Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 17, Issue 2, 2025 p: 128-139

OPEN ACCESS

Research Paper

A Study on the Combinability, Heterosis, and Gene Function of Some Traits of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Using the Diallel Method

Afrasiab Mohseni Hajiabadi[1], Ali Arminian[2], Abbas Rezaizad[3] and Armin Saed Moucheshi[4]

1- Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ilam University, Ilam, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ilam University, Ilam, Iran
3- Associate Professor, Department of Crops and Horticultural Science Research, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran,
(Corresponding author: abbas.rezaizad@gmail.com)
4- Assistant Professor, Department of Crops and Horticultural Science Research, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran

Received: 20 September, 2024 Revised: 5 November, 2024 Accepted: 29 January, 2025

Extended Abstract

Background: As one of the most important oilseed crops all over the world, increasing the seed oil content of canola, along with higher genotypic and phenotypic potential of its yield, is among the significant goals of this crop for achieving large-scale production in different countries. The basis of plant breeding programs is diversity, and the success rate of such programs depends on the presence of genetic variability for screening and selection. The current study aimed to estimate heritability and the degree of heterosis of different traits in canola compared to the superior parent, and to assess the responses of these traits to hybrid lines. In addition, the best general and specific combining ability in parental lines with the highest heterosis and heritability were investigated using the full diallel cross method in spring canola.

Methods: Seven canola cultivars were subjected to a full cross diallel (forward and backward crosses + parental lines) in 2020-2021. The first-generation (F1) hybrids with their parental lines (49 genotypes in total) were evaluated in a randomized complete block design with three replications in 2021-2022. The studied traits included the number of days to flowering, the number of days to maturity, plant height, the number of pods per plant, the number of seeds per pod, the weight of 1000 seeds, and seed yield. According to the Griffing and Heyman analytic methods, phenotypic and phenotypic properties were estimated using R-Software and the Library "DiallelAnalysisR.

Results: ANOVA (analysis of variance) results for the traits showed that the difference between genotypes regarding all traits was significant at the 1% probability level. This result indicates the existence of a high diversity among the genotypes. The first Griffing method (full diallel) and Heyman's numerical method were used to analyze the diallel data. The results of the diallel analysis showed significant effects regarding general and specific combining ability and mutual effects for all investigated traits, which indicates the important effects of both additive and non-additive genes on controlling these traits. Moreover, the significance of the ratio of general to specific combining ability for all traits, except for the number of days to flowering and the number of days to ripening, indicated a higher significance of additive effects than non-additive effects in controlling such traits. Furthermore, it turned out that the cross of Safar × Dalgan lines could be efficient in the canola breeding program due to the positive and significant general combining ability in terms of seed yield, and negative general combining ability in terms of the number of days to maturity to achieve high-yielding and early-maturing genotypes for tropical regions. The range of heterosis compared to the superior parent for seed yield ranged from -33.8 to 30.3 in this study. The average degree of dominance for all traits, other than the number of days to flowering (relative dominance), indicated the presence of an over-dominance effect in controlling the traits; therefore, the phenomenon of heterosis can be used to increase and improve these traits. Dominance-direction was significant for all desired traits, except for the number of seeds per pod and the weight of 1000 seeds.

Copyright ©2025 Mohseni Hajiabadi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-06]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1561]

Conclusion: The estimation of general combining ability showed that the parental lines, including Safar, Zafar, and Dalgan, were the best general combinations to increase seed yield. The two heterotic combinations RGS.003 × Dalgan and Roshana × Zafar can also be the most productive due to their positive and significant specific combining ability in terms of yield, and negative specific combining ability in terms of the number of days to maturity. Therefore, the single-cross canola hybrids of these crosses could be considered for release as varieties and distributed among the canola farmers. Finally, due to the highest grain yield of the hybrid lines resulting from Dalgan × Saffar, which was equal to 3754 kg per hectare (the average table is not given), it is suggested to directly include this hybrid in breeding programs and test it for stability.

Keywords: Canola, General Combining Ability, Griffing Model, Gene Effect, Heritability, Additive Variance

How to Cite This Article: Mohseni Hajiabadi, A., Arminian, A., Rezaizad, A., & Saed Mouchesh**i**, A. (2025). A Study on the Combinability, Heterosis, and Gene Function of Some Traits of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Using the Diallel Method. *J Crop Breed,* 17(2), 128-139. DOI: 10.61882/jcb.2024.1561

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-06]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1561]

مقاله پژوهشی

بررسی ترکیب‌پذیری، هتروزیس و نحوه عمل ژن برخی صفات کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از روش دی‌آلل

افراسیاب محسنی حاجی‌آبادی[۱]، علی آرمینیان[۲]، عباس رضایی زاد[۳] و آرمین ساعد موچشی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۳- دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران، (نویسنده مسوول: abbas.rezaizad@gmail.com)
۴- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۳۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰
صفحه: ۱۲۸ تا ۱۳۹

چکیده مبسوط

مقدمه و اهداف: کلزا یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در جهان است که افزایش میزان محتوای روغن دانه و افزایش پتانسیل ژنتیکی و فنوتیپی عملکرد از جمله اهداف مهم برنامه‌های کلان تولید کلزا در کشورهای مختلف هستند. اساس کار برنامه‌های اصلاح نباتات تنوع است. میزان موفقیت به وجود تنوع ژنتیکی و نحوه گزینش بستگی دارد. هدف از تحقیق حاضر، بررسی و تخمین وراثت‌پذیری و میزان هتروزیس صفات مختلف عملکردی کلزا نسبت به والد برتر و تعیین نحوه پاسخ ژنتیکی این صفات برای تولید هیبرید در لاین‌های کلزا بود. همچنین، ترکیب‌های عمومی و خصوصی جهت تشخیص بهترین تلاقی با بالاترین هتروزیس و توارث‌پذیری در والدین برتر با استفاده از روش دی‌آلل کامل در کلزای بهاره مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: به‌منظور انجام این آزمایش، هفت رقم کلزا در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ بر اساس روش دی‌آلل کامل تلاقی دوطرفه داده شدند. دورگه‌های نسل اول همراه والدین (جمعاً ۴۹ ژنوتیپ) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ ارزیابی شدند. صفات مورد مطالعه شامل تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بودند. با استفاده از روش‌های تحلیلی و عددی روش اول گریفینگ (دی‌آلل کامل) و هیمن، تخمین‌های ژنتیکی و فنوتیپی با استفاده از نرم‌افزار R و کتابخانه تخصصی DiallelAnalysisR برآورد گردید.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس ساده صفات نشان دادند که تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، که نشان‌دهنده وجود تنوع در بین ژنوتیپ‌ها است. نتایج تجزیه دی‌آلل حاکی از معنی‌دار بودن میانگین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی، خصوصی و اثرات متقابل برای تمامی صفات مورد بررسی بود که نشان‌دهنده اهمیت اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل این صفات است. همچنین، معنی‌دار بودن نسبت ترکیب‌پذیری عمومی بر خصوصی برای تمامی صفات غیر از تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی بیانگر اهمیت چشم‌گیر اثرات افزایشی نسبت به اثرات غیرافزایشی در کنترل این صفات است. بر اساس این تحقیق، دورگ صفار × دلگان می‌تواند به‌واسطه ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار والدین آن‌ها از نظر عملکرد دانه و ترکیب‌پذیری عمومی منفی والدین از نظر تعداد روز تا رسیدگی در برنامه اصلاحی به‌منظور دست‌یابی به ژنوتیپ‌های پرمحصول و زودرس در مناطق گرمسیر مورد استفاده قرار گیرد. دامنه هتروزیس نسبت به والد برتر برای عملکرد دانه از ۳۳/۸- الی ۳۰/۳ متغیر بود. میانگین درجه غالبیت نیز برای کلیه صفات غیر از صفت تعداد روز تا گلدهی (غالبیت نسبی) حاکی از وجود عمل فوق‌غالبیت در کنترل این صفات بود؛ در نتیجه، برای افزایش و بهبود این صفات می‌توان از پدیده هتروزیس بهره جست. جهت غالبیت برای تمامی صفات مورد نظر به غیر از تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه معنی‌دار گردید.

