

تجزیه ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد لاین‌های آفتابگردان در شرایط عادی و تنش خشکی

عباس رضایی زاد^{۱*}، ثریا پروین^۲، لیا شوشتری^۳

۱. استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه ایران.

۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه.

۳. استادیار گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۲۱

چکیده

به منظور تجزیه ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد در برخی لاین‌های نرعیتم و بازگرداننده‌های باروری تعداد ۱۲ دورگ آفتابگردان حاصل دورگ‌گیری چهار لاین نرعیتم و سه لاین بازگرداننده باروری به همراه ۲ دورگ فرخ و SHF89-90 به عنوان شاهد در دو شرایط عادی و تنش خشکی با قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب تیمارهای مورد بررسی در دو شرایط عادی و تنش خشکی نشان داد که تنش خشکی بر همه صفات مورد بررسی به جزء تعداد دانه در طبق و درصد روغن دانه اثر معنی‌داری داشت. در بین صفات مورد بررسی بیشترین تغییرات حاصل از تنش خشکی مربوط به عملکرد دانه و وزن هزار دانه و کمترین آن مربوط به درصد روغن دانه بود. تجزیه واریانس ترکیب‌پذیری دورگ‌ها نشان داد که اثر لاین‌های بازگرداننده باروری و لاین‌های نرعیتم سیتوپلاسمی که معادل ترکیب‌پذیری عمومی است برای اکثر صفات زراعی مورد ارزیابی در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که برای همه صفات مورد ارزیابی سهم لاین‌های بازگرداننده باروری نسبت به لاین‌های نرعیتم بیشتر بود. معنی‌دار شدن اثرات متقابل لاین‌های نرعیتم و لاین‌های بازگرداننده باروری به همراه اثرات ساده آن‌ها نشان داد که در این مطالعه کنترل ژنتیکی اکثر صفات مورد بررسی تحت تأثیر اثرات دوگانه افزایشی و غالبیت بوده است.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، اینبردلاین، ترکیب‌پذیری

مقدمه

آفتابگردان یک محصول زراعی متحمل به خشکی با نظام ریشه‌ی عمیق و جستجوگر است به طوری که ریشه این گیاه در شرایط خشکی در مقایسه با دیگر گیاهان زراعی می‌تواند آب را به طور معنی‌داری از لایه‌های زیرین و عمیق‌تر خاک جذب کند (Angadi and Entz, 2002). آفتابگردان معمولاً به عنوان یک گیاه متحمل به تنش خشکی با کارایی مصرف آب بالا شناخته می‌شود. با این حال این گیاه برای تولید عملکرد بالا و ایجاد بیوماس زیاد مقدار زیادی آب مصرف می‌کند، از طرفی مدت زیادی از دوره رشد آفتابگردان مصادف با ماه‌های گرم سال در بهار و تابستان است (Bosnjak and Marinkovic, 1992; Skoric, 1992). آفتابگردان توانایی

میزان کم نزولات آسمانی و پراکنش نامنظم آن سبب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی می‌شود (Gupta and Otoole, 1986). خشک‌سالی و تنش حاصل از آن یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو می‌سازد و بازده استفاده از مناطق خشک و دیم را کاهش می‌دهد (Mozafari et al., 1996). در چنین شرایطی در نظام‌های کشاورزی یافتن ارقامی از گیاهان زراعی که بتوانند تحمل بیشتری نسبت به تنش خشکی داشته و افت عملکرد کمتری داشته باشند ضروری است.

تنش خشکی نمود. خانی و همکاران (Khani et al., 2005) در مطالعه‌ای تجزیه ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد را در لاین‌های آفتابگردان در شرایط تنش و بدون تنش خشکی مورد مطالعه قرار دادند و گزارش دادند که سهم لاین \times تستر برای همه صفات مورد بررسی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بیشتر بود. در این مطالعه ترکیب پذیری عمومی تسترها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش غیر معنی‌دار بود. باین حال برای شرایط تنش CMS31 و بدون تنش CMS60/52 مناسب‌تر تشخیص داده شد. هالور و میراندا (Halluer and Miranda, 1988) ترکیب‌پذیری عمومی را به‌عنوان شاخص ژن‌هایی که دارای اثرات افزایشی بوده و قابلیت ترکیب خصوصی را نشان‌دهنده اثرات غیر افزایشی عنوان کردند. لورتی و دل‌گاتو (Laurti and Del Gatto, 2001) ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی ۲۴۵ تست کراس را مورد ارزیابی قرار دادند و گزارش دادند که برآورد‌های ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های بازگرداننده باروری اغلب بیشتر از لاین‌های نرعیقیم (CMS) بوده و این موضوع نشان می‌دهد که انتخاب بر اساس لاین‌های بازگرداننده باروری نسبت به CMS ها می‌تواند بیشتر مؤثر باشد از طرفی میزان GCA همیشه کمتر از SCA بود. کمتر بودن مقدار ترکیب‌پذیری عمومی نسبت به ترکیب‌پذیری خصوصی برای صفات زراعی مهم در مطالعات متعدد اشاره شده است (Bajaj et al., 1997; Skoric et al., 2000; Khan et al., 2008; Machikowa et al., 2011; Patil et al., 2012). باین حال غفاری و همکاران (Ghaffari et al., 2011) گزارش دادند که ترکیب‌پذیری عمومی برای همه صفات مورد بررسی از قبیل عملکرد دانه و روغن، وزن هزار دانه و قطر طبق بیشتر از ترکیب‌پذیری خصوصی بود. سانچز و همکاران (Sanchez et al., 1999) وراثت‌پذیری و واریانس ژنتیکی صفات مختلف آفتابگردان را مورد ارزیابی قرار داده و گزارش کردند که واریانس افزایشی برای صفات مؤثر بر طول دوره زایشی، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل و وزن طبق بیشتر از واریانس غالبیت بود در حالی که برای صفات تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا انتهای گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و عملکرد دانه واریانس غالبیت از اهمیت بیشتری برخوردار بود. راجانا و همکاران (Rajanna et al., 2001) هتروزیس را در تاپ‌کراس‌های آفتابگردان مورد مطالعه قرار داده و بیان

