برآورد اجزای واریانس ژنتیکی اسیدهای‌چرب آفتابگردان در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی با روش تجزیه لاین × تستر

سیده شراره آریانژاد[۱]، حمید نجفی زرینی[۲،*]، مهدی غفاری[۳] و غلامعلی رنجبر[۲]

۱- دانشجوی دکتری، گروه اصلاح‌نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ساری

۲- دانشیار، گروه اصلاح‌نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ساری

۳- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۶)

چکیده

این ارزیابی به‌منظور برآورد اجزای واریانس ژنتیکی اسیدهای‌چرب آفتابگردان در دو شرایط جداگانه آبیاری معمولی و تنش خشکی در طی دو سال زراعی ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در کرج اجرا شد. مواد گیاهی مورد بررسی شامل ۱۲ هیبرید حاصل از تلاقی چهار لاین برگرداننده باروری با سه لاین نرعقیم (تستر) بود که در دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی شدند. تنش خشکی باعث کاهش عملکرد روغن (۳۴ درصد)، درصد روغن (شش درصد)، اسید استئاریک (۴/۷ درصد) و اولئیک (۱۰/۶ درصد) و افزایش اسیدهای پالمیتیک (۱۲ درصد) و لینولئیک (۲/۸ درصد) شد. در هر دو شرایط، اثر متقابل لاین × تستر نقش بیشتری را در توجیه واریانس هیبریدها از نظر میزان اسیدهای‌چرب داشت که نشان دهنده نقش بارز اثرات غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این خصوصیات است. در شرایط آبیاری مطلوب عملکرد روغن، درصد روغن و اسید استئاریک تحت تأثیر هر دو نوع اثرات افزایشی، غالبیت و اسیدهای‌چرب پالمیتیک، اولئیک و لینولئیک در کنترل اثرات غالبیت بودند. در شرایط تنش خشکی به‌جز درصد روغن که در کنترل اثرات افزایشی ژن بود، بقیه خصوصیات در کنترل اثرات غالبیت بودند. بر اساس نتایج این بررسی ترکیب اسیدهای‌چرب اصلی آفتابگردان عمدتاً در کنترل اثرات ژنتیکی غیرافزایشی بوده و روش‌های مبتنی‌بر دورگ‌گیری و تهیه ارقام هیبرید می‌تواند در اصلاح آفتابگردان از نظر ترکیب اسیدهای‌چرب مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: اثر افزایشی، اولئیک، تستر، غالبیت، لاین، لینولئیک

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: **h.najafi@sanru.ac.ir**

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]

[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]

مقدمه

آفتابگردان زراعی با نام علمی *Helianthus annuus* L. گیاهی یک‌ساله و دیپلوئید ($2n = 2x = 34$) متعلق به جنس هلیانتوس و تیرهٔ گل ستارگان (Asteraceae) بوده و خاستگاه اولیه آن آمریکای شمالی است (Seiler, 2007). دانهٔ آفتابگردان روغنی دارای ۴۵-۴۰ درصد روغن است که حدود ۹۰ درصد آن را اسیدهای‌چرب غیراشباع از جمله دو اسیدچرب لینولئیک (۷۲-۶۸ درصد) و اولئیک (۱۹-۱۶ درصد) و اسیدهای‌چرب اشباع پالمیتیک (حدود ۶ درصد) و استئاریک (حدود ۵ درصد) تشکیل می‌دهد (Skoric, 2012). آفتابگردان یکی از سازگارترین گیاهان به نواحی معتدل دنیا با ارتفاع کمتر از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا است (Robinson, 1997). این گیاه روغنی با سطح کاشت جهانی ۲۷/۸ میلیون هکتار و عملکرد ۱۸۰۲ کیلوگرم در هکتار (FAO, 2020) یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی سازگار برای کشت بهاره-تابستانه در مناطق معتدل و سرد و پاییزه-زمستانه در مناطق گرمسیر ایران است (Ghaffari *et al.*, 2020). بیشترین سطح زیر کشت آفتابگردان در ایران در سال ۱۳۷۲ حدود ۱۰۷ هزار هکتار با میانگین عملکرد دانه ۶۹۰ کیلوگرم در هکتار بوده و در سال ۱۴۰۰ به ۹۶۹۰ هکتار با عملکرد ۱۵۰۸ و ۵۷۶ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در شرایط آبی و دیم کاهش یافته است. آفتابگردان یک گیاه نیمه متحمل به تنش خشکی است ولی عملکرد آن در شرایط تنش خشکی به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد (Chimenti *et al.*, 2002). در مناطق خشک، در شرایطی که سایر محصولات به‌شدت از کمبود آب آسیب می‌بینند، آفتابگردان به‌دلیل دارا بودن سیستم ریشه‌ای عمیق و توانایی جذب آب از لایه‌های زیرین خاک، اغلب تولید رضایت بخشی دارد (Hussain *et al.*, 2018). عملکرد دانه و درصد روغن این گیاه تا حد قابل‌ملاحظه‌ای از تنش خشکی در مراحل گلدهی و دانه‌بندی متأثر می‌شود (Ghaffari *et al.*, 2012; Akcay and Dagdelen, 2016).

ژنوتیپ عامل اصلی تعیین‌کننده ترکیب اسیدهای‌چرب روغن‌ها است (Knowles, 1988)؛ با این‌حال شرایط محیطی مانند میزان رطوبت بر خصوصیات کیفی روغن آفتابگردان تأثیر می‌گذارد (Baldini *et al.*, 2000, Anastasi *et al.*, 2010). گزارش‌ها در مورد تأثیر تنش خشکی بر ترکیب اسیدهای‌چرب آفتابگردان محدود است. در گزارش‌های منتشر شده ژنوتیپ‌های آفتابگردان پاسخ متفاوتی را به تنش خشکی در ارتباط با ترکیب اسیدهای‌چرب نشان داده‌اند (Ali *et al.*, 2009). در برخی گزارش‌ها تنش خشکی باعث کاهش میزان اسید اولئیک و افزایش اسید لینولئیک آفتابگردان شده است (Baldini *et al.*, 2000; Petcu *et al.*, 2001; Popa *et al.*, 2017). برآورد اجزای واریانس ژنتیکی یکی از ملزومات اولیه برای آغاز یک برنامه به نژادی در گیاهان دگرگرده‌افشان مانند آفتابگردان است. اجرای یک برنامه مبتنی‌بر گزینش برای اصلاح خصوصیاتی که توسط اثرات افزایشی کنترل می‌شوند و تهیه ارقام هیبرید برای اصلاح خصوصیاتی که در کنترل اثرات غیرافزایشی هستند توصیه شده است (Skoric, 2012). طرح تلاقی لاین در تستر به‌عنوان یک روش اصلی در برآورد اجزای واریانس ژنتیکی در اصلاح گیاهان دگرگشن مانند ذرت (Banaei *et al*. 2016; Barzgari *et al.* 2022) و از جمله در اصلاح آفتابگردان (Memon *et al.*, 2015; Ghaffari and Shariati, 2018; Chahal *et al.*, 2018; Tyagi *et al.*, 2020; Haddadan *et al.*, 2020) مورد استفاده قرار گرفته است.

