحله بعد نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفته و خشک شدند. RWC از فرمول زیر به دست آمد:

Fw: وزن تر گیاه، Dw: وزن خشک گیاه، tw: وزن گیاه در حالت اشباع (آماس)

$$\%RWC= [Fw-dw]/[tw-dw]\times100$$

## اندازه‌گیری شاخص سطح برگ

در پایان گلدهی از هر خط به تصادف پنج بوته انتخاب و با اندازه‌گیری طول و عرض تمام برگ‌ها، سطح کلیه برگ‌های بوته‌های انتخابی از رابطه (ضریب ثابت ۰.۶۸× عرض برگ× طول برگ= سطح برگ) محاسبه شد (Rao and Saran, 1991) سپس میانگین سطح برگ یک بوته را محاسبه نموده و با ضرب کردن آن در تراکم بوته در هر مترمربع، شاخص سطح برگ به دست می‌آید.

## اندازه‌گیری میزان کلروفیل

برای اندازه‌گیری کلروفیل از روش Arnon (1967) به شرح زیر استفاده گردید:

۱ - مقدار یک گرم از ماده تر گیاهی را در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع آن را خردکرده و سپس به‌خوبی له شدند.

۲- ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ به نمونه اضافه، سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به بالن شیشه ای منتقل شد.

۳- مقداری از نمونه داخل بالن را در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس به‌طور جداگانه در طول‌موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ برای کارتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر مقدار جذب قرائت شد.

۴- در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a و b برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به دست می‌آید.

Chlorophyll a = (19.3 * A663 - 0.86 * A645) V/100W

Chlorophyll b = (19.3 * A645 - 3.6 * A663) V/100W

V= جم محلول صاف‌شده

A = جذب نور در طول‌موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر

W= وزن تر نمونه برحسب گرم

## نحوه اندازه‌گیری فعالیت کاتالاز

برای سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز به روش Luhova *et al.*, (2007) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر در مدت ۳۰ ثانیه استفاده گردید. همچنین در آن بافر فسفات سدیم ۲۰ میلی مولار با pH معادل ۷ و ۲۰ میکرولیتر هیدروژن پراکساید ۳۰ درصد به‌عنوان پذیرنده الکترون مورداستفاده قرار گرفت. میزان فعالیت کاتالاز هم برحسب واحد در میلی‌گرم پروتئین بیان گردید.

## سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بر اساس روش Beauchamp and Fridovich (1971) انجام شد. محلول واکنش در حجم نهایی یک میلی‌لیتر برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز شامل ۸۳۵ میکرولیتر بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی مولار با pH=8 و ۳۳ میکرولیتر اتیلن دی آمین‌تترااستیکاسید ۳ میلی‌مولار، ۳۳ میکرولیتر نیتروبلوتترازولیوم ۰/۷۵ میلی‌مولار، ۳۳ میکرولیتر زانتین ۳ میلی‌مولار، ۳۳ میکرولیتر محلول رقیق شده آنزیم زانتین اکسیداز و ۳۳ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. تغییرات جذب محلول واکنش نسبت به شاهد به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز براساس واحد بر میلی‌گرم پروتئین بیان گردید.

## روش اندازه‌گیری پرولین

برای اندازه‌گیری پرولین از روش Bates (1973) به شرح زیر استفاده گردید:

۰/۵ گرم ماده تر گیاهی را با هاون خردشده و درون یک تیوب ریخته شد، سپس ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳٪ آماده‌شده را به آن اضافه نموده و نمونه را درون یخ قرار داده شد. تیوب را در ۱۵۰۰۰ دور به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ نموده تا مواد اضافی از محلول جدا گردید. می‌توان به‌جای سانتریفیوژ از قیف شیشه‌ای و کاغذ صافی برای صاف کردن نمونه‌ها استفاده کرد. مقدار ۲ میلی‌لیتر از عصاره صاف‌شده را درون تیوب جدید ریخته و ۲ میلی‌لیتر اسید نایین

www.japb.kiau.ac.ir

هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن افزوده و سپس خوب مخلوط شد. هم‌زمان مقدار ۲ میلی‌لیتر از محلول‌های استاندارد صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پرولین را درون تیوب‌های جدید ریخته و ۲ میلی‌لیتر اسید نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن‌ها افزوده و سپس خوب مخلوط شد. نمونه‌ها را در حمام آب گرم به مدت ۱ ساعت حرارت داده و سپس درون حمام یخ قرار داده شد. مقدار ۴ میلی‌لیتر تولوئن به محلول اضافه نموده و آن را به مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتکس به‌هم زده شد. استانداردهای پرولین محلول در فاز تولوئن را به‌اندازه لازم در کووت دستگاه اسپکتروفتومتر ریخته و مقدار پرولین را در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید.

## برآورد اجزای واریانس ژنتیکی

جهت تجزیه واریانس و برآورد اجزای واریانس ژنتیکی روش لاین در تستر و با استفاده از روابط زیر استفاده شد (Kempthorne, 1957):

$$\mathrm{cov}(H.S)_l = \frac{(m_l - m_{lt})}{tr}$$

$$\mathrm{cov}(H.S)_t = \frac{(m_t - m_{lt})}{lr}$$

$$\mathrm{cov}(H.S)average = \frac{1}{r(2lt-l-t)}\left[\frac{(l-1)m_l+(t-1)m_t}{l+t-2} - m_{lt}\right]$$

که در این روابط l تعداد لاین‌ها و t تعداد تسترها، r تعداد تکرار و mL میانگین مربعات لاین، mT میانگین مربعات تستر می‌باشد.

$$\sigma^2_{gca} = \mathrm{cov}HS$$

$$\sigma^2_{sca} = \mathrm{cov}FS - 2\mathrm{cov}HS$$

$$F=1 \rightarrow \sigma^2_{gca} = \frac{1+F}{4}\sigma^2_A$$

$$\sigma^2_{gca} = \frac{1}{2}\sigma^2_A \rightarrow \sigma^2_A = 2\sigma^2_{gca} = 2\mathrm{cov}HS \quad \sigma^2_{sca} = \sigma^2_D$$

$\sigma^2_{gca}$ و $\sigma^2_{sca}$ به ترتیب قابلیت ترکیب عمومی و خصوصی می‌باشد.

## برآورد اثرات GCA و SCA

برآورد اثر ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های بازگردان باروری، اینبرد لاین‌ها، ترکیب‌پذیری عمومی نسبی و ترکیب‌پذیری خصوصی به ترتیب با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Kempthorne,1957):

$$g_i = \frac{x_{i..}}{tr} - \frac{x_{...}}{ltr}$$

$$g_t = \frac{x_{.j.}}{lr} - \frac{x_{...}}{ltr} \qquad s_{ig} = \frac{x_{ij.}}{r} - \frac{x_{i..}}{tr} - \frac{x_{.j.}}{lr} + \frac{x_{...}}{ltr}$$

که در آن gi ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها، gt ترکیب‌پذیری عمومی تسترها و sij ترکیب‌پذیری خصوصی لاین با تستر، xi00 مجموع لاین iام، x0j0 مجموع ارزش‌های تسترjام، xij مجموع ارزش حاصل از تلاقی iام با تستر jام و x000 مجموع کل است.