نتیجه‌گیری: برآورد ترکیب‌پذیری عمومی نشان داد که والدین صفار، ظفر و دلگان به‌عنوان بهترین ترکیب عمومی جهت افزایش عملکرد دانه بودند. دو ترکیب هتروتیک آر.جی.اس۰۰۳× دلگان و روشنا × ظفر نیز می‌توانند به‌واسطه ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار آن‌ها از نظر عملکرد و همچنین منفی بودن ترکیب‌پذیری خصوصی آن‌ها از نظر صفت تعداد روز تا رسیدگی به‌عنوان پر محصول‌ترین هیبریدهای سینگل کراس کلزا جهت ارائه به کشاورزان مد نظر قرار گیرند. در نهایت، به دلیل بیشتر بودن عملکرد دانه مربوط به نتاج دورگ دلگان × صفار با ۳۷۵۴ کیلوگرم در هکتار پیشنهاد می‌شود که این دورگ در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اثر ژن، ترکیب‌پذیری عمومی، کلزا، گریفینگ، واریانس افزایشی، وراثت‌پذیری

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات دانه روغنی در جهان است و افزایش میزان محتوای روغن بذر و افزایش پتانسیل ژنتیکی و عملکرد از جمله اهداف مهم برنامه‌های کلان تولید کلزا در کشورهای مختلف هستند که مورد توجه پژوهشگران قرار می‌گیرند (Rezaizad *et al.*, 2020; Ghsem beki *et al.*, 2020). وجود دو نوع رقم بهاره و پاییزه در کلزا و سازگاری به دامنه گسترده آب و هوایی توسعه این محصول را در جهان به‌طور گسترده‌ای به‌دنبال داشته است (Alizadeh *et al.*, 2022). سهم اختصاص یافته ایران در تولید دانه‌های روغنی کلزا با ۲۹۰ هزار تن از ۷۰ میلیون تن تولیدی در سال ۲۰۱۹ است (FAOSTAT, 2019). اساس کار برنامه‌های اصلاح نباتات تنوع است که میزان موفقیت به وجود تنوع ژنتیکی قابل قبول و متعاقب آن به گزینش وابسته است (Saed-Moucheshi *et al.*, 2023). اغلب صفات زراعی در کلزا کمّی 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 است و با شناسایی این ویژگی می‌توان بهترین روش‌ها را برگزید. طرح تلاقی‌های دی‌آلل یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها برای برآورد پارامترهای ژنتیکی و شاخص‌های آماری است و اطلاعات بسیار زیادی را در مدت‌زمان کوتاهی فراهم می‌سازد. اصول و مبانی این نوع تلاقی‌ها را هیمن (Hayman, 1954a)، جینکنز (Jinks, 1954) و گریفینگ (Griffing, 1956b) ارائه نمودند. اثرات ترکیب‌پذیری

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-06]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1561]

عمومی (GCA)، خصوصی (SCA) و اثرات متقابل (RCA) شاخص‌های مهمی برای تشخیص پتانسیل لاین‌ها در تولید هیبرید هستند. اهمیت اثرات ژنی افزایشی و غیرافزایشی برای تعیین پتانسیل تولید و عملکرد بر اساس تلاقی‌ها و ژنوتیپ‌های مورد بررسی در اولویت است (Inayat *et al.,* 2019). لذا، داشتن اطلاعات در مورد ساختار ژنتیکی والدین و نحوه توارث و ترکیب‌پذیری صفات اهمیت زیادی در برنامه‌های به‌نژادی به‌منظور تولید هیبریدهای مطلوب دارد (Ghasemi Soloklui *et al.,* 2018). کاربرد هتروزیس جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی کلزا در بررسی‌های مختلف در کلزا گزارش شده است. میزان هتروزیس و شناسایی ژنوتیپ‌هایی که باید به‌عنوان والد انتخاب شوند همواره از مهم‌ترین اهداف علم ژنتیک است. شولر و همکاران (Schuler *et al.,* 1992) با تلاقی بین واریته‌های شلغم روغنی، میزان هتروزیس نسبت به میانگین والدین را برای خصوصیات روز تا رسیدگی، ارتفاع گیاه و عملکرد دانه به‌ترتیب ۰/۷-، ۷ و ۱۸ درصد گزارش نمودند. تاگور و ساگول (Thakur & Sagwal, 1997) در مطالعه تلاقی دی‌آلل یک‌طرفه نه لاین کلزا، میزان هتروزیس برای عملکرد دانه از ۱۴/۸- تا ۸۲/۶ درصد متغیر بود. مرادی و سلطانی حویزه (Soltani Howyzeh & Moradi, 2018) با مطالعه ژنوتیپ‌های کلزا گزارش نمودند که بیشترین درصد وراثت‌پذیری عمومی در صفات وزن هزار دانه (۸۰٪)، تعداد روز تا رسیدگی (۸۰٪) و تعداد دانه در خورجین (۷۴٪) بود و کمترین مقدار وراثت‌پذیری (۳۳٪) برای ارتفاع بوته مشاهده گردید. نتایج مطالعات رامئه (Rameeh, 2016) بر روی هشت لاین کلزا نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد و معنی‌دار بودن ترکیب‌پذیری خصوصی برای تمامی صفات به جزء وزن هزار دانه بودند که بیانگر اهمیت اثرافزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل این صفات است. امیری اوغان و همکاران (Amiri Oghan *et al.,* 2009) با بررسی تلاقی‌های دی‌آلل یک‌طرفه هفت ژنوتیپ کلزا، قابلیت توارث صفات تعداد روز تا رسیدگی، تعداد روز تا گلدهی و عملکرد دانه را به‌ترتیب ۰/۷۳، ۰/۸۲ و ۰/۳۰ گزارش نمودند. علی و همکاران (Ali *et al.,* 2014) گزارش کردند که در بروز صفت وزن هزار دانه هر دو واریانس افزایشی و غیر افزایشی سهیم هستند. ناهید و همکاران (Naheed *et al.,* 2017) با مطالعه یک تلاقی دی‌آلل ۴×۴ کلزا گزارش نمودند که میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی برای صفات تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته و ترکیب‌پذیری خصوصی و ترکیب‌پذیری متقابل برای تمامی صفات معنی‌دار بود که بیانگر اهمیت اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفات است. پیغام‌زاده و امیری اوغان (Payghamzadeh & Amiri Oghan, 2023) با تلاقی بین ژنوتیپ‌های کلزا بیشترین مقدار GCA و وراثت‌پذیری خصوصی بالایی را برای صفات تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه گزارش نمودند. غلامی و همکاران (Gholami *et al.,* 2008) گزارش نمودند که تعداد دانه در غلاف در کلزا تحت تأثیر اثرات فوق‌غالبیت بود و تولید هیبرید برای بهره‌مندی از اثر فوق غالبیت را مفید گزارش کردند. قلی‌زاده و همکاران (Gholizadeh *et al.,* 2023) در یک تحقیق گزارش نمودند که تنوع ژنتیکی کافی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات کلزا در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی وجود داشت و می‌توان از این تنوع در جهت تولید ارقام مناسب با عملکرد زیاد برای مناطق گرم و نیمه‌گرمسیری کشور که با خشکی مواجه هستند استفاده کرد (Riasat *et al.,* 2020). نوروزی و همکاران(Norouzi *et al.,* 2021) طی مطالعه یک تلاقی دی‌آلل ۸×۸ کلزا گزارش نمودند که میانگین مربعات GCA برای صفات ارتفاع شاخه و تعداد خورجین در بوته و میانگین مربعات SCA به‌همراه اثرات RCA نیز برای تمامی صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. با توجه به اهمیت کلزا، مطالعه حاضر به‌منظور بررسی نحوه کنترل ژنتیکی و ماهیت عمل ژن در کنترل اجزاء عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیکی کلزا، میزان هتروزیس صفات، قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و نحوه توزیع آلل‌های غالب و مغلوب در والدین انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

تعداد هفت رقم کلزا بهاره شامل آرام، آسا، آر.جی.اس۰۰۳، روشنا، دلگان، صفار و ظفر در سال ۱۳۹۹ با بررسی و مقایسه صفات فنوتیپی آنها برای تلاقی دوطرفه دی‌آلل انتخاب شدند. پس از تلاقی والدین در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰، بذور F_1 به‌همراه والدین در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در اوایل آذرماه در مزرعه تحقیقاتی مرکز خدمات الوند در شهرستان قصرشیرین، واقع در مناطق گرمسیری استان کرمانشاه، کاشت شدند و مورد ارزیابی قرار گرفت. شهرستان قصرشیرین دارای میانگین بارندگی سالانه تقریباً ۴۰۰-۳۵۰ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد، ارتفاع از سطح دریا ۳۵۰ متر است و در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی قرار دارد. نحوه مصرف کود نیتروژن، فسفر، پتاس و گوگرد بر اساس نتایج آزمون خاک انجام شد.