تحمل خشکی را دارد اما عملکرد آن تا حدودی در شرایط تنش خشکی کاهش خواهد یافت چراکه گیاهان برای جذب فرم‌های کمتر قابل‌دسترس آب تحت فشار می‌باشند. آفتابگردان در مراحل گلدهی، باروری و پر شدن دانه بیشترین حساسیت را به تنش کم‌آبی دارد در حالی که در ابتدا و انتهای فصل رشد حساسیت کمتری به تنش کم‌آبی دارد (Jana et al., 1982; Unger, 1986; Stone et al., 1996; Erdem and Delibas, 2002)

با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر لازم است شرایط تنش خشکی در برنامه‌های به‌نژادی و تعیین ترکیب‌پذیری اینبردلاین‌های به‌دست‌آمده از برنامه‌های به‌نژادی در نظر گرفته شود و کنترل ژنتیکی صفات در چنین شرایطی نیز مورد مطالعه قرار گیرد تا مواد ژنتیکی که بتوانند تحمل بیشتری به شرایط تنش داشته باشند شناسایی شوند. ارقام هیبرید در آفتابگردان به دلیل یکنواختی در صفات زراعی، عملکرد بالا ناشی از وجود هتروزیس کافی و مقاومت به آفات و بیماری‌ها از محبوبیت بالایی برخوردار می‌باشند. علی‌رغم اینکه در شروع اصلاح آفتابگردان هنوز به اهمیت هتروزیس و تولید واریته‌های هیبرید در آفتابگردان پی برده نشده بود، اولین ارقام آزادگرده‌افشان آفتابگردان جمعیت‌های هتروژنی بودند که مجموعه‌ای از هیبریدهای طبیعی بود. آخرین ارقام آزادگرده‌افشان نیز واریته‌های خود عقیم بودند چراکه خود عقیمی به‌عنوان یک صفت مطلوب سبب تشکیل هیبریدهای طبیعی بیشتری در جمعیت‌های آزادگرده‌افشان و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شد. باین حال نقطه‌ضعف این واریته‌ها غیریکنواختی در صفات مهم زراعی همچون ارتفاع بوته و زمان رسیدگی بود (Hu et al., 2010).

اولین دورگ‌های ایرانی بانام‌های مهر و شفق در سال ۱۳۶۶ معرفی گردیدند (Arshi and Jafari, 1990) و در سال ۱۳۷۳ سه دورگ جدید بانام‌های گلشید، آذرگل و گلدیس معرفی شدند (Arshi et al., 1994). تولید نسل جدید واریته‌های هیبرید در ایران با معرفی دورگ‌های فرخ، قاسم و برزگر بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ آغاز شد.

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

انجام گرفت. پس از برداشت، میزان عملکرد دانه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. میزان درصد روغن دانه با استفاده از دستگاه NIR مدل DA7200 شرکت پرتن سوئد اندازه‌گیری شد.

از میانگین داده‌ها برای تجزیه واریانس ترکیبات لاین×تستر استفاده شد. بدین منظور داده‌های مربوط به ۱۲ ترکیب حاصل از تلاقی سه لاین بازگرداننده باروری (RN-3)، RN-1031 و R-217) و ۴ لاین نرعیتم سیتوپلاسمی CMS 60/30، CMS 1052/1، CMS 456/2، و CMS 1221/1 در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی به صورت طرح تلاقی لاین×تستر تجزیه شد و مجموع مربعات دورگ‌ها به اجزای اثر بازگرداننده باروری، لاین‌های نرعیتم و اثر متقابل لاین‌های نرعیتم و بازگرداننده باروری تقسیم شد. اثر لاین-های نرعیتم و بازگرداننده باروری معادل ترکیب‌پذیری عمومی و اثر متقابل این دو برآوردی از ترکیب‌پذیری خصوصی است.

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

ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های نرعیتم:

$$GCA_{i0} = X_{i0} - \bar{X}_{00} \quad [1]$$

ترکیب‌پذیری عمومی بازگرداننده باروری:

$$GCA_{0j} = X_{0j} - \bar{X}_{00} \quad [2]$$

ترکیب‌پذیری خصوصی:

$$SCA_{ij} = X_{ij} - GCA_{i0} - GCA_{0j} - \bar{X}_{00} \quad [3]$$

در روابط فوق X_{i0} ، \bar{X}_{00} ، X_{0j} ، X_{ij} ، GCA_{i0} و GCA_{0j} به ترتیب معادل میانگین لاین‌های نرعیتم، میانگین کل، میانگین بازگرداننده باروری، میانگین دورگ، ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های نرعیتم و ترکیب‌پذیری عمومی بازگرداننده باروری است.

برای محاسبه مقادیر اشتباه معیار (SE) به منظور آزمون معنی‌دار بودن اثرات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی از روابط ذیل استفاده شد (Singh and Chaudhary, 1977):

اشتباه معیار ترکیب‌پذیری لاین‌های نرعیتم:

داشتند که تنوع CMS ها در برنامه‌های اصلاحی هتروزیس می‌تواند مفید واقع شود.

در تحقیق حاضر سعی شده است ضمن بررسی اثر تنش خشکی بر صفات مهم زراعی دورگ‌های آفتابگردان، ترکیب-پذیری عمومی و خصوصی برخی اینبردلاین‌های آفتابگردان برای صفات زراعی مهم در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی برآورد شود.

