Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 18, Issue 3, 2026 p: 3-16

OPEN ACCESS

Research Paper

Evaluation of Adaptability and Selection of Promising Oilseed Rape Lines Using Multivariate Analysis and the Selection Index of Ideal Genotype (SIIG) Methods

Behnam Bakhshi[1], Hassan Amiri Oghan[2], and Mohammad Keshtgar Khajedad[3]

1- Assocciate Professor, Horticulture Crops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran, (Corresponding author: b.bakhshi@areeo.ac.ir)
2- Assocciate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3- Horticulture Crops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran

Received: 1 December, 2025 Revised: 15 April, 2026 Accepted: 1 May, 2026

Extended Abstract

Background: Rapeseed, after soybean, is considered the second most important oilseed crop worldwide. Given the impacts of climate change, particularly in arid and warm regions such as Sistan, it is essential to identify and introduce spring rapeseed lines that combine desirable traits of high yield and early maturity.

Methods: In this study, ten promising spring rapeseed lines, previously selected from preliminary trials conducted in the warm climates of northern and southern Iran, were evaluated under the environmental conditions of the Sistan region. These lines, along with three check cultivars—Dalgan, Safar, and RGS003—were cultivated and assessed over two cropping seasons (2019–2021) using a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The spring-type lines used in this experiment were pure lines developed through the pedigree breeding method. Several agronomic traits were recorded during the growth period, including days to flowering initiation, days to the end of flowering, flowering duration, days to maturity, plant height, the number of branches per plant, the number of pods per plant, and the number of seeds per pod. Seed yield and thousand-seed weight were also measured after harvest. A combined analysis of variance (ANOVA) was conducted for seed yield and other quantitative traits. Mean comparisons among genotypes were performed using the Least Significant Difference (LSD) method. Pearson's correlation analysis was employed to assess the relationships among quantitative traits. Factor analysis, based on Pearson's correlations, was carried out to identify the principal contributing factors. Additionally, simultaneous selection of the genotypes based on agronomic traits and yield was performed using the SIIG (Selection Index of the Ideal Genotype) method. In this index, maximum values were considered ideal for traits such as flowering duration, the number of lateral branches, plant height, the number of pods per plant, the number of seeds per pod, thousand-seed weight, and seed yield, while minimum values were preferred for days to flowering initiation, days to end flowering, and days to maturity. Statistical analyses were conducted using XLSTAT and SPSS software packages.

Results: The combined ANOVA revealed that the effect of genotype was significant for all evaluated traits. Evaluation of the quantitative traits exhibited seed yield, the number of branches per plant, the number of seeds per pod, and flowering duration (the number of days) as the highest coefficients of variation, with values of 10.9%, 10.1%, 9.8%, and 6.7%, respectively. Mean comparison of seed yield detected lines 9, 10, and 7, with average yields of 3137, 3105, and 3096 kg ha^{-1}, as the top three promising lines, outperforming the check cultivars. The check varieties RGS003 (line 12) and Dalgan (line 11) followed, with average yields of 2857 and 2806 kg/ha, respectively. Furthermore, lines 9 and 10 not only exhibited high yield performance but also demonstrated desirable earliness, with no significant difference in maturity compared to the very early-maturing check cultivar Safar (line 13). Correlation analysis among quantitative traits showed that seed yield had a significant positive correlation with plant height, the number of seeds per pod, the number of pods per plant, and the number of branches per plant. Genotype ranking based on the SIIG identified lines 10, 9, 7, 1, and 8 as the top-performing lines, showing the shortest distance from the ideal genotype and the greatest distance from the least desirable genotype. The genotype rankings obtained through the SIIG method were relatively consistent

Copyright ©2026. Bakhshi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]

with those based on average seed yield, suggesting that the promising lines in this study possessed desirable agronomic traits in addition to high productivity. Evaluation of genetic gain using both ranking methods based on mean yield and the SIIG index indicated that, while both approaches effectively identified high-yielding genotypes, the SIIG method showed greater genetic improvement in the other quantitative traits, such as plant height, the number of branches per plant, the number of pods per plant, and the number of seeds per pod. Broad-sense heritability estimates revealed that seed yield, plant height, the number of pods per plant, days to flowering initiation, and the number of seeds per pod had the highest heritability values, respectively. Principal component analysis (PCA) showed that the first two components accounted for 69.83% of the total variation. Seed yield and its components, including the number of branches per plant, the number of pods per plant, the number of seeds per pod, and thousand-seed weight, were most strongly associated with the first principal component. In contrast, plant height and phenological traits, such as days to flowering initiation, days to end of flowering, and days to maturity, were most correlated with the second component. PCA also revealed that the SIIG index was highly correlated with the first component, alongside traits such as seed yield, the number of branches per plant, the number of pods per plant, the number of seeds per pod, and thousand-seed weight. The biplot based on the first two principal components confirmed that lines 9, 10, and 7 were the most promising genotypes in this study.

Conclusion: The significant differences observed in morphological and phenological traits, along with the presence of substantial variability in seed yield, the number of branches per plant, the number of seeds per pod, and flowering duration, highlight the potential of the evaluated promising rapeseed lines for future breeding programs. Genotype selection using the SIIG demonstrated the utility of this multi-trait approach as an effective tool for identifying superior rapeseed lines. This method not only led to the identification of genotypes with high seed yield but also ensured the selection of genotypes with desirable agronomic characteristics. Overall, the results showed that the SIIG-based selection method was associated with considerable genetic improvements in both yield and other quantitative traits. The selected genotypes exhibited superior performance across multiple traits, indicating their suitability for further breeding and commercial cultivation. Ultimately, three promising lines—9 (SRL-98-17), 7 (SRL-98-15), and 10 (SRL-98-19)—were identified as the most adapted and high-performing genotypes under the environmental conditions of the Sistan region, due to their high yield potential, early maturity, and favorable agronomic traits.

Keywords: Agronomic traits, Genotype ranking, Sistan region, Yield

How to Cite This Article: Bakhshi, B., Amiri Oghan, H., & Keshtgar Khajedad, M. (2026). Evaluation of Adaptability and Selection of Promising Oilseed Rape Lines Using Multivariate Analysis and the Selection Index of Ideal Genotype (SIIG) Methods. *J Crop Breed*, 18(3), 3-16. DOI: 10.66224/jcb.2026.1623

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

ارزیابی سازگاری و انتخاب لاین‌های امیدبخش کلزا با استفاده از روش‌های تجزیه چندمتغیره و شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)

بهنام بخشی[۱]، حسن امیری اوغان[۲] و محمد کشت‌گر خواجه‌داد[۳]

۱- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران، (نویسنده مسوول: b.bakhshi@areeo.ac.ir)

۲- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات اصلاح وتهیه و نهال بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- کارشناس، بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۱۱

صفحه ۳ تا ۱۶

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: گیاه کلزا بعد از سویا به‌عنوان دومین محصول مهم دانه روغنی در دنیا مورد توجه است. با توجه به اثرات ناشی از تغییر اقلیم به‌خصوص در مناطق گرم و خشک مانند سیستان، ضرورت دارد تا لاین‌های کلزای بهاره سازگار با خصوصیات مطلوب پرمحصولی و زودرسی معرفی شوند.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، تعداد ۱۰ لاین امیدبخش کلزای بهاره که از آزمایش‌های مقدماتی در اقلیم گرم شمال و جنوب کشور انتخاب شدند، در شرایط منطقه سیستان به همراه سه رقم شاهد دلگان، صفار و RGS003 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۹-۱۴۰۱) کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. لاین‌های بهاره مورد استفاده در این پروژه، خالص و به روش شجره‌ای به‌دست آمده‌اند. در طول دوره رشد، صفات روز تا آغاز گل‌دهی، روز تا پایان گلدهی، طول دوره گل‌دهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع، تعداد شاخه در بوته، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین یادداشت‌برداری شدند. پس از برداشت نیز صفات عملکرد دانه و وزن هزار دانه ثبت شدند. تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه و سایر صفات کمی انجام شد. مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد. تجزیه همبستگی بین صفات کمی با استفاده از روش پیرسون انجام شد. تجزیه به عامل‌ها به‌منظور شناسایی عامل‌های اصلی و با استفاده از همبستگی پیرسون انجام شد. بررسی ژنوتیپ‌ها و انتخاب همزمان بر اساس صفات زراعی و عملکرد نیز با استفاده از روش شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) انجام شد. در این روش، مقادیر حداکثر برای صفات طول دوره گل‌دهی، تعداد شاخه جانبی، ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و عملکرد دانه و مقادیر حداقل برای صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا خاتمه گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی در نظر گرفته شدند. به‌منظور انجام آنالیزهای آماری از نرم‌افزارهای XLSTAT و SPSS استفاده شد.