در پایان دوره رشد، صفات متعددی مانند تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه (گرم) و عملکرد دانه (گرم در متر مربع) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS-9.4-M6 (Zhang, 1997) و رویه مدل خطی عمومی (GLM) انجام گرفت و مقایسه میانگین‌ها بر اساس روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) برآورد شد. برای برآورد میزان مقادیر هتروزیس در صفات از روش هتروزیس نسبت به والد برتر استفاده گردید. از مدل یک گریفینگ (Griffing, 1956a) برای برآورد پارامترهای ژنتیکی شامل میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی استفاده گردید.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-06]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1561]

برای تعیین اهمیت نسبی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در تعیین عملکرد نتاج از روش نسبت بیکر استفاده شد (Baker, 1987). آزمون کلیه پارامترهای ژنتیکی و اثرات ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی از طریق آزمون t انجام شد (Saed-Moucheshi *et al.,* 2024). خاطرنشان می‌گردد که در نرم‌افزار R از کتابخانه‌های Agricolea (کتابخانه مختص تحلیل داده‌های کشاورزی) و DialelAnalysisR (کتابخانه مختص تحلیل آزمایشات تلاقی دی‌آلل) جهت تحلیل و بررسی داده‌های حاصل از دی‌آلل و تخمین ضرایب ژنتیکی استفاده گردید (Saed-Moucheshi & Mozafari, 2021). در نهایت، تعدادی از ضرایب ژنتیکی، مانند ضرایب a و b، که در خروجی نرم‌افزار R موجود نبودند، به‌صورت دستی و در نرم‌افزار Excel2021 و SAS محاسبه گردیدند (Saed-Moucheshi & Razi, 2016).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات (جدول ۱) نشان دادند که تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که حاکی از وجود تنوع کافی در بین والدین و دورگه‌های حاصل از آن‌ها بود. بنابراین، امکان تجزیه و تحلیل‌های ژنتیکی بر اساس طرح دی‌آلل برای آن‌ها وجود داشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس طرح بلوک کامل تصادفی (میانگین مربعات) صفات تحت بررسی ژنوتیپ‌های کلزا

Table 1. Variance analysis of the random complete block design (mean square) of the traits investigated in canola genotypes

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد روز تا گلدهی Number of days to flowering	تعداد روز تا رسیدگی Number of days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد خورجین در بوته silique per Plant	تعداد دانه در خورجین Grain per Silique	وزن هزار دانه 1000 Grain weight	عملکرد دانه Grain yield
تیمار Treatments	48	2.81**	20.32**	3316.6**	387.34**	9.89**	0.28**	657221.9**
تکرار Replication	2	144.00**	74.84**	255.3*	224.94**	151.16**	0.22**	20254.5 **
خطا Error	96	1.39	25.31	83.1	59.00	3.61	0.04	16475.4
ضریب تغییرات C.V. (%)		1.45	2.98	7.8	7.29	10.82	6.96	4.5

**و *: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵.

** and*: significant differences at the probability levels of 0.01 and 0.05, respectively.

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه به روش اول گریفینگ نشان دادند که میانگین مربعات GCA برای تمامی صفات معنی‌دار بود که بیانگر اهمیت اثر افزایشی ژن‌ها در شکل‌گیری این صفات است (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس دی‌آلل صفات اندازه‌گیری شده بر اساس روش اول مدل اول گریفینگ

Table 2. Diallele analysis of variance for the measured traits in rapeseed (*Brassica napus* L.) based on Griffing's method 1(model 1)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد خورجین در بوته Silique per Plant	تعداد دانه در خورجین Grain per Silique	وزن هزار دانه 1000 Grain weight	عملکرد دانه Grain yield
ترکیب‌پذیری عمومی GCA	6	1.5**	4.8**	212.9**	538.5**	8.9**	0.3**	902601.0**
ترکیب‌پذیری خصوصی SCA	21	0.7**	6.0**	46.2**	56.6**	1.4**	0.1**	90614.7**
تلاقی متقابل	21	1.1**	8.2**	134.2**	84.7**	3.7**	0.1**	152239.8**
MSGCA / MSSCA	---	2.1	0.8	4.6**	9.5**	6.4**	3.0**	10.0**
نسبت بیکر	---	0.8	0.6	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9
خطا Error	96	0.5	8.4	27.7	19.7	1.2	0.02	5491.8

**و *: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵

** and*: significant differences at the probability levels of 0.01 and 0.05, respectively

میانگین مربعات SCA همراه با اثرات RCA نیز برای تمامی صفات معنی‌دار شد که نشان‌دهنده اهمیت اثر غیرافزایشی (غالبیت و اپیستازی) ژن‌ها در کنترل کلیه صفات تحت بررسی بود. بنابراین، در رقم‌های تحت بررسی ارتقاء صفات فوق از طریق والدین دور از هم و استفاده از پدیده هتروزیس امکان‌پذیر خواهد بود. مقادیر بالای سهم واریانس افزایشی نسبت به واریانس غالبیت در تمامی صفات به غیر از تعداد روز تا رسیدگی حاکی از سهم بالاتر واریانس افزایشی در کنترل ژنتیکی آن‌ها هستند. در صفت تعداد روز تا رسیدگی، هر دو جزء ترکیب‌پذیری خصوصی و عمومی از اهمیت نسبتاً یکسانی برخوردار بودند (جدول ۲).

ویژگی‌های مرتبط با فنولوژی کلزا

نتایج به‌دست آمده از این مطالعه حاکی از معنی‌دار بودن ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی صفت تعداد روز تا گلدهی بود (جدول ۲). همچنین، معنی‌دار بودن نسبت GCA/SCA بیانگر اهمیت اثرات افزایشی در کنترل این صفت است. مقدار ضریب بیکر نزدیک به عدد ۱ بود که نشان‌دهنده قابل پیش‌بینی بودن این ویژگی در نتاج از طریق محاسبه GCA است و از طرفی، بالاتر بودن مقدار واریانس GCA بیانگر برتری اثرات افزایشی ژن‌ها در بروز این ویژگی است. برتری واریانس ژنتیکی افزایشی در صفات به این معنی است که علاوه بر هیبریدها، فرصت‌هایی در واریته‌های مصنوعی برای بهبود ژنتیکی از طریق تجمع آلل‌های مطلوب از طریق انتخاب وجود دارند. امیری اوغان و همکاران (Amiri Oghan *et al.,* 2009) با بررسی دی‌آلل یک‌طرفه هفت ژنوتیپ کلزا، قابلیت توارث خصوصی بالایی (۰/۷۳) را برای

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-06]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1561]

تعداد روز تا شروع گلدهی گزارش نمودند. آر.جی.اس. ۰۰۳و ظفر را به‌دلیل دارا بودن بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار به‌عنوان بهترین والد می‌توان در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود (جدول ۳).

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

Table 3. Estimation of general combining abilities of parents for the measured traits

والدین Parents	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد خورجین در بوته Silique per Plant	تعداد دانه در خورجین Grain per silique	وزن هزار دانه 1000 Grain weight	عملکرد دانه Grain yield
آرام	-0.2	0.3	-5.4**	-6.5**	-1.1**	-0.1**	-274.3**
آسا	-0.0	0.2	-4.1**	-6.6**	-0.3	-0.0	-266.1**
آر.جی.اس.۰۰۳	-0.6**	-0.9	1.4	-1.3	-0.3	-0.1**	-173.1**
روشنا	-0.1	0.7*	2.0	-2.7*	0.2 0.3	-0.1**	-19.3
دلگان	0.2	0.5	1.1	1.2	0.4*	0.0	140.4**
صفار	-0.2	-0.1	-1.2	9.8**	-0.3	0.2**	383.5**
ظفر	-0.4*	-0.6	6.1**	6.1**	1.4**	0.2**	208.9**
S.E(gi)	0.2	0.7	1.3	1.1	0.3	0.01	18.3

**و *: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵.

** and*: significant differences at the probability levels of 0.01 and 0.05, respectively.

هیبرید آر.جی.اس. ۰۰۳ × صفار با بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار و هیبرید آر.جی.اس.۰۰۳ × آسا با بیشترین اثر RCA منفی و معنی‌دار بهترین هیبرید برای ارزیابی و مطالعات آتی در جهت بهبود این صفت هستند (جدول ۴).