ماهیت ژنتیکی خصوصیات مرتبط با ترکیب اسیدهای‌چرب آفتابگردان به‌دلیل تأثیر شدید محیط پیچیده است (Joksimovic *et al*., 2006). نقش اثرات غالبیت در کنترل میزان اسید اولئیک (Perez-Vich *et al.*, 2002) و نقش اثرات غالبیت در کنترل میزان اسید لینولئیک (Tan, 2010) آفتابگردان گزارش شده است. اورتیس و همکاران (Ortis *et al.*, 2005) گزارش دادند که اسید استئاریک آفتابگردان تحت کنترل عمل غیرافزایشی ژن است.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]

ایوانوف و همکاران (Ivanov *et al.*, 1988) نقش اثرات افزایشی را در کنترل اسید پالمیتیک آفتابگردان بیشتر از اثر غیرافزایشی گزارش کردند؛ در حالی‌که ساکتیول (Sakthivel, 2003) و اورتیس و همکاران (Ortis *et al.*, 2005) عمل غیرافزایشی ژن در توارث این صفت را مهم‌تر ذکر کردند. میلر و ویک (Miller and Vick, 1999) گزارش کردند که اسیدهای پالیمتیک و استئاریک تحت کنترل عمل افزایشی ژن قرار دارند.

اطلاع از نحوه کنترل ژنتیکی خصوصیات گیاهی عامل اولیه در تعیین روش به نژادی است. با توجه به اهمیت اسیدهای‌چرب در کیفیت تغذیه‌ای روغن‌های گیاهی و با توجه به تأثیر خشکی بر ترکیب اسیدهای‌چرب آفتابگردان، در این بررسی اجزای واریانس ژنتیکی برای اسیدهای‌چرب آفتابگردان در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی مقایسه شده و بر اساس نحوه عمل ژن، روش مناسب برای اصلاح این خصوصیات پیشنهاد می‌شود.

مواد و روش‌ها

این ارزیابی به‌منظور برآورد اجزای واریانس ژنتیکی اسیدهای‌چرب اصلی آفتابگردان در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج طی دو سال زراعی ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ اجرا شد. مواد گیاهی مورد بررسی، شامل ۱۲ هیبرید حاصل از تلاقی چهار لاین با سه تستر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت و ارزیابی شدند. لاین‌های برگشت‌دهنده باروری به‌عنوان لاین و لاین‌های نرعقیم سیتوپلاسمی به‌عنوان تستر در نظر گرفته شدند. تنش خشکی از طریق قطع آبیاری از مرحله ستاره‌ای (مرحله R1) تا پایان گلدهی (R6) بر اساس مراحل نموی اشنایدر و میلر (Schneiter and Miller, 1981) صورت گرفت. درصد روغن با روش سوکسوله در بخش تحقیقات دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر برای هر تیمار تعیین شده و عملکرد روغن از طریق حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن به‌دست آمد. ترکیب اسیدهای‌چرب با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی (GC-2014C, Shimadzu, Japan) با روش آزادمهر دمیرچی و دوتا (Azadmard-Damirchi and Dutta, 2006) اندازه‌گیری شد. بر روی داده‌های حاصل، تجزیه واریانس با روش لاین در تستر صورت گرفت و برآورد اجزای واریانس ژنتیکی بر اساس روابط سینگ و چوداری (Singh and Chaudhary, 1985) صورت گرفت. از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۱۰ برای تجزیه داده‌ها استفاده شد. بعد از تجزیه واریانس برای برآورد پارامترهای ژنتیکی (واریانس افزایشی و غالبیت) از روابط ۱ و ۲ استفاده شد:

$\sigma^2_{A=} 2(MSL+MST-2MSLT)/r(l+t)$ رابطه (۱)

$\sigma^2_{D=} (MSLT-MSe)/r$ رابطه (۲)

در این روابط σ^2_A و σ^2_D به‌ترتیب عبارت‌اند از واریانس افزایشی و غالبیت و MSL، MST، MSLT و MSe به‌ترتیب میانگین مربعات لاین، تستر، اثر متقابل لاین × تستر و خطا و r، l و t تعداد تکرار، لاین و تستر می‌باشند. در برآورد واریانس اثرهای افزایشی و غالبیت به‌علت این‌که لاین‌های والدی اینبرد بودند، مقدار ضریب اینبریدینگ برابر با یک در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب برای دو شرایط به‌طور جداگانه، بین سال‌ها از نظر اسیدهای‌چرب پالمیتیک، اولئیک و لینولئیک در شرایط آبیاری مطلوب، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱) که حاکی از تأثیر شرایط متغیر سال‌های اجرای آزمایش بر اسیدهای‌چرب بود. با این‌حال این تغییرات بر عملکرد و درصد روغن و نیز میزان اسید استئاریک مؤثر نبوده و نشان‌دهنده پایداری بیشتر آن‌ها در طی دو سال اجرای آزمایش می‌باشد. در بررسی‌های مرتبط نیز تأثیر معنی‌دار تنش خشکی بر ترکیب اسیدهای‌چرب آفتابگردان گزارش شده است (Petcu *et al.*, 2001; Ali *et al.*, 2009; Popa *et al.*, 2017). بین هیبریدها از نظر اسیدهای‌چرب پالمیتیک، اولئیک و لینولئیک اختلاف معنی‌داری وجود داشت و این امر نشان می‌دهد که تنوع کافی بین هیبریدها از نظر این اسیدهای‌چرب وجود داشته و امکان

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]

تجزیه واریانس به روش لاین در تستر وجود دارد. بین لاین‌ها (برگشت‌دهنده باروری) از نظر عملکرد روغن، درصد روغن و اسیدهای‌چرب پالمیتیک، استئاریک و اولئیک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. اختلاف بین تسترها (نرعقیم) و همچنین اثر متقابل لاین با تستر از نظر همه اسیدهای‌چرب معنی‌دار شدند. این نتایج حاکی از دخالت هر دو نوع اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی خصوصیات مذکور است و معنی‌دار بودن اثر متقابل این اجزا با اثر سال نشان دهنده واکنش متفاوت لاین‌ها و تسترها به شرایط متغیر سال از نظر عملکرد و درصد روغن و ترکیب اسیدهای‌چرب می‌باشد. شرایط محیطی یکی از مهم‌ترین عوامل آشکارکننده تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها از نظر خصوصیات مورد مطالعه است (Jockovic *et al.*, 2019). با این‌حال، در این بررسی اثر متقابل هیچ‌یک از اجزای هیبرید (لاین، تستر و اثر متقابل لاین با تستر) با اثر سال از نظر اسید استئاریک معنی‌دار نبود که حاکی از پایداری این اسیدچرب در شرایط دو سال اجرای آزمایش می‌باشد.

