

Crop Science Research in Arid Regions

homepage: <https://cropsceince.uoz.ac.ir/>

Research Article

Volume 7, Issue 4, 2025, P. 705-721

Evaluation and grouping of winter canola cultivars in terms of agronomic characteristics and oil percentage

Bijan Kahrarian ^{*a}, Roghaya Fatemi ^a

^a Department of Agriculture and Plant Breeding, Miandoab Branch, Islamic Azad University, Miandoab, Iran

*Corresponding Author: BiJan.Kahrarian@iau.ac.ir

Received: 26 June 2025

Accepted: 10 November 2025

DOI: 10.22034/CSRAR.2025.531392.1500

How to cite this article:

Kahrarian, B. and Fatemi, R., 2025. Evaluation and grouping of winter canola cultivars in terms of agronomic characteristics and oil percentage. *Crop Science Research in Arid Regions*, 7(4), 705-721. <https://doi.org/10.22034/CSRAR.2025.531392.1500>

Abstract

Introduction: Canola (*Brassica napus* L.) is one of the most important oilseed crops worldwide, valued for its high oil content and nutritional quality. Cultivating canola in cold regions poses challenges due to environmental stresses such as low temperatures and short growing seasons. Identifying high-yielding and cold-tolerant canola cultivars is essential for optimizing production in these areas. This study aimed to evaluate 24 canola cultivars under cold climatic conditions over two crop years (2021–2023) to determine the most suitable genotypes based on agronomic traits, yield components, and oil content. The findings will assist farmers and breeders in selecting superior cultivars for cold regions, ultimately enhancing canola productivity and oil quality.

Materials and Methods: The experiment was conducted using a completely randomized block design (CRBD) with four replications over two growing seasons. Twenty-four canola cultivars were assessed for key traits, including flowering period, length of growing season, plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, 1000-seed weight, oil content, and seed yield. Data were analyzed using ANOVA, with mean comparisons conducted through LSD tests. To explore relationships between grain yield and other traits, correlation analysis was performed. Cluster analysis, utilizing the heatmap method, grouped genotypes and characteristics. Additionally, principal component analysis (PCA) and biplot visualization were employed to identify superior cultivars based on multiple traits. Data analysis from the experiment was conducted using SAS 9.4 software. Additionally, cluster analysis with Ward's method, factor analysis, and a biplot based on principal component analysis were performed using R software.

Results and Discussion: The results of the combined data analysis showed that the difference between the two experimental years was significant only in terms of grain yield. There was a significant difference between the studied varieties in terms of length of growing season, plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, 1000-seed weight, and oil content. The interaction of year with variety was also significant, but only in terms of grain yield. The results indicated that the Parade



©2024 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

cultivar demonstrated exceptional performance in several areas, including growth period length, plant height, seeds per plant, seeds per pod, and 1000-kernel weight. Among the cultivars tested, Coctall, Cwc, Alice, Parade, and VDH8003-98 produced the highest grain yields in both years. Additionally, Regent * Cobra recorded the highest seed oil percentage, making it a promising candidate for oil production. A positive and significant correlation was found between seed yield and two critical yield components: the number of pods per plant and the number of seeds per pod. This indicates that selecting cultivars with a higher number of pods and seeds can improve overall yield potential. The heatmap clustering analysis divided the 24 genotypes into three distinct categories and grouped the traits into four categories: Group 1 (High-yielding genotypes): Parade, Cwc, Eurol, Orient, DP.948, PF.7045/91, and Regent * Cobra. These cultivars exhibited exceptional yield and yield-related characteristics. Groups 2 and 3 consisted of genotypes that exhibited moderate to low performance in the examined traits. PCA identified two primary factors accounting for 54.7% of the overall variance. The biplot analysis demonstrated that Parade, Olara, DP.948, Alice, VDH8003-98, Coctall, and Cwc were situated in the most advantageous area, signifying their well-rounded performance in terms of yield and its components.

Conclusion: This study identified Parade and Cwc as the top-performing canola cultivars based on yield and yield-related traits, making them suitable for cultivation in cold regions. Additionally, Regent * Cobra was noted for its high oil content, which is essential for oil production. The findings highlight the importance of selecting cold-adapted canola cultivars to maximize both productivity and oil quality in challenging environments. It is recommended to cultivate the Parade and Cwc varieties in the cold regions of the northwest of the country to achieve high yields, and the Regent*Cobra variety for oil production.

