



## "مقاله پژوهشی"

# بررسی وراثت پذیری و نوع عمل ژن‌های کنترل کننده صفات مختلف کلزا ای بهاره به روش تجزیه دای‌آل

محمدامین نوروزی<sup>۱</sup>، لیلا آهنگر<sup>۲</sup>، کمال پیغمامزاده<sup>۳</sup>، حسین صبوری<sup>۴</sup> و سید جواد سجادی<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه گند کاوس  
۲- استادیار دانشگاه گند کاوس، (تویسته مسوول: l.alhangar63@gmail.com)  
۳- استادیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
۴- استادیار دانشگاه گند کاوس  
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، به طوری که توسعه سطح زیر کشت آن به علت محدودیت در منابع ژنتیکی مستلزم ایجاد تنوع ژنتیکی به وسیله دورگ‌گیری در قالب برنامه‌های اصلاحی و نهایتاً معروفی 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 دای‌آل کامل و بررسی نحوه توارث و نوع عمل ژن‌های کنترل کننده برخی صفات زراعی، عملکرد و اجزای آن در نتاج F<sub>1</sub> در قالب طرح بلوك‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ و ۱۳۹۷-۹۸ بود. تجزیه اجزای واریانس نشان داد که میانگین مریعات ترکیب‌پذیری عمومی تنها برای صفات ارتفاع شاخه‌بندی، طول خورجین، تعداد خورجین در شاخه فرعی و تعداد کل خورجین در بوته معنی دار شد، در حالی که میانگین مریعات ترکیب‌پذیری خصوصی و اثرات متقابل برای تمامی صفات معنی دار بودند. بیشترین و کمترین مقادیر به دست آمده از نتایج وراثت ژنتیکی صفت طول خورجین (۱۸%) و صفت تعداد دانه در خورجین (۴%) 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 182-SPN و 202-SPN از ترکیب‌پذیری عمومی مشتب و معنی داری برای صفات تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کل خورجین در شاخه فرعی، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه برخوردار بودند. دورگ‌های SPN-182×SPN-207 و SPN-206×SPN-182 با بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی مشتب و معنی دار برای صفت عملکرد دانه به منظور تولید هیبریدهای سینگل کراس احائز اهمیت بودند.

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

(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<sub>1</sub> 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 بهترادی بوده و با شناسایی این ویژگی‌ها می‌توان بهترین روش‌ها را برگزید و مطابق با آن نتایج را مورد پیش‌بینی قرار داد (۱۵). روش دای‌آل و مدل گریفینگ از متداول‌ترین طرح‌های ژنتیکی می‌باشد که بیشترین کاربرد را در کارهای اصلاحی دارد و برای برآورد پارامترهای ژنتیکی و قدرت ترکیب‌پذیری موردن استفاده قرار می‌گیرد. هر کدام از روش‌های گریفینگ دارای مدل‌هایی هستند که بر پایه محاسبه واریانس‌ها، اجزاء واریانس ژنتیکی و ترکیب‌پذیری‌ها برآورد می‌شوند. اثرات ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)، خصوصی (SCA) و اثرات متقابل (RCA)<sup>۳</sup> شاخص‌های مهمی برای تشخیص پرپتانسیل لاین‌ها در تولید هیبرید می‌باشند که اهمیت اثرات ژنی

## 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 پرپتانسیل ژنتیکی و عملکرد از جمله اهداف مهم برنامه‌های کلان تولید کلزا در کشورهای مختلف می‌باشد که مورد توجه پژوهشگران قرار می‌گیرد (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 می‌باید به طوری که سطح زیر کشت کلزا در استان گلستان در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ ۶۱ هزار با قابلیت برداشت ۶۱ هزار تن دانه گزارش شده است (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

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 ۱۳۹۷-۹۸ مارکاران (۲۲) با مطالعه بر روی تنوع SPN-207، SPN-206، SPN-204، SPN-202، SPN-217، SPN-225 و SPN-182 (SPN-227) برای تلاقی دو طرفه دای‌آل انتخاب شدند (جدول ۱). سپس در سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ بذور F<sub>1</sub> به همراه والدین در ۴ ردیف ۴ متری (مساحت هر کرت ۴/۸۰ متر) 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 بلوك 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 تقریباً ۴۸۷ میلی‌متر، دامنه نوسانات دمایی سالانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد، ارتفاع ۵/۵ متر از سطح دریا و میانگین دمای سالانه تقریباً 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-امسیرنوف 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 گرفته، برای تجزیه ژنتیکی بر اساس روش اول مدل اول گریفینگ (۶) از نرم‌افزار PBTTool V. 1.3 (۱۴) استفاده شد. برای آزمون مقدار ترکیب‌پذیری عمومی، ترکیب‌پذیری خصوصی و اثرات متقابل از آزمون t-استیوونت استفاده شد.