در شرایط تنش خشکی اثر سال بر اسیدهای‌چرب و بر درصد روغن معنی‌دار بود (جدول ۲). این امر نشان می‌دهد که اثر شرایط متغیر سال با اعمال تنش خشکی تشدید شده است. تشدید اثر تنش خشکی در معنی‌دار شدن اثر هیبرید برای کلیه خصوصیات اندازه‌گیری شده غیر از عملکرد روغن نیز آشکار شد و با توجه به تنوع مشاهده شده تجزیه لاین در تستر می‌تواند به‌عنوان یک روش کارا برای برآورد اجزای واریانس ژنتیکی مورد استفاده قرار گیرد.

جدول۱- تجزیه واریانس عملکرد، درصد روغن و اسیدهای‌چرب اصلی آفتابگردان در شرایط آبیاری معمولی

Table 1. Analysis of variance for oil yield, oil content and major fatty acids of sunflower under normal irrigation condition

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی DF	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil content	پالمیتیک Palmitic	استئاریک Stearic	اولئیک Oleic	لینولئیک Linoleic
سال Year	1	53764.3 ^{ns}	12.6 ^{ns}	2.4**	0.2 ^{ns}	82.9**	36.0*
سال/تکرار Replication/Year	4	32456.6	8.6	0.1	0.1	2.5	2.8
هیبرید Hybrid	11	59836.3^{ns}	8.0^{ns}	1.1**	3.1^{ns}	59.1**	63.4*
هیبرید × سال Hybrid × Year	11	81208.8^{ns}	9.8^{ns}	0.4*	1.3^{ns}	22.6^{ns}	25.8^{ns}
لاین Line	3	157753.9**	18.1**	0.5**	4.9**	5.3**	1.6^{ns}
تستر Tester	2	25442.6^{ns}	5.6^{ns}	2.7**	3.9**	137.8**	153.7**
لاین × تستر Line × Tester	6	31872.7^{ns}	3.7^{ns}	1.1**	1.8**	67.4**	68.0**
لاین × سال Line × Year	3	34524.3^{ns}	14.6**	0.4**	1.4^{ns}	20.4**	22.8**
تستر × سال Tester × Year	2	115526.8**	6.8*	0.5**	0.5^{ns}	21.6**	24.8**
لاین × تستر × سال Line × Tester × Year	6	106435.7**	8.7**	0.3**	1.7^{ns}	26.8**	31.1**
خطا Error	48	16030.4	2.1	0.06	0.0	0.4	0.9
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		37.5	2.2	1.0	0.8	1.4	1.2

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

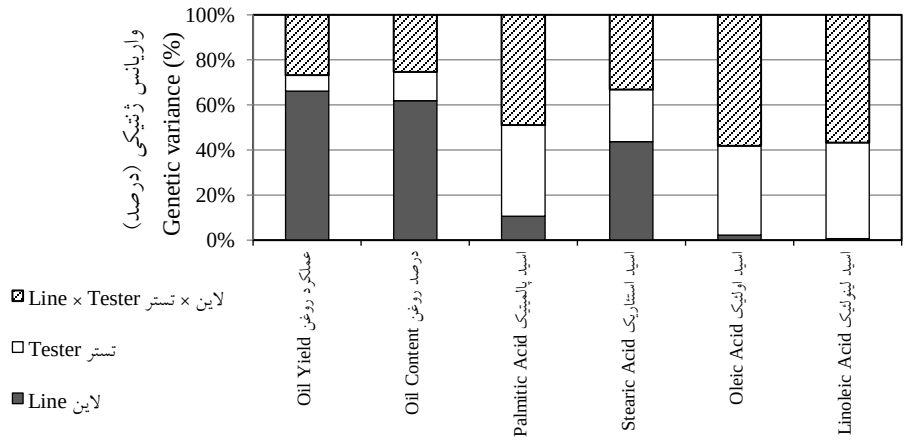
^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]

بین لاین‌ها از نظر عملکرد و درصد روغن و دو اسیدچرب اشباع پالمیتیک و استئاریک اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بین تسترها نیز از نظر همه صفات به‌غیر از عملکرد روغن اختلاف معنی‌داری وجود داشت و اثر متقابل لاین با تستر برای هر چهار اسیدچرب مورد بررسی معنی‌دار بود. برخلاف شرایط آبیاری معمولی اثر متقابل اجزای هیبرید با اثر سال از نظر اسید استئاریک معنی‌دار بود و نشان می‌دهد که شرایط تنش بر واکنش ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط محیطی سال نیز مؤثر می‌باشد. نتایج این بررسی نشان داد که واکنش لاین‌ها و تسترها در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری معمولی از نظر ترکیب اسیدهای‌چرب متفاوت می‌باشد و این امر می‌تواند بر روش به نژادی این خصوصیات در شرایط تنش خشکی تأثیر گذارد.

بر اساس تفکیک مجموع مربعات هیبریدها به اجزای خود در شرایط آبیاری معمولی، لاین‌های برگداننده باروری نقش اصلی را در توجیه واریانس هیبریدها از نظر عملکرد روغن، درصد روغن و میزان اسید استئاریک داشتند، در حالی‌که اثر متقابل لاین با تستر سهم بیشتری را در توجیه واریانس هیبریدها از نظر اسیدهای‌چرب پالمیتیک، اولئیک و لینولئیک داشت (شکل ۱). لاین‌های تستر به‌خصوص در مورد عملکرد روغن و درصد روغن سهم کمتری از واریانس هیبریدها را به خود اختصاص دادند و این امر نشان می‌دهد که تنوع مشاهده شده در هیبریدها از نظر خصوصیات زراعی عمدتاً از لاین‌های برگداننده باروری نشأت گرفته است. این شکل تصویر اولیه‌ای را از ماهیت کنترل ژنتیکی خصوصیات اندازه‌گیری شده در اختیار می‌گذارد و بر اساس آن نقش بارز اثرات افزایشی در کنترل عملکرد روغن، درصد روغن و میزان اسید استئاریک و نقش بیشتر اثرات غیرافزایشی در کنترل سه اسیدچرب پالمیتیک، اولئیک و لینولئیک مشخص می‌شود.