یافته‌ها: بررسی تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر ژنوتیپ برای تمام صفات مورد ارزیابی معنی‌دار بود. بررسی صفات کمی نشان داد که صفات عملکرد دانه، تعداد شاخه در بوته، تعداد دانه در خورجین و طول دوره گلدهی (تعداد روز) به‌ترتیب با مقادیر ۱۰/۹، ۱۰/۱، ۹/۸ و ۶/۷ درصد دارای بیشترین مقادیر ضریب تغییرات بودند. مقایسه میانگین عملکرد نشان داد که لاین‌های شماره ۹، ۱۰ و ۷ به ترتیب با میانگین عملکرد ۳۱۳۷، ۳۱۰۵ و ۳۰۹۶ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان سه لاین امیدبخش برتر و با میانگین عملکرد بالاتر از ارقام شاهد بودند. شاهدهای RGS003 (شماره ۱۲) و دلگان (شماره ۱۱) به‌ترتیب با میانگین عملکرد ۲۸۵۷ و ۲۸۰۶ کیلوگرم در هکتار رتبه‌های بعدی را از نظر عملکرد داشتند. همچنین لاین‌های شماره ۹ و ۱۰ افزون‌بر خصوصیت پرمحصولی، دارای زودرسی مطلوب و بدون اختلاف معنی‌دار با رقم بسیار زودرس صفار (شماره ۱۳) بودند. نتایج بررسی همبستگی بین صفات کمی نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته و همچنین تعداد شاخه در بوته داشت. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل، لاین‌های امیدبخش ۱۰، ۹، ۷، ۱ و ۸ را به‌ترتیب با کمترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و با بیشترین فاصله از ژنوتیپ غیر ایده‌آل به‌عنوان برترین لاین‌های بررسی‌شده در این مطالعه شناسایی کرد. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص ژنوتیپ ایده‌آل در مقایسه با روش رتبه‌بندی با میانگین عملکرد، مقادیر رتبه نسبتاً نزدیکی را نشان داد. این نتیجه نشان می‌دهد که لاین‌های امیدبخش از خصوصیات مطلوب زراعی علاوه‌بر عملکرد برخوردار هستند. همچنین، بررسی پیشرفت ژنتیکی با استفاده از دو روش رتبه‌بندی بر اساس میانگین عملکرد و رتبه‌بندی با شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل نشان داد که هر دو روش قابلیت زیادی در انتخاب ژنوتیپ‌های با میانگین عملکرد بالا داشتند، اما در روش رتبه‌بندی با شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل، پیشرفت ژنتیکی بیشتری در سایر صفات کمی از جمله تعداد ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین حاصل شد. بررسی وراثت‌پذیری عمومی صفات نشان داد که به‌ترتیب صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد روز تا شروع گلدهی و تعداد دانه در خورجین دارای بیشترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی بودند. همچنین، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مؤلفه اول ۶۹/۸۳ درصد از تغییرات موجود را پوشش دادند. نتایج این مطالعه نشان دادند که صفات عملکرد و اجزای آن شامل تعداد شاخه در بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه بیشترین همبستگی را با مؤلفه اول داشتند. از طرف دیگر، صفت ارتفاع بوته به‌همراه صفات فنولوژی شامل تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا خاتمه گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی، بیشترین همبستگی را با مؤلفه دوم داشتند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل دارای بیشترین همبستگی با مؤلفه اول همراه صفات عملکرد دانه، تعداد شاخه در بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه است. بای‌پلات دو مؤلفه اول حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز سه لاین امیدبخش ۹، ۱۰ و ۷ را به‌عنوان برترین لاین‌ها شناسایی کرد.

نتیجه‌گیری: تفاوت‌های معنی‌دار از نظر خصوصیات مورفولوژیک و فنولوژیک و همچنین وجود تنوع مناسب در صفات عملکرد دانه، تعداد شاخه در بوته، تعداد دانه در خورجین و طول دوره گلدهی، نشانگر پتانسیل لاین‌های امیدبخش کلزا ارزیابی شده در برنامه‌های اصلاحی پیش‌رو هستند. انتخاب ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص ژنوتیپ ایده‌آل نشان می‌دهد که استفاده از این شاخص به‌عنوان یک معیار چندصفتی کارآمد در انتخاب لاین‌های امیدبخش برتر کلزا قابل استفاده است؛ به‌طوری‌که رتبه‌بندی با این روش پیشرفت ژنتیکی بالایی را در عملکرد دانه و سایر صفات کمی نشان داد، و ژنوتیپ‌های منتخب نه‌تنها دارای عملکرد بالا بودند، بلکه از نظر سایر صفات زراعی نیز وضعیت مطلوبی را داشتند. در نهایت، سه لاین امیدبخش ۹ (SRL-98-17)، ۷ (SRL-98-15) و ۱۰ (SRL-98-19) با ویژگی‌های پرمحصولی، زودرسی و خصوصیات مطلوب زراعی، به عنوان لاین‌های سازگار با منطقه سیستان معرفی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها، صفات زراعی، عملکرد، منطقه سیستان

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخائر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. این گیاهان به‌عنوان مهم‌ترین منبع تامین کننده روغن با تامین اسیدهای چرب غیر اشباع شناخته شده‌اند. در سال ۲۰۲۳ میلادی، سهم آسیا از این سطح کشت ۱۷۸۹۸۴۶۷ هکتار و تولید ۳۰۹۱۶۱۸۰ تن بود. براساس آخرین آمار منتشره سازمان جهانی غذا و کشاورزی، فرانسه، آلمان و کانادا با تولید ۲۰ میلیون تن دانه کلزا، کشورهای پیشتاز تولید کلزا در دنیا هستند. براساس گزارش فائو، ایران رتبه بیست و هفتم را در تولید کلزا در جهان دارد (FAO, 2025). در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲، عملکرد کلزا در شرایط آبی و دیم به‌ترتیب برابر ۲۱۲۴ و ۱۰۸۹ کیلوگرم در هکتار بود (Anonymous, 2025). همچنین، بر اساس گزارش سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO, 2025)، میانگین عملکرد کلزا در ایران، آسیا و دنیا در سال ۲۰۲۳، به‌ترتیب ۱۸۰۰، ۱۷۳۰ و ۲۱۱۴ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. بر این اساس میانگین عملکرد کلزا در ایران، به‌میزان ۷۰ کیلوگرم بیشتر از میانگین آسیا و ۳۱۴ کیلوگرم کمتر از میانگین جهانی است.