Keywords: Correlation, Cultivar, Grain yield components, Grouping, Yield

عاملی و آنالیز کلاستر جهت گروه‌بندی صفات و ژنوتیپ‌ها در مطالعات دیگری نیز استفاده شده است (Hamze et al., 2025). هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی جامع و گروه‌بندی ۲۴ رقم زمستانه کلزا از نظر صفات مهم زراعی و درصد روغن دانه بود. این مطالعه با طراحی آزمایشی دو ساله در شرایط آب‌وهوایی مناطق سرد ایران انجام شد تا با دقت بالا، ارقام برتر را از نظر معیارهای کلیدی چون عملکرد دانه، اجزای عملکرد (مانند تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه) و کیفیت روغن شناسایی کند. در نهایت، هدف این تحقیق تعیین ارقام پربازده و پایدار، گزینه‌های بهینه و عملی برای کشاورزان و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی در جهت افزایش بهره‌وری و تدام تولید در مناطق سردسیر شمال غرب کشور بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در دو سال زراعی (۱۴۰۰-۱۴۰۱ و ۱۴۰۱-۱۴۰۲) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میان‌دوآب اجرا شد. مزرعه مذکور در ۵ کیلومتری شمال غربی شهر در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۹۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۳۱۴ متری از سطح دریای آزاد واقع شده است (جدول ۱). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در (جدول ۲) آورده شده است. در این تحقیق ۲۴ رقم کلزا (جدول ۳) مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق و تسطیح زمین در تابستان هر سال انجام شد. هر کرت شامل چهار ردیف ۶ متری به فواصل ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر در نظر گرفته شد. براساس نتایج حاصل از آزمون خاک در زمان تهیه بستر، مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع کود اوره) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر به ترتیب از منابع کودی سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تریپل به زمین داده شد و با دیسک با خاک مخلوط گردید. در اوایل گلدهی نیز مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع کود اوره) به صورت سرک به محصول داده شد. کاشت بذر کلزای ضد عفونی شده با دست و به صورت خشکه کاری و با تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار انجام شد. کشت در تاریخ ۵ مهر هر دو سال انجام شد. اولین نوبت آبیاری (خاک آب) با فاصله دو روز از کاشت و آبیاری‌های بعدی با فواصل یک

به‌نژادگران بسیار با ارزش هستند (Abdollahi Hesar et al., 2020). ارزیابی ارتباط بین صفات در فعالیت‌های به‌نژادی از اهمیت قابل توجهی برخوردار است، چرا که گزینش براساس یک یا چند صفت، بر صفات دیگر تأثیر داشته باشد، بنابراین برآورد ضریب همبستگی بین صفات می‌تواند به‌نژادگران را در انجام گزینش غیرمستقیم برای صفاتی مانند عملکرد دانه یاری نماید (Majidi and Mirlohi, 2009). در مطالعات مختلفی ارتباط و همبستگی بین صفات زراعی و عملکرد دانه مورد بررسی قرار گرفته است (Morsi et al., 2023; Majidi et al., 2016; Tariq et al., 2020). در تجزیه عامل‌ها، هدف اصلی بیان وجود روابط کوواریانس میان بسیاری از متغیرها براساس چند کمیت تصادفی غیرقابل مشاهده است که عامل‌ها نامیده می‌شود. به عبارت دیگر، از تجزیه به عامل‌ها به منظور پیدا کردن علت وجود همبستگی و توصیف رابطه بین صفات و ژنوتیپ‌ها برحسب تعداد کمتری شاخص که روی این صفات تأثیرگذارند، استفاده می‌شود (Hamze et al., 2025). در تحقیقی با استفاده از تجزیه به عامل‌ها در ارقام کلزا شش عامل را شناسایی شد که در مجموع ۸۲ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین کردند (Majidi et al., 2016). همچنین در مطالعه‌ای دیگر برای ۱۰ صفت مورد بررسی در کلزا سه عامل معنی‌دار شناسایی شد (Rameeh, 2012). گزارش شده است که صفات تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و عملکرد دانه در کلزای بهار به بیشترین همبستگی را با مؤلفه اول و صفات تعداد روز تا رسیدگی، تعداد روز تا گلدهی و طول دوره گلدهی بیشترین همبستگی را با مؤلفه دوم داشتند (Moradi et al., 2017). این سه مؤلفه در مجموع ۸۸ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. در مقایسه با روش‌هایی که براساس گروه‌هایی از افراد استوار هستند، در تجزیه خوشه‌ای، هر فرد با وزن مساوی در تجزیه شرکت می‌کند، بنابراین هم از صفات کمی و هم از صفات کیفی می‌توان استفاده نمود و تمام اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hamze et al., 2019). ایده‌آل‌ترین نتیجه، از تجزیه خوشه‌ای وقتی به دست می‌آید که واریانس داخل گروه‌ها حداقل و واریانس بین گروه‌ها حداکثر باشد (Jobson, 2012). در منطقه گرگان استان گلستان، ۶۶ ژنوتیپ مختلف کلزا با استفاده از آنالیز خوشه‌ای به چهار گروه مجزا دسته‌بندی شدند (Norouzi et al., 2023). استفاده از تحلیل

گرم دانه به وسیله آسیاب خرد و در دستگاه سوکسله قرار داده شد، سپس ۳۰۰ سی سی به آن بنزن اضافه شد، فرآیند روغن گیری به مدت ۲ تا ۳ ساعت طول کشید، سپس به منظور جدا نمودن حلال از روغن استخراج شده، مخلوط هر دو به مدت ۳۰ دقیقه بر روی روتاری (Rotary Evaporator) قرار داده شد. در مرحله بعد ظرف حاوی روغن به مدت ۴۸ ساعت در محیطی تاریک و خنک زیر هود شیمیایی جهت خارج شدن بقایای حلال هگزان قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

جهت اطمینان از تجانس واریانس‌ها بر روی داده‌های دو سال، آزمون یکنواختی واریانس‌های آزمایشی از طریق آزمون بارتلت انجام شد. آزمون نشان داد که برای کلیه صفات مورد بررسی واریانس‌ها یکنواخت بود، لذا تجزیه واریانس مرکب براساس تصادفی بودن سال انجام گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS.9.4 انجام گرفت. همچنین تجزیه کلاستر به روش Ward و تجزیه به عامل‌ها و بای پلات براساس تجزیه به مولفه‌های اصلی به کمک نرم افزار R انجام شد. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی دار و ترسیم نمودارها به کمک نرم افزار Excel صورت گرفت.

