دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

بررسی وراثت‌پذیری و نوع عمل ژن‌های کنترل‌کننده صفات مختلف کلزای بهاره به روش تجزیه دای‌آلل

محمدامین نوروزی[۱]، لیلا آهنگر[۲]، کمال پیغام‌زاده[۳]، حسین صبوری[۴] و سید جواد سجادی[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه گنبد کاووس
۲- استادیار دانشگاه گنبد کاووس، (نویسنده مسوول: l.ahangar63@gmail.com)
۳- استادیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۴- استادیار دانشگاه گنبد کاووس

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۴
صفحه: ۱۶۶ تا ۱۷۸

چکیده

کلزا یکی از مهمترین گیاهان دانه روغنی در ایران است، به‌طوری‌که توسعه سطح زیر کشت آن به علت محدودیت در منابع ژنتیکی مستلزم ایجاد تنوع ژنتیکی به وسیله دورگ‌گیری در قالب برنامه‌های اصلاحی و نهایتا معرفی لاین‌های پرپتانسیل به جامعه کشاورزی می‌باشد. بنابراین هدف از این پژوهش، ایجاد تنوع ژنتیکی از طریق دورگ‌گیری ۸ ژنوتیپ بهاره کلزا با استفاده از طرح دای‌آلل کامل و بررسی نحوه توارث و نوع عمل ژن‌های کنترل‌کننده برخی صفات زراعی، عملکرد و اجزای آن در نتاج F_1 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ بود. تجزیه اجزای واریانس نشان داد که میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی تنها برای صفات ارتفاع شاخه‌بندی، طول خورجین، تعداد خورجین در شاخه فرعی و تعداد کل خورجین در بوته معنی‌دار شد، در حالی که میانگین مربعات ترکیب‌پذیری خصوصی و اثرات متقابل برای تمامی صفات معنی‌دار بودند. بیشترین و کمترین مقادیر به دست آمده از نتایج وراثت‌پذیری خصوصی برای صفت طول خورجین (۱۸٪) و صفت تعداد دانه در خورجین (۰/٤٪) بود. همچنین نسبت GCA/SCA بیانگر اهمیت اثرات افزایشی برای صفات ارتفاع شاخه‌بندی، طول خورجین، تعداد خورجین در شاخه فرعی و تعداد کل خورجین در بوته بود. والدین SPN-182 و SPN-202 از ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری برای صفات تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد خورجین در شاخه فرعی، تعداد کل خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه برخوردار بودند. دورگ‌های SPN-182×SPN-207 و SPN-182×SPN-206 با بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار برای صفت عملکرد دانه به منظور تولید هیبریدهای سینگل کراس حائز اهمیت بودند.

واژه‌های کلیدی: اثرات ژنی، ترکیب‌پذیری، دورگ، سینگل کراس، گریفینگ

مقدمه

نیاز روزانه به منابع غذایی و دسترسی به انرژی لازم برای حیات، اولویت اول زندگی بشر بوده است. کلزا (*Brassica napus L.*) یکی از مهمترین محصولات دانه روغنی در جهان است که افزایش میزان محتوای روغن بذر، افزایش پتانسیل ژنتیکی و عملکرد از جمله اهداف مهم برنامه‌های کلان تولید کلزا در کشورهای مختلف می‌باشد که مورد توجه پژوهشگران قرار می‌گیرد (۵، ۱۶). سهم اختصاص یافته ایران در تولید دانه‌های روغنی کلزا برابر با ۲۹۰ هزار تن از ۷۰ میلیون تن تولید جهانی در سال ۲۰۱۹ می‌باشد (۴). از سویی با توجه به شرایط اقلیمی سال‌های اخیر، کشت پاییزه کلزا به دلیل سازگاری مناسب در اولویت قرار گرفته است. هرساله مناطق وسیعی از استان‌های گلستان به کشت کلزا اختصاص می‌یابد به طوری که سطح زیر کشت کلزا در استان گلستان در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ تقریبا برابر با ۴۴ هزار هکتار با قابلیت برداشت ۶۱ هزار تن دانه گزارش شده است (۱، ۱۷).

اساس اکثر برنامه‌های اصلاح نباتات تنوع است که میزان موفقیت به وجود تنوع ژنتیکی قابل قبول و متعاقب آن به گزینش وابسته است (۱۹). دورگ‌گیری یکی از تکنیک‌هایی بوده که به وسیله آن می‌توان با ترکیب ژن‌هایی از والدین مناسب از ژنوتیپ‌های مختلف، ژرم پلاسم برتر را ایجاد نمود (۱۲). میزان هتروزیس و شناسایی ژنوتیپ‌هایی که باید به عنوان والد انتخاب شوند همواره از مهم‌ترین اهداف علم ژنتیک می‌باشد. در پدیده هتروزیس، هیبریدهای F_1 تولید شده از دو ژنوتیپ غیر مشابه عملکرد فنوتیپی برتر را در مقایسه با هر یک از والدین نشان می‌دهند (۲). ارزیابی نتایج حاصله از هیبریدها بسیار متغیر بوده است، درجه غالبیت برای برخی صفات در هیبریدها و ژنوتیپ‌های والدین اثرات متفاوتی را نشان داده‌اند (۲۹). اغلب صفات زراعی در کلزا، کمی هستند که توسط تعداد زیادی از ژن‌ها کنترل می‌شوند، بنابراین شناخت ماهیت ژنتیکی و نحوه توارث صفات یکی از مبانی تصمیم‌گیری در مورد اجرای روش‌های مختلف به‌نژادی بوده و با شناسایی این ویژگی‌ها می‌توان بهترین روش‌ها را برگزید و مطابق با آن نتایج را مورد پیش‌بینی قرار داد (۱۵). روش دای‌آلل و مدل گریفینگ از متداول‌ترین طرح‌های ژنتیکی می‌باشد که بیشترین کاربرد را در کارهای اصلاحی دارد و برای برآورد پارامترهای ژنتیکی و قدرت ترکیب‌پذیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. هرکدام از روش‌های گریفینگ دارای مدل‌هایی هستند که بر پایه محاسبه واریانس‌ها، اجزاء واریانس ژنتیکی و ترکیب‌پذیری‌ها برآورد می‌شوند. اثرات ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)[۱]، خصوصی (SCA)[۲] و اثرات متقابل (RCA)[۳] شاخص‌های مهمی برای تشخیص پتانسیل لاین‌ها در تولید هیبرید می‌باشند که اهمیت اثرات ژنی

1- General combining ability 2- Specific combining ability 3- Reciprocal combining ability

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.166]

افزایشی و غیرافزایشی برای تعیین این که کدام تلاقی، عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی را بهبود می‌بخشد، در اولویت است (۱۱). لذا دستیابی و داشتن اطلاعاتی در مورد ساختار ژنتیکی والدها و نحوه کنترل توارث ژنتیکی و ترکیب‌پذیری صفات اهمیت به سزایی در برنامه‌های به‌نژادی به منظور تولید دورگ‌های هیبریدی مطلوب دارد.

مرادی و سلطانی‌حویزه (۲۰) با مطالعه بر روی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری ژنوتیپ‌های کلزا، گزارش نمودند که صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین، و تعداد روز تا رسیدگی دارای مقادیر بالایی از میزان ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی می‌باشند. همچنین بیشترین درصد وراثت‌پذیری عمومی برای صفات وزن هزاردانه (۸۰٪)، تعداد روز تا رسیدگی (۸۰٪)، تعداد دانه در خورجین (۷۴٪) بود و کمترین مقدار وراثت‌پذیری (۳۳٪) به ارتفاع بوته تعلق گرفت.
نتایج مطالعات رامئه (۲۴) بر روی هشت لاین کلزا در یک تلاقی یک‌طرفه دای‌آلل نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد و معنی‌داری ترکیب‌پذیری خصوصی برای تمامی صفات به جزء وزن هزار دانه بود که بیانگر اهمیت اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل صفات مورد بررسی می‌باشد.