خانواده شب‌بو دارای محصولات زراعی مهمی هستند که از بین آن‌ها از گونه *Brassica* بیش از هزاران سال برای تهیه روغن استفاده می‌شود (Warwick *et al*., 2006; Wu *et al*., 2018). بر اساس گزارش فائو، کلزا (*Brassica napus* L.; 2n=38) به‌عنوان دومین محصول دانه روغنی بعد از سویا مورد توجه است که سطح کشت ۴۴۱۳۰۱۹۱ هکتار را در جهان شامل می‌شود (FAO, 2018). اما کشت کلزا در ایران به‌خصوص در مناطق گرم و خشک از جمله سیستان با مشکل تنش‌های محیطی از جمله خشکی و گرمای بالا مواجه است. میزان بارندگی در ایران در طی چهار دهه گذشته کاهش یافته است (Tabari *et al*., 2012). در حالی‌که کلزا محصولی است که به مناطق با میزان بارندگی بالا سازگار است و به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر شایط تنش خشکی قرار می‌گیرد (Bakhsi, 2021). تغییرات اقلیمی باعث افزایش تنش‌های محیطی از جمله گرما و تنش خشکی شده‌اند که تولید کلزا را تحت تاثیر قرار داده‌اند (Lobell & Gourdji, 2012). بنا بر این، شناسایی ارقام سازگار در این شرایط به‌خصوص گرمای بالا از برنامه‌های اصلی در به‌نژادی کلزا است. در انتخاب رقم باید سازگاری رقم، کیفیت بذر، ویژگی‌های خاک و شرایط آب و هوایی، عملکرد دانه و صفات دیگری مانند زودرسی، مقاومت به ریزش، مقاومت به خوابیدگی بوته، مقاومت به بیماری ها و سایر خصوصیات زراعی مورد توجه قرار گیرند. رشد اولیه سریع، گلدهی زودهنگام پس از روزت، ساقه‌های کوتاه و ضخیم، برخورداری از تعداد خورجین ۵۰۰۰ تا ۸۰۰۰ عدد در متر مربع، طویل و عمودی بودن خورجین‌ها و افزایش تعداد خورجین در ساقه اصلی و کاهش تعداد ساقه‌های فرعی از خصوصیات ایده‌آل کلزا جهت تولید عملکرد بالا ذکر شده‌اند (Thurling, 1991). در یک مطالعه، عکس‌العمل ۱۷ رقم کلزا در شرایط مزرعه‌ای در دزفول بررسی و گزارش شد که بین ارقام مورد بررسی از لحاظ عملکرد و دیگر صفات اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین، در این مطالعه گزارش شد که عملکرد دانه در صفات مورد بررسی با وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین بیشترین همبستگی مثبت و در سطح معنی‌داری یک درصد داشت (Moradi *et al*., 2017). در مطالعه دیگری، به‌منظور مقایسه مقدماتی عملکرد ارقام و لاین‌های بهاره کلزا، آزمایشی با ۲۱ تیمار به‌مدت یک سال زراعی (۱۳۹۹-۱۳۹۸) در مناطق گرگان، ساری، رشت، زابل و برازجان انجام شد. مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بودند؛ در نهایت، با استفاده از روش‌های تجزیه چندمتغیره، هشت ژنوتیپ برتر از نظر خصوصیات زراعی و عملکردی از بین سایر ژنوتیپ‌ها انتخاب شدند (Bakhshi *et al*., 2021). کشت کلزا در تناوب زراعی با گندم در دستور کار وزارت جهاد کشاورزی در برخی از استان‌های کشور از جمله استان سیستان و بلوچستان است. تغییر الگوی کشت در منطقه سیستان و رعایت تناوب

گندم-کلزا از برنامه‌های اساسی پیش رو در منطقه سیستان است و برنامه‌ریزی برای توسعه این گیاه زراعی در کشاورزی منطقه سیستان روز به روز شتاب بیشتری به‌خود گیرد. در حال حاضر، عمده ارقامی که در استان سیستان و بلوچستان کشت می‌شوند از هیبریدهای هایولا هستند که با توجه به هیبرید و وارداتی بودن والدین آن، ریسک بسیار بالایی به‌دلیل وابستگی به یک رقم متوجه کلزاکاران استان است. از طرف دیگر، باید در نظر داشت که به‌منظور افزایش ترغیب کشاورزان برای کشت ارقام آزادگرده‌افشان کلزا، باید ارقام جدیدی که در منطقه توسعه می‌یابند از عملکرد مطلوبی برخوردار باشند. همچنین، با توجه به اثرات ناشی از تغییر اقلیم، افزایش دما، فرا رسیدن زودهنگام گرما و تشدید تنش خشکی انتهای فصل در منطقه، ضرورت دارد تا علاوه‌بر عملکرد بالا به صفاتی چون زودرسی در به‌نژادی کلزا توجه شود.

هدف از اجرای این آزمایش بررسی مقدماتی ۱۰ لاین امیدبخش کلزای بهاره به‌همراه سه رقم شاهد در منطقه گرم و خشک سیستان است که با استفاده از روش‌های آماری تجزیه چندمتغیره و شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل برترین لاین‌ها شناسایی شدند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه عملکرد و انتخاب برترین‌ها از لاین‌های امیدبخش کلزای بهاره، تعداد ۱۰ لاین به‌همراه سه رقم شاهد در آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک (۶۱ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی، ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی) واقع در منطقه سیستان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به‌مدت دو سال زراعی (۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰) کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. لاین‌های بهاره مورد استفاده در این پروژه، قبلاً به روش شجره‌ای توسط موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر خالص شده بودند. نام و شجره لاین‌های استفاده شده در این مطالعه در جدول ۱ ارائه شده‌اند. در اجرای این تحقیق از ارقام دلگان، صفار و RGS003 به‌عنوان شاهد

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]

استفاده شد. در طول فصل زراعی، صفات روز تا آغاز گلدهی، روز تا پایان گلدهی، طول دوره گل‌دهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع (سانتی‌متر)، تعداد شاخه در بوته، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین یادداشت‌برداری شدند. هر لاین در چهار خط ۵ متری به فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر از هم کشت و تراکم بوته در واحد سطح حدود ۶۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. پس از شخم، دیسک (برای خرد شدن کلوخه‌ها) و ماله‌کشی (جهت تسطیح) انجام شد. کوددهی (اوره به‌میزان ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار و تقسیط در سه مرحله پیش از کاشت، شروع ساقه‌دهی و غنچه‌دهی، سولفات پتاسیم ۶۰ کیلوگرم در هکتار پیش از کاشت و سوپر فسفات تریپل به‌میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار پیش از کاشت) بر اساس نتایج آزمایش تجزیه خاک (کربن آلی ۰/۴ درصد، فسفر قابل جذب ۹ میلی‌گرم در کیلوگرم و پتاسیم قابل جذب ۱۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) انجام پذیرفت. کشت در اول آبان به‌صورت مکانیزه با استفاده از دستگاه ردیف‌کار آزمایشات و به‌صورت هیرم‌کاری انجام و در مرحله شش برگی وجین به‌صورت دستی انجام پذیرفت. آبیاری در پنج مرحله رشدی گیاه شامل: روزت، غنچه‌دهی، شروع گل‌دهی، خورجین‌دهی و پرشدن دانه‌ها انجام پذیرفت. پس از برداشت، صفات عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و وزن هزار دانه (گرم) نیز ثبت شدند. اطلاعات اقلیمی و شرایط آب و هوایی منطقه اجرای آزمایش در جدول ۲ گزارش شده‌اند. آزمون نرمال‌بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها با استفاده از روش بارتلت انجام شد. تجزیه واریانس مرکب در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای عملکرد دانه و سایر صفات کمی انجام شد. در ادامه، مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد. تجزیه همبستگی بین صفات کمی با استفاده از روش پیرسون (Benesty *et al.*, 2009) انجام شد. تجزیه به عامل‌ها (Kherif & Latypova, 2020) به‌منظور شناسایی عامل‌های اصلی و با استفاده از همبستگی پیرسون محاسبه شد. با استفاده از دو مولفه اول، بای‌پلات برای صفات کمی ترسیم شد.

بررسی ژنوتیپ‌ها و انتخاب همزمان بر اساس صفات زراعی و عملکرد با استفاده از روش شاخص ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG[1]) انجام شد (Zali *et al.*, 2015). به‌منظور محاسبه شاخص ژنوتیپ ایده‌آل، ابتدا ماتریس داده‌ها (D) به‌صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$D = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{vmatrix}$$

که در آن، x_{ij} مقدار صفت iام (i=1,2,…,n) از ژنوتیپ jام (j=1,2,…,m) است. داده‌های ماتریس با استفاده از رابطه ۱ نرمال می‌شوند و تشکیل مقادیر ماتریس نرمال (R) را می‌دهند.

رابطه (۱) $$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}^2}}$$

$$R = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{vmatrix}$$

در ادامه برای هر صفت، فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل (d_i^+) و ژنوتیپ ضعیف (d_i^-) با استفاده از روابط ۲ و ۳ محاسبه می‌شوند:

رابطه (۲) $$d_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad i = 1, \dots, n$$

رابطه (۳) $$d_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} (r_{ij} - r_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, n$$

که در آن، r_{ij} مقدار نرمال شده صفت iام از ژنوتیپ jام است. r_j^+ و r_j^- به‌ترتیب مقدار نرمال شده ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ ضعیف برای هر صفت هستند. d_i^+ و d_i^- نیز به‌ترتیب فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و ضعیف هستند. در نهایت، شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل از رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

رابطه (۴) $$SIIG = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$
$$i = 1,2, \dots, m \quad 0 \le SIIG \le 1$$

مقدار شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل بین صفر تا یک متغیر است و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد از برتری بیشتری برخوردار است (Zali & Barati, 2020).

با توجه به امید ریاضی واریانس ژنوتیپ‌ها و خطا در جدول تجزیه واریانس، مقادیر واریانس ژنوتیپی و واریانس فنوتیپی محاسبه شد. وراثت‌پذیری عمومی هر صفت نیز از رابطه ۵ به‌دست آمد.

