دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

وراثت‌پذیری اسیدهای چرب کلزای زمستانه در شرایط کاشت معمول و تاخیری

حسن امیری اوغان[۱]، امیرحسین شیرانی‌راد[۲] و فرناز شریعتی[۳]

۱- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه و نهال بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران،
(نویسنده مسول: amirioghan2014@gmail.com)
۲ و ۳- استاد و استادیار پژوهش موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه و نهال بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۹۹/۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۹/۵/۱۱
صفحه: ۱۱۳ تا ۱۲۴

چکیده

به‌منظور مطالعه نحوه توارث صفات مربوط به کیفت دانه شامل میزان روغن دانه و اسیدهای چرب کیفی کلزا تحت شرایط کاشت معمول و تاخیری، ۳۱ ژنوتیپ شامل هفت لاین و سه تستر زمستانی و ۲۱ دورگ F_1 در قالب دو طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در دو تاریخ کشت نیمهٔ اول مهر (نرمال) و نیمهٔ اول آبان (تأخیری) در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج کشت شدند (۹۱-۹۰). تجزیه واریانس مرکب اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ میزان روغن دانه و اکثر اسیدهای چرب در هر دو شرایط کاشت نرمال و تاخیری نشان داد. از این رو، تنوع ژنتیکی قابل توجهی از لحاظ همه صفات بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود داشت. برآوردهای وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی اکثر صفات در شرایط کاشت تاخیری کمتر از شرایط کاشت معمول به‌دست آمد و این امر عمدتا به‌دلیل برآورد کمتر اجزای واریانس در شرایط کاشت تاخیری بود. افزون براین، وراثت‌پذیری عمومی در هر دو شرایط کاشت معمول و تأخیری عموماً متوسط به بالا (بین ۷۲/۰۱ تا ۱۰۰) برآورد شد. وراثت‌پذیری خصوصی صفات در هر دو شرایط کاشت از ۲۰/۸۱ تا ۸۰/۲۰ درصد در نوسان بود، بنابراین گزینش برای صفاتی با وراثت‌پذیری خصوصی متوسط به پایین در نسل‌های اولیه چندان راه‌گشا نخواهد بود و بهتر است برای بهبود این صفات از پدیده هتروزیس بهره‌مند شد. در هر دو محیط نقش اثر غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل صفات کیفی بیشتر مشهود بود، بنابراین گزینش برای این صفات بدون بهره‌وری از اثر غالبیت ژنی چندان مؤثر نخواهد بود.

واژه‌های کلیدی: اثرات افزایشی و غیر افزایشی، تجزیه لاین×تستر، تنش سرما، کلزا، نحوه عمل ژن

مقدمه

ارقام جدید کلزا حاوی ۴۸-۴۵ درصد روغن با بیش از ۶۰ درصد اسید اولئیک دارای یک پیوند دوگانه با ۱۸ کربن (C۱۸:۱)، ۳۰-۲۰ درصد اسید لینولئیک (C۱۸:۲) و حدود ۱۰ درصد اسید لینولنیک (C۱۸:۳) هستند (۱۰،۲۳). روغن کلزا در قیاس با سایر دانه‌های روغنی به‌ویژه آفتابگردان و سویا دارای کمترین مقدار اسیدهای چرب اشباع، یعنی حدود ۶ درصد کل اسیدهای چرب است که اغلب شامل ۴ درصد اسید پالمتیک (C۱۶:۰) و ۲ درصد اسید استئاریک (C۱۸:۰) است (۱).

در مورد گونه‌های جنس براسیکا اطلاعات چندان زیادی در زمینه نحوه وراثت صفات در شرایط تنش سرما و یخزدگی وجود ندارد و بیشتر پژوهش‌ها در شرایط کنترل‌شده و آزمایشگاهی انجام گرفته است که گاهی انطباق خوبی بین نتایج آزمایشگاهی و نتایج مزرعه‌ای وجود ندارد. از طرف دیگر، در اکثر مطالعات تعداد مواد مورد ارزیابی محدود بوده و نمی‌توان نتایج حاصل را عمومیت داد. افزون بر این، بیشتر تحقیقات کلزا روی صفات فیزیولوژیکی و تا حدودی زراعی متمرکز شده و تنها به بررسی ارتباط و نقش این صفات در شناسایی ارقام متحمل و حساس به سرما خلاصه می‌شود و از نحوه وراثت و اثر سرما روی ویژگی‌های مرتبط با کیفیت دانه کلزا مانند روغن، ترکیبات اسیدهای چرب و گلوکوزینولات تحت شرایط تنش سرما اطلاعات مفید و جامعی در اختیار نیست.

کلزا از جمله گیاهانی است که به تاریخ کاشت حساس است (۳۶). تجربه نشان داده است که کلزا باید شش هفته قبل از شروع اولین یخبندان (دمای کمتر از ۴- درجهٔ سانتی‌گراد) کشت شود. کشت زودهنگام سبب جذب مقدار زیاد آب و مواد غذایی در طول فصل پاییز و در نتیجه رشد زاید بوته‌ها و نیز دشواری کنترل علف‌های هرز می‌شود و شانس بقای گیاه در زمستان کاهش می‌یابد.کاشت با تأخیر سبب کوچک ماندن گیاه و عدم ذخیره کافی مواد غذایی شده و خطر سرمازدگی را افزایش می‌دهد (۴). کاهش عملکرد و اجزای عملکرد، درصد روغن و نیز کاهش تعداد روز تا شروع گلدهی و تعداد روز تا رسیدن به‌دلیل تأخیر در کاشت کلزا توسط برخی از محققان گزارش شده است (۴۰،۳۴). کشت تاخیری یک ماهه کلزا باعث برخورد مراحل رشد رویشی کلزا با دمای پایین محیط در فصل زمستان و مراحل زایشی گیاه با سرمای بهاره و در نتیجه مواجه‌شدن گیاه

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-15]
[DOI: 10.52547/jcb.12.35.113]

با تنش سرما و گاهی تنش یخبندان می‌شود (۴۰،۳۴،۴). بنابراین، معرفی ارقام مناسب برای کشت‌های تأخیری سبب گسترش سطح زیر کشت کلزا در مناطقی می‌شود که آبیاری‌های آخر گیاهان بهاره مانند سویا، ذرت، سورگوم، سیب‌زمینی در کشت‌های بهاری مناطق معتدل سرد کشور با آبیاری‌های اول کلزا در کشت‌های پاییزی تداخل پیدا می‌کند، زیرا در این حالت کاشت و آبیاری‌های اولیهٔ کلزا زمانی صورت می‌گیرد که آبیاری‌های آخر زراعت‌های بهاری پایان یافته است.

تنش سرما و انجماد که از جمله تنش‌های غالب در مناطق سرد و معتدل سرد کشور است، بیشتر در مورد گیاهانی مانند کلزا رخ می‌دهد که در پاییز کشت می‌شوند و در اواخر بهار می‌رسند. این نوع تنش‌ها در حدود ۵۱ درصد از اراضی زیر کشت در مناطق غربی و شمالی کشور را شامل می‌شود (۳۷). بررسی‌ها نشان می‌دهند که کلزا در مرحله گلدهی به مواجهه با سرما حساس بوده و بسته به‌مدت زمان سرما، تا ۷۰ درصد کاهش عملکرد نشان می‌دهد (۱۴،۳۵)، ولی اگر دارای زمستان‌گذرانی خوبی باشد می‌تواند دمای ۱۵- درجهٔ سانتی‌گراد و حتی در صورت وجود پوشش برف تا ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد را تحمل کند (۲۵). از شرایط زمستان گذرانی خوب کلزا می‌توان به مواردی مانند برخورداری از ۱۰-۸ برگ، حداقل ۱/۵ گرم وزن خشک بوته، حداقل ۲۰ سانتیمتر طول ریشه و قطر طوقه بین ۱۵-۸ میلی‌متر در مرحله روزت اشاره کرد. تاریخ کاشت و تراکم بوته در واحد سطح از عوامل موثر در نیل به شرایط یادشده در زراعت کلزا به‌شمار می‌آیند (۲).