ناهید و همکاران (۲۲) طی مطالعه یک تلاقی دای‌آلل ۴×۴ کلزا گزارش کردند که ژنوتیپ‌ها و تلاقی‌ها از نظر عملکرد بوته، تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در شاخه اصلی اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان دادند. میانگین مربعات توانایی ترکیب‌پذیری عمومی برای صفات تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در شاخه اصلی و توانایی ترکیب‌پذیری خصوصی و توانایی ترکیب‌پذیری متقابل برای تمامی صفات معنی‌دار بود که بیانگر اهمیت اثرات غیرافزایشی و افزایشی در کنترل این صفات است.

گول و همکاران (۸) با بررسی بر روی ۸ ژنوتیپ کلزا و ۵۶ هیبرید F_1 حاصله از تلاقی دای‌آلل کامل، اختلاف معنی‌داری را در بین ژنوتیپ‌های والدین و هیبریدها برای کلیه صفات مشاهده کردند. تجزیه و تحلیل قابلیت ترکیب‌پذیری، میانگین مربعات معنی‌دار GCA، SCA و RCA برای همه صفات نشان‌دهنده اهمیت اثرات افزایشی، غیر افزایشی در کنترل صفات است.

با توجه به اهمیت کلزا در کشاورزی، شناسایی ژنوتیپ‌هایی با برخورداری از پتانسیل عملکردی بالا برای بدست آوردن تلاقی‌های برتر دارای اهمیت است. لذا در این پژوهش از تلاقی دای‌آلل کامل در ۸ ژنوتیپ مختلف کلزا بهره گرفته شد تا ویژگی‌های ژنتیکی، وراثت‌پذیری و قابلیت ترکیب‌پذیری والدین و هیبریدها برای صفات ارتفاع گیاه، ارتفاع شاخه‌بندی، تعداد شاخه‌های فرعی، طول خورجین، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، تعداد کل خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه مورد بررسی قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

برای اجرای این آزمایش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ تعداد ۸ والد (SPN-202، SPN-204، SPN-206، SPN-207، SPN-217، SPN-225، SPN-227 و SPN-182) برای تلاقی دو طرفه دای‌آلل انتخاب شدند (جدول ۱). سپس در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ بذور F_1 به همراه والدین در ۴ ردیف ۴ متری (مساحت هر کرت ۴/۸۰ سانتی‌متر) با فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر با تراکم پایین (۱۶۰ بوته در هر کرت و ۳۳ بوته در متر مربع) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در آبان ماه در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان کشت شدند. شهرستان گرگان دارای میانگین دراز مدت بارندگی سالانه تقریبا ۴۸۷ میلی‌متر، دامنه نوسانات دمایی سالانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد، ارتفاع ۵/۵ متر از سطح دریا و میانگین دمای سالانه تقریبا ۱۸ درجه سانتی‌گراد در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه، ۵۳ دقیقه و ۲۴ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه، ۲۴ دقیقه و ۵۱ ثانیه شرقی قرار دارد. نحوه مصرف کود و مواد غذایی چون نیتروژن، فسفر، پتاس و گوگرد (به همراه باکتری تیوباسیلیوس) براساس نتایج آزمون خاک و توصیه متخصصین آب و خاک انجام شد. عملیات مدیریت مزرعه شامل کاشت، داشت و برداشت مطابق با دستورالعمل فرجی و همکاران (۳) انجام شد. در انتهای دوره رشد صفات متعددی مانند ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، ارتفاع شاخه‌بندی (سانتی‌متر)، تعداد شاخه‌های فرعی، طول خورجین (سانتی‌متر)، تعداد خورجین در شاخه فرعی، تعداد کل خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه (گرم) و عملکرد دانه اندازه گیری شد.

محاسبات آماری

داده‌های گردآوری شده برای صفات فوق ابتدا در برنامه Excel وارد شدند. سپس جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها بر اساس روش کولموگروف- اسمیرنوف و ارزیابی اختلاف نتاج نسل اول و والدین با استفاده از روش استیل و توری (۲۸) داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS V.9.4 (۲۵) مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. برای تجزیه ژنتیکی بر اساس روش اول مدل اول گریفینگ (۶) از نرم‌افزار PBTool V. 1.3 (۱۴) استفاده شد. برای آزمون مقدار ترکیب‌پذیری عمومی، ترکیب‌پذیری خصوصی و اثرات متقابل از آزمون t- استیودنت استفاده شد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.166]

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های کلزا مورد استفاده در این تحقیق
Table 1-Specifications of rapeseed genotypes used in this study

شماره ژنوتیپ	شجره	نام لاین	منشاء	تیپ رشدی
1	Rameh/97/1	SPN-202	IRAN	Spring
2	Rameh/97/3	SPN-204	IRAN	Spring
3	Rameh/97/5	SPN-206	IRAN	Spring
4	Rameh/97/6	SPN-207	IRAN	Spring
5	Ogh/Beh/4	SPN-217	IRAN	Spring
6	Dalgan	SPN-225	IRAN	Spring
7	Zabol-8	SPN-227	IRAN	Spring
8	F6/11/Rameh	SPN-182	IRAN	Spring

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، حاکی از معنی‌دار بودن میانگین مربعات GCA برای صفات ارتفاع شاخه‌بندی، طول خورجین، تعداد خورجین در شاخه فرعی و تعداد کل خورجین در بوته بود. میانگین مربعات SCA به همراه اثرات RCA نیز برای همه صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

تفکیک مقادیر اثرات قابلیت ترکیب‌پذیری لاین‌های آزمایشی برای صفات مختلف و نتایج آن‌ها بر اساس آزمون t- استیودنت در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است. زمانی که اثرات ترکیب‌پذیری عمومی در دو حد مثبت و منفی معنی‌دار می‌باشد، به این معناست که آن والدین به‌ترتیب قادر به انتقال میزان بالا و یا پائین یک صفت می‌باشند. میزان R^2 بین ۰/۸۵ برای صفت دانه در خورجین و ۰/۹۹ برای صفت ارتفاع شاخه‌بندی متغیر بوده که بیانگر دقت کافی در اندازه‌گیری صفات است.

صفت ارتفاع گیاه

ارتفاع گیاه جزء مولفه‌های مهم در برنامه‌های اصلاحی کلزا است که به آن اهمیت بیشتری داده می‌شود، از سویی رویکرد تولیدکنندگان به پرورش ارقام پاکوتاه بوده که احتمال شکستن ساقه در آن ژنوتیپ کمتر باشد. انتخاب و شناسایی ژنوتیپ‌هایی که دارای اثرات ترکیب‌پذیری منفی هستند برای ارتفاع گیاه کلزا مطلوب می‌باشد (۱۲). تجزیه میانگین مربعات ترکیب‌پذیری بیانگر وجود تنها اثرات معنی‌دار SCA برای ارتفاع گیاه بود که نشان‌دهنده اهمیت اثرات غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت می‌باشد. وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی به ترتیب برای این صفت حدود ۹۷ و ۸/۶ درصد بدست آمد (جدول ۲). مقادیر پایین وراثت‌پذیری خصوصی و از طرفی برآورد غیرمعنی‌دار نسبت GCA/SCA تاییدکننده اهمیت بیشتر اثرات غیرافزایشی در کنترل این صفت بود. عنایت و همکاران (۱۱) با مطالعه تلاقی‌های دوطرفه هشت ژنوتیپ کلزا اثرات میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی، ترکیب‌پذیری خصوصی و اثرات متقابل معنی‌دار را برای صفت ارتفاع گیاه گزارش نمودند، در حالی‌که سهم اثرات غیر افزایشی را در کنترل صفت بسیار مهم دانستند.

نتایج جدول ۳ نشان داد، بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی منفی در والدین SPN-202 (۸/۷۶-)، SPN-225 (۳/۶۳-) مشاهده شد که بیانگر این مطلب است که این والدین از پتانسیل بهره‌برداری در جهت کاهش ارتفاع بوته در برنامه‌های اصلاحی برخوردار می‌باشند. در حالی‌که والدین SPN-182(۷/۲۲)، SPN-206 (۳/۴۰) با بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار بدترین والدین در جهت افزایش ارتفاع گیاه می‌باشند.

دورگ SPN-207×SPN-202، بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی (۱۷/۰۶) و دورگ SPN-204×SPN-227 (۲۸/۲۷) بیشترین اثر مثبت و معنی‌دار را در اثرات معکوس دارا بودند. از سویی، کمترین SCA منفی و معنی‌دار در دورگ SPN-225× SPN-202(۱۷/۹۶-) و کمترین RCA منفی و معنی‌دار برای دورگ SPN-206×SPN-227 مشاهده شد (جدول ۴).