رابطه (۵) $$H^2 = \frac{VG}{VP} \times 100$$

که در آن VP، واریانس فنوتیپی، VG، واریانس ژنتیکی و H^2 وراثت‌پذیری هستند. به‌منظور محاسبه پیشرفت ژنتیکی (GG) از رابطه ۶ استفاده شد.

رابطه (۶) $$GG = H^2 \times K \times \frac{\sqrt{VP}}{\overline{X}} \times 100$$

که در آن $\overline{X}$ میانگین صفت و K دیفرانسیل گزینش در واحد استاندارد هستند.

به‌منظور انجام آنالیزهای آماری از نرم‌افزارهای XLSTAT (Addinsoft, 2010) و SPSS (Verma, 2012) استفاده شد. در نهایت، با استفاده از روش‌های آماری بهترین ژنوتیپ‌های حاصل از نتایج سال اول و دوم پروژه شناسایی شدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

پس از تایید همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب انجام شد. نتایج نشان دادند که اثر ژنوتیپ برای صفات عملکرد دانه، روز تا آغاز گلدهی، روز تا

[1]. Selection index of ideal genotype

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]

پایان گلدهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). بنا بر این، ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارای تفاوت‌های معنی‌داری با یکدیگر از نظر خصوصیات مورفولوژیک و فنولوژیک بودند. در مطالعه دیگری که در خراسان شمالی انجام شد، تفاوت معنی‌داری از نظر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد خورجین در بوته و برخی از صفات فنولوژیک مشاهده شد (Frooghi *et al.*, 2017). همچنین، اثر متقابل سال در ژنوتیپ برای تمامی صفات معنی‌دار شد (جدول ۳). دلیل این اتفاق می‌تواند تغییرات اقلیمی باشد که طی دو سال زراعی مورد مطالعه اتفاق افتادند و منجر به ایجاد اثرات متقابل شدند (جدول ۲). بررسی ضریب تغییرات نشان داد که بیشترین تغییرات اتفاق افتاده متعلق به صفات تعداد شاخه در بوته، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته و طول دوره گلدهی بود.

مقایسه میانگین صفات کمی

مقایسه میانگین با روش حداقل اختلاف معنی‌دار برای صفات کمی انجام شد (جدول ۴). بررسی میانگین عملکرد لاین‌های مورد بررسی نشان داد که میانگین کل لاین‌ها ۲۵۳۵ کیلوگرم در هکتار بود. لاین‌های ۹ (رتبه ۱)، ۱۰ (رتبه ۲) و ۷ (رتبه ۳) به‌ترتیب با عملکرد ۳۱۳۷، ۳۱۰۵ و ۳۰۹۶ کیلوگرم در هکتار و بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر به‌عنوان برترین لاین‌ها شناسایی شدند. شاهدهای RGS003 (شماره ۱۲) و دلگان (شماره ۱۱) نیز به‌ترتیب با میانگین عملکرد ۲۸۵۷ و ۲۸۰۶ کیلوگرم در هکتار رتبه‌های بعدی را از نظر عملکرد نشان دادند. رقم شاهد RGS003 (شماره ۱۲) تفاوت معنی‌داری را با سه ژنوتیپ برتر ۹، ۱۰ و ۷ نشان نداد، اما رقم دلگان (شماره ۱۱) دارای تفاوت معنی‌دار با لاین شماره ۹ و بدون اختلاف معنی‌دار با لاین‌های ۱۰ و ۷ بود.

از نظر تعداد روز تا شروع گلدهی، رقم شاهد صفار (شماره ۱۳) سریع‌تر از سایر لاین‌ها و ارقام شاهد وارد مرحله گلدهی شد (۹۹ روز). لاین‌های امیدبخش ۹ و ۱۰ به‌ترتیب بعد از رقم صفار و بدون اختلاف معنی‌دار با این رقم و پس از ۱۰۰ و ۱۰۱ روز وارد مرحله آغاز گلدهی شدند. لاین‌های شماره ۳ و ۷ دیرتر از سایر لاین‌ها و ارقام شاهد وارد مرحله آغاز گلدهی شدند و با ارقام شاهد RGS003 (شماره ۱۲) و دلگان (شماره ۱۱) اختلاف معنی‌داری نداشتند. رقم شاهد صفار (شماره ۱۳) سریع‌تر از سایر لاین‌ها و ارقام و پس از ۱۵۶ روز وارد مرحله خاتمه گلدهی شد. لاین‌های ۹ و ۱۰ نیز بدون اختلاف معنی‌دار و پس از ۱۵۷ روز خاتمه گلدهی در آن‌ها مشاهده شد. از نظر تعداد روز تا رسیدگی نیز مجدداً رقم صفار (شماره ۱۳) سریع‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها و پس از ۱۶۵ روز وارد مرحله رسیدگی شد. لاین‌های ۹ و ۱۰ بدون اختلاف معنی‌دار و پس از ۱۶۶ روز رسیدگی در آن‌ها مشاهده شد.

بنا بر این، بر اساس نتایج اطلاعات مراحل فنولوژی لاین‌های امیدبخش، لاین‌های شماره ۹ و ۱۰ که از نظر تمام خصوصیات فنولوژی از جمله تعداد روز تا شروع گلدهی، خاتمه گلدهی و رسیدگی اختلاف معنی‌داری را با ژنوتیپ شاهد زودرس صفار (شماره ۱۳) نشان ندادند به‌عنوان لاین‌های امیدبخش زودرس معرفی می‌شوند. افزون‌بر زودرسی، این دو لاین پرمحصول نیز بودند. معمولاً ارقام پرمحصول دیررس‌تر هستند. بنا بر این، وجود دو صفت مهم پرمحصولی و زودرسی در لاین‌های امیدبخش ۹ و ۱۰ از ویژگی بسیار مهم برای آن‌ها به‌شمار می‌رود.

میانگین‌های سایر صفات کمی مرتبط با اجزای عملکرد بررسی و مقایسه شدند. از نظر ارتفاع بوته، لاین شماره ۱۰ به‌عنوان پابلندترین لاین با میانگین ارتفاع ۱۳۶/۵ سانتی‌متر شناسایی شد. این لاین اختلاف معنی‌داری را با لاین‌های شماره ۵ و ۱ از نظر ارتفاع بوته نشان نداد، اما نسبت به تمامی ارقام شاهد دارای اختلاف معنی‌داری از این نظر بود. از نظر تعداد شاخه در بوته، لاین شماره ۷ با تعداد ۸ عدد دارای بیشترین تعداد شاخه در بوته بود. این ژنوتیپ تفاوت معنی‌داری را از این نظر با لاین‌های ۱، ۹، ۱۰، ۸ و رقم دلگان (شماره ۱۱) نشان نداد. لاین شماره ۳ با تعداد ۶ شاخه در بوته دارای کمترین تعداد شاخه بود و با لاین‌های ۶، ۲ و RGS003 (شماره ۱۲) تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. بررسی خصوصیت تعداد خورجین در بوته نشان داد که لاین شماره ۱۰ با تعداد ۲۳۵ خورجین در بوته دارای بیشترین تعداد خورجین در بوته بود و لاین‌های ۷، ۱، ۹ و رقم دلگان (شماره ۱۱) اختلاف معنی‌داری را با این لاین از نظر تعداد خورجین در بوته نشان ندادند. از نظر تعداد دانه در خورجین، لاین‌های ۱۰ و ۷ با تعداد ۲۳ عدد دارای بیشترین تعداد دانه در خورجین بودند و لاین‌های ۹، ۱، ۴ و ۲ بدون اختلاف معنی‌دار با آن‌ها مشاهده شدند. لاین‌های امیدبخش مذکور دارای اختلاف معنی‌دار از نظر تعداد دانه در خورجین با ارقام شاهد بودند. از نظر وزن هزاردانه، رقم شاهد RGS003 دارای بیشترین وزن هزار دانه با مقدار ۳/۸۶ گرم بود. لاین‌های امیدبخش ۷، ۱ و ۹ و ارقام شاهد دلگان (شماره ۱۱) و صفار (شماره ۱۳) اختلاف معنی‌داری را از این نظر با رقم شاهد RGS003 نشان ندادند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]

جدول ۱- کد، نام و شجره ژنوتیپ های کلزا مورد ارزیابی
Table 1. Codes, names, and pedigrees of the evaluated oilseed rape genotypes

