



ISSN: 2676-7309



Lorestan University

## Evaluation of Genetic Parameters of Sesame Hybrids Resulting from Crossing of Genotypes Susceptible and Tolerant to Seed Shedding Using the Diallel Griffing Method

Somayeh Miri<sup>1</sup> | Hamid Najafi Zarini<sup>1,\*</sup> | Kamal Payghamzadeh<sup>2</sup> | Ghaffar Kiani<sup>1</sup>

1- Department of Plant Breeding, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

2- Horticulture Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

\*Corresponding author ✉: [h.najafi@sanru.ac.ir](mailto:h.najafi@sanru.ac.ir)

### Article Info

**Article type:**  
Research Article

**Article history:**

Received: November 12, 2024;  
Received in revised form: April 08, 2025;  
Accepted: May 06, 2025;  
Available online: June 30, 2025

**Keywords:**

General compatibility,  
Genetic diversity,  
Diallel,  
Seed yield,  
Sesame

### ABSTRACT

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is one of the most important summer oilseeds due to its unique characteristics, contributing significantly to national oil and meal demands. To generate new genetic diversity and evaluate genetic parameters, eight sesame genotypes were used, including two seed shattering-tolerant genotypes (G.Kara24 and G.Kara42), three moderately shattering-tolerant genotypes (G.Kara10, G.Kara18, and G.Kara117), and three early-maturing commercial cultivars susceptible to seed shattering (Oltan, Sardar, and multi-branched Naz). These genotypes were crossed in a complete diallel mating design, and the F<sub>1</sub> hybrids along with their parents were evaluated during the 2022–2023 cropping season using a randomized complete block design with three replications. The analysis of combining abilities indicated that general combining ability (GCA) effects were significant for most traits, including the number of capsules per plant, seeds per capsule, seed yield, and capsule height. This highlights the predominance of additive genetic effects in the inheritance of these traits. In contrast, specific combining ability (SCA) effects were not significant for most traits, suggesting a limited role of non-additive effects. Furthermore, the additive-to-dominance variance ratio and Baker's ratio exceeded one for many traits, reinforcing the importance of additive effects. Thus, selection of superior parents based on GCA is recommended for further breeding programs. Reciprocal cross analysis revealed significant maternal (cytoplasmic) effects for several traits. Traits such as flowering initiation, physiological maturity, and plant height showed notable SCA and reciprocal effects, underscoring the potential of specific hybrids and selected parents in breeding efforts. Overall, G.Kara24, G.Kara117, and Naz chand shakheh were identified as promising parents for early flowering, high yield, and earliness traits, based on comprehensive analyses of GCA, SCA, and reciprocal effects.



**Cite this article:** Miri, S., Najafi Zarini, H., Payghamzadeh, K. and Kiani, G. (2025). Evaluation of genetic parameters of sesame hybrids resulting from crossing of genotypes susceptible and tolerant to seed shedding using the diallel Griffing method. *Plant Genetic Research*, 12(1): 105-130.

**DOI:** <https://doi.org/10.22034/pgr.2025.2069006.1011>



© Author(s) retain the copyright.

Homepage: <https://www.pgr.lu.ac.ir> | Publisher: Lorestan University

## Introduction

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is one of the most important oilseed crops, renowned for its unique agronomic characteristics and high nutritional value. In addition to being a rich source of oil and protein, sesame is valued for its antioxidants and potential applications in pharmaceutical and industrial sectors. The increasing global demand for high-quality edible oil has emphasized the need to develop genotypes with both high yield and oil content, capable of performing under adverse environmental conditions, particularly in summer cultivation. However, one of the major challenges in sesame production is seed shedding, especially at the harvest stage, which significantly limits the expansion of cultivation and reduces productivity. Given this, breeding programs have increasingly focused on developing genotypes that are both tolerant to seed shedding and early-maturing, ensuring stability and efficiency in oil production. The use of diallel crosses and systematic genetic evaluation provides an effective approach to identify superior parents and optimize hybrid combinations.

## Materials and Methods

To generate new genetic variability and evaluate genetic parameters related to seed shedding tolerance and yield, eight sesame genotypes were selected. These included two genotypes highly tolerant to seed shedding (G. Kara24, G. Kara42), three moderately tolerant genotypes (G. Kara10, G. Kara18, G. Kara17), and three early-maturing commercial cultivars susceptible to seed shedding (Oltan, Sardar, and Naz Chandshakheh). A complete diallel cross design was employed to produce all possible F1 combinations, which allows for precise estimation of both general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) effects. The F1 progeny and their parental lines were evaluated in a randomized complete block design with three replications during the 2022–2023 growing season. Traits assessed included days to flowering, days to physiological maturity, plant height, capsule-bearing height, number of capsules per plant, capsule length, number of seeds per capsule, thousand-seed weight, grain yield, harvest index, and seed retention index. Analysis of variance (ANOVA) was performed using SAS 9.4 software, and mean comparisons were conducted with the least significant difference (LSD) test at the 5% probability level. Additionally, data were analyzed using the first method of Griffing's model II through PBTtools software (V.1.4), providing further insights into additive and non-additive genetic contributions.

## Results and Discussion

General combining ability (GCA) effects were significant for most traits, including number of capsules per plant, number of seeds per capsule, seed yield, and capsule-bearing height, indicating the predominance effects of additive genetic effects. In contrast, specific combining ability (SCA) effects were mostly nonsignificant, indicating a relatively minor contribution of non-additive effects. The ratio of additive variance to dominance variance and Baker's ratio exceeded unity for many traits, further confirming the importance of additive effects. Thus, selection based on GCA is recommended for future breeding. Reciprocal effects were also significant for several traits, suggesting the influence of maternal cytoplasmic factors. Traits such as flowering onset, physiological maturity, and plant height exhibited significant SCA and reciprocal effects, underscoring the potential of specific hybrid combinations. Notably, G. Kara24 and G. Kara42 demonstrated superior GCA for earliness, with mean physiological maturity of 74.66 and 74.33 days, respectively, indicating high potential for developing early-maturing genotypes. G. Kara10 showed the best performance for thousand-seed weight (3.51 g) and seed yield (1789.83 kg/ha), along with strong GCA values. The cross G. Kara18 × G. Kara10 produced highly desirable progeny with a mean thousand-seed weight of 2.68 g. Among the parents, G. Kara42 exhibited the highest seed retention index (880.33) coupled with significant positive GCA. Although the reciprocal cross G. Kara42 × G. Kara24 achieved the

highest mean seed retention index (881), reciprocal effects were not significant. Conversely, the cross Oltan × G. Kara10 produced highly promising progeny, with a seed retention index of 414 and significant positive reciprocal effects.

### **Conclusion**

This study demonstrated that additive genetic effects and maternal influences play a central role in sesame breeding. The predominance of additive effects supports selecting superior parents to enhance yield, earliness, and seed-shedding tolerance, while maternal effects highlight the value of reciprocal crosses for exploiting cytoplasmic inheritance. Genotypes such as G. Kara24, G. Kara117, and Naz Chandshakheh emerged as superior parents, providing a practical basis for breeding high-yielding, early-maturing, and resilient sesame varieties

### **Author Contributions**

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

### **Data Availability Statement**

Data available on request from the authors.

### **Acknowledgements**

The authors would like to thank anonymous reviewers for their valuable suggestions in manuscript revision.

### **Ethical Considerations**

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

### **Funding**

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

### **Conflict of Interest**

The authors declare no conflict of interest.

## ارزیابی پارامترهای ژنتیکی دورگ‌های کنجد حاصل از تلاقی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به ریزش‌دانه به روش دای آلل گریفینگ

سمیه میری<sup>۱</sup> | حمید نجفی زرینی<sup>۱\*</sup> | کمال پیغام‌زاده<sup>۲</sup> | غفار کیانی<sup>۱</sup>

۱- گروه اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران  
۲- بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله

کنجد با داشتن ویژگی‌های منحصر به فرد یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی تابستانه جهت تأمین بخشی از نیاز روغن و کنجاله کشور است. با هدف ایجاد تنوع ژنتیکی جدید و ارزیابی پارامترهای ژنتیکی، هشت ژنوتیپ کنجد شامل دو ژنوتیپ متحمل به ریزش‌دانه (با نام‌های G.Kara24، G.Kara42)، سه ژنوتیپ نسبتاً متحمل به ریزش‌دانه (با نام‌های G.Kara10، G.Kara18 و G.Kara117) و سه رقم تجاری زودرس حساس به ریزش‌دانه (اولتان، سردار و ناز چندشاخه) با استفاده از طرح تلاقی‌های دای آلل کامل با یکدیگر تلاقی داده شدند. صفات مختلف نتاج  $F_1$  به همراه والدین در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۲ مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه ترکیب‌پذیری نشان داد که غالبیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) برای اغلب صفات از جمله تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه و ارتفاع کپسول‌بندی معنی‌دار بوده و بیانگر نقش غالب اثرات افزایشی ژن‌ها در توارث این صفات است. در مقابل اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) برای اکثر صفات معنی‌دار نبود، که بیانگر نقش محدود اثرات غیرافزایشی در کنترل آن‌ها می‌باشد. همچنین نسبت واریانس افزایشی به غالبیت و نیز نسبت بیکر در بسیاری از صفات بیشتر از عدد یک بود که نشان دهنده غلبه اثرات افزایشی است. بر این اساس، انتخاب والدین برتر بر پایه GCA در اصلاح نسل‌های بعدی توصیه می‌گردد. نتایج مربوط به تلاقی‌های معکوس نیز اثرات معنی‌دار سیتوپلاسم مادری را در کنترل صفات مورد مطالعه نشان داد. برخی صفات مانند شروع گلدهی، رسیدگی فیزیولوژیک و ارتفاع بوته دارای اثرات معنی‌دار ترکیب‌پذیری خصوصی و معکوس بودند که بیانگر اهمیت استفاده از هیبریدهای خاص و والدین منتخب در این تلاقی‌هاست. در مجموع با تحلیل جامع ترکیب‌پذیری عمومی، خصوصی و معکوس، ژنوتیپ‌هایی چون G.Kara24، G.Kara117 و ناز چندشاخه به عنوان والدین برتر برای صفات زود گلدهی، عملکرد بالا و زودرس شناسایی شدند.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۹

واژگان کلیدی:

ترکیب‌پذیری عمومی،

تنوع ژنتیکی،

دای آلل،

عملکرد دانه،

کنجد

مقدمه

برنامه‌های به‌نژادی متعدد بین‌المللی برطرف گردید و بالاخره نتایج آن تلاش‌ها منجر به معرفی ژنوتیپ‌های متحمل به ریزش با درجات مختلفی از ریزش‌دانه مانند S01 تا S22, S24, S50, S51 و S52 شد (Langham, 2019b; Langham, 2001a,b). مقاومت در برابر باز شدن کپسول احتمالاً از ترکیب چند ویژگی ناشی می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها شامل دهانه کپسول و ظرفیت نگهداری بذر کپسول می‌باشند (Langham *et al.*, 2008). باریک شدن دیواره کپسول نیز باعث حفظ بذرها در دوره بلوغ می‌شود و این توانایی زمانی افزایش می‌یابد که باریک‌شدگی به سمت نوک نزدیک‌تر باشد (Stamatov *et al.*, 2020). با توجه به اهمیت موضوع، اخیراً توده بذر یک ژنوتیپ متحمل به ریزش‌دانه وارد کشور شده و مراکز تحقیقاتی در راستای اصلاح توده بذری فوق، برنامه‌های اصلاحی متعددی انجام داده‌اند و موفق به معرفی ژنوتیپ‌های متعدد متحمل به ریزش‌دانه شدند. بازدهی کم برخی از ژنوتیپ‌ها و دیررسی اغلب ژنوتیپ‌های متحمل به ریزش‌دانه، مانع توسعه آن شده است، به‌گونه‌ای که در حال حاضر یکی از مهم‌ترین برنامه‌های اصلاحی کنگد تولید ژنوتیپ‌های متحمل به ریزش‌دانه با عملکرد بالا و زودرس از طریق انتقال صفت مقاومت به ریزش‌دانه از ژنوتیپ‌های متحمل به ریزش‌دانه و انتقال صفت زودرسی از ارقام تجاری زودرس به دورگ‌ها با استفاده از تلاقی دای‌آل است. برای رسیدن به این اهداف اطلاع از نحوه عمل ژن دارای اهمیت فراوانی می‌باشد؛ بنابراین شناخت ویژگی‌های ژنتیکی و نحوه توارث این صفات، یکی از اصول تصمیم‌گیری در مورد اجرای طرح‌های مختلف به‌نژادی است (Norouzi *et al.*, 2022). طرح‌های ژنتیکی دای‌آل، یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای بررسی نحوه انتقال صفات کمی و کیفی است. این روش به شناسایی والدینی که تأثیرات ژنتیکی افزایشی و غیرافزایشی بر روی صفات خاص دارند، کمک می‌کند. تعداد زیادی از پارامترهای ژنتیکی صفات کمی مانند توارث‌پذیری عمومی و خصوصی، ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA)، هتروزیس و میانگین درجه غالبیت با روش دای‌آل قابل اندازه‌گیری می‌باشند (Gul *et al.*, 2019). به‌عنوان مثال، نتایج

دانه‌های روغنی دومین ذخایر غذایی جهان را پس از غلات تشکیل می‌دهند. در میان گیاهان روغنی، کنگد با نام علمی *Sesamum indicum* L. یکی از مهم‌ترین گیاهان بومی هند و آفریقا است و قدیمی‌ترین دانه روغنی جهان به‌شمار می‌آید (Nayar and Mehra, 1970). بر اساس شرایط آب و هوایی، نحوه مدیریت مزرعه و نوع رقم، دانه‌های آن تقریباً دارای ۳۵ تا ۵۲ درصد روغن با کیفیت بالا می‌باشد و به دلیل داشتن آنتی‌اکسیدانی به‌نام سزامول از پایداری خوبی در برابر حرارت برخوردار است (Zabet *et al.*, 2023; Dini Torkaman and Carapetian, 2006; Elleuch *et al.*, 2011). تولید جهانی کنگد در سال ۲۰۲۳ با سطح زیرکشت تقریباً ۱۳ میلیون هکتار بالغ بر ۶۷۹ میلیون تن بوده است، به‌طوری که سهم ایران در آن سال برابر با ۲۹۰۰۰ تن از سطح زیر کاشت تقریباً ۴۲۰۰۰ هکتار بوده است (FAO, 2023). افزایش تقاضا برای روغنی با کیفیت بالا منجر به معرفی کشت کنگد با قابلیت تولید میزان روغن بالا تحت شرایط محیطی نامساعد به‌خصوص در کشت تابستانه شده است. اما، مشکلات متعددی در توسعه کشت این محصول با ارزش وجود دارد که از جمله آن حساسیت به ریزش‌دانه می‌باشد، به‌گونه‌ای که این صفت توسعه کشت کنگد در بستر مکانیزاسیون به‌ویژه در مرحله برداشت کنگد را با محدودیت‌های فراوانی مواجه کرده است. در آن زمان بیشتر ارقام کنگد دارای صفت حساسیت به ریزش‌دانه بودند تا این‌که لانگهام و رودریگز (Langham and Rodriguez, 1946) جهشی را در گیاهان یافتند که به موجب آن کپسول در زمان رسیدگی ناشکوفای بوده و جهت برداشت آن به ضربه‌های مکانیکی شدیدی که توسط خرمنکوب‌های کمباین تامین می‌شود نیاز داشت. لانگهام و رودریگز (Langham and Rodriguez, 1946) گزارش کردند که صفت تحمل به ریزش توسط یک آلل مغلوب به‌نام ژن ناسازگار (id) کنترل می‌شود. متأسفانه آلل id اثرات فنوتیپی متفاوتی مانند پیچ‌خوردگی ساقه‌ها، برگ‌ها، گل‌ها و همچنین ایجاد مادگی کوتاه و خمیده داشت بگونه‌ای که ناهنجاری‌های فنوتیپی مورد اشاره منجر به نابرابری شدیدی می‌گردید. مشکلات اشاره شده بر اساس

مطالعه کومار و همکاران (Kumar *et al.*, 2012) در بررسی هفت ژنوتیپ کنجد به روش تلاقی یک‌طرفه دای‌آلل نشان داد که والدین و دورگ‌های مورد مطالعه آن‌ها دارای تنوع ژنتیکی کافی هستند و ژن‌های غالب نسبت به ژن‌های مغلوب در والدین بیشتر بود. در پژوهشی دیگر، ضابط و همکاران (Zabet *et al.*, 2020) هفت ژنوتیپ کنجد را در طرح دای‌آلل یک‌طرفه بررسی کرده و گزارش کردند که رقم اولتان و ژنوتیپ اردستان به‌ترتیب بهترین و بدترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ ترکیب‌پذیری عمومی بودند. در مطالعه آن‌ها دورگ سبزوار × TS-3 و سبزوار × فارس در اکثر صفات به‌عنوان بهترین دورگ‌ها شناخته شدند. همچنین آن‌ها گزارش کردند که وراثت‌پذیری عمومی بین حداقل ۰/۹۰ برای عملکرد بیولوژیک تا حداکثر ۰/۹۶ برای تعداد شاخه فرعی و وراثت‌پذیری خصوصی بین حداقل ۰/۳۶ برای تعداد شاخه فرعی تا حداکثر ۰/۹۵ برای شاخص برداشت متغیر بود (Zabet *et al.*, 2020). در بررسی شش والدی کنجد و ۱۵ نتاج مربوطه با استفاده از یک طرح دای‌آلل یک‌طرفه توسط آبدال-کادر و همکاران (Abd El-Kader *et al.*, 2017) مشخص شد که بهترین والد برای عملکرد دانه و اجزای عملکرد NA.77 و NA.78 می‌باشند. همچنین، وراثت‌پذیری خصوصی نشان‌دهنده مقادیر بالای این شاخص برای صفات روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۶۲ درصد) و روز تا بلوغ فیزیولوژیکی (۷۷ درصد) بود (Abd El-Kader *et al.*, 2017). با توجه به موضوعات فوق‌الشاره، هدف از این پژوهش ایجاد تنوع ژنتیکی جدید و ارزیابی پارامترهای ژنتیکی والدین و نتاج حاصل از تلاقی دای‌آلل کامل هشت ژنوتیپ کنجد با ویژگی‌های مختلف به‌منظور ایجاد دورگ‌ها یا لاین‌های امیدبخش متحمل به ریزش‌دانه و زودرس با عملکرد بالا بود.

### مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش و عملیات زراعی: پژوهش حاضر در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (عراقی محله) در استان گلستان اجرا گردید (جدول

۱). عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح، مرزبندی طبق شیوه‌نامه فنی تولید کنجد (Payghamzadeh *et al.*, 2019) انجام شد. برای این منظور ابتدا مزرعه با استفاده از چیزل‌پک شخم و سپس دیسک زده شد. سپس با غلظت ۲/۵ لیتر در هکتار علف‌کش ترفلان به طور یکنواخت در سطح مزرعه پخش و بلافاصله به‌طور سطحی با خاک مخلوط گردید. نحوه مصرف عناصر غذایی مانند نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، گوگرد (۱۰۰ کیلوگرم گوگرد بنتونیت دار ۷۰ درصد به همراه باکتری تیوباسیلیوس) بر اساس نتایج آزمون خاک انجام شد (جدول ۱). در مرحله شش‌برگی و جین علف‌های هرز و نیز تنک کردن بوته‌ها به‌صورت دستی انجام شد. طی دوران رشد و نمو در صورت مشاهده آفاتمانند برگخوارها، سنک‌ها، شته و غیره از آفت‌کش‌های توصیه شده در شیوه‌نامه فنی تولید کنجد (Payghamzadeh *et al.*, 2019) استفاده شد. نیاز آبی گیاه با استفاده از تعیین رطوبت خاک به روش وزنی تعیین شد و بر اساس آن آبیاری مزرعه پژوهشی به تعداد پنج بار و هر بار تقریباً به مقدار ۴۰۰ متر مکعب به روش قطره‌ای انجام شد.

مواد ژنتیکی و نحوه اجرای پژوهش: در این آزمایش دو ژنوتیپ متحمل به ریزش‌دانه (با نام‌های G.Kara24 و G.Kara42)، سه ژنوتیپ نسبتاً متحمل به ریزش‌دانه (با نام‌های G.Kara18، G.Kara10 و G.Kara117) و سه رقم تجاری زودرس با نام‌های اولتان، سردار و ناز چندشاخه (جدول ۲) از بین ۱۶ ژنوتیپ حساس و متحمل به ریزش‌دانه که در سه تاریخ کاشت متفاوت (۲۰ اردیبهشت، ۱۰ خرداد و ۳۰ خرداد) در بلوک‌های تلاقی در ۸ خط ۱۰ متری به‌ترتیب با فاصله بین ردیف و فاصله بوته روی ردیف کاشت ۵۰ و ۱۰ سانتی‌متر در سال ۱۴۰۱ کشت شده بودند به‌طور تصادفی انتخاب و بر اساس روش تلاقی دای‌آلل دوطرفه تلاقی داده شدند.

جدول ۱- خصوصیات خاک و شرایط اکولوژیکی محل اجرای آزمایش (۱۴۰۱-۱۴۰۲)

Table 1. Agroecological and soil properties of the experimental site (2022-2023)

جغرافیا Geography			اقلیم Climate			خصوصیات خاکشناسی (۰-۳۰ cm) Soil properties (0-30 cm)							
ارتفاع از سطح دريا (متر) Altitude	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	مجموع بارندگی (میلی متر) Total. Rain Fall (mm)	میانگین دما (سانتی گراد) Mean. Temp. (°C)	میانگین تبخیر (میلی متر) Mean Evap. (mm)	اسیدیته pH	شوری EC×10 <sup>3</sup>	کربن آلی (درصد) O.C. (%)	آهک (درصد) T.N.V. (%)	نیتروژن N (ppm)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)	بافت خاک Soil texture
5.5	36° 54' N	54° 25' N	152.90 (2022)	24.34 (2022)	168.40 (2022)	7.4	1.6	1.71	26	0.17	16.7	314	Si (30)- C (56)-L (14)
			190.90 (2023)	24.82 (2023)	171.59 (2023)								

منبع: ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان (عراقی محله)

Source: Gorgan (Araghi-Mahaleh) Agricultural Research Station

جدول ۲- برخی از مهم‌ترین خصوصیات، شجره و نام ژنوتیپ‌های مختلف کنجد مورد استفاده در دورگ‌گیری

Table 2. Some important traits, pedigree and name of diver's sesame genotypes exploited to hybridization

منشأ Origin	شماره والد Parent No.	نام والد Parent name	شجره Pedigree	رنگ بذر Seed color (Ölmez <i>et al.</i> 2022)	تعداد کپسول در محور برگ No. capsules per leaf axis	وضعیت شاخه‌بندی Branching status
موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran	P <sub>1</sub>	G.Kara10	400-E10S2-9	قهوه‌ای تیره (Dark brown)	1	چندشاخه Multiple
	P <sub>2</sub>	G.Kara18	400-E18S4-13	قهوه‌ای تیره (Dark brown)	1	
	P <sub>3</sub>	G.Kara24	400-E24S1-5	بیسکوئیتی (Biscuit color)	3	
	P <sub>4</sub>	G.Kara42	400-E42S2-6	بیسکوئیتی (Biscuit color)	3	
	P <sub>5</sub>	G.Kara117	400-K11S7-5	سفید (White)	3	
	P <sub>6</sub>	Sardar	Yekta*Oltan/Sardar	قهوه‌ای (Brown)	3	
	P <sub>7</sub>	Oltan	Moghan/Line 11/Oltan	قهوه‌ای (Brown)	1	
	P <sub>8</sub>	Naz Chandshagheh	Local sesame	سفید (White)	3	

کپسول از ۸-۰ امتیاز به آن داده شد (۰ = بدون دانه، ۱ = بذر کمی باقی مانده، ۴ = دانه در نیمی از محفظه کپسول موجود است، ۷ = تعداد دانه ریخته کم است، ۸ = بذر به طور کامل در کپسول موجود است). نتایج به نزدیک‌ترین رقم متوسط گرد شده و بر اساس آن شاخص TI (حفظ بذر در حالت عمودی) مشخص شد. برای تعیین شاخص KE (حفظ بذر در حالت معکوس) کپسول‌های انتخاب شده و به حالت وارونه کمی لرزانیده شدند تا این حرکات باعث بیرون ریختن دانه‌ها شود. بر اساس مقدار بذر باقی مانده با استفاده از همان معیارهای بیان شده برای تعیین شاخص TI به آن ۰-۸ امتیاز داده شد و میانگین نتایج به نزدیک‌ترین رقم گرد شده و بر اساس آن شاخص KE مشخص گردید. امتیازدهی شاخص TO (باز شدن کپسول) با استفاده از (۱ = کپسول تقریباً تا پایین باز شده، ۴ = کپسول تا نیمه پایین باز شده، ۷ = کپسول به سختی باز شده، ۸ = کپسول باز نشده است) بر روی کپسول‌های انتخاب شده تعیین شد و میانگین نتایج به نزدیک‌ترین رقم گرد شده و بر اساس آن شاخص TO مشخص گردید. با قرار دادن سه عدد به ترتیب به صورت TI/KE/TO در کنار هم میزان نگهداشت بذر مشخص گردید. به‌طور کلی، یادداشت‌برداری صفات و نیز برداشت محصول در هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای از دو ردیف میانی به‌صورت دستی انجام شد.

**محاسبات آماری:** پس از تأیید نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-سیرموف، تجزیه واریانس انجام و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ (SAS, 2017) انجام شد. جهت بررسی اختلاف ژنوتیپ‌های والدینی و نتاج F<sub>1</sub>، برآوردهای واریانس ترکیب‌پذیری عمومی، ترکیب‌پذیری خصوصی، تلاقی‌های معکوس، واریانس افزایشی و غالبیت، وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی، نسبت غالبیت بر اساس روش اول گریفینگ مدل دوم (Griffing, 1956a,b) با استفاده از نرم‌افزار PBTools مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نسبت بیکر (Baker, 1978) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{Baker ratio} = \frac{2\sigma_g^2}{2\sigma_g^2 + \sigma_s^2}$$

که در آن،  $\sigma_g^2$  و  $\sigma_s^2$  به ترتیب واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی می‌باشد.

در مرحله گلدهی با ایزولاسیون گل‌های والد گرده‌دهنده و اخته کردن گل‌های والد گرده گیرنده، تلاقی دای‌آلل دوطرفه متعددی انجام گرفت و بذور نتاج F<sub>1</sub> جهت ارزیابی در سال بعد در سردخانه نگهداری شد. در سال ۱۴۰۲، بذور F<sub>1</sub> حاصل از ۲۸ تلاقی مستقیم و ۲۸ تلاقی معکوس به‌همراه والدین در چهار خط چهار متری با فاصله ۵۰ سانتی‌متر با فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر (مساحت هر کرت آزمایشی هشت مترمربع و تراکم ۲۰ بوته در مترمربع) جهت بررسی صفات مختلف در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در نیمه دوم اردیبهشت ماه کشت شدند.

**صفات مورد بررسی:** در این پژوهش، صفاتی مانند تعداد روز تا گلدهی (باز شدن اولین گل روی ساقه اصلی در ۵۰ درصد بوته‌های کرت از تاریخ سبز شدن)، تعداد روز تا رسیدگی (رسیدن ۹۰ درصد کپسول‌ها در ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت به اندازه نهایی خود و تغییر رنگ از سبز پررنگ به سبز کم رنگ)، ارتفاع بوته (میانگین ارتفاع پنج بوته تصادفی در هر کرت)، ارتفاع کپسول‌بندی (میانگین ارتفاع از سطح خاک تا اولین خورجین در پنج بوته تصادفی در هر کرت)، تعداد کپسول در بوته (مجموع تعداد خورجین در ساقه اصلی و تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی)، طول کپسول (از انتهای دمگل تا ابتدای منقار کپسول بر اساس میانگین ۱۰ کپسول تصادفی در پنج بوته تصادفی در هر کرت)، تعداد دانه در کپسول (میانگین تعداد دانه در ۱۰ کپسول تصادفی حاصل از پنج بوته تصادفی در هر کرت)، وزن هزاردانه (جداسازی ۱۰۰۰ دانه به وسیله دستگاه بذر شمار و توزین آن‌ها در ترازوی حساس)، عملکرد دانه (پس از حذف دو خط کناری به‌عنوان اثرات حاشیه، دو خط میانی با استفاده از کمباین مخصوص برداشت آزمایشات اشتایگر برداشت و پس از بوجاری مقدار عملکرد در واحد سطح برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید) و شاخص برداشت (نسبت محصول دانه به وزن ماده خشک اندام هوایی) اندازه‌گیری شدند.

**شاخص‌های نگهداشت بذر:** جهت ارزیابی شاخص‌های نگهداشت بذر هنگامی که گیاه خشک بود، پنج کپسول تصادفی از وسط ناحیه‌ی تشکیل کپسول روی ساقه اصلی در پنج بوته تصادفی به آرامی برداشت و به حالت ایستاده نگه داشته شدند. کپسولی که از غشا باز شده، بسته به مقدار دانه موجود در

## نتایج و بحث

**بررسی میانگین صفات مختلف در والدین و دورگ‌ها:**  
 بررسی میانگین صفات مورد بررسی در والدین نشان داد که رقم اولتان با ۲۲/۶۶ روز دارای کمترین تعداد روز تا گلدهی را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). همچنین، نتاج حاصل از تلاقی مستقیم  $P_6 \times P_7$  با ۲۲/۳۳ روز حائز کمترین تعداد روز تا گلدهی را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در بین نتاج حاصل از تلاقی‌های معکوس نیز تلاقی  $P_6 \times P_5$  با ۲۱/۶۶ روز دارای کمترین تعداد روز تا گلدهی بود (جدول ۵). رقم ناز چندشاخه با داشتن ۶۶/۶۲ روز تا رسیدگی فیزیولوژیک از جمله زودرس‌ترین والد تلاقی بود (جدول ۳). در میان نتاج حاصل از تلاقی‌های مستقیم تلاقی  $P_5 \times P_6$  با ۶۶ روز از جمله زودرس‌ترین دورگ بود (جدول ۴). همچنین، در نتاج حاصل از تلاقی‌های معکوس زودرس‌ترین نتاج از تلاقی  $P_5 \times P_6$  با ۶۲/۳۳ روز تا رسیدگی فیزیولوژیک به دست آمد (جدول ۵). کمترین ارتفاع با ۱۳۹/۴۸ سانتی‌متر در والد  $G.Kara42$  (جدول ۳)، در تلاقی مستقیم  $P_4 \times P_8$  با ارتفاع ۱۴۲/۴۹ سانتی‌متر (جدول ۴) و تلاقی معکوس  $P_8 \times P_5$  با ارتفاع ۱۳۷/۹۹ سانتی‌متر به دست آمد (جدول ۵). از لحاظ صفت ارتفاع کپسول‌بندی کمترین مقدار در والد  $G.Kara18$  به ارتفاع ۵۷/۵۳ سانتی‌متر حاصل شد (جدول ۳). در نتاج حاصل از تلاقی مستقیم و معکوس کمترین ارتفاع کپسول‌بندی به ترتیب در تلاقی  $P_3 \times P_4$  (۵۶۷/۳۳ سانتی‌متر) (جدول ۴) و تلاقی  $P_3 \times P_1$  (۵۶۷/۸۸ سانتی‌متر) (جدول ۵) به دست آمد. بررسی میانگین صفات مورد بررسی در والدین نشان داد که ژنوتیپ  $G.Kara117$  با ۱۱۳/۲۶ عدد بیشترین تعداد کپسول در بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۳). همچنین، نتاج حاصل از تلاقی مستقیم نتایج حاصل از تلاقی  $P_5 \times P_6$  با ۱۱۴/۵۰ عدد بیشترین تعداد کپسول در بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۴). در بین نتاج حاصل از تلاقی‌های معکوس نیز تلاقی  $P_5 \times P_2$  نیز با داشتن ۱۱۴/۸۲ عدد بیشترین مقدار کپسول را داشت (جدول ۵). در بین والدین تلاقی ژنوتیپ  $G.Kara10$  با داشتن ۳/۵۰ سانتی‌متر دارای بیشترین طول کپسول بود (جدول ۳). در میان نتاج حاصل از تلاقی‌های مستقیم تلاقی  $P_1 \times P_7$  با ۳/۵۰

سانتی‌متر طول از جمله دورگ‌هایی با بلندترین طول کپسول بود (جدول ۴). همچنین، در نتاج حاصل از تلاقی‌های معکوس بلندترین طول کپسول از تلاقی  $P_7 \times P_1$  با ۳/۲۵ سانتی‌متر به دست آمد (جدول ۵). بیشترین تعداد دانه در کپسول به تعداد ۹۱/۹۷ عدد در والد  $G.Kara18$  (جدول ۳)، در تلاقی مستقیم  $P_2 \times P_8$  به تعداد ۹۲/۶۰ دانه در کپسول (جدول ۴) و تلاقی معکوس  $P_2 \times P_1$  به تعداد ۹۱/۶۱ دانه در کپسول به دست آمد (جدول ۵). از لحاظ صفت وزن هزاردانه بیشترین مقدار در والد  $G.Kara10$  به وزن ۳/۵۱ گرم حاصل شد (جدول ۳). در نتاج حاصل از تلاقی مستقیم و معکوس بیشترین وزن هزاردانه به ترتیب در تلاقی  $P_1 \times P_4$  (۳/۴۰ گرم) (جدول ۴) و تلاقی  $P_4 \times P_1$  (۳/۶۶ گرم) (جدول ۵) به دست آمد. در بین والدین تلاقی ژنوتیپ  $G.Kara10$  با داشتن ۱۷۸۹/۸۳ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه بود (جدول ۳). در میان نتاج حاصل از تلاقی‌های مستقیم تلاقی  $P_1 \times P_6$  با ۱۷۹۲/۶۷ کیلوگرم در هکتار از جمله دورگ‌هایی با بیشترین عملکرد دانه بود (جدول ۴). همچنین، در نتاج حاصل از تلاقی‌های معکوس بیشترین عملکرد دانه از تلاقی  $P_7 \times P_6$  با ۱۷۵۵/۹۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۵). همچنین در بین والدین بیشترین شاخص برداشت به مقدار ۲۹/۶۶ درصد در ژنوتیپ  $G.Kara10$  (جدول ۳)، در نتاج حاصل از تلاقی مستقیم  $P_1 \times P_8$  به مقدار ۳۱/۳۶ درصد (جدول ۴) و در نتاج حاصل از تلاقی معکوس  $P_3 \times P_2$  به مقدار ۲۶/۴۳ درصد حاصل شد (جدول ۵). به علاوه، در بین والدین تلاقی ژنوتیپ  $G.Kara42$  با داشتن شاخص نگهداشت بذر (TIKETO) ۸۸۰/۳۳ دارای بیشترین مقدار شاخص نگهداشت بذر و در نتیجه بیشترین تحمل به ریزش‌دانه را داشت (جدول ۳). در میان نتاج حاصل از تلاقی‌های مستقیم تلاقی  $P_3 \times P_4$  با شاخص نگهداشت بذر ۸۷۷/۳۳ از جمله بهترین نتاج دورگ متحمل به ریزش‌دانه بود (جدول ۴). همچنین، در نتاج حاصل از تلاقی‌های معکوس بیشترین شاخص نگهداشت بذر از تلاقی  $P_4 \times P_3$  با شاخص ۸۸۱ به دست آمد (جدول ۵). بر اساس تجزیه واریانس (جدول ۶) و مقایسه میانگین‌های تلاقی‌های مستقیم و معکوس اثرات ژنتیکی و سیتوپلاسمی در وراثت صفات آشکار است.