روغن که با ارزش‌ترین جزء دانه است به‌صورت ژنتیکی توسط ساخت لیپیدهای ذخیره‌ای در دانه به‌وجود می‌آید. دما به‌عنوان مهم‌ترین عامل محیطی بر درصد روغن کلزا اثر می‌گذارد و با افزایش آن در مراحل رسیدگی دانه درصد روغن کاهش پیدا می‌کند (۸). وقوع سرمای نسبتا طولانی در دوره رسیدگی دانه در شرایطی که سرما و یخبندان موجب پیش‌رس‌شدن دانه می‌شود ممکن است موجب افزایش روغن گردد (۱۲). اسیدهای چرب به دو دسته اشباع و غیراشباع تقسیم می‌شوند. از طرفی می‌توان اسیدهای چرب غیراشباع را برحسب تعداد پیوندهای مضاعف به دو دستهٔ کلی دارای تک پیوند مضاعف یا دارای چند پیوند مضاعف (۲ تا ۳ پیوند) تفکیک کرد. از اسیدهای چرب اشباع می‌توان به اسیدهای پالمتیک (C16:0)، استئاریک (C18:0)، آرشیدیک (C20:0) اشاره کرد. این دسته از اسیدهای چرب برای بدن مضر بوده و موجب افزایش میزان کلسترول خون می‌شوند. اسیدهای چرب غیراشباع برخوردار از تک پیوند مضاعف ارزش تغذیه‌ای بسیار بالایی دارند و در برابر اکسیداسیون نیز مقاومند. از این گروه می‌توان به اسیدهای پالمتیولئیک (C16:1)، اولئیک (C18:1)، ایکوزنوئیک (C20:1) اشاره کرد. از اسیدهای چرب غیراشباع برخوردار از چند پیوند مضاعف می‌توان اسید لینولئیک از گروه امگا ۶ (C18:2)، اسید لینولنیک از گروه امگا ۳ (C18:3) را نام برد. این دسته از اسیدهای چرب ارزش تغذیه‌ای بسیار بالایی دارند، ولی ناپایدارند یعنی در برابر اکسیداسیون حساس هستند و امکان نگهداری طولانی مدت آن‌ها وجود ندارد (۱۰، ۲۳). از مهم ترین اهداف اصلاحی کیفیت روغن دانه کلزا آن است که روغن دانه حاوی کمترین میزان اسید چرب اشباع (کمتر از ۶ درصد)، ولی بیشترین مقدار اسیدچرب غیراشباع (بیشتر از ۹۴ درصد) باشد (۴) و هرچه نسبت اسیدچرب غیراشباع به اسیدهای چرب اشباع بیشتر باشد، میزان تحمل سرما و نیز ارزش تغذیه‌ای روغن ژنوتیپ مورد نظر بیشتر است (۱۱،۲۳).

کاهش اسیدهای چرب غیراشباع غشا سبب از دست‌رفتن حالت سیال و نفوذپذیری غشا نسبت به آب و در نتیجه کاهش تحمل گیاه به سرما می‌شود (۳۵). از این‌رو، هرچه نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اسیدهای چرب اشباع‌شده بیشتر باشد، غشای سلولی دیرتر و کمتر تغییر حالت می‌دهد. در شلغم روغنی یا کلزای متحمل به سرما، این نسبت حدود ۴ به ۱ است. درصد اسید لینولئیک و اسید پالمتیک گیاهان حساس به سرما در مواجه‌شدن با دمای ۵+ درجهٔ سانتی‌گراد به سرعت کاهش می‌یابد (۴۲). تاسوا و همکاران (۵۱) نیز به تغییر ترکیب لیپیدی غشای دو لایه براثر سرما اشاره کردند. گوپتا و همکاران (۲۴) نشان دادند که اعمال تنش سرما در مرحلهٔ بعد از گلدهی خردل هندی (*Brassica juncea*)، سبب کاهش اسید اروسیک و افزایش اسید لینولئیک می‌شود. وقوع دماهای بالا نیز طی دورهٔ تجمع روغن در مرحله زایشی گیاه، موجب کاهش مقدار اسیدهای چرب اشباع‌نشده و افزایش میزان اسیدهای چرب اشباع‌شده می‌شود (۱۶). دان و همکاران (۱۲) نیز مشاهده کردند که در گیاهانی که دچار سرمازدگی شده‌اند، میزان اسیدهای چرب اشباع‌شده بیشتر است که احتمالاً به‌علت خاتمهٔ زودهنگام تجمع اسیدهای چرب است. کاهش میزان و عملکرد روغن دانه کلزا به‌دلیل تأخیر در کاشت توسط برخی از محققان گزارش شده است (۴۰،۳۴).

کارآیی گزینش در ارتباط با بهبود صفات مورد مطالعه به اهمیت نسبی عوامل ژنتیکی و محیطی در بروز تفاوت‌های فنوتیپی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بستگی دارد (۱۸). اهمیت نسبی عوامل وراثتی در تعیین واریانس فنوتیپی به وراثت‌پذیری معروف است و بسته به این که به ارزش ژنوتیپی یا اصلاحی ربط داده شود، دو مفهوم کاملاً متفاوت پیدا می‌کند. تغییر در ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا مانند افزایش اسید اولئیک و کاهش اسید لینولنیک با اطلاع از وراثت‌پذیری آن‌ها می‌تواند با بینش و آگاهی بیشتری انجام گیرد. جاویدفر و همکاران (۳۱) با بررسی وراثت‌پذیری اسیدهای چرب کلزا با استفاده از ۶۰ لاین هاپلویید مضاعف‌شده طی دو سال نتیجه گرفتند که ترکیب‌های اسیدهای چرب، وراثت‌پذیری خصوصی متوسطی دارند که از ۰/۴۴ برای اسید استئاریک تا ۰/۴۸ برای اسید اولئیک و اسید لینولئیک متغیر بود. به‌نظر می‌رسد مقدار متوسط وراثت‌پذیری برای این صفات بیشتر ناشی از ماهیت وراثت چندژنی آن‌ها باشد (۱۰). گرامی و همکاران (۲۱) وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی درصد روغن دانه را در کلزای بهاره کم (به‌ترتیب ۰/۲۶۳ و

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-15]

[DOI: 10.52547/jcb.12.35.113]

۰/۱۶۳) ولی در کلزای زمستانی هیو (۲۸) وراثت‌پذیری خصوصی درصد روغن کلزا را متوسط (۰/۵۹۶) و هان (۲۶)، هیو (۲۷) و ویندر و همکاران (۵۴) وراثت‌پذیری عمومی روغن دانه را زیاد (۰/۸۱۲ تا ۰/۸۷۵) گزارش کردند، در حالی‌که وو و همکاران (۵۵) و مالیک و همکاران (۳۹) وراثت‌پذیری خصوصی روغن دانه در کلزای زمستانی را زیاد (۰/۷۳۵) و هان (۲۶) مقدار آن را کم (۰/۳۰۹) برآورد کردند. براون و همکاران (۶) نیز با مطالعه ژنوتیپ‌های کلزا در مکان‌ها و سال‌های مختلف، عنوان کردند که درصد روغن دارای وراثت‌پذیری خصوصی پایینی است. مقدار کم وراثت‌پذیری اغلب ناشی از بزرگ‌بودن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بود تا برتری اثرهای غالبیت نسبت به اثرهای افزایشی. از روش تجزیه لاین×تستر برای تجزیه ژنتیکی در کلزا و سایر گیاهان استفاده شده است (۴۳،۳۰). نتایج حاضر تصویر کاملی از نحوه توارث صفات کیفی ارایه می‌دهند. صفات مرتبط با کیفیت دانه الگوی ساده‌تری از توارث به صورت عمل افزایشی ژن توأم با برخی از اثر اپیستازی و غالبیت دارد. هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها نقش داشته‌اند، ولی تاکید بر این امر ضروری است که اثرهای افزایشی و غالبیت ژن‌ها برای بهره‌وری محصول با توجه به نوع مواد آزمایشی، طرح ژنتیکی مورد استفاده و محیط آزمایش متغیر است. مقایسهٔ نتایج حاصل از طرح‌های آزمایشی مختلف درباره ماهیت تنوع ژنتیکی کلزا نشان داد که تجزیه دی‌آلل کامل و لاین×تستر، جامع‌تر بوده و اطلاعات جالبی را در زمینه اثر و نوع فعالیت ژن‌ها و نحوه کنترل صفات کمی ارایه می‌دهند. برآورد ترکیب‌پذیری صفات نقش به‌سزایی درانتخاب والدین برای شروع پروژه‌های اصلاحی و نیز تعیین خط مشی اصلاحی ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارد. بهره‌گیری از پدیده هتروزیس به‌عنوان یک روش اصلاحی اغلب به نوع ترکیب‌پذیری در بین لاین‌های اینبرد بستگی دارد. ترکیب‌پذیری عمومی‌اغلب ناشی از عمل افزایشی ژن‌هاست در حالی که ترکیب‌پذیری خصوصی با عمل غالبیت و اپیستازی ژن‌ها مرتبط است (۱۸). درباره تعداد ژن موثر در کنترل صفات مربوط به کیفیت دانه کلزا بسته به جمعیت مورد استفاده و نحوه برآورد گزارشات مختلفی وجود دارد. برای مثال، برخی گزارش کردند که میزان روغن دانه و اسید اروسیک در کلزا تحت کنترل دو ژن با اثر افزایشی است حال آنکه برخی وجود ۵ ژن مستقل را در کنترل ژنتکی آنها موثر دانسته‌اند (۴، ۹ و ۵۰).