هفته انجام شد. از اواخر آبان، بارش قابل توجه نزولات جوی در طی ماه‌های پائیز و زمستان باعث شد که دیگر نیاز به آبیاری نباشد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه، آبیاری حدود دو هفته قبل از برداشت قطع شد تا ضمن کاهش رطوبت برای رسیدگی یکنواخت، محصول برای برداشت آماده شود.

اندازه‌گیری صفات زراعی

در این تحقیق زمانی که ۱۰ درصد بوته‌های هر کرت بر روی ساقه اصلی حداقل ۵ گل باز شده داشتند به عنوان شروع گلدهی و زمانی که ۹۰ درصد بوته‌ها بر روی ساقه اصلی گل باز شده داشتند، به عنوان زمان خاتمه گلدهی در نظر گرفته شد. همچنین زمانی که ۵۰-۴۵ درصد از دانه‌ها در خورجین کل بوته‌ها به رنگ قهوه‌ای روشن در آمده بود، به عنوان زمان رسیدگی برداشت هر کرت در نظر گرفته شد (Moradi et al., 2017). در مرحله رسیدگی برداشت، از هر کرت به صورت تصادفی ۱۰ بوته انتخاب و ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه در آنها اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه دو ردیف میانی برداشت (بعد از حذف دو ردیف کناری و یک متر از ابتدا و انتهای هر ردیف به عنوان حاشیه) و پس از جدا کردن غلاف‌ها، دانه‌ها از غلاف خارج و به وسیله استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ وزن شده و به عنوان عملکرد دانه ثبت شدند. جهت استخراج روغن دانه، ۱۰

جدول ۱- خصوصیات آب و هوایی محل مورد آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

Table 1- Meteorological information in the experimental site in 2021-2022 growing seasons

ماه	میانگین درجه حرارت		میانگین تبخیر		میانگین بارندگی	
Months	Average Temperature (C°)		Total Evaporation (mm)		Total Precipitation (mm)	
	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۰	۱۴۰۱
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
اسفند March	9.1	10.20	0	1	20	21
فروردین April	14.2	15.3	113	115	2.2	5.3
اردیبهشت May	17	15.1	190	193	9.3	7.2
خرداد June	20	22.3	283	298	2	3
تیر July	24.6	25.1	276	280	4	1
مرداد August	23.4	24.2	271	275	0	0
شهریور September	21	20.0	213	210	5.6	3.8
مهر October	14.3	12.7	146	12.1	0.1	2
آبان November	12.1	11.5	90	88	53	60

جدول ۲- مشخصات فیزیکی-شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2- Physico-chemical properties of soil

عمق	بافت	هدایت الکتریکی	ظرفیت نگهداری آب اسیدیته	درصد مواد خنثی شونده	سلیت رس	شن	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
Depth	Texture	$E_c \times 10^3$	pH	T.N.V	clay	silt	C	N	P	K
cm		$ds\ m^{-1}$	WHC				%		ppm	
0-30	لوم	1.1	8	43	26	35	0.6	0.06	10.4	250

جدول ۳- اسامی ژنوتیپ های کلزا مورد مطالعه در این تحقیق

Table 3- List of canola genotypes investigated in the experiment

ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ
Row	Genotype	Row	Genotype	Row	Genotype
1	DP.948	9	Orcan	17	VDH8003-98
2	Symbol	10	PF.7045/91	18	Akamar
3	Eurol	11	Cwc	19	Consul
4	Orient	12	Fornax	20	Okapi
5	Hansen	13	Licord	21	L-1
6	Colver	14	ALice	22	Olara
7	Mobican	15	Parade	23	Regent * Cobra
8	Coctall	16	Syn-1	24	SLM 046