## برآورد خطای استاندارد

برای لاین‌ها

$$S.E = \sqrt{\frac{MSE}{rt}}$$

برای تسترها

$$SE = \sqrt{\frac{MSE}{rl}}$$

برای هیبریدها

$$SE = \sqrt{\frac{MSE}{r}}$$

## محاسبات آماری

برای محاسبات آماری طرح و تجزیه داده‌ها از نرم‌افزارهای Excel و SPSS و MSTAT-C و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد و تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس امید ریاضی میانگین داده‌ها انجام گرفت.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای صفات مختلف در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که میانگین مربعات برای کلیه صفات معنی‌دار بود. قابل‌توجه است که یکی از صفات اصلاحی در آفتابگردان پاکوتاهی است و نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از معنی‌دار بودن ترکیب‌پذیری عمومی برای لاین‌ها و تسترها و همچنین ترکیب‌پذیری خصوصی (لاین × تستر) بر روی ارتفاع بود (جدول ۳).

میانگین مربعات لاین‌ها برای صفات ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار، پرولین، کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، کلروفیل a، کلروفیل b، عملکرد دانه و عملکرد روغن

www.iapb.kiau.ac.ir

معنی‌دار گردید. معنی‌داری صفات مذکور، این موضوع را بیان می‌دارد که تفاوت معنی‌داری در ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها برای این صفات وجود دارد و معنی‌داری ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها نشان از اثرات افزایشی ژن‌ها دارد اندرخور و همکاران (۱۳۹۳) گزارش مشابهی را ارائه نمودند. با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) میانگین مربعات تسترها برای صفات تعداد دانه در طبق، پرولین، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، کلروفیل a، کلروفیل b هم در شرایط نرمال و هم در شرایط تنش معنی‌دار گردید که حاکی از معنی‌دار بودن قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی تسترها برای این صفات می‌باشد. معنی‌داری قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی تسترها نشان از اثرات افزایشی ژن‌ها دارد که با گزارش‌های رضائی‌زاد و فرخی (Rezaeezad&Farrokhi, 2004) مشابهت دارد. همچنین با توجه به (جدول ۳) میانگین مربعات لاین × تستر نیز برای صفات ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، پرولین، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، کلروفیل a، کلروفیل b، عملکرد دانه و عملکرد روغن در هر دو شرایط نرمال و تنش معنی‌دار می‌باشد که معنی‌داری این صفات نشان‌دهنده معنی‌داری قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی هیبریدها برای این صفات می‌باشد. که نشان از اثرات غالبیت ژن‌ها دارد. آبلاردو و همکاران (Abelardo *et al*., 2006) نیز نتایج مشابهی گزارش نمودند.

در بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها (جدول ۴) بهترین لاین‌ها برای صفت ارتفاع بوته AGK2 و AGK30 بودند که بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار را با صفت مذکور در شرایط نرمال و تنش را داشتند که ترکیب پذیرندگی منفی و معنی‌دار برای ارتفاع بوته یک صفت اصلاحی مطلوبی تلقی می‌شود. همچنین لاین AGK44 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری را در شرایط نرمال داشت. در بررسی سایر صفات لاین AGK30 برای قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد روغن دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری در شرایط تنش بود اما در شرایط نرمال AGK2 دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار با صفت وزن هزار دانه داشت که می‌توان از این هیبرید در شرایط نرمال به‌عنوان لاین برتر انتخاب نمود. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج گوری و همکاران (Gouri *et al*., 2007) مشابهت دارد. همچنین لاین AGK44 برای صفات رطوبت نسبی و سوپر اکسید دیسموتاز بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار و برای صفت پرولین، کلروفیل a، کلروفیل b لاین AGK110 بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار را در شرایط تنش و نرمال داشت که می‌توان لاین برتر به‌حساب آورد، همچنین لاین و نشان از اثرات افزایشی ژن‌ها دارد. فرخی و همکاران (Farrokhi *et al*., 2008) گزارش مشابهی ارائه کردند. در بررسی تسترها برای صفت ارتفاع بوته تستر RGKH50 و RGKH25 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌داری را در شرایط نرمال بود که می‌توان برای صفت مذکور اصلاح انجام داد. همچنین تستر RGHK25 برای صفات قطر طبق و تعداد دانه در طبق دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری در شرایط تنش و نرمال بودند. همچنین، تستر RGHK56 بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری در شرایط تنش و نرمال داشت و برای صفت پرولین تستر RGHK46 دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار در شرایط تنش بود. تسترهای RGHK50 و RGHK56 برای صفات کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری در شرایط تنش بودند که با نتایج کاراسو (Karasu, 2010) و غفاری و همکاران (Ghaffari *et al*., 2011) مشابهت دارد. همچنین تستر RGHK56 بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری با صفت کلروفیلa در شرایط تنش و نرمال داشت و تستر RGHK25 بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری با صفت کلروفیل b در شرایط تنش و تستر RGHK56 در شرایط نرمال داشت. تستر RGHK50 و RGHK25 نیز بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری با صفت عملکرد دانه و عملکرد روغن تحت شرایط تنش و نرمال را داشت (جدول ۵)، که نتایج به‌دست‌آمده با گزارش‌های اورتیس و همکاران (Ortis *et al*., 2005) و موهاناسوندارما (Mohanasundaram, 2010) مشابهت دارد.

در بررسی هیبریدها، هیبرید RGHK46×RGK260 و RGHK46×RGK30 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار را برای صفت ارتفاع بوته به خود اختصاص داد که می‌توان به‌عنوان هیبرید برتر شناسایی نمود و هیبرید