در شرایط تنش خشکی تنوع هیبریدها از نظر سه اسیدچرب پالمیتیک، استئاریک و لینولئیک عمدتاً توسط اثر متقابل لاین × تستر توجیه شد و لاین‌های تستر سهم بیشتری را در توجیه واریانس هیبریدها از نظر اسید اولئیک داشتند (شکل ۲). در هر دو شرایط لاین‌های برگداننده باروری نقش بیشتری را در توجیه واریانس هیبریدها از نظر درصد روغن و اثر متقابل لاین در تستر در توجیه واریانس هیبریدها از نظر میزان اسید پالمیتیک داشتند که با گزارش کاهال و همکاران (Chahal *et al.*, 2019) مطابقت دارد. در مجموع نتایج حاصل نشان داد که اثر متقابل لاین با تستر سهم بیشتری از واریانس هیبریدها از نظر میزان اسیدهای‌چرب روغن آفتابگردان را به خود اختصاص داده که دلالت بر نقش اثرات غیر-افزایشی در کنترل میزان اسیدهای‌چرب آفتابگردان دارد.



شکل ۱- مشارکت نسبی منابع مختلف در واریانس ژنتیکی عملکرد روغن، درصد روغن و اسیدهای‌چرب آفتابگردان در شرایط آبیاری معمولی

Figure 1. Relative contribution of different genetic variance components of oil yield, oil content and the fatty acids of sunflower under normal irrigation condition

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]

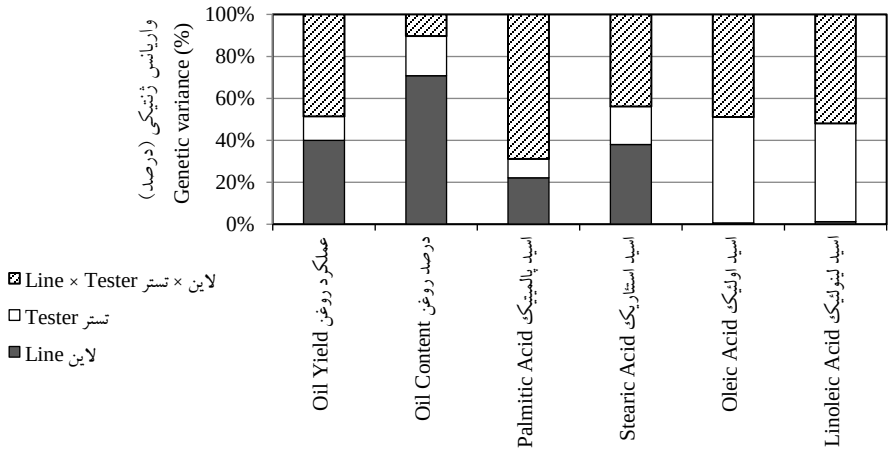
جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات مرتبط با درصد روغن و ترکیب اسیدهای‌چرب آفتابگردان در شرایط تنش خشکی

Table 2. Analysis of variance of oil yield, oil content and major fatty acids of sunflower under drought stress condition

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی DF	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil content	پالمیتیک Palmitic	استئاریک Stearic	اولئیک Oleic	لینولئیک Linoleic
سال Year	1	33736.8^{ns}	57.4*	13.0**	6.1**	83.7**	105.9**
سال/تکرار Replication/Year	4	16902.4	6.91	0.0	0.1	1.4	2.8
هیبرید Hybrid	11	26095.6^{ns}	11.4*	2.3**	2.9**	58.9**	61.3**
هیبرید × سال Hybrid × Year	11	18920.6^{ns}	3.9*	1.3^{ns}	3.8^{ns}	14.0**	18.0*
لاین Line	3	41423.2*	16.6**	1.7**	4.4**	1.3^{ns}	3.1^{ns}
تستر Tester	2	17787.4^{ns}	6.6**	1.0**	3.1**	177.9**	166.7**
لاین × تستر Line × Tester	6	25177.8^{ns}	1.2^{ns}	2.7**	2.5**	57.3**	61.6**
لاین × سال Line × Year	3	5908.1^{ns}	1.9^{ns}	0.1^{ns}	2.7**	38.4**	29.8**
تستر × سال Tester × year	2	2390.8^{ns}	6.5**	1.9**	2.7**	8.1**	1.6^{ns}
لاین × تستر × سال Line × Tester × Year	6	22365.3^{ns}	2.9*	1.8**	3.4**	6.0**	19.2**
خطا Error	48	14007.6	1.0	0.1	0.0	1.1	1.1
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		43.3	1.6	0.9	0.5	2.3	1.3

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively



شکل ۲- مشارکت نسبی منابع مختلف در واریانس ژنتیکی عملکرد روغن، درصد روغن و اسیدهای‌چرب آفتابگردان در شرایط تنش خشکی

Figure 2. Relative contribution of different genetic variance components of oil yield, oil content and major fatty acids of sunflower under drought stress condition

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]

مقایسه میانگین دو شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی از نظر خصوصیات اندازه‌گیری شده نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد روغن از ۱۱٤۱ به ۷٤۵ کیلوگرم در هکتار (۳٤ درصد)، درصد روغن از ٤۲/۸۸ به ٤۰/۱۹ درصد (شش درصد)، اسید استئاریک از ۵/۳٤ به ۵/۰۹ درصد (٤/۷ درصد) و اسید اولئیک از ۲۱/۷۰ به ۱۹/٤۱ درصد (۱۰/٦ درصد) و افزایش اسید پالمیتیک از ٦/۰۲ به ٦/۷٤ درصد (۱۲ درصد) و اسید لینولئیک از ٦۵/۵٦ به ٦۷/۳۹ درصد (۲/۸ درصد) شده است. نتایج در مورد کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی با برخی گزارش‌ها منطبق است (Todorovic *et al.*, 2009; Ghaffari *et al.*, 2012; Akcay and Dagdelen, 2016). در مطابقت با نتایج این بررسی فلاژلا و همکاران (Flagella *et al.*, 2002) کاهش اسید پالمیتیک و افزایش اسید استئاریک در شرایط تنش خشکی را گزارش کردند. با این‌حال نتایج متناقضی مبنی بر افزایش میزان اسید پالمیتیک و لینولئیک (Petcu *et al.*, 2001) و کاهش اسید اولئیک (Baldini *et al.*, 2000) وجود دارد که با گزارش علی و همکاران (Ali *et al.*, 2009) مبنی بر پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌های آفتابگردان به تنش خشکی از نظر ترکیب اسیدهای‌چرب توجیه می‌شود. شواهد نشان می‌دهد شرایط محیطی از جمله تنش خشکی بر ترکیب اسیدهای‌چرب آفتابگردان (Demurin *et al.*, 2000) تأثیر می‌گذارد. این تغییرات می‌تواند نقش محافظت‌کنندگی در شرایط تنش خشکی را داشته باشد با این‌حال بر کمیت و کیفیت روغن آن نیز تأثیر دارد (Hassan *et al.*, 2019).