نتایج و بحث

طول دوره رشد

اختلاف بین رقم مذکور با دو رقم Consul و Coctall از نظر آماری معنی دار نبود، کمترین ارتفاع بوته نیز با متوسط ۱۲۲/۱ سانتی متر برای رقم PF.7045/91 ثبت شد (جدول ۵)، اختلاف بین بلندترین و کوتاستمترین رقم از نظر ارتفاع بوته ۳۷/۷ سانتی متر بود. وجود تنوع ژنتیکی از نظر ارتفاع بوته یک مزیت برای برنامه‌های به‌نژادی محسوب می‌شود، چرا که به انتخاب ارقام با ارتفاع مطلوب برای اهداف خاص (مانند مقاومت به ورس، عملکرد بیولوژیک بالاتر یا سهولت در برداشت) امکان پذیر می‌سازد. عدم اختلاف معنادار آماری بین رقم Symbol و ارقام Consul و Coctall می‌تواند نشان‌دهنده شباهت ژنتیکی یا وجود ژن‌های مشترک کنترل‌کننده این صفت در این ارقام باشد. وجود تنوع ژنتیکی در بین ارقام مختلف شامل دو رگ حاصل از تلاقی سه ژنوتیپ کلزای بهار پر محصول به‌عنوان آزمون گر^۱ تستر، با پنج ژنوتیپ کلزای بهار با عملکرد متوسط به‌عنوان ژنوتیپ‌های سازگار منطقه صفی‌آباد دزفول از نظر ارتفاع بوته در مطالعات دیگری نیز به اثبات رسیده است (Tariq et al., 2020). براساس نتایج جدول همبستگی بین صفات ارتفاع بوته با طول دوره رشد همبستگی مثبت و معنی دار داشت (جدول ۵)، این رابطه مثبت کاملاً منطقی و مبتنی بر اصول فیزیولوژیک گیاهی است. دوره رشد طولانی‌تر، فرصت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اختلاف بین ارقام از نظر طول دوره رشد در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۴). در این بررسی ارقام VDH8003-98 و Fornax با متوسط ۲۶۳ روز بالاترین تعداد روز تا رسیدگی را به‌خود اختصاص دادند، اختلاف بین ارقام مذکور با ارقام Okapi، Licord، Coctall، Hansen، Consul، Syn-1، و Orcan از نظر تعداد روز تا رسیدگی معنی دار نبود. کمترین تعداد روز تا رسیدگی با متوسط ۲۵۳ روز به ارقام PF.7045/91 و Regent* Cobra اختصاص یافت (جدول ۵). در تحقیقی بر روی ژنوتیپ‌های مختلف کلزا ژنوتیپ T1 حداکثر تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی را به‌خود اختصاص داد (Morsi et al., 2023).

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد، بین ارقام مورد بررسی از نظر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۴). در این مطالعه اگرچه رقم Symbol با متوسط ۱۵۹/۸ سانتی متر بالاترین ارتفاع بوته را به‌خود اختصاص داد، اما

¹ Tester

بیشتری برای تجمع بیوماس و طول شدن میانگرها دارند. این یافته با نتایج مطالعات دیگر بر روی کلزا و سایر غلات نیز همخوانی دارد (Slafer et al., 2014; Poorter et al., 2012).

بیشتری برای انجام فرآیندهای نموی و رشد رویشی در اختیار گیاه قرار می‌دهد که به‌طور مستقیم بر افزایش ارتفاع بوته تأثیر می‌گذارد. به‌عبارت دیگر، گیاهان با فصل رشد طولانی‌تر زمان

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه گیری شده در کلزا

Table 4- Combined analysis of variance of traits measured in canola

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean of Square				تعداد خورجین در بوته No. of Pod per plant	تعداد دانه در خورجین No. of Seed per pod	وزن هزار دانه 1000 Seed weight	درصد روغن Oil content	عملکرد دانه Seed yield
		طول دوره گلدهی Flowering period	طول دوره رشد Length of growing	ارتفاع بوته Plant height	تعداد خورجین در بوته No. of Pod per plant					
سال (Y) Year	1	37.63 ^{ns}	18.13 ^{ns}	441.04 ^{ns}	405.42 ^{ns}	399.63 ^{ns}	0.71 ^{ns}	67.04 ^{ns}	19417716.47*	
تکرار × سال Repeat × Y	6	36.98	7.28	108.93	88.92	146.630	0.26	8.24	1595369.99	
واریته (V) Variety	23	21.38 ^{ns}	56.80**	737.67**	1263.21**	10.938**	0.17**	11.22**	197570.13 ^{ns}	
سال × واریته V × Y	23	18.57 ^{ns}	4.40 ^{ns}	133.56 ^{ns}	147.96 ^{ns}	2.77 ^{ns}	0.02 ^{ns}	9.76 ^{ns}	913807.94**	
خطا Error	138	21.91	3.89	85.23	86.66	2.34	0.06	2.08	409218.02	
درصد ضریب تغییرات Cv %		16.14	0.76	6.40	6.81	7.00	7.01	3.02	15.55	

ns, * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد آماری

ns, * and ** not significant and significant at the level of five and one percent statistical probability, respectively

کردن دانه دارد و به‌طور مستقیم می‌تواند به عملکرد بالاتر منجر شود، مشروط بر اینکه مواد فتوسنتزی کافی برای پر کردن این غلاف‌ها وجود داشته باشد. در مطالعه وجود تفاوت‌های ژنتیکی معنادار در صفات مؤثر بر عملکرد، به‌ویژه تعداد خورجین در بوته، در مطالعات قبلی به‌وضوح به‌ثبت رسید (Rout et al., 2018). این پژوهش نشان داد که ارقامی با توانایی تولید تعداد غلاف بیشتر، به‌طور معمول به عملکرد نهایی دانه بالاتری دست یافتند که این موضوع بر اهمیت کلیدی این صفت در برنامه‌های به‌زادی کلزا تأکید دارد. همچنین، در پژوهش دیگر وجود اختلاف معنادار بین ارقام کلزا را از نظر تعداد خورجین گزارش شده است که این تنوع را عمدتاً مرتبط با تفاوت در ظرفیت شاخه‌زایی و همچنین توانایی حفظ گل و غلاف در ژنوتیپ‌های مختلف مربوط دانسته‌اند (Tariq et al., 2020). این یافته‌ها حاکی از آن بود که این تنوع ژنتیکی، بستری مناسب برای انتخاب والدین برتر و استفاده در برنامه‌های هیبریداسیون و