صفت ارتفاع شاخه‌بندی

مطابق با جدول (۲) میانگین مربعات ترکیب‌پذیری GCA و SCA برای صفت ارتفاع شاخه‌بندی معنی‌دار بود. از سویی معنی‌دار بودن نسبت GCA/SCA مبین اهمیت بیشتر اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفت می‌باشد. مقدار وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای این صفت به ترتیب ۹۹ و ۱۷ درصد برآورد گردید.

بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی در میان والدها در SPN-204 (۱۱/۴۲)، SPN-207 (۴/۷۸) دیده شد. در حالی‌که والد SPN-202 با مقدار (۹/۳۷-) بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار را در برداشت (جدول۳). با توجه به اهمیت صفت پاکوتاهی در تحمل به ورس و افزایش میزان کود پذیری کلزا، والدین با GCA منفی جهت انتخاب در برنامه‌های دورگ‌گیری مناسب‌تر می‌باشند.

دورگ‌های SPN-182×SPN-206 و SPN-227× SPN-217 به ترتیب با مقدار بالای منفی و معنی‌دار اثرات SCA (۲۵/۳۱-) و RCA (۲۱/۸۲-) بهترین تلاقی برای صفت ارتفاع شاخه‌بندی می‌باشند (جدول ۴).

صفت تعداد شاخه‌های فرعی

توانایی تولید در شاخه‌های فرعی عامل مهمی در تثبیت میزان محصول به شمار می‌رود. افزایش و یا کاهش تعداد شاخه‌های ثانویه تاثیر بر میزان تعداد خورجین در بوته کلزا دارد که در نهایت منجر به افزایش یا کاهش عملکرد دانه می‌شود (۳۰). تجزیه میانگین مربعات ترکیب‌پذیری بیانگر معنی‌دار بودن اثرات SCA صفت تعداد شاخه‌های فرعی بود که نشان دهنده اهمیت نقش غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت می‌باشد. ارزیابی وراثت‌پذیری حاکی از مقدار بالای وراثت‌پذیری عمومی ٪۹۶ و مقدار پایین وراثت‌پذیری خصوصی ٪ ۲ برای صفت مذکور بود (جدول ۲). غیرمعنی‌دار بودن نسبت GCA/SCA و مقدار پایین ترکیب‌پذیری خصوصی تاکید کننده اهمیت بیشتر اثرات غیرافزایشی در کنترل صفت می‌باشد. نتایج مطالعات انجام شده بر روی سه

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.166]

رقم خردل هندی به روش تلاقی دای‌آلل کامل، حاکی از معنی‌دار بودن SCA و اهمیت بیشتر اثرات غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل صفت تعداد شاخه‌های فرعی بود (۱۵).

در این پژوهش بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار در والدین SPN-202 (۰/۳۹)، SPN-206 (۰/۳۹) مشاهده شد که به میزان قابل ملاحظه‌ای بیشتر از دیگر والدها بود. همچنین کمترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی نیز در والد SPN-227 مشاهده شد (جدول ۳). می‌توان گفت که والدین SPN-202 و SPN-206 به دلیل دارا بودن مقادیر مثبت و معنی‌دار GCA، پتانسیل استفاده در برنامه‌های به‌نژادی برای افزایش صفت تعداد شاخه‌های فرعی را دارا هستند. دورگ SPN-206×SPN-182، با بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار (۱/۵۴) و دورگ SPN-227×SPN-202 با بیشترین اثر RCA مثبت و معنی‌دار بهترین دورگ برای صفت تعداد شاخه‌های فرعی می‌باشند (جدول ۴).

صفت طول خورجین

نتایج جدول ۲، نشانگر وجود اثرات معنی‌دار ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی صفت طول خورجین است، معنی‌دار شدن همزمان این دو اثر در سطح ۱٪ بر این دلالت دارد که در کنترل این صفت هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی نقش دارند. در حالی‌که معنی‌دار بودن نسبت GCA/SCA نشانگر اهمیت بیشتر اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی صفت مذکور می‌باشد (جدول ۲). وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی صفت طول خورجین به ترتیب ۹۷ و ۱۸ درصد بدست آمد، مقدار بالای وراثت‌پذیری و سهم بالای اثرات افزایشی ژن‌ها بیانگر این است که استفاده از گزینش برای صفت طول خورجین در نسل‌های اولیه می‌تواند موفقیت آمیز باشد. رامئه (۲۴) نیز طی مطالعه‌ای بر روی هشت ژنوتیپ کلزا بر اساس تلاقی‌های دای‌آلل، اثرات GCA و SCA معنی‌داری را برای صفت طول خورجین گزارش دادند در حالی که معنی‌دار بودن نسبت GCA/SCA حاکی از اهمیت بیشتر اثرات افزایشی در کنترل این صفت بود. این محقق همچنین وراثت‌پذیری خصوصی ۵۰ درصد را برای این صفت گزارش نمودند.

والدین SPN-207 و SPN-217 بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار را به خود اختصاص دادند که اختلاف قابل توجه‌ای با سایر والدها داشتند. بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی نیز در والد SPN-204 (۱/۰۳-) مشاهده گردید (جدول ۳). بنابراین والدین SPN-207 و SPN-217 به‌دلیل دارا بودن مقادیر مثبت و معنی‌دار GCA، پتانسیل استفاده در برنامه‌های به‌نژادی برای افزایش صفت مذکور را دارند. دورگ SPN-225×SPN-202، با بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار (۲/۰۷) و دورگ SPN-225×SPN-217 با بیشترین اثر RCA مثبت و معنی‌دار بهترین دورگ برای افزایش صفت طول خورجین می‌باشند (جدول۴).

صفت تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی

نتایج حاصله از تجزیه میانگین مربعات ترکیب‌پذیری حاکی از معنی‌دار بودن GCA، SCA و RCA برای صفت تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی می‌باشد (جدول ۲). در حالی که معنی‌دار بودن نسبت GCA/SCA نشان‌دهنده سهم بالای اثرات افزایشی در کنترل این صفت است. وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی صفت تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی به‌ترتیب ۹۹ و ۱۴ درصد بود.

در نتایج بدست آمده از جدول (۳) بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار در والدین SPN-202 (۶۶/۷۲) و SPN-227 (۴۲/۳۳) مشاهده شد که به مقدار قابل ملاحظه‌ای نسبت به سایر والدین اختلاف نشان دادند. این دو والد می‌توانند به عنوان والدین مناسب برای بهبود صفت تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی در برنامه‌های دورگه‌گیری بسیار مفید باشند.

دورگ SPN-207×SPN-182، با بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار (۱۱۵/۹۷) در زمره دورگ‌های برتر برای صفت تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی قرار گرفت و برای اثرات معکوس نیز دورگ SPN-227×SPN-202 بیشترین اثر مثبت و معنی‌دار را از نظر آماری نشان داد (جدول ۴).

صفت تعداد کل خورجین در بوته

نتایج جدول (۲) حاکی از معنی‌داری ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی صفت تعداد کل خورجین در بوته بود، در حالی که معنی‌دار بودن نسبت GCA/SCA بیانگر اهمیت بیشتر اثرات افزایشی در کنترل صفت است. همچنین مقدار برآورد شده وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی به ترتیب ۹۹ و ۱۴ درصد برای صفت مذکور ثبت شد که تایید کننده سهم بالای اثرات افزایشی در کنترل صفت می‌باشد. نتایج مطالعات صباغ‌نیا (۲۶) و گول (۷) حاکی از سهم بالای اثرات افزایشی در کنترل این صفت می باشد. در حالی که محمد و همکاران (۲۱) در ارزیابی توانایی ترکیب‌پذیری و وراثت‌پذیری بر روی چهار ژنوتیپ کلزا و ۱۲ تلاقی حاصله اثرات SCA مثبت و معنی‌داری را برای صفت تعداد کل خورجین در بوته گزارش دادند. آن‌ها همچنین مقدار وارثت‌پذیری عمومی را حدود ۶۳ درصد برآورد نمودند. وجود اختلاف در نتایج حاصله از مطالعات مختلف می‌تواند مبین متفاوت بودن ژنوتیپ‌های هر پژوهش باشد.