جدول ۳- میانگین صفات والدین کنجد مورد استفاده در دورگ‌گیری

Table 3. The mean of sesame parental traits used in hybridization

والدین Parents	عملکرد										
	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	ارتفاع کیسول (سانتی‌متر) Height to the first capsule (cm)	تعداد کیسول در بوته Number of capsules per plant	طول کیسول (سانتی‌متر) Capsule length (cm)	تعداد در هر کیسول Number of seeds per capsule	وزن هزارانه (گرم) 1000 seed weight (g)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	شاخص بذر (TİKETO)Grain yield (kg.h <sup>-1</sup> )	شاخص بذر (TİKETO)Harvest index (%)
G-KARA10	24.66 <sup>b</sup>	86.00 <sup>a</sup>	174.00 <sup>ab</sup>	79.30 <sup>b</sup>	65.56 <sup>f</sup>	3.50 <sup>a</sup>	87.29 <sup>b</sup>	3.51 <sup>a</sup>	1789.83 <sup>a</sup>	29.66 <sup>a</sup>	700.33 <sup>a</sup>
G-KARA18	26.00 <sup>a</sup>	86.00 <sup>a</sup>	173.05 <sup>b</sup>	57.53 <sup>d</sup>	80.31 <sup>d</sup>	3.00 <sup>b</sup>	91.97 <sup>a</sup>	2.56 <sup>f</sup>	1663.20 <sup>c</sup>	24.57 <sup>b</sup>	700.00 <sup>a</sup>
G-KARA24	24.00 <sup>c</sup>	76.00 <sup>d</sup>	144.01 <sup>c</sup>	57.92 <sup>d</sup>	88.62 <sup>c</sup>	2.500 <sup>c</sup>	67.76 <sup>d</sup>	2.80 <sup>e</sup>	1575.50 <sup>e</sup>	28.30 <sup>a</sup>	743.67 <sup>a</sup>
G-KARA42	19.00 <sup>f</sup>	78.66 <sup>c</sup>	139.48 <sup>f</sup>	58.53 <sup>d</sup>	103.37 <sup>b</sup>	2.500 <sup>c</sup>	66.75 <sup>d</sup>	2.64 <sup>e</sup>	1631.56 <sup>d</sup>	22.64 <sup>c</sup>	670.33 <sup>ab</sup>
G-KARA117	21.66 <sup>d</sup>	84.00 <sup>b</sup>	155.48 <sup>d</sup>	61.67 <sup>c</sup>	113.26 <sup>a</sup>	2.00 <sup>d</sup>	79.62 <sup>c</sup>	2.70 <sup>d</sup>	1272.16 <sup>g</sup>	18.10 <sup>d</sup>	670.33 <sup>ab</sup>
SARDAR	18.00 <sup>g</sup>	70.00 <sup>e</sup>	167.27 <sup>c</sup>	78.19 <sup>b</sup>	82.18 <sup>d</sup>	2.500 <sup>c</sup>	59.11 <sup>f</sup>	2.80 <sup>e</sup>	890.56 <sup>b</sup>	10.13 <sup>f</sup>	596.00 <sup>bc</sup>
OLTAN	20.00 <sup>e</sup>	70.00 <sup>e</sup>	176.96 <sup>a</sup>	82.44 <sup>a</sup>	72.82 <sup>c</sup>	2.500 <sup>c</sup>	63.37 <sup>e</sup>	2.50 <sup>g</sup>	1753.00 <sup>b</sup>	15.03 <sup>c</sup>	519.33 <sup>c</sup>
NAZ	19.00 <sup>f</sup>	70.00 <sup>e</sup>	143.64 <sup>e</sup>	62.86 <sup>c</sup>	102.43 <sup>b</sup>	2.00 <sup>d</sup>	59.61 <sup>f</sup>	3.37 <sup>b</sup>	1520.20 <sup>f</sup>	15.06 <sup>f</sup>	562.67 <sup>c</sup>

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

Means with the same letter in each column are not significantly different from each other.

جدول ۴- میانگین F<sub>1</sub> حاصل از تلاقی‌های مستقیم کنجد

Table 4. the mean of sesame F<sub>1</sub> traits achieved via direct crosses

دورگ‌ها Hybrids	عملکرد										
	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	ارتفاع کیسول (سانتی‌متر) Height to the first capsule (cm)	تعداد کیسول در بوته Number of capsules per plant	طول کیسول (سانتی‌متر) Capsule length (cm)	تعداد در هر کیسول Number of seeds in the capsule	وزن هزارانه (گرم) 1000 seed weight (g)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	شاخص بذر (TİKETO)Grain yield (kg.h <sup>-1</sup> )	شاخص بذر (TİKETO)Harvest index (%)
P1×P2	25.00 <sup>de</sup>	89.00 <sup>a</sup>	166.38 <sup>c-g</sup>	78.43 <sup>ab</sup>	66.00 <sup>f</sup>	3.25 <sup>ab</sup>	87.27 <sup>c</sup>	3.00 <sup>cd</sup>	1791.33 <sup>a</sup>	24.39 <sup>e-h</sup>	766.67 <sup>a</sup>
P1×P3	25.33 <sup>cde</sup>	86.00 <sup>c</sup>	166.22 <sup>c-g</sup>	78.49 <sup>ab</sup>	66.27 <sup>f</sup>	2.91 <sup>cd</sup>	87.31 <sup>c</sup>	3.24 <sup>b</sup>	1789.27 <sup>a</sup>	24.22 <sup>e-i</sup>	710.00 <sup>abc</sup>
P1×P4	24.6 <sup>e</sup>	80.00 <sup>e</sup>	171.35 <sup>bcde</sup>	78.82 <sup>ab</sup>	66.45 <sup>f</sup>	3.25 <sup>ab</sup>	86.80 <sup>c</sup>	3.40 <sup>a</sup>	1789.23 <sup>a</sup>	27.83 <sup>bc</sup>	640.00 <sup>cde</sup>
P1×P5	26.00 <sup>abc</sup>	87.00 <sup>b</sup>	167.01 <sup>c-g</sup>	79.74 <sup>a</sup>	66.04 <sup>f</sup>	3.08 <sup>bc</sup>	87.33 <sup>c</sup>	2.95 <sup>def</sup>	1791.60 <sup>a</sup>	28.27 <sup>b</sup>	703.67 <sup>abc</sup>
P1×P6	25.00 <sup>de</sup>	75.00 <sup>k</sup>	181.16 <sup>ab</sup>	78.82 <sup>ab</sup>	66.59 <sup>f</sup>	3.00 <sup>bcd</sup>	86.63 <sup>c</sup>	3.06 <sup>e</sup>	1792.67 <sup>a</sup>	26.02 <sup>cde</sup>	603.67 <sup>def</sup>
P1×P7	26.33 <sup>ab</sup>	78.00 <sup>g</sup>	179.49 <sup>ab</sup>	78.59 <sup>ab</sup>	66.55 <sup>f</sup>	3.50 <sup>a</sup>	86.60 <sup>c</sup>	2.98 <sup>cde</sup>	1790.10 <sup>a</sup>	25.82 <sup>def</sup>	596.00 <sup>def</sup>
P1×P8	25.00 <sup>de</sup>	78.00 <sup>g</sup>	173.82 <sup>bcd</sup>	78.65 <sup>ab</sup>	66.78 <sup>f</sup>	2.75 <sup>de</sup>	87.26 <sup>c</sup>	3.35 <sup>a</sup>	1789.05 <sup>a</sup>	31.36 <sup>a</sup>	632.67 <sup>cde</sup>
P2×P3	25.33 <sup>cde</sup>	79.00 <sup>f</sup>	157.49 <sup>g-j</sup>	57.79 <sup>fg</sup>	80.83 <sup>d</sup>	2.75 <sup>de</sup>	92.13 <sup>ab</sup>	2.70 <sup>h</sup>	1665.58 <sup>c</sup>	22.87 <sup>hi</sup>	710.33 <sup>abc</sup>
P2×P4	26.66 <sup>a</sup>	77.00 <sup>h</sup>	153.33 <sup>h-k</sup>	57.97 <sup>efg</sup>	81.16 <sup>d</sup>	2.50 <sup>ef</sup>	90.72 <sup>b</sup>	2.50 <sup>jk</sup>	1663.81 <sup>c</sup>	23.17 <sup>hi</sup>	703.67 <sup>abc</sup>
P2×P5	26.33 <sup>ab</sup>	85.00 <sup>d</sup>	153.66 <sup>h-k</sup>	57.16 <sup>g</sup>	79.65 <sup>d</sup>	2.75 <sup>de</sup>	91.75 <sup>ab</sup>	2.43 <sup>k</sup>	1666.02 <sup>c</sup>	24.03 <sup>ghi</sup>	737.00 <sup>ab</sup>
P2×P6	25.33 <sup>cde</sup>	77.00 <sup>h</sup>	152.50 <sup>ij</sup>	57.29 <sup>g</sup>	79.83 <sup>d</sup>	2.75 <sup>de</sup>	91.08 <sup>ab</sup>	2.86 <sup>g</sup>	1656.70 <sup>c</sup>	23.87 <sup>ghi</sup>	703.00 <sup>abc</sup>
P2×P7	25.00 <sup>de</sup>	77.00 <sup>h</sup>	171.66 <sup>b-e</sup>	57.23 <sup>g</sup>	81.33 <sup>d</sup>	3.00 <sup>bcd</sup>	90.50 <sup>b</sup>	2.53 <sup>ij</sup>	1663.22 <sup>c</sup>	22.89 <sup>hi</sup>	592.67 <sup>def</sup>
P2×P8	25.66 <sup>bcd</sup>	76.00 <sup>i</sup>	151.66 <sup>jk</sup>	57.87 <sup>efg</sup>	80.47 <sup>d</sup>	2.75 <sup>de</sup>	92.60 <sup>a</sup>	2.56 <sup>ij</sup>	1661.41 <sup>c</sup>	22.40 <sup>i</sup>	636.00 <sup>cde</sup>
P3×P4	21.00 <sup>h</sup>	76.00 <sup>i</sup>	157.49 <sup>g-j</sup>	56.73 <sup>g</sup>	86.16 <sup>c</sup>	2.00 <sup>g</sup>	67.12 <sup>c</sup>	2.70 <sup>h</sup>	1578.93 <sup>c</sup>	27.78 <sup>bc</sup>	673.67 <sup>bcd</sup>
P3×P5	21.33 <sup>gh</sup>	86.00 <sup>c</sup>	164.16 <sup>e-i</sup>	57.23 <sup>g</sup>	87.33 <sup>c</sup>	2.43 <sup>f</sup>	66.87 <sup>e</sup>	2.52 <sup>ij</sup>	1587.80 <sup>c</sup>	27.00 <sup>bcd</sup>	667.00 <sup>bcd</sup>
P3×P6	22.33 <sup>f</sup>	75.00 <sup>k</sup>	159.00 <sup>f-j</sup>	57.82 <sup>efg</sup>	87.33 <sup>c</sup>	2.75 <sup>de</sup>	67.78 <sup>c</sup>	2.53 <sup>ij</sup>	1578.96 <sup>c</sup>	23.84 <sup>ghi</sup>	637.00 <sup>cde</sup>
P3×P7	21.33 <sup>gh</sup>	74.00 <sup>l</sup>	173.66 <sup>bcd</sup>	57.51 <sup>g</sup>	86.66 <sup>c</sup>	2.50 <sup>ef</sup>	67.66 <sup>c</sup>	3.04 <sup>e</sup>	1578.29 <sup>c</sup>	25.22 <sup>d-g</sup>	562.67 <sup>ef</sup>
P3×P8	21.66 <sup>fgh</sup>	75.00 <sup>k</sup>	164.16 <sup>d-i</sup>	57.66 <sup>fg</sup>	87.01 <sup>c</sup>	2.50 <sup>ef</sup>	66.87 <sup>e</sup>	3.04 <sup>e</sup>	1583.06 <sup>c</sup>	28.47 <sup>b</sup>	663.33 <sup>bcd</sup>
P4×P5	19.66 <sup>i</sup>	86.00 <sup>c</sup>	149.16 <sup>jk</sup>	57.98 <sup>efg</sup>	103.49 <sup>b</sup>	2.25 <sup>fg</sup>	66.63 <sup>e</sup>	2.43 <sup>k</sup>	1625.12 <sup>d</sup>	23.21 <sup>hi</sup>	666.67 <sup>bcd</sup>
P4×P6	19.00 <sup>i</sup>	75.00 <sup>k</sup>	169.99 <sup>b-f</sup>	59.66 <sup>de</sup>	102.49 <sup>b</sup>	2.50 <sup>ef</sup>	66.78 <sup>e</sup>	2.60 <sup>i</sup>	1632.20 <sup>d</sup>	23.45 <sup>ghi</sup>	637.00 <sup>cde</sup>
P4×P7	19.00 <sup>i</sup>	74.00 <sup>l</sup>	181.83 <sup>ab</sup>	60.21 <sup>cd</sup>	101.99 <sup>b</sup>	2.50 <sup>ef</sup>	67.06 <sup>c</sup>	3.15 <sup>b</sup>	1635.12 <sup>d</sup>	22.38 <sup>i</sup>	626.00 <sup>cde</sup>
P4×P8	19.00 <sup>i</sup>	75.33 <sup>j</sup>	142.49 <sup>k</sup>	59.49 <sup>def</sup>	102.66 <sup>b</sup>	2.50 <sup>ef</sup>	66.80 <sup>e</sup>	2.88 <sup>fg</sup>	1628.74 <sup>d</sup>	23.18 <sup>hi</sup>	699.33 <sup>abc</sup>
P5×P6	22.00 <sup>fg</sup>	78.00 <sup>g</sup>	164.99 <sup>d-h</sup>	61.83 <sup>c</sup>	114.50 <sup>a</sup>	2.50 <sup>ef</sup>	79.94 <sup>d</sup>	2.56 <sup>ij</sup>	1272.01 <sup>f</sup>	17.98 <sup>jk</sup>	633.33 <sup>cde</sup>
P5×P7	22.00 <sup>fg</sup>	76.00 <sup>i</sup>	177.33 <sup>abc</sup>	61.16 <sup>cd</sup>	112.49 <sup>a</sup>	2.50 <sup>ef</sup>	78.75 <sup>d</sup>	3.00 <sup>cd</sup>	1266.31 <sup>f</sup>	16.64 <sup>kl</sup>	519.33 <sup>f</sup>
P5×P8	22.00 <sup>fg</sup>	76.00 <sup>i</sup>	175.83 <sup>bcd</sup>	61.83 <sup>c</sup>	113.53 <sup>a</sup>	2.50 <sup>ef</sup>	79.96 <sup>d</sup>	2.56 <sup>ij</sup>	1267.11 <sup>f</sup>	18.63 <sup>j</sup>	562.33 <sup>ef</sup>
P6×P7	17.33 <sup>j</sup>	69.00 <sup>n</sup>	161.16 <sup>e-j</sup>	77.50 <sup>b</sup>	82.32 <sup>d</sup>	3.00 <sup>bcd</sup>	59.56 <sup>g</sup>	2.50 <sup>jk</sup>	897.89 <sup>g</sup>	9.84 <sup>m</sup>	522.33 <sup>f</sup>
P6×P8	16.33 <sup>k</sup>	69.00 <sup>n</sup>	163.99 <sup>d-i</sup>	79.35 <sup>a</sup>	81.16 <sup>d</sup>	2.50 <sup>ef</sup>	58.94 <sup>g</sup>	2.25 <sup>l</sup>	888.69 <sup>g</sup>	9.89 <sup>m</sup>	559.33 <sup>ef</sup>
P7×P8	19.00 <sup>i</sup>	72.00 <sup>m</sup>	188.66 <sup>a</sup>	79.33 <sup>ab</sup>	73.66 <sup>e</sup>	2.50 <sup>ef</sup>	64.12 <sup>f</sup>	2.90 <sup>efg</sup>	1754.47 <sup>b</sup>	15.91 <sup>l</sup>	559.00 <sup>ef</sup>

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. والدین: P1: G.KARA 10, P2: G.KARA18, P3: Naz

چند شاخه: P4: G.KARA42, P5: G.KARA17, P6: سردار, P7: اولتان, P8: Naz چند شاخه

Means with the same letter in each column are not significantly different from each other. Parents: P1: G.KARA 10, P2: G.KARA18, P3: G.KARA24, P4: G.KARA42, P5: G.KARA117, P6: Sardar, P7: Oltan and P8: Naz Chandshakhe