مواد و روش‌ها

به منظور تهیه دورگ‌های جدید و ارزیابی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برخی از اینبردلاین‌های نرعیتم و لاین-های بازگرداننده باروری آفتابگردان در سال اول (۱۳۹۱) تعداد ۴ اینبردلاین و ۳ لاین بازگرداننده باروری آفتابگردان (از مواد اصلاحی بخش تحقیقات دانه‌های روغنی در کرج) برای دورگ‌گیری انتخاب شدند. برای انجام دورگ‌گیری، اینبردلاین‌ها و لاین‌های بازگرداننده باروری هر کدام در یک خط پنج‌متری و در دو تاریخ مختلف کشت گردید. فاصله خطوط کشت ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر بود. قبل از شروع گل‌دهی تعدادی از بوته‌های لاین‌های نرعیتم و همچنین تعدادی از لاین‌های بازگرداننده باروری برای جمع‌آوری گرده با کیسه ملامل پوشانیده شدند. در مرحله گل‌دهی هر لاین بازگرداننده باروری با ۳ بوته از هر لاین نرعیتم تلاقی داده شدند. تلاقی‌ها برای هر بوته ۳ بار و به صورت یک روز در میان انجام گرفت. در سال دوم (۱۳۹۲) ۱۲ دورگ حاصله به همراه دو شاهد فرخ و SHF81-90 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط عادی و تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در شرایط عادی آبیاری به‌طور معمول انجام گرفت به طوری که گیاه در هیچ مرحله با تنش کم‌آبی مواجه نشود اما در شرایط تنش خشکی آبیاری از مرحله گلدهی به بعد قطع گردید. کاشت به صورت جوی و پشته و هر کرت مشتمل بر چهار خط به طول ۵/۵ متر و با فواصل خطوط ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ۲۵ سانتی‌متر روی خطوط بود. در طی آزمایش عملیات معمول زراعی شامل تنک کردن، وجین و سله شکنی و مبارزه با آفات انجام گرفت. در این آزمایش از خصوصیات مهم زراعی شامل تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، ارتفاع بوته و قطر طبق بر اساس دستورالعمل اشنایتز و میلر (Schneider and Miller, 1981) یادداشت‌برداری به عمل آمد. برداشت از دو خط وسط هر کرت با حذف یک بوته از ابتدا و انتهای هر کرت

CMS 1221/1*R1031، فرخ، CMS 6030*R1031، CMS 456/2*R1031 و CMS 456/2*R217 به ترتیب با ۵۷۶۴، ۵۶۷۳، ۵۵۵۴، ۵۵۴۵ و ۵۰۲۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). دورگ‌های برتر از نظر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی تا حدودی متفاوت از شرایط عادی بودند به طوری که CMS 1052*R217، SHF81-90، 6031*R1031 و CMS 6030*R217 به ترتیب با ۳۷۱۱، ۳۶۲۵، ۳۵۸۰ و ۳۶۳۹ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین عملکرد را تولید نمودند.

تجزیه واریانس ترکیب‌پذیری ترکیبات (جدول ۴) نشان داد که اثر لاین‌های بازگرداننده باروری و لاین‌های نرعیسم سیتوپلاسمی که معادل ترکیب‌پذیری عمومی است برای اکثر صفات زراعی مورد ارزیابی در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که برای همه صفات مورد ارزیابی سهم لاین‌های بازگرداننده باروری در ایجاد تنوع ژنتیکی نسبت به لاین‌های نرعیسم بیشتر بود.

در مورد وزن هزار دانه به‌عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد دانه نتایج نشان داد که در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی لاین‌های بازگرداننده باروری سهم بیشتری در ایجاد تنوع ژنتیکی داشته‌اند. در مطالعه رضایی زاد و همکاران (Rezaizad et al., 2015) نیز قبلاً گزارش شده بود که تنوع ژنتیکی ایجادشده در وزن هزار دانه بیشتر مربوط به لاین‌های بازگرداننده باروری است. در مطالعه خانی و همکاران (Khani et al., 2006) نیز بیشترین سهم تنوع ایجادشده در وزن هزار دانه متعلق به لاین‌های بازگرداننده باروری بود. نتایج نشان داد سهم لاین‌های نرعیسم در ایجاد تنوع ژنتیکی در شرایط تنش خشکی به‌مراتب بیش از شرایط عادی بوده است. اثر متقابل لاین‌های بازگرداننده باروری و لاین‌های نرعیسم در شرایط عادی معنی‌دار و در شرایط تنش غیر معنی‌دار بود. این نتایج نشان می‌دهد که در شرایط عادی اثرات افزایشی (اثر لاین‌های بازگرداننده باروری و نرعیسم) و غالبیت (اثر متقابل لاین‌های بازگرداننده باروری و نرعیسم) به‌صورت توأما در کنترل وزن هزار دانه نقش داشته‌اند و در شرایط تنش خشکی اثرات افزایشی لاین‌ها در تنوع ایجادشده سهم بیشتری داشته‌اند. به نظر می‌رسد تعیین سهم لاین‌ها در تنوع ژنتیکی ایجادشده به نوع لاین‌های موردبررسی نیز بستگی دارد و در این خصوص ممکن گزارش‌های متفاوتی وجود داشته باشد به طوری که فرخی (Farokhi, 2003) اثرات توأم افزایشی و غیر افزایشی برای کنترل وزن هزار دانه گزارش

$$SE_{gca}(CMS) = \sqrt{\frac{(f-1) \times MSe}{f \times m \times r}} \quad [4]$$

اشتباه معیار ترکیب‌پذیری لاین‌های بازگرداننده باروری:

$$SE_{gca}(restorer) = \sqrt{\frac{(m-1) \times MSe}{f \times m \times r}} \quad [5]$$

اشتباه معیار ترکیب‌پذیری خصوصی:

$$SE_{sca} = \sqrt{\frac{(m-1) \times (f-1) \times MSe}{f \times m \times r}} \quad [6]$$

در روابط فوق f و m به ترتیب تعداد لاین‌های نرعیسم و لاین‌های بازگرداننده باروری است.

محاسبات آماری مربوط به تجزیه واریانس و تجزیه لاین‌تستر با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب تیمارهای موردبررسی در دو شرایط عادی و تنش خشکی نشان داد که تنش خشکی بر همه صفات موردبررسی به‌جز تعداد دانه در طبق اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱). در بین صفات موردبررسی بیشترین تغییرات حاصل از تنش خشکی مربوط به عملکرد دانه و وزن هزار دانه بود به طوری که این دو صفت مهم اصلاحی به ترتیب ۳۵/۷ درصد و ۲۲/۳ درصد کاهش یافتند (جدول ۲).

در مطالعه غفاری و همکاران (Ghafari et al., 2014) ۱۶ اینبرد لاین در شرایط عادی و تنش خشکی با قطع آبیاری از مرحله گلدهی مورد مطالعه قرار گرفتند. در این مطالعه نیز عملکرد دانه نسبت به سایر صفات مورد مطالعه 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. گوکسوی و همکاران (Goksoy et al., 2004) نیز در آزمایشی کاهش ارتفاع، سطح برگ، تعداد دانه، عملکرد دانه و عملکرد روغن آفتابگردان را در تیمارهای آبیاری محدود گزارش کردند.