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 بهترادی به منظور تولید دورگ‌های هیریدی مطلوب دارد.

مرادی و سلطانی‌جویزه (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 فتوتیپی و ژنتیکی می‌باشند. همچنین بیشترین درصد وراثت‌پذیری عمومی برای صفات وزن هزار دانه (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 دای‌آل نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین مربيعات 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 دای‌آل 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 مربيعات 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 هیرید F<sub>1</sub> حاصله از تلاقی دای‌آل کامل، اختلاف معنی‌داری را در بین ژنوتیپ‌های والدین و هیریدها برای کلیه صفات مشاهده کردند. تجزیه و تحلیل قabilیت ترکیب‌پذیری، میانگین مربيعات 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 دای‌آل کامل در ۸ ژنوتیپ مختلف کلزا بهره گرفته شد تا ویژگی‌های ژنتیکی، وراثت‌پذیری و قabilیت ترکیب‌پذیری والدین و هیریدها برای صفات ارتفاع گیاه، ارتفاع شاخه‌بندی، تعداد شاخه‌های فرعی، طول خورجین،

جدول ۱- مشخصات ژنتیپ‌های کلزا مورد استفاده در این تحقیق

Table 1-Specifications of rapeseed genotypes used in this study

شماره ژنتیپ	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

ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار بدترین والدین در جهت افزایش ارتفاع گیاه می‌باشد.

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

#### صفت ارتفاع شاخه‌بندی

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

بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی در میان والدها در SPN-204 (۱۱/۴۲)، SPN-207 (۴/۷۸) و SPN-202 (۴/۳۷) دیده شد. در حالی که والد SPN-202 با مقدار (۹/۳۷) بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار را در برداشت (جدول ۳). 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×SPN-227 و SPN-217 به ترتیب با مقدار بالای منفی و معنی‌دار اثرات SCA (۲۱/۸۲) و RCA (۲۵/۳۱) 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 مریعات 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

#### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، حاکی از معنی‌دار بودن میانگین مریعات GCA برای صفات ارتفاع شاخه‌بندی، طول خورجین، تعداد خورجین در شاخه فرعی و تعداد کل خورجین در بوته بود. میانگین مریعات 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-استیوون 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 به ترتیب قادر به انتقال میزان بالا و یا پائین یک صفت می‌باشند. میزان  $R^2$  بین ۰/۸۵ و ۰/۹۹ برای صفت دانه در خورجین و ۰/۹۹ برای صفت ارتفاع شاخه‌بندی متغیر بوده که بیانگر دقیق 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 ژنتیکی کمتر باشد. انتخاب و شناسایی ژنتیکی ای که دارای اثرات ترکیب‌پذیری منفی هستند برای ارتفاع گیاه کلزا مطلوب می‌باشد (۱۲). تجزیه میانگین مریعات 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 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 تلاقي‌های دوطرفه هشت ژنتیک کلزا اثرات میانگین مریعات ترکیب‌پذیری عمومی، ترکیب‌پذیری خصوصی و اثرات متقابل معنی‌دار را برای صفت ارتفاع گیاه گزارش نمودند، در حالی که 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) و 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 حالی که والدین SPN-182 (۳/۴۰) با بیشترین مقدار

تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی می‌باشد (جدول ۲). در حالی که معنی دار بودن نسبت GCA/SCA نشان‌دهنده سهم بالای اثرات افزایشی در کنترل این صفت است. وراحت‌پذیری عمومی و خصوصی صفت تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی به ترتیب ۹۹ و ۱۴ درصد بود.

در نتایج بدست آمده از جدول (۳) بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی دار 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 202 SPN-182 با بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی دار (۱۵/۹۷) در زمرة دورگ‌های برتر برای صفت تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی قرار گرفت و برای اثرات معکوس نیز دورگ 202 SPN-227×SPN-182 بیشترین اثر مثبت و معنی دار را از نظر آماری نشان داد (جدول ۴).

#### صفت تعداد کل خورجین در بوته

نتایج جدول (۲) حاکی از معنی داری ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی صفت تعداد کل خورجین در بوته بود، در حالی که معنی دار بودن نسبت GCA/SCA بیانگر اهمیت بیشتر اثرات افزایشی در کنترل صفت است. همچنین مقدار برآورد شده وراحت‌پذیری 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 صیاغ‌نیا (۲۶) و گول (۷) حاکی از سهم بالای اثرات افزایشی در کنترل این صفت می‌باشد. در حالی که محمد و همکاران (۲۱) در ارزیابی توانایی ترکیب‌پذیری و وراحت‌پذیری بر روی چهار ژنوتیپ کلزا ۱۲ تلاقی حاصله اثرات SCA مثبت و معنی داری را برای صفت تعداد کل خورجین در بوته گزارش دادند. آن‌ها همچنین مقدار وراحت‌پذیری عمومی را حدود ۶۳ درصد برآورد نمودند. وجود اختلاف در حاصله از مطالعات مختلف می‌تواند مبنی 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 معنی دار 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 معنی دار (-۳۶/۵۸) بدترین والد برای کاهش این صفت می‌باشد (جدول ۳).