در حال حاضر برای رهایی از محدودهٔ زمانی ۲۰- ۱۵روزهٔ کشت کلزا در مناطق معتدل سرد کشور، اصلاح و معرفی ارقامی ضروری است که از عملکرد دانه بیش از سه تن در هکتار در شرایط کشت تأخیری برخوردار باشند. بنابراین با توسعهٔ دامنه کشت کلزا از راه شناسایی ارقام مناسب برای کشت تأخیری می‌توان سطح زیر کشت این گیاه را در مناطق سرد و معتدل سرد افزایش داد. بنابراین هدف از مطالعه حاضر نیز دستیابی به اطلاعاتی پیرامون تنوع ژنتیکی، اثر و نوع عمل ژن‌ها، نحوه وراثت و سایر پارامترهای ژنتیکی صفات مرتبط با کیفیت دانه در کلزا تحت دو شرایط کشت معمول و تاخیری بود.

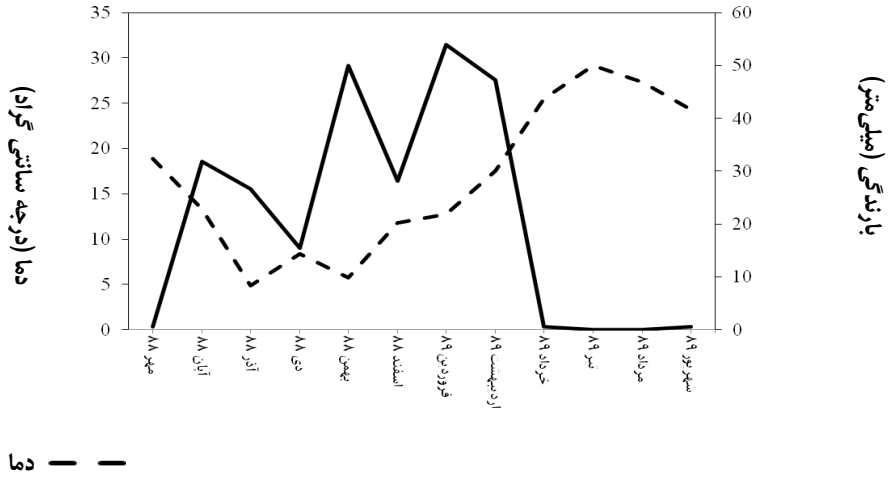
مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، با طول جغرافیایی ۵۱ درجه وعرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۱۲۳۱ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ اجرا شد. براساس آمار آب و هوایی و منحنی آمبروترمیک، این منطقه با داشتن ۱۸۰-۱۵۰ روز خشک جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزء رژیم رطوبتی خشک محسوب می‌شود. ریزش باران عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار رخ می‌دهد. حداکثر دمای سالیانه به‌طور متوسط ۲۸ درجه سانتی‌گراد (عمدتاً در تیرماه) و حداقل آن به‌طور متوسط یک درجه سانتی‌گراد (عمدتاً در دی ماه) است. متوسط بارندگی، دمای منطقه و خاک بر اساس آمار ۳۵ ساله به‌ترتیب ۲۴۲ میلی‌متر، ۱۳/۵ و ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد است. در سال اجرا، از ۲۳ آذر ماه لغایت ۲۵ اسفند ماه متوسط دمای منطقه ۳/۵ درجه سانتی‌گراد با ۲۰ روز دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد (متوسط ۵/۴- درجه سانتی‌گراد) و با ۱۰ روز پوشش برفی بود (شکل ۱). متوسط بارندگی منطقه نیز در این مدت ۱/۴۸ میلی‌متر برآورد شد (منبع: ایستگاه سینوپتیک کرج). برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مکان اجرای آزمایش در جدول ۱ درج شده است.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-15]

[DOI: 10.52547/jcb.12.35.113]



شکل ۱- وضعیت آب و هوایی کرج هنگام اجرای آزمایش
Figure 1. Climate conditions in Karaj during the experiment

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش
Table 1.Physical and chemical properties of the tested soil

مشخصات	عمق نمونه‌برداری (cm)	
	۰-۳۰	۳۰-۶۰
هدایت الکتریکی (ds/m)	۱/۳۹	۱/۱۹
اسیدیته خاک	۷/۳	۷/۱
درصد مواد خنثی شونده	۸/۱۹	۸/۳۸
درصد رطوبت گل اشباع	۳۶	۳۸
درصد کربن آلی	۰/۸۷	۰/۹۷
درصد نیتروژن کل	۰/۰۹	۰/۰۴
فسفر قابل جذب	۱۴/۷	۱۵/۶
پتاسیم قابل جذب	۱۷۱	۱۳۹
درصد رس	۳۱	۲۶
درصد سیلت	۴۴	۴۵
درصد شن	۲۵	۲۹
بافت خاک	لومی رسی	لومی رسی

تهیه مواد ژنتیکی، عملیات زراعی و یادداشت‌برداری صفات

ده والد شامل سه تستر و هفت لاین توصیه‌شده برای کشت در دو اقلیم سرد و معتدل سرد کشور (جدول ۲) به استناد نتایج چندساله تحقیقات به زراعی بخش تحقیقات دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انتخاب برای این پژوهش انتخاب شدند. در این جدول، والد zarfam دارای تیپ رشد بینابین و بقیه والدین دارای تیپ رشد زمستانی بودند.

جدول ۲- والدین کلزای مورد استفاده در تحقیق
Table 2. Parents of oilseed rape used in the research

کد	والد	منشأ	کد	والد	منشأ
*L1	Zarfam	ایران	L5	Opera	سوئد
L2	Talaye	ایران	L7	Symbol	ایتالیا
L3	SLM046	آلمان	T1	Okapi	فرانسه
L4	Geronimo	فرانسه	T2	Licord	آلمان
L5	Modena	دانمارک	T3	Orient	آلمان

حروف L و T به ترتیب بیانگر لاین و تستر است.

والدین انتخابی در بلوک‌های تلاقی در مزرعهٔ تحقیقاتی بخش دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج کشت و در بهار دورگ‌گیری بین آن‌ها به‌صورت فاکتوریل برای تهیه نسلF1 انجام شد. در پاییز ۱۳۹۰، دورگ‌های نسل اول به‌همراه ۱۰ والد (جمعا ۳۱ تیمار) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار و در دو تاریخ کاشت نرمال (نیمهٔ اول مهر) و تأخیری (نیمهٔ اول آبان) در مزرعهٔ تحقیقاتی مذکور کشت شدند. هم‌زمان با آماده‌سازی بستر بذر،

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-15]
[DOI: 10.52547/jcb.12.35.113]

براساس آزمون خاک و توصیهٔ کودی (جدول ۱)، کلیهٔ مقادیر فسفر و پتاسیم مورد نیاز به‌ترتیب از منابع کودی سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) مصرف شد. اوره نیز به‌صورت سرک در سه مرحلهٔ ۲ تا ۴ برگی، ساقه‌رفتن و شروع گلدهی به‌ترتیب به‌میزان ۱۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفت. وجین علف‌های هرز به‌روش دستی و آبیاری به‌صورت نشتی و با کمک سیفون در ۷-۶ مرحله انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل دو پشتهٔ با دو ردیف کاشت چهار متری روی هر پشته (در مجموع چهار ردیف کشت) به فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متر از هم بود. برای عملکرد دانه نیز در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی، برداشت محصول به‌صورت دستی پس از حذف خطوط حاشیه و نیز ۱۵ سانتی‌متر از بالا و پایین، در مساحتی معادل ۳/۲۴ متر مربع انجام شد. محصول برداشت‌شده توسط کمباین خرمنکوبی و عملکرد هر کرت پس از حذف کاه و کلش بر حسب تن در هکتار تعیین شد. برای تعیین درصد روغن دانه با دستگاه NMR از نمونهٔ ۲۰ گرمی از بذور پاک‌شدهٔ هر کرت استفاده شد. از حاصل ضرب عملکرد دانه (t/ha) در درصد روغن دانه (٪)، عملکرد روغن دانه بر حسب تن در هکتار تعیین شد. با استفاده از نمونهٔ ۵ گرمی از بذور پاک‌شدهٔ هر کرت، اسیدهای چرب با دستگاه GC در دو تکرار اندازه‌گیری شدند (۳۲).