شماره No.	ژنوتیپ Genotype	شجره Pedigree
1	SRL-98-2	Zarfam x R401
2	SRL-98-3	Talayea x R308
3	SRL-98-5	Zarfam x R308
4	SRL-98-11	Okapi x R401
5	SRL-98-12	RGS003 x Sarigol
6	SRL-98-14	19H x RGS003
7	SRL-98-15	RW x 19H
8	SRL-98-16	Fornex x R401
9	SRL-98-17	Okapi x R308
10	SRL-98-19	Modena x R401
11	Dalgan (Check)	Dalgan
12	RGS003 (Check)	RGS003
13	Saffar (Check)	Saffar

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی در طی دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰
Table 2. Meteorological data during cropping seasons of 2020-2021 and 2021-2022

بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)		میانگین دما (°C) Mean tempreture (°C)		دمای حداقل (°C) Min. tempreture (°C)		دمای حداکثر (°C) Max. tempreture (°C)		Month	ماه
1400-1401 2021-2022	1399-1400 2020-2021	1400-1401 2021-2022	1399-1400 2020-2021	1400-1401 2021-2022	1399-1400 2020-2021	1400-1401 2021-2022	1399-1400 2020-2021		
0.0	0.0	26.5	25.2	11.2	7.4	43.7	40.0	Oct.	مهر
2.6	0.0	17.7	20.1	3.3	1.8	33.4	36.8	Nov.	آبان
0.2	0.0	12.0	10.9	0.6	-6.0	24.9	26.6	Dec.	آذر
0.0	0.0	9.2	10.7	-2.6	-2.0	21.0	25.0	Jan.	دی
11.6	0.0	11.9	11.7	0.7	-5.2	26.2	29.4	Feb.	بهمن
27.0	2.6	16.7	20.9	3.7	8.0	32.7	34.0	Mar.	اسفند
3.6	11.3	27.9	27.7	14.2	9.0	42.8	43.6	Apr.	فروردین
1.0	0.0	32.5	33.3	17.5	15.2	47.5	47.6	May.	اردیبهشت
46	13.9								مجموع

همبستگی بین صفات کمی

نتایج بررسی همبستگی بین صفات کمی نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته و تعداد شاخه در بوته داشت. بنا بر این، افزایش کمی صفاتی از جمله ارتفاع بوته، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته و تعداد شاخه در بوته باعث افزایش عملکرد در لاین‌های بهاره کلزا خواهد شد. افزون بر این، از بین صفاتی که در افزایش عملکرد نقش دارند، ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته و تعداد شاخه در بوته ارتباط مثبت و معنی‌دار وجود داشت. همبستگی مثبت عملکرد دانه با صفات تعداد خورجین در بوته (Baradaran *et al*., 2007; Frooghi *et al*., 2017) و صفت تعداد دانه در خورجین (Frooghi *et al*., 2017; Ismaili *et al*., 2015; Moradi *et al*., 2017) قبلاً نیز گزارش شده است. بررسی همبستگی بین اجزای عملکرد، همبستگی بالایی را بین آنها نشان داد، به‌طوری‌که صفت وزن هزاردانه با صفت تعداد خورجین در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد. صفت تعداد دانه در خورجین با صفات تعداد شاخه در بوته و تعداد خورجین در بوته دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود. صفت تعداد خورجین در بوته نیز با صفات تعداد شاخه در بوته و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد. بررسی همبستگی خصوصیات فنولوژی نشان داد که صفت تعداد روز تا آغاز گلدهی با تعداد روز تا خاتمه گلدهی ارتباط مستقیم و معنی‌دار داشت. افزون بر این، صفت تعداد روز تا رسیدگی با صفات تعداد روز تا شروع گلدهی و تعداد روز تا خاتمه گلدهی همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد (جدول ۵). حادث شدن سریع‌تر زمان گل‌دهی از ویژگی‌های مطلوب در ارقام کلزای بهاره به‌خصوص در اقلیم گرم است. دلایل آن طی نمودن سریع‌تر مراحل فنولوژیک و عدم برخورد با تنش گرما و خشکی آخر فصل و از طرف دیگر طولانی‌تر شدن دوره پرشدن دانه است. در حقیقت، زمانی‌که گلدهی زودتر اتفاق می‌افتد، به همان نسبت نیز گلبرگ‌ها سریع‌تر ریزش می‌یابند و بنابراین سایه‌اندازی ناشی از گل‌ها بر روی برگ‌های درون کانوپی کاهش خواهد یافت که این مسئله از طریق افزایش مقدار تشعشع نفوذ کرده به داخل کانوپی، فتوسنتز را افزایش می‌دهد و به رشد بهتر خورجین‌ها کمک می‌کند (Friedt & Snowdon, 2009).

رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها

ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در این مطالعه بر اساس شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SSIG) رتبه‌بندی شدند. مقدار شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل بین صفر تا یک متغیر است و هرچه ژنوتیپ موردنظر به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد مقدار شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود و ژنوتیپ‌هایی که مقدار شاخص آن‌ها نزدیک به صفر باشد، به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ در نظر گرفته می‌شوند (Zali *et al*., 2015). در این روش، بهترین ژنوتیپ، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ‌های ایده‌آل و دورترین از ژنوتیپ‌های غیر ایده‌آل یا ضعیف است (Zali *et al*., 2015). در این تحقیق، به‌منظور انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل مقادیر حداکثر برای صفات طول دوره گل‌دهی، تعداد شاخه جانبی، ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و عملکرد دانه و مقادیر

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]

حداقل برای صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا خاتمه گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی در نظر گرفته شدند. بر این اساس، رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها انجام شد و لاین‌های امیدبخش ۱۰، ۹، ۷، ۱ و ۸ به‌ترتیب با کمترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و بیشترین فاصله از ژنوتیپ غیر ایده‌آل به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. ارقام شاهد دلگان، صفار و RGS003 به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی پس از لاین‌های امیدبخش برتر مشاهده شدند. بنا بر این، لاین‌های امیدبخش۱۰، ۹، ۷، ۱ و ۸ دارای خصوصیات برتر از نظر عملکرد و خصوصیات زراعی نسبت به ارقام شاهد بودند. لاین‌های امیدبخش ۲، ۵، ۴، ۶ و ۳ نیز به‌ترتیب رتبه‌های بعدی را پس از ارقام شاهد کسب نمودند. بنا بر این، لاین‌های امیدبخش ۲، ۵، ۴، ۶ و ۳ به‌دلیل رتبه پایین شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل و همچنین قرار گرفتن در رتبه‌های بعد از ارقام شاهد، قابلیت انتخاب نداشتند و به‌عنوان لاین‌های نامطلوب طبقه‌بندی شدند (جدول ۶).

رتبه‌بندی لاین‌های امیدبخش با استفاده از شاخص ژنوتیپ ایده‌آل در مقایسه با روش رتبه‌بندی با میانگین عملکرد، مقادیر رتبه نسبتاً نزدیکی را نشان داد. مقادیر این دو روش رتبه‌بندی در لاین‌های امیدبخش بسیار نزدیک‌تر به یکدیگر نسبت به برخی از ارقام شاهد از جمله RGS003 مشاهده شدند. این نتیجه نشان می‌دهد که لاین‌های امیدبخش مورد بررسی در این مطالعه از خصوصیات مطلوب زراعی علاوه بر عملکرد برخوردار هستند. رتبه پایین‌تر رقم شاهد RGS003 در شاخص رتبه‌بندی ژنوتیپ ایده‌آل نسبت به روش رتبه‌بندی میانگین عملکرد بیانگر این مطلب است که این رقم اگرچه عملکرد نسبتاً مطلوب (رتبه ۴) را داشت، اما به‌دلیل برخی از خصوصیات نامطلوب زراعی، از جمله دیررسی، رتبه پایین‌تری (رتبه ۸) را در روش رتبه‌بندی با شاخص ژنوتیپ ایده‌آل کسب کرد (جدول ۶).