تیمارهای موردبررسی و همچنین اثر متقابل تیمار \times سایت برای همه صفات موردبررسی تفاوت معنی‌داری داشت و این نشان می‌دهد که علاوه بر وجود تنوع در بین تیمارهای موردبررسی، این تیمارها واکنش متفاوتی به تنش خشکی نشان داده‌اند. بیشترین عملکرد دانه به‌عنوان مهم‌ترین صفت اصلاحی در شرایط عادی متعلق به دورگ‌های CMS

بازگرداننده باروری متعلق به RN-3 بود (جدول ۵). بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت برای وزن هزار دانه متعلق به دورگ CMS1221/1*R217 بود (جدول ۶).

نمود و ماچیکووا و همکاران (Machikowa et al., 2011) اثرات غیر افزایشی را برای کنترل وزن هزار دانه اعلام کردند. نتایج نشان داد بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت برای این صفت در هردو شرایط عادی و تنش خشکی در بین لاین‌های نرعیقیم متعلق به CMS1221/1 و در بین لاین

جدول ۱. تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده

Table 1. Combined analysis of variance for recorded traits

Source of variation منابع تغییرات	درجه آزادی df	Mean squares				میانگین مربعات		
		عملکرد دانه Seed Yield	وزن هزاردانه 1000 Seeds Weight	قطر طبق Diameter Head	ارتفاع بوته Plant Height	تعداد دانه در طبق Seed per Head	تعداد روز تا رسیدگی Days to Maturity	درصد روغن دانه Oil content percent
Experiment(Exp.) آزمایش	1	62284741**	4663.7**	77.0**	1294.1*	472950 ^{ns}	1417.0**	2.1 ^{ns}
Rep /Exp. تکرار داخل آزمایش	4	1072094	84.1	3.3	190.3	284732	6.2	18.5
Treatment تیمار	13	869804.1**	2377.9**	5.1**	1920.4**	437938**	56.52**	4.5 ^{ns}
Exp.×Treatment تیمار×آزمایش	13	1318089**	548**	2.0**	368.6*	405196**	28.3**	16.7 ^{ns}
Error اشتباه	52	159365	13.74859	0.8	184.6	54827	6.7	7.8
C.V. % درصد ضریب تغییرات		10.1	6.2	5.5	8.0	18.4	2.5	6.7

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ و ^{ns} غیر معنی‌دار

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

جدول ۲. میانگین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط عادی و تنش خشکی

Table 2. Mean of recorded traits under normal and drought stress conditions

Experiment	آزمایش	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed Yield (kg/h)	وزن هزاردانه (گرم) 1000 Seeds Weight (gr)	قطر طبق (سانتی‌متر) Head Diameter (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)	تعداد دانه در طبق Seed per Head	تعداد روز تا رسیدگی Days to Maturity	درصد روغن دانه Oil content percent
Normal	عادی	4819	66.9	17.0	174	1344	106	41.55
Stress	تنش	3096	52.0	15.1	166	1194	98	41.23

معنی‌دار بود و به نظر می‌رسد که شرایط تنش به‌عنوان یک عامل محدودکننده برای بروز اثرات غالبیت ژن‌ها برای صفت وزن هزار دانه و قطر طبق عمل نموده است. قطر طبق در مقایسه با سایر صفات زراعی مرتبط با عملکرد در آفتابگردان

در مورد قطر طبق نیز نتایجی مشابه با وزن هزار دانه به دست آمد به طوری که لاین‌های بازگرداننده باروری بیشترین سهم را در ایجاد تنوع ژنتیکی داشتند و از طرفی اثر متقابل لاین‌های بازگرداننده باروری و نرعیقیم در شرایط تنش غیر

ترکیب‌پذیری عمومی مثبت در بین لاین‌های نرعیتم در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی متعلق به لاین CMS60/30 و در بین لاین‌های بازگرداننده باروری در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی متعلق به RN-1031 بود. لاین بازگرداننده باروری R217 نیز ترکیب‌پذیری منفی بالایی برای صفت قطر طبق دارد و با توجه به اینکه در برنامه‌های به نژادی قطر طبق متوسط به‌عنوان یکی از اهداف اصلاحی مدنظر است گاهی ممکن است از لاین‌هایی که دارای ترکیب‌پذیری منفی برای این صفت هستند استفاده شود.

بیشتر تحت تأثیر شرایط محیطی و به‌ویژه تراکم بوته و طول دوره رشد قرار می‌گیرد و نقش اثرات ژنتیکی کمتر است (Fick, 1978). بالاین‌حال هر دو اثرات افزایشی (Machikowa et al., 2011) و غیر افزایشی (Patil et al., 2012) در کنترل ژنتیکی این صفت گزارش شده است. در مطالعه هلاندی و همکاران (Hlandi, et al., 2014) نیز کنترل ژنتیکی قطر طبق از نوع غیر افزایشی گزارش شده است. در مطالعه خانی و همکاران (Khani et al., 2006) هیچ‌کدام از اثرات لاین‌ها، تسترها و اثرات متقابل آن‌ها در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی معنی‌دار نگردید. بیشترین

جدول ۳. میانگین صفات زراعی مهم دورگ‌های آفتابگردان به همراه شاهد‌ها در شرایط عادی و تنش خشکی.

Table 3. Mean of important agronomic traits of Sunflower hybrids along with checks under normal and drought stress condition

لاین نرعیتم CMS Line	بازگرداننده باروری Restorer	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed Yield (kg/h)		وزن هزاردانه (گرم) 1000 Seeds Weight (gr)		قطر طبق (سانتی‌متر) Head Diameter (cm)		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)	
		عادی Normal	خشکی Drought	عادی Normal	خشکی Drought	عادی Normal	خشکی Drought	عادی Normal	خشکی Drought
CMS 456/2	RN-3	3351	3105	72.4	52	16.9	14	178.6	127.8
CMS 1052/1	RN-3	4736	3165	74.4	61.2	16.6	15.5	173.1	148.6
CMS 60/30	RN-3	4115	2820	68.8	57.9	18.7	15.7	165	167.1
CMS 1221/1	RN-3	4409	2684	75.6	61.5	16.2	15.7	128	133.5
CMS 1221/1	R1031	5764	2389	66.4	51.4	17.6	16.2	165.1	167.3
CMS 456/2	R1031	5026	2956	69.1	43.8	18	15.6	182.6	181.5
CMS 1052/1	R1031	5352	2308	66.3	49.9	17	16	187.3	186.9
CMS 60/30	R1031	5554	3711	66.7	50	18.6	15.9	191.3	180.6
CMS 456/2	R-217	5545	2657	56.6	38.9	17.2	13	197	179.4
CMS 1052/1	R-217	4076	3625	59.4	50.2	15.8	13.9	182.2	173.8
CMS 60/30	R-217	4563	3580	59.1	51.9	15.2	14.8	186.6	183.6
CMS 1221/1	R-217	4491	3310	68.8	60.9	15.2	14.1	164	148.9
Farokh		5673	3402	65.1	52.3	17.2	14.1	144.5	154.1
SHF-81-90		4807	3639	68.3	46.5	17.6	16.4	186.1	188.5
LSD ($P \leq 0.05$)		652		6.0		1.5		22.2	