تجزیه‌های آماری

نرمال‌بودن خطاها آزمایشی با استفاده از آزمون اندرسون- دارلینگ (۳) بررسی شد. تجزیه واریانس طبق موازین طرح بلوک های کامل تصادفی با دو تکرار انجام شد. محاسبهٔ ترکیب‌پذیری خصوصی دورگ‌ها و عمومی والدین و وراثت‌پذیری صفات براساس اطلاعات حاصل از تجزیهٔ لاین×تستر انجام شد (۳۳). هتروزیس والد برتر صفات محاسبه و معنی‌دار آن از طریق آزمون t بررسی شد. تجزیه لاین×تستر به‌صورت مرکب در دو محیط معمول و تاخیری نیز براساس مدل پیشنهادی الیتریبای و همکاران (۱۷) صورت گرفت. واریانس افزایشی (V_A) و غالبیت (V_D) با توجه به ثابت‌بودن لاین‌ها و محیط‌ها از فرمول‌های زیر به‌دست آمد (۴۹):

$$VA= [(MSpooled - MSe)/re]\times [4/(1+F)]$$

$$VD= [(MSL\times T- MSe)/re]\times [2/(1+F)]2$$

که در آن r تعداد تکرار، e تعداد محیط، MSe میانگین مربعات خطای آزمایشی، $MS_{l\times t}$ میانگین مربعات اثر متقابل لاین با تستر و Mspooled عبارت از میانگین مربعات ادغام شده است که از طریق فرمول زیر محاسبه شد:

$$MSpooled= (SS_L+SS_T)/(DF_L+DF_T)$$

مقادیر SS_L وSS_T به‌ترتیب بیانگر مجموع مربعات لاین‌ها و تسترها؛ DF_L و DF_T به‌ترتیب درجات آزادی لاین‌ها و تسترهاست. با توجه به خلوص والدین برای محاسبه اجزای واریانس ژنتیکی از ضریب خویش‌آمیزی برابر ۱ استفاده شد (۴۹). نحوه عمل ژن از نسبت میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی به مربعات ترکیب‌پذیری خصوصی محاسبه شد. میانگین درجه غالبیت نیز از جذر دو برابر واریانس غالبیت به واریانس افزایشی به‌دست آمد. مقادیر وراثت‌پذیری عمومی (h^2_B) و خصوصی (h^2_N) صفات در واحد میانگین تیمارها نیز به‌ترتیب از روابط زیر محاسبه شد (۴۹):

$$h^2_B=[(V_A+V_D)/(V_A+V_D+M`e)]\times 100$$

$$h^2_N=[V_A/(V_A+V_D+M`e)]\times 100$$

که در روابط بالا: M`e میانگین مربعات خطای آزمایشی تقسیم بر تعداد تکرار است. تمام تجزیه‌های آماری براساس اصول مندرج در دو منبع ۱۷ و ۴۹ در محیط اکسل فرمول‌نویسی و با دقت کامل آنالیز شده است.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات

پس از تأیید یکنواختی واریانس خطاهای درون تیماری توسط آماره Fmax، تجزیه واریانس مرکب لاین×تستر (۷×۳) بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو شرایط کاشت معمول و تاخیری برای این صفات شامل میزان روغن، عملکرد روغن، درصد اسیدهای چرب با استفاده از مواد ژنتیکی نسل F1 در جدول ۲ آمده است. براساس این جدول، بین محیط‌ها از لحاظ صفات درصد روغن، اسیدهای پالمتیک، استئاریک، اولئیک، لینولئیک و لینولنیک، بهنیک و نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. پس می‌توان گفت که میانگین ژنوتیپ‌ها از محیطی به محیط دیگر تفاوت معنی‌داری نکرده است و تأخیر در کاشت اثر متفاوتی بر این صفات در کلزا نداشته است. معنی‌داربودن اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر همهٔ صفات مربوط به کیفیت دانه به‌جز درصد اسید پالمتیک در سطح احتمال ۱ درصد حاکی از وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌هاست، بنابراین امکان بررسی کامل‌تر و شناسایی این تفاوت‌های ژنتیکی در تمام صفات به‌جز درصد اسید پالمتیک فراهم شده است. اختلاف معنی‌داری بین والدین برای این صفات دیده شد. میانگین مربعات والدین در برابر دورگ‌ها برای کلیهٔ صفات به‌جز میزان روغن دانه و اسید لینولنیک، اسید پالمتیک و نسبت اسید چرب غیراشباع به اشباع در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. بین دورگ‌ها از نظر کلیه این صفات به‌جز اسید پالمتیک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد. این موضوع نشان‌دهندهٔ وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها است. تنوع ژنتیکی معنی‌داری از لحاظ درصد روغن (۵۳،۴۵)، اسیدهای چرب مهمی مانند اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک در کلزا (۴۴) و شلغم روغنی (۴۱) گزارش شده است. برای شش صفت عملکرد روغن، درصد اسیدهای پالمتیولئیک، آرشیدیک، ایکوزنوئیک، بهنیک و نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع اثر متقابل تیمار×محیط و نیز اثر اجزای تشکیل‌دهنده آن در برخی موارد از لحاظ آماری معنی‌دار بود. این موضوع نشان می‌دهد که واکنش لاین‌ها، تسترها و دورگ‌های حاصل از آن‌ها از لحاظ این صفات در هر دو شرایط کاشت معمول و تأخیری یکسان نبوده است.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-15]

[DOI: 10.52547/jcb.12.35.113]

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب (کاشت معمول و تاخیری) صفات مربوط به کیفیت دانه کلزا به روش لاین×تستر بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی

Table 3. Combined analysis of variance (normal and late sowing dates) for quality traits in oilseed rape by the line×tester method based on RCB desing