تعداد خورجین در بوته

در این بررسی بین ارقام مورد بررسی از نظر تعداد خورجین در بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین تیمارها از نظر تعداد خورجین در بوته نشان داد، رقم Parade با متوسط ۱۶۳/۱ حداکثر تعداد خورجین در بوته را تولید کرد که اختلاف بین رقم مذکور با ارقام Orient، DP.948، Olara و Cwc از نظر آماری معنی‌دار نبود. در این بررسی کمترین تعداد خورجین در بوته با متوسط ۱۲۱/۵ و ۱۲۲/۶ به ارقام Syn-1 و Mobican اختصاص یافت. دامنه تغییرات برای تعداد خورجین در بوته در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی برابر ۴۱/۶ خورجین بود (جدول ۵). با توجه به اینکه تعداد خورجین در بوته یکی از اجزای اصلی و تعیین‌کننده در عملکرد نهایی دانه محسوب می‌شود، انتخاب ارقام با این صفت برتر، راهکاری کارآمد در جهت افزایش پتانسیل عملکرد است. یک بوته با تعداد غلاف بیشتر، سطح بیشتری برای پر

اصلاح نژاد فراهم می‌آورد.

تعداد دانه در خورجین

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین ارقام از نظر تعداد دانه در خورجین بود (جدول ۴)، نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد رقم Parade با متوسط ۲۴/۷ حداکثر تعداد دانه در خورجین را به خود اختصاص داد، بین رقم مذکور و ارقام Cwc، Orient، Olara و Olara اختلاف از نظر تعداد دانه در خورجین معنی‌دار نبود. حداقل تعداد دانه در خورجین با متوسط ۱۹/۵ و ۱۹/۷ دانه به ترتیب به دو رقم Syn-1 و Licord اختصاص یافت (جدول ۴). در تحقیقاتی جداگانه تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی در بین ژنوتیپ‌های مختلف کلزا از نظر تعداد دانه در غلاف اعلام شده است (Hassan et al., 2014; Nasim et al., 2013). در این آزمایش همبستگی تعداد دانه در خورجین با طول دوره گلدهی مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۶). وجود چنین ارتباطی نشانگر این موضوع است که با افزایش طول دوره گلدهی امکان باروری و تشکیل دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی افزایش می‌یابد (Kuppler et al., 2016). افزایش طول دوره گلدهی می‌تواند به تخصیص کارتر مواد فتوسنتزی به غلاف‌های در حال توسعه منجر شود، که در نهایت ظرفیت پر شدن دانه (تعداد دانه در غلاف) را افزایش می‌دهد (Gilani et al., 2018). بنابراین، انتخاب برای ارقام با دوره گلدهی طولانی‌تر، به شرط عدم تداخل با طول کلی چرخه رشد، می‌تواند یک راهکار مؤثر برای بهبود این جزء کلیدی از عملکرد باشد.

وزن هزار دانه

در این مطالعه وزن هزار دانه به صورت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر ژنوتیپ بود (جدول ۴)، نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد رقم Orient با متوسط ۳/۹ گرم حداکثر وزن هزار دانه را تولید کرد، درحالی‌که کمترین وزن هزار دانه با متوسط ۳/۳ گرم برای ارقام EuroI و Mobican ثبت شد (جدول ۵). وجود اختلاف معنادار بین ارقام از نظر وزن هزار دانه، نشان‌دهنده تأثیر قوی اثرات ژنتیکی بر کنترل این صفت است. برتری رقم Orient می‌تواند ناشی از کارایی بالاتر در جذب و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها،

مدت زمان طولانی‌تر دوره پر شدن دانه، و یا ظرفیت ژنتیکی بالاتر برای ذخیره مواد در دانه باشد. از سوی دیگر، عملکرد پایین‌تر ارقامی مانند EuroI و Mobican ممکن است به دوره پر شدن دانه کوتاه‌تر، یا اختلال در انتقال مواد پرورده به دانه‌ها مرتبط باشد (Zhang et al., 2017). وجود تنوع ژنتیکی معنی‌دار برای صفت وزن هزار دانه در کلزا توسط مطالعات متعدد تأیید شده است. دامنه وسیعی (۲/۸ تا ۴/۵ گرم) بین ژنوتیپ‌های مختلف کلزا از نظر وزن هزار دانه گزارش شده است (Meena et al., 2017). این تنوع در وزن هزار دانه در مطالعات قبلی نیز تأیید و بر نقش کلیدی این صفت در عملکرد تأکید شده است (Sabaghnia et al., 2010; Tariq et al., 2020).