Table 3. Continued

جدول ۳. ادامه

لاین نرعیق CMS Line	بازگرداننده باروری Restorer	تعداد دانه در طبق Seed per Head		تعداد روز تا رسیدگی Days to Maturity		درصد روغن دانه Oil content percent	
		عادی Normal	خشکی Drought	عادی Normal	خشکی Drought	عادی Normal	خشکی Drought
CMS 456/2	RN-3	870	966	115	99	39.1	44.8
CMS 1052/1	RN-3	1073	1079	112	99	40.9	41.3
CMS 60/30	RN-3	1132	719	106	97	40.7	41.6
CMS 1221/1	RN-3	1016	716	109	98	39.4	42.1
CMS 1221/1	R1031	1627	899	111	98	40.6	41.2
CMS 456/2	R1031	1246	1404	113	99	45.3	40.3
CMS 1052/1	R1031	1439	741	101	99	41.1	39.8
CMS 60/30	R1031	1510	1582	103	98	41.2	41.7
CMS 456/2	R-217	1844	1051	102	98	40.9	41.4
CMS 1052/1	R-217	1154	2154	102	97	45.1	41.4
CMS 60/30	R-217	1600	1385	99	95	38.0	41.8
CMS 1221/1	R-217	1142	1063	103	97	41.8	41.6
	Farokh	1873	1134	104	98	44.7	38.5
	SHF-81-90	1292	1824	111	101	42.7	39.5
LSD ($P \leq 0.05$)		382		4.2		4.6	

صفت در نظر گرفته شود. بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی منفی برای این صفت در شرایط عادی مربوط به دورگ CMS1221/1*RN-3 و در شرایط تنش متعلق به دورگ CMS60/30*RN-1031 بود.

در مورد درصد روغن دانه نتایج حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار لاین‌های مورد بررسی در این خصوص بود به طوری که فقط اثرات اینبردلاین‌ها و آن‌هم فقط در شرایط عادی معنی‌دار بود و اثر لاین‌های بازگرداننده باروری و اثرات متقابل اینبردلاین‌ها و لاین‌های بازگرداننده باروری برای این صفت معنی‌دار نبود. نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه زارعی و رضایی‌زاد (Zaree and Rezaizad, 2013) مطابقت دارد به طوری که در این مطالعه نیز اثرات لاین‌های اینبرد، لاین‌های بازگرداننده باروری و اثرات متقابل آن‌ها برای درصد روغن دانه معنی‌دار نبود. باین‌حال هلاذنی و همکاران (Hladni et al., 2005) اثرات غیرافزایشی ژنی را به‌عنوان عامل اصلی کنترل‌کننده درصد روغن دانه بیان کردند.

در مورد ارتفاع بوته نتایج حاکی از معنی‌دار بودن اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت دارد به طوری که اثرات لاین‌های نرعیق و لاین‌های بازگرداننده باروری معنی‌دار و اثر متقابل آن‌ها در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی غیر معنی‌دار شده است. این موضوع توسط رضایی‌زاد و همکاران (Rezaizad et al., 2015) قبلاً گزارش شده است. اورتیس و همکاران (Ortis et al., 2005) نیز اثرات افزایشی را به‌عنوان اثرات اصلی کنترل‌کننده ارتفاع بوته گزارش دادند. نتایج نشان داد لاین نرعیق CMS1221/1 در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی دارای بیشترین ترکیب‌پذیری منفی برای ارتفاع بود. در بین لاین‌های بازگرداننده باروری نیز RN-3 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری منفی برای این صفت بود. هم‌اکنون معرفی هیبریدهای پاکوتاه و پرمولکرد آفتابگردان به‌عنوان یکی از اهداف اصلاحی مهم در آفتابگردان مدنظر است هرچند بین پاکوتاهی و عملکرد دانه همبستگی منفی وجود دارد اما در برنامه‌های اصلاحی باید تعادل بین این دو

جدول ۴. تجزیه واریانس لاین×تستر برای صفات اندازه‌گیری شده آفتابگردان در شرایط عادی و تنش خشکی.

Table 4. Line×tester variance analysis for recorded traits of sunflower under normal and drought stress conditions.

S.O.V.	درجه آزادی D.F.	عملکرد دانه Seed Yield		وزن هزاردانه 1000 Seeds Weight		قطر طبق Head Diameter		ارتفاع بوته Plant Height	
		عادی	خشکی	عادی	خشکی	عادی	خشکی	عادی	خشکی
		Normal	Drought	Normal	Drought	Normal	Drought	Normal	Drought
تکرار Replication	1	1108418*	561397**	42*	5 ^{ns}	2.8*	2.3 ^{ns}	296 ^{ns}	372*
بازگرداننده باروری Restorer	2	4905907**	673839**	420**	300**	11.8**	11.9**	4019**	1738**
لاین نرعقیم CMS Line	3	95273 ^{ns}	560103**	49*	269**	3.4**	3.0*	1203**	2115**
اثر متقابل Interaction Effect	6	1206515**	727323**	35*	35 ^{ns}	2.2**	0.4 ^{ns}	328 ^{ns}	209 ^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	31	256169	94112	11	16	0.6	1.1	182	116
C.V.(%)	ضریب تغییرات	10	10	5	8	4.5	7.0	8	6