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میزان روغن	عملکرد روغن	اسید پالمتیک	اسید پالمتیولئیک	اسید استئاریک	اسید اولئیک
محیط	۱	۰/۱۴۸	۱۰/۶۳۶**	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳**	۰/۰۱۵	۱/۰۵۳
تکرار داخل محیط	۲	۱۱/۷۹۴**	۰/۲۹۲**	۰/۰۴۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۰	۵/۵۲۳*
تیمار	۳۰	۵/۰۱۰**	۰/۱۰۸**	۰/۲۹۲	۰/۰۰۵**	۰/۱۱۸**	۵۴/۰۲۵**
والدین	۹	۲/۸۰۷*	۰/۱۱۰**	۰/۳۸۱	۰/۰۰۳**	۰/۰۳۰**	۵/۹۹۲**
والدین در برابر دورگ	۱	۱/۲۴۹	۰/۳۹۲**	۱/۳۳۱	۰/۰۰۷**	۰/۹۶۷**	۱۹/۶۶۲**
دورگ	۲۰	۶/۱۸۹**	۰/۰۹۳**	۰/۲۰۰	۰/۰۰۶**	۰/۱۱۶**	۷۷/۳۵۸**
لاین	۶	۵/۴۸۱**	۰/۱۵۵**	۰/۱۸۸	۰/۰۰۷**	۰/۱۵۵**	۶۲/۶۰۸**
تستر	۲	۱/۹۱۷	۰/۰۲۸	۰/۲۶۳	۰/۰۰۵**	۰/۱۴۸**	۳۲/۸۶۱**
لاین×تستر	۱۲	۷/۲۵۵**	۰/۰۷۲**	۰/۱۹۶	۰/۰۰۵**	۰/۰۹۱**	۹۲/۱۵۰**
تیمار×محیط	۳۰	۱/۲۰۳	۰/۰۷۷**	۰/۰۹۴	۰/۰۰۳**	۰/۰۱۱	۱/۵۷۴
والدین×محیط	۹	۰/۵۳۴	۰/۰۴۹*	۰/۰۹۸	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۶	۱/۲۱۲
(والدین در برابر دورگ)×محیط	۱	۱/۶۸۳	۰/۰۷۲	۰/۱۱۸	۰/۰۰۱	۰/۰۱۱	۲/۶۷۹
دورگ×محیط	۲۰	۱/۴۸۰	۰/۰۹۰**	۰/۰۹۱	۰/۰۰۲**	۰/۰۱۴	۱/۶۸۱
لاین×محیط	۶	۱/۹۳۴	۰/۱۲۵**	۰/۰۶۶	۰/۰۰۲**	۰/۰۱۸	۱/۷۳۵
تستر×محیط	۲	۳/۲۶۶	۰/۰۱۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰۳**	۰/۰۱۵	۱/۹۵۱
لاین×تستر×محیط	۱۲	۱/۹۵۶	۰/۰۸۵**	۰/۰۱۱۶	۰/۰۰۲**	۰/۰۱۱	۱/۶۰۹
خطای ادغام شده	۶۰	۱/۳۰۸	۰/۰۲۲	۰/۰۵۲	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۱/۶۵۵
ضریب تغییرات (٪)	-	۲/۶۳	۹/۸۲	۵/۶۷	۱۲/۴۳	۴/۸۴	۱/۹۳

*، **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ادامهٔ جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب (کاشت معمول و تاخیری) صفات مربوط به کیفیت دانه کلزا به روش لاین×تستر بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی

Continued table 3. Combined analysis of variance (normal and late sowing dates) for quality traits in oilseed rape by the line×tester method based on RCB desing

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	اسید لینولئیک	اسید لینولنیک	اسید آرشیدیک	اسید ایکوزنوئیک	اسید بهنیک	نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع
محیط	۱	۳/۰۲۰	۰/۷۳۹	۰/۰۳۰**	۰/۳۶۹**	۰/۰۰۳	۰/۷۰۳
تکرار داخل محیط	۲	۲/۴۵۶*	۱/۳۴۷**	۰/۰۰۱	۰/۰۲۰	۰/۰۰۲	۰/۷۳۵
تیمار	۳۰	۵/۴۳۸**	۱/۸۹۸**	۰/۰۱۳**	۰/۲۲۱**	۰/۰۱۳**	۱/۹۳۷**
والدین	۹	۲/۸۰۳**	۱/۹۱۶**	۰/۰۰۸*	۰/۲۱۷**	۰/۰۰۳*	۱/۵۰۵**
والدین در برابر دورگ	۱	۳۹/۲۸۹**	۰/۰۲۰	۰/۰۳۳**	۱/۶۵۳**	۰/۰۲۶**	۰/۷۵۹
دورگ	۲۰	۴/۹۳۱**	۱/۹۸۵**	۰/۰۱۴**	۰/۱۵۱**	۰/۰۱۸**	۲/۱۹۱**
لاین	۶	۲/۴۹۴**	۱/۹۴۸**	۰/۰۰۵	۰/۱۴۱**	۰/۰۲۴**	۱/۵۶۹**
تستر	۲	۱۲/۶۹۱**	۱/۶۱۰**	۰/۰۰۸	۰/۱۱۶*	۰/۰۱۵**	۰/۰۲۷
لاین×تستر	۱۲	۴/۸۵۶**	۲/۰۶۵**	۰/۰۲۰**	۰/۱۶۲**	۰/۰۱۵**	۲/۸۶۲**
تیمار×محیط	۳۰	۰/۵۸۳	۰/۱۵۶	۰/۰۰۶*	۰/۰۸۷**	۰/۰۲۱**	۰/۶۴۷**
والدین×محیط	۹	۰/۲۹۳	۰/۰۵۹	۰/۰۰۲	۰/۱۸۸**	۰/۰۰۳*	۰/۶۴۹*
(والدین در برابر دورگ)×محیط	۱	۰/۵۱۰	۰/۲۲۸	۰/۰۰۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸**	۱/۱۰۶*
دورگ×محیط	۲۰	۰/۷۱۸	۰/۱۹۶	۰/۰۰۸**	۰/۰۴۵*	۰/۰۲۹**	۰/۶۲۳**
لاین×محیط	۶	۰/۷۸۳	۰/۳۳۳	۰/۰۱۱**	۰/۰۲۶	۰/۰۳۸**	۰/۴۶۱
تستر×محیط	۲	۰/۵۴۴	۰/۲۲۱	۰/۰۰۲	۰/۰۵۵	۰/۰۴۵**	۰/۸۳۶
لاین×تستر×محیط	۱۲	۰/۷۱۴	۰/۱۲۳	۰/۰۰۷*	۰/۰۵۳*	۰/۰۲۳**	۰/۶۶۸*
خطای ادغام شده	۶۰	۰/۷۳۷	۰/۱۷۰	۰/۰۰۳	۰/۰۲۴	۰/۰۰۱	۰/۲۷۱
ضریب تغییرات (٪)		۵/۱۶	۵/۸۳	۱۰/۲۴	۱۳/۳۲	۱۱/۴۵	۳/۹۷

*، **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-15]

[DOI: 10.52547/jcb.12.35.113]

وراثت‌پذیری و نحوه عمل ژن صفات

وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی (در واحد میانگین تیمارها) برای صفات مربوط به کیفیت دانه در شرایط کاشت معمول و تأخیری در جدول ۳ درج شده است. وراثت‌پذیری عمومی کلیه صفات در هر دو شرایط کاشت، بالا (بیشتر از ۰/۸۸) برآورد شد. مقادیر بالای وراثت‌پذیری عمومی نشان می‌دهد که اهمیت واریانس ژنتیکی به مراتب بیشتر از واریانس محیطی است. درصد روغن دانه کلزا ارتباط نزدیکی با عملکرد روغن دانه دارد و به‌عنوان یک صفت وراثت‌پذیر، ولی با سطوح وراثت‌پذیری متفاوت بسته به نوع جمعیت ژنتیکی مورد استفاده شناخته شده است (۵۶). در تاریخ کاشت معمول بیشترین میزان وراثت‌پذیری خصوصی برای صفاتی مانند اسید استئاریک (۰/۷۸) و عملکرد روغن (۰/۷۲) و در تاریخ کاشت تأخیری بیشترین میزان وراثت‌پذیری خصوصی برای صفاتی مانند اسید بهنیک (۰/۸۰) و اسید استئاریک (۰/۷۸) به‌دست آمد. در مطالعه هیو (۲۸) نیز وراثت‌پذیری خصوصی عملکرد روغن در کلزا برابر ۰/۶۰ به دست آمد. برای نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع (بیشتر در تاریخ کاشت معمول) و درصد اسید آرشیدیک در هر دو شرایط کاشت مقدار وراثت‌پذیری خصوصی کمی به‌دست آمد که نشان می‌دهد سهم اثر غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل آن‌ها بیشتر است. بنابراین گزینش برای این صفات در نسل‌های اولیه با توجه به متوسط‌بودن وراثت‌پذیری خصوصی آن‌ها چندان کارساز نخواهد بود و بهتر است برای بهبود این صفات از پدیده هتروزیس بهره‌مند شد. تغییر در ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا مانند افزایش اسید اولئیک و کاهش اسید لینولنیک با اطلاع از وراثت‌پذیری آن‌ها می‌تواند با آگاهی بیشتری انجام گیرد. جاویدفر و همکاران (۳۱) با بررسی وراثت‌پذیری اسیدهای چرب کلزا با استفاده از ۶۰ لاین هاپلویید مضاعف‌شده طی دو سال نتیجه گرفتند که ترکیبات اسیدهای چرب، وراثت‌پذیری خصوصی متوسطی دارند که از ۰/۴۴ برای اسید استئاریک تا ۰/۴۸ برای اسید اولئیک و اسید لینولئیک متغیر بود. به‌نظر می‌رسد مقدار وراثت‌پذیری متوسط این صفات بیشتر ناشی از ماهیت وراثت چندژنی آنها باشد (۱۰). برای اسید لینولنیک در کلزا، دست کم سه ژن اصلی (۵۰) و تعداد زیادی ژن کوچک اثر (۴۶) در فرایند تبدیل اسید لینولئیک به اسید لینولنیک غیراشباع نقش دارند. برنز و همکاران (۷) چهار مکان ژنی را برای اسید اولئیک در کلزا شناسایی کردند. سه مکان ژنی برای اسیدهای چرب لینولئیک و لینولنیک و چهار مکان ژنی برای اسید چرب اولئیک گزارش شده است (۹). دو مکان ژنی نیز برای اسید اولیئک در خردل هندی توسط محمود و همکاران (۳۸) عنوان شده است. هان (۲۶)، هیو (۲۷) و ویندر و همکاران (۵۴) وراثت‌پذیری عمومی روغن دانه را زیاد (۰/۸۱۲ تا ۰/۸۷۵) گزارش کردند. براون و همکاران (۶) با مطالعه ژنوتیپ‌های کلزا در مکان‌ها وسال‌های مختلف، عنوان کردند که درصد روغن دارای وراثت‌پذیری خصوصی پایینی است. مقدار کم وراثت‌پذیری اغلب از بزرگ‌بودن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و عدم برتری اثرهای غالبیت نسبت به اثرهای افزایشی ناشی شده است.