جدول ۵- میانگین صفات نتاج F1 حاصل از تلاقی‌های معکوس کنجد

Table 5. The mean F1 traits achieved via reciprocal crosses

دورگ‌ها Hybrids	روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی Days to physiolo gical maturity	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	کپسول بندی (سانتی- متر) Height to the first capsule (cm)	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	طول کپسول (سانتی‌متر) Capsule length (cm)	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	وزن هزاردانه (گرم) 1000 seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.h <sup>-1</sup> )	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	شاخص نگهداشت بذر (TIKETO)
P2×P1	26.33 <sup>a</sup>	89.00 <sup>a</sup>	173.01 <sup>cdef</sup>	57.82 <sup>k</sup>	79.60 <sup>e</sup>	3.00 <sup>ab</sup>	91.61 <sup>a</sup>	2.68 <sup>ijk</sup>	1662.08 <sup>c</sup>	24.77 <sup>b</sup>	667.00 <sup>c-f</sup>
P3×P1	21.66 <sup>cd</sup>	85.00 <sup>e</sup>	166.33 <sup>e-h</sup>	56.88 <sup>k</sup>	87.67 <sup>d</sup>	2.58 <sup>de</sup>	67.34 <sup>d</sup>	3.40 <sup>b</sup>	1572.54 <sup>c</sup>	26.17 <sup>a</sup>	740.33 <sup>ab</sup>
P3×P2	22.66 <sup>b</sup>	86.00 <sup>b</sup>	154.66 <sup>ijk</sup>	57.18 <sup>k</sup>	86.82 <sup>d</sup>	2.75 <sup>bcd</sup>	67.27 <sup>d</sup>	2.78 <sup>efg</sup>	1578.28 <sup>c</sup>	26.43 <sup>a</sup>	767.00 <sup>a</sup>
P4×P1	17.33 <sup>jk</sup>	76.00 <sup>i</sup>	186.66 <sup>ab</sup>	59.77 <sup>j</sup>	103.16 <sup>b</sup>	2.75 <sup>bcd</sup>	67.00 <sup>d</sup>	3.66 <sup>a</sup>	1626.93 <sup>d</sup>	23.38 <sup>c</sup>	700.00 <sup>abc</sup>
P4×P2	17.00 <sup>k</sup>	75.00 <sup>k</sup>	159.33 <sup>hij</sup>	59.73 <sup>j</sup>	102.32 <sup>b</sup>	2.75 <sup>bcd</sup>	66.51 <sup>d</sup>	2.46 <sup>mn</sup>	1629.86 <sup>d</sup>	23.08 <sup>c</sup>	703.00 <sup>abc</sup>
P4×P3	17.00 <sup>k</sup>	71.00 <sup>o</sup>	162.83 <sup>ghi</sup>	58.00 <sup>k</sup>	103.15 <sup>b</sup>	2.25 <sup>f</sup>	66.43 <sup>d</sup>	2.80 <sup>ghi</sup>	1627.26 <sup>d</sup>	22.19 <sup>c</sup>	673.67 <sup>b-e</sup>
P5×P1	22.00 <sup>bc</sup>	89.00 <sup>a</sup>	153.33 <sup>jk</sup>	60.33 <sup>ij</sup>	114.69 <sup>a</sup>	2.50 <sup>def</sup>	82.26 <sup>b</sup>	2.86 <sup>e-h</sup>	1269.61 <sup>g</sup>	17.72 <sup>de</sup>	667.00 <sup>c-f</sup>
P5×P2	22.33 <sup>bc</sup>	85.00 <sup>e</sup>	139.16 <sup>l</sup>	59.87 <sup>j</sup>	114.82 <sup>a</sup>	2.50 <sup>def</sup>	80.26 <sup>c</sup>	2.40 <sup>mn</sup>	1271.20 <sup>g</sup>	18.35 <sup>d</sup>	529.33 <sup>k</sup>
P5×P3	21.00 <sup>d</sup>	78.00 <sup>i</sup>	174.99 <sup>cde</sup>	60.83 <sup>hij</sup>	113.82 <sup>a</sup>	2.50 <sup>def</sup>	80.94 <sup>bc</sup>	2.85 <sup>fgh</sup>	1267.31 <sup>g</sup>	16.63 <sup>efg</sup>	633.33 <sup>c-h</sup>
P5×P4	21.00 <sup>d</sup>	78.00 <sup>i</sup>	170.16 <sup>d-g</sup>	61.44 <sup>ghi</sup>	113.86 <sup>a</sup>	2.25 <sup>f</sup>	79.24 <sup>c</sup>	2.87 <sup>efg</sup>	1268.31 <sup>g</sup>	17.04 <sup>ef</sup>	670.33 <sup>b-f</sup>
P6×P1	19.00 <sup>efgh</sup>	73.00 <sup>m</sup>	169.16 <sup>efg</sup>	77.84 <sup>d</sup>	80.83 <sup>c</sup>	3.00 <sup>ab</sup>	59.96 <sup>f</sup>	3.38 <sup>bc</sup>	886.14 <sup>h</sup>	9.52 <sup>k</sup>	556.00 <sup>ijk</sup>
P6×P2	19.00 <sup>efgh</sup>	74.00 <sup>l</sup>	152.99 <sup>jk</sup>	77.86 <sup>d</sup>	81.31 <sup>c</sup>	2.75 <sup>bcd</sup>	59.71 <sup>f</sup>	2.43 <sup>mn</sup>	887.08 <sup>h</sup>	10.22 <sup>k</sup>	551.67 <sup>jk</sup>
P6×P3	18.33 <sup>hi</sup>	74.00 <sup>l</sup>	164.16 <sup>efgh</sup>	78.03 <sup>d</sup>	82.15 <sup>c</sup>	2.50 <sup>def</sup>	59.50 <sup>f</sup>	2.50 <sup>lm</sup>	891.94 <sup>h</sup>	9.78 <sup>k</sup>	629.67 <sup>d-h</sup>
P6×P4	18.66 <sup>ghi</sup>	74.00 <sup>l</sup>	158.33 <sup>hij</sup>	77.56 <sup>d</sup>	80.56 <sup>c</sup>	2.50 <sup>def</sup>	58.71 <sup>f</sup>	2.76 <sup>g-j</sup>	892.50 <sup>h</sup>	9.84 <sup>k</sup>	596.33 <sup>g-k</sup>
P6×P5	17.33 <sup>jk</sup>	80.00 <sup>g</sup>	179.95 <sup>bc</sup>	78.67 <sup>d</sup>	80.15 <sup>c</sup>	2.50 <sup>def</sup>	58.77 <sup>f</sup>	2.65 <sup>jk</sup>	893.43 <sup>h</sup>	10.37 <sup>k</sup>	670.33 <sup>b-f</sup>
P7×P1	20.00 <sup>e</sup>	79.00 <sup>h</sup>	192.00 <sup>a</sup>	80.33 <sup>ab</sup>	73.20 <sup>f</sup>	3.25 <sup>a</sup>	64.27 <sup>e</sup>	2.95 <sup>ef</sup>	1751.24 <sup>a</sup>	15.55 <sup>e-j</sup>	593.00 <sup>h-k</sup>
P7×P2	19.33 <sup>efg</sup>	80.00 <sup>g</sup>	173.33 <sup>cdef</sup>	79.83 <sup>bc</sup>	72.99 <sup>f</sup>	3.00 <sup>ab</sup>	63.87 <sup>e</sup>	2.46 <sup>mn</sup>	1754.01 <sup>a</sup>	15.53 <sup>e-j</sup>	666.33 <sup>c-g</sup>
P7×P3	19.66 <sup>ef</sup>	78.00 <sup>i</sup>	194.16 <sup>a</sup>	79.66 <sup>bc</sup>	72.82 <sup>f</sup>	2.50 <sup>def</sup>	63.95 <sup>e</sup>	2.75 <sup>hij</sup>	1726.74 <sup>b</sup>	15.36 <sup>hij</sup>	667.00 <sup>c-f</sup>
P7×P4	20.00 <sup>e</sup>	78.00 <sup>i</sup>	194.99 <sup>a</sup>	80.32 <sup>ab</sup>	73.16 <sup>f</sup>	2.93 <sup>bc</sup>	64.24 <sup>e</sup>	2.76 <sup>g-j</sup>	1750.18 <sup>a</sup>	16.08 <sup>f-i</sup>	603.67 <sup>e-j</sup>
P7×P5	19.33 <sup>efg</sup>	84.00 <sup>d</sup>	172.16 <sup>c-g</sup>	81.33 <sup>a</sup>	72.96 <sup>f</sup>	2.50 <sup>def</sup>	63.44 <sup>e</sup>	2.35 <sup>n</sup>	1754.57 <sup>a</sup>	15.51 <sup>e-j</sup>	670.33 <sup>b-e</sup>
P7×P6	18.66 <sup>ghi</sup>	72.00 <sup>n</sup>	172.16 <sup>c-g</sup>	81.33 <sup>a</sup>	72.53 <sup>f</sup>	2.75 <sup>bcd</sup>	63.63 <sup>e</sup>	2.41 <sup>mn</sup>	1755.96 <sup>a</sup>	15.37 <sup>hij</sup>	603.33 <sup>f-j</sup>
P8×P1	20.00 <sup>e</sup>	79.00 <sup>h</sup>	159.17 <sup>hij</sup>	62.66 <sup>efg</sup>	96.32 <sup>e</sup>	2.66 <sup>cde</sup>	59.36 <sup>f</sup>	3.27 <sup>c</sup>	1515.76 <sup>f</sup>	14.87 <sup>ij</sup>	626.00 <sup>d-i</sup>
P8×P2	19.66 <sup>ef</sup>	81.00 <sup>f</sup>	178.66 <sup>bcd</sup>	63.90 <sup>e</sup>	101.99 <sup>b</sup>	2.50 <sup>def</sup>	59.15 <sup>f</sup>	2.78 <sup>ghi</sup>	1523.21 <sup>f</sup>	16.22 <sup>fgh</sup>	703.00 <sup>abc</sup>
P8×P3	19.00 <sup>efgh</sup>	75.00 <sup>k</sup>	142.33 <sup>l</sup>	62.90 <sup>ef</sup>	100.94 <sup>b</sup>	2.26 <sup>f</sup>	58.82 <sup>f</sup>	2.97 <sup>c</sup>	1517.13 <sup>f</sup>	15.64 <sup>e-j</sup>	677.00 <sup>bcd</sup>
P8×P4	19.00 <sup>efgh</sup>	75.00 <sup>k</sup>	146.33 <sup>kl</sup>	62.07 <sup>efgh</sup>	101.34 <sup>b</sup>	2.40 <sup>f</sup>	59.66 <sup>f</sup>	2.80 <sup>ghi</sup>	1514.43 <sup>f</sup>	14.40 <sup>j</sup>	603.67 <sup>e-j</sup>
P8×P5	19.00 <sup>efgh</sup>	83.00 <sup>e</sup>	137.99 <sup>l</sup>	63.16 <sup>ef</sup>	102.65 <sup>b</sup>	2.40 <sup>ef</sup>	59.58 <sup>f</sup>	2.60 <sup>kl</sup>	1519.77 <sup>f</sup>	14.72 <sup>j</sup>	670.33 <sup>b-f</sup>
P8×P6	18.66 <sup>ghi</sup>	72.00 <sup>n</sup>	153.34 <sup>jk</sup>	62.83 <sup>ef</sup>	101.66 <sup>b</sup>	2.50 <sup>def</sup>	59.27 <sup>f</sup>	2.71 <sup>ijk</sup>	1517.15 <sup>f</sup>	14.80 <sup>j</sup>	607.00 <sup>d-j</sup>
P8×P7	18.00 <sup>ghi</sup>	72.00 <sup>n</sup>	157.49 <sup>hij</sup>	63.83 <sup>e</sup>	100.84 <sup>b</sup>	2.50 <sup>def</sup>	60.03 <sup>f</sup>	3.13 <sup>d</sup>	1521.84 <sup>f</sup>	15.29 <sup>hij</sup>	552.67 <sup>jk</sup>

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. والدین: P1: G.KARA 10, P2: G.KARA18, P3: G.KARA24, P4: G.KARA42, P5: G.KARA17, P6: Sardar, P7: Oltan, P8: Naz چند شاخه

Means with the same letter in each column are not significantly different from each other. Parents: P1: G.KARA 10, P2: G.KARA18, P3: G.KARA24, P4: G.KARA42, P5: G.KARA117, P6: Sardar, P7: Oltan and P8: Naz Chandshakhe

بهره‌برداری صفات مختلف در افزایش عملکرد اقتصادی، اطلاع از قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی صفات والدین و نحوه عمل ژن‌های مرتبط بسیار حائز اهمیت است (Gami *et al.*, 2020; Kumar *et al.*, 2012). در این مطالعه، میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی، برای تمامی صفات در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶)، که این موضوع بیانگر نقش بارز ژن‌هایی با اثرات افزایشی در کنترل وراثت‌پذیری صفات مورد مطالعه می‌باشد. معنی‌دار شدن میانگین مربعات ترکیب‌پذیری عمومی بیانگر توانایی برخی ژنوتیپ‌ها در انتقال صفت هدف به نتاج نسل اول در شرایط محیطی مختلف می‌باشد. این پارامتر ژنتیکی یکی از مهم‌ترین ابزارهایی است که به‌نژادگر می‌تواند با استفاده از آن والدینی را انتخاب کند

تجزیه واریانس: نتایج تجزیه واریانس دای‌آل به روش گریفینگ نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر همه صفات از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند (جدول ۶) که این بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین والدین جهت کاربرد آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی کنجد می‌باشد (Abd El-Kader *et al.*, 2017; Abd Elaziz and Ghareeb, 2018; Payghamzadeh and Amiri Oghan, 2022). بهره‌برداری از تنوع ژنتیکی موجود در بین ژنوتیپ‌های کنجد یکی از مهم‌ترین شیوه‌ها در بهبود ژنتیکی مهم‌ترین صفات از جمله عملکرد دانه می‌باشد. گزارش‌های متنوعی در مورد سودمندی تلاقی بین ژنوتیپ‌های مختلف کنجد وجود دارد (Gami *et al.*, 2020; Suganthi *et al.*, 2018).

صفات ارتفاع کپسول‌بندی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه و شاخص نگهداشت بذر (TIKETO) معنی‌دار نبود (جدول ۶). عدم معنی‌داری میانگین مربعات SCA صفات فوق بیانگر این موضوع است که هیبریدهای اختصاصی حاصل از تلاقی والدین با ویژگی خاص منجر به بهبود آن صفت در هیبریدها نخواهد شد. به عبارتی دیگر عدم معنی‌داری SCA که بیانگر اثرات غیرافزایشی عمل ژن‌ها است و منجر به ایجاد هتروزیس یا برتری هیبریدها می‌گردد در والدین تلاقی‌های منحصراً به فرد وجود ندارد و در نتیجه عکس‌العمل ژنتیکی والدین تلاقی‌های اختصاصی منجر به بهبود کارایی هیبریدها یا نتایج نسل F<sub>1</sub>ها نخواهد شد (Selvam and Elangaimannan, 2010; Kalhoro et al., 2015). تحت این شرایط برای بهبود صفت هدف به‌نژادگر می‌بایستی در برنامه اصلاحی آینده منابع ژنتیکی والدینی دیگر را انتخاب کند و یا این‌که بیشتر بر روی GCA که بیانگر میانگین کارایی والدین در تلاقی‌های مختلف است تمرکز کند. تمرکز بر GCA منجر به انتخاب لاین‌های والدینی بهتر برای اجرای برنامه به‌نژادی بعدی خواهد شد (Hassan et al., 2018). عدم معنی‌داری قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی صفات فوق‌الاشاره از یک طرف و نیز معنی‌دار بودن قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی آن‌ها بیانگر اهمیت نحوه عمل افزایشی ژن‌های کنترل‌کننده در توارث صفات مذکور می‌باشد. برخی محققین گزارش کردند که قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی در بهبود تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه و عملکرد دانه نقش بسزایی ایفاء می‌کند به‌طوری‌که نتایج ما با نتایج گزارش شده توسط آن‌ها مغایرت دارد (Hassan and Sedeck, 2015; Azeez and Morakinyo, 2014; Gore et al., 2024). گزارش‌های متعددی درباره اثرات غیرمعنی‌دار SCA بر عملکرد و اجزای آن در گیاهان دانه روغنی گزارش شده است (Si et al., 2022; Arvin et al., 2012). احمد و آدام (Ahmed and Adam, 2014) گزارش کرد که قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی برای همه تلاقی‌ها معنی‌دار نیست و این پارامتر ژنتیکی در زمان و مکان‌ها مختلف اثرات متفاوتی بر روی عملکرد و اجزای آن دارد. رایکووار (Raikwar, 2018) و راجپوت و همکاران (Rajput et al., 2017) نیز گزارش کردند که هرچند واریانس SCA برای اغلب صفات معنی‌دار بود اما تلاقی‌ها ویژه‌ای همیشه اثرات

که قابلیت انتقال صفات مختلف با قابلیت بالا به هیبریدهای نسل بعدی را داشته باشند (Gore et al., 2024). همچنین، با معنی‌دار بودن این پارامتر ژنتیکی به‌نژادگر می‌بایستی بر اساس ماهیت صفات و هدف برنامه به‌نژادی والدینی را انتخاب کند که منجر به تولید نتایج شونده که حائز صفات هدف باشند. به‌عنوان مثال، زودرسی در کنجد متحمل به ریزش‌دانه یکی از مهم‌ترین اهداف تحقیقاتی است، بنابراین انتخاب والدینی با مقدار ترکیب‌پذیری عمومی کمتر برای این صفت در اصلاح کنجد متحمل به ریزش‌دانه موثرتر باشد (Pawar and Monpara, 2016; Nehra et al., 2023). در این زمینه نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش شده است (Hassan and Sedeck, 2015; Gore et al., 2024; Kumari et al., 2015; Deshmukh et al., 2019; Mahmoud et al., 2024). هرچند در پژوهش حاضر میانگین مربعات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی، برای همه صفات از لحاظ آماری معنی‌دار بود، اما در برخی تحقیقات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی که بیانگر عمل افزایشی ژن‌ها می‌باشد یکی از مهم‌ترین پارامتر ژنتیکی برای بهبودی صفاتی مانند شروع گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی (Hassan and Sedeck, 2015; Gore et al., 2016; Mohammadi and Roustae, 2024)، ارتفاع کپسول‌بندی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه (Kumari et al., 2015; Deshmukh et al., 2019; Pawar and Monpara, 2016; Mahmoud et al., 2024) گزارش شده است. اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی برای برخی صفات از جمله تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، طول کپسول، وزن هزاردانه، شاخص برداشت در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶) به‌گونه‌ای که این نتایج بیانگر تاثیر اثرات غیرافزایشی عمل ژن‌ها مرتبط در کنترل آن صفات می‌باشد. در پژوهش کنونی، با توجه به این‌که قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای صفات گلدهی، رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، طول کپسول، وزن هزاردانه، شاخص برداشت به‌طور هم‌زمان معنی‌دار بود، که بیانگر اهمیت هر دو عمل افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل صفات فوق می‌باشد. نتایج مشابهی توسط احمد و آدام (Ahmed and Adam, 2014) و رایکووار (Raikwar, 2018) گزارش شده است. میانگین مربعات قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی برای

بهبود می‌بخشد. نسبت بیکر بیشتر از عدد یک بیانگر اثرات افزایشی ژن‌ها است بگونه‌ای که انتخاب جمعیت بر اساس صفاتی که دارای نسبت بیکر بیشتر از عدد یک باشد بسیار مؤثر خواهد بود. برعکس، نسبت بیکر کمتر از یک نشان دهنده اهمیت بیشتر اثرات غیرافزایشی یا به عبارتی اهمیت نقش هتروزیس یا قدرت هیبرید در توارث آن صفات می‌باشد (Darvishzadeh *et al.*, 2011; Chikuta *et al.*, 2017; Datta *et al.*, 2024). نسبت بیکر برای صفاتی مانند ارتفاع کپسول‌بندی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه بیشتر از عدد یک بود (جدول ۷). نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که برای اصلاح جمعیت‌های در حال تفرق کنجد حاصل از تلاقی والدین مورد استفاده در تلاقی با عملکرد بالا، تمرکز بر انتخاب صفات متأثر از اثرات افزایشی مانند صفات فوق‌الاشاره منجر به ایجاد لاین‌هایی با عملکرد بالاتر خواهد شد. نسبت بیکر سایر صفات مانند شروع گلدهی، رسیدگی فیزیولوژیک، طول کپسول، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و شاخص نگهداشت بذر کمتر از عدد یک بود (جدول ۷)؛ بنابراین با توجه به تاثیر بارز اثرات غیرافزایشی در کنترل این صفات و نیز با هدف بهبود صفات فوق در جمعیت روش‌های اصلاحی مبتنی بر هتروزیس توصیه می‌گردد. این نتایج با گزارش سایر محققین نیز بر روی گیاه کلزا مطابقت دارد (Payghamzadeh and Amiri Oghan, 2022). وراثت‌پذیری عمومی در تمامی صفات مورد مطالعه مقدار بالایی بود و از ۰/۸۸ تا ۰/۹۸ متغیر بود. وراثت‌پذیری خصوصی نیز بغیر از صفات ارتفاع بوته (۰/۳۴) و شاخص ریزش‌دانه (۰/۲۶) برای سایر صفات بالا و از ۰/۵۰ تا ۰/۹۸ متغیر بود. این نتایج بیانگر تاثیر اثرات واریانس افزایشی و غیرافزایشی در جمعیت مورد بررسی بود. به‌طور کلی مقادیر کمتر وراثت‌پذیری خصوصی ممکن است به دلیل نقش اثر غیرافزایشی ژن‌ها یا آثار محیطی در تنوع صفات باشد (Sepahi and Heidari, 2016).