Table 4. Continued

جدول ۴. ادامه

S.O.V.	درجه آزادی D.F.	تعداد دانه در طبق Seed per Head		تعداد روز تا رسیدگی Days to Maturity		درصد روغن دانه Oil content percent	
		عادی	خشکی	عادی	خشکی	عادی	خشکی
		Normal	Drought	Normal	Drought	Normal	Drought
تکرار Replication	1	152243*	218246*	3.1 ^{ns}	3.2*	21.6 ^{ns}	18.0 ^{ns}
بازگرداننده باروری Restorer	2	714853**	886533**	233.4**	10.7**	13.3 ^{ns}	8.7 ^{ns}
لاین نرعقیم CMS Line	3	62559 ^{ns}	308503**	92.2**	6.9**	27.7*	4.4 ^{ns}
اثر متقابل Interaction Effect	6	205528**	537304**	33.4*	0.7 ^{ns}	7.15 ^{ns}	2.9 ^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	31	42685	49604	12.4	0.7	6.4	7.9
C.V.(%)	ضریب تغییرات	16	19	3.0	0.8	6.1	6.7

^{ns}, *, ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح یک درصد و پنج درصد

ns, * and **: non significant, significant at 5% and 1% levels, respectively

وجود دارد و این موضوع به سبب پیچیده بودن کنترل ژنتیکی این صفت است که تحت تأثیر فاکتورهای متعددی می‌تواند تغییر یابد. در مطالعه رضایی زاد و همکاران (Rezaizad et al., 2015) گزارش شده است که سهم اثرات لاین‌های نرعقیم به سبب وجود اثرات مادری بیش از لاین‌های بازگرداننده باروری است. معنی‌دار شدن اثرات لاین‌ها و همچنین اثر متقابل بین آن‌ها نشان می‌دهد که عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثرات افزایشی و غالبیت ژن‌ها در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی در بروز عملکرد دانه نقش دارند. سهم لاین‌های بازگرداننده باروری همانند سایر صفات مورد بررسی در فوق نقش بیشتری در تظاهر این صفت داشته است. اثر لاین‌های نرعقیم در بروز عملکرد در شرایط عادی غیر معنی‌دار و در شرایط تنش معنی‌دار بوده است. در خصوص کنترل ژنتیکی عملکرد دانه گزارش‌های متفاوتی

به‌طوری‌که در شرایط عادی دورگ CMS456/2*R-217 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری مثبت و در شرایط تنش خشکی دورگ CMS60/30*RN-1031 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت برای عملکرد دانه بودند. تفاوت تظاهر لاین‌ها و دورگ‌ها از نظر ترکیب‌پذیری تحت شرایط محیطی متغیر همانند شرایط عادی و تنش خشکی توسط خانی و همکاران (Khani et al., 2006) نیز گزارش شده است.

در یک جمع‌بندی نتایج نشان داد که سهم لاین‌های بازگرداننده باروری در کنترل ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد به‌مراتب بیش از سهم لاین‌های نرعییم بود. از طرفی در کنترل ژنتیکی اکثر صفات موردبررسی اثرات دوگانه افزایشی و غالبیت نقش داشتند. با توجه به نتایج فوق به نظر می‌رسد در برنامه‌های به‌نژادی آفتابگردان باید ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی لاین‌های موردبررسی به‌صورت توأما مدنظر قرار گیرد. همچنین با توجه به تفاوت ترکیب‌پذیری لاین‌ها در شرایط عادی و تنش خشکی، در صورتی‌که در برنامه‌های اصلاحی هدف تولید مواد ژنتیکی متحمل به تنش خشکی باشد، ارزیابی‌های موردنظر حتماً باید در شرایط هدف یعنی تنش خشکی انجام گیرد.

تحت تأثیر اثرات دوگانه افزایشی و غالبیت است. برخی محققان از جمله پوت (Putt, 1966)، میخالشوویچ (Mihaljevic, 1988)، تیایگی (Tyagi, 1988) و کستلوت و همکاران (Kestlout et al., 1985) اثرات دوگانه افزایشی و غیر افزایشی را برای عملکرد دانه گزارش داده‌اند. نتایج نشان داد که بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت در بین لاین‌های نرعییم موردبررسی متعلق به لاین CMS1221/1 بود در حالی‌که همین لاین در شرایط تنش خشکی دارای ترکیب‌پذیری منفی برای عملکرد دانه بود. این نتایج نشان داد که لاین‌های موردبررسی در شرایط مختلف محیطی ممکن است تظاهر متفاوتی از خود نشان دهند. در شرایط تنش خشکی لاین نرعییم CMS60/30 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت برای عملکرد دانه بود و بنابراین توصیه می‌شود در برنامه‌های به‌نژادی برای عملکرد در شرایط تنش خشکی از این لاین استفاده شود. لاین‌های بازگرداننده باروری نیز در شرایط عادی و تنش خشکی عملکرد متفاوتی از خود نشان دادند به‌طوری‌که در عادی لاین RN-103 و در شرایط تنش خشکی لاین R-217 دارای بیشترین ترکیب‌پذیری مثبت برای عملکرد دانه بودند. ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌های حاصله نیز در شرایط عادی و تنش وضعیت متفاوتی داشتند

جدول ۵. ترکیب‌پذیری عمومی لاین‌های نرعییم و بازگرداننده باروری در شرایط عادی و تنش خشکی.

Table 5. General combining ability of CMS lines and restorers under normal and drought stress conditions

لاین نرعییم CMS Line	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed Yield (kg/h)		وزن هزارانه (گرم) 1000 Seeds Weight (gr)		قطر طبق (سانتی‌متر) Head Diameter (cm)		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)	
	عادی Normal	خشکی Drought	عادی Normal	خشکی Drought	عادی Normal	خشکی Drought	عادی Normal	خشکی Drought
CMS 456/2	-107.3	-120.0	-0.97	-7.6	0.47	-0.8	11.0	-2.1
CMS 1052/1	-26.7	6.7	-0.3	1.3	-0.43	0.1	5.8	4.8
CMS 60/30	-4.0	344.3	-2.1	0.8	0.60	0.5	5.9	12.1
CMS 1221/1	140.0	-231.7	3.7	5.4	-0.57	0.3	-22.7	-15.1
SE _i	146.1	88.5	0.96	1.15	0.2	0.3	3.9	3.1
لاین بازگرداننده باروری Restorer								
RN-3	-595.2	-82.5	5.8	5.6	0.20	0.19	-13.9	-20.7
RN-1031	676.0	-185.0	0.1	-3.7	0.90	0.89	6.5	14.1
R-217	-79.2	267.0	-6.0	-2.0	-1.05	-1.08	7.35	6.42
SE _j	119.3	73.3	0.8	0.9	0.1	0.2	3.2	2.5