درصد روغن

نتایج نشان داد اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر درصد روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴)، در بین ارقام مورد بررسی بالاترین درصد روغن دانه با متوسط ۵۱/۶ درصد برای رقم Regent*Cobra ثبت شد، کمترین درصد روغن نیز با میانگین ۴۶/۰ درصد برای دو رقم Symbol و Fornax ثبت شد (جدول ۵). وجود اختلاف معنی‌دار بین ارقام از نظر درصد روغن، نشان‌دهنده کنترل قوی ژنتیکی بر متابولیسم و ذخیره روغن در دانه‌های کلزا است. برتری رقم Regent*Cobra احتمالاً ناشی از کارایی بالاتر در مسیرهای بیوسنتز اسیدهای چرب، تجمع بهتر ذخایر لیپیدی و تخصیص کارآمدتر کربن به سمت سنتز روغن به جای پروتئین است (Goffman and Becker, 2002). از سوی دیگر، همبستگی مثبت بین درصد روغن و تعداد دانه در خورجین می‌تواند نشان‌دهنده هماهنگی فیزیولوژیک بین توسعه غلاف و پر شدن دانه باشد. ممکن است ژنوتیپ‌هایی که شرایط بهتری برای تشکیل دانه‌های بیشتر فراهم می‌کنند، منابع کربنی بیشتری نیز برای سنتز روغن در اختیار داشته باشند (Weselake et al., 2009). این یافته که دامنه تغییرات درصد روغن به ۵/۶ درصد می‌رسد، از اهمیت اقتصادی و کاربردی بالایی برخوردار است. اظهار شده است که درصد روغن از وراثت‌پذیری مناسبی برخوردار است و می‌توان از آن به‌عنوان معیاری مطمئن در برنامه‌های به‌نژادی برای بهبود کیفیت دانه کلزا استفاده شود (Khayat et al., 2010; Tariq et al., 2020; Morsi et al.,)

همبستگی مثبت بین تعداد دانه در خورجین و درصد روغن کلزا عمدتاً ناشی از ایجاد یک مقصد قوی (Strong Sink) است. یک خورجین با دانه‌های بیشتر، سیگنال قوی‌تری برای جذب کربوهیدرات‌ها و سایر مواد فتوسنتزی ارسال می‌کند که این امر سنتز و ذخیره‌سازی روغن را در هر دانه بهبود می‌بخشد (Fortescue and Turner, 2007).

(2023). همچنین، پایداری عملکرد روغن در ژنوتیپ برتر تحت شرایط مختلف آبیاری به اثبات رسیده است که نشان‌دهنده پتانسیل انتخاب برای ارقام پایدار با درصد روغن بالا در شرایط محیطی متغیر است (Morsi et al., 2023). در این مطالعه همبستگی درصد روغن دانه کلزا با تعداد دانه در خورجین مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۶). طبق مطالعات،

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های ژنوتیپ‌های کلزا زمستانه از نظر صفات مورد بررسی

Table 5- Mean comparison of winter canola genotypes in terms of investigated traits

ژنوتیپ Genotype	طول دوره گلدهی Flowering (day)period	طول دوره رشد Length of growing (day)	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	تعداد خورجین در بوته No. of Pod per plant	تعداد دانه در خورجین No. of Seed per pod	وزن هزار دانه 1000 Seed weight	درصد روغن Oil percentage
DP.948	30.2a	258bc	149.1a-d	154.8ab	22.7a-d	3.8a	48.2bcd
Symbol	27.3a	261ab	1159.8a	124fgh	21.8a-f	3.6ab	46.0d
Eurol	31a	256cd	145.9a-d	145b-e	22.8a-d	3.3b	48.9b
Orient	30.8a	256cd	142.1bcd	158.1ab	23.3ab	3.9a	48.5bc
Hansen	27.3a	262a	144.6a-d	129.5efg	22.6a-d	3.6ab	47.6bcd
Colver	27.6a	260ab	139.5cd	133.1efg	21.5a-f	3.7ab	46.7bcd
Mobican	28.7a	260ab	142.4bcd	122.6fgh	20.7b-f	3.3b	47.7bcd
Coctall	27.6a	262a	156.6ab	144.1b-e	21b-f	3.8a	46.8bcd
Orcan	28.2a	261ab	149.3a-d	133.5efg	23.1abc	3.5ab	48.4bcd
PF.7045/91	29a	253f	122.1e	131.3efg	20.6d-f	3.7ab	47.1bcd
Cwc	27.3a	260ab	147.1a-d	151.6a-d	23.7a	3.5ab	46.1cd
Fornax	31.7a	263a	146.8a-d	128fg	22.2a-e	3.8a	46.0d
Licord	29.1a	262a	153abc	137.3d-g	19.7f	3.7ab	46.4bcd
ALice	30.3a	259ab	150.9a-d	131efg	22.4a-e	3.7ab	48.6b
Parade	28.1a	259ab	150.3a-d	163.1a	24.7a	3.6ab	48.2bcd
Syn-1	32.6a	261ab	141.9bcd	121.5h	19.5f	3.6ab	48.2bcd
VDH8003-98	29.8a	263a	145.8a-d	143b-e	22.8a-d	3.7ab	47.9bcd
Akamar	26.8a	260ab	139.5cd	133.8efg	21.2a-f	3.7ab	47.4bcd
Consul	26.8a	261ab	157.6ab	127.5fgh	21.7a-f	3.4ab	47.4bcd
Okapi	29.1a	262a	136d	139.8c-f	22.7a-d	3.8a	48.2bcd
L-1	28.5a	260ab	149.3e	132efg	21b-f	3.7ab	48.0bcd
Olara	27.5a	260ab	137.4cd	153.1abc	23.3ab	3.8a	47.8bcd
Regent * Cobra	26.5a	253df	138.9cd	143.9b-e	22.3a-d	3.7ab	51.6a
SLM 046	30.3a	260ab	146.8a-d	126.4fgh	20.3def	3.6ab	47.1bcd

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند

In each column, averages with common characters do not have a significant difference at the 5% level.