**برآورد اثرات ترکیب‌پذیری:** برآورد مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی صفات مختلف برای تعیین بهترین والد تلاقی‌ها نشان داد، والدا دارای ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار مثبت یا منفی بودند (جدول ۸). در کنجد صفت گلدهی یکی از مهم‌ترین صفات اصلاحی می‌باشد. ژنوتیپ‌هایی با صفت گلدهی زودتر فرصت بیشتری برای تولید اندام‌های زایشی،

SCA بالایی برای عملکرد نشان نمی‌دهند که این موضوع بیانگر اثرات متفاوت SCA بر روی صفات مرتبط با عملکرد است. در این پژوهش میانگین مربعات تلاقی معکوس برای همه صفات در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). معنی‌داری مقادیر میانگین مربعات اثرات معکوس نشان‌دهنده ماهیت اثرات سیتوپلاسمی والدین مادری یا سایر اثرات مرتبط با سیتوپلاسم مادری می‌باشد (Norouzi *et al.*, 2021; Rashid *et al.*, 2007). معنی‌داری اثرات تلاقی معکوس به این معنی است که صفات مختلف در نتاج با تغییر والد گرده‌دهنده تغییر خواهند کرد.

**برآورد پارامترهای ژنتیکی:** طبق نتایج به‌دست آمده، مقادیر واریانس ترکیب‌پذیری عمومی برای تمامی صفات به غیر از صفات وزن هزاردانه، طول کپسول بیشتر بود (جدول ۷). مقادیر بیشتر واریانس GCA بیانگر عمل افزایشی ژن‌های کنترل کننده صفات است به‌طوری‌که این موضوع نشان می‌دهد ابتدا صفات تحت تاثیر اثرات تجمعی آلل‌های والدین قرار می‌گیرند؛ بنابراین، برای این قبیل صفات انتخاب بر اساس GCA تاثیر بسزایی در اصلاح آن‌ها خواهند داشت (Parveen *et al.*, 2018). مقادیر واریانس SCA نیز بغیر از صفات شروع گلدهی، رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته و شاخص TIKETO در سایر صفات مورد بررسی کمتر بود (جدول ۷). واریانس افزایشی در مقایسه با واریانس غالبیت در تمامی صفات مورد بررسی بغیر از ارتفاع بوته و شاخص TIKETO بیشتر بود. به‌علاوه، نسبت واریانس افزایشی به واریانس غالبیت که بیانگر نحوه عمل ژن می‌باشد برای همه صفات بغیر از ارتفاع بوته و شاخص TIKETO بیشتر از عدد یک بود (جدول ۷). این نتایج بیانگر اثرات افزایشی ژن‌ها در کنترل همه صفات به‌غیر از ارتفاع بوته و شاخص TIKETO است. نسبت غالبیت که بیانگر نحوه کنترل ژنتیکی صفات مختلف است نشان داد که همه صفات بغیر از شروع گلدهی، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و TIKETO با داشتن نسبت غالبیت کمتر از عدد یک تحت کنترل اثرات افزایشی ژن‌ها می‌باشند (جدول ۷). نسبت بیکر یکی از پارامترهای ژنتیکی مهم برای بررسی اهمیت نسبی اثرات ژنتیکی افزایشی در مقابل اثرات ژنتیکی غیرافزایشی در توارث صفات است که به‌نژادگر به‌وسیله آن صفات حائز اهمیت در جمعیت‌های گیاهی را اصلاح و

تلاقی‌های مستقیم و معکوس والدین منحصر به فرد از طریق کنترل ژنتیکی و سیتوپلاسمی است. این نتایج با نتایج گزارش شده توسط احمد و آدام (Ahmed and Adam, 2014) مطابقت دارد. آن‌ها گزارش کردند که نتاج حاصل از تلاقی‌های مستقیم و معکوس دارای اثرات ترکیب‌پذیری متفاوتی هستند. در برخی موارد بعضی از هیبریدها به‌طور همزمان دارای ترکیب‌پذیری خصوصی و معکوس بالایی هستند که این موضوع بیانگر اهمیت هر دو والد در کارایی نتاج هیبرید حاصل می‌باشد. با توجه به این موضوع، این نتایج با نتایج گزارش شده توسط فاتح و همکاران (Fatteh *et al.*, 1982) مغایرت دارد. صفت رسیدگی فیزیولوژیک در کنجد از منظر دستیابی به بذور با کیفیت بالا (Lisboa *et al.*, 2016)، رسیدگی یکنواخت و برداشت همزمان (Grichar *et al.*, 2020)، عملکرد مناسب (Meena and Rao, 2013) و غیره حائز اهمیت فراوانی است. با توجه به رخداد تنش‌های محیطی از جمله تنش رطوبتی و حرارتی، صفت زودرسی یکی از مهم‌ترین اهداف اصلاح کنجد به‌شمار می‌آید؛ بنابراین، در برنامه‌های دورگ‌گیری می‌بایست در انتخاب والدین زودرس‌تر که دارای قابلیت انتقال پایین صفت دیررسی و انتقال بالای صفت زودرسی هستند تلاش نمود. در این پژوهش، هر چند رقم ناز چندشاخه (P<sub>8</sub>) دارای کمترین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بود (۶۲/۶۶ روز) اما این رقم با داشتن کمترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی (۳/۲۷-) قابلیت انتقال این صفت را نداشت. از بین والدین تلاقی دای‌آل، لاین‌های G.Kara24 (P<sub>3</sub>) و G.Kara42 (P<sub>4</sub>) به ترتیب با میانگین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ۷۴/۶۶ روز و ۷۴/۳۳ روز دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بودند (جدول ۸). والدین مذکور از طریق عمل افزایشی ژن‌های دخیل در زودرسی پتانسیل زیادی در ایجاد ژنوتیپ‌های زودرس خواهند داشت (Ahmed and Adam, 2014). روند مشابهی در تلاقی‌های مستقیم و معکوس حاصل شد، به‌گونه‌ای که نتاج زودرس حاصل از تلاقی‌های اختصاصی مستقیم و معکوس قابلیت انتقال صفت زودرسی معنی‌داری نداشتند و یا این‌که دارای قابلیت ترکیب‌پذیری منفی و پایین‌تری داشتند. از بین تلاقی‌های مستقیم تلاقی G.Kara18×Oltan (P<sub>2</sub>×P<sub>7</sub>) با میانگین ۶۸/۶۶ روز تا رسیدگی فیزیولوژیک دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری

تشکیل خورجین، دانه و تجمع روغن در طی فصل رشد و نمو خواهند داشت؛ بنابراین، انتخاب والدین با صفت گلدهی زودتر در اصلاح کنجد حائز اهمیت فراوانی است. با توجه به این توضیحات آشکار است که والدین با کمترین مقدار روز تا گلدهی که قابلیت توانایی بالایی در انتقال این صفت به نسل بعد را دارند به‌عنوان والد برتر برای اصلاح این صفت انتخاب شوند. در این مطالعه در بین هشت والد مورد بررسی رقم اولتان (والد P<sub>7</sub>) با میانگین ۲۲/۶۶ روز دارای کمترین تعداد روز تا شروع گلدهی را داشت، اما نتایج بررسی ترکیب‌پذیری نشان داد که این رقم با داشتن ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار ۱/۳۲- قادر به اشتراک این صفات در تلاقی با سایر والدین نیست و از این منظر از جمله والدین مناسب برای اصلاح صفت زود گلدهی به‌شمار نمی‌آید. با توجه به توضیحات فوق از بین ژنوتیپ‌های والدینی رقم ناز چندشاخه (P<sub>8</sub>) و ژنوتیپ G.Kara117 (P<sub>5</sub>) دارای میانگین تعداد روز تا شروع گلدهی مناسب و نیز ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌داری داشتند (جدول ۳ و ۸). همچنین، هرچند کمترین تعداد روز تا شروع گلدهی (۲۲/۳۳ روز) در تلاقی اختصاصی Sardar×Oltan (P<sub>6</sub>×P<sub>7</sub>) حاصل شد، اما با توجه به عدم معنی‌دار بودن ترکیب‌پذیری عمومی تلاقی اختصاصی فوق تلاش برای اصلاح صفت زودگلدهی با استفاده از آن تلاقی موفقیت آمیز نخواهد بود. با بررسی میانگین داده‌ها و مقادیر ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌های اختصاصی، مناسب‌ترین تلاقی برای اصلاح این صفت تلاقی ژنوتیپ‌های G.Kara24×G.Kara117 (P<sub>3</sub>×P<sub>5</sub>) با مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار ۱/۲۳ بود (جدول ۹). به‌علاوه، در تلاقی‌های معکوس نیز کمترین میانگین تعداد روز تا شروع گلدهی در تلاقی Sardar×G.Kara117 (P<sub>6</sub>×P<sub>5</sub>)، Oltan×G.Kara18 (P<sub>7</sub>×P<sub>2</sub>) و Sardar×G.Kara18 (P<sub>6</sub>×P<sub>2</sub>) به ترتیب با مقادیر ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار ۲/۵۰، ۲/۶۶ و ۳ که بالاتر از سایر تلاقی‌های معکوس بود، حاصل گردید (جدول ۱۰). همان‌گونه که مشاهده شد والدینی که دارای ترکیب‌پذیری عمومی بالایی هستند همیشه دارای ترکیب‌پذیری خصوصی و معکوس خوبی برای اصلاح صفت مورد نظر نیستند. معنی‌دار بودن ترکیب‌پذیری خصوصی و معکوس بیانگر بهبود صفات مورد هدف در

از تلاقی‌های اختصاصی مستقیم آشکار شد که از تلاقی‌های مستقیم  $G.Kara18 \times NazChanShakhae (P_2 \times P_8)$ ، نتایج با ارتفاع بوته مناسب (۱۵۱/۶۶ سانتی‌متر) و قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌دار و مثبت (۱۰/۸۵) خوبی به‌دست آمد (جدول ۹). در تلاقی معکوس  $NazChanShakhae \times G.Kara17 (P_8 \times P_3)$  کمترین ارتفاع بوته (۱۳۷/۹۹ سانتی‌متر) با بیشترین مقدار قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس مثبت و معنی‌دار (۱۸/۹۲) به‌دست آمد (جدول ۱۰). نتایج تحقیقات متعددی بیانگر تأثیر هر دو اثرات واریانس افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل ارتفاع بوته کنگد بویژه در توسعه هیبریدها می‌باشد (Parameshwarappa, 2017; Jeeva et al., 2020; Fasahat et al., 2016). ارتفاع کپسول‌بندی یکی از مهم‌ترین صفات تأثیرگذار بر نحوه توزیع کپسول‌ها در بوته، برداشت مکانیزه، عملکرد دانه و راهبردهای اصلاحی مرتبط است (Yol et al., 2010; Kante et al., 2022). بررسی میانگین داده‌های مرتبط با والدین تلاقی نشان داد که ارتفاع کپسول‌بندی از ۵۷/۵۳ تا ۸۸/۴۴ سانتی‌متر متغیر بود (جدول ۳). با توجه به این‌که در برداشت مکانیزه مناسب‌ترین ارتفاع کپسول‌بندی ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد و با عنایت به میانگین داده‌های ارتفاع کپسول‌بندی والدین تلاقی، بهتر است والدینی که توانایی انتقال ارتفاع پاکوتاهی را دارند انتخاب شوند (Georgiev et al., 2008). بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی والدین تلاقی نشان داد که والدین با ارتفاع کپسول‌بندی کمتر قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی پایین‌تری داشتند. به‌عنوان مثال، کمترین ارتفاع کپسول‌بندی (۵۷/۵۳ سانتی‌متر) در ژنوتیپ  $G.Kara18 (P_2)$  با قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار ۴/۷۹- مشاهده شد (جدول ۳ و ۸) و بیشترین ارتفاع کپسول‌بندی (۸۲/۴۴ سانتی‌متر) در رقم اولتان ( $P_7$ ) با قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار ۹/۹۶ حاصل شد (جدول ۳ و ۸). قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌دار نبود (جدول ۹) و با نتایج گزارش شده توسط (Mahmoud et al., 2024) مغایرت دارد. همچنین، بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس مثبت و معنی‌دار به مقدار ۱۰/۸۰ با ارتفاع کپسول‌بندی ۵۶/۸۸ سانتی‌متر از تلاقی معکوس  $G.Kara24 \times G.Kara10 (P_3 \times P_1)$  حاصل شد (جدول ۳، ۹ و ۱۰). اطلاعات زیادی در مورد قابلیت ترکیب‌پذیری

خصوصی مثبت و معنی‌دار (۱/۳۱) در سطح احتمال آماری یک درصد را داشت (جدول ۹). در پژوهش‌های مختلف اثرات ترکیب‌پذیری خصوصی معنی‌داری که ناشی از نقش بارز اثرات غیرافزایشی ژن‌ها است از طریق ایجاد تلاقی‌های مختلف گزارش شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد (Anyanga et al., 2016). نتایج این پژوهش نشان داد که قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس برای صفت رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس بیانگر اثرات بارز هر دو والد تلاقی بر روی صفات هیبریدهای حاصل است. تلاقی معکوس  $NazChanShakhae \times G.Kara24 (P_8 \times P_3)$  با میانگین ۶۴/۳۱ روز تا رسیدگی فیزیولوژیک دارای بیشترین ترکیب‌پذیری معکوس بود (جدول ۱۰). با تجزیه و تحلیل قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس همراه با قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس عمومی و خصوصی می‌توان والدینی انتخاب کرد که واکنش مناسبی تحت شرایط محیطی مختلف از خود نشان دهند (Fasahat et al., 2016).

اصلاح برای ارتفاع بوته کنگد به دلایل مختلف از جمله توزین مناسب شاخه‌ها و کپسول‌ها بر روی آن، تحمل به خوابیدگی، رقابت برای جذب نور و توزیع مناسب آن داخل کانوپی گیاه، رقابت با علف‌های هرز، تسهیل در عملیات برداشت و نهایتاً دستیابی به عملکرد مناسب از جمله مهم‌ترین اهداف تحقیقاتی کنگد می‌باشد (Khairnar and Monpara, 2013; Akbar et al., 2011). با علم به ساختار ژنتیکی ارتفاع بوته و اصلاح آن می‌توان ژنوتیپ‌هایی را ایجاد کرد که برای کاشت در مناطقی با شرایط اختصاصی سازگاری و پایداری عملکرد بالایی دارند (Rani et al., 2015). بررسی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی ژنوتیپ‌های والد مادری نشان داد که ژنوتیپ‌هایی با ارتفاع کمتر قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی پایین‌تری داشتند، بگونه‌ای که رقم اولتان ( $P_7$ ) با ارتفاع ۱۷۶/۹۶ سانتی‌متر دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (۱۲/۸۷) بود (جدول ۸). هرچند تلاقی  $G.Kara42 \times NazChanShakhae (P_4 \times P_8)$  نتایج با ارتفاع بوته پایین‌تر (۱۴۲/۴۹ سانتی‌متر) حاصل داد اما با توجه به قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی منفی و معنی‌دار (۹/۸۶-)، تلاقی اختصاصی فوق برای اصلاح صفت ارتفاع بوته مناسب نمی‌باشد. با بررسی میانگین ارتفاع بوته نتایج حاصل

معکوس ارتفاع کپسول‌بندی در دسترس نیست و در بیشتر گزارشات اهمیت نقش هر دو اثرات افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل صفت ارتفاع کپسول‌بندی مهم گزارش شده است (Saleem *et al.*, 2023). اجزای عملکرد مانند تعداد کپسول در بوته، طول کپسول، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه از جمله مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد دانه در کنجد می‌باشد (Umamaheswari *et al.*, 2024; Mohanty *et al.*, 2020)؛ بنابراین، کسب اطلاعات ژنتیکی لازم در راستای بهبود صفات مرتبط با اجزای عملکرد از طریق روش‌های اصلاحی و مدیریت زراعی به‌طور معنی‌داری منجر به افزایش عملکرد دانه کنجد خواهد شد. بررسی داده‌ها نشان داد که والد G.Kara117 (P<sub>5</sub>) با میانگین ۱۱۳/۲۶ کپسول در بوته دارای بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی معنی‌دار و مثبت را داشت (جدول ۳ و ۸). قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌های اختصاصی غالباً منفی و غیر معنی‌دار بود (جدول ۹). هرچند در تلاقی معکوس والدین G.Kara117×G.Kara18 (P<sub>5</sub>×P<sub>2</sub>) بیشترین میانگین تعداد کپسول در بوته (۱۱۴/۸۲ عدد) حاصل شد، اما قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس تلاقی معکوس والدین فوق منفی و معنی‌دار (-۱۷/۵۸) بود. بر اساس دو پارامتر تعداد کپسول در بوته و مقدار قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس، تلاقی‌های معکوس والدین Sardar×G.Kara117 (P<sub>6</sub>×P<sub>5</sub>) با ۸۰/۱۵ کپسول در بوته و قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس مثبت و معنی‌دار (۱۷/۱۷) و والدین Oltan×G.Kara117 (P<sub>7</sub>×P<sub>5</sub>) با ۷۲/۹۶ کپسول در بوته و قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس مثبت و معنی‌دار (۱۹/۷۶) از جمله مناسب‌ترین والدین شناخته شدند (جدول ۵ و ۱۰). بیشترین طول کپسول (۳/۵۰ سانتی‌متر) همراه با بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار (۰/۳۸) در والد G.Kara10 (P<sub>1</sub>) حاصل شد (جدول ۳ و ۸). به‌علاوه، بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار از تلاقی G.Kara10×Oltan (P<sub>1</sub>×P<sub>7</sub>) با ۳/۵۰ سانتی‌متر طول کپسول حاصل شد (جدول ۴ و ۹). در تلاقی معکوس والدین Oltan×G.Kara10 (P<sub>7</sub>×P<sub>1</sub>) بیشترین میانگین طول کپسول (۳/۲۵ عدد) حاصل شد، اما قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس تلاقی والدین فوق معنی‌دار نبود. بر اساس دو پارامتر طول کپسول و مقدار قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس، تلاقی‌های