Table 5. Continued

جدول ۵. ادامه

لاین نرعقیم CMS Line	تعداد دانه در طبق Seed per Head		تعداد روز تا رسیدگی Days to Physiologic		درصد روغن دانه Oil content percent	
	عادی	خشکی	عادی	خشکی	عادی	خشکی
	Normal	Drought	Normal	Drought	Normal	Drought
CMS 456/2	16	-7.0	3.7	0.87	-1.0	0.9
CMS 1052/1	-8	178.0	-1.3	0.53	2.63	-0.6
CMS 60/30	110	82.0	-3.6	-1.13	-1.2	-0.5
CMS 1221/1	-42	-254	1.4	-0.13	-0.3	0.2
SE _i	59.6	64.3	1.0	0.2	0.73	0.81
لاین بازگرداننده باروری Restorer						
RN-3	-281	-277.0	4.2	0.45	-1.2	3.2
RN-1031	151	9.5	0.7	0.70	0.9	-0.4
R-217	131	266.2	-4.8	-1.05	0.3	-0.2
SE _j	48.7	52.5	0.8	0.7	0.59	0.66

SE_i: اشتباه معیار ترکیب‌پذیری لاین‌های نرعقیم، SE_j: اشتباه معیار ترکیب‌پذیری لاین‌های بازگرداننده باروریSE_i = Standard Error of general combining ability of CMS lines and SE_j = Standard Error of general combining ability of restorers lines

جدول ۶. ترکیب‌پذیری خصوصی لاین‌های بازگرداننده باروری و نرعقیم در شرایط عادی و تنش خشکی.

Table 6. Specific combining ability of restorer and CMS lines under normal and drought stress conditions.

لاین نرعقیم CMS Line	لاین بازگرداننده Restorer	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed Yield (kg/h)		وزن هزاردانه (گرم) 1000 Seeds Weight (gr)		قطر طبق (سانتی‌متر) Head Diameter (cm)		ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height cm	
		عادی	خشکی	عادی	خشکی	عادی	خشکی	عادی	خشکی
		Normal	Drought	Normal	Drought	Normal	Drought	Normal	Drought
RN-3	CMS 456/2	-694.4	282.5	0.6	1.5	-0.8	-0.4	6.6	-14.4
RN-1031	CMS 456/2	197.2	236	2.9	2.6	-0.4	0.5	-9.8	4.5
R-217	CMS 456/2	1471.5	-515	-3.4	-4	0.8	-0.1	3.7	10.1
RN-3	CMS 1052/1	610.0	282.5	1.9	1.8	-0.2	0.2	6.3	-0.4
RN-1031	CMS 1052/1	-45.3	-538.7	-0.5	-0.1	-0.5	0	0.1	3.1
R-217	CMS 1052/1	-566.1	326.3	-1.3	-1.5	0.3	-0.1	-5.9	-2.4
RN-3	CMS 60/30	-33.7	282.5	-1.9	-1	0.9	0.1	-1.9	10.8
RN-1031	CMS 60/30	134	526.7	1.7	0.5	0.1	-0.4	4	-10.6
R-217	CMS 60/30	-101.7	-56.3	0.3	0.7	-1.4	0.4	-1.6	0.1
RN-3	CMS 1221/1	116.2	282.5	-0.5	-2.1	-0.4	0.2	-10.3	4.3
RN-1031	CMS 1221/1	200.0	-219.3	-4	-2.8	0.3	0	6.4	3.3
R-217	CMS 1221/1	-317.7	249.7	4.6	5	-0.2	-0.1	4.4	-7.4
SE _{ij}		206.6	125.2	1.3	1.6	0.3	0.4	5.5	4.4

Table 6. Continued

جدول ۶. ادامه

لاین نرعیتم CMS Line	باروری Restorer	تعداد دانه در طبق Seed per Head		تعداد روز تا رسیدگی Days to Maturity		درصد روغن دانه Oil content percent	
		عادی Normal	خشکی Drought	عادی Normal	خشکی Drought	عادی Normal	خشکی Drought
RN-3	CMS 456/2	-168.8	103.7	1.1	-0.3	0.1	-0.9
RN-1031	CMS 456/2	-225.5	255.2	2.6	-0.6	-0.5	-0.9
R-217	CMS 456/2	393	-354.6	-2.9	0.2	0.4	-0.9
RN-3	CMS 1052/1	132.3	32.3	3.1	0	-1.7	-3
RN-1031	CMS 1052/1	65.5	-592.2	-4.4	-0.2	0.7	-0.3
R-217	CMS 1052/1	-199	564.1	2.1	-0.5	1.1	0.6
RN-3	CMS 60/30	-0.8	-231.7	-0.6	-0.3	1.9	-2.7
RN-1031	CMS 60/30	-55.5	344.8	-0.1	0.4	0.3	-0.9
R-217	CMS 60/30	55	-108.9	1.4	-0.8	-2.2	0.9
RN-3	CMS 1221/1	35.6	101.3	-2.6	-0.3	-0.2	-2.9
RN-1031	CMS 1221/1	213.8	-2.2	2.9	-0.6	-0.5	0.3
R-217	CMS 1221/1	-250.7	-94.9	0.4	0.2	0.7	0
SE _{ij}		84.3	90.9	1.4	0.3	1.0	1.1

SE_{ij}: اشتباه معیار ترکیب‌پذیری خصوصیSE_{ij}= Standard error of specific combining ability