عملکرد دانه

عملکرد دانه یکسان نبوده است، نتایج نشان داد در مجموع ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سال اول از عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با سال دوم برخوردار بودند. به نظر می‌رسد شرایط جوی در سال اول آزمایش شرایط مطلوب‌تری را برای رشد، تلقیح و همچنین افزایش اجزای مؤثر بر عملکرد دانه فراهم ساخته است. نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد در سال اول

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر سال و در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرمتقابل سال و رقم قرار داشت (جدول ۴). وجود اثرمتقابل معنی‌دار بین سال با رقم از نظر عملکرد دانه بیانگر این است که واکنش ارقام در دو سال آزمایش از نظر

تجزیه واریانس سه گروه ژنوتیپ از نظر صفات مورد بررسی نشان داد، اختلاف بین گروه‌ها از نظر طول دوره رشد و تعداد خورجین در بوته در سطح احتمال یک درصد و از نظر ارتفاع بوته، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین سه گروه نشان داد، گروه اول که در برگیرنده ارقام Cwc, Parade, Euro, Regent* Cobra, DP.948, Orient, PF.7045/91 و Regent* Cobra بودند، از مقادیر تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه بالاتر از میانگین کل گروه‌ها و از نظر دوره رویشی و ارتفاع بوته کمتر از میانگین کل گروه‌ها برخوردار بود. این گروه که از عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با دو گروه دیگر برخوردار بودند، به‌عنوان برترین کلاستر شناسایی شدند. گروه دوم نیز که شامل ارقام Akamar, Olara, Colver, Okapi و VDH8003-98 بود، از نظر طول دوره رشد، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین از مقادیر بالاتر و از نظر ارتفاع بوته از مقادیر پایین‌تر از میانگین کلیه گروه‌ها برخوردار بود، لازم به ذکر است اگر گروه دوم از مقادیر عملکرد دانه پایین‌تر از میانگین سه گروه برخوردار بود اما اختلاف عملکرد دانه در گروه اول و دوم معنی‌دار نبود، قسمت اعظم ارقام مورد بررسی (۵۰ درصد کل ارقام) در گروه سوم قرار می‌گرفتند. این ارقام که شامل SLM 046, Symbol, Licord, Fornax, Orcan, Coctall, Mobican, Hansen و Consul, Syn-1, Alice بودند. از مقادیر طول دوره رشد و ارتفاع بوته بالاتر از میانگین کل گروه‌ها و از تعداد خورجین در بوته، تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه کمتر از میانگین کل کلاسترها برخوردار بودند. گروه‌بندی صفات به‌روش هیت‌مپ حاکی از آن بود که صفات ارتفاع بوته و طول دوره رشد در یک گروه (گروه ۱) قرار داشتند، درصد روغن دانه، عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین نیز با یکدیگر در یک گروه مجزای دیگر (گروه ۲) قرار گرفتند، صفات وزن هزار دانه و طول دوره گلدهی نیز هر یک به تنهایی در یک خوشه (گروه ۳ و ۴) قرار گرفتند. نتایج آنالیز کلاستر نشان داد که ارقام کلزا از نظر سازگاری با شرایط مناطق سرد شمال غرب کشور به سه گروه متمایز تقسیم می‌شوند. گروه برتر (شامل ارقامی مانند Parade و Cwc) با دارا بودن دوره رشد کوتاه‌تر و ارتفاع بوته کمتر، منابع را به‌طور کارآمد به سمت