بررسی همبستگی بین شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل و صفات کمی (جدول ۵) نشان داد که شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل همبستگی مثبت و معنی‌داری را با صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، تعداد شاخه در بوته، وزن هزار دانه و تعداد روز تا آغاز گلدهی داشت. این نتیجه نشان می‌دهد که صفات کمی مورد بررسی تاثیر مهمی در رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها داشتند و در این بین صفات مذکور و به‌خصوص عملکرد و اجزای آن بیشترین تاثیر را داشته‌اند. بنا بر این، شاخص ژنوتیپ ایده‌آل می‌تواند به‌عنوان یک شاخص چندصفتی کارآمد در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر با درنظر گرفتن مقادیر ایده‌آل برای هر صفت در نظر گرفته شود؛ به‌طوری‌که در نهایت ژنوتیپ منتخب نه تنها دارای عملکرد بالا است بلکه از نظر سایر صفات زراعی نیز وضعیت مطلوبی را خواهد داشت.

بررسی ضرایب تنوع، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی

بررسی صفات کمی نشان داد که صفات عملکرد دانه، تعداد شاخه در بوته، تعداد دانه در خورجین و طول دوره گلدهی به‌ترتیب با مقادیر ۱۰/۹، ۱۰/۱، ۹/۸ و ۶/۷ دارای بیشترین مقادیر ضریب تغییرات در بین صفات کمی بودند (جدول ۷). در مطالعه اخیر انجام‌شده بر روی لاین‌های امیدبخش بهاره کلزا نیز صفات کمی عملکرد دانه و تعداد شاخه در بوته بیشترین ضرایب تغییرات را دارا بودند (Bakhshi *et al*., 2021). عبدالهی حصار و همکاران (Abdollahi Hesar *et al*., 2020) نیز برای صفات تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه بیشترین ضرایب تنوع فنوتیپی را در ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا گزارش کردند. همچنین در مطالعه‌ای که ارشدی بیدگلی و همکاران (Arshadi Bidgoli *et al*., 2018) بر روی دورگ‌های حاصل از سه لاین کلزای بهاره انجام دادند، بیشترین ضریب تغییرات را در عملکرد دانه مشاهده کردند. بنا بر این، با توجه به نتایج حاصل شده در این مطالعه و مطالعات قبلی، می‌توان نتیجه گرفت که لاین‌های امیدبخش از نظر عملکرد دانه، تعداد شاخه در بوته، تعداد دانه در خورجین و طول دوره گلدهی از تنوع مناسبی برخوردار هستند و بنا بر این امکان بیشتری برای انتخاب لاین‌هایی با عملکرد دانه برتر در این مطالعه وجود دارد.

بررسی وراثت‌پذیری عمومی صفات نشان داد که به ترتیب صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد روز تا شروع گلدهی و تعداد دانه در خورجین دارای بیشترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی بودند. همچنین، بررسی پیشرفت ژنتیکی با استفاده از دو روش رتبه‌بندی بر اساس میانگین عملکرد و رتبه‌بندی با شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل انجام و مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج بررسی نشان دادند که هر دو روش قابلیت زیادی در انتخاب ژنوتیپ‌های با میانگین عملکرد بالا را دارند، اما در روش رتبه‌بندی با شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل، پیشرفت ژنتیکی بیشتری در سایر صفات کمی از جمله تعداد ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین داشت. بنا بر این، با استفاده از روش رتبه‌بندی با شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل نه تنها پیشرفت ژنتیکی بالایی در عملکرد دانه مشاهده گردید، بلکه از نظر بسیاری از صفات زراعی مطلوب نیز پیشرفت ژنتیکی حاصل شد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس، میانگین، ضریب تغییرات و حداقل اختلاف معنی‌دار برای صفات کمی ژنوتیپ‌های کلزا مورد ارزیابی در منطقه سیستان

Table 3. Analysis of variance, total mean, coefficient of variation, and LSD of the studied quantitative traits in oilseed rape genotypes in the Sistan region

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	صفات (Traits)									
		عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (t/ha)	روز تا آغاز گلدهی (روز) Days to flowering initiation	روز تا خاتمه گلدهی (روز) Days to end flowering	روز تا رسیدگی (روز) Days to maturity	طول دوره گلدهی (روز) Flowering period	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height	تعداد شاخه در بوته Branch number in plant	تعداد خورجین در بوته Pod number in plant	تعداد دانه در خورجین Grain number in pod	وزن هزار دانه (گرم) Thousand grain weight
ژنوتیپ Genotype	13	1225391**	51.8**	43.3**	33.2**	34.95	163.9**	1.8**	715.4**	14.3*	0.13**
سال Year	1	2844372**	197.2**	1950.0**	1272.1**	3387.2**	1413.1**	32.1**	4912.3**	2.51	0.55**
بلوک داخل سال Block x Year	4	13941	44.32	5.2	8.6	25.6	2.8	1.5	94.59	0.89	0.00
سال × ژنوتیپ Genotype x Year	13	388476**	21.7**	52.1**	32.6**	45.5**	80.1**	2.3**	329.7**	6.1*	0.08**
خطا Error	52	77294	44.5	7.7	5.9	14.1	9.1	0.5	50.6	3.88	0.01

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات کمی مورد ارزیابی ژنوتیپ‌های کلزا در منطقه سیستان با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار

Table 4. Mean comparison of the studied quantitative traits of oilseed rape genotypes in the Sistan region using the LSD method

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (t/ha)	روز تا آغاز گلدهی (روز) Days to flowering initiation	روز تا خاتمه گلدهی (روز) Days to end flowering	روز تا رسیدگی (روز) Days to maturity	طول دوره گلدهی (روز) Flowering period	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height	تعداد شاخه در بوته Branch number in plant	تعداد خورجین در بوته Pod number in plant	تعداد دانه در بوته Grain number in pod	وزن هزار دانه (گرم) Thousand-grain weight
1	2722 cde	105.8 ab	163.3 a	170.5 ab	57.0 abc	133.3 abc	7.50 ab	229.0 a	20.7 abc	3.80 ab
2	2182 fg	103.2 bcd	162.8 a	171.2 a	59.7 a	124.0 g	6.50 def	218.8 a	20.5 abcd	3.65 c
3	2134 fgh	108.2 a	162.8 a	168.7 abcd	53.0 cd	125.3 fg	6.00 f	201.2 a	17.5 e	3.28 d
4	2097 gh	105.2 ab	162.8 a	171.3 a	58.2 ab	124.7 fg	6.83 bcde	209.7 ab	20.7 abc	3.77 abc
5	2454 ef	107.0 ab	162.5 ab	171.2 a	54.7 bc	135.7 ab	6.83 bcde	222.0 ab	18.3 de	3.73 abc
6	2033 gh	104.7 abc	161.7 abc	169.2 abc	54.3 bcd	127.7 ef	6.33 ef	209.5 bc	19.0 cde	3.77 abc
7	3096 ab	108.0 a	161.2 abc	167.8 bcde	50.2 d	131.8 cd	8.00 a	234.7 cd	22.7 a	3.85 ab
8	2515 de	104.3 abc	159.0 bcd	166.8 cdef	54.2 bcd	131.7 cd	7.33 abc	217.8 cde	19.5 bcde	3.78 abc
9	3137 a	100.0 d	158.5 cd	165.5 ef	57.0 abc	129.3 de	7.50 ab	227.8 def	21.5 ab	3.80 ab
10	3105 ab	101.0 cd	158.2 cd	166.0 def	55.8 abc	136.5 a	7.33 abc	234.7 ef	22.7 a	3.72 bc
11	2806 bcd	107.0 ab	157.0 d	169.8 abc	55.8 abc	132.7 bcd	7.33 abc	230.7 f	19.3 bcde	3.82 ab
12	2857 abc	106.0 ab	156.8 d	170.8 ab	56.5 abc	127.2 efg	6.67 cdef	209.3 fg	19.5 bcde	3.87 a
13	1827 h	99.3 d	156.0 d	164.7 f	56.7 abc	118.2 h	7.17 bcd	213.0 g	19.5 bcde	3.80 ab
میانگین Mean	2535.67	104.6	160.2	168.7	55.6	129.1	7.1	219.9	20.10	3.74
حداقل اختلاف معنی‌دار (۵٪) LSD 5%	322.73	3.9	3.6	3.1	4.4	3.5	0.8	8.3	2.3	0.15

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]

جدول ۵- تجزیه همبستگی صفات کمی ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی کلزا در منطقه سیستان با استفاده از روش پیرسون

Table 5. Correlation analysis of evaluated quantitative traits in oilseed rape genotypes in the Sistan region using Pearson's method