معکوس والدین G.Kara42×G.Kara10 (P<sub>4</sub>×P<sub>1</sub>) با ۲/۷۵ سانتی‌متر طول کپسول و قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس مثبت و معنی‌دار (۰/۲۵) و والدین G.Kara117×G.Kara10 (P<sub>5</sub>×P<sub>1</sub>) با ۲/۵۰ سانتی‌متر طول کپسول و قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس مثبت و معنی‌دار (۰/۲۹) از جمله مناسب‌ترین والدین شناخته شدند (جدول ۵ و ۱۰). بیشترین تعداد دانه در کپسول به مقدار ۹۱/۹۷ عدد همراه بیشترین مقدار قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار (۹/۸۵) در والد G.Kara18 (P<sub>2</sub>) بدست آمد (جدول ۳ و ۸). برای صفت تعداد دانه در کپسول قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌های اختصاصی غالباً منفی یا غیر معنی‌دار بود (جدول ۹). بررسی داده‌های مرتبط با قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس نشان داد تلاقی‌های معکوسی که دارای میانگین تعداد دانه در کپسول بالایی دارند دارای قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس غیر معنی‌دار، پایین یا منفی بودند. به‌عنوان مثال، بیشترین تعداد دانه در کپسول به تعداد ۹۱/۶۱ عدد در دورگ‌های حاصل از تلاقی G.Kara18×G.Kara10 به‌دست آمد به‌گونه‌ای که قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس آن منفی و معنی‌دار بود. بر این اساس، تلاقی‌های معکوس والدین G.Kara24×G.Kara18 (P<sub>3</sub>×P<sub>2</sub>) با ۶۷/۲۷ دانه در کپسول و قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس مثبت و معنی‌دار (۱۲/۴۳) و والدین NazChanShakhae×G.Kara18 (P<sub>8</sub>×P<sub>2</sub>) با ۵۹/۱۵ دانه در کپسول و قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس مثبت و معنی‌دار (۱۶/۷۳) از جمله مناسب‌ترین والدین برای اصلاح این صفت شناخته شدند (جدول ۵ و ۱۰). والد G.Kara10 (P<sub>1</sub>) دارای بیشترین مقدار میانگین و قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برای صفات وزن هزاردانه (به‌ترتیب ۳/۵۱ گرم و ۰/۳۹)، عملکرد دانه (به‌ترتیب ۱۷۸۹/۸۳ کیلوگرم در هکتار و ۳/۸۷) و شاخص برداشت (به‌ترتیب ۲۹/۶۶ درصد و ۳/۸۷) را داشت (جدول ۳ و ۸). قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی برای صفت عملکرد دانه معنی‌دار نبود. اما، برای صفت وزن هزاردانه بیشترین مقدار آن (۳/۴۰ گرم) همراه با بیشترین مقدار مثبت و معنی‌دار قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی (۰/۳۳) در تلاقی مستقیم والدین G.Kara10×G.Kara42 (P<sub>1</sub>×P<sub>4</sub>) و برای صفت شاخص برداشت بیشترین مقدار آن (۳۱/۳۶ درصد) همراه با بیشترین مقدار مثبت و معنی‌دار قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی (۱/۳۷) در تلاقی مستقیم والدین G.Kara10×NazChanShakhae (P<sub>1</sub>×P<sub>8</sub>) حاصل شد (جدول ۴ و ۹).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس دای‌آلل برای صفات مورد ارزیابی و برآورد ترکیب پذیری عمومی و خصوصی (گریفینگ)

Table 6. Diallel variance analysis for the traits being evaluated and estimation of general and specific combinability (Griffing)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی D.F	میانگین مربعات Mean Squares										
		روز تا گلدهی Days to flowering	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع کپسول بندی Height to the first capsule	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	طول کپسول Capsule length	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	وزن هزاردانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	شاخص ریزش دانه (TIKETO)
بلوک Block	2	0.02 <sup>ns</sup>	0.67 <sup>ns</sup>	2165.52 <sup>**</sup>	6.65 <sup>**</sup>	44.09 <sup>**</sup>	0.032 <sup>ns</sup>	9.11 <sup>**</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	510.53 <sup>**</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	22.81 <sup>ns</sup>
ژنوتیپ Genotype	63	12.50 <sup>**</sup>	46.97 <sup>**</sup>	571.58 <sup>**</sup>	283.72 <sup>**</sup>	709.19 <sup>**</sup>	0.31 <sup>**</sup>	423.87 <sup>**</sup>	0.31 <sup>**</sup>	24 <sup>**</sup>	105.53 <sup>**</sup>	35866.56 <sup>**</sup>
اثر مادری Maternal effects	7	93.13 <sup>**</sup>	375.82 <sup>**</sup>	2032.42 <sup>**</sup>	2542.63 <sup>**</sup>	6361.89 <sup>**</sup>	1.56 <sup>**</sup>	3807.47 <sup>**</sup>	0.95 <sup>**</sup>	2124995.00 <sup>**</sup>	916.73 <sup>**</sup>	82648.18 <sup>**</sup>
اثر پدری Paternal effects	7	1.21 <sup>ns</sup>	10.80 <sup>**</sup>	525.63 <sup>**</sup>	1.44 <sup>ns</sup>	2.04 <sup>ns</sup>	0.61 <sup>**</sup>	1.55 <sup>ns</sup>	0.88 <sup>**</sup>	100.98 <sup>ns</sup>	5.82 <sup>**</sup>	82469.46 <sup>**</sup>
اثر مادری:پدری Maternal:paternal	49	2.59 <sup>**</sup>	5.15 <sup>**</sup>	369.46 <sup>**</sup>	1.34 <sup>ns</sup>	2.68 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>**</sup>	0.84 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>**</sup>	55.56 <sup>ns</sup>	3.89 <sup>**</sup>	22525.92 <sup>**</sup>
خطا Error	126	0.91	1.22	46.62	1.00	3.56	0.03	0.99	0.01	78.16	0.94	43.03
ترکیب پذیری عمومی General combining ability	7	16.07 <sup>**</sup>	78.16 <sup>**</sup>	708.38 <sup>**</sup>	436.86 <sup>**</sup>	1077.43 <sup>**</sup>	0.68 <sup>**</sup>	646.63 <sup>**</sup>	0.56 <sup>**</sup>	352707.30 <sup>**</sup>	156.30 <sup>**</sup>	55031.37 <sup>**</sup>
ترکیب پذیری خصوصی Specific combining ability	28	1.29 <sup>**</sup>	1.87 <sup>**</sup>	132.13 <sup>**</sup>	0.44 <sup>ns</sup>	0.69 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>**</sup>	0.29 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>**</sup>	19.96 <sup>ns</sup>	1.21 <sup>**</sup>	13116.51 <sup>**</sup>
اثرات معکوس Reciprocal effects	28	4.06 <sup>**</sup>	13.28 <sup>**</sup>	119.46 <sup>**</sup>	103.14 <sup>**</sup>	261.84 <sup>**</sup>	0.03 <sup>**</sup>	155.96 <sup>**</sup>	0.03 <sup>**</sup>	88926.95 <sup>**</sup>	38.86 <sup>**</sup>	25.56 <sup>*</sup>
خطا Error	126	0.30	0.40	15.54	0.33	1.18	0.01	0.33	0.001	26.05	0.31	14.24
ضریب تغییرات CV	*	1.38	1.86	8.00	1.61	2.181	9.86	1.43	9.53	5.81	6.95	7.20

ns, not significant; \*and \*\*Significant 0.01 at 0.05 level of probability, respectively.  
\*و \*\*: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد میباشند.

جدول ۷- برآورد پارامترهای ژنتیکی و نحوه عمل ژن صفات مختلف در هشت ژنوتیپ کنجد  
Table 7. Estimation of genetic parameters and gene action of different traits in eight sesame genotypes

پارامترهای ژنتیکی Genetic parameters	روز تا گلدهی Days to flower	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع کپسول بندی Height to the first capsule	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	طول کپسول Capsule length	تعداد دانه در کپسول Number of seeds in the capsule	وزن هزاردانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	شاخص ریزش دانه (TIKETO) (TIKETO)
ترکیب پذیری عمومی GCA	0.92	4.76	36.14	27.28	67.30	0.04	40.40	0.03	22042.95	9.69	2634.04
ترکیب پذیری خصوصی SCA	0.55	0.82	65.46	0.06	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.51	7355.66
واریانس افزایشی Additive Variance	3.70	19.07	144.58	109.10	269.18	0.16	161.58	0.13	88171.82	38.78	10536.17
واریانس غالبیت Dominance Variance	2.22	3.29	261.82	0.24	0.00	0.06	0.00	0.12	0.09	2.03	29422.64
نسبت غالبیت Dominance ratio	1.09	0.58	1.90	0.06	0.00	0.84	0.00	1.40	0.07	0.32	2.36
نسبت باکر Baker ratio	0.76	0.92	0.52	1.00	1.00	0.85	1.00	0.67	1.00	0.97	0.41
وراثت پذیری خصوصی Narrow Heritability	0.59	0.83	0.34	0.99	0.99	0.70	0.95	0.50	0.96	0.94	0.26
وراثت پذیری عمومی Broad Heritability	0.95	0.97	0.95	0.97	0.88	0.95	0.96	0.96	0.96	0.98	0.98
نحوه عمل ژن GCA / SCA	1.67	5.80	0.55	462.30	67.30	2.86	40.40	1.02	22042.95	19.14	0.35

جدول ۸- برآورد اثرات ترکیب پذیری عمومی صفات مختلف در والدین کنجد  
Table 8. Estimation of general combining ability effects of different traits in sesame parents

والدین Parents	روز تا گلدهی Days to flower	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع کپسول بندی Height to the first capsule	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	طول کپسول Capsule length	تعداد دانه در کپسول number of seeds in the capsule	وزن هزاردانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	شاخص ریزش دانه (TIKETO) (TIKETO)
G-KARA10	1.17**	0.79**	7.18**	5.88**	-11.27**	0.38**	7.80**	0.39**	138.46**	3.87**	-26.26**
G-KARA18	1.05**	-0.31 <sup>ns</sup>	-3.39**	-4.79**	-3.89**	0.17**	9.85**	-0.20**	76.15**	1.88**	-24.38**
G-KARA24	0.15 <sup>ns</sup>	3.12**	-3.03**	-4.94**	-0.36 <sup>ns</sup>	-0.13**	-2.21**	0.04**	32.02**	3.186**	92.48**
G-KARA42	-0.03 <sup>ns</sup>	2.97**	-3.43**	-4.05**	7.29**	-0.13**	-2.72**	0.01 <sup>ns</sup>	58.10**	1.57**	96.61**
G-KARA117	0.86**	-1.37**	-2.96**	-2.86**	12.78**	-0.20**	4.01**	-0.15**	-119.83**	-0.93**	-26.26**
SARDAR	-1.28**	-1.39**	-0.05 <sup>ns</sup>	5.70**	-3.37**	0.01 <sup>ns</sup>	-6.39**	-0.13**	-309.83**	-5.13**	-35.03**
OLTAN	-1.32**	-0.54**	12.87**	6.96**	-7.68**	0.10**	-4.15**	-0.06**	120.26**	-2.485*	-36.44**
NAZ	0.61*	-3.27**	-7.19**	-1.90**	6.49**	-0.20**	-6.20**	0.10**	3.78*	-1.96**	-40.71**
SE(gi)	0.12	0.14	0.92	0.13	0.25	0.02	0.13	0.01	1.19	0.13	0.88
SE(gi-gi)	0.19	0.22	1.39	0.20	0.38	0.04	0.20	0.01	1.80	0.20	1.33

: خطای استاندارد میانگین SE و \*\*: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد میباشند. \*<sup>ns</sup>

ns, not significant; \*and \*\*Significant 0.01 at 0.05 level of probability, respectively. SE: Standard error of mean

جدول ۹- برآورد اثرات ترکیب پذیری خصوصی صفات مختلف در نتاج کنجد

Table 9. Estimation of specific combining ability effects of different traits in sesame offspring

دورگ ها Hybrids	روز تا گلدهی Days to flower	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع کپسول بندی Height to the first capsule	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	طول کپسول Capsule length
P1*P2	-0.80 <sup>ns</sup>	1.31*	1.01 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	-0.29 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>
P1*P3	-0.07 <sup>ns</sup>	-0.29 <sup>ns</sup>	-2.78 <sup>ns</sup>	-0.23 <sup>ns</sup>	0.35 <sup>ns</sup>	-0.15 <sup>ns</sup>
P1*P4	-0.55 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	10.37**	0.49 <sup>ns</sup>	0.54 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>
P1*P5	-0.11 <sup>ns</sup>	0.70 <sup>ns</sup>	-8.94**	0.03 <sup>ns</sup>	0.60 <sup>ns</sup>	-0.04 <sup>ns</sup>
P1*P6	-0.13 <sup>ns</sup>	-0.10 <sup>ns</sup>	3.14 <sup>ns</sup>	-0.23 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	-0.04 <sup>ns</sup>
P1*P7	-0.26 <sup>ns</sup>	-0.29 <sup>ns</sup>	0.81 <sup>ns</sup>	-0.36 <sup>ns</sup>	0.57 <sup>ns</sup>	0.24**
P1*P8	-0.30 <sup>ns</sup>	-0.06 <sup>ns</sup>	1.62 <sup>ns</sup>	-0.31 <sup>ns</sup>	-1.92*	-0.12 <sup>ns</sup>
P2*P3	-0.44 <sup>ns</sup>	0.31 <sup>ns</sup>	-2.39 <sup>ns</sup>	0.23 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>
P2*P4	0.23 <sup>ns</sup>	0.29 <sup>ns</sup>	-1.73 <sup>ns</sup>	0.71 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	-0.06 <sup>ns</sup>
P2*P5	-0.15 <sup>ns</sup>	-2.02**	-12.13**	-0.82 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>
P2*P6	0.48 <sup>ns</sup>	0.66 <sup>ns</sup>	-8.70**	-0.29 <sup>ns</sup>	-0.42 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>
P2*P7	0.19 <sup>ns</sup>	1.31*	-1.86 <sup>ns</sup>	-0.62 <sup>ns</sup>	0.48 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>
P2*P8	-0.34 <sup>ns</sup>	0.37 <sup>ns</sup>	10.85**	0.59 <sup>ns</sup>	0.38 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>
P3*P4	0.30 <sup>ns</sup>	-0.47 <sup>ns</sup>	1.74 <sup>ns</sup>	-0.62 <sup>ns</sup>	-0.53 <sup>ns</sup>	-0.26**
P3*P5	1.23*	-0.12 <sup>ns</sup>	10.68**	-0.14 <sup>ns</sup>	-0.09 <sup>ns</sup>	0.15*
P3*P6	-0.61 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	-0.23 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>
P3*P7	-0.57 <sup>ns</sup>	1.20 <sup>ns</sup>	9.19**	-0.41 <sup>ns</sup>	-0.47 <sup>ns</sup>	-0.11 <sup>ns</sup>
P3*P8	-1.44**	0.60 <sup>ns</sup>	-1.42 <sup>ns</sup>	0.15 <sup>ns</sup>	-0.41 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>
P4*P5	0.09 <sup>ns</sup>	-0.47 <sup>ns</sup>	1.17 <sup>ns</sup>	-0.35 <sup>ns</sup>	0.35 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>
P4*P6	-0.26 <sup>ns</sup>	0.87 <sup>ns</sup>	2.75 <sup>ns</sup>	-0.01 <sup>ns</sup>	-0.65 <sup>ns</sup>	-0.03 <sup>ns</sup>
P4*P7	-0.21 <sup>ns</sup>	1.02 <sup>ns</sup>	14.09**	0.38 <sup>ns</sup>	-0.29 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>
P4*P8	-0.26 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	-9.86**	-0.24 <sup>ns</sup>	-0.04 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>
P5*P6	-0.15 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	10.59**	0.43 <sup>ns</sup>	-0.34 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>
P5*P7	-0.44 <sup>ns</sup>	0.37 <sup>ns</sup>	-0.05 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	-0.63 <sup>ns</sup>	-0.05 <sup>ns</sup>
P5*P8	-0.98 <sup>ns</sup>	1.43*	2.17 <sup>ns</sup>	0.27 <sup>ns</sup>	0.57 <sup>ns</sup>	0.20**
P6*P7	0.19 <sup>ns</sup>	-0.27 <sup>ns</sup>	-11.04**	-0.22 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>
P6*P8	-0.34 <sup>ns</sup>	-0.54 <sup>ns</sup>	1.01 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>
P7*P8	0.53 <sup>ns</sup>	-1.22 <sup>ns</sup>	2.51 <sup>ns</sup>	-0.46 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	-0.05 <sup>ns</sup>
SE(sij)	0.47	0.55	2.46	0.36	0.68	0.06
SE(sij-sik)	0.51	0.59	3.69	0.54	1.02	0.10
SE(sij-skl)	0.47	0.55	3.41	0.50	0.94	0.09

ns, not significant; \* and \*\* Significant 0.01 at 0.05 level of probability, respectively. Parents: P1: G.KARA 10, P2: G.KARA18, P3: G.KARA24, P4: G.KARA42, P5: G.KARA117, P6: Sardar, P7: Oltan and P8: Naz Chandshakhe.