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

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

در این پژوهش بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی 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 202 SPN-206 و 202 SPN-206 با دلیل دارا بودن مقادیر مثبت و معنی دار GCA، پتانسیل استفاده در برنامه‌های بهنژادی برای افزایش صفت تعداد شاخه‌های فرعی را دارا هستند. دورگ 206×SPN-182، با بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی دار (۱/۵۴) و دورگ 202 SPN-227×SPN-202 با بیشترین اثر RCA مثبت و معنی دار بهترین دورگ برای صفت تعداد شاخه‌های فرعی می‌باشند (جدول ۴).

#### صفت طول خورجین

نتایج جدول ۲، نشانگر وجود اثرات معنی دار ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی صفت طول خورجین است، معنی دار 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 حالی که معنی دار بودن نسبت GCA/SCA نشانگر اهمیت بیشتر اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی صفت مذکور می‌باشد (جدول ۲)، وراحت‌پذیری عمومی و خصوصی صفت طول خورجین به ترتیب ۹۷ و ۱۸ درصد بدست آمد، مقدار بالای وراحت‌پذیری و سهم بالای اثرات افزایشی ژن‌ها بیانگر این است که استفاده از گرینش برای صفت طول خورجین در نسل‌های اولیه می‌تواند موقوفیت آمیز باشد. رامه (۲۴) نیز طی مطالعه‌ای بر روی هشت ژنوتیپ کلزا بر اساس تلاقی‌های دای‌آل، اثرات SCA و GCA و معنی داری را برای صفت طول خورجین گزارش دادند در حالی که معنی دار بودن نسبت GCA/SCA حاکی از اهمیت بیشتر اثرات افزایشی در کنترل این صفت بود. این محقق همچنین وراحت‌پذیری خصوصی ۵۰ درصد را برای این صفت گزارش نمودند.

والدین SPN-207 و SPN-217 بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی دار را به خود اختصاص دادند که اختلاف قابل توجه‌ای با سایر والدها داشتند. بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی نیز در والد SPN-204 (۱۰/۳) مشاهده گردید (جدول ۳). بنابراین والدین 207 و SPN-217 به دلیل دارا بودن مقادیر مثبت و معنی دار GCA، پتانسیل استفاده در برنامه‌های بهنژادی برای افزایش صفت مذکور را دارند. دورگ 202 SPN-225 با بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی دار (۲/۰۷) و دورگ 217 SPN-225×SPN-217 با بیشترین اثر RCA مثبت و معنی دار بهترین دورگ برای افزایش صفت طول خورجین می‌باشند (جدول ۴).

صفت تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی نتایج حاصله از تجزیه میانگین مرباعات ترکیب‌پذیری حاکی از معنی دار بودن GCA، SCA و RCA برای صفت

### 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 و راثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای صفت عملکرد به ترتیب ۹۷ و ۸ درصد بدست آمد. مقدار بسیار پایین و راثت‌پذیری خصوصی و غیرمعنی‌دار بودن نسبت GCA/SCA درالت 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 این 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 می‌گردد (جدول ۳). بر اساس جدول ۴، دورگ‌های SPN-182 SPN-207 SPN-204 با بیشترین SCA مثبت و معنی‌دار (۵۵۱/۲۶) و 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 توجهی 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.

### صفت تعداد دانه در خورجین

ازیابی 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 و راثت‌پذیری 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 و راثت‌پذیری 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 ۱۸۲ (۱/۱۱) SPN-225 و ۲۰۲ SPN-202 با مقدار مشابه (۰/۷۱) مشاهده شد. بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی نیز در والد ۲۰۴ 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 SPN-206×SPN-204 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 فتوستنتری واپسنه می‌باشد (۳۱). تجزیه میانگین مربعات ترکیب‌پذیری نشان داد که تنها اثرات SCA برای صفت وزن هزار دانه معنی‌دار می‌باشد. ارزیابی و راثت‌پذیری عمومی و خصوصی صفت وزن هزار دانه به ترتیب ۹۷ و ۰/۶ درصد محاسبه شد. مقدار پایین و راثت‌پذیری خصوصی بر مبنای کم بودن میزان واریانس افزایشی می‌باشد لذا می‌توان از مقدار پایین و راثت‌پذیری خصوصی و غیرمعنی‌دار بودن نسبت GCA/SCA در این مطالعه دریافت که به دلیل سهم بالای اثرات غیر افزایشی 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 و راثت‌پذیری عمومی و خصوصی (۰/۲۷) گزارش نمودند.

بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار در والدین ۲۰۴ (۰/۲۱) SPN-227 و ۰/۲۱ (۰/۲۱) SPN-204 مشاهده شد که اهمیت بالایی در برنامه بهترادی در جهت بهبود صفت دارا می‌باشد. در حالی که بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار در والد ۲۰۲ SPN-202 مشاهده شد (جدول ۳). دورگ‌های SPN-182 SPN-225×SPN-207 و RCA SPN-227 به ترتیب با بیشترین اثرات SCA (۰/۷۹) مثبت و معنی‌دار به عنوان بهترین دورگ برای این صفات انتخاب شدند (جدول ۴).

ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های فرعی، طول خورجین و تعداد دانه در خورجین تلاقی SPN-202 $\times$ SPN-225 و همچنین تلاقی SPN-182 $\times$ SPN-207 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 هیرید سینگل کراس از این ژنتیپ‌ها بهره برد.

#### تشکر و قدردانی

مولفین بر خود لازم می‌دانند بدین وسیله از مسؤولین 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.

نتایج حاصل از مطالعات به روش گریفینگ بر روی ۸ ژنتیپ 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 $\times$ SPN-206 و برای صفات

جدول ۲ - تجزیه واریانس دایآل 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)

منابع تغییرات	میانگین مربوطات MS										عملکرد دانه
	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	ارتفاع شاخه‌بندی	تعداد شاخه‌های فرعی	طول خودجین در شاخه‌های فرعی	تعداد خودجین در بوته	تعداد کل خودجین	تعداد دانه در خودجین	وزن هزار دانه		
S.O.V	df.	Plant height	Branching height	Lateral Branches	Pod Length	Pod per Lateral Branches	Pods per Plant	Grain per Pod	1000 Grain Weight	Yield	
Replication	۲	۶۷۷/۸۲	۲۲۶/۴۷	.۰/۷۲ ns	۱۰/۲۸	۲۸۵۶/۶۸	۳۲۰/۶۷	۲/۱۲ ns	.۰/۰۴ ns	۹۹۷۸۱/۱۸۴	
MA	۲	۱۵۵۹/۸۰ **	۱۹۱۵/۳۲ **	۸/۰۶ **	۱۶/۰۴ **	۴۹۷۰/۸/۷۷ **	۴۹۶۵۴/۹۵ **	۴۹/۴۱ **	۱/۵۲ **	۷۲۰-۲۲۶/۷۰ **	
FE	۲	۷۷۰/۵۱ **	۱۲۶۴/۶۴ **	۲/۴۳ **	۷/۲۳ **	۲۷۷۸۸/۲/۶۹ **	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	۲	۳۹۷/۸۶	۸۱۳/۷۹ **	۱/۶۸	۴/۸۰ **	۱۹۳۷۶/۴۸ *	۱۸۷۲۲/۴۰ *	۱۲/۲۰	.۰/۴۲	۲۵۸۲۷۳/۴	
SCA	۲۸	۲۲۹/۶۹ **	۲۸۰/۴۴ **	۱/۱۷ **	۱/۶۵ **	۷۶۶۶/۷۸ **	۷۵۷۳/۱۲ **	۱۱/۹۵ **	.۰/۴۰ **	۱۴۲۷۳۲/۳۰ **	
RCA	۲۸	۳۰۴/۰۰ **	۳۵۹/۰۱ **	۱/۱۶ **	۲/۶۷ **	۷۶۵۹/۶۴ **	۷۷۵۶/۸۸ **	۹/۶۴ **	.۰/۴۰ **	۱۰۷۳۰/۱۵۰ **	
$R^2$	-	.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	
$h_p^2$ (%)	-	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،  $h_p^2$ : وراثت پذیری عمومی،  $h_n^2$ : وراثت پذیری خصوصی.

ns و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۰/۵ درصد.