www.japb.kiau.ac.ir

RGHK25×RGK260 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار برای صفت قطر طبق در شرایط تنش داشت که هیبرید خوبی به لحاظ گزینش محسوب می‌شود و هیبرید RGHK50×RGK30 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار برای صفت قطر طبق در شرایط نرمال داشت. برای صفت تعداد دانه در طبق هیبرید RGHK50×RGK260 دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار بود که هیبرید خوبی در شرایط تنش محسوب می‌شود و هیبرید RGHK25×RGK30 دارای بیشترین قابلیت خصوصی در شرایط نرمال محسوب شد. برای صفت وزن هزار دانه هیبرید RGHK56×RGK44 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار در شرایط تنش و هیبرید RGHK25×RGK44 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار را در شرایط نرمال داشت. برای صفت رطوبت نسبی هیبرید RGHK50×RGK30 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار را در شرایط تنش و هیبرید RGHK56×RGK2 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی را در شرایط نرمال داشت. در بررسی صفت پرولین هیبرید RGHK56×RGK2 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار در شرایط تنش داشت که هیبرید خوبی در شرایط تنش محسوب می‌شود همچنین هیبرید RGHK46×RGK260 دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار برای صفت کاتالاز در شرایط تنش و نرمال بود. در بررسی صفت سوپراکسید دیسموتاز هیبرید RGHK50×RGK260 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار را در شرایط تنش و نرمال داشت. همچنین هیبرید RGHK46×RGK30 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار برای صفت کلروفیل a در شرایط تنش و هیبرید RGHK46×RGK260 در شرایط نرمال را به خود اختصاص داد. در بررسی صفت کلروفیل b هیبرید RGHK50×RGK44 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار را در شرایط تنش و هیبرید RGHK46×RGK30 بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی را در شرایط نرمال داشت. همچنین، هیبرید RGHK56×RGK44 دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار برای صفت عملکرد دانه و عملکرد روغن تحت شرایط تنش بودند و هیبریدهای GHK50×RGK30 و RGHK25×RGK44 به ترتیب برای صفت عملکرد دانه و عملکرد روغن بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی را در شرایط نرمال داشتند که حاکی از اثرات غیر افزایشی ژن‌ها یا همان اثرات غالبیت است که آسیش و همکاران (Asish *et al*., 2009) نیز گزارش‌های مشابهی را داشتند و همچنین هیبرید RGHK25×RGK2 بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار برای صفت کلروفیل a و هیبریدRGHK50×RGK44 برای کلروفیل b را تحت شرایط تنش را به خود اختصاص دادند. نتایج به‌دست‌آمده با گزارش‌های دیگر محققین مشابهت داشت (Skoric *et al*., 2009; Tan, 2010).

## نتیجه‌گیری کلی

علت اجرای آزمایش در دو شرایط مطلوب و تنش این بود که شرایط مطلوب به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد که در آن نیز هیبریدها موردبررسی قرار گرفتند و بهترین هیبریدها شناسایی گردیدند و از طرفی با توجه به اینکه با خشک‌سالی مواجه هستیم وهم کشور در شرایط خشک و نیمه‌خشک واقع‌شده لذا در شرایط تنش نیز بررسی گردیده تا هیبریدهای مقاوم نیز شناسایی گردد. در بررسی لاین‌ها به لحاظ قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی تحت شرایط تنش درمجموع لاین‌های AGK30 و AGK44 بهترین لاین بودند. در بررسی تسترها به لحاظ قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی تحت شرایط تنش درمجموع تسترهای RGHK25 و RGHK50 بهترین تسترها بودند. در بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی تحت شرایط تنش برای صفت عملکرد هیبرید (RGHK56×A44) بهترین هیبرید محسوب شد که هیبریدهای موردبررسی برای اولین بار موردبررسی قرار گرفتند و از بین آن‌ها هیبرید مقاوم و دارای عملکرد مطلوب در شرایط تنش مورد گزینش قرارگرفته است که می‌توان از طریق گزینش برای اصلاح آن‌ها استفاده کنیم.

www.iapb.kiau.ac.ir

جدول ۳- میانگین مربعات تجزیه مرکب صفات زراعی و فیزیولوژیک تحت شرایط آبیاری مطلوب (NS) و تنش (S)

Table 3. Summary of combined analysis of variance for sunflower characters in the line×tester cross under optimum (NS) and water limited conditions (S)

| SOV | df | ارتفاع بوته (cm) Plant height | | قطر طبق (cm) Head diameter | | تعداد دانه در طبق Seed number head | | وزن هزار دانه (g) 1000 seed weight | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | S | NS | S | NS | S | NS | S | NS |
| Year | 1 | 19.20ns | 147.40ns | 1.50ns | 45.53** | 11623.00ns | 27694.40ns | 50.83ns | 151.65ns |
| R/Y | 4 | 1005.11 | 447.28 | 4.11 | 14.12 | 5851.79 | 11889.13 | 23.53 | 67.41 |
| Line | 4 | 321.90* | 2378.02** | 11.06** | 5.42** | 54145.74** | 432882.33** | 3.19** | 31.05** |
| L×Y | 4 | 103.42ns | 125.22ns | 2.85** | 0.40ns | 663.88ns | 295.24ns | 0.70ns | 0.79ns |
| Tester | 3 | 742.96** | 350.49ns | 8.57** | 2.14ns | 6257.80** | 110909.47** | 2.05ns | 11.24** |
| T × Y | 3 | 93.55ns | 21.23ns | 2.06** | 0.90ns | 193.98ns | 160.69ns | 1.58ns | 0.62ns |
| L × T | 12 | 149.76** | 967.37** | 3.95** | 12.77** | 25796.53** | 143861.35** | 2.99** | 10.12** |
| L×T×Y | 12 | 16.81ns | 45.96ns | 0.76ns | 0.48ns | 1062.63ns | 461.28ns | 1.08ns | 0.48ns |
| Error | 76 | 68.66 | 133.23 | 0.42 | 0.79 | 7923.11 | 448.73 | 1.77 | 1.45 |
| CV % | | 6.34 | 6.71 | 4.48 | 7.67 | 19.44 | 3.86 | 4.07 | 2.82 |

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively

ادامه جدول ۳- میانگین مربعات تجزیه مرکب صفات زراعی و فیزیولوژیک تحت شرایط آبیاری مطلوب (NS) و تنش (S)

Table 3 (continued). Summary of combined analysis of variance for sunflower characters in the line×tester cross under optimum (NS) and water limited conditions (S)

| SV | Df | رطوبت نسبی % RWC | | پرولین %Proline | | کاتالاز (واحد در میلی گرم پروتئین) CAT(Unit per mg protein) | | سوپر اکسید دیسموتاز (واحد در میلی گرم پروتئین) SOD(Unit per mg protein) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | S | NS | S | NS | S | NS | S | NS |
| Year | 1 | 0.43ns | 290.87ns | 20.83ns | .033ns | 3.35ns | 14.58ns | 141.41* | 7.96ns |
| R/Y | 4 | 34.10 | 103.43 | 89.63 | 23.98 | 117.92 | 132.61 | 34.78 | 87.06 |
| Line | 4 | 11.87ns | 49.16** | 935.24** | 219.63** | 92.61** | 386.26** | 824.87** | 228.72** |
| L×Y | 4 | 8.30ns | 5.76ns | 15.66ns | 4.72ns | 9.83ns | 5.19ns | 0.04ns | 1.68ns |
| Tester | 3 | 17.09ns | 80.62** | 297.83** | 9.93* | 588.75** | 109.76** | 207.78** | 64.07** |
| T × Y | 3 | 20.33ns | 7.09ns | 4.23ns | 2.90ns | 0.70ns | 2.34ns | 0.59ns | 0.31ns |
| L × T | 12 | 10.64ns | 42.58** | 437.31** | 113.48** | 590.35** | 603.15** | 1189.34** | 349.34** |
| L×T×Y | 12 | 13.35ns | 12.59** | 18.06ns | 11.64ns | 4.73ns | 6.77ns | 0.34ns | 2.34* |
| Error | 76 | 12.16 | 11.85 | 12.44 | 7.39 | 8.67 | 15.05 | 2.72 | 1.09 |
| CV % | | 5.41 | 4.35 | 6.06 | 8.84 | 3.83 | 6.65 | 3.10 | 3.63 |