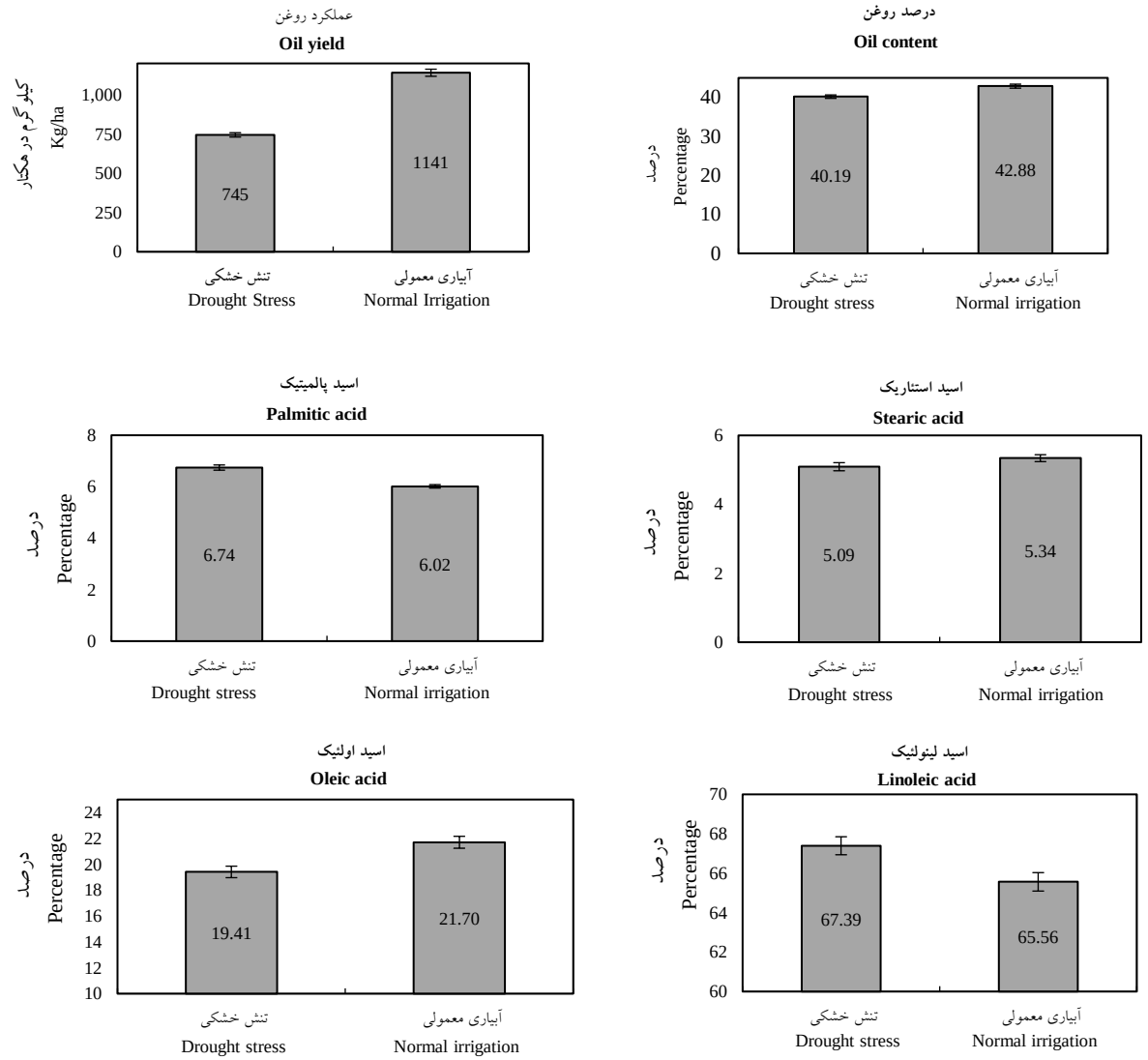
در این بررسی مهم‌ترین تأثیر تنش خشکی به‌صورت افزایش میزان اسید پالمیتیک و کاهش میزان اسید اولئیک آشکار شد. اسید پالمیتیک یک اسیدچرب اشباع بوده و افزایش میزان آن به‌دلیل افزایش کلسترول خون تأثیر منفی بر کیفیت روغن می‌گذارد. از سوی دیگر اسید اولئیک ضمن کاهش میزان کلسترول به‌عنوان یک اسیدچرب تک‌غیراشباع نقش مهمی در پایداری و ماندگاری روغن دارد (Smith *et al*,. 2007) و کاهش آن در شرایط تنش خشکی به‌عنوان یک عامل منفی در کاهش کیفیت روغن آفتابگردان به‌شمار می‌رود. با توجه به این‌که میزان افزایش اسید اولئیک (۱۲ درصد) بیشتر از میزان کاهش اسید لینولئیک (۲/۸ درصد) بود و همچنین میزان افزایش اسید پالمیتیک بیش از میزان کاهش اسید استئاریک بود، بنابراین در مجموع می‌توان گفت که بر اساس نتایج این بررسی تنش خشکی با افزایش میزان اسید پالمیتیک و کاهش اسید اولئیک باعث کاهش کیفیت روغن آفتابگردان شده است. برآورد اجزای واریانس ژنتیکی در دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی صورت گرفت. در شرایط آبیاری مطلوب (جدول ۳) عملکرد روغن، درصد روغن و میزان اسید استئاریک تحت تأثیر هر دو نوع اثر افزایشی و غالبیت و میزان اسیدهای‌چرب پالمیتیک، اولئیک و لینولئیک تحت اثر غیرافزایشی بودند.

تان (Tan, 2010)، عبدالستار (Abd El-Satar, 2017) و نیلما و پارامشوراپا (Neelima and Parameshwarappa, 2017) اهمیت اثرات ژن‌های افزایشی و غیرافزایشی را در کنترل درصد روغن گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. گانگاپا و همکاران (Gangappa *et al.*, 1997) نیز با استفاده از روش لاین × تستر تأثیر هر دو نوع اثرات افزایشی و غالبیت را در کنترل میزان روغن دانه را گزارش نمودند. شکار و همکاران (Shekar *et al.*, 1998) نقش بیشتر اثرات افزایشی در کنترل عملکرد روغن را ذکر کردند که با توجه به تفکیک مجموع مربعات تیمار (شکل ۱) با نتایج این بررسی مطابقت دارد.