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

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

تلاقی‌ها Crosses		روز تا گلدهی Days to flowering		روز تا رسیدگی Days to maturity		ارتفاع بوته Plant height (cm)		تعداد خورجین در بوته silique per plant		تعداد دانه در خورجین Grain per silique		وزن هزار دانه 1000-Grain Weight (g)		عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	
SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA
1×2	2×1	-0.5*	-0.3*	-3.4*	-3.3*	-0.7	-3.2	3.1	-9.0**	0.5	1.5	0.1	0.0	158.9*	-205.6**
1×3	3×1	1.1	-0.5**	-2.8	-4.8*	-0.5	-7.2*	0.7	-0.8	-0.0	-0.3	0.0	-0.1	-37.2	-167.0
1×4	3×2	0.5*	-2.2**	-0.2	0.2	-1.1	-1.5	-1.8	2.8	-1.3	2.0*	0.0	0.1	-176.5*	-30.5
1×5	4×1	0.1	0.5**	0.4	-1.0	-1.6	-0.1	1.5	4.3*	0.1	-0.2	-0.1	0.2*	-200.6**	-150.2*
1×6	4×2	-0.4	0.0	1.6	0.2	0.4	0.5	-1.0	0.5	0.8	-0.5	-0.1	0.0	90.90	-77.3
1×7	4×3	-0.1	0.3*	1.6	0.5	-1.7	-7.0*	-2.0	-1.3	-0.6	-0.5	0.2*	-0.1	251.1**	-494.7**
2×3	5×1	0.9*	-0.2	2.6	0.0	4.5	-0.3	4.4*	-4.5	-0.6	-1.5	0.1	0.0	-50.9	-177.0**
2×4	5×2	0.5	-1.0**	-0.3	0.0	-2.1	-3.0	1.1	-3.3	1.2	-2.0**	0.1	0.1	-90.2	-227.3**
2×5	5×3	-0.2	-0.3*	1.1	-4.8*	-0.3	-4.8	2.0	2.0	-0.6	0.3	-0.2	-0.2*	-12.8	144.5*
2×6	5×4	0.7	-1.0**	0.0	0.2	2.1	-5.7	8.1*	6.0*	0.2	-1.3	-0.1	0.0	29.4	-457.5**
2×7	6×1	-0.1	0.2	-0.6	0.3	-0.7	6.8	-5.6	-3.3	-0.7	-0.2	-0.2	-0.1	-266.92**	104.6
3×4	6×2	0.5	0.2	1.1	1.0	-2.1	-2.2	-1.9	-14.3**	0.8	-1.3	0.0	-0.1	48.07	-514.6**
3×5	6×3	0.1	-1.2**	-2.6	-4.2*	-0.6	1.2	5.1	-4.8	-0.6	-0.7	-0.0	-0.4**	377.9**	-372.3**
3×6	6×4	-0.6**	-0.5	-2.7	0.0	-3.7	-4.3	-6.0	3.3	1.2	-1.5	-0.0	0.2 *	60.3	-353.1**
3×7	6×5	-0.1	0.5	1.3	-0.2	1.5	14.8**	-6.3*	-7.5**	0.1	-0.3	-0.2	-0.3**	-353.3**	238.8**
4×5	7×1	0.2	0.0	0.4	1.5	-0.7	-2.3	-7.2	-12.7**	0.3	-1.5	-0.2*	-0.5**	137.5*	-305.3**
4×6	7×2	-0.2	0.8**	0.2	0.8	-3.1	-2.3	1.2	-8.7**	-1.5	-1.8*	-0.2*	-0.2*	-300.9**	-339.1**
4×7	7×3	-0.0	-0.2	-0.5	1.6	14.3**	-9.0	10.8**	-5.5	-0.1	-2.3**	0.2*	-0.1	257.14**	-349.1**
5×6	7×4	0.1	-0.8**	0.3	1.2	-0.6	-29.0**	-4.9	-3.5	-0.8	-0.7	0.1	-0.0	231.1	-55.6
5×7	7×5	0.1	0.0	0.3	0.7	4.2	-2.3	6.5*	-9.2**	1.1	-1.0	0.2	-0.3**	146.9*	-106.3
6×7	7×6	0.6	-0.3*	-0.5	0.7	-6.1	-1.2	-1.1	-6.2*	0.9	-2.5**	-0.1	-0.2*	-78.0	7.0
S.E(sij)	S.E(rij)	0.6	0.1	2.5	2.1	4.5	3.7	3.8	3.1	0.9	0.8	0.1	0.1	63.5	52.4

**و *: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری.

**, * : significant differences at the probability levels of 0.01, 0.05, and non-significance, respectively.

مقدار برآورد وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی به ترتیب ۸۷/۵ و ۱۰/۳ درصد برای صفت مذکور ثبت شد که تأکیدکننده سهم بالای اثرات افزایشی در کنترل صفت است (جدول ۵).

جدول ۵- برآورد اجزای واریانس صفات اندازه‌گیری شده بر اساس روش اول (مدل اول گریفینگ)

Table 5. Estimation of variance components of the measured traits based on Griffing's method 1 (model 1)

اجزاء واریانس Variance components	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد خورجین در بوته Silique per plant	تعداد دانه در خورجین Kernel per silique	وزن هزار دانه 1000 Kernel weight	عملکرد دانه Grain yield
واریانس افزایشی V (A)	1.5	4.7	212.9	538.5	8.9	0.3	902601
واریانس غالبیت V(D)	0.7	6.0	46.2	56.6	1.4	0.1	90614.7
سهم واریانس افزایشی (درصد)	68.2	43.9	83	90.5	86.4	75	90.9
سهم واریانس غالبیت (درصد)	31.8	56.1	18	9.5	13.6	25	9.1
وراثت‌پذیری عمومی ٪ (h_b^2)	87.5	69.1	93.4	97.2	92.1	97.3	99.5
وراثت‌پذیری خصوصی٪ (h_n^2)	10.3	2.5	16.5	40.0	19.4	34.0	49.1

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-06]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1561]

انتخاب ژنوتیپ‌ها برمبنای گلدهی زودتر منجر به زودرسی نیز خواهد شد. میزان هتروزیس برای این صفت در اغلب تلاقی‌ها مثبت و بی‌معنی تجلی یافت. هیبرید آسا × دلگان با ۰/۵- درصد هتروزیس نسبت به والد برتر بهترین هتروتیک برای صفت تعداد روز تا گلدهی است و می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی مورد توجه قرار گیرد (جدول ۶).

جدول ۶- برآورد هتروزیس دورگه‌ها نسبت به والد برتر برای برخی صفات زراعی کلزا

Table 6. Estimation of heterosis of hybrids compared to the superior parent for some agricultural traits of canola

تلاقی‌ها Crosses		روز تا گلدهی Days to flowering		روز تا رسیدگی Days to processing		ارتفاع بوته Plant height		تعداد خورجین در بوته Silique per plant		تعداد دانه در خورجین Kernel per silique		وزن هزار دانه 1000-kernel weight		عملکرد دانه Seed yield	
SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA	SCA	RCA
1×2	2×1	0.0	0.5	-4.1	0.0	-6.8	-1.2	-5.7	13.0*	4.3	-8.6*	0.0	0.0	-11.2*	4.8
1×3	3×1	1.5*	2.1**	-5.2**	0.3	-12.5*	-0.8	-8.1	-7.0	-1.3	1.8	-3.7	3.7	-10.5*	3.0
1×4	3×2	1.2	3.1**	4.1	0.0	-2.8	0.2	1.0	-7.0	-13.8*	-11.2*	12.0*	-3.4	-23.9**	-6.2
1×5	4×1	0.7	0.5	0.0	5.3**	-6.8	-2.6	-6.5	-7.6	-13.2*	-12.1**	-12.9*	-1.2	-8.6*	-13.7**
1×6	4×2	0.2	0.0	1.2	0.0	-6.3	-2.8	-18.8**	-1.0	3.1	2.4	-9.7	-3.4	-14.5**	-13.0**
1×7	4×3	0.2	1.0	3.4	4.4	-3.4	3.8	-21.1**	-5.9	-15.2*	1.2	-10.6	0.0	-17.4**	8.9 *
2×3	5×1	0.0	0.0	0.8	0.0	-2.7	-6.1	-1.9	1.2	6.0	-1.2	0.0	-15.2*	-8.6*	5.2
2×4	5×2	0.0	1.1	4.7	0.6	-2.0	-1.7	0.0	0.6	-1.6	1.2	-3.4	-17. **	-18.2**	14.7**
2×5	5×3	-0.5	1.4	0.6	0.4	-6.7	2.4	-5.6	1.5	-14.8*	-8.0	-9.7	-6.5	-2.9	19.1**
2×6	5×4	1.0	1.4	0.6	5.0*	-5.8	5.3	-20.0**	-13.4*	-5.6	4.0	-24.3**	-19.4**	-32.6**	21.3**
2×7	6×1	0.9	0.7	1.6	1.9	-1.3	-16.9*	-20.7**	-13.4*	-14.2*	4.5	-12.9**	-20.1**	-33.8**	-20.1**
3×4	6×2	1.2	0.0	5.0*	0.6	-7.6	-7.5	-7.9	1.7	-2.8	6.0	-7.4	-18.9**	-24.6**	-4.9
3×5	6×3	1.0	1.2	-5.2**	0.8	-5.4	-10.8	5.1	-12.1*	-5.2	12.1**	-18.4**	-8.9	30.3**	-5.4
3×6	6×4	-0.4	0.5	-4.7	4.2	-8.6	-5.2	-19.5**	-13.9*	6.3	-4.0	-32.4**	-21.6**	-25.5**	-11.5**
3×7	6×5	0.7	0.3	2.8	1.2	-2.9	-19.1**	-14.4*	-7.4	-14.2*	-6.8	-15.2*	-7.3	-33.9**	-11.7**
4×5	7×1	0.0	0.2	0.6	1.4	-4.2	0.6	-1.9	0.3	-6.8	-3.8	-18.4 **	18.4**	-9.6*	0.9
4×6	7×2	0.2	-0.2	5.3*	0.6	-12.0	2.5	-8.9	-6.2	-16.0*	0.0	-21.6 **	-2.3	-30.5**	-13.4**
4×7	7×3	-0.2	0.9	5.0*	0.6	-6.1	11.8*	0.6	-5.1	-5.0	5.0	0.0	-7.4	-2.1	-12.9**
5×6	7×4	1.0	0.9	0.2	3.0	4.2	17.6*	-18.7 **	6.5	-9.2	0.0	-21.6 **	2.3	1.2	1.3
5×7	7×5	0.7	0.7	2.2	1.2	6.1	9.9	-4.5	11.0*	-1.2	6.5	4.2	12.9 *	-2.1	4.3
6×7	7×6	0.5	0.9	1.6	0.6	-8.6	-7.3	-11.2 *	-1.8	-10.8	8.8*	-18.1 **	-8.9	-8.6*	-9.0**