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively

www.iaub.kiau.ac.ir

ادامه جدول ۳- میانگین مربعات تجزیه مرکب صفات زراعی و فیزیولوژیک تحت شرایط آبیاری مطلوب (NS) و تنش (S)

Table 3 (continued). Summary of combined analysis of variance for sunflower characters in the line×tester cross under optimum (NS) and water limited conditions (S)

| SOV | df | کلروفیل a (mg/g) Chlorophyll a | | کلروفیل b (mg/g) Chlorophyll b | | عملکرد دانه (kg/h) Seed yield | | عملکرد روغن (kg/h) Oil yield | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | S | NS | S | NS | S | NS | S | NS |
| Year | 1 | 3.76ns | 12.66ns | 7.25** | 0.07ns | 183300.83ns | 545940.30ns | 54502.88ns | 177356.78ns |
| R/Y | 4 | 3.29 | 9.41 | 0.22 | 1.65 | 84758.93 | 242684.40 | 22602.84 | 71202.17 |
| Line | 4 | 0.92** | 5.64** | 8.35** | 6.89** | 11535.90** | 111801.45** | 3069.07* | 32650.45** |
| L×Y | 4 | 0.15ns | 0.47* | 0.02ns | 0.25ns | 2525.25ns | 2858.55ns | 929.18ns | 6295.66ns |
| Tester | 3 | 0.47** | 4.85** | 2.23** | 3.69* | 7352.47ns | 40494.70** | 2050.69ns | 15960.13** |
| T × Y | 3 | 0.06ns | 0.78** | 0.24ns | 0.64ns | 5702.87ns | 2258.70ns | 1344.69ns | 3367.11ns |
| L × T | 12 | 1.28ns | 2.00** | 1.21** | 1.89** | 10802.83** | 36461.45** | 3347.31** | 9831.77** |
| L×T×Y | 12 | 0.09ns | 0.58** | 0.08ns | 0.37ns | 3917.73ns | 1742.95ns | 1116.21ns | 1463.52ns |
| Error | 76 | 0.17 | 0.16 | 0.09 | 0.24 | 6393.60 | 5234.71 | 2094.63 | 3156.10 |
| CV % | | 7.8 | 3.42 | 9.75 | 7.81 | 4.07 | 2.82 | 4.54 | 3.97 |

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively

جدول ۴- قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها تحت شرایط آبیاری مطلوب (NS) و تنش (S)

Table 4. General combining ability for CMS lines of sunflower in the line × tester analysis under optimum (NS) and water limited conditions (S)

| CMS | ارتفاع بوته (cm) Plant height | | قطر طبق (cm) Head diameter | | تعداد دانه در طبق Seed number head | | وزن هزار دانه (g) 1000 seed weight | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S | NS | S | NS | S | NS | S | NS |
| AGK2 | -4.48** | -8.48** | 1.96** | 0.48ns | -132.12** | 408.58** | -0.66** | 2.70** |
| AGK30 | -9.73** | -26.07** | 1.76** | 0.07ns | 135.47** | -0.92ns | 1.18** | -0.92** |
| AGK44 | 9.35** | -1.73ns | 0.21* | 0.68ns | 10.05ns | -110.08** | -0.53* | 1.49** |
| AGK110 | 1.93ns | 8.85ns | -0.44** | 0.43ns | 0.38ns | 31.83ns | -0.1ns | -3.22** |
| AGK260 | 2.93* | 27.43** | 0.44** | -1.65ns | -13.78ns | -329.42** | 0.11ns | -0.05ns |
| SE (GCA) | 2.39 | 3.33 | 0.18 | 0.48 | 25.69 | 6.11 | 0.38 | 0.34 |
| SE(gi-gj) | 3.38 | 4.71 | 0.26 | 0.68 | 36.33 | 8.64 | 0.54 | 0.49 |

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively

www.iripbkiau.ac.ir

ادامه جدول ۴- قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها تحت شرایط آبیاری مطلوب (NS) و تنش (S)

Table 4 (continued ). General combining ability for CMS lines of sunflower in the line × tester analysis under optimum (NS) and water limited conditions (S)

| CMS | رطوبت نسبی % RWC | | پرولین %Proline | | کاتالاز (واحد در میلی‌گرم پروتئین) CAT (Unit per mg protein) | | سوپر اکسید دیسموتاز (واحد در میلی‌گرم پروتئین) SOD (Unit per mg protein) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S | NS | S | NS | S | NS | S | NS |
| AGK2 | -0.65ns | -4.65** | -18.78** | -9.20** | -6.12** | -12.71** | -7.60** | 0.42ns |
| AGK30 | 1.05* | 1.88** | 14.13** | 6.63** | 1.64** | 3.54** | 0.41ns | -1.05** |
| AGK44 | 2.32** | -0.88ns | 4.38** | 2.55** | -015ns | 3.46** | 20.12** | 10.22** |
| AGK110 | 0.95ns | 2.14** | 4.95** | -2.37** | 4.65** | 8.10** | -7.76** | -4.56** |
| AGK260 | 0.32ns | 1.50** | 5.52** | 2.38** | -0.02ns | -2.40** | -5.18** | -5.04** |
| SE (GCA) | 1 | 0.99 | 1.01 | 0.78 | 0.85 | 1.11 | 0.47 | 0.3 |
| SE(gi-gj) | 1.42 | 1.40 | 1.44 | 1.11 | 1.20 | 1.58 | 0.67 | 0.42 |

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively

ادامه جدول ۴- قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌ها تحت شرایط آبیاری مطلوب (NS) و تنش (S)

Table 4 (continued). General combining ability for CMS lines of sunflower in the line × tester analysis under optimum (NS) and water limited conditions (S)

| CMS | کلروفیل a (mg/g) Chlorophyll a | | کلروفیل b (mg/g) Chlorophyll b | | عملکرد دانه (kg/h) Seed yield | | عملکرد روغن (kg/h) Oil yield | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S | NS | S | NS | S | NS | S | NS |
| AGK2 | -0.36** | -0.85** | -0.76** | -0.93** | 39.37** | 161.80** | -23.25** | 73.24** |
| AGK30 | 0.04ns | -0.25ns | -0.66** | -0.21** | 70.80** | -55.20** | 34.78** | -47.01** |
| AGK44 | -0.33** | -0.91** | -0.64** | -0.71** | -32.37* | 89.30** | -12.91ns | 68.88** |
| AGK110 | 0.61** | 1.27** | 2.04** | 1.79** | -5.87ns | -193.20** | -5.82ns | -97.73** |
| AGK260 | 0.03ns | 0.74** | 0.03** | 0.06ns | 6.80ns | -2.70ns | 7.89ns | 2.61ns |
| SE (GCA) | 0.12 | 0.11 | 0.089ns | 0.14 | 23.08 | 20.88 | 13.21 | 16.21 |
| SE(gi-gj) | 0.17 | 0.16 | 0.12 | 0.2 | 18.68 | 22.93 | 32.64 | 29.53 |