	روز تا آغاز گلدهی (روز) Days to flowering initiation (day)	روز تا خاتمه گلدهی (روز) Days to end flowering (day)	طول دوره گلدهی (روز) Flowering period (day)	روز تا رسیدگی (روز) Days to maturity (day)	تعداد شاخه در بوته Branch number in plant	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد خورجین در بوته Pod number in plant	تعداد دانه در خورجین Grain number in pod	وزن هزار دانه (گرم) Thousand-grain (gr) weight	عملکرد دانه (کیلوگرم) Grain yield (Kg)	مقدار شاخص SIIG SIIG value
روز تا آغاز گلدهی (روز) Days to flowering initiation (day)	1										
روز تا خاتمه گلدهی (روز) Days to end flowering (day)	0.635*	1									
طول دوره گلدهی (روز) Flowering period (day)	-0.510	0.340	1								
روز تا رسیدگی (روز) Days to maturity (day)	0.663*	0.944**	0.244	1							
تعداد شاخه در بوته Branch number in plant	-0.179	-0.382	-0.208	-0.412	1						
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	0.321	0.038	-0.349	0.099	0.434	1					
تعداد خورجین در بوته Pod number in plant	-0.122	-0.233	-0.111	-0.224	0.838**	0.674*	1				
تعداد دانه در خورجین Grain number in pod	-0.357	-0.354	0.040	-0.310	0.715**	0.275	0.719**	1			
وزن هزار دانه (گرم) Thousand-grain weight (gr)	-0.241	-0.132	0.147	-0.045	0.658*	0.185	0.505	0.500	1		
عملکرد دانه (کیلوگرم) Grain yield (Kg)	0.047	-0.154	-0.229	-0.170	0.664*	0.712**	0.760**	0.624*	0.375	1	
مقدار شاخص SIIG SIIG value	-0.590*	-0.515	0.145	-0.517	0.803**	0.420	0.806**	0.795**	0.641*	0.693**	1

** و* به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد هستند.

** and * indicate significance at the 1 and 5 percent levels, respectively.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]

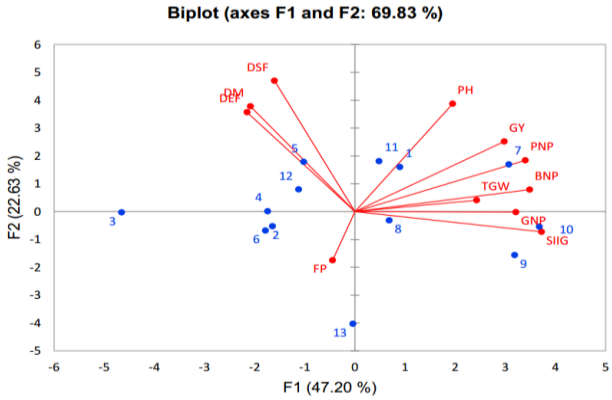
تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مؤلفه اول ۶۹/۸۳ درصد از تغییرات موجود و سه مؤلفه اول ۸۵/۰۵ درصد از تغییرات موجود را پوشش دادند. در مطالعه‌ای که اخیراً بر روی لاین‌های بهاره کلزا انجام شد، ۶۸/۰۷ درصد تغییرات توسط دو عامل اول پوشش داده شدند (Bakhshi *et al*., 2021). نتایج این مطالعه نشان دادند که صفات عملکرد و اجزای آن شامل تعداد شاخه در بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه بیشترین همبستگی را با مؤلفه اول داشتند. از طرف دیگر، صفت ارتفاع بوته به‌همراه صفات فنولوژی شامل تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا خاتمه گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی بیشترین همبستگی را با مؤلفه دوم نشان دادند. صفت طول دوره گلدهی نیز بیشترین همبستگی را با مؤلفه سوم نشان داد. بخشی و همکاران (Bakhshi *et al*., 2021) در بررسی لاین‌های بهاره کلزا بیشترین همبستگی در عامل اول را با صفات فنولوژیک و عملکردی گزارش کردند. در مطالعه دیگری، مولفه اول بزرگ‌ترین ضرایب عاملی را با صفات مرتبط با عملکرد و مولفه دوم و سوم به‌ترتیب بزرگ‌ترین ضرایب عاملی را بر روی صفات تعداد دانه در غلاف و تعداد گره در ساقه داشتند (Baradaran *et al*., 2007). تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل دارای بیشترین همبستگی با مؤلفه اول به‌همراه صفات عملکرد دانه، تعداد شاخه در بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه بود. نمودار بای‌پلات با استفاده از دو عامل اول ارتباط بین صفات کمی را به‌وضوح نشان داد (شکل ۱). با استفاده از نمودار بای‌پلات، پراکنش لاین‌ها و ارقام با استفاده از دو مولفه اول مشخص شد و لاین‌های ۹، ۱۰ و ۷ از سایر لاین‌ها و ارقام متمایز و بیشترین همبستگی را با بردار شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل و عملکرد و اجزای آن داشتند. همچنین، با استفاده از نمودار بای‌پلات مشخص شد که شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل برآیند مناسبی را از صفات کمی مورد مطالعه تشکیل داد که انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را تسهیل می‌کند. بنا بر این، سه لاین ۹، ۱۰ و ۷ به‌دلیل کسب سه رتبه اول شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل و از طرفی بیشترین همبستگی با شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل، عملکرد و اجزای آن، به‌عنوان لاین‌های برتر از نظر عملکرد و اجزای آن شناسایی شدند.

جدول ۶- رتبه‌بندی عملکرد دانه و شاخص SIIG برای ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی کلزا در منطقه سیستان

Table 6. Grain yield and SIIG ranking for evaluated oilseed rape genotypes in the Sistan region

ژنوتیپ Genotype	رتبه عملکرد GY rank	di-	di+	SIIG	رتبه شاخص ژنوتیپ ایده‌آل SIIG Rank
1	6	0.656327	0.435723	0.6010	4
2	9	0.534993	0.569335	0.4845	9
3	10	0.221458	0.821799	0.2123	13
4	11	0.515850	0.589959	0.4665	11
5	8	0.521225	0.576087	0.4750	10
6	12	0.450392	0.591701	0.4322	12
7	3	0.761967	0.477211	0.6149	3
8	7	0.585638	0.416223	0.5846	5
9	1	0.777821	0.208951	0.7882	2
10	2	0.806841	0.213430	0.7908	1
11	5	0.620394	0.482708	0.5624	6
12	4	0.536620	0.564960	0.4871	8
13	13	0.654392	0.521784	0.5564	7



شکل ۱- بای‌پلات صفات کمی به همراه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل و پراکنش ژنوتیپ‌های کلزای مورد ارزیابی در منطقه سیستان با استفاده از دو مولفه اول. BNP: تعداد شاخه در بوته؛ DEF: روز تا خاتمه گلدهی؛ DM: روز تا رسیدگی؛ DSF: روز تا آغاز گلدهی، FP: طول دوره گلدهی؛ GNP: تعداد دانه در بوته؛ GY: عملکرد دانه؛ PH: ارتفاع بوته؛ PNP: تعداد خورجین در بوته؛ SIIG: شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل؛ TGW: وزن هزار دانه.

Figure 1. The biplot of quantitative traits along with the SIIG index and the distribution of evaluated oilseed rape genotypes in the Sistan region using two first components. BNP: Branch number in plant; DEF: Days to end flowering; DM: Days to maturity; DSF: Days to flowering initiation; FP: Flowering period; GNP: Grain number in pod; GY: Grain yield; PH: Plant height; PNP: Pod number in plant; SIIG: Selection index of ideal genotype; TGW: Thousand-grain weight.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]

جدول ۷- ضریب تغیرات، واریانس‌های ژنتیکی، محیطی و فنوتیپی، وراثت‌پذیری صفات مورد ارزیابی و پیشرفت ژنتیکی حاصل شده از پنج ژنوتیپ کلزای برتر انتخابی در منطقه سیستان

Table 7. Coefficient variation, Genetic, Environmental and Phenotypic variance, Heritability, and Genetic gain obtained by top five oilseed rape genotypes in the Sistan region