**و *: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵.

** and*: significant differences at the probability levels of 0.01 and 0.05, respectively.

زسو و همکاران (Zesu *et al.,* 2010) با تلاقی ۱۴ ژنوتیپ کلزا در قالب طرح تلاقی فاکتوریل برای روز تا شروع گلدهی هتروزیس منفی و معنی‌دار گزارش نمودند. معنی‌دار شدن اجزای a و b نشان می‌دهد که اثرات افزایشی و غالبیت در کنترل این صفت سهیم هستند (جدول۷).

جدول ۷- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده بر اساس روش مورلی جونز

Table 7. Variance analysis of the measured traits based on the Morley-Jones method

عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000-kernel weight	تعداد دانه در خورجین Kernel per silique	تعداد خورجین در بوته Silique per plant	ارتفاع بوته Plant height	تعداد روز تا رسیدگی Days to processing	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	درجه آزادی df.	
2707803**	1.0**	26.6**	1615.5**	638.9**	14.2ns	4.6**	6	a
19816552**	19.5*	1326**	27767.8**	33076.8**	68972.7**	47712.9**	21	b
25959.4**	0.1**	0.3ns	9401.0**	4.5ns	14.5*	9.2**	1	b_1
284498.3**	0.2ns	1.76ns	137.6**	221.9**	12.9 ns	1.5**	6	b_2
29601046**	29.2**	1989.6**	41586**	49519.9**	103452.5**	71567.9**	14	b_3
16475.4	0.04	3.6	59.0	83.1	25.3	1.4	96	خطا

**، * و ns به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری

*, ** and ns: significant differences at the probability levels of 0.01 and 0.05 and non-significance, respectively.

اجزای a و b نشان‌دهنده اثرات افزایشی و غالبیت و b1، b2 و b3 نشان دهنده اثرات اپیستاتیکی هستند.

a and b indicate additive and dominance effects, and b1, b2, and b3 show the epistatic effects.

با معنی‌دار شدن جزء a، انتظار می‌رود که این صفت دارای وراثت‌پذیری بالایی باشد و سهم اثرات واریانس افزایشی نسبت به غالبیت بیشتر است. این نتایج نشان می‌دهند که اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفت دخالت دارند. واریانس افزایشی (D) و واریانس غالبیت (H1) معنی‌دار شدند که بیانگر وجود هم‌زمان اثرات افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت است (جدول ۸).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-06]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1561]

جدول ۸- برآورد پارامترهای ژنتیکی و آماری صفات به‌روش هیمن در ژنوتیپ‌های کلزا

Table 8. Estimation of genetic and statistical parameters of traits in rapeseed genotypes by Heymann's method

پارامترهای ژنتیکی Genetic parameters	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد خورجین در بوته Silique per plant	تعداد دانه در خورجین Kernel per silique	وزن هزار دانه 1000-kernel weight	عملکرد دانه Seed yield
واریانس افزایشی (D)	0.21**	7.63ns	12.27**	40.9**	0.54**	0.01**	73593.64**
واریانس غالبیت (H1)	0.42**	18.22**	29.54**	98.49**	1.31ns	0.04**	177174.62**
اثرات غالبیت (H2)	0.35**	16.1.41**	26.03**	86.78**	1.15ns	0.03ns	156115.71**
توزیع آلل‌ها در والدین (F)	0.39**	18.17**	29.43**	98.14**	1.3ns	0.04ns	176549**
میانگین درجه غالبیت (a)	1.00**	4.91**	3.52**	2.14**	4.17**	1.14*	2.87**
جهت غالبیت (b)	4.25**	85.13**	302.74**	884.51**	14.8ns	0.65ns	1741572.00**
تعادل بین آلل‌های مثبت و منفی (c)	0.22	0.20	0.26	0.25	0.24	0.18	0.22
نسبت ژن‌های غالب به مغلوب (d)	0.51	0.75	0.92	1.72	1.42	1.87	1.42

**، *و ns به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۱، ۰/۰۵ و عدم معنی‌داری

*, ** and ns: significant differences at the probability levels of 0.01 and 0.05 and non-significance, respectively.

تفاوت بین اجزاء غالبیت (H1,H2) نیز منفی است، به این معنی که فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب کنترل‌کننده صفت در کلیه لوکوس‌ها برابر است. نسبت ژن‌های غالب به مغلوب (d) کمتر از یک است که نشان می‌دهد فراوانی ژن‌های مغلوب در والدین بیشتر است.

زودرسی همراه با عملکرد مناسب جزء خصوصیات تیپ برتر در کلزا محسوب می‌شود و ژنوتیپ‌های زودرس به لحاظ فرار از تنش‌های غیر زنده انتهای فصل در اولویت خواهند بود. علاوه بر این، جزء مؤلفه‌های مهم در برنامه‌های اصلاحی کلزا است، به‌خصوص مناطق گرمسیری که به آن اهمیت بیشتری داده می‌شود. از بین والدین، دو والد روشنا و ظفر به‌ترتیب دارای میانگین‌های ۱۶۵ و ۱۶۹ روز زودرس‌تر بودند. بر اساس این نتایج، آنها می‌توانند به‌عنوان والد زودرس در ارقام دورگ استفاده شوند. هیبرید آر.جی.اس.۰۰۳× صفار و روشنا × دلگان به‌ترتیب ۱۶۴ و ۱۶۶ روز زودرس‌تر بودند (جدول آورده نشده است)؛ بنابراین، از این دو هیبرید می‌توان در ایجاد ارقام زودرس در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود. معنی‌دار بودن ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی بیانگر وجود اثرات هم‌زمان هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی در کنترل این صفت بود. از طرفی، غیر معنی‌دار شدن نسبت ترکیب‌پذیری عمومی به خصوصی برای این صفت و نسبت ضریب بیکر نیز تا حدودی از ۱ فاصله دارد که نشان‌دهنده اهمیت اثرات غیر افزایشی ژن‌ها (غالبیت و اپیستازی) در کنترل این صفت بود (جدول ۲)؛ بنابراین، در اصلاح این صفت پاسخ به گزینش موفقیت‌آمیز نیست و برنامه‌های تولید هیبرید و دورگ‌گیری ارجح‌تر هستند. مرادی و سلطانی حویزه (Moradi & Soltani Howyzeh, 2018) وراثت‌پذیری بالایی را برای صفت تعداد روز تا رسیدگی گزارش نمودند. طبق جدول ۳، والدین آر.جی.اس.۰۰۳ و ظفر دارای بیشترین اثرات GCA منفی بودند. هیبرید دلگان × آر.جی.اس.۰۰۳ با بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار بهترین هیبرید برای ارزیابی و مطالعات آتی در جهت بهبود این صفت بود (جدول ۴). بررسی اجزای واریانس ژنتیکی نشان داد که واریانس افزایشی و غالبیت برای این صفت به‌ترتیب ۴/۷ و۶/۰ بود؛ همچنین، وارثت‌پذیری عمومی برای این صفت ۶۹/۱ درصد به‌دست آمد (جدول ۵). میزان هتروزیس برای این صفت به‌صورت منفی و معنی‌دار تجلی یافت و در این خصوص، تلاقی‌های آرام × آر.جی.اس.۰۰۳ و آر.جی.اس.۰۰۳ × دلگان به‌ترتیب با هتروزیس معنی‌دار ۵/۲- و۵.۴- در اولویت هستند (جدول ۶). معنی‌دار نشدن جزء a و معنی‌دار شدن جزء b نشان‌دهنده اهمیت نقش اثرات غالبیت در این صفت است (جدول ۷). می‌توان حالت فوق غالبیت را برای این صفت در نظر گرفت. نسبت ژن‌های غالب به مغلوب (d) کمتر از یک است که نشان می‌دهد فراوانی ژن‌های مغلوب در والدین بیشتر است. جهت غالبیت نیز مثبت و معنی‌دار است، در نتیجه، والدین دارای ژن‌های افزایشی کمتری هستند، در این‌صورت آلل‌های کاهنده غالب خواهند بود. تعادل بین آلل‌های مثبت و منفی (c) در والدین کمتر از ۲۵٪ است که نشان‌دهنده عدم توزیع متقارن آلل‌های با اثر مثبت و منفی در والدین است. زسو و همکاران (Zesu *et al.,* 2010) در کلزا برای صفت روز تا رسیدگی هتروزیس منفی و معنی‌دار گزارش نمودند.