والدین SPN-202 (۶۴/۹۳) و SPN-227 (۴۲/۵۵) به دلیل دارا بودن بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار به عنوان بهترین والد برای افزایش تعداد کل خورجین در بوته شناسایی شدند در حالی که والد SPN-225 با بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار (۳۶/۵۸-) بدترین والد برای کاهش این صفت می‌باشد (جدول۳).

بالا بودن تعداد خورجین در بوته امکان تولید حداکثری را فراهم می‌کند از این رو دورگ SPN-207×SPN-182، با بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار (۱۲۳/۶۰) و دورگ SPN-227×SPN-202 با بیشترین اثر RCA مثبت و معنی‌دار بهترین دورگ برای ارزیابی و مطالعات آتی در جهت بهبود تعداد کل خورجین در بوته می‌باشند (جدول ۴).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.166]

صفت تعداد دانه در خورجین

ارزیابی میانگین مربعات ترکیب‌پذیری موید وجود اثرات معنی‌دار ترکیب‌پذیری خصوصی برای صفت تعداد دانه در خورجین در سطح آماری ۱٪ بود که نشان‌دهنده اهمیت اثر غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت است. ارزیابی وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی صفت تعداد دانه در خورجین به ترتیب با مقدار ۹۶ و ۰/۴ درصد بود. برآورد غیرمعنی‌دار نسبت GCA/SCA و پایین بودن مقدار وراثت پذیری خصوصی تایید کننده نتایج حاصله مبنی بر اهمیت بالای اثرات غیر افزایشی در کنترل صفت مذکور است (جدول ۲).

بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار در والدین SPN-182 (۱/۱۱)، SPN-225 و SPN-202 با مقدار مشابه (۰/۷۱) مشاهده شد. بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی نیز در والد SPN-204 دیده شد (جدول ۳). با توجه به اینکه قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بر مبنای اثر افزایشی ژن‌ها بوده است، والدهایی که دارای قابلیت ترکیب‌پذیری حداکثری می‌باشند را می‌توان در جهت تولید واریته‌های ترکیبی استفاده نمود.

بیشترین اثرات SCA مثبت و معنی‌دار برای دورگ SPN-225×SPN-227 (۳/۰۴) و بیشترین اثر RCA مقدار مثبت و معنی‌دار نیز به دورگ SPN-204×SPN-206 تعلق داشت (جدول ۴).

وزن هزار دانه

وزن بذر یکی از یارامترهای مهم در برنامه‌های اصلاحی محصولات زراعی می‌باشد که به میزان در دسترس بودن مواد فتوسنتزی وابسته می‌باشد (۳۱). تجزیه میانگین مربعات ترکیب‌پذیری نشان داد که تنها اثرات SCA برای صفت وزن هزار دانه معنی‌دار می‌باشد. ارزیابی وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی صفت وزن هزار دانه به ترتیب ۹۷ و ۰/۶ درصد محاسبه شد. مقدار پایین وارثت‌پذیری خصوصی بر مبنای کم بودن میزان واریانس افزایشی می‌باشد لذا می‌توان از مقدار پایین وراثت‌پذیری خصوصی و غیرمعنی‌دار بودن نسبت GCA/SCA در این مطالعه دریافت که به دلیل سهم بالای اثرات غیرافزایشی در کنترل صفت مذکور روش گزینش مناسب ژن‌های این صفت نمی‌باشد که با نتایج شاه و همکاران (۲۷) مبنی بر اهمیت اثرات غیر افزایشی در کنترل وزن هزار دانه منطبق می‌باشد. این محققین همچنین مقدار یکسانی را برای وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی (۰/۲۷) گزارش نمودند.

بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار در والدین SPN-204 (۰/۲۱) و SPN-227 (۰/۲۱) مشاهده شد که اهمیت بالایی در برنامه به‌نژادی در جهت بهبود صفت دارا می‌باشند. در حالی که بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار در والد SPN-202 مشاهده شد (جدول ۳).

دورگ‌های SPN-182×SPN-225 و SPN-207× SPN-227 به ترتیب با بیشترین اثرات SCA (۰/۷۹) RCA (۰/۶۵) مثبت و معنی‌دار به عنوان بهترین دورگ برای این صفات انتخاب شدند (جدول ۴).

عملکرد دانه

عملکرد دانه به عنوان مهمترین صفات تعیین‌کننده در کلزا شناخته شده است، بنابراین بهبود عملکرد و اجزای آن ضروری است (۹). نتایج جدول ۲، حاکی از معنی‌دار بودن اثرات SCA و RCA برای صفت عملکرد دانه بود. مقدار برآورد شده وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای صفت عملکرد به ترتیب ۹۷ و ۸ درصد بدست آمد. مقدار بسیار پایین وراثت‌پذیری خصوصی و غیرمعنی‌دار بودن نسبت GCA/SCA دلالت بر سهم بالای اثرات غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل صفت می‌باشد (جدول ۲). نتایج بررسی هوانگ (۱۰) نشان داد که میانگین مربعات ترکیب‌پذیری خصوصی صفت عملکرد دانه دارای تفاوت معنی‌دار است که بیانگر نقش اثرات غیر افزایشی ژن‌ها می‌باشد. گول و همکاران (۸) با بیان اینکه عملکرد دانه تحت تاثیر سایر صفات است، مقدار اثرات مادری (RCA) را بیشتر از اثر افزایشی اعلام داشتند.

دو والد SPN-202 و SPN-182 به ترتیب با مقادیر بالا و معنی‌دار GCA (۲۴۰/۷۹ و ۱۴۱/۰۴) بهترین والد برای برنامه اصلاحی می‌باشند در حالی که والد SPN-204 با بیشترین GCA منفی و معنی‌دار بدترین والد برای کاهش عملکرد دانه محسوب می گردد (جدول ۳).

بر اساس جدول ۴، دورگ‌های SPN-182×SPN-207، با بیشترین SCA مثبت و معنی‌دار (۵۵۱/۲۶) و SPN-204× SPN-217 با بیشترین RCA مثبت و معنی‌دار بهترین دورگ برای بهبود صفت مذکور انتخاب شدند.

کلزا از جمله گیاهان روغنی محسوب می‌شود که بعد از سویا جایگاه دوم را در بین محصولات زراعی دارد، که عامل اصلی کیفیت بذر آن میزان روغن موجود در دانه است. پژوهشگران اگرچه پیشرفت‌های قابل توجه‌ای در امر اصلاح محصولات بدست آورده اند، اما ادامه آن مسیر نیز همواره ضروری می‌باشد. شناسایی ساختار ژنتیکی و قابلیت ترکیب‌پذیری ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد و اجزای عملکرد که به پیشرفت در افزایش میزان تولید منجر شود، ارزشمند است. قابلیت ترکیب‌پذیری به عنوان یک ابزار تجزیه و تحلیل قابل قبول نه تنها برای انتخاب والدین مطلوب مفید است، بلکه اطلاعات مربوط به ماهیت و اهمیت اثرات ژنی موثر بر صفات کمی را در اختیار پژوهشگر قرار می‌دهد. از این رو مطالعه نقش اثرات ژنی افزایشی در یک صفت ممکن است مفید واقع شود و در انتخاب ما اثر گذار باشد. لذا با توجه به نتایج حاصله از این مطالعه برای صفات ارتفاع شاخه‌بندی، تعداد خورجین در شاخه فرعی، تعداد کل خورجین در بوته و طول خورجین با توجه به اهمیت اثرات افزایشی روش گزینش روش مناسبی می‌باشد. در حالی که برای صفات تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در خورجین، ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه با توجه به اهمیت بیشتر اثرات غیر افزایشی، دورگه‌گیری برای بهبود این صفت از کارایی بیشتری برخوردار خواهد بود.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.166]

نتایج حاصل از مطالعات به روش گریفینگ بر روی ۸ ژنوتیپ کلزا نشان داد که والد SPN-202 برای صفات ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد خورجین در شاخه فرعی، تعداد کل خورجین در بوته و عملکرد دانه و والد SPN-182 برای صفات تعداد شاخه‌های فرعی، طول خورجین، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، تعداد کل خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه و نیز والد SPN-227 برای صفات ارتفاع گیاه، ارتفاع شاخه‌بندی، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، تعداد کل خورجین در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بهترین والدین برای برنامه‌های دورگه‌گیری می‌باشند. در صفات ارتفاع شاخه‌بندی، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، تعداد کل خورجین در بوته و عملکرد دانه تلاقی SPN-182 × SPN-206 و برای صفات ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های فرعی، طول خورجین و تعداد دانه در خورجین تلاقی SPN-225×SPN-202 و همچنین تلاقی SPN-207×SPN-182 در صفات تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، تعداد کل خورجین در بوته و عملکرد دانه قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی قابل توجه‌ای را نشان دادند، که می‌توان برای تولید هیبرید سینگل کراس از این ژنوتیپ‌ها بهره برد.