صفات (Traits)										
پارامترهای آماری Statistics parameters	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (t/ha)	روز تا آغاز گلدهی (روز) Days to flowering initiation	روز تا خاتمه گلدهی (روز) Days to end flowering	روز تا رسیدگی (روز) Days to maturity	طول دوره گلدهی (روز) Flowering period	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height	تعداد شاخه در بوته Branch number in plant	تعداد خورجین در بوته Pod number in plant	تعداد دانه در خورجین Grain number in pod	وزن هزار دانه (گرم) Thousand-grain weight
ضریب تغییرات CV	10.9	3.3	1.9	1.6	6.7	2.3	10.1	3.2	9.8	3.4
واریانس ژنتیکی GV	177068.12	6.09	4.18	3.52	2.43	23.32	0.17	101.49	1.71	0.00
واریانس محیطی EV	115047.85	8.51	18.26	12.07	20.40	22.94	0.86	106.41	4.08	0.02
واریانس فنوتیپی PV	196242.76	7.51	7.22	5.53	5.83	27.14	0.31	119.22	2.39	0.01
وراثت‌پذیری H^2	0.90	0.81	0.58	0.64	0.42	0.86	0.54	0.85	0.72	0.55
پیشرفت ژنتیکی با میانگین عملکرد Genetic gain (Mean yield)	16.44	-0.12	-0.12	-0.16	-0.05	1.47	1.36	2.33	2.43	1.05
پیشرفت ژنتیکی با شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل Genetic gain (SIIG)	13.43	-0.49	-0.24	-0.31	-0.07	2.16	2.03	2.75	3.06	0.72

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه ۱۰ لاین امیدبخش کلزای بهاره به‌همراه سه رقم شاهد با استفاده از روش‌های تجزیه چند متغیره و رتبه‌بندی با استفاده از شاخص ژنوتیپ ایده‌آل مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس نتایج حاصل شده لاین‌های امیدبخش کلزای بهاره دارای خصوصیات مطلوب و متنوع بودند و در اغلب صفات مورد بررسی، تعدادی لاین امیدبخش با برتری نسبت به ارقام شاهد شناسایی شدند. برخی از صفات کمی، از جمله ارتفاع بوته و تعداد خورجین در بوته، ضمن همبستگی بالا با عملکرد دانه وراثت‌پذیری بالایی را نشان دادند. بنا بر این، این صفات به‌عنوان صفات کلیدی به‌منظور انتخاب لاین‌های برتر در بین لاین‌های بهاره کلزا هستند. در این مطالعه، از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل به‌منظور انتخاب برترین لاین‌های امیدبخش استفاده شد. این روش رتبه‌بندی پیشرفت ژنتیکی مطلوبی را در صفات کمی علاوه بر عملکرد دانه نشان داد. پیاده‌سازی شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل در نمودار بای‌پلات نشان داد که این شاخص به‌عنوان یک برآیند مناسب از سایر صفات کمی بود و قابلیت بالایی را در انتخاب ژنوتیپ‌های ایده‌ال داشت. رتبه‌بندی لاین‌ها با استفاده از شاخص ژنوتیپ ایده‌آل و همچنین نمودار بای‌پلات نشان داد که سه لاین امیدبخش ۹، ۱۰ و ۷ دارای خصوصیات مطلوب از جمله پرمحصولی، خصوصیات زراعی مناسب و زودرسی هستند و به‌عنوان لاین‌های سازگار با منطقه سیستان معرفی می‌شوند.

تشکر و قدردانی

این پژوهش بر اساس نتایج حاصل از اجرای پروژه ملی مصوب به شماره ۹۹۱۲۴۸-۱۵۵-۰۳۰۴-۰۳-۰۳ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در منطقه سیستان است. به این وسیله از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به پاس تامین هزینه‌های اجرای پروژه و نیز از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان (زابل) به‌جهت فراهم نمودن امکانات اجرای پروژه تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

References

Anonymous. (2025). Agricultural statistics for the 2023–2024 crop year. Volume 1: Field crops. Information and Communication Technology Center, Deputy for planning and economic affairs, Ministry of agriculture. [In Persian]

Abdollahi Hesar, A., Sofalian, O., Alizadeh, B., Asghari, A., & Zali, H. (2020). Evaluation of some autumn canola genotypes based on agronomy traits and SIIG index. *Journal of Crop Breeding*, 12(34), 151-159. https://doi.org/10.29252/jcb.12.34.151

Addinsoft, S. (2010). XLSTAT software, version 9.0. Addinsoft, Paris, France.

Arshadi Bidgoli, M., Amiri, O. H., Fotokian, M. H., & Alizadeh, B. (2018). Evaluation of Diversity and Relationship among Yield and Yield Components of Rapeseed Genotypes (*Brassica napus* L.). *Journal of Crop Breeding*, 10(27), 115-124. https://doi.org/10.29252/jcb.10.27.115 [In Persian]

Bakhshi, B. (2021). Heat and drought stress response and related management strategies in oilseed rape. *Agrotechniques in Industrial Crops*, 1(4), 170-181.

Bakhshi, B., Oghan, H. A., Alizadeh, B., Rameeh, V., Payghamzadeh, K., Kiani, D., Rabiee, M., Rezaizad, A., Shiresmaeili, G., & Dalili, A. J. b. (2021). Identification of promising oilseed rape genotypes for the tropical regions of Iran using multivariate analysis. *Agrotechniques in Industrial Crops,* 1(1), 11–18. https://doi.org/10.1101/2021.02.23.431199.

Baradaran, R., Majidi, H. E., Darvish, F., & Azizi, M. (2007). Study of correlation relationships and path coefficient analysis between yield and yield components in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Sciences*, 12(4), 811-819. [In Persian]

Benesty, J., Chen, J., Huang, Y., & Cohen, I. (2009). Pearson correlation coefficient. PP 1-4 in Noise reduction in speech processing. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-00296-0_5.

FAO. (2025). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Food and Agricultural Commodities Production. Available online: http://www.fao.org/statistics/en

Friedt, W., & Snowdon, R. (2009). Oilseed rape. PP 91-126 In Oil crops. Springer. https://doi.org/10.25230/2412-608x.

Frooghi, A., Biyabani, A., Rahemi, K. A., & Rassam, G. (2017). Relationships of phenology and physiological traits with the yield of Rapeseed (*Brassica napus* L.) in Northern Khorasan. *Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science)*, 10(40), 1007-1024. https://doi.org/10.11648/j.ajaf.20140206.15.

Ismaili, A., Nourozi, A. A., Zebarjadi, A., Drikvand, R., & Azizi, K. (2015). Study on heritability and path analysis of different traits, seed yield and oil yield of canola in climatically condition of KhoramAbad, Iran. *Applied Field Crops Research*, 28(106), 162-170. [In Persian]

Lobell, D. B., & Gourdji, S. M. (2012). The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiology*, 160(4), 1686-1697. https://doi.org/10.1104/pp.112.208298.

Moradi, M., Soltani Hoveize, M., & Shahbazi, E. (2017). Study the relations between grain yield and related traits in canola by multivariate analysis. *Journal of Crop Breeding*, 9(23), 187-194. [In Persian]

Kherif, F., & Latypova, A. (2020). Principal component analysis. PP 209-225 in Machine learning. Academic Press.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]

Tabari, H., Abghari, H., & Hosseinzadeh Talaee, P. (2012). Temporal trends and spatial characteristics of drought and rainfall in arid and semiarid regions of Iran. *Hydrological Processes*, 26(22), 3351-3361. https://doi.org/10.1002/hyp.8460.

Thurling, N. (1991). Application of the ideotype concept in breeding for higher yield in the oilseed brassicas. *Field Crops Research,* 26(2), 201-219. https://doi.org/10.1016/0378-4290(91)90036-u.

Thurstone, L. L. (1931). Multiple factor analysis. *Psychological Review*, 38(5), 406.

Verma, J. (2012). Data analysis in management with SPSS software. Springer Science & Business Media. https://doi.org/10.1007/978-81-322-0786-3.

Warwick, S., Francis, A., & Al-Shehbaz, I. (2006). Brassicaceae: species checklist and database on CD-Rom. *Plant Systematics and Evolution*, 259(2-4), 249-258. https://doi.org/10.1007/s00606-006-0422-0.

Wu, W., Ma, B. L., & Whalen, J. K. (2018). Enhancing rapeseed tolerance to heat and drought stresses in a changing climate: perspectives for stress adaptation from root system architecture. *Advances in Agronomy*, 151, 87-157. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2018.05.002.

Zali, H., & Barati, A. (2020). Evaluation of selection index of ideal genotype (SIIG) in other to selction of barley promising lines with high yield and desirable agronomy traits. *Journal of Crop Breeding*, 12(34), 93-104. https://doi.org/10.29252/jcb.12.34.93. [In Persian]

Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asgharii, A., & Hoseini, S. M. (2015). Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biological Forum,* 7(2), 703.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.66224/jcb.2026.1623]