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively

www.iabb.kiau.ac.ir

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)

| Restorer | ارتفاع بوته (cm) Plant height | | قطر طبق (cm) Head diameter | | تعداد دانه در طبق Seed number head | | وزن هزار دانه (g) 1000 seed weight | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S | NS | S | NS | S | NS | S | NS |
| RGHK25 | 10.43** | -2.25** | 1.11** | 0.73** | 38.45** | 145.18** | 0.17ns | -0.01ns |
| RGHK46 | 6.43** | 0.55** | -1.45** | -0.51* | -27.42* | 50.78** | -0.45* | -0.32* |
| RGHK50 | 9.97** | -7.32** | 0.03ns | 0.04ns | -15.82ns | -125.42** | 0.66** | 1.64** |
| RGHK56 | 6.90** | 9.02** | 0.3** | -0.25ns | 4.78ns | -70.55** | -0.39* | -1.31** |
| SE (GCA) | 2.13 | 2.98 | 0.16 | 0.43 | 22.98 | 5.46 | 0.34 | 0.31 |
| SE(gi-gj) | 3.02 | 4.21 | 0.23 | 0.61 | 32.50 | 7.73 | 0.48 | 0.44 |

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively

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

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

| Restorer | رطوبت نسبی % RWC | | پرولین %Proline | | کاتالاز (واحد در میلی‌گرم پروتئین) CAT (Unit per mg protein) | | سوپر اکسید دیسموتاز SOD (Unit per mg protein) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S | NS | S | NS | S | NS | S | NS |
| RGHK25 | -0.86ns | -3.82** | -4.10** | -0.53ns | -4.63** | -0.37ns | -4.44** | -2.29** |
| RGHK46 | 0.94* | -1.13* | 9.37** | -0.20ns | 1.29** | -2.56** | -3.72** | -1.06** |
| RGHK50 | -1.65** | 3.92** | -3.23** | -0.93* | 11.84** | 5.52** | 1.24** | -0.94** |
| RGHK56 | 1.58** | 1.03* | -2.03** | 1.67** | -8.50** | -2.59** | 6.93** | 4.29** |
| SE (GCA) | 0.9 | 0.88 | 0.91 | 0.7 | 0.76 | 1.00 | 0.42 | 0.27 |
| SE(gi-gj) | 1.27 | 1.25 | 1.28 | 0.99 | 1.07 | 1.41 | 0.6 | 0.38 |

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively

www.iapb.kiau.ac.ir

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

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

| Restorer | کلروفیل a (mg/g) Chlorophyll a | | کلروفیل b (mg/g) Chlorophyll b | | عملکرد دانه (kg/h) Seed yield | | عملکرد روغن (kg/h) Oil yield | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S | NS | S | NS | S | NS | S | NS |
| RGHK25 | 0.28** | 0.03** | 0.57** | 0.3** | 10.43ns | -0.5ns | 4.88ns | -9.63ns |
| RGHK46 | -0.1ns | -0.99** | -0.74** | -1.05** | -27.03* | -19.30* | -6.23ns | -24.90** |
| RGHK50 | -0.3** | -0.03ns | 0.05ns | 0.26** | 39.63** | 98.30** | 20.13** | 67.44** |
| RGHK56 | 0.12* | 0.98** | 0.13** | 0.49** | -23.03* | -78.50** | -18.77** | -32.92** |
| SE (GCA) | 0.1 | 0.1 | 0.08 | 0.12 | 20.64 | 18.68 | 11.81 | 14.50 |
| SE(gi-gj) | 0.15 | 0.14 | 0.11 | 0.17 | 16.71 | 20.51 | 29.19 | 26.41 |

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively

جدول ۶- قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی لاین‌ها با تسترها تحت شرایط آبیاری مطلوب (NS) و تنش (S)

Table 6. Specific combining ability for 20 hybrids of sunflower in the line × tester analysis under optimum (NS) and water limited conditions (S)