نتایج این بررسی با برخی گزارش‌های منتشر شده در مورد نحوه کنترل ژنتیکی اسیدهای‌چرب منطبق است. سهم بیشتر عمل غیرافزایشی ژن در کنترل میزان اسید پالمیتیک و تأثیر هر دو نوع عمل افزایشی و غیرافزایشی ژن در کنترل میزان اسید استئاریک روغن آفتابگردان گزارش شده است (Tan, 2010). نقش بیشتر اثرات غیرافزایشی در کنترل میزان اسید اولئیک (Perez-Vich *et al.*, 2002) و اسید لینولئیک (Joksimovic *et al.*, 2006; Tan, 2010) گزارش شده است. در مطابقت با نتایج این بررسی، چاهالام و همکاران (Chahal *et al.*, 2019)

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]

گزارش کردند که میزان اسیدهای پالمیتیک و لینولئیک آفتابگردان عمدتاً در کنترل عمل ژن‌های غیرافزایشی است. با این‌حال ایوانوف و همکاران (Ivanov *et al.*, 1988) نقش اثرات افزایشی را در کنترل اسید پالمیتیک آفتابگردان بیشتر از اثر غیرافزایشی گزارش کردند. در حالی‌که در این بررسی نقش اثرات غیرافزایشی بیشتر از اثرات افزایشی بود (شکل ۱) که با نتایج ساکتیول (Sakthivel, 2003) و اورتیس و همکاران (Ortis *et al.*, 2005) منطبق است.



شکل۳- میانگین عملکرد روغن، درصد روغن و اسیدهای‌چرب روغن آفتابگردان در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی. خطوط عمودی بر هر ستون نمایانگر خطای استاندارد میانگین است.

Figure 3. Mean values for oil yield, oil content and the fatty acids of sunflower oil under normal and drought stress conditions. The bars represent the standard error of the mean values.

اورتیس و همکاران (Ortis *et al.*, 2005) گزارش دادند که اسید استئاریک آفتابگردان تحت کنترل عمل غیرافزایشی ژن است. در حالی‌که در این بررسی دخالت هر دو نوع اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این خصوصیات بارز بود. میلر و ویک

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]

(Miller and Vick, 1999) نیز گزارش دادند که میزان اسید پالمیتیک آفتابگردان در کنترل عمل افزایشی ژن است. این نوع تفاوت در برخی گزارش‌ها می‌تواند به‌دلیل استفاده از مواد ژنتیکی مختلف یا از اثرات محیط‌های مختلف آزمایشی ناشی شده باشد. در شرایط آبیاری معمولی غالبیت ناقص برای درصد روغن و عملکرد روغن و فوق‌غالبیت برای همه اسیدهای‌چرب مشاهده شد (جدول ۳). اثرات غالبیت برای اسید اولئیک و اسید لینولئیک (Perez-Vich *et al.*, 2002) و غالبیت ناقص برای میزان اسید پالمیتیک و استئاریک (Ivanov *et al.*, 1988) گزارش شده است. درجه غالبیت کمتر از ۱ نشان دهنده وجود غالبیت ناقص و بیشتر از یک نشان‌دهنده فوق‌غالبیت است. درجه غالبیت برابر یک به معنای وجود غالبیت کامل در کنترل صفت است. به‌دلیل مشاهده اثرات فوق‌غالبیت برای همه اسیدهای‌چرب در این بررسی دورگ‌گیری و بهره‌برداری از پدیده هتروزیس برای افزایش میزان هر یک از اسیدهای‌چرب مؤثر خواهد بود. بر اساس نتایج این بررسی، در شرایط آبیاری مطلوب هر دو روش مبتنی‌بر گزینش و دورگ‌گیری برای اصلاح ارقام آفتابگردان از نظر عملکرد روغن، درصد روغن و میزان اسید استئاریک و روش‌های مبتنی‌بر دورگ‌گیری و تهیه ارقام هیبرید برای اصلاح ارقام آفتابگردان از نظر اسیدهای‌چرب پالمیتیک، اولئیک و لینولئیک مؤثر خواهد بود.

بر اساس نتایج حاصل از برآورد اجزای واریانس ژنتیکی در شرایط تنش خشکی (جدول ٤) به‌غیر از درصد روغن که در کنترل اثرات افزایشی بود، بقیه خصوصیات (عملکرد روغن و میزان هر چهار اسیدچرب اصلی) در کنترل اثرات غیرافزایشی بودند. اطلاعاتی در مورد نحوه کنترل ژنتیکی خصوصیات مرتبط با ترکیب اسیدهای‌چرب آفتابگردان در شرایط تنش خشکی در دست نیست و گزارش‌های موجود بر اساس بررسی در شرایط آبیاری مطلوب بوده است. با این‌حال، گزارش‌هایی مبنی‌بر پیچیده بودن ماهیت کنترل ژنتیکی خصوصیات مرتبط با کیفیت روغن آفتابگردان به‌دلیل اثرات شدید محیطی وجود دارد (Joksimovic *et al.*, 2006). نقش بیشتر اثرات افزایشی در کنترل درصد روغن آفتابگردان گزارش شده است (Shekar *et al.*, 1998; Leon *et al.*, 2003; Ortis *et al.*, 2005) که با نتیجه این آزمایش به‌خصوص در شرایط تنش خشکی مطابقت دارد.

جدول ۳- برآورد اجزای واریانس ژنتیکی برای عملکرد روغن، درصد روغن و اسیدهای‌چرب آفتابگردان در شرایط آبیاری معمولی

Table 3. Estimation of genetic variance for oil yield, oil content and the fatty acids of sunflower under normal irrigation condition

اجزای ژنتیکی Genetic components	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil content	پالمیتیک Palmitic	استئاریک Stearic	اولئیک Oleic	لینولئیک Linoleic
واریانس افزایشی V(A)	11376.30**	1.55*	0.09ns	0.48**	0.78ns	1.84ns
SE5%	8116.40	0.97	0.16	0.34	8.48	9.29
SE1%	10821.87	1.29	0.21	0.45	11.31	12.38
واریانس غیرافزایشی V(D)	5280.75*	0.52*	0.34**	0.60**	22.35**	22.35**
SE5%	4446.34	0.52	0.15	0.25	9.23	9.30
SE1%	5928.46	0.69	0.20	0.34	12.30	12.40
درجه غالبیت	0.96	0.82	2.68	1.58	7.58	4.93

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]

جدول ٤- برآورد اجزای واریانس ژنتیکی برای عملکرد روغن، درصد روغن و اسیدهای‌چرب آفتابگردان در شرایط تنش خشکی

Table 4. Estimation of genetic variance for oil yield, oil content and the fatty acids of sunflower under drought stress condition

اجزای ژنتیکی Genetic components	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil content	پالمیتیک Palmitic	استئاریک Stearic	اولئیک Oleic	لینولئیک Linoleic
واریانس افزایشی V(A)	843.34^{ns}	1.99**	0.00^{ns}	0.23^{ns}	6.16^{ns}	4.44^{ns}
SE5%	2663.44	0.90	0.18	0.31	10.33	9.83
SE1%	3551.25	1.21	0.24	0.41	13.77	13.10
واریانس غیر افزایشی V(D)	3723.38*	0.08^{ns}	0.87**	0.83**	18.74**	20.16**
SE5%	3527.63	0.17	0.37	0.34	7.83	8.43
SE1%	4703.50	0.23	0.49	0.46	10.45	11.24
درجه غالبیت	2.97	0.28	0.00	2.67	2.47	3.01