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی نیز نشان می‌دهند که در صفت ارتفاع، میانگین مربعات SCA و GCA معنی‌دار شد که بیانگر نقش هم‌زمان اثرات افزایشی و غیر افزایشی در کنترل این صفت است (جدول ۲). آزمون نسبت واریانس ترکیب‌پذیری عمومی به خصوصی معنی‌دار است که نشان می‌دهد در این صفت اثرات افزایشی ژن‌ها در توارث این صفت در مقایسه با اثرات غالبیت اهمیت بیشتری دارند. همچنین، نزدیک بودن ضریب بیکر به ۱ نشان دهنده این است که پیش‌بینی نتاج از طریق محاسبه GCA امکان‌پذیر است. طبق جدول ۳، والد ظفر دارای بیشترین اثر GCA مثبت و معنی‌دار بود و می‌تواند به‌عنوان والد پابلند در ارقام دورگ استفاده شود، چون قسمت عمده‌ای از واریانس ژنتیکی مربوط به واریانس افزایشی است؛ بنابراین، راندمان انتخاب برای این صفت بالا است. عنایت و همکاران (Inayat *et al.,* 2019) با مطالعه تلاقی‌های دوطرفه هشت ژنوتیپ کلزا اثرات میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی، خصوصی و اثرات متقابل معنی‌دار را برای صفت ارتفاع گیاه گزارش نمودند؛ همچنین، سهم اثرات غیر افزایشی را در کنترل این صفت بسیار مهم دانستند. هیبرید روشنا × ظفر و هیبریدهای متقابل صفار × دلگان و ظفر × روشنا دارای بالاترین ترکیب‌پذیری خصوصی و ترکیب‌پذیری متقابل مثبت و معنی‌دار و دورگه آر.جی.اس.۰۰۳ × آرام بیشترین اثر SCA منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد را داشتند (جدول

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-06]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1561]

۴). انتخاب و شناسایی ژنوتیپ‌هایی که دارای اثرات ترکیب‌پذیری منفی هستند برای ارتفاع گیاه کلزا مطلوب است (Ishaq, 2016)؛ بنابراین، از این هیبرید می‌توان در ایجاد ارقام پاکوتاه در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود. با توجه به اهمیت صفت پاکوتاهی در تحمل به ورس و افزایش میزان کودپذیری کلزا، والدین با GCA منفی جهت انتخاب در برنامه‌های دورگ‌گیری مناسب‌تر هستند. رامئه (Rameeh, 2009) در تیپ بهاره کلزا برای صفت ارتفاع بوته ترکیب‌پذیری عمومی را غیر معنی‌دار ولی توارث‌پذیری عمومی را بالا (۰/۸۹) گزارش نمود و اظهار داشت که تأثیر محیط بر روی این صفت کمتر بود و کارایی انتخاب برای اصلاح آن بیشتر خواهد بود. وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای این صفت (به‌ترتیب حدود ۹۳/۴ و ۱۶/۵ درصد) نشان‌دهنده وراثت‌پذیری بالا برای این صفت است (جدول ۵). بررسی اجزای واریانس ژنتیکی نشان داد که سهم واریانس افزایشی و غالبیت برای این صفت به‌ترتیب ۸۳ و ۱۸ بود (جدول ۵)؛ این موضوع بیانگر اهمیت سهم اثرات افزایشی در توارث این صفت است. بیشترین مقدار هتروزیس مثبت و معنی‌دار نسبت به والد برتر در دو تلاقی ظفر × آر.جی.اس.۰۰۳ و ظفر × روشنا و حداکثر هتروزیس منفی و معنی‌دار در تلاقی صفار × ظفر مشاهده گردید (جدول ۶). با توجه به مطلوبیت پاکوتاهی در کلزا، هتروزیس منفی و معنی‌دار در اولویت خواهد بود. در مورد این صفت، معنی‌دار شدن اجزای a و b نشان‌دهنده اهمیت اثرات افزایشی و غالبیت در کنترل این صفت است. معنی‌دار شدن جزء b2 نشان‌دهنده توزیع نامتقارن ژن‌ها است (جدول ۷). واریانس افزایشی (D) و واریانس غالبیت (H1) معنی‌دار گردیدند که بیانگر وجود اثرات هم‌زمان افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت است (جدول ۸).

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج حاکی از معنی‌داری بودن ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی صفت تعداد خورجین در بوته هستند که بیانگر اهمیت هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها (غالبیت و اپیستازی) در کنترل عملکرد دانه و اجزای آن بود (جدول ۲). معنی‌دار بودن نسبت میانگین ترکیب‌پذیری عمومی به خصوصی نشان می‌دهد که اثرات افزایشی ژن‌ها در توارث این صفت در مقایسه با اثرات غالبیت اهمیت بیشتری دارند.

همچنین، مساوی بودن ضریب بیکر با عدد ۱ نشان‌دهنده این است که پیش‌بینی نتاج از طریق محاسبه GCA امکان‌پذیر است. بالاتر بودن مقدار واریانس GCA بیانگر برتری اثرات افزایشی ژن‌ها است؛ بنا بر این، بهتر نمودن F1 را می‌توان از طریق تلاقی والدین دارای بالاترین مقادیر GCA به دست آورد.

صفار (۹/۸) و ظفر (۶/۱) به‌دلیل دارا بودن بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار به‌عنوان بهترین والد برای افزایش تعداد خورجین در بوته شناسایی شدند (جدول ۳). بالا بودن تعداد خورجین در بوته امکان تولید حداکثری را فراهم می‌کند، از این رو، دورگ روشنا × ظفر با بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار بهترین دورگ برای ارزیابی و مطالعات آتی در جهت بهبود تعداد خورجین در بوته است (جدول ۴). پیغام‌زاده و امیری اوغان (Payghamzadeh & Amiri Oghan, 2023) با تلاقی بین ژنوتیپ‌های کلزا بیشترین مقدار GSA و وراثت‌پذیری خصوصی بالایی را برای صفات تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه گزارش نمودند. مقادیر وارثت‌پذیری عمومی و خصوصی به‌ترتیب ۹۷/۲ و ۲۰ درصد و بیشترین سهم واریانس افزایشی برای صفت مذکور ثبت شدند (جدول ۵)، که تائیدکننده سهم بالای اثرات افزایشی در کنترل صفت است. نتایج مطالعات گول و همکاران (Gul *et al.,* 2019) حاکی از سهم بالای اثرات افزایشی در کنترل این صفت هستند. محمد و همکاران (Muhammad *et al.,* 2014) اثرات SCA مثبت و معنی‌داری را برای این صفت گزارش دادند و مقدار وراثت‌پذیری عمومی را حدود ۶۳ درصد برآورد نمودند. وجود اختلاف در نتایج حاصله از مطالعات مختلف می‌تواند متفاوت بودن ژنوتیپ‌های هر پژوهش باشد. از نظر میزان هتروزیس نیز تلاقی‌های آسا × آرام و ظفر × دلگان به‌ترتیب با هتروزیس مثبت و معنی‌دار ۱۳ و ۱۱ در اولویت هستند (جدول ۶). معنی‌دار شدن اجزای a و b نشان از اثرات افزایشی و غالبیت هر دو در کنترل این صفت دارد (جدول ۷). با معنی‌دار شدن جزء a، انتظار می‌رود که این صفت دارای وراثت‌پذیری بالایی باشد؛ علاوه بر این، اجزای b1، b2 و b3 نیز معنی‌دار شده‌اند که می‌توان نتیجه گرفت که در کنترل این صفت غالبیت یک جهتی تأثیر دارد و بین میانگین والدین و نتاج تفاوت وجود دارد، بنا بر این، در این صفت می‌توان از هتروزیس بهره جست. واریانس افزایشی (D) و غالبیت (H1) معنی‌دار گردیدند، که بیانگر وجود اثرات هم‌زمان افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت است (جدول۸). مقدار واریانس افزایشی کمتر از واریانس‌های غالبیت است که مبین این است که اثرات غالبیت یا فوق غالبیت در کنترل این دخالت دارند. تفاوت بین اجزای (H1, H2) نیز مثبت است که نشان‌می‌دهد فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب کنترل‌کننده صفت در کلیه لوکوس‌ها برابر نیست. پارامتر ژنتیکی F مثبت و معنی‌دار است، بنا بر این، توزیع آلل‌ها در والدین متقارن نیست و آلل‌های غالب بیشتر از آلل‌های مغلوب هستند. با توجه به میانگین درجه غالبیت (a) که بزرگ‌تر از یک است، می‌توان حالت فوق غالبیت را برای این صفت در نظر گرفت. تعادل بین آلل‌های مثبت و منفی (c)در والدین برابر ۰/۲۵ است که نشان‌دهنده تعادل توزیع متقارن آلل‌های مثبت و منفی در والدین است. نسبت ژن‌های غالب به مغلوب (d) بیشتر از یک است که نشان می‌دهد فراوانی آلل‌های غالب در والدین بیشتر است. جهت غالبت (b) نیز مثبت و معنی‌دار است که نشان می‌دهد آلل‌های کاهنده غالب هستند.