| CMS | Restorer | ارتفاع بوته (cm) Plant height | | قطر طبق (cm) Head diameter | | تعداد دانه در طبق Seed number head | | وزن هزار دانه (g) 1000 seed weight | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | S | NS | S | NS | S | NS | S | NS |
| AGK2 | RGHK25 | $9.15^{**}$ | $-1.58^{ns}$ | $-1.81^{**}$ | $1.85^{**}$ | $0.05^{ns}$ | $112.15^{**}$ | $1.97^{**}$ | $-2.75^{**}$ |
| AGK30 | RGHK25 | $6.48^{**}$ | $5.62^{ns}$ | $-0.26^{ns}$ | $0.99^{**}$ | $-16.75^{ns}$ | $324.55^{**}$ | $-0.56^{ns}$ | $0.30^{ns}$ |
| AGK44 | RGHK25 | $-8.12^{**}$ | $-16.48^{**}$ | $2.43^{**}$ | $-2.05^{**}$ | $-22.67^{ns}$ | $-339.25^{**}$ | $0.05^{ns}$ | $3.97^{**}$ |
| AGK110 | RGHK25 | $-7.52^{**}$ | $-20.52^{**}$ | $-0.36^{ns}$ | $-1.79^{**}$ | $39.38^{ns}$ | $-97.45^{**}$ | $-1.46^{**}$ | $-1.52^{**}$ |
| AGK260 | RGHK25 | $4.40^{ns}$ | $-25.67^{**}$ | $2.59^{**}$ | $0.64^{ns}$ | $103.80^{**}$ | $253.65^{**}$ | $-0.99^{*}$ | $2.37^{**}$ |
| AGK2 | RGHK46 | $5.07^{*}$ | $10.87^{**}$ | $-0.63^{**}$ | $0.62^{ns}$ | $-86.33^{**}$ | $-340.95^{**}$ | $0.64^{ns}$ | $-0.72^{*}$ |
| AGK30 | RGHK46 | $-11.87^{**}$ | $4.40^{ns}$ | $-1.02^{**}$ | $-1.53^{**}$ | $-29.93^{ns}$ | $-135.08^{**}$ | $-0.81^{*}$ | $-0.31^{ns}$ |
| AGK44 | RGHK46 | $2.40^{ns}$ | $10.40^{**}$ | $-0.94^{**}$ | $0.27^{ns}$ | $12.47^{ns}$ | $222.38^{**}$ | $1.17^{**}$ | $-1.33^{**}$ |
| AGK110 | RGHK46 | $0.98^{ns}$ | $-24.67^{**}$ | $-1.12^{**}$ | $0.15^{ns}$ | $-89.45^{**}$ | $203.48^{**}$ | $0.53^{ns}$ | $0.66^{ns}$ |
| AGK260 | RGHK46 | $-18.02^{**}$ | $-10.47^{**}$ | $0.74^{**}$ | $-4.97^{**}$ | $-14.25^{ns}$ | $-416.45^{**}$ | $-1.05^{*}$ | $-3.33^{**}$ |
| AGK2 | RGHK50 | $6.05^{*}$ | $-2.60^{ns}$ | $-1.26^{**}$ | $1.46^{**}$ | $-9.85^{ns}$ | $160.75^{**}$ | $-0.23^{ns}$ | $-0.99^{**}$ |
| AGK30 | RGHK50 | $10.98^{**}$ | $37.73^{**}$ | $1.64^{**}$ | $3.36^{**}$ | $113.55^{**}$ | $52.22^{**}$ | $-0.75^{ns}$ | $3.66^{**}$ |
| AGK44 | RGHK50 | $-9.60^{**}$ | $21.08^{**}$ | $0.68^{**}$ | $0.2^{ns}$ | $62.22^{*}$ | $-376.77^{**}$ | $-0.32^{ns}$ | $1.73^{**}$ |
| AGK110 | RGHK50 | $4.07^{ns}$ | $-13.05^{**}$ | $0.28^{ns}$ | $0.56^{ns}$ | $123.58^{**}$ | $402.63^{**}$ | $-1.29^{**}$ | $1.38^{**}$ |
| AGK260 | RGHK50 | $5.47^{*}$ | $-21.52^{**}$ | $-1.65^{**}$ | $-2.12^{**}$ | $201.82^{**}$ | $125.17^{**}$ | $1.76^{**}$ | $-2.55^{**}$ |
| AGK2 | RGHK56 | $0.07^{ns}$ | $-13.48^{**}$ | $0.69^{**}$ | $1.36^{*}$ | $-140.45^{**}$ | $-151.03^{**}$ | $-0.16^{ns}$ | $-0.57^{ns}$ |
| AGK30 | RGHK56 | $-4.93^{*}$ | $30.83^{**}$ | $-0.33^{ns}$ | $-2.85^{**}$ | $-76.62^{**}$ | $-192.52^{**}$ | $-1.19^{**}$ | $-2.01^{**}$ |
| AGK44 | RGHK56 | $2.40^{ns}$ | $7.03^{*}$ | $-0.13^{ns}$ | $1.80^{**}$ | $240.92^{**}$ | $30.22^{**}$ | $2.27^{**}$ | $2.37^{**}$ |
| AGK110 | RGHK56 | $8.47^{**}$ | $3.23^{ns}$ | $1.49^{**}$ | $4.23^{**}$ | $-139.35^{**}$ | $188.42^{**}$ | $-0.78^{*}$ | $-0.12^{ns}$ |
| AGK260 | RGHK56 | $-5.93^{*}$ | $-41.10^{**}$ | $-1.03^{**}$ | $-3.19^{**}$ | $-24.95^{ns}$ | $-26.12^{**}$ | $-0.3^{ns}$ | $-0.24^{ns}$ |
| SE(SCA) | | 4.78 | 6.66 | 0.37 | 0.96 | 51.39 | 12.23 | 0.76 | 0.69 |
| SE(gi-gj) | | 6.76 | 9.42 | 0.53 | 1.37 | 72.67 | 17.29 | 1.08 | 0.98 |

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively

www.apbkrau.ac.ir

ادامه جدول ۶- قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی لاین‌ها با تسترها تحت شرایط آبیاری مطلوب (NS) و تنش (S)

Table 6 (continued). Specific combining ability for 20 hybrids of sunflower in the line × tester analysis under optimum (NS) and water limited conditions (S)

| CMS | Restorer | رطوبت نسبی % RWC | | پرولین %Proline | | کاتالاز (واحد در میلی‌گرم پروتئین) CAT (Unit per mg protein) | | سوپر اکسید دیسموتاز SOD (Unit per mg protein) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | S | NS | S | NS | S | NS | S | NS |
| AGK2 | RGHK25 | 038ns | -1.71ns | -0.15ns | -0.8ns | -3.96** | -13.78** | -29.71** | -16.84** |
| AGK30 | RGHK25 | 1.44ns | 3.53** | -0.95ns | 0.87ns | -9.63** | -21.63** | 13.54** | 10.12** |
| AGK44 | RGHK25 | 1.02ns | -6.79** | -9.35** | -5.40** | 2.92** | 6.08** | -22.43** | -13.11** |
| AGK110 | RGHK25 | -2.85** | 4.98** | 10.45** | 5.33** | 16.51** | 29.33** | 38.60** | 19.83** |
| AGK260 | RGHK25 | 0.25ns | 1.93ns | -33.40** | -17.30** | 22.21** | 14.70** | 37.51** | 20.25** |
| AGK2 | RGHK46 | -1.21ns | -1.95ns | 18.47** | 2.70** | -10.69** | -13.60** | -18.40** | -13.40** |
| AGK30 | RGHK46 | -1.55ns | 4.40** | 12.73** | 8.77** | 12.68** | 12.06** | -12.33** | -6.31** |
| AGK44 | RGHK46 | 2.51* | -4.37** | 2.20* | 5.83** | -24.20** | -13.16** | -6.78** | -0.53ns |
| AGK110 | RGHK46 | -2.37** | 3** | 7.68** | 2.78** | -7.37** | -12.75** | 8.45** | 2.83** |
| AGK260 | RGHK46 | -3.33** | 5.48** | -2.78* | 3.12** | 26.13** | 29.77** | -18.55** | -7.39** |
| AGK2 | RGHK50 | 0.62ns | -1.14ns | 2.15* | 0.52ns | -1ns | 9.48** | -2.52** | -2.21** |
| AGK30 | RGHK50 | 5.08** | -7.34** | -7.05** | -6.42** | -17.76** | -26.50** | 12.62** | 6.77** |
| AGK44 | RGHK50 | 1.66ns | -1.56ns | 10.02** | 5.70** | -6.13** | -1.89ns | -29.92** | -14.05** |
| AGK110 | RGHK50 | 1.94ns | -2.46* | -15.12** | -6.30** | 17.90** | 2.39* | 8.90** | 3.45** |
| AGK260 | RGHK50 | -0.41ns | -2.38* | -11.85** | -5.90** | -21.80** | -9.22** | 39.18** | 20.43** |
| AGK2 | RGHK56 | -3.19** | 6.40** | 16.95** | 6.50** | 10.03** | 8.72** | -18.16** | -9.82** |
| AGK30 | RGHK56 | 0.08ns | -1.65ns | 15.85** | 9.62** | -4.75** | 13.72** | 13.66** | 7.81** |
| AGK44 | RGHK56 | 1.15ns | -4.456** | 0.38ns | -0.38ns | -23.71** | 3.06* | 14.51** | 7.22** |
| AGK110 | RGHK56 | 0.31ns | 5.92** | 6.32** | 2.02* | 13.03** | -18.40** | -1.89** | 1.21** |
| AGK260 | RGHK56 | -1.54ns | 0.33ns | -22.55** | -11.25** | 15.42** | 1.62ns | -26.29** | -16.25** |
| SE(SCA) | | 2.01 | 1.98 | 2.03 | 1.57 | 1.7 | 2.23 | 0.95 | 0.6 |
| SE(gi-gj) | | 2.84 | 2.81 | 2.88 | 2.22 | 2.40 | 3.16 | 1.34 | 0.85 |