میانگین درجه غالبیت کمتر از یک برای برخی صفات مانند عملکرد روغن، درصد اسید پالمتیولئیک و درصد اسید لینولیئک در هر دو شرایط کاشت حاکی از نقش عمل غالبیت ناقص ژن‌ها در کنترل آن‌ها است، اما برآورد درجه غالبیت بیش از یک برای بقیه صفات مربوط به کیفیت دانه در هر دو شرایط کاشت نشان‌دهندهٔ وجود عمل فوق‌غالبیت ژن‌ها در کنترل ژنتیکی آن‌هاست. (جدول ۳). هان (۲۶) گزارش کرد که اثر ژن‌های کنترل‌کننده درصد روغن دانه کلزا با مدل ساده افزایشی- غالبیت توجیه‌پذیر است و اثر ژنی در کنترل درصد روغن بیشتر به‌صورت فوق‌غالبیت بوده است. محاسبه نحوه عمل ژن حاکی از مؤثر بودن عمل افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی عملکرد روغن دانه (کاشت معمول)، اسید استئاریک و اسید پالمتیولئیک (در هر دو شرایط کاشت) و اسید بهنیک (کاشت تأخیری) بود. حال آن که برای بقیه صفات نقش عمل غیرافزایشی ژن‌ها بیشتر مشهود بود. در بسیاری از مطالعات ژنتیکی از صفت درصد روغن به‌عنوان یک صفت کمی یاد شده است که تحت کنترل عمل افزایشی- غالبیت ژن‌هاست (۱۹، ۲۶، ۲۸، ۵۲) و نوع مواد ژنتیکی سهم اثر ژنی درگیر در این صفت را تعیین می‌کند. گرامی و استفانسون (۲۱) و شن و همکاران (۴۸) به این نتیجه رسیدند که درصد روغن دانه به‌طور عمده تحت کنترل عمل افزایشی ژن‌هاست، در حالی که برخی از گزارش‌ها مؤید عمل توأم افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت است (۱۳،۱۵). بسیاری از مطالعات نیز نشان می‌دهند که این صفت تحت کنترل هر دو اثر ژنی و نیز اثر متقابل ژنوتیپ×محیط است (۵،۴۷).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-15]

[DOI: 10.52547/jcb.12.35.113]

جدول ۴- برآورد درصد وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی نحوه عمل ژن و میانگین درجه غالبیت صفات مربوط به کیفیت دانه کلزا در شرایط کاشت معمول و تأخیری

Table 4. Estimate of Broad and narrow heritability (%), gene action and average degree of dominance of quality traits in oilseed rape under normal and late sowing conditions

صفات	کاشت معمول					کاشت تأخیری				
	وراثت‌پذیری عمومی	وراثت‌پذیری خصوصی	نحوه عمل ژن	میانگین درجه غالبیت	وراثت‌پذیری عمومی	وراثت‌پذیری خصوصی	نحوه عمل ژن	میانگین درجه غالبیت
میزان روغن[+]	۱۰۰	۵۲/۴۷	۰/۵۵	۱/۳۵		مشابه کاشت معمول		
عملکرد روغن	۹۳/۴۰	۷۲/۴۷	۱/۷۳	۰/۷۶	۷۲/۰۱	۳۸/۷۷	۰/۵۸	۱/۳۱
اسید پالمتیولئیک	۹۶/۴۹	۶۸/۶۰	۱/۲۳	۰/۹۰	۹۵/۷۰	۶۶/۹۳	۱/۱۶	۰/۹۳
اسید استئاریک[+]	۱۰۰	۷۸/۰۳	۱/۷۸	۰/۷۵	۱۰۰	۷۸/۰۳	۱/۷۸	۰/۷۵
اسید اولئیک[+]	۱۰۰	۵۴/۱۸	۰/۵۹	۱/۳۰	۱۰۰	۵۴/۱۸	۰/۵۹	۱/۳۰
اسید لینولئیک[+]	۱۰۰	۶۷/۶۵	۱/۰۴	۰/۹۸	۱۰۰	۶۷/۶۵	۱/۰۴	۰/۹۸
اسید لینولنیک[+]	۱۰۰	۶۴/۱۳	۰/۸۹	۱/۰۶	۱۰۰	۶۴/۱۳	۰/۸۹	۱/۰۶
اسید آرشیدیک	۸۷/۷۱	۴۴/۳۷	۰/۵۱	۱/۴۰	۷۶/۹۹	۲۰/۸۱	۰/۱۸	۲/۳۲
اسید ایکوزنوئیک	۹۵/۴۰	۶۱/۵۹	۰/۹۱	۱/۰۵	۸۲/۷۱	۴۲/۷۷	۰/۵۳	۱/۳۷
اسید بهنیک	۹۷/۹۷	۵۸/۹۸	۰/۷۶	۱/۱۵	۹۸/۴۳	۸۰/۲۰	۲/۱۹	۰/۶۷
نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع	۹۲/۲۷	۳۰/۵۴	۰/۲۵	۲/۰۱	۸۸/۶۷	۵۵/۲۹	۰/۸۳	۱/۱۰

[+] اطلاعات براساس تجزیهٔمرکب دو محیط (کاشت معمول و تأخیری) است.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-15]

[DOI: 10.52547/jcb.12.35.113]

تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای اکثر صفات در هر دو شرایط کاشت معمول و تأخیری معنی‌دار بود. بنابراین والدین و تلاقی‌های حاصل از آن‌ها از نظر ژنتیکی متفاوت بودند. برآوردهای وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی اکثر صفات در شرایط کاشت تاخیری کمتر از شرایط کاشت معمول به‌دست آمد و این امر عمدتا به‌دلیل برآورد کمتر اجزای واریانس در شرایط کاشت تاخیری بود. افزون براین، وراثت‌پذیری عمومی در هر دو شرایط کاشت معمول و تأخیری عموماً متوسط به بالا (بین ۷۲/۰۱ تا ۱۰۰) برآورد شد. مقادیر بالای وراثت‌پذیری عمومی نشان می‌دهد که اهمیت واریانس ژنتیکی بیشتر از واریانس محیطی است. کم‌بودن نسبی ضریب تغییرات صفات نیز نمایانگر اثر کم محیط بود. وراثت‌پذیری خصوصی صفات در هر دو شرایط کاشت از ۲۰/۸۱ تا ۸۰/۲۰ درصد در نوسان بود. پایین‌بودن وراثت‌پذیری خصوصی صفات می‌تواند به‌علت بیشتربودن سهم اثر غیر افزایشی نسبت به اثر افزایشی باشد. بنابراین گزینش برای صفاتی با وراثت‌پذیری خصوصی متوسط به پایین در نسل‌های اولیه چندان راه‌گشا نخواهد بود و بهتر است برای بهبود این صفات از پدیده هتروزیس بهره‌مند شد. محاسبه میانگین درجه غالبیت برای صفات در هر دو شراط کاشت نشان داد که در کنترل صفات مربوط به کیفیت دانه نقش اثر غیرافزایشی بیشتر مشهود بود. بنابراین گزینش برای صفات کیفیت دانه بدون بهره‌وری از اثر غالبیت ژنی چندان مؤثر نخواهد بود. تفسیر نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق به‌علت ثابت‌بودن ژنوتیپ‌ها قابل تعمیم به سایر ژنوتیپ‌ها نیست و فقط در رابطه با مواد ژنتیکی مورد آزمایش صادق است و وجود برخی تفاوت‌ها در یافته‌های این تحقیق با یافته‌های دیگران و نیز یافته‌های سایر محققان با یکدیگر نشان می‌دهد که نوع مواد و طرح آزمایشی مورد استفاده ممکن است در این موارد اثر داشته باشند. بنابراین شاید انتخاب لاین‌های مختلف با دامنهٔ وسیع‌تری از تغییرات بتواند به نتیجه‌گیری عمومی‌تر و جامع‌تری منجر شود. به رغم دقت زیاد در انجام آزمایش، لازم است بررسی صفات در محیط‌های دیگر نیز انجام شود تا ضمن تعیین اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، برآورد وراثت‌پذیری صفات نیز با ضریب اطمینان بالا صورت گیرد.