تعداد دانه در خورجین از صفات تعیین‌کننده عملکرد محسوب می‌شود، و هر چه تعداد دانه در غلاف بیشتر باشد مخزن بزرگ‌تری برای مواد فتوسنتزی تولیدشده توسط گیاه ایجاد می‌گردد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی نیز نشان می‌دهند که میانگین مربعات SCA و GCA معنی‌دار شده است که نشان‌دهنده وجود

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-06]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1561]

اثرات غیر افزایشی و افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت است (جدول ۲). نسبت واریانس ترکیب‌پذیری عمومی به خصوصی معنی‌دار است که نشان می‌دهد در این صفت اثرات افزایشی ژن‌ها در توارث این صفت در مقایسه با اثرات غالبیت اهمیت بیشتری دارند. همچنین، نزدیک بودن ضریب بیکر به ۱ بر سهم بیشتر اثرات افزایشی در کنترل این صفت تأکید می‌کند. بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار در والدین ظفر (۱/۴) و دلگان (۰/۴) مشاهده شد (جدول۳). با توجه به این که قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بر مبنای اثر افزایشی ژن‌ها بوده است، والدهایی که دارای ترکیب‌پذیری حداکثری هستند را می‌توان در جهت تولید واریته‌های ترکیبی استفاده نمود. بیشترین اثرات SCA مثبت و معنی‌دار برای دورگ آسا × آرام (۱/۵) و بیشترین اثر RCA مقدار مثبت و معنی‌دار نیز به دورگ آر.جی.اس.۰۰۳ × آسا تعلق داشتند (جدول ۴). در مورد این صفت، به دلیل سهم بیشتر اثرات افزایشی (۸۶/۴) و وراثت‌پذیری عمومی بالا (۹۲/۱)، گزینش انفرادی یا توده‌ای توصیه می‌شود (جدول۵). برآورد مقادیر هتروزیس نسبت به والد برتر برای دو دورگ مثبت و معنی‌دار بود و بیشتر آن (۱۲/۱ درصد) در دورگ صفار × آر.جی.اس.۰۰۳ مشاهده شد. با توجه به مقادیر منفی و معنی‌دار اکثر دورگ‌ها در (جدول۶)، می‌توان نتیجه گرفت که اصلاح برای افزایش تعداد دانه در خورجین در ژنوتیپ‌های تحت بررسی در دامنه محدودی امکان‌پذیر است. معنی‌دار شدن اجزای a و b نشان می‌دهد که اثرات افزایشی و غالبیت هر دو در کنترل این صفت سهیم هستند. اجزاء b1 و b2 معنی‌دار نشده‌اند ولی با معنی‌دار شدن b3 می‌توان نتیجه گرفت که SCA نیز معنی‌دار است و اثرات غیر افزایشی در کنترل این صفت سهیم هستند (جدول۷). واریانس افزایشی (D) معنی‌دار شد ولی واریانس غالبیت (H1) معنی‌دار نگردیدکه بیانگر وجود اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت است (جدول۸). غلامی و همکاران (Gholami *et al.,* 2008) گزارش نمودند که تعداد دانه در غلاف در کلزا تحت تأثیر اثرات فوق‌غالبیت بود و تولید هیبرید برای بهره‌مندی از اثر فوق غالبیت را مفید گزارش کردند. تفاوت بین اجزای غالبیت (H1,H2) نیز مثبت است که نشان می‌دهد فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب کنترل‌کننده صفت در کلیه لوکوس‌ها برابر نیست. با توجه به میانگین درجه غالبیت (a) که بزرگ‌تر از یک است، می‌توان حالت فوق غالبیت را برای این صفت در نظر گرفت. جهت غالبیت (b) نیز مثبت و معنی‌دار است، درنتیجه، والدین دارای ژن‌های افزایشی کمتری هستند و در این صورت آلل‌های کاهنده غالب هستند. نسبت ژن‌های غالب به مغلوب (d) بیشتر از یک است که نشان می‌دهد فراوانی آلل‌های غالب در والدین بیشتر است. تعادل بین آلل-های مثبت و منفی (c) کمتر از ۲۵/. است که نشانگر عدم توزیع متقارن آلل‌های با اثر مثبت و منفی در والدین است.

وزن بذر یکی از پارامترهای مهم در برنامه‌های اصلاحی محصولات زراعی است که به میزان در دسترس بودن مواد فتوسنتزی بستگی دارد (Zuo & Li, 2014). نتایج تجزیه واریانس موجود در جدول ۲ نشانگر وجود اثرات معنی‌دار ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی صفت وزن هزار دانه هستند. معنی‌دار شدن هم‌زمان این دو اثر در سطح احتمال ۱٪ بر این دلالت دارد که در کنترل این صفت، هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی نقش دارند. نوروزی و همکاران (Norouzi *et al.,* 2021) گزارش نمودند که اثرات SCA برای صفت وزن هزار دانه معنی‌دار بود. بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار در والدین صفار (۰/۲) و ظفر (۰/۲) مشاهده شد که اهمیت بالایی در برنامه به‌نژادی در جهت بهبود صفت دارند (جدول۳). دورگ‌های صفار × روشنا و روشنا × ظفر به ترتیب با بیشترین اثرات SCA (۰/۲) و RCA (۰/۲) مثبت و معنی‌دار به عنوان بهترین دورگ برای این صفت انتخاب شدند (جدول۴). ارزیابی وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی صفت وزن هزار دانه به ترتیب ۹۷/۳ و ۳۴ درصد بدست آمد. مقدار بالای وراثت‌پذیری و سهم بالای اثرات افزایشی ژن‌ها (جدول ۵) بیانگر این است که استفاده از گزینش برای این صفت در نسل‌های اولیه می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد. در حالی که شاه و همکاران (Shah *et al.,* 2021) اهمیت اثرات غیر افزایشی در کنترل وزن هزار دانه و همچنین مقدار یکسانی را برای وارثت‌پذیری عمومی و خصوصی (۰/۲۷) گزارش نمودند. میزان هتروزیس نسبت به والد برتر برای این صفت در اغلب تلاقی‌ها به صورت منفی و معنی‌دار تجلی یافت. دورگ ظفر × آرام با برخورداری از هتروزیس مثبت و معنی‌دار برای این صفت در زمره تلاقی‌های برتر قرار دارد (جدول۶)، لذا در والدین تحت بررسی دورگ‌گیری می‌تواند روش کارآمدی برای افزایش وزن هزار دانه باشد. نسبت ژن‌های غالب به مغلوب (d) بیشتر از یک بود که نشان می‌دهد فراوانی آلل‌های غالب در والدین بیشتر است (جدول ۸). جهت غالبیت (b) معنی‌دار نیست ولی علامت مثبت آن بیانگر این است که احتمالاً والدین دارای ژن‌های افزایشی کمتری هستند. میانگین درجه غالبیت (a) که بزرگ‌تر از یک است را می‌توان حالت فوق غالبیت برای این صفت در نظر گرفت. تعادل بین آلل‌های مثبت و منفی (c) کمتر از ۲۵/. است که نشان‌دهنده عدم توزیع متقارن آلل‌های با اثر مثبت و منفی در والدین است.

عملکرد دانه به عنوان مهمترین صفت اصلاحی در کلزا است، بنا بر این، بهبود عملکرد و اجزای عملکرد ضروری است (Hu *et al.,* 2012). نتایج (جدول ۲) حاکی از معنی‌دار بودن اثرات GCA، SCA و RCA برای صفت عملکرد دانه هستند که بیانگر اهمیت هر دو اثرات افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها (غالبیت و اپیستازی) در کنترل این صفت است. با توجه به معنی‌دار شدن جزء b در این صفت می‌توان تجزیه گرافیکی انجام داد.