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively

www.rapbkiau.ac.ir

ادامه جدول ۶- قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی لاین‌ها با تسترها تحت شرایط آبیاری مطلوب (NS) و تنش (S)

Table 6 (continued). Specific combining ability for 20 hybrids of sunflower in the line × tester analysis under optimum (NS) and water limited conditions (S)

| CMS | Restorer | کلروفیل a (mg/g) Chlorophyll a | | کلروفیل b (mg/g) Chlorophyll b | | عملکرد دانه (kg/h) Seed yield | | عملکرد روغن (kg/h) Oil yield | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | S | NS | S | NS | S | NS | S | NS |
| AGK2 | RGHK25 | 1.49** | 0.36** | 0.40** | 0.04ns | 118.57** | -165** | 64.13** | -83.33** |
| AGK30 | RGHK25 | -1.03** | -0.39** | 0.11ns | 0.16ns | -33.97ns | 17.80ns | -10.67ns | 21.35ns |
| AGK44 | RGHK25 | -0.59** | -0.77** | -0.42** | -0.70** | -3.37ns | 238.20** | 10.25ns | 103.89** |
| AGK110 | RGHK25 | 0.13ns | 0.80** | 0.7** | 0.49** | -87.97** | -91** | -63.71** | -41.91ns |
| AGK260 | RGHK25 | -0.51** | 0.34** | -1.02** | -0.37** | -59.60* | 142** | -30.93** | 82.07** |
| AGK2 | RGHK46 | -0.42** | -1.25** | -0.12ns | -1.73** | 37.87ns | -43.20* | 34.98** | -25.81ns |
| AGK30 | RGHK46 | 0.91** | 0.75** | 0.51** | 1.86** | -48.80* | -18.80ns | -35.90** | -26.50ns |
| AGK44 | RGHK46 | 0.02ns | 0.16** | 0.64** | 0.23ns | 70.53** | -80** | 31.85** | -29.76ns |
| AGK110 | RGHK46 | -0.37** | -0.88** | -0.64** | -0.77** | 31.53ns | 39.50ns | 17.12ns | 10.07ns |
| AGK260 | RGHK46 | 1** | 1.67** | 0.74** | 1.58** | -62.97* | -199.70** | -43.59** | -112.44** |
| AGK2 | RGHK50 | -1.1** | -0.97** | 0.12ns | -1.01** | -13.63ns | -59.30** | 6.37ns | 1.89ns |
| AGK30 | RGHK50 | 0.47** | 0.18ns | -0.22** | 0.19ns | 45.03ns | 291.50** | -20.09ns | 100.48** |
| AGK44 | RGHK50 | -1.08** | -1.34** | 1.60** | 0.16ns | -18.93ns | 104** | -19.10ns | 69.88** |
| AGK110 | RGHK50 | 0.76** | -0.08ns | -0.53** | -0.03ns | -77.47** | 82.80** | -39.87** | 13.98ns |
| AGK260 | RGHK50 | 0.31* | 1.50** | 0.44** | 0.81** | 105.87** | -152.80** | 57.32** | -45.82** |
| AGK2 | RGHK56 | 0.01ns | -0.08ns | -1.52** | -0.94** | -9.47ns | -34ns | 1.64ns | -38.04ns |
| AGK30 | RGHK56 | 0.47** | 1.52** | 0.46** | 0.93** | -71.60** | -120.50** | -31.22** | -78.68** |
| AGK44 | RGHK56 | -0.31* | 0.05ns | -0.20* | 0.01ns | 136.53** | 142.30** | 59.15** | 102.93** |
| AGK110 | RGHK56 | 0.47** | -0.51** | -0.65** | -0.96** | -46.80* | -7.30ns | -38.05** | -33.47ns |
| AGK260 | RGHK56 | -0.63** | -1.06** | 0.40** | 0.02ns | -18.13ns | -14.50ns | 10.12ns | 9.23ns |
| SE(SCA) | | 0.24 | 0.23 | 0.17 | 0.28 | 46.16 | 41.77 | 26.42 | 43.32 |
| SE(gi-gj) | | 0.34 | 0.33 | 0.25 | 0.40 | 65.28 | 59.07 | 37.36 | 45.87 |

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** and ns Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively

www.iapb.kiau.ac.ir

**فهرست منابع** **References**

**اندرخور، س. ع.، ن. مستیبگ.، و. رامئه.، و ر. ع. تباربندمیری. ۱۳۹۳.** بررسی ترکیب‌پذیری و هتروزیس خصوصیات فنولوژیکی، مرفولوژیکی و عملکرد دانه لاین‌های اصلاح شده آفتابگردان در کشت تابستانه از طریق تجزیه لاین در تستر. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۶ (۱۳): ۱۷-۱.

**خادم حمزه، ح. ر.، م. کریمی.، م، ع. رضایی.، و م. احمدی. ۱۳۸۳.** اثر تراکم بوته و تاریخ کاشت برصفات زراعی، عملکرد و اجزا عملکرد سویا. علوم کشاورزی ایران. ۳۵ (۲): ۳۶۷-۳۵۷.

**غفاری، م. ۱۳۸۵.** راهنمای رشد آفتابگردان. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی. ۴ صفحه.

**فرخی، ا. ۱۳۸۱.** قابلیت ترکیب عمومی و اثرات ژنی در لاین‌های جدید بازگردان باروری در آفتابگردان. به نژادی نهال و بذر. ۱۸: ۴۸۶-۴۷۰.

**Abelardo, J., De La Vega., and C. Chapman Scott. 2006.** Multivariate analysis of display interaction between environment and general or specific combining ability in hybrid crops. Crop Science, 46: 957-967.

**Aliari, H. 2000**. Oilseeds, Agronomy and Physiology. Ami-Publication, Iran. 182pp

**Arnon, A. N. 1967.** Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112-121.

**Ashok, S., N, Mohamed Shariff., and S. L. Narayanan. 2000.** Combining ability studies in sunflower. Crop Research, 20: 457-462.

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

**Bates, L., R. P. Waldren., and I. D. Teare. 1973.** Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

**Beauchamp, C. O., and I. Fridovich. 1971.** Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. Anal. Biochem, 44: 276–287.