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

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

والدین	ارتفاع گیاه	ارتفاع شاخه‌بندی	ارتفاع شاخه‌های فرعی	تعداد شاخه‌های فرعی	طول خورجین	تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی	تعداد کل خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
Parents	Plant height (cm)	Branching height (cm)	Lateral Branches	Pod length (cm)	Pod per Lateral Branches	Pods per Plant	Grain per Pod	1000 Grain Weight (gr)	Yield (kg/ha)	
SPN-202	-۸/۷۶**	-۹/۳۷**	+/۳۹**	-۰/۳۲**	۶۶/۷۲**	۶۴/۹۳**	+/۷۱**	-۰/۰۳	۲۴۰/۷۹**	
SPN-204	۲/۱۴**	۱۱/۴۲**	-۰/۲۳**	-۱/۰۳**	۸/-۸**	۶/۷۵**	-۱/۴۱**	+/۲۱**	-۸۸/۰۳**	
SPN-206	۳/۴۰**	-۵/۹۴**	+/۴۹**	./۲۴**	۴/۱۷	۳/۴۷	-۰/۵۱**	+/۴۰**	۲۰/۴۱	
SPN-207	۲/۸۱**	۴/۷۸**	-۰/۲۱**	+/۶۲**	-۸/۲۲**	-۶/۱۰*	-۰/۷۹**	+/۱۴**	-۶۰/۵۴**	
SPN-217	-۰/۶۶	-۷/۱۱**	./۰۸	+/۴۹**	-۱۳/۲۴**	-۱۳/۳۲**	./۳۶	+/۱۳**	-۵۸/۶۶**	
SPN-225	-۳/۶۳**	۲/۷۵**	-۰/۱۴*	./۰۶	-۳۷/۵۲**	-۳۶/۵۸**	+/۷۱**	./۰۹**	-۷۶/۷۶**	
SPN-227	-۲/۰۹**	۳/۴۲**	-۰/۴۹**	-۰/۹۷**	۴۲/۳۳**	۴۲/۰۵**	-۰/۱۶	+/۲۱*	۱۱۸/۱۴**	
SPN-182	۷/۲۲**	./۶۴**	+/۲۲**	+/۳۰**	۲۲/۳۴**	۲۳/۵۱**	۱/۱۱**	./۰۱**	۱۴۱/۰۴**	
S.E (gi)	./۱۶	./۲۷	./۰۷	./۰۷	۲/۵۰	۲/۴۷	./۲۲	./۰۳	۲۱/۳۴	

\*\* و \*\*\*: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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