اولتان، P8: ناز چند شاخه

ns, not significant; \* and \*\* Significant 0.01 at 0.05 level of probability, respectively. Parents: P1: G.KARA 10, P2: G.KARA18, P3: G.KARA24, P4: G.KARA42, P5: G.KARA117, P6: Sardar, P7: Oltan and P8: Naz Chandshakhe.

ادامه جدول ۹- برآورد اثرات ترکیب پذیری خصوصی صفات مختلف در نتاج کنجد

Table 9. Estimation of specific combining ability effects of different traits in sesame offspring

دورگ‌ها Hybrids	تعداد دانه در کپسول Number of seeds in the capsule	وزن هزاردانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	شاخص ریزش دانه (TIKETO)
P1*P2	-0.09 <sup>ns</sup>	-0.23 <sup>**</sup>	0.73 <sup>ns</sup>	-1.02 <sup>**</sup>	38.32 <sup>**</sup>
P1*P3	-0.20 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>**</sup>	-0.94 <sup>ns</sup>	-1.69 <sup>**</sup>	-78.55 <sup>**</sup>
P1*P4	-0.11 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>**</sup>	-0.74 <sup>ns</sup>	0.34 <sup>ns</sup>	-82.67 <sup>**</sup>
P1*P5	1.05 <sup>**</sup>	-0.13 <sup>**</sup>	0.61 <sup>ns</sup>	0.23 <sup>ns</sup>	25.19 <sup>**</sup>
P1*P6	-0.04 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>**</sup>	-0.59 <sup>ns</sup>	-0.79 <sup>ns</sup>	18.96 <sup>**</sup>
P1*P7	-0.14 <sup>ns</sup>	-0.16 <sup>**</sup>	0.59 <sup>ns</sup>	-0.53 <sup>ns</sup>	20.38 <sup>**</sup>
P1*P8	-0.22 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	-1.20 <sup>ns</sup>	1.37 <sup>**</sup>	18.15 <sup>**</sup>
P2*P3	0.13 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>**</sup>	2.40 <sup>ns</sup>	-0.24 <sup>ns</sup>	-80.42 <sup>**</sup>
P2*P4	-0.44 <sup>ns</sup>	-0.13 <sup>**</sup>	0.32 <sup>ns</sup>	-0.15 <sup>ns</sup>	-84.55 <sup>**</sup>
P2*P5	0.21 <sup>ns</sup>	-0.04 <sup>ns</sup>	0.93 <sup>ns</sup>	0.41 <sup>ns</sup>	38.32 <sup>**</sup>
P2*P6	0.01 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>**</sup>	-5.79 <sup>ns</sup>	0.47 <sup>ns</sup>	17.09 <sup>**</sup>
P2*P7	-0.45 <sup>ns</sup>	-0.04 <sup>*</sup>	0.84 <sup>ns</sup>	-0.01 <sup>ns</sup>	18.51 <sup>**</sup>
P2*P8	0.29 <sup>ns</sup>	-0.03 <sup>ns</sup>	1.02 <sup>ns</sup>	-0.44 <sup>ns</sup>	16.28 <sup>**</sup>
P3*P4	-0.22 <sup>ns</sup>	-0.11 <sup>**</sup>	0.72 <sup>ns</sup>	0.40 <sup>ns</sup>	233.73 <sup>**</sup>
P3*P5	0.18 <sup>ns</sup>	-0.01 <sup>ns</sup>	4.00 <sup>ns</sup>	-0.26 <sup>ns</sup>	-78.55 <sup>**</sup>
P3*P6	0.31 <sup>ns</sup>	-0.20 <sup>**</sup>	1.90 <sup>ns</sup>	-1.07 <sup>**</sup>	-69.78 <sup>**</sup>
P3*P7	0.23 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>**</sup>	-1.12 <sup>ns</sup>	-0.24 <sup>ns</sup>	-68.36 <sup>**</sup>
P3*P8	-0.68 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>**</sup>	2.94 <sup>ns</sup>	1.00 <sup>**</sup>	-64.09 <sup>**</sup>
P4*P5	-0.28 <sup>ns</sup>	-0.01 <sup>ns</sup>	-3.81 <sup>ns</sup>	-0.34 <sup>ns</sup>	-82.67 <sup>**</sup>
P4*P6	-0.06 <sup>ns</sup>	-0.01 <sup>ns</sup>	1.83 <sup>ns</sup>	0.39 <sup>ns</sup>	-73.90 <sup>**</sup>
P4*P7	0.60 <sup>**</sup>	0.20 <sup>**</sup>	2.03 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>	-72.48 <sup>**</sup>
P4*P8	0.23 <sup>ns</sup>	-0.08 <sup>**</sup>	-2.55 <sup>ns</sup>	-0.64 <sup>ns</sup>	-68.21 <sup>**</sup>
P5*P6	-0.19 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>**</sup>	1.02 <sup>ns</sup>	0.42 <sup>ns</sup>	18.96 <sup>**</sup>
P5*P7	-0.69 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>**</sup>	-1.35 <sup>ns</sup>	-0.33 <sup>ns</sup>	20.38 <sup>**</sup>
P5*P8	0.03 <sup>ns</sup>	-0.18 <sup>**</sup>	-1.87 <sup>ns</sup>	-0.26 <sup>ns</sup>	18.15 <sup>**</sup>
P6*P7	0.21 <sup>ns</sup>	-0.16 <sup>**</sup>	5.14 <sup>ns</sup>	0.40 <sup>ns</sup>	29.15 <sup>**</sup>
P6*P8	-0.23 <sup>ns</sup>	-0.30 <sup>**</sup>	-2.38 <sup>ns</sup>	-0.39 <sup>ns</sup>	31.76 <sup>**</sup>
P7*P8	0.50 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>**</sup>	2.76 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	21.84 <sup>**</sup>
SE(sij)	0.36	0.02	3.19	0.34	2.35
SE(sij-sik)	0.54	0.03	4.77	0.52	3.53
SE(sij-skl)	0.50	0.02	4.42	0.48	3.26

ns, not significant; \*\* and \* Significant 0.01 at 0.05 level of probability, respectively. Parents: P1: G.KARA 10, P2: G.KARA18, P3: G.KARA24, P4: G.KARA42, P5: G.KARA117, P6: Sardar, P7: Oltan and P8: Naz

اولتان، P8: ناز چند شاخه

Chandshakhe.

جدول ۱۰- برآورد اثرات ترکیب پذیری معکوس صفات مختلف در نتاج کنجد

Table 10. Estimation of reciprocal combining ability effects of different traits in sesame offspring

دورگ‌ها Hybrids	روز تا گلدهی Days to flower	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع کیسول بندی Height to the first capsule	تعداد کیسول در بوته Number of capsules per plant	طول کیسول Capsule length
P2*P1	-0.16 <sup>ns</sup>	2.00*	-3.30 <sup>ns</sup>	10.28**	-6.80**	0.12 <sup>ns</sup>
P3*P1	0.03 <sup>ns</sup>	-1.16*	-0.06 <sup>ns</sup>	10.80**	-10.70**	0.16*
P3*P2	0.83 <sup>ns</sup>	-2.66**	1.41 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>	-2.10**	0.00 <sup>ns</sup>
P4*P1	0.66 <sup>ns</sup>	-1.50*	-7.66*	9.52**	-18.35**	0.25**
P4*P2	1.33**	-2.83**	-2.10 <sup>ns</sup>	-0.88*	-10.58**	-0.12 <sup>ns</sup>
P4*P3	0.83 <sup>ns</sup>	0.50 <sup>ns</sup>	-2.67 <sup>ns</sup>	-0.63 <sup>ns</sup>	-8.50**	-0.13 <sup>ns</sup>
P5*P1	0.33 <sup>ns</sup>	4.00**	6.84*	9.70**	-24.33**	0.29**
P5*P2	0.16 <sup>ns</sup>	0.50 <sup>ns</sup>	7.25*	-1.35**	-17.58**	0.13 <sup>ns</sup>
P5*P3	-1.00*	3.83**	-5.42 <sup>ns</sup>	-1.80**	-13.25**	-0.03 <sup>ns</sup>
P5*P4	-1.33*	4.66**	10.50**	-1.73**	-5.18**	-0.00 <sup>ns</sup>
P6*P1	2.16**	0.83 <sup>ns</sup>	6.00*	0.49 <sup>ns</sup>	-6.94**	0.00 <sup>ns</sup>
P6*P2	3.00**	-0.50 <sup>ns</sup>	-0.25 <sup>ns</sup>	-10.30**	-0.74 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>ns</sup>
P6*P3	1.00*	2.83**	-2.58 <sup>ns</sup>	-10.11**	2.59**	0.13 <sup>ns</sup>
P6*P4	0.50 <sup>ns</sup>	2.66**	5.83*	-8.95**	10.96**	0.00 <sup>ns</sup>
P6*P5	2.50**	-1.33*	-7.48*	-8.42**	17.17**	0.00 <sup>ns</sup>
P7*P1	2.33**	-1.16*	-6.25*	-0.87*	-3.32**	0.12 <sup>ns</sup>
P7*P2	2.66**	-1.66*	-0.83 <sup>ns</sup>	-11.30**	4.17**	0.00 <sup>ns</sup>
P7*P3	1.00 <sup>ns</sup>	3.00**	-10.25**	-11.08**	6.92**	0.00 <sup>ns</sup>
P7*P4	0.50 <sup>ns</sup>	1.66*	-6.58*	-10.06**	14.42**	-0.22**
P7*P5	1.83 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>	2.58 <sup>ns</sup>	-10.08**	19.76**	0.06 <sup>ns</sup>
P7*P6	0.05 <sup>ns</sup>	-1.00*	-5.50 <sup>ns</sup>	-1.91**	4.89**	0.12 <sup>ns</sup>
P8*P1	2.00**	2.66**	7.32*	7.99**	-14.77**	0.04 <sup>ns</sup>
P8*P2	1.83 <sup>ns</sup>	1.33**	-13.50**	-3.01**	-10.76**	0.13 <sup>ns</sup>
P8*P3	0.50 <sup>ns</sup>	6.00**	10.92**	-2.62**	-6.97**	0.12 <sup>ns</sup>
P8*P4	0.50 <sup>ns</sup>	5.00**	-1.92 <sup>ns</sup>	-1.29**	0.66 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>
P8*P5	2.00**	2.00**	18.92**	-0.67 <sup>ns</sup>	5.44**	0.05 <sup>ns</sup>
P8*P6	0.16 <sup>ns</sup>	1.66*	5.33 <sup>ns</sup>	8.26**	-10.25**	0.07 <sup>ns</sup>
P8*P7	-0.33 <sup>ns</sup>	2.50**	15.58**	7.75**	-13.59**	0.07 <sup>ns</sup>
SE(rij)	0.38	0.44	2.79	0.41	0.77	0.10
SE(rij-rkl)	0.54	0.63	3.94	0.58	1.09	0.10

ns, not significant; \* and \*\* Significant 0.05 and 0.01 level of probability, respectively. Parents: P1: G.KARA 10, P2: G.KARA18, P3: G.KARA24, P4: G.KARA42, P5: G.KARA117, P6: Sardar, P7: Oltan and P8: Naz Chandshakhe.

اولتان، P8: ناز چند شاخه

ns, not significant; \* and \*\* Significant 0.05 and 0.01 level of probability, respectively. Parents: P1: G.KARA 10, P2: G.KARA18, P3: G.KARA24, P4: G.KARA42, P5: G.KARA117, P6: Sardar, P7: Oltan and P8: Naz Chandshakhe.

ادامه جدول ۱۰- برآورد اثرات ترکیب پذیری معکوس صفات مختلف در نتاج کنجد

Table 10. Estimation of reciprocal combining ability effects of different traits in sesame offspring

دورگ‌ها Hybrids	تعداد دانه در کپسول Number of seeds in the capsule	وزن هزاردانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	شاخص ریزش دانه (TIKETO)
P2*P1	-2.22**	0.24**	64.63**	-0.16 <sup>ns</sup>	1.32 <sup>ns</sup>
P3*P1	9.98**	-0.08**	108.36**	-0.98*	1.25 <sup>ns</sup>
P3*P2	12.43**	-0.09**	43.65**	-1.78 <sup>ns</sup>	0.52 <sup>ns</sup>
P4*P1	9.90**	-0.13**	81.15**	2.22**	0.23 <sup>ns</sup>
P4*P2	12.10**	0.02 <sup>ns</sup>	16.98**	0.04 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>
P4*P3	0.34 <sup>ns</sup>	-0.05**	-24.16**	2.79**	1.00 <sup>ns</sup>
P5*P1	2.53**	0.04*	260.99**	5.28**	-15.00**
P5*P2	5.74**	0.02 <sup>ns</sup>	197.41**	2.84**	0.02 <sup>ns</sup>
P5*P3	-7.04**	-0.16**	160.25**	5.18**	0.03 <sup>ns</sup>
P5*P4	-6.30**	-0.22**	178.41**	3.08**	0.03 <sup>ns</sup>
P6*P1	13.33**	-0.16**	453.26**	8.25**	1.21 <sup>ns</sup>
P6*P2	15.68**	0.21**	384.81**	6.83**	0.34 <sup>ns</sup>
P6*P3	4.14**	0.01 <sup>ns</sup>	343.51**	7.03**	0.02 <sup>ns</sup>
P6*P4	4.03**	-0.08**	369.85**	6.80**	0.42 <sup>ns</sup>
P6*P5	10.58**	-0.03 <sup>ns</sup>	189.29**	3.80**	0.21 <sup>ns</sup>
P7*P1	11.17**	0.02 <sup>ns</sup>	19.43**	5.14**	12.00**
P7*P2	13.31**	0.03 <sup>ns</sup>	-45.39**	3.68**	0.12 <sup>ns</sup>
P7*P3	1.86**	0.14**	-74.22**	4.93**	1.23 <sup>ns</sup>
P7*P4	1.41**	0.20**	-57.53**	3.15**	0.12 <sup>ns</sup>
P7*P5	7.65**	0.32**	-244.13**	0.56 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>
P7*P6	-2.04**	0.04*	-429.03**	-2.76**	0.20 <sup>ns</sup>
P8*P1	13.95**	0.04 <sup>ns</sup>	136.64**	8.24**	6.50*
P8*P2	16.73**	-0.11**	69.10**	3.09**	6.50*
P8*P3	4.03**	0.03 <sup>ns</sup>	32.96**	6.42**	-1.23 <sup>ns</sup>
P8*P4	3.57**	0.04 <sup>ns</sup>	57.15**	4.39**	-1.20 <sup>ns</sup>
P8*P5	10.19**	-0.02 <sup>ns</sup>	-126.33**	1.95**	-6.50*
P8*P6	-0.16 <sup>ns</sup>	-0.23**	-314.23**	-2.45**	-1.66 <sup>ns</sup>
P8*P7	2.05**	-0.12**	116.31**	0.31 <sup>ns</sup>	1.33 <sup>ns</sup>
SE(r <sub>ij</sub> )	0.41	0.02	3.61	0.39	2.66
SE(r <sub>ij</sub> -r <sub>kl</sub> )	0.57	0.03	5.10	0.56	3.77

ns, \* و \*\*: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد میباشند. والدین: P1: G.KARA 10, P2: G.KARA 18, P3: G.KARA 24, P4: G.KARA 42, P5: G.KARA 117, P6: Sardar, P7: اولتان, P8: Naz چند شاخه

ns, not significant; \*and \*\*Significant 0.01 at 0.05 level of probability, respectively. Parents: P1: G.KARA 10, P2: G.KARA 18, P3: G.KARA 24, P4: G.KARA 42, P5: G.KARA 117, P6: Sardar, P7: Oltan and P8: Naz Chandshakhe.

ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار (۹۶/۶۱) در والد  $G.Kara42 \times P_4$  دارای بیشترین وزن هزاردانه (۳/۶۶ گرم) بودند اما قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس منفی و معنی‌داری داشت. از بین تلاقی‌های معکوس نتایج حاصل از تلاقی والدین  $G.Kara18 \times P_1$  با داشتن میانگین وزن هزاردانه ۲/۶۸ گرم و قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس مثبت و معنی‌دار ۰/۲۴ و  $Oltan \times G.Kara117$  با میانگین وزن هزاردانه ۲/۳۵ گرم و قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس مثبت و معنی‌دار ۰/۳۲ از جمله ایده‌آل‌ترین نتایج بودند (جدول ۵ و ۱۰). همچنین، عملکرد دانه و قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس ایده‌آل برای عملکرد دانه در تلاقی‌های معکوس  $G.Kara24 \times P_1$  (با میانگین عملکرد دانه ۱۵۷۲/۵۴ کیلوگرم در هکتار و قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار ۱۰/۳۶)،  $NazChanShakhae \times G.Kara10$  ( $P_8 \times P_1$ ) (با میانگین عملکرد دانه ۱۵۱۵/۷۶ کیلوگرم در هکتار و قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار ۱۳۶/۶۴) و  $Oltan \times G.Kara10$  ( $P_7 \times P_1$ ) (با میانگین عملکرد دانه ۱۷۵۱/۲۴ کیلوگرم در هکتار و قابلیت ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار ۱۹/۴۳) حاصل شد. برای صفت شاخص برداشت مناسب‌ترین نتایج با میانگین شاخص برداشت ۲۳/۳۸ درصد با قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس مثبت و معنی‌دار ۲/۲۲ در تلاقی معکوس  $G.Kara42 \times P_1$  (جدول ۵ و ۱۰). به‌طور کلی، در راستای راهبردهای اصلاح عملکرد و اجزای عملکرد در کنجد بهره‌برداری از هر دو پارامتر ژنتیکی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی، خصوصی و معکوس حائز اهمیت فراوانی است (Pawar and Monpara, 2016). محمود و همکاران (Mahmoud et al., 2024)، پارامشواراپا (Parameshwarappa, 2017) نیز اثرات معنی‌دار  $GCA$  و  $SCA$  را برای اغلب اجزای عملکرد را گزارش کرد و توضیح داد که در کنترل این صفات هر دو اثرات ژنی افزایشی و غیرافزایشی حائز اهمیت فراوانی هستند که نتایج آن‌ها با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. بیشترین شاخص نگهداشت دانه با میانگین ۸۸۰/۳۳ همراه با بیشترین قابلیت

ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار (۹۶/۶۱) در والد  $G.Kara42$  حاصل شد (جدول ۳ و ۸). همچنین، نتایج حاصل از تلاقی مستقیم  $G.Kara24 \times P_4$  با بیشترین میانگین شاخص نگهداشت دانه ۸۷۷/۳۳ همراه با بیشترین قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌دار ۲۳۳/۷۳ حاصل شد (جدول ۴ و ۹). همچنین، هرچند نتایج حاصل از تلاقی معکوس  $G.Kara42 \times P_3$  دارای بیشترین میانگین شاخص نگهداشت دانه (۸۸۱) بودند اما قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس معنی‌داری نداشت. اما، از بین تلاقی‌های معکوس نتایج حاصل از تلاقی والدین  $Oltan \times G.Kara10$  ( $P_7 \times P_1$ ) با داشتن میانگین شاخص نگهداشت بذر ۴۱۴ و قابلیت ترکیب‌پذیری معکوس مثبت و معنی‌دار ۱۲ از جمله ایده‌آل‌ترین نتایج بودند (جدول ۵ و ۱۰). اولین رقم مقاوم به ریزش‌دانه در کنجد دارای شاخص نگهداشت ۴۳۳ تا ۵۴۳ و آخرین ارقام دارای شاخص نگهداشت ۷۷۶ تا ۷۷۷ بودند. ژنوتیپ‌هایی که ویژگی مقاومت به ریزش‌دانه نداشتند دارای میزان نگهداشت ۳۲۵ یا کمتر از آن می‌باشند (Langham, 2019a). امران و همکاران (Imran et al., 2020) و رامیا و همکاران (Ramya et al., 2023) گزارش کردند مقادیر  $GCA$  و  $SCA$  مربوط به شاخص نگهداشت معنی‌دار بود بدین معنی که این شاخص مهم توسط اثرات افزایشی ژن‌ها و غیرافزایشی کنترل می‌گردد به‌طوری‌که نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج آن‌ها مطابقت دارد

## References

- Abd El-Kader, M.T.M., Fahmy, R.M., El-Shaer, H.F.A. and Abd El-Rahman, M.A. (2017). Genetic analysis of six parental sesame genotypes for yield and its attributes in  $F_1$  crosses. *Journal of Basic and Environmental Sciences*, 4: 190–209. <https://doi.org/10.21608/jbes.2017.369650>
- Abd Elaziz, G.B. and Ghareeb, Z.E. (2018). Gene action and combining ability for seed yield and its components in eight Sesame genotypes diallel crosses. *Journal of Plant Production*, 9(8): 695-702. <https://doi.org/10.21608/jpp.2018.36391>

- Ahmed, S.B.M. and Adam, S.I. (2014). Combining ability for yield and yield components in six parents and their 15 F1 hybrids of sesame (*Sesamum indicum* L.) in half diallel mating design. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 6: 179–184. <https://doi.org/10.5897/JPBCS2014.0481>
- Akbar, F., Rabbani, M.A., Shinwari, Z.K. and Khan, S.J. (2011). Genetic divergence in sesame (*Sesamum indicum* L.) landraces based on qualitative and quantitative traits. *Pakistan Journal of Botany*, 43: 2737–2744.
- Anyanga, W.O., Rubaihayo, P., Gibson, P. and Okori, P. (2016). Combining ability and gene action in sesame (*Sesamum indicum* L) elite genotypes by diallel mating design. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 8: 250–256. <https://doi.org/10.5897/JPBCS2016.0586>
- Arvin, P., Vafabakhsh, J., Mazaheri, D., Noormohamadi, G. and Azizi, M. (2012). Study of drought stress and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, yield components and seed oil content of different cultivars and species of *Brassica oilseed* rape. *Annals of Biological Research*, 3: 4444–4451.
- Azeez, M.A. and Morakinyo, J.A. (2014). Combining ability studies and potential for oil quality improvement in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 20: 1–8.
- Baker, R.J. (1978). Issues in diallel analysis. *Crop Science*, 18: 533-536. <https://doi.org/10.2135/cropsci1978.0011183X001800040001x>
- Chikuta, S., Odong, T., Kabi, F., Rubaihayo, Patrick, BomBom, A., Okori, P., Gibson, P., Rubaihayo, P., Kiryowa, M. and Ddamulira, G. (2017). Combining ability and heterosis of selected grain and forage dual purpose sorghum genotypes. *The Journal of Agricultural Science*, 9: 122–130. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n2p122>
- Datta, R.D., Rafii, M.Y., Misran, A., Jusoh, M., Yusuff, O. and Uddin, S.M. (2024). Estimation of genetic analysis by using half diallel crosses underlying eggplant for tropical climates. *Genetika*, 56: 423–442. <https://doi.org/10.2298/GENSR2403423D>
- Dar, S.H., Rather, A.G., Ahanger, M.A. and Talib, S. (2014). Gene action and combining ability studies for yield and component traits in rice (*Oryza sativa* L.): A review. *Journal of Plant Pest Science*, 1: 110–127.
- Darvishzadeh, R., Pirzad, A., Bernousi, I., Abdollahi Mandoulakani, B., Azizi, H., Akhondi, N., Poormohammad Kiani, S. and Sarrafi, A. (2011). Genetic properties of drought tolerance indices in sunflower. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 61: 593–601. <https://doi.org/10.1080/09064710.2010.530292>
- Deshmukh, A.S., Misal, A.M., Tavadare, P.L. and Dasari, R. (2019). Combining ability analysis in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 10: 1283–1291. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2019.00164.9>
- Dini Torkamani, M.R. and Carapetian, J. (2006). An Investigation of physical and chemical characteristics of seed in ten Sesame (*Sesamum indicum* L.) Varieties. *Iran Biology Journal*, 20(4): 327-333 (In Persian).
- Elleuch, M., Bedigian, D., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H. (2011). Dietary fiber characteristics and antioxidant activity of sesame seed coats (testae). *International Journal of Food Properties*, 15: 25-37. <https://doi.org/10.1080/10942911003687231>
- FAO. (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Data, [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org).
- FAO. (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Data, [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org).
- Fatteh, U.G., Shah, R.M. and Bodar, D.G. (1982). Studies on combining ability in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Madras Agricultural Journal*, 69: 145–150. <https://doi.org/10.29321/MAJ.10.A02702>
- Fasahat, P., Rajabi, A., Rad, J.M., Derera, J. (2016). Principles and utilization of combining ability in plant breeding. *Journal of Biometrics and Biostatistics*, 4: 1–24. <https://doi.org/10.15406/bbij.2016.04.00085>
- Gami, R.A., Chauhan, B.B. and Patel, R.N. (2020). Hayman's diallel analysis for yield and attributing traits in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 11(2): 359-366. <https://doi.org/10.37992/2020.1102.064>
- Georgiev, S., Stamatov, S. and Deshev, M. (2008). Requirements to sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars breeding for mechanized harvesting. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 14: 616–620.
- Gore, B.D., Rathod, S.T., Naik, G.H. and Sarvade, P.B. (2024). Combining ability studies in sesame (*Sesamum indicum* L.) for seed yield and its contributing traits. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 8: 448–451. <https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i4f.986>
- Grichar, W.J., Dotray, P.A. and Langham, D.R. (2020). Effects of Harvest Aids on Sesame (*Sesamum indicum* L.) Drydown and Maturity. In: Kontogiannatos, D., Kourti, A. and Ferreira Mendes, K. Eds., *Pests, Weeds and Diseases in Agricultural Crop and Animal Husbandry Production*. IntechOpen, London, UK.

- Griffing, B. (1956a). A generalised treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*, 10(1): 31-50. <https://doi.org/10.1038/hdy.1956.2>
- Griffing, B. (1956b). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, 9(4): 463-493. <https://doi.org/10.1071/B19560463>
- Gul, S., Uddin, R., Ullah Khan, N., Ullah Khan, S., Ali, S., Ali, N., Sayyar Khan, M., Ibrahim, M., Goher, R., Saeed, M. and Hussain, D. (2019). Heterotic response and combining ability analysis in F<sub>1</sub> diallel populations of (*Brassica napus* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 51(6): 2129-2141. [https://doi.org/10.30848/PJB2019-6\(36\)](https://doi.org/10.30848/PJB2019-6(36))
- Hassan, A.M., Ahmed, M.F. and Rashed, M.A. (2018). Heterosis and combining ability of some bread wheat genotypes. *Arab Univ. The Journal of Agricultural Science*, 26: 1015–1027. <https://doi.org/10.21608/ajs.2018.28289>
- Hassan, M.S. and Sedeck, F.S. (2015). Combining ability and heterosis estimates in sesame. *World Applied Sciences Journal*, 33: 690–698.
- Imran, M.M., Dash, M., Manjunath, P. and Prakashreddy, M.S. (2020). Studies on capsule shattering character in sesame (*Sesamum indicum* L.): Studies on capsule shattering character in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Oilseeds Research*, 37. <https://doi.org/10.56739/jor.v37iSpecialissue.139502>
- Jeeva, G., Saravanan, K. and Sowmiya, C.A. (2020). Assessment of combining ability and standard heterosis through diallel analysis in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 11: 386–391. <https://doi.org/10.37992/2020.1102.068>
- Kalhor, F.A., Rajpar, A.A., Kalhor, S.A., Mahar, A., Ali, A., Otho, S.A., Soomro, R.N., Ali, F. and Baloch, Z.A. (2015). Heterosis and combining ability in F<sub>1</sub> population of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 6: 1011–1026. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.67107>
- Kante, S., Wadikar, P.B., Sargar, P.R. and Patil, S.S. (2022). Correlation analysis for seed yield and its related attributes in genotypes of sesame (*Sesame indicum* L.). *International Journal Of Plant and Environment*, 8: 87–90. <https://doi.org/10.18811/ijpen.v8i01.11>
- Khairnar, S.S. and Monpara, B.A. (2013). Identification of potential traits and selection criteria for yield improvement in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes under rainfed conditions. Identification of potential traits and selection criteria for yield improvement in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes under rainfed conditions. *Iranian Journal Of Genetics and Plant Breeding*, 2(2): 1–8.
- Kumari, B.M., Manivannan, N. and Ganesamurthy, K. (2015). Combining ability analysis in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 6: 700–708.
- Kumar, P., Madhusudan, K., Nadaf, H.L., Patil, R.K. and Deshpande, S.K. (2012). Combining ability and gene action studies in inter-mutant hybrids of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 25: 1-4.
- Langham, D.G. and Rodriguez, M. (1946). Abrete sesamo: Ajonjoli (*Sesamum indicum*) que no pierde semillas. Circ. 17, Publ. Ministerio de Agricultura y Cria, Maracay, Venezuela.
- Langham, D.R., Grichar, W.J. and Dotray, P.A. (2008). Postemergence over the top herbicide testing on sesame in 2007. American Sesame Growers Association, San Antonio, TX, p. 16.
- Langham, D.R. (2001a). Shatter resistance in sesame. IAEA, Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Vienna (Austria): Medium, Pp. 51-61.
- Langham, D.R. (2001b). Shatter resistance in sesame. IAEA, Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Vienna (Austria): Medium, Pp. 51-61.
- Langham, D.R. (2019a). Mechanization of sesame (*Sesamum indicum*) - A family's life journey. 121 pp.
- Langham, D.R. (2019b). Mechanization of sesame (*Sesamum indicum*)—A family's life journey. Res. net 122.
- Lisboa, C.F., Silva, D.D.A., Teixeira, I.R. and José, A. (2016). Physiological quality of sesame seed harvested at different plant positions and maturity stages. *African Journal of Agricultural Research*, 11: 2825–2832. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11102>
- Mahmoud, S.A., El-Sharkawy, E.S. and Emam, M.A. (2024). Breeding sesame for resistance to charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina*. *SVU-International Journal of Agricultural Sciences*, 6: 18–35. <https://doi.org/10.21608/svuijas.2024.277336.1353>
- Meena, H.M. and Rao, A.S. (2013). Growing degree days requirement of sesame (*Sesamum indicum*) in relation to growth and phenological development in Western Rajasthan. *Current Advances in Agricultural Sciences (An International Journal)*, 5: 107–110.
- Mohanty, T.A., Singh, U.K., Singh, S.K., Kushwaha, N. and Singh, D. (2020). Study of genetic variability, heritability and genetic advance in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9: 347–356. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.902.044>
- Mohammadi, M. and Roustae, M. (2016). Estimation of genetic parameters of grain yield and some agronomic traits in bread wheat using diallel crosses. *Plant Genetics Research*, 2(2): 57-72 (In Persian). <https://doi.org/10.29252/pgr.2.2.57>
- Nayar, N.M. and Mehra, K.L. (1970). Sesame: its uses, botany, cytogenetics, and origin. *Economic Botany*, 24(1): 20-31. <https://doi.org/10.1007/BF02860629>

- Nehra, A., Gothwal, D.K., Yadav, R., Jakhar, M.L., Jeeterwal, R.C. and Kunwar, R. (2023). Gene action for morphochemical traits of sesame (*Sesamum indicum* L.) in different environments. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 93: 263–268. <https://doi.org/10.56093/ijas.v93i3.133336>
- Norouzi, M.A., Ahangar, L., Payghamzadeh, K., Sabouri, H. and 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 Persian). <https://doi.org/10.52547/jcb.13.39.166>
- Norouzi, M.A., Ahangar, L., Peygamzadeh, K., Sabouri, H. and Sajadi, S.J. (2022). Evaluation of genetic parameters of different rapeseed traits using diallel analysis. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 53(3): 31-39.
- Parameshwarappa, S.G. (2017). Investigation on Line x Tester analysis in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Oilseeds Research*, 34: 166–170. <https://doi.org/10.56739/jor.v34i3.137776>
- Parveen, N., Kanwal, A., Amin, E., Shahzadi, F., Aleem, S., Tahir, M., Younas, A., Aslam, R., Aslam, N., Ghafoor, I. and Makhdoom, M. (2018). Assessment of heritable variation and best combining genotypes for grain yield and its attributes in bread wheat. *American Journal of Plant Sciences*, 9: 1688–1698. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.98122>
- Pawar, A.K. and Monpara, B.A. (2016). Breeding for components of earliness and seed yield in sesame. *Plant Gene and Trait*, 7: 1–7. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2016.00166.6>
- Payghamzadeh, K. and Amiri Oghan, H. (2022). Estimation of genetic parameters of some important agronomical traits in oilseed rape by Griffing's diallel method. *Journal of Crop Breeding*, 15(46): 11-21 (In Persian). <https://doi.org/10.61186/jcb.15.46.11>
- Payghamzadeh, K., Faraji, A., Kiani, A., Razaghi, M.H., Sadeghnejad, H.R., Yunesabadi, M., Haghighi, A., Kia, S., Sharifi, M., Shameli, S., Salahi Farahi, M., Ghazaiian, M. and Pahlavanrad, M.R. (2019). *A Comprehensive Guide to Planting, Growing and Harvesting Sesame in Golestan Province*. Agricultural Education Press, Tehran, IR (In Persian).
- Raikwar, R.S. (2018). Combining ability studies for assessment of yield and its components in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 9: 777–781. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2018.00095.9>
- Rajput, S.D., Harer, P.N. and Kute, N.S. (2017). Combining ability analysis for yield and its component traits in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 8: 1307–1309. <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2017.00188.0>
- Ramya, K.T., Rathnakumar, A.L., Kumaraswamy, H.H., Jawaharlal, J., Pasala, R. (2023). Combining ability for capsule characters in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Oilseeds Research*, 40. <https://doi.org/10.56739/h4szz658>
- Rani, T.S., Laxman, S., Thippeswamy, S., Kiranbabu, T., Venkataiah, M. and Rao, M.P. (2015). Genetic studies for the exploitation of heterosis in sesame (*Sesamum indicum* L.). *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 47: 3.
- Rashid, M., Cheema, A.A. and Ashraf, M. (2007). Line x tester analysis in basmati rice. *Pakistan Journal of Botany*, 39(6): 2035-2042.
- Saleem, H., Sadaqat, H.A., Razzaq, H., Chattha, A.A. and Khan, S.H. (2023). Heterotic grouping with combining ability and gene action in *Sesamum indicum* L. using line× tester analysis. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 55(2): 367-378. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.2.9>
- SAS. (2017). *Step-by-Step Programming with Base SAS® 9.4, Second Edition*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Selvam, Y.A. and Elangaimannan, R. (2010). Combining ability analysis for yield and its component traits in Blackgram (*Vigna mungo* (L.) Hepper). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1: 1386–1391.
- Sepahi, M. and Heidari, B. (2016). Estimation of genetic parameters and combining abilities in F3 wheat diallel crosses. *Journal of Genetics*, 12(1): 91-100 (In Persian).
- Si, T., Wang, X., Zhou, Y., Zhang, K., Xie, W., Yuan, H., Wang, Y. and Sun, Y. (2022). Seed yield and quality responses of oilseed crops to simulated nitrogen deposition: A meta-analysis of field studies. *GCB Bioenergy*, 14: 959–971. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12977>
- Stamatov, S., Ishpekov, S., Deshev, M., Vankova, E. and Dallev, M. (2020). Seed retaining model of non-dehiscence sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes at ripening. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 63(1): 540-546.
- Suganthi, S., Prakash, M. and Bhuvanewari, R. (2018). Graphical analysis for physiological, growth, biochemical and yield characters in sesame (*Sesamum Indicum* L.). *Plant Archives*, 18: 385-392.
- Umamaheswari, D., Suganthi, S., Thirumeni, S., Kumar, P.S. and Bhuvanewari, R. (2024). Principal component analysis, a multivariate technique to assess yield-contributory traits in the sesame Germplasm. *Ecology Environment and Conservation*, 30: 4. <https://doi.org/10.53550/EEC.2024.v30i04.077>
- Yol, E., Karaman, E., Furat, S. and Uzun, B. (2010). Assessment of selection criteria in sesame by using correlation coefficients, path and factor analyses. *Australian Journal of Crop Science*, 4: 598–602.
- Zabet, M., Barazandeh, F. and Samadzadeh, A.R. (2020). Genetic study of the yield and its components in sesame using the diallel analysis in Birjand region. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(2): 97-108 (In Persian). <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2020.270388.654554>
- Zabet, M., Barazandeh, F. and Samadzadeh, A.R. (2023). Evaluation of genetic structure of yield and its components in sesame using Hayman's numerical and graphical analysis in Birjand's climate conditions. *Plant Genetic Research*, 10(1): 123–144 (In Persian). <http://dx.doi.org/10.22034/pgr.10.1.8>