به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان دادند که اگرچه ژن‌های با هر دو نوع اثر افزایشی و غیر افزایشی در کنترل صفات مورد مطالعه نقش داشتند اما سهم هر یک از این اثرها در کنترل هر یک از صفات متفاوت بود. به طور کلی، برای صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و طول خورجین به علت پایین بودن وراثت‌پذیری خصوصی، روش‌های اصلاحی مبتنی بر تولید هیبرید کاراتر خواهند بود.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-06]
[DOI: 10.61882/jcb.2024.1561]

دو والد ظفر و صفار با بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار از نظر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد خورجین در بوته و طول خورجین و ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار آن‌ها از نظر تعداد روز تا رسیدگی را می‌توان جهت ایجاد نوترکیبی در لاین‌های اصلاحی به منظور دستیابی به ژنوتیپ های پرمحصول و زودرس در مناطق گرمسیر مورد استفاده قرار داد. دو ترکیب هتروتیک آر.جی.اس.۰۰۳ × دلگان با ۳۰/۳ درصد و دلگان × روشنا با ۲۱/۳ درصد هتروزیس نیز می‌توانند در برنامه تهیه هیبریدهای سینگل کراس برای افزایش عملکرد دانه کلزا مورد بهره‌برداری قرار گیرند. برای صفت تعداد روز تا گلدهی دورگ آر.جی.اس.۰۰۳ × آسا و برای صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه دورگ آر.جی.اس.۰۰۳ × آسا قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی قابل توجه‌ای را نشان دادند. در ضمن، این تلاقی ترکیب‌پذیری منفی و معنی‌داری برای صفت تعداد روز تا رسیدگی نشان داد که می‌توان برای تولید هیبرید سینگل‌کراس از این ژنوتیپ‌ها بهره برد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مطالعه لازم می‌دانند که از مسئولین محترم مرکز تحقیقات استان کرمانشاه، معاونت محترم آموزشی تحصیلات تکمیلی، مدیر محترم گروه اصلاح نباتات دانشگاه ایلام و رئیس سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه و مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان قصر شیرین بابت تأمین امکانات و ایجاد شرایط لازم جهت اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی نمایند.

References

Alizadeh, B., Rezaizad, A., Hamedani, M. Y., Shiresmaeili, G., Nasserghadimi, F., Khademhamzeh, H. R., & Gholizadeh, A. (2022). Genotype× environment interactions and simultaneous selection for high seed yield and stability in Winter Rapeseed (*Brassica napus* L.) multi-environment trials. *Agricultural Research,* 11, 185-196.

Amiri-Oghan, H., Fotokian, M.H., Javidfar, F., & Alizadeh, B. (2009). Genetic analysis of grain yield, days to maturity in oilseed rape (*Brassica napus* L.) using diallel crosses. *International Journal of Plant Production*, 3(2), 19-26.

Baker, R. J. (1987). Issues in diallel analysis. Crop Sicence, 18, 533-536.

FAO. (2019). Database crops production. Available at: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (Accessed December 22, 2020).

Ghasemi Soloklui, A. A., Gharaghani, A., Oraguzie, N., & Saed-Moucheshi, A. (2018). Heritability and combining ability for cold hardiness from partial dialleles in Iranian pomegranate cultivars. *Horticultural Science,* 53, 427-431.

Gholami, H., Moghaddam, M., & Rameeh, V.O. (2008). Estimation of combining ability in rapeseed (*Brassica napus* L.) using line × tester cross method. *Seed and Plant Journal*, 24,399-411.

Gholizade Sarcheshmeh, P., Saba, J., Amiri Oghan, H., Shekari, F., & Gholizadeh, A. (2023). Combining abillty and hetersis of spring oilseed rape gentypes under normal irrigation and drought stress condditions. *Journal of Crop Breeding,* 16(49), 79-85. [In Persain]

Griffing, B .(1956b). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Australian Journal of Biological Science,* 9, 463-439.

Griffing, B. (1956a). A generalized treatment of use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*, 10, 31-50.

Gul, S., Uddin, R., Khan, N. U., Khan, S. U., Ali, S., Ali, N., & Hussain D. (2019). Heterotic response and combining ability analysis in F1 diallel populations of *Brassica napus* L. *Pakistan Journal of Botany*, 51(6), 2129-2141.

Gul, S., Uddin, R., Khan, N.U., Khan, M.S., Khan, S.U., & Goher, R. (2018). Heterotic and genetic effects in intra-specific populations of *Brassica napus* L. *Pakistan Journal of Botany*, 50(5), 1951-1963.

Hayman, B. I. (1954a). The analysis of variance of diallel crosses. *Biometrics,* 10, 235-244.

Hua, W., Li, R.J., Zhan, G.M., Liu, J., Li, J., Wang, X. F., & Liu, G.H. (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., Laosuwan, P., Machikowa, T., & Chen, Z. (2010). Combining ability for seed yield and other characters in rapeseed. *Suranaree Journal of Science and Technology*, 17, 39-47.

Inayat, S., Zakirullah, M., Naz, L., Shafi, A., Akbar, S., & Shitab Khan, M. (2019). Combining ability analysis of yield and yield components in second filial (F2) 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 Journal of Agriculture*, 32(3), 168-176.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-11-06]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1561]

Jinks, J.L. (1954). The analysis of heritable variation in diallel crosses of Nicotiana rustica varieties. *Genetics*, 39: 767-788.

Moradi, M., & Soltani Howyzeh, M. (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., Raziuddin, M.S., Bacha, Q.U., Rahman, A.U., & Khan, S.A. (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., Sohail, Q., & Nadia, K.H. (2017). Genetic analysis for yield and yield components in rapeseed. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(4), 376-384.

Norouzi, M. A., Ahangar, L., Peygamzadeh, K., Sabouri, H., & Sajjadi, S. J. (2021). Heritability and Gene Action of Different Traits in Spring Oilseed Rape using Diallel Analysis. *Journal of Crop Breeding*, 13 (39), 166-178. [In Persain]

Payghamzadeh, K., & Amiri Oghan, H. (2023). Estimation of Genetic Parameters of some Important Agronomical Traits in Oilseed Rape by Griffing 's Dallel Methid. . *Journal of Crop Breeding*, 15(46),11-21. [In persain]

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]

Rameeh, V.O. (2009). Estimation of heritability and heterosis for agronomic traits and oil content in spring rapeseed varieties. *Journal of Crop Breeding*, 1(4),1-13. [In Persain]

Rezaizad, A., Zareei Siahbidi, A., & Shirani Rad, A. H. (2020). Evaluation of growth and seed yield of new winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) genotypes under terminal drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences,* 21, 328-343.

Riasat, M., Saed-Mouchehsi, A., & Jafari, A. A. (2020). Effect of Drought Stress Levels on Seedling Morpho-physiological Traits of Alfalfa (*Medicago sativa*) Populations grown in Glasshouse. *Journal of Rangeland Science*, 10, 86-97.

Saed-Moucheshi, A., & Mozafari, A. A. 2021. "R Application in Biotechnology and Agriculture" University of Kurdistan (UOK), Sanandaj, Iran.

Saed-Moucheshi, A., & Razi, H. (2016). Developing a New SAS Code to Estimate Path Coefficients. In "Second International and Fourteenth National Congress of Agronomy and Plant Breeding", Rasht, Gilan, Iran.

Saed-Moucheshi, A., Mozafari, A. A., Pessarakli, M., Rezaei Mirghaed, E., Sohrabi, F., Zaheri, S., Barzegar Marvasti, F., & Baniasadi, F. (2023). Improved strategy of screening tolerant genotypes in drought stress based on a new program in R-language: a practical triticale breeding program. *Journal of Plant Nutrition*, 46, 495-512.

Saed-Moucheshi, A., Shirkhani, A., & Zaheri, S. (2024). "Parametric and non-parametric statistical methods in biology and agricultural sciences," Kosar Press, Kermanshah, Iran.

Schuler, T. J., Hutcheson, D.S & Downey, R.K. (1992). Heterosis in intervarietalhybrids of summer turnip rapein Western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 72(1), 127-136.

Shah, M.A., Rehman, F.U., Mehmood, A., Ullah, F., Shah S.I. & Rasheed, S.M. (2021). Combining ability, heritability and gene action assessment in rapeseed (*Brassica napus* L.) for yield and yield attributes. *Journal of Agriculture*, 37(1), 104-109.

Thakur, H.L. & Sagwal, J.C. 1997. Heterosis and combining ability in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 57, 163-167.

Zesu, H., Paisan, L., Thitipom, M.& Zehui. C. (2010). Heterosis for Seed Yield, Oil Content and Other Characters in Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Joumal of Northeast Agricultural University*, 17, 1-9.

Zhang ,Y., Kang, M.S. (1997). DIALLEL-SAS: A SAS program for Griffing's diallel analyses. *Agronomy Journal*, 89,176-182.

Zuo, J., & Li, J. (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 2025-11-06]

[DOI: 10.61882/jcb.2024.1561]