**Farrokhi, E., A. Khodabandeh., and B. Ghaffari. 2008.** Studies on general and specific combining abilities in sunflower. Proceeding of the 17th International Sunflower Conference, Cordoba, Spain.

**Fick, G. N. 1975.** Heritability of oil content in sunflower, Crop Science, Vol. (15): 77-78

**Gangappa, E., K. M. Channakrishnajaah., M. S. Harini., and S. Ramesh. 1997.** Studies on combining ability in sunflower, Helia, Vol. 20(27): 73-84.

**Gangappa, E., K. M. Channakrishnajiah., C. Thakur., and S. Ramesh. 1997**. Genetic architecture of yield and its attributes in sunflower. Helia, 20: 85-94.

**Ghaffari, M., I. Farrokhi., and M. Mirzapour. 2011.** Combining ability and gene action for agronomic traits and oil content in sunflower using F1 hybrids. Crop Breeding, 10: 55-65.

**Goksoy, A. T., A. O. Demir., Z. M. Turan., and N. Dagustu. 2004**. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crop Research, 87: 167-178

**Gouri Shankar, V., M. Ganesh., A. R. G. Ranganatha., A. Suman., and V, Sridhar. 2007.** Combining ability studies in diverse cms sources in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Indian Journal of Agricultural Research, 41: 171-176.

**Gvozdenovic, S., J. Joksimovic., and D. Skoric. 2005**. Gene effect and combining abilities for plant height and head diameter in sunflower. Genetika, 37: 57-64.

**Hassan, S. W. 2001.** Hertability estimates, genetic correlations and predicted grains forms families in two random mated sunflower populations, Ph.D. Thesis, Dep of Botany, Facu of Sci. Univ of the Punjab, Lahove, Pakistan.

www.iobkiau.ac.ir

**Karasu. A., M. Sincik., A. T. Goksoy., and Z. M. Turan. 2010.** Combining ability and heterosis for yield and yield components in sunflower. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj Napoca, 38: 259-264.

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

**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.

**Luhova, L., D. Lebeda., D. Hedererova., and P. Pee. 2007**. Activities of amine, oxidase, POXand CAT in seedlings of pea. Plant Soil Environ, 49: 151–157

**Mihaljevic, M. 1988.** Combining ability and hetrosis in Helianthus annuus (wild). Proceedings of the 12th International Sunflower Conference Noisad, Yugoslavia. 963-968 pp.

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

**Mohanasundaram, K., N. Manivannan., and P. Vindhiya Varman. 2010.** Combining ability analysis for seed yield and its components in sunflower. Journal of Plant Breeding, 1: 846-868.

**Orthegon-Morales, A. S., A. Escobedo-Mendoza., and L. Q. Villarreal. 1992.** Combining ability of sunflower lines and comparison among parent lines and hybrids. Pp. 1178-1193. In: Proceedings of the 13th International Sunflower Conference, Italy

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

**Putt, E. D. 1996.** Heterosis, combining ability and predicted synthetics from a diallel cross in sunflower. Canadian Journal of Plant Sciences, 46: 59-67.

**Rao, S. V. C. K., and G. Saran. 1991.** Respond of sunflower cultivars to planting density and nutrient application. Indian Journal Agronomy, 36: 95- 98.

**Tan, A. S. 2010.** The studies on the determination of the combining ability of inbred lines for hybrid breeding by using line × tester analysis in sunflower. 8th European Sunflower Biotechnology Conference, 28 Feb-4 March, Turkey.

**Tygi, A. P. 1988.** Combining ability analysis for yield component and maturity traits in sunflower Proc. 12th. Int Sunflower Conf. (Novisad - yoguslavia), PP: 489 – 493.

www.iapb.kiau.ac.ir

ISSN NO: 2008-8485

Journal of Agronomy and Plant Breeding
Vol 13. No. 4, 2017

# Evaluation of combining ability morpho-physiological charactristics of sunflower under optimum and limited irrigation condition

**M. Zohdi Aghdam[1]*, F. Darvish Kojouri[2], M. Ghaffari[3], A. Ebrahimi[4]**

Received date: 23 June 2017 Accepted date: 11 Sep 2017

**Abstrac**

Five CMS lines and four restorer lines (tester) were crossed in a line × tester designe in order to analyze general and specific combining abilities and gene effects in sunflower for some agronomic traits. Hybrids were evaluated in a randomized complete block design, with three replications under optimum and limited water conditions in the Agriculture Research Station, Khoy, during 2014 and 2015 growing seasons. Plant height, head diameter, seeds per head, days to beginning of flowering, days to maturity, proline percent, protein percent, and Chlorophyll b were found to be controlled mainly by dominance effects. CMS lines AGK30 and testers RGHK25 and RGHK50 turned out to be the best general combiners for seed and oil yield. The highest positive and significant GCA for plant height, head diameter, and the number of seeds per head were achieved for RGHK25. The hybrid combination of AGK44 × RGHK56 showed high specific combining ability for seed and oil yield. At grain yield AGK30 line had the highest positive and significant GCA and AGK2 had the highest negative and significant GCA it trait. At evaluation of tester, RGHK50 tester had the highest positive and significant GCA and RGHK56 had the highest negative and significant GCA it trait. At evaluation of specific combining ability RGHK56×AGK44 hybrid had the highest positive and significant SCA and RGHK25× AGK110 hybrid had the highest negative and significant GCA it trait. Also, in studying the physiological traits of AGK110 line, general and positive AGK2 genomic combining ability had a significant negative and significant general combining ability with catalase trait. In the test of the testers, the RGHK50 tester had the highest GCA positive and meaningful drug RGHK56 tester had a significant negative and significant general combining ability with catalase. In the RGHK46 × AGK260 hybrid combinability study, the highest positive and significant positive and significant hybrid confinement (RGHK46 × AGK44) had the highest SCA negative and significant effect on catalase identity. The AGK44 line has the ability to combine publicly and positively with AGK110 capability. The general combining ability was negative and significant with SOD. In the test of the testers, the RGHK 56 tester had the highest GCA positive and significant mean of the RGHK25 tester, which had a negative and significant general combining ability with superoxide dismutase. In the study of hybrid hybrid combining ability (RGHK50 × AGK260), the highest positive and significant positive hybridization ability (RGHK50 × AGK44) had the highest SCA negative and significant values for SOD. At explanation of Plant height, head diameter, number of seed per head and percentage of proline under stress condition, dominance effect played a significant role. Plant height and number of seeds per head are controlled by both types of influence and dominance.

**Keywords:** Addictive variance, Dominance variance, General combining ability.

1- Ph.D. Student, Dept. of Plant Breeding, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Prof, Dept. of Plant Breeding, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Ph.D, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
4- Ph.D. Dept. of Biotechnology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
* Correspond authors: mehdizohdi53@yahoo.com



Iranian Journal of Agronomy & Plant Breeding Islamic Azad University, Karaj Branch

www.jpb.kiau.ac.ir