منابع

- Angadi, S.V., Entz, M.H., 2002. Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars. *Agronomy Journal*. 94, 136-145.
- Arshi, Y., Arab, G.H., Soltani, A., Khiavi, M., Taie, A., RadDavaji, A.M., Faghih, M.J., Alisharifi, M.A., Fallahtoozi, A., 1994. Introduction of new hybrids of sunflower. P. 204-204. In *Proceedings of the 3th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding*. Tabriz University, Tabriz, Iran. [In Persian].
- Arshi, Y., Jafari, H., 1990. Study of Sunflower. A publication of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. 37p. [In Persian].
- Bajaj, R.K., Aujla, K.K., Chahal, G.S., 1997. Combining ability studies in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Crop improvement*. 34, 141-146.
- Bosnjak, D.j., Marinkovic, R., 1992. Sunflower requirement for water in the Chernozem zone of Yugoslavia. p. 57-63. In *proceeding of 13th International Sunflower Conference*, Piza, Italy.
- Erdem, T., Delibas, L., Orta, A.H., 2002. Water use characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under deficit irrigation. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 7, 766-769.
- Farrokhi, E., 2003. General combining ability and gene effects of sunflower new restorer lines. *Seed and Plant*. 18, 470-486. [In Persian with English Summary].
- Fick, G.N., 1987. Sunflower. In: Rabbelen, G., Downey, R.K. and Ashri, A.D. (eds), *Oilcrops of the World*. Mc. Grow Hill, pp. 544-585.
- Ghaffari, M., Farrokhi, I., Mirzapour, M., 2011. Combining ability and gene action for agronomic traits and oil content in sunflower (*Helianthus annuus* L.) using F1 hybrids. *Crop Breeding Journal*. 1 (1), 73-84.
- Ghaffari, M., Toorchi, M., Valizadeh, M., Shakiba, R., 2014. Grain yield stabilizing physiological characteristics of sunflower under limited irrigation condition. *Journal of Agricultural Science and Stable Production*. 24 (4), 98-107. [In Persian with English Summary].
- Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M., Dagustu, N., 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. *Filed Crops Research*. 87, 167-178.
- Gupta, P.C., Otoole, J.C., 1986. *Upland rice: A Global Perspective*. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines. 385p.

- Hallauer, A.R., Miranda, J.B., 1988. Quantitative Genetic in Maize Breeding. Iowa State University. Press, Ames, Iowa, USA. 221p.
- Hladni, N., Miklic, V., Jovic, S., Kraljevic-Balalic, M., Skoric, D., 2014. Mode of inheritance and combining ability for plant height and head diameter in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Genetika. 46 (1), 159-168.
- Hu, j., Seiler, G., Kolle, C., 2010. Genetics, Genomics and Breeding of Sunflower. CRC Press, New York, USA. 326p.
- Jana, P.K., Misra, B., Kar, P.K., 1982. Effect of irrigation at different physiological stages of growth on yield attributes, yield, consumptive use and water use efficiency of sunflower. Indian Agricultural. 26, 39-42.
- Kestlout, J.A., Heursel, A.J., Oawales, F.M., 1985. Estimation of heritability and genetic variation in sunflower. Helia. 8, 17-20.
- Khan, H., Rahman, H., Ahmad, H., Ali, H., Alam, M., 2008. Magnitude of combining ability of sunflower genotypes in different environments. Pakistan Journal of Botany. 40(1), 151-160.
- Khani, M., Daneshian, J., Zeinali Khaneghah, H., Ghannadha, M.R., 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. Iranian Journal of Agricultural Science. 36(2), 435-445. [In Persian with English Summary].
- Laureti, D., Gatto, A.D., 2001. General and specific combining ability in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia. 24 (34), 1-16
- Leclercq, P., 1969. The sterile male cytoplasmic chezle tourneoil. Annales de l'Amelioration des plantes. 19, 99-106.
- Machikowa, T., Saetang, C., Funpeng, K., 2011. General and Specific Combining Ability for Quantitative Characters in Sunflower. Journal of Agricultural Science. 3(1), 75-84.
- Marinkovic, R., 1992. Path coefficient analysis of some yield components of sunflower. Euphytica. 60, 201-205.
- Mihaljevic, M., 1988. Combining ability and heterosis in *Helianthus annuus* (wild). p. 963-968. In proceedings of the 12th International Sunflower Conference, Noisad, Yugoslavia.
- Mozafari, K., Arshi, Y., Zinali, H., 1996. Study of drought stress effects on some morphologic and yields components of sunflower. Seed and Plant. 12(3), 24-33. [In Persian with English Summary].
- Ortis, L., Nestares, G., Frutos, E., Machado, N., 2005. Combining ability analysis for agronomic traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia. 28(43), 125-134.
- Patil, R., Goud, I.S., Kulkarni, V., Banakar, C., 2012. Combining ability and gene action studies for seed yield and its components in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Electronic Journal of Plant Breeding. 3 (3), 861-867.
- Putt, E.D., 1966. Heterosis, combining ability, and predicted synthetics from a diallel cross in sunflower. Canadian Journal of Plant Science. 46, 50-67.
- Rajanna, M.P., Seethram, A., Virupakshappa, K., Kamesh, S., 2001. Heterosis in top-cross hybrids of diverse cytostrile source of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia. 24 (34), 25-34.
- Rezaizad, A., Zaree, A., 2015. Study on combining ability of some sunflower (*Helianthus annuus* L.) lines for important agronomic traits. Journal of Seed and Plant. 31(2), 293-306. [In Persian with English Summary].
- Sanchez, D.G., Baldini, M., Charles, D.A., Vannozzi, G.P., 1999. Genetic variances and heritability of sunflower traits associated with drought tolerance. Helia. 22 (31), 23-34.
- Schneider, A.A., Miller, J.F., 1981. Description of sunflower growth stage. Crop Science. 21, 901-903.
- Singh, R.K., Chaudhary, B.D., 1977. Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis. Kalyani Publisher, New Delhi. Ludhiana. 288p.
- Skoric, D., 1992. Achievements and future directions of sunflower breeding. Field Crops Research. 30, 231-270.
- Skoric. D.S., Mohnar, I., 2000. General (GCA) and specific (SCA) combining abilities in sunflower. P. 23-27. In proceeding of 15th Sunflower conference. Toulouse, France.
- Stone, I.R., Schlegel, A.J., Gwin, R.E., Khan, A.H., 1996. Response of corn, grain sorghum and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. Agricultural Water Management. 30, 251-259.
- Tyagi, A.P., 1988. Combining ability of yield component and maturity trait in sunflower

- (*Helianthus annuus* L.). P. 489-493. In proceedings of the 12th International Sunflower. Conference, Noisad, Yugoslavia.
- Unger, P.W., 1986. Growth and development of irrigated sunflower in the Texas High Plains. *Agronomy Journal*. 78, 507-515
- Zaree, A., Rezaizad, A., 2013. Combining ability of some sunflower new inbred lines. *Seed and Plant Journal*. 29 (2), 277-293. [In Persian with English Summary].