تحقیقات نشان داده است که کاهش اسیدهای چرب غیراشباع سبب کاهش تحمل گیاه به سرما می‌شود. از این‌رو، هرچه نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اسیدهای چرب اشباع بیشتر باشد، تحمل گیاه به سرما نیز بیشتر می‌شود. این نسبت اغلب در ارقام اصلاح‌شده کلزا (ارقام دو صفر) پایین است و بهتر است به‌نژادگران در برنامه‌های اصلاح برای بهبود کیفیت روغن دانه کلزا به این امر توجه کنند تا نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اسیدهای چرب اشباع تا حد قابل قبولی افزایش یابد.

تشکر و قدردانی

در طول اجرای آزمایش، از کمک‌های ارزنده برخی از همکاران محترم در بخش تحقیقات دانه‌های روغنی به‌ویژه آقایان دکتر بهرام علیزاده، مهندس سعداله منصوری، دکتر جهانفر دانشیان، مهندس پروانه قلی‌زاده و مهندس محمدباقر ولی‌پور بهره‌مند بودیم. بنابراین از این همکاری‌ها کمال تشکر و قدردانی را داریم. همچنین از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به خاطر تامین هزینه‌های اجرایی تحقیق در قالب طرح پژوهشی به‌شماره مصوب ۸۸۱۸۴-۰۳-۰۳-۲ سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Adamska, E., T. Cegielska-Taras, Z. Kaczmarek and L. Szała. 2004. Multivariate approach to evaluating the fatty acid composition of seed oil in a doubled haploid population of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Applied Genetics, 45: 419-425.
2. Alyari, H., F. Shekhari and F. Shekhari. 1991. Oilseeds: Agronomy and Physiology. Amidi Publishing (In Persian).
3. Anderson, T.W. and D.A. Darling. 1952. Asymptotic theory of certain goodness-of-fit criteria based on stochastic processes. Annals of Mathematical Statistics, 23: 193-212.
4. Azizi, M., A. Soltani and S. Khavari Khorasani. 2000. Rapeseed (Physiology, Agronomy, Plant Breeding and Biotechnology). Mashad University Jahad Press (In Persian).
5. Brandle, J.E. and P.B.E. McVetty. 1988. Effects of inbreeding and estimates of additive genetic variance within seven summer oilseed rape cultivars. Genome, 32: 115-119.
6. Brown, J., D.A. Erickson, J.B. Davis, A.P. Brown and L. Seip. 1996. Efficiency of early generation selection in spring canola. Cruciferae Newsletter, 18: 19-20.
7. Burns, M.J., S.R. Barnes, J.G. Bowman, M.H. Clarke, C.P. Werner and M.J. Kearsey. 2003. QTL analysis of an intervarietal set of substitution lines in *Brassica napus*: (i) Seed oil content and fatty acid composition. Heredity, 90: 39-48.
8. Canvin, D.T. 1965. The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of the oils from several oilseed crops. Canadian Journal of Botany, 43: 63-69.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-15]

[DOI: 10.52547/jcb.12.35.113]

9. Cegielska, T.T., E. Adamska, L. Szaa and Z. Kaczmarek. 2005. Estimation of the genetic parameters for fatty acids content in DH lines obtained from winter oilseed rape of F_1 hybrid (DH O-120 x DH C-1041). Rosliny-Oleiste, 26: 11-17.
10. Chauhan, J.S., M.K. Tyagi and P. Tyagi. 2002. Genetic analysis of oleic and linoleic acid content in Indian mustard (*Brassica juncea* L.). SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 34: 73-82.
11. Christiansen, M.N. 1982. Temperature stress and membrane lipid modifications. In: Timmermann, B.N., Steelink, C. and Loewus, F.A. (eds.). Phytochemical Adaptations to Stress. Springer Science and Business Media, New York, pp: 177-191.
12. Daun, J.K., K.M. Clear and J.T. Mills. 1985. Effect of frost damage on the quality of canola (*B. napus*). Journal of the American Oil Chemists' Society, 62: 715-719.
13. Delourme, R., C. Falentin and V. Huteau. 2006. Genetic control of oil content in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Theoretical and Applied Genetics,113: 1331-1345.
14. Dhawan, A.K. 1985. Freezing in oilseed *Brassicassp*. Some factors affecting injury. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 104: 513-518.
15. Dong, Z., J.Y. Liu and J.M. Mu. 2007. Combining ability analysis of quality characters for parents of hybrid in *Brassica napus* L. In: L. Yunchang, L. Jiana, L. Zaiyun and L. Zhongsong, (eds.). Proceedings of the 12th GCIRC International Rapeseed Congress, 26-30th March, Wuhan, China. Vol.1 (Genetics and Breeding), Science Press USA Inc., New Jersey, pp: 194-196.
16. Downey, R.K. 1983. Origin and description of the Brassica oilseed crops. In: Kramer, J.K., Sauer, F.D. and Pigden, W.J. (eds.). High and Low Erucic Acid Rapeseed Oils: Production, Usage, Chemistry and Toxicological Evaluation. Academic Press,Toronto, Canada, pp: 1-20.
17. Elitriby, H.A., A.R. Selim and A.H. Shehata. 1981. Genotype×environment interaction from combining ability estimates in maize (*Zea mays* L.). Egyptian Journal of Genetics and Cytology, 10: 175-186.
18. Fehr, W.R. 1987. Principles of Cultivar Development: Theory and Technique. MacMillan Publishing Company, New York.
19. Gao, Y.T. 1984. Study progress on genetics and breeding in yellow-seeded rapeseed. China Oilseed Crops, 4: 82-87.
20. Genet, T., M.T. Labuschagne and A. Hugo. 2005. Genetic relationships among Ethiopian mustard genotypes based on oil contents and fatty acid composition. African Journal of Biotechnology, 4: 1256-1268.
21. Grami, B. and B.R. Stefansson. 1977. Gene action for protein and oil content in summer rape. Canadian Journal of Plant Science, 57: 625-631.
22. Grami, B., R.J. Baker and B.R. Stefansson. 1977. Genetics of protein and oil content in summer rape, heritability, nunber of effective factors and correlations. Canadian Journal of Plant Science, 57: 937-943.
23. Gül, M.K., C.Ö. Egesel, F. Kahriman and Ş. Tayyar. 2007. Investigation of some seed quality components in winter rapeseed grown in Çanakkale province. Akdeniz Üniversity Ziraat Fakültesi Dergisi, 20: 87-92.
24. Gupta, S.K., A. Aggarwal, M.L. Chabbra and T.P. Yadava. 1966. Effect of freezing on total lipids and fatty acid composition of mustard seeds (*Brassica juncea* L.). Cruciferae Newsletter, 18: 58-59.
25. Gusta, L.V. and B.J. O'Connor. 1987. Frost tolerance of wheat, oats, barley, canola and mustard and the role of ice-nucleating bacteria. Canadian Journal of Plant Science, 67: 1155-1165.
26. Han, J.X. 1990. Genetic analysis on oil content in rapeseed (*Brassica napus* L.). China Oilseed Crops, 2: 1-6.
27. Hu, Z.L. 1987. Genetic analysis on several quality traits in rapeseed (*Brssica napus* L.). China Oilseed Crops, 1: 19-22.
28. Hu, Z.L. 1988. A genetic analysis of qualitative characters in rapeseed (*Brassica napus* L.). Cruciferae Newsletter, 13: 58-59.
29. Hu, Z.L. and H.L. Liu. 1989. Combining ability analysis for quality characters of *Brassica napus* and possible approaches of obtaining new germplasms of low glucosinolate content. Acta Agronomica Sinica, 15: 221-230.
30. Jamshidmoghaddam M., E. Farshadfar, A. Najaphy. 2019. Estimation of Genetic Effects for Different Traits in Rapeseed (*Brassica napus* L.) using Line × Tester Crosses under Water-Stressed and Well-Watered Conditions. Journal of Crop Breeding, 11(29): 17-28 (In Persian).
31. Javifar, F., V. Repli, H. Zeinali, S. Abdemishani, A. K. Shah Nejat Bosheri, R. Tavakol Afshari, B. Alizadeh and A. Jafarieh. 2008. Heritability of fatty acids in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Danesh Keshaverzi, 17(3): 57-64 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-15]