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		ارتفاع شاخه‌بندی		Lateral Branches	تعداد شاخه‌های فرعی		طول خورجین (cm)		Pod per Lateral Branches		تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی	
SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA
۱×۲	۲×۱	۵/۹۸**	-۸/۷۷**	۱۳/۵۹**	۳۰/۰۰-۶**	-۱/۱۸**	./۰۳	./۳۲	-۰/۴۶*	-۳/۱۱**	-۱۷/۵۰*						
۱×۳	۳×۱	۱۱/۶۲**	۲/۷۷*	-۲/۴۱**	-۹/۵۰**	-۰/۱۲۳	./۱۱	-۰/۲۹	-۰/۹۴**	-۵۳/۲۰**	-۸۷/۰۸۳*						
۱×۴	۳×۲	۱۷/۶.۶**	۱۴/۰۰-۸**	-۳/۶۹**	۱۸/۵۳**	-۰/۱۴**	./۱۶	-۰/۱۷**	-۰/۹۶**	۵۵/۵۷**	-۱۲/۶۶						
۱×۵	۴×۱	۸/۵۴**	۸/۹۴**	۱/۱۷	۱۰/۶۸**	-۰/۱۶۶**	./۱۲	./۱۹	-۰/۳۱	-۷۳/۰۰۲۸	-۱۲۰/۰۰**						
۱×۶	۴×۲	-۱۷/۹۶**	-۶/۱۱**	۴/۴۵**	۹/۷۳*	۱/۱۶**	./۲۲	۲/۰۷**	-۰/۴۵	-۷۷/۰۰۲۸	۵۵/۷۶**						
۱×۷	۴×۳	-۷/۵۵**	۴/۳۴**	-۲/۰-۷**	۲/۰۵**	-۰/۶۴**	./۱۱	./۱۶	./۵۱**	۵۲/۲۷**	-۴۲/۴۴**						
۱×۸	۵×۱	-۵/۷۸**	۱/۱۶	۷/۰۳**	-۱۰/۵۵**	-۱/۱۸**	۱/۰۳**	-۰/۹۲**	۱/۲۸**	-۶۱/۱۱**	۳۴/۶۵**						
۲×۳	۵×۲	-۴/۱۹**	۴/۱۱**	۴/۶۱**	-۱۴/۷۷**	./۰۵*	۱/۳۳**	./۰۷*	./۰۷*	۲۲/۹۳**	۶۷/۰۰**						
۲×۴	۵×۳	۷/۱۲**	-۰/۰۸	./۰۹	-۰/۴۸	./۰۴*	./۰۲*	-۰/۲۴	۱/۲۵**	-۳۳/۰۰۲۸	-۳۰/۰۹**						
۲×۵	۵×۴	-۵/۱۲**	۱۸/۸۸**	-۳/۶۳**	-۰/۰۹	./۰۷**	./۰۴**	-۰/۰۸**	۲/۰۰-۹**	۹۲/۰۸**	-۱۵/۲۲*						
۲×۶	۶×۱	-۱۰/۴۸**	-۱۴/۳۷**	-۱۰/۴۸**	۸/۶۸**	-۰/۰۷*	./۰۶**	./۰۲	-۱۰/۰۵**	۲/۶۸	۵۰/۶۱**						
۲×۷	۶×۲	-۱۰/۴۸**	۱۴/۱۱**	-۱/۷۹*	۱-۰۷*	۱/۰-۹**	-۰/۱۶	./۰۵**	-۰/۰۵*	۱/۱۹	-۵۸/۰۱**						
۲×۸	۶×۳	-۱۰/۰۹۷**	۱۳/۱۶**	-۱۶/۶۶**	-۱۱/۰۷*	-۰/۰۴*	۱/۰۷**	-۰/۰۳*	۱/۰۳*	۱/۹۴**	-۱۲/۰۰۲۸	۷۸/۰۵**					
۲×۹	۶×۴	۳/۱۲**	-۲-/۶۸**	۶/۱۹**	-۴/۹۵**	./۰۳	-۰/۰۷**	۱/۱۲**	-۱۴/۰۸**	۳/۳۴	-۷۸/۰۹**						
۳×۵	۶×۵	۵/۵۱**	-۵/۲۲**	۲۰/۹۲**	-۲۰/۰۱**	-۱/۰-۰**	./۰۷**	-۰/۰۸**	۲/۲۲**	-۴۸/۰۲۳**	-۷-/۰۵**						
۳×۶	۷×۱	۱/۹۸*	-۱۸/۹۱**	-۶/۲۸**	-۱۹/۸۱**	./۰۲*	۱/۰۶**	./۰۳*	./۰۳*	۱۶/۶۳*	۱۴۶/۶۱**						
۳×۷	۷×۲	-۴/۰-۰*	۲۸/۲۷**	-۴/۰-۰*	۰/۷۷**	-۰/۰۴*	-۰/۰۲*	-۰/۰۳*	-۰/۰۴*	-۸/۰۵*	۱۵/۰۵*						
۳×۸	۷×۳	۶/۱۲**	-۱۸/۰۵**	-۲۰/۰۳*	-۱۵/۰۴**	۱/۰۵**	./۰۰۶	-۱/۰-۶**	۱/۰۸**	۱۰/۰۲/۷۷**	۹/۰۸۳						
۴×۵	۷×۴	-۵/۰۸**	۰/۵۱**	۹/۴۹**	-۱/۰۵	-۰/۰۳*	./۰۷**	-۰/۰۲*	-۰/۰۲*	-۵/۰۱۲**	۴۵/۰۴۵۶**						
۴×۶	۷×۵	-۱۱/۲۱**	-۱۴/۰۹**	-۲۲/۴۹**	-۲۱/۰۲**	-۰/۰-۰*	./۰۲*	-۰/۰۲*	۲/۱۳**	-۶/۰۱۲۵**	۱۸/۰۵*						
۴×۷	۷×۶	۲/۰-۰**	-۱۱/۰۴**	۱۱/۰۸**	۰/۰۴**	-۰/۰۱*	./۰۱*	-۰/۰۲*	-۰/۰۲*	۳/۶۱۸**	۶۷/۰۷**						
۴×۸	۸×۱	-۱/۰۹	-۶/۰۴**	۱۲/۹۵**	۱۴/۶۶**	./۰۱*	-۱/۰۲**	-۰/۰۳*	-۰/۰۳*	۱۱۵/۰۰۷۷**	۴۲/۰۰۲۷**						
۵×۶	۸×۲	۷/۱۷**	۶/۴۱**	۱/۰۵*	۲۱/۲۲**	./۰۶	-۰/۰۵*	-۰/۰۱*	-۰/۰۱*	۳/۷/۲۲**	-۱۲۳/۰۰**						
۵×۷	۸×۳	۲/۱۳*	۱۲/۸۳**	-۶/۳۴**	۲/۰۳*	-۰/۰۲*	-۷/۰۰*	./۰۵*	./۰۵*	۱۳/۱۶*	۲۷/۰۰۴۵*						
۵×۸	۸×۴	-۱/۰۸*	-۱-/۰۳**	-۰/۰۵*	-۸/۰۸*	-۰/۰۱*	-۰/۰۶*	-۰/۰۶*	۱/۱۶**	۱۹/۰۶**	۳۳/۰۲۰*						
۶×۷	۸×۵	۱۲/۹۴	-۱۴/۰۵**	۱۰/۰۴**	-۶/۴۹**	./۰۲*	-۰/۰۴*	-۰/۰۴*	-۰/۰۴*	۳۹/۰۵**	۲۳/۰۶**						
۶×۸	۸×۶	-۷/۹۸**	-۱/۰۹	۸/۶۸**	-۱۹/۰۸**	-۰/۰۰۲*	./۰۳*	./۰۱*	./۰۱*	۱/۷۸**	-۲۲/۰۰۵۰*	۹/۰۶					
۷×۸	۸×۷	۱۲/۱۵**	./۰-۵	۷/۶۷**	۰/۰۲*	./۰۱*	./۰۱*	./۰۱*	-۱/۰-۰*	-۴۷/۰۳*	-۳۲/۰۱۶**						
S.E (sij)	S.E (rij)	۱/۰-۹	./۰۷	./۰۷	./۰۱	./۰۱*	./۰۱*	./۰۱*	./۰۱*	./۰۲*	./۰۶۹	./۰۵۷					