تشکر و قدردانی

مولفین بر خود لازم می‌دانند بدین‌وسیله از مسوولین محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان در راستای تامین امکانات و ایجاد شرایط لازم جهت اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.166]

جدول ۲ – تجزیه واریانس دای‌آلل صفات اندازه‌گیری شده بر اساس روش اول مدل اول گریفینگ

Table 2. Diallel analysis of variance measured traits of rapeseed (*Brassica napus* L.) based on Griffing's method 1 (model I)

	میانگین مربعات MS									
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df.	ارتفاع گیاه Plant height	ارتفاع شاخه‌بندی Branching height	تعداد شاخه‌های فرعی Lateral Branches	طول خورجین Pod Length	تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی Pod per Lateral Branches	تعداد کل خورجین در بوته Pods per Plant	تعداد دانه در خورجین Grain per Pod	وزن هزار دانه 1000 Grain Weight	عملکرد دانه Yield
Replication	۲	۶۷۷/۸۲	۲۲۶/۴۷	۰/۷۲ ns	۱۰/۲۸	۲۸۶۶/۶۸	۳۲۰۰/۶۷	۳/۷۴ ns	۰/۰۳ns	۹۹۷۸۱/۸۴
MA	۷	۱۵۵۹/۸۰**	۱۹۱۵/۳۲**	۸/۰۶**	۱۶/۰۴**	۴۹۷۰۸/۷۷**	۴۹۶۵۴/۹۵**	۴۹/۴۱**	۱/۵۲**	۷۲۰۲۲۶/۷۰**
FE	۷	۷۷۰/۵۱**	۱۲۶۴/۶۴**	۲/۴۳**	۷/۲۳**	۲۷۷۸۲/۶۹**	۲۶۶۲۷/۰۴**	۳۱/۱۷**	۰/۷۰**	۲۶۶۶۴۵/۶۰**
Crosses	۶۳	۸۴۴/۲۲**	۱۱۲۳/۸۸**	۴/۲۱**	۷/۳۳**	۲۶۸۹۴/۰۷**	۲۶۶۸۰/۸۱**	۳۲/۸۸**	۱/۲۱۸**	۴۱۹۴۶۹/۵**
GCA	۷	۳۹۷/۸۶	۸۱۳/۷۹**	۱/۶۸	۴/۸۰**	۱۹۳۷۶/۴۸*	۱۸۷۲۲/۴۰*	۱۲/۲۰	۰/۴۲	۲۵۸۲۷۳/۴۰
SCA	۲۸	۲۲۹/۶۹**	۲۸۰/۴۴**	۱/۳۷**	۱/۶۶**	۷۶۶۶/۷۸**	۷۵۷۳/۱۲**	۱۱/۹۶**	۰/۴۰**	۱۴۲۷۳۲/۳۰**
RCA	۲۸	۳۰۴/۰۰**	۳۵۹/۰۱**	۱/۳۶**	۲/۶۳**	۷۶۵۹/۶۴**	۷۷۵۶/۸۸**	۹/۶۴**	۰/۴۰**	۱۰۷۳۰۱/۵۰**
R^2	–	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۸۷	۰/۹۲	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۸۹
CV	–	۱/۶۵	۴/۵۳	۱۰/۳۱	۷/۲۳	۶/۳۴	۵/۶۵	۶/۵۴	۶/۳۹	۷/۹۱
MS(GCA)/MS(SCA)	–	۱/۷۳	۲/۹۰*	۱/۲۲	۲/۸۸*	۲/۵۲*	۲/۴۷*	۱/۰۲	۱/۰۴	۱/۸۰
Error	۱۲۶	۲/۴۱	۱/۳۳	۰/۰۹	۰/۱۰	۱۱۴/۷۶	۱۱۲/۴۲	۰/۹۰	۰/۰۲	۸۳۳۴/۲۳
h_b^2 (%)	–	۹۹	۹۹	۹۶	۹۷	۹۹	۹۹	۹۶	۹۷	۹۷
h_n^2 (%)	–	۷	۱۷	۲	۱۸	۱۴	۱۴	۰/۴	۰/۶	۸/۶

MA : اثر والد مادری، FE: اثر والد پدری، h_b^2: وراثت‌پذیری عمومی، h_n^2: وراثت‌پذیری خصوصی.

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

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.166]

جدول ۳- برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی والدین برای صفات اندازه‌گیری شده

Table 3. Estimation of general combining abilities effects of parents for measured characteristics

عملکرد دانه Yield (kg/ha)	وزن هزار دانه 1000 Grain Weight (gr)	تعداد دانه در خورجین Grain per Pod	تعداد کل خورجین در بوته Pods per Plant	تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی Pod per Lateral Branches	طول خورجین Pod length (cm)	تعداد شاخه‌های فرعی Lateral Branches	ارتفاع شاخه‌بندی Branching height (cm)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	والدین Parents
۲٤۰/۷۹**	−۰/۰۳	**۰/۷۱****	**٦٤/۹۳****	**٦٦/۷۲****	−۰/۳۲**	**۰/۳۹****	−۹/۳۷**	**−۸/۷٦****	SPN-202
−۸۸/۰۳**	**۰/۲۱****	−۱/۴۱**	۶/۷۵**	۸/۰۸**	−۱/۰۳**	−۰/۲۳**	**۱۱/٤۲****	۲/۱۴**	SPN-204
۲۰/۳۱	**۰/۲۰****	−۰/۵۳**	۳/۳۷	۴/۱۷	۰/۲۴**	**۰/۳۹****	−۵/۹۴**	۳/۴۰**	SPN-206
−۶۰/۵۴**	۰/۱۴**	−۰/۷۹**	−۶/۱۰*	−۸/۲۲**	**۰/٦۲****	−۰/۲۱**	**٤/۷۸****	۲/۸۹**	SPN-207
−۵۸/۶۶**	۰/۱۳**	۰/۳۶	−۱۳/۳۲**	−۱۳/۲۴**	**۰/٤۹****	۰/۰۸	−۷/۷۱**	−۰/۶۶	SPN-217
−۷۶/۷۶**	۰/۰۹**	**۰/۷۱****	−۳۶/۵۸**	−۳۷/۵۲**	۰/۰۶	−۰/۱۴*	۲/۷۵**	**−۳/٦۳****	SPN-225
۱۱۸/۱٤**	**۰/۲۱***	−۰/۱۶	**٤۲/۵۵****	**٤۲/۳۳****	−۰/۹۷**	−۰/۴۹**	**۳/٤۲****	**−۲/۵۹****	SPN-227
۱٤۱/۰٤**	۰/۰۱**	**۱/۱۱****	**۲۳/۵۱****	**۲۲/۳٤****	**۰/۳۰****	**۰/۲۲****	۰/۶۴**	۷/۲۲**	SPN-182
۲۱/۳۴	۰/۰۳	۰/۲۲	۲/۴۷	۲/۵۰	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۲۷	۰/۳۶	S.E (gi)

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

بهترین والد در هر صفت به صورت فونت بزرگ نشان داده شده است.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.166]

جدول ۴- برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی صفات ارزیابی شده تلاقی‌های مستقیم و معکوس

Table 4. Estimation of specific combining abilities of evaluated characters in direct and reciprocal crosses.