[DOI: 10.52547/jcb.12.35.113]

32. Kaushik, N. and A. Agnihotri. 1997. Evaluation of improved method for determination of rapeseed-mustard FAMES by GC. Chromatographia, 44: 97-99.
33. Kempthorne, O. 1957. An Introduction to Genetic Statistics. John Wiley and Sons, New York.
34. Khan, R.U., H.H. Muendel and M.F. Chaudhry. 1994. Influence of topping rapeseed on yield components and other agronomic characters under varying dates of planting. Pakistan Journal of Botany, 26: 167-171.
35. Kumar, D. 1997. Crop Response to Abiotic Stresses, Vol 2: Oilseed. Scientific Publishers Jodhpur, India.
36. Kurmi, K. and M.M. Kalita. 1992. Effect of sowing date seed rate and method of sowing on growth yield and oil content of rapeseed (*B. napus*). Indian Journal of Agronomy, 37: 595-597.
37. Madani, H. 2002. Physiology of cold and freezing tolerance in winter rapeseed genotypes. Unpublished Ph.D. Thesis, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Iran (In Persian).
38. Mahmood, T., U. Ekuere, F. Yeh, A.G. Good and G.R. Stringam. 2003. RFLP linkage analysis and mapping genes controlling the fatty acid profile of *Brassica juncea* using reciprocal DH populations. Theoretical and Applied Genetics, 107: 283-290.
39. Malik, V., H. Singh and D. Singh. 1995. Gene action of seed yield and other desirable characters in rapeseed (*Brassica napus* L.). Annals of Biology, 11: 94-97.
40. Mandal, S.M.A., B.K. Mishra and A.K. Patra. 1994. Yield loss in rapeseed and mustard due to aphid infestation in respect of different varieties and dates of sowing. Orissa Journal of Agricultural Research, 7: 58-62.
41. Meenu, A.R., S. Chauhan and S.V.S. Chauhan. 2006. Variability studies for oil quality in some cultivars of yellow sarson (*Brassica campestris*-Prain). Brassica, 8: 79-81.
42. Mir Mohammadi Mebodi, S.A.M. and S. Tarkesh Esfahani. 2005. Physiological and Plant Breeding aspects of Cold and Freezing stresses in Field Crops. Golban Press (In Persian).
43. Nouri, M., A. motallebi Azar, M. Saidi, J. Panahandeh, D. Zare Haghi and S. Rasooliazar. 2019. Combining Ability Estimates for Yield Some Traits in Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) by Line×Tester. Journal of Crop Breeding, 11(32): 22-32 (In Persian).
44. Ortegon M.A.S., A.F. Diaz and D.L.A. Ramirez. 2006. Seed yield and quality of varieties and hybrids of canola in northern Tamaulipas, Mexico. Revista-Fitotecnia-Mexicana, 29: 181-186.
45. Perveen, L., M. Jamal, K. Nawab and M.S.S. Khan. 2005. Comparative performance of local and exotic Canola hybrids for grain yield and oil contents. Indus Journal of Biological Sciences, 2: 503-507.
46. Rücker, B. and G. Röbbelen. 1996. Impact of low linolenic acid content on seed yield of winter oilseed rape (*Brassica napes* L.). Plant Breeding, 115: 226-230.
47. Shafii, B., K.A. Mahler, W.J. Price and D.L. Auld. 1992. Genotype×environment interaction effects on winter rapeseed yield and oil content. Crop Science, 32: 922-927.
48. Shen, J.X., T.D. Fu and G.S. Yang. 2002. Heterosis of double low self incompatibility in oilseed rape (*Brassica napus* L). Agricultural Sciences in China, 1: 732-737.
49. Singh, R.K. and B.D. Chaudhary. 2007. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis (Third Edition). Kalyani Publishers.
50. Somers, D.J., K.R.D. Friesen and G. Rakow. 1998. Identification of molecular markers associated with linoleic acid desaturation in Brassica. Theoretical and Applied Genetics, 96: 897-903.
51. Tasseva, G., J. Virville, C. Cantrel, F. Moreau and A. Zachowski. 2004. Changes in the endoplasmic reticulum lipid properties in response to low temperature in *Brassica napus*. Plant Physiology and Biochemistry, 42: 811-822.
52. Tu, J.X. and T.D. Fu. 2001. Current situation and prospect of rapeseed quality improvement. Journal of Plant Genetic Resources, 2: 53-58.
53. Tuncturk, M., I. Ylmaz, M. Erman and R. Tuncturk. 2005. Comparison of summer rapeseed (*Brassica napus subsp. oleifera* L.) cultivars for yield and yield components under Van ecological conditions. Tarim-Bilimleri-Dergisi, 11: 78-85.
54. Virender, M., H. Singh, D. Singh, V. Malik and H. Singh. 1995. Gene action of seed yield and other desirable characters in rapeseed (*Brassica napus* L.). Annals of Biology Ludhiana, 11: 1-2.
55. Wu, J.G., C.H. Shi and H.Z. Zhang. 2006. Partitioning genetic effects due to embryo, cytoplasm and maternal parent for oil content in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Genetics and Molecular Biology, 29: 533-538.
56. Zhang, S.F., C.Z. Ma, J.C. Zhu, J.P. Wang, Y.C. Wen and T.D. Fu. 2006. Genetic analysis of oil content in *Brassica napus* L. using mixed model of major gene and polygene. Acta Genetica Sinica, 33: 171-180.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-15]

[DOI: 10.52547/jcb.12.35.113]

Inheritance of Winter Oilseed Rape Fatty Acid under Normal and Late Sowing Conditions

Hassan Amiri Oghan[1], Amir Hossein Shirani Rad[2] and Farnaz Shariati[3]

1- Assistant Professor, Research Assistant Professor of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(Corresponding author: amirioghan2014@gmail.com)
2 and 3- Professor and Assistant Professor, Research Professor of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
Received: April 6, 2020 Accepted: May 31, 2020

Abstract

To study of inheritance of oilseed rape quality traits in normal and late sowing date conditions, 31 genotypes including 7 winter lines as females, and 3 winter testers and their 21 F_1 generation were grown under normal sowing date (early October) and late sowing date (early November) conditions in two separate RCB designs with two replications at the field of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj (2011-12). Combined analysis of variance showed significant differences between treats of oil seed content and most fatty acids traits in both sowing dates. Therefore, significant genetic variation existed for all traits among the genotypes studied. Estimates of broad and narrow heritability of most traits under late sowing date were less than the normal sowing date and this was mainly due to less esti mation of variance components under late sowing date conditions. In addition, broad heritability was estimated to be generally medium to high (between 72.01 to 100) in both normal and late sowing date conditions. The narrow heritability of traits in both sowing conditions ranged from 20.81% to 80.20%. Therefore, selection for traits with moderate to low narrow heritability in early generations would not be much useful, and it is preferable to use heterosis to improve these traits. In both sowing dates non-additive effect was more evident in control of quality traits. Therefore, selection for these traits would not be effective without using the effect of gene dominance.

Keywords: Additive and non additive effects, Cold stress, Gene action, Line×Tester analysis, Oilseed rape

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-15]

[DOI: 10.52547/jcb.12.35.113]