\* و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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

داده جدول ۴ - 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	تلاقي ها	Pods per Plant	تعداد کل خورجین در بوته	Grain per Pod	تعداد دانه در خورجین	1000 Grain Weight (gr)	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	
SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA
۱×۲	۲×۱	-۳۳/۲۲**	-۵/۹۰	۲/۲۷**	۱/۲۵	.۰/۰۴	.۰/۰۶	۵/۴۹	۴۲/۴۷
۱×۳	۳×۱	-۵۱/۷۳**	-۸۶/۲۶**	-۰/۱۸*	۲/۱۸**	-۰/۱۱	-۰/۰۹	-۲۴۵/۸۸**	-۱۷۲/۹۵**
۱×۴	۳×۲	۵۶/۵۹**	-۱۵/۵۷*	۲/۰۴**	۵/۱۶**	.۰/۵	-۰/۱۲**	۳۰/۹۹**	۳۹/۶۹۳
۱×۵	۴×۱	-۵۹/۵۷**	-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	-۱۶۸/۶**	۲۳۳/۶۹**
۱×۷	۴×۳	۴۸/۲۱**	-۴۱/۲۱**	-۵/۱۴**	-۱/۸۵**	.۰/۶۵**	.۰/۱۰	۲۰/۰۷	-۲۰/۰۲۸**
۱×۸	۵×۱	-۶۲/۶۴**	۳۷/۱۶**	-۱/۴۱*	-۱/۱۸**	-۰/۳۶**	.۰/۳۷**	-۳۹۲/۲۱**	۱۶۱/۱۱**
۲×۳	۵×۲	۲۷/۵۲**	۵۴/۹۲**	۲/۷۹**	۵/۲۸**	-۰/۶۷**	.۰/۰۲	-۲/۴۷	۵۰/۳/۴۴**
۲×۴	۵×۳	-۲۴/۴۱**	-۲۵/۱۸*	-۳/۵۹**	-۰/۱۷	.۰/۱۳	-۰/۰۲	-۲۱۰/۶۸**	-۱۰/۴/۶۴
۲×۵	۵×۴	۸۲/۱۸**	-۱۷/۱۵*	.۰/۹۴	-۲/۳۵**	.۰/۰۹	-۰/۱۲	۳۷۹/۱۸**	-۱۶۰/۴۵*
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	-۰/۰۵۶**	.۰/۰۱	-۱۰۴/۴۲**	-۱۹۹/۹۷**
۲×۸	۶×۳	-۱۸/۱۸**	۸۴/۱۷**	-۳/۸۳**	.۰/۷۲	.۰/۴۳**	-۰/۴۸**	-۱۲۷/۶۱**	۲۰/۱/۴۴**
۲×۹	۶×۴	-۱/۱۷	-۸۴/۲۵**	۱/۸۶**	۱/۴۹	-۰/۰۶	-۰/۰۲۸**	-۱۹۰/۱۲**	-۲۸۱/۱۲**
۳×۵	۶×۵	-۴۷/۱۵**	-۶۷/۷۹**	.۰/۶۸	-۰/۰۵	-۰/۳۳**	-۰/۱۴	-۱۹۰/۱۲**	-۲۴۴/۲۸**
۳×۶	۷×۱	۱۶/۱۸*	۱۴۵/۳۱**	-۳/۵۰**	.۰/۳۲	-۰/۰۰۲	-۰/۰۳**	-۱۰۰/۰۳**	۳۰/۰/۰۵۸
۳×۷	۷×۲	-۹/۵۴	۲۰/۲۶**	۱/۴۲*	-۲/۰۰۵**	-۰/۰۰۰	.۰/۰۵۹**	-۱۶/۴۹	۱۱۹/۷۵*
۳×۸	۷×۳	۱۰۰/۴۱**	۸/۲۴	۱/۱۴	-۱/۴۷**	-۰/۰۱۶	-۰/۰۳**	۴۱۶/۴۴**	-۱۰/۷/۸۹
۴×۵	۷×۴	-۵۱/۴۴**	۴۶/۶۴**	-۱/۴۴*	.۰/۰۱	.۰/۰۸	.۰/۶۵**	-۲۲۰/۰۷**	۳۲۹/۴۵**
۴×۶	۷×۵	-۵۶/۰۱**	۲۲/۱۱**	۱/۳۲*	-۰/۰۳۰	-۰/۰۹۷**	-۰/۰۷۷**	-۲۹۳/۲۷**	-۱۶۲/۰۵**
۴×۷	۷×۶	۳۹/۹/۰**	۵۳/۲۴**	-۲/۴۶**	-۱/۰۲۵	.۰/۰۲۸**	-۰/۰۱۰**	۱۱۴/۰۳*	-۳۱/۳۲
۴×۸	۸×۱	۱۲۳/۶۰**	۴۰/۳۸**	۱/۰۴*	-۱/۰۸۳**	.۰/۰۱۳	-۰/۰۱۵	۵۰۱/۳۶**	۵/۴۹
۵×۶	۸×۲	۳۶/۵۱**	-۱۲۴/۵۱**	-۲/۰۷**	-۴/۰۳*	.۰/۰۶	.۰/۰۳**	-۴۳/۱۵	-۴۸۲/۳۴**
۵×۷	۸×۳	۳۷/۷۲**	۴۵/۷۷**	.۰/۰۴۶	-۲/۰۹**	.۰/۰۵**	-۰/۰۳	۲۳۲/۲۸**	-۲۴/۴۵
۵×۸	۸×۴	۲۳/۴۸**	۲۷/۹/۱**	.۰/۰۰	.۰/۰۴۶	-۰/۰۳**	-۰/۰۱۵	-۴۹/۸۷	۸۳/۰/۱
۶×۷	۸×۵	۳۷/۷۱**	۲۷/۴۸**	۳/۰۴**	-۰/۰۲۶	.۰/۰۳**	-۰/۰۳۷**	۳۰/۰/۷۳**	-۴۰/۰۸۲
۶×۸	۸×۶	-۲۱/۶۸**	۱۶/۹۴*	۱/۰۱**	-۰/۰۸	.۰/۰۷۹**	-۰/۰۲۴**	۲۰/۰/۸۵**	-۱۵۲/۴۱*
۷×۸	۸×۷	-۵۴/۱۳**	-۳۲/۷۷**	۲/۰۸**	-۱/۰۱	-۰/۰۳**	-۰/۰۰۸	۱۵۲/۴۷**	-۱۹۴/۶۱**
S.E (sij)	S.E (rij)	۶/۶۲	۷/۴۹	.۰/۰۹	.۰/۰۷	.۰/۰۹	.۰/۱۱	۵۷/۰/۵	۶۴/۵۵