Crosses	تلاقی‌ها	Plant height (cm)	ارتفاع گیاه	Branching height (cm)	ارتفاع شاخه‌بندی	Lateral Branches	تعداد شاخه‌های فرعی	Pod length (cm)	طول خورجین	Pod per Lateral Branches	تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی
SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA
۱×۲	۲×۱	۵/۹۸**	-۸/۷۷**	۱۳/۵۹**	۳۰/۰۰۰۶**	-۱/۱۸**	۰/۰۳	۰/۳۲	-۰/۴۶*	-۳۸/۱۱**	-۱۷/۵۰*
۱×۳	۳×۱	۱۱/۶۲**	۲/۷۷*	-۲/۴۱**	-۹/۵۰**	-۰/۲۳	۰/۱۱	-۰/۲۹	-۰/۹۴**	-۵۳/۲۰**	-۸۳/**۸۳
۱×۴	۳×۲	۱۷/۰۶**	۱۴/۰۰۸**	-۳/۶۹**	۱۸/۵۳**	-۰/۹۴**	۰/۱۶	-۱/۰۷**	-۰/۹۶**	۵۵/۵۷**	-۱۲/۶۶
۱×۵	۴×۱	۸/۵۲**	۸/۹۴**	۱/۱۷	۱۰/۶۱**	-۰/۶۶**	۰/۱۲	۰/۱۹	-۰/۳۱	-۷۳/**۲۸	-۱۲۰/۰۰**
۱×۶	۴×۲	**-۱۷/۹۶****	-۶/۱۱**	۴/۴۵**	۹/۷۳*	**۱/۱۶****	۰/۲۲	**۲/۰۷****	-۰/۴۵	-۷۰/۷۳*	۵۵/۷۶**
۱×۷	۴×۳	-۲/۵۶**	۴/۳۴**	-۲/۰۰۷**	۲/۵۰**	۰/۶۴**	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۵۱**	۵۲/۷۴**	-۴۳/۴۴**
۱×۸	۵×۱	-۵/۷۸**	۱/۱۶	۷/۰۴**	-۱۰/۵۵**	-۱/۲۸**	۱/۰۳**	-۰/۹۲**	۱/۳۸**	-۶۱/۷۱**	۳۴/۶۶**
۲×۳	۵×۲	-۴/۱۹**	۴/۱۱**	۴/۶۲**	-۱۴/۷۷**	۰/۵۵*	۱/۳۳**	۰/۵۷**	-۰/۱۷	۲۲/۹۳**	۶۷/۶۰**
۲×۴	۵×۳	۷/۴۲**	-۰/۸۸	۰/۹۰	-۰/۴۸	۰/۴۴*	۰/۷۲**	-۰/۲۴	۱/۲۵**	-۲۳/۲۴**	-۳۰/۲۹**
۲×۵	۵×۴	-۵/۱۲**	۱۸/۸۸**	-۳/۶۳**	-۰/۲۹	۰/۷۰**	۰/۹۴**	-۰/۸۷**	۲/۰۰۹**	۹۲/۸۵**	-۱۵/۲۲*
۲×۶	۶×۱	-۱۰/۴۸**	-۱۴/۳۷**	-۱۰/۴۸**	۸/۶۸**	-۰/۶۷**	۰/۹۶**	۰/۰۲	-۱/۰۵**	۲/۶۸	۵۰/۶۱**
۲×۷	۶×۲	-۱۰/۴۸**	۱۴/۱۱**	-۱/۷۹*	۱۰/۲۷**	۱/۰۹**	-۰/۱۶	۰/۶۵**	-۰/۵۰*	۱/۱۹	-۵۸/۶۱**
۲×۸	۶×۳	-۱۰/۹۷**	۱۳/۱۶**	-۱۶/۶۶**	-۱۱/۸۷**	-۰/۴۳*	۱/۲۷**	-۰/۳۱	۱/۹۴**	-۱۲/۳۴**	۷۸/۶۶**
۳×۴	۶×۴	۳/۳۸**	-۲۰/۶۸**	۶/۱۹**	-۴/۹۵**	۰/۰۳	-۰/۷۷**	۱/۲۲**	-۱/۴۸**	۳/۳۴	-۷۸/۲۹**
۳×۵	۶×۵	۵/۵۱**	-۵/۲۲**	۲۰/۹۲**	-۲۰/۹۱**	-۱/۲۰**	۰/۷۷**	-۰/۸۸**	۲/۳۲**	-۴۸/۳۶**	-۷۰/۰۵**
۳×۶	۷×۱	۱/۹۸*	-۱۸/۹۱**	-۶/۲۸**	-۱۹/۶۱**	۰/۲۴	۱/۷۶**	۰/۳۱	۰/۳۸	۱۶/۶۴*	۱۴۶/۶۱**
۳×۷	۷×۲	-۴/۱۰**	۲۸/۲۷**	-۴/۰۴**	۵/۷۳**	-۰/۴۶*	-۰/۰۲	۰/۰۳۸	-۰/۴۵	-۸/۵۹	۱۵/۵۲*
۳×۸	۷×۳	۶/۱۲**	-۱۸/۵۵**	**-۲۵/۳۱****	-۱۵/۳۴**	**۱/۵۴****	۰/۰۰۰۶	-۱/۰۶**	۱/۸۹**	**۱۰۲/۷۲****	۹/۸۳
۴×۵	۷×۴	-۵/۸۷**	۵/۶۱**	۹/۴۹**	-۱/۵۵	-۰/۳۶	۰/۷۷**	-۰/۲۹	۰/۰۳	-۵۰/۱۲**	۴۵/۴۴۵۶**
۴×۶	۷×۵	**-۱۱/۲۱****	-۱۴/۰۹**	**-۲۲/۴۹****	-۲۱/۸۲**	-۰/۰۸	۰/۵۲*	-۰/۳۸	۲/۱۳**	-۶۱/۲۵**	۱۸/۵۰*
۴×۷	۷×۶	۳/۹۰**	-۱۱/۵۴**	۱۱/۸۸**	۵/۴۶**	-۰/۱۵	۰/۱۶	-۰/۷۴**	۰/۰۵	۳۶/۸۵**	۶۹/۲۷**
۴×۸	۸×۱	-۱/۴۹	-۶/۰۴**	۱۲/۹۶**	۱۴/۶۶**	۰/۱۰	-۱/۲۲**	-۰/۴۳*	۰/۷۵**	**۱۱۵/۹۷****	۴۲/۲۷**
۵×۶	۸×۲	۷/۷۷**	۶/۴۱**	۱/۵۶*	۲۱/۲۲**	۰/۰۶	-۰/۵۵*	-۰/۱۴	-۰/۰۷	۳۷/۲۳**	-۱۲۳/۰۰**
۵×۷	۸×۳	۲/۳۹*	۱۲/۸۳**	-۶/۳۴**	۲/۳۱**	-۰/۲۲	-۲/۰۵**	۰/۶۵**	۰/۱۳	۱۳/۱۶*	۳۷/۹۴**
۵ر۸	۸×۴	-۱/۸۰	-۱۰/۳۳**	-۵/۵۷**	-۸/۸۵**	۰/۵۲**	-۰/۶۶**	**۱/۶۵****	-۱/۰۴**	۱۹/۹۶**	۳۳/۴۲**
۶×۷	۸×۵	۱۲/۹۴	-۱۴/۵۰**	۱۰/۰۴**	-۶/۴۹**	۰/۰۲	-۰/۴۹	-۰/۶۲**	-۰/۷۲**	۳۹/۶۵**	۲۳/۶۴**
۶×۸	۸×۶	-۲/۹۸**	-۱/۹۹	۸/۶۵**	-۱۹/۵۸**	-۰/۰۲	۰/۳۸	۰/۱۵	۱/۷۸**	-۲۲/۵۷**	۹/۶۱
۷×۸	۸×۷	۱۲/۳۵**	۰/۰۵	۷/۶۷**	۵/۲۲**	۰/۱۰	۰/۱۶	-۱/۱۰**	-۰/۱۹	-۴۷/۳۱**	-۳۲/۱۶**
S.E (sij)	S.E (rij)	۱/۰۹	۰/۹۷	۰/۷۲	۰/۸۱	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۲۳	۶/۶۹	۷/۵۷

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

بهترین هیبریدها در هر صفت به صورت فونت بزرگ نشان داده شده است.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.166]

ادامه جدول۴ – برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی صفات ارزیابی شده تلاقی‌های مستقیم و معکوس

Continues Table 4. Estimation of specific combining abilities of evaluated characters in direct and reciprocal crosses.