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

اثرات غالبیت ناقص برای درصد روغن و اثرات فوق‌غالبیت برای عملکرد دانه و میزان سه اسیدچرب استئاریک، اولئیک و لینولئیک در شرایط تنش خشکی مشاهده شد (جدول ٤). با توجه به نقش بیشتر اثرات افزایشی در کنترل درصد روغن چنین نتیجه‌ای در مورد درصد روغن قابل استنتاج است. با توجه به اینکه بررسی‌ها در شرایط آبیاری مطلوب نیز بیانگر درگیر بودن اثرات غالبیت در کنترل اسیدهای‌چرب اصلی آفتابگردان بود، می‌توان گفت که ترکیب اسیدهای‌چرب اصلی آفتابگردان عمدتاً در کنترل اثرات غیرافزایشی می‌باشد. این امر بیانگر نقش بیشتر عوامل ژنتیکی در کنترل این خصوصیات است و نشان می‌دهد که فارغ از شرایط تأمین رطوبتی روش‌های مبتنی‌بر دورگ‌گیری و تهیه ارقام هیبرید می‌تواند به‌طور مؤثر در اصلاح ارقام آفتابگردان از نظر ترکیب اسیدهای‌چرب مورد استفاده قرار گیرد.

بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی هیبریدهای آفتابگردان در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی، تنش خشکی باعث کاهش عملکرد روغن (٣٤ درصد)، درصد روغن (شش درصد)، اسید استئاریک (٤/٧ درصد) و اولئیک (١٠/٦ درصد) و افزایش اسیدهای پالمیتیک (١٢ درصد) و لینولئیک (٢/٨ درصد) شد. در هر دو شرایط اثر متقابل لاین × تستر نقش بیشتری را در توجیه واریانس هیبریدها از نظر میزان اسیدهای‌چرب داشت که نشان دهنده نقش بارز اثرات غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این خصوصیات است. در شرایط آبیاری مطلوب عملکرد روغن، درصد روغن و اسید استئاریک تحت تأثیر هر دو نوع اثرات افزایشی و غالبیت و اسیدهای‌چرب پالمیتیک، اولئیک و لینولئیک در کنترل اثرات غالبیت بودند. در شرایط تنش خشکی به‌جز درصد روغن که در کنترل اثرات افزایشی بود، بقیه خصوصیات در کنترل اثرات غالبیت بودند. بر اساس نتایج این بررسی ترکیب اسیدهای‌چرب اصلی آفتابگردان عمدتاً در کنترل اثرات غیرافزایشی بوده و بیانگر نقش بیشتر عوامل ژنتیکی در کنترل این خصوصیات است. این امر نشان می‌دهد که فارغ از شرایط تأمین رطوبتی روش‌های مبتنی‌بر دورگ‌گیری و تهیه ارقام هیبرید می‌تواند به‌طور مؤثر در اصلاح ارقام آفتابگردان از نظر ترکیب اسیدهای‌چرب مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه منابع طبیعی ساری و مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج جهت فراهم کردن شرایط اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌شود.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]

References

Abd El-Satar, M.A. (2017). Genetic analysis of half diallel matting with different methods and their comparisons for yield and its associated traits in sunflower under saline soil stress conditions. *Helia*, **40(66):** 85-114.

Akcay, S. and Dagdelen, N. (2016). Water use efficiency, yield and yield components of second crop sunflower under deficit irrigation. *Turkish Journal of Field Crops*, **21:** 190-199.

Ali, Q., Ashraf, M. and Anwar, F. (2009). Physico-chemical attributes of seed oil from drought stressed sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. *Grasas Y aceites*, **60(5):** 477-483.

Anastasi, U., Santonoceto, C., Giuffre, A., Sortino, O., Gresta, F. and Abbate, V. (2010). Yield performance and grain lipid composition of standard and oleic sunflower as affected by water supply. *Field Crops Research*, **119:** 145-153.

Azadmard-Damirchi, S. and Dutta, P.C. (2006). Novel solid-phase extraction method to separate 4-desmethyl-, 4-monomethyl-, and 4, 40-dimethylsterols in vegetable oils. *Journal of Chromatography A*, **1108:** 183-187.

Baldini, M., Giovanardi, R. and Vannozzi, G. (2000). Effect of different water availability on fatty acid composition of the oil in standard and high oleic sunflower hybrids. *15th International Sunflower Conference*, Toulouse, France.

Banaei, R., Baghizadeh, A., and Khavari Khorasani, S. (2016). Estimates of genetic variance parameters and general and specific combining ability of morphological traits, yield and yield components of maize hybrids in normal and salt stress conditions. *Plant Genetic Researches*, **3(1):** 57-74 (In Persian).

Barzgari, A., Malekzade Shafaroudi, S., and Khavari Khorasani, S. (2022). Study on combining ability and gene effects estimation in some sweet corn inbred lines (*Zea mays* L. var saccarata) by line× tester method. *Plant Genetic Researches*, **8(2):** 131-142 (In Persian).

Chahal, R.K., Dhillon, S.K., Kandhola, S.S., Kaur G., Kaila V. and Tyagi. V. (2019). Magnitude and nature of gene effects controlling oil content and quality components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, **42(70):** 73-84.

Chimenti, C., Pearson, J. and Hall, A. (2002). Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crops Research*, **75:** 235-246.

Demurin, Y., Skoric D., Vorosbaranyi, I. and Jocic S. (2000). Inheritance of increased high oleic acid content in sunflower seed oil. *Helia*, **23(32):** 87-92.

FAO. (2020). *Agricultural Production Year Book*. Rome. Italy. Available at: http://faostat3.fao.org.

Flagella, Z., Rotunno, T., Tarantito, E., Caterina, R.D. and Caro, A.D. (2002). Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. *European Journal of Agronomy*, **17:** 221-230.

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

Ghaffari, M. and Shariati, F. (2018). Combining ability of sunflower inbred lines under drought stress. *Helia*, **41(69):** 201-212.

Ghaffari, M., Andarkhor, S., Homayonifar, M., Kalantar Ahmadi, S., Shariati, F., Jamali, H. and Rahmanpour, S. (2020). Agronomic attributes and stability of exotic sunflower hybrids in Iran. *Helia*, **43(72):** 67-81.

Ghaffari, M., Toorchi, M., Valizadeh, M. and Shakiba, M.R. (2012). Morpho-physiological screening of sunflower inbred lines under drought stress condition. *Turkish Journal of Field Crops*, **17(2):** 185-190.