\* و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد.

## منابع

- 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).
- 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.
- Faraji, A., A. Kiani, M. Younesabadi, M.T. Mubasher, 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).
- 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).
- Ghasem beiki S., P. Majidian, V.A. Rameeh, M. Gerami and B. Masoudi. 2020. Management of sulfur application some morphological properties and yield of 117 promising canola line. *Journal of Crop Breeding*, 12(36): 205-215 (In Persain).
- Griffing, B. 1956. A generalized treatment of use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*, 10: 31-50.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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<sub>2</sub>) generation of mustard (*Brassica juncea*). *Pure and Applied Biology (PAB)*, 8(2): 1469-1477.
- 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.
- 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.
- IRRI. 2013. Plant breeding tools (PBTools) version 1.3. Manila: International Rice Research Institute, the Philippines.
- 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 Improvement Journal*, 34(1): 15-36 (In Persain).
- 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.
- Mansouri, I., H. Najafi Zarini, N. Babolian 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).
- 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.
- 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).
- 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).
- 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.
- 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.
- 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.

24. Rameeh, V. 2016. Estimation of combining ability of rapeseed advanced lines for yield and yield components. *Seed and Plant Improvement Journal*, 31(4): 665-678 (In Persian).
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.

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

**Mohammad Amin Norouzi<sup>1</sup>, Leila Ahangar<sup>2</sup>, Kamal Peygamzadeh<sup>3</sup>, Hossein Sabouri<sup>4</sup> and Seyed Javad Sajjadi<sup>5</sup>**

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