Crosses	تلاقی ها	Pods per Plant	تعداد کل خورجین در بوته	Grain per Pod	تعداد دانه در خورجین	1000 Grain Weight (gr)	وزن هزار دانه	Yield (kg/ha)	عملکرد دانه
SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA
۱×۲	۲×۱	−۳۳/۳۲**	−۵/۹۵	۲/۳۷**	۱/۲۵	۰/۰۴	۰/۰۰۶	۵/۴۹	۴۲/۴۷
۱×۳	۳×۱	−۵۱/۷۳**	−۸۶/۲۶**	−۰/۸۳	۳/۱۸**	−۰/۱۱	−۰/۰۹	−۲۴۵/۸۸**	−۱۷۲/۹۵**
۱×۴	۳×۲	۵۶/۵۹**	−۱۵/۵۷*	۲/۰۴**	۵/۳۶**	۰/۰۵	−۰/۷۲**	۳۰۰/۹۹**	۳۹/۶۹۹۳
۱×۵	۴×۱	−۶۹/۵۷**	−۱۱۹/۷۸**	۱/۱۶	۰/۶۲	−۰/۱۵	−۰/۰۳	−۲۳۴/۷۲**	−۴۲۱/۲۰**
۱×۶	۴×۲	−۷۳/۸۴**	۵۷/۵۹**	**۳/۰۴****	۲/۱۹**	−۰/۲۳*	−۰/۰۲	−۱۶۸/۰۶**	۲۳۳/۴۹**
۱×۷	۴×۳	۴۸/۲۱**	−۴۱/۲۱**	−۵/۱۴**	−۱/۸۵**	**۰/۶۵****	۰/۱۰	۲۰/۰۷	−۲۰۵/۲۸**
۱×۸	۵×۱	−۶۲/۶۴**	۳۷/۸۶**	−۱/۴۱*	−۱/۸۷**	−۰/۳۶**	۰/۳۷**	−۳۹۲/۳۱**	۱۶۱/۱۱**
۲×۳	۵×۲	۲۷/۵۲**	۶۴/۹۲**	۲/۷۹**	۵/۲۸**	−۰/۶۷**	۰/۰۲	−۲/۴۷	۵۰۳/۴۴**
۲×۴	۵×۳	−۲۶/۴۱**	−۲۵/۱۸*	−۳/۵۹**	−۰/۱۷	۰/۱۳	−۰/۰۲	−۲۱۰/۷۶**	−۱۰۴/۶۴
۲×۵	۵×۴	۸۲/۸۳**	−۱۷/۱۶*	۰/۹۴	−۲/۳۶**	۰/۰۹	−۰/۱۲	۳۷۹/۱۸**	−۱۶۰/۴۶*
۲×۶	۶×۱	۵/۱۸	۴۹/۱۲**	۰/۹۴	۲/۱۵**	−۰/۰۴	۰/۱۶	۵۴/۲۳	۳۲۲/۵۲**
۲×۷	۶×۲	۳/۴۶	−۵۷/۷۳**	−۰/۰۰۷	−۰/۱۲	−۰/۵۶**	۰/۰۱	−۱۰۴/۵۲**	−۱۹۹/۹۷**
۲×۸	۶×۳	−۱۸/۱۸**	۸۴/۱۷**	−۳/۸۳**	۰/۷۲	۰/۴۶**	−۰/۴۸**	−۱۲۷/۶۱**	۲۰۱/۷۴**
۳×۴	۶×۴	−۱/۱۷	−۸۴/۳۵**	۱/۸۶**	۱/۴۹	−۰/۰۶	−۰/۲۸**	−۱۹۸/۱۲**	−۲۸۱/۲۷**
۳×۵	۶×۵	−۴۷/۱۵**	−۶۷/۷۹**	۰/۶۸	−۰/۰۵	−۰/۳۲**	−۰/۱۴	−۱۹۸/۱۲**	−۲۴۴/۲۸**
۳×۶	۷×۱	۱۶/۸۹*	۱۴۵/۳۱**	−۳/۵۰**	۰/۳۲	−۰/۰۰۰۲	−۰/۸۳**	−۱۰۰/۳۴**	۳۰۰/**۵۸
۳×۷	۷×۲	−۹/۵۴	۲۰/۳۶**	۱/۴۲*	−۲/۰۰۵**	−۰/۳۰**	۰/۵۹**	−۱۶/۴۹	۱۱۹/۷۵*
۳×۸	۷×۳	**۱۰۰/۴۱****	۸/۴۴	۱/۱۴	−۱/۴۷**	−۰/۱۶	−۰/۳۴**	**۴۱۶/۴۴****	−۱۰۷/۸۹
۴×۵	۷×۴	−۵۱/۴۴**	۴۶/۶۲**	−۱/۴۴*	۰/۴۱	۰/۰۸	۰/۶۵**	−۲۲۰/۷۰**	۳۲۹/۴۵**
۴×۶	۷×۵	−۵۶/۰۱**	۲۲/۱۱**	۱/۳۲*	−۰/۳۰	−۰/۵۹**	−۰/۹۷**	−۲۹۳/۳۷**	−۱۶۲/۵۷**
۴×۷	۷×۶	۳۹/۹۰**	۶۳/۲۴**	−۲/۴۶**	−۱/۲۵	۰/۲۸**	−۱/۰۱**	۱۱۴/۵۳*	−۳۱/۳۲
۴×۸	۸×۱	**۱۲۳/۶۰****	۴۰/۳۸**	۱/۴۳*	−۱/۸۳**	۰/۱۳	−۰/۱۵	**۵۵۱/۲۶****	۵/۴۹
۵×۶	۸×۲	۳۶/۵۲**	−۱۲۴/۵۱**	−۳/۷۷**	−۴/۳۸**	۰/۰۶	۰/۵۳**	−۴۳/۱۵	−۴۸۲/۳۴**
۵×۷	۸×۳	۳۷/۷۲**	۴۵/۷۷**	۰/۴۶	−۲/۹۰**	۰/۶۵**	−۰/۰۳	۲۳۳/۲۸**	−۲۴/۴۵
۵ر۸	۸×۴	۲۳/۴۸**	۲۷/۹۱**	۰/۴۰	۰/۴۶	−۰/۴۳**	−۰/۱۵	−۴۴/۸۷	۸۳/۰۱
۶×۷	۸×۵	۳۷/۷۲**	۲۷/۴۸**	**۳/۰۴****	−۰/۲۶	۰/۳۲**	−۰/۳۷**	۳۰۷/۷۳**	−۴۰/۸۲
۶×۸	۸×۶	−۲۱/۶۸**	۱۶/۹۴*	۱/۶۱**	−۰/۶۸	**۰/۷۹****	−۰/۷۴**	۲۰۲/۸۵**	−۱۵۲/۴۱*
۷×۸	۸×۷	−۵۴/۱۳**	−۳۲/۷۷**	۲/۸۲**	−۱/۲۱	−۰/۳۱**	−۰/۰۸	۱۵۶/۴۷**	−۱۹۴/۶۱**
S.E (sij)	S.E (rij)	۶/۶۲	۷/۴۹	۰/۵۹	۰/۶۷	۰/۰۹	۰/۱۱	۵۷/۰۵	۶۴/۵۵

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

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.166]