Haddadan, A.Z., Ghaffari, M., Hervan, E.M. and Alizadeh, B. (2020) Impact of parent inbred lines on heterosis expression for agronomic characteristics in sunflower. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, **56(3):** 123-132.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]

[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]

Hassan, A.M. and Mohamed, H.E. (2019). l- Arginine Pretreatment Enhances Drought Resistance of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Plants by Increase in Polyamines Content, *Journal of Plant Growth Regulation*, **38(2):** 600-605.

Hussain, M., Farooq, S., Hasan, W., Ul-Allah, S., Tanveer, M., Farooq, M. and Nawaz, A. (2018). Drought stress in sunflower: Physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. *Agricultural Water Management*, **201:** 152-166.

Ivanov, P., Petakov, D., Nikolova V. and Pentchev, E. (1988). Sunflower breeding for high palmitic acid content in the oil. *12th International Sunflower Conference, Novi Sad*, Yugoslavia, Serbia.

Jockovic, M., Cvejic, S., Jocic, S., Marjanovic-Jeromela, A., Miladinovic, D., Jockovic, B., Miklic, V. and Radic, V. (2019). Evaluation of sunflower hybrids in multi-environment trial (MET). *Turkish Journal of Field Crops*, **24:** 202-210.

Joksimovic, J., Atlagic, J., Marinkovic, R. and Jovanović, D. (2006). Genetic control of oleic and linoleic acid contents in sunflower. *Helia*, **29:** 33-40.

Knowles, P.F. (1988). Recent advances in oil crops breeding. *Proceeding of the World Conference on Biotechnology for the Fats and Oil Industry*. American Oil Chemists Society, Illinois, USA.

Leon, A.J., Andrade, F.H. and Lee, M. (2003). Genetic analysis of seed oil concentration and environments in sunflower. *Crop Science*, **43:** 135-140.

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

Miller, J.F. and Vick, B.A. (1999). Registration of three low palmitic acid and five low stearic acid sunflower genetic stocks. *Crop Science*, **39(1):** 305-306.

Neelima, S. and Parameshwarappa, K.G. (2017). Stability of single and three-way cross hybrids for seed yield and other important agronomic traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, **40(67):** 197-210.

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

Perez-Vich, B., Fernandez-Martínez, J., Grondona, M., Knapp, S.J. and Berry, S.T. (2002). Stearoyl-ACP and oleoyl-PC desaturase genes co-segregate with quantitative trait loci underlying high stearic and high oleic acid mutant phenotypes in sunflower. *Theoretical Applied Genetic*, **104(2-3):** 338-349.

Petcu, E., Arsintescu, A. and Stanciu, D. (2001). The effect of drought stress on fatty acid composition in some Romanian sunflower hybrids. *Romanian Agricultural Research*, **15:** 39-43.

Popa, M., Anton, G.F., Rişnoveanu, L., Petcu, E. and Babeanu, N. (2017). The effect of planting date and climatic condition on oil content and fatty acid composition in some Romanian sunflower hybrids. *AgroLife Scientific Journal*, **6:** 212-221.

Robinson, R.G. (1997). Production and culture. In: Schneiter A.A., (ed.). *Sunflower Science and Technology*, pp. 55-87. Agronomy Monograph, ASA Inc, Madison, USA.

Sakthivel, K. (2003). Line × tester analysis for combining ability in kharif sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Ecobiology*, **15(4):** 299-304.

Schneiter, A. and Miller, J. (1981). Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, **21:** 901-903.

Seiler, G.J. (2007). The potential of wild sunflower species for industrial uses. *Helia*, **30:** 175-198.

Shekar, G.C., Jayaramafah, H., Virupakshappa, K. and Jagadeesh, B.N. (1998). Combining ability of high oleic acid in sunflower. *Helia*, **21(28):** 7-14.

Singh, R.K. and Chaudhary, B.D. (1985). *Biometrical Techniques in Breeding and Genetics*. Kalyani Publishers, New Delhi, IND.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]

Skoric, D. (2012). The genetics of sunflower. In: Skoric, D., Seiler, G., Liu, Z., Jan, C.C., Miller, J.F. and Charlet, L.D. (Eds.). *Sunflower Genetics and Breeding*. pp. 102-128. Serbian Academy of Science and Arts, Novi Sad, CS.

Smith, S.A., King, R.E. and Min, D.B. (2007). Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil. *Food Chemistry*, **102:** 1208-1213.

Tan, A.S. (2010). Study on the determination of combining abilities of inbred lines for hybrid breeding using line× tester analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, **33(53):** 131-148.

Todorovic, M., Albrizio, R., Zivotic, L., Saab, M.T.A., Stöckle, C. and Steduto, P. (2009). Assessment of AquaCrop, CropSyst, and WOFOST models in the simulation of sunflower growth under different water regimes. *Agronomy Journal*, **101:** 509-521.

Tyagi, V., Dhillon, S.K. and Kaur, K. (2020). Gene action for oil content and quality in diverse cytoplasmic sources in sunflower under varied moisture environments. *Helia*, **43(73):** 151-166.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]

[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]

Estimation of Genetic Variance Components of Sunflower Fatty Acids Under Normal irrigation and Drought Stress Conditions Using Line × Tester Method

Seyede Sharare Arianezhad[1], Hamid Najafi Zarini[2,*], Mehdi Ghaffari[3] and Gholamali Ranjbar[2]

1- Ph.D. Student, Department of Plant Breeding, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mazandaran, Sari, Iran
2- Associate Professor, Department of Plant Breeding, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mazandaran, Sari, Iran
3- Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

(Received: April 11, 2022 – Accepted: July 7, 2022)

Abstract

This research was carried out to estimate the genetic variance components for sunflower fatty acids in two separate optimum and drought stressed conditions in Karaj during 2020 and 2021 growing seasons. The plant materials consisted of 12 hybrids derived from crossing of four restorer lines by three cytoplasmic male sterile lines (Testers) that were evaluated in two separate experiments as randomized complete block design with three replications. Drought stress made a reduction in oil yield (34 percent), oil content (six percent), stearic acid (4.7 percent) and oleic acid (10.6 percent) and an increase in palmitic acid (12 percent) and linoleic acid (2.8 percent). Line × tester interaction effect had a major role in explanation of the variance of the hybrids in terms of fatty acid content in both conditions, indicating the critical role of non-additive effects in genetic control of these traits. Under optimum irrigation, oil yield, oil content and stearic acid content were under control of both additive and dominant gene action and palmitic, oleic and linoleic acids were under control of dominant gene action. Under drought stress, except oil content which was under control of additive effects, all the other traits were under control of dominant gene action. According to the results of this study, fatty acid composition of sunflower was under control of non-additive genetic effects and the crossing-based methods and hybrid breeding could be used for improvement of sunflower in terms of fatty acid composition.

Keywords: Additive effect, Dominance, Line, Linoleic, Oleic, Tester

* **Corresponding Author, E-mail: h.najafi@sanru.ac.ir**

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1401.9.1.5.6]
[DOI: 10.52547/pgr.9.1.5]