منابع

1. Deputy of plant production improvement of Golestan agriculture jihad organization. 2021. Report of rapeseed cultivation area in Golestan province in the crop year, 2020-2021. 1 pp (In Persain).
2. Channa, S.A., H. Tian and M.I. Mohammed. 2018. Heterosis and combining ability analysis in chinese semi-winter × exotic accessions of rapeseed (*Brassica napus* L.). Euphytica, 214(8): 1-19.
3. Faraji, A., A. Kiani, M. Younesabadi, M.T. Mubasheri, M.A. Aghajani, K. Peyghamzadeh, L. Habibian, M. Ghazaeian, H.R. Sadeghnejad and M. Bagheri. 2020. Rapeseed cultivation in golestan province (Practical tips in farm management). Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, 32 pp (In Persain).
4. FAOSTAT Food and Agriculture Organization of the United Nations . 2019. Database - crops production. Available at: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (Accessed December 22, 2020).
5. Ghasem beiki S., P. Majidian, V.A. Rameeh, M. Gerami and B. Masoudi. 2020. Management of sulfur application some morphological properties and yield of l17 promising canola line. Journal of Crop Breeding, 12(36): 205-215 (In Persain).
6. Griffing, B. 1956. A generalized treatment of use of diallel crosses in quantitative inheritance. Heredity, 10: 31-50.
7. Gul, S., R. Uddin, N.U. Khan, M.S. Khan, S.U. Khan and R.Goher. 2018. heterotic and genetic effects in intra-specific populations of *Brassica napus L*. Pakistan Journal of Botany, 50(5): 1951-1963.
8. Gul, S., R. Uddin, N. U. Khan, S. U. Khan, S. Ali, N. Ali and D. Hussain. 2019. Heterotic response and combining ability analysis in F1 diallel populations of *Brassica napus L*. Pakistan Journal of Botany, 51(6): 2129-2141.
9. Hua, W., R.J. Li, G.M. Zhan, J. Liu, J. Li, X. F. Wang and G.H. Liu. 2012. Maternal control of seed oil content in *Brassica napus*: the role of silique wall photosynthesis. The Plant Journal, 69(3): 432-444.
10. Huang, Z., P. Laosuwan, T. Machikowa and Z. Chen. 2010. Combining ability for seed yield and other characters in rapeseed. Suranaree Journal of Science and Technology, 17: 39-47.
11. Inayat, S., M. Zakirullah, L. Naz, A. Shafi, S. Akbar and M. Shitab Khan. 2019. Combining ability analysis of yield and yield components in second filial (F_2) generation of mustard (*Brassica juncea*). Pure and Applied Biology (PAB), 8(2): 1469-1477.
12. Ishaq, M. 2016. Combining ability analysis for maturity and plant architecture traits in intra-specific crosses of rapeseed (*Brassica napus* L.). Sarhad Journal of Agriculture, 32(3): 168-176.
13. Ishaq, M., R. Razi and S.A. Khan. 2017. Exploring genotypic variations for improved oil content and healthy fatty acids composition in rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(6): 1924-1930.
14. IRRI. 2013. Plant breeding tools (PBTools) version 1.3. Manila: International Rice Research Institute, the Philippines.
15. Jamshidmoghaddam, M., E. Farshadfar and A. Najafi. 2018. Genetic analysis of agronomic and physiologic characteristics in rapeseed (*Brassica napus* L.) under drought stress and non-stress conditions. Seed and Plant Improvment Journal, 34(1): 15-36 (In Persain).
16. Kdidi, S., G. Vaca-Medina, J. Peydecastaing, A. Oukarroum, N. Fayoud and A. Barakat. 2019. Electrostatic separation for sustainable production of rapeseed oil cake protein concentrate: effect of mechanical disruption on protein and lignocellulosic fiber separation. Powder Technol, 344: 10-16.
17. Mansouri, I., H. Najafi Zarini, N. Babeian Jelodar and A. Pakdin. 2019. Evaluation of salt tolerance in some canola (*Brassica napus* L.) genotypes under normal and salt stress conditions. Journal Crop Breeding, 11(30): 23-36. (In Persain).
18. Mayurakshee, M. and P.K. Barua. 2020. Combining ability, heterosis and maternal effects for yield and attributing traits in yellow sarson (*Brassica rapa* L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9(4): 641-646.
19. Mirzaei Delbari, E., H.R. Nooryazdan, J. Vatandoost, F. Bayat Shahparast and M. Armin. 2017. Evaluation of genetic variation in some canola cultivars using ISSR markers. Agricultural Biotechnology, 16(2): 73-80 (In Persain).
20. Moradi, M. and M. Soltani Howyzeh. 2018. Evaluation of genetic diversity and heritability of the grain yield and yield components in spring rapeseed cultivars. Journal of Crop Breeding, 10(26): 207-214 (In Persain).
21. Muhammad, A., M.S. Raziuddin, Q.U. Bacha, A.U. Rahman and S.A. Khan. 2014. Combining ability and heritability studies for yield contributing traits in F2 populations of *Brassica napus*. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 14(6): 509-515.
22. Naheed, H., Q. SOHAIL and K.H.A.N. Nadia. 2017. Genetic analysis for yield and yield components in rapeseed. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4(4): 376-384.
23. Rahman, H., R.A. Bennett and R.C. Yang. 2016. Patterns of heterosis in three distinct inbred populations of spring brassica napus canola. Crop Science, 56(5): 2536-2545.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.166]

24. Rameeh, V. 2016. Estimation of combining ability of rapeseed advanced lines for yield and yield components. Seed and Plant Improvment Journal, 31(4): 665-678 (In Persain).
25. SAS. 2017. Statistical Analysis Systems (SAS). SAS Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, USA., SAS Institute.
26. Sabaghnia, N., H. Dehghani, B. Alizadeh and M. Mohghaddam. 2010. Heterosis and combining ability analysis for oil yield and its components in rapeseed. Australian Journal of Crop Science, 4(6): 390-397.
27. Shah, M.A., F.U. Rehman, A. Mehmood, F. Ullah, S.I. Shah and S.M. Rasheed. 2021. Combining ability, heritability and gene action assessment in rapeseed (*Brassica napus* L.) for yield and yield attributes. Sarhad Journal of Agriculture, 37(1): 104-109.
28. Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approaches. 1th edn. Inc. New York, USA, 633 pp.
29. Zhou, G., Y. Chen, W. Yao, C, Zhang. W. Xie, J. Hua, Y. Xing, J. Xiao and Q. Zhang. 2012. Genetic composition of yield heterosis in an elite rice hybrid. Proc Natl Acad Sci USA, 109(39): 15847–15858.
30. Zheng M., C. Peng, H. Liu, M. Tang, H. Yang, X. J. Liu Li, X,Sun. X.Wang, J. Xu, W. Hua and H. Wang. 2017. Genome-wide association study reveals candidate genes for control of plant height, branch initiation height and branch number in rapeseed (*Brassica napus* L.). Front Plant Science, 8: 1246.
31. Zuo, J. and J. Li. 2014. Molecular genetic dissection of quantitative trait loci regulating rice grain size. Annual Review of Genetics, 48: 99-118.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.166]

Heritability and Gene Action of Different Traits in Spring Oilseed Rape using Diallel Analysis

Mohammad Amin Norouzi[1], Leila Ahangar[2], Kamal Peygamzadeh[3], Hossein Sabouri[4] and Seyed Javad Sajjadi[5]

1- M.Sc. Student, of Science Gonbad Kavoos University
2- Assistant Professor Gonbad Kavoos University, (Corresponding author: L.ahangar63@gmail.com)
3- Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center
4- Associated Professor, Gonbad Kavoos University
5- Assistant Professor, Gonbad Kavoos University
Received: May 22, 2021 Accepted: July 26, 2021

Abstract

Oilseed rape is one of the most important oilseeds in Iran. Due to limited genetic resources, the development of its cultivated area requires genetic diversity by hybridization in breeding programs and, finally, introducing potential lines to the agricultural community. Therefore, this study aimed to generate genetic diversity by hybridizing eight spring rapeseed genotypes using a complete diallel design and investigating the inheritance and genes action of some agronomic traits, yield, and its components in F1 progeny in a complete block design with three replications in 2018- 2019 and 2019-2020 crop years. Analysis of variance components showed that the mean squares of general combining ability were significant only for branching height, podding height, pods per lateral branches, and pods per plant. In contrast, mean squares of specific and reciprocal combining ability were significant for all traits. The highest and lowest values of sprecific heritability obtained for podding height (18%) and grain per pods (0.4%), respectively. The GCA/SCA ratio also indicated the importance of additive effects for branching height, podding height, pods per lateral branches and pods per plant. Parents SPN-182 and SPN-202 had a positive and significant general combining ability for lateral branches, pods per lateral branches, pods per plant, grain per pod and grain yield. SPN-207×SPN-182 and SPN-206×SPN-182 hybrids with the highest positive and significant specific combining ability are essential for grain yield traits to produce single cross hybrids.

Keywords: Combining ability, Genetic effects, Griffing, Hybrid, Single cross

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.166]