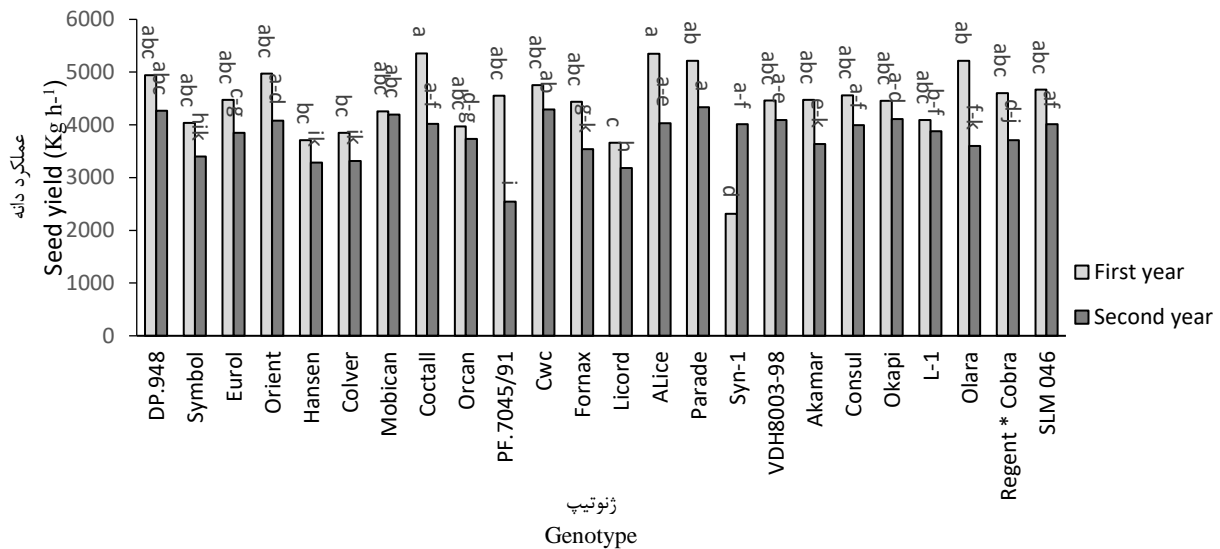
ارقام Coctall, Alice, Olara, Parade و Cwc به‌ترتیب با متوسط ۵۳۵۵، ۵۳۴۹، ۵۲۱۶، ۵۲۱۶ و ۴۷۵۵ کیلوگرم در هکتار حداکثر عملکرد دانه را به‌خود اختصاص دادند، کمترین عملکرد دانه در سال اول با متوسط ۲۳۱۵ کیلوگرم در هکتار به رقم Syn-1 اختصاص یافت. در سال دوم اگر چه رقم Parade با متوسط ۴۳۳۲ کیلوگرم در هکتار حداکثر عملکرد دانه را تولید کرد اما اختلاف بین این رقم با ارقام Cwc, DP.948, Coctall, Syn-1 و SLM 046 معنی‌دار نبود. کمترین عملکرد دانه در سال دوم با متوسط ۲۵۴۵ کیلوگرم در هکتار برای رقم PF.7045/91 ثبت شد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود ارقام Coctall, Alice, Parade و Cwc در هر دو سال زراعی از عملکرد دانه بالایی در مقایسه با دیگر ارقام برخوردار بودند (شکل ۱)، می‌توان اظهار داشت که پتانسیل ژنتیکی عملکرد دانه در این ارقام بالاست و عملکرد دانه در این ارقام کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. همچنین دلیل بالا بودن عملکرد دانه در این ارقام را می‌توان به بالا بودن اجزای عملکرد دانه به‌خصوص تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین نسبت داد. نشان داده شده است که سه ژنوتیپ کلزای T1، T2 و T3 حداکثر عملکرد دانه را در بین ۱۰ ژنوتیپ کلزا به‌خود اختصاص داده‌اند (Morsi et al., 2023). در مطالعات جداگانه وجود تنوع ژنتیکی در عملکرد دانه‌ی ارقام جدید کلزای بهاره شامل Serw 4, Pactol, Serw 10 و Line 51 بود (Kandil et al., 2017). Serw-4, Pactol, Siberian, S1, S2, S3, Torpe, T1، T2 و T3 تحت شرایط تنش کم‌آبی به اثبات رسیده است (Morsi et al., 2023). براساس نتایج جدول همبستگی بین صفات، در این مطالعه عملکرد دانه به‌صورت مثبت و معنی‌داری تحت تأثیر تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین قرار داشت (جدول ۵). بر این اساس با افزایش تعداد خورجین و دانه در خورجین عملکرد دانه افزایش خواهد یافت، با توجه به اینکه صفات مذکور از اجزای عملکرد دانه در کلزا است، وجود چنین ارتباطی قابل پیش‌بینی بود.

تجزیه کلاستر

نتایج آنالیز کلاستر به‌روش هیت‌مپ ژنوتیپ‌ها را به سه گروه و صفات را به چهار گروه تقسیم کرد (شکل ۲)، نتایج

گروه سوم که اکثریت ارقام را شامل می‌شد، با تأکید بر رشد رویشی (قد بلند و دوره رشد طولانی) و تخصیص ناکارآمد منابع، عملکرد پایینی را نشان دادند.

تولید اجزای عملکرد کلیدی (تعداد خورجین و دانه بیشتر) هدایت کرده و بالاترین عملکرد دانه را ایجاد کردند. گروه دوم با وجود بر خورداری از صفات مطلوب، به دلیل احتمالاً پایداری کمتر در پر کردن دانه، به عملکرد پایین تری رسیدند. در مقابل،



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام کلزا در دو سال آزمایش

Figure 1- Mean comparison of canola cultivars in terms of grain yield in two experimental years

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در کلزا در دو سال آزمایش

Table 6- Correlation coefficient between the studied traits in rapeseed in two years of experiment

طول دوره گلدهی	طول دوره رشد	ارتفاع بوته	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	درصد روغن	عملکرد دانه
Flowering period	Length of growing	Plant Height	No. of Pod per plant	No. of Seed per pod	1000 Seed weight	Oil content	Seed yield
طول دوره گلدهی	1						
طول دوره رشد	0.01 ^{ns}	1					
ارتفاع بوته	-0.08 ^{ns}	0.50 ^{**}	1				
تعداد خورجین در بوته	-0.08 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	0.23 ^{ns}	1			
تعداد دانه در خورجین	0.42 ^{**}	0.12 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.05 ^{ns}	1		
وزن هزار دانه	0.03 ^{ns}	0.06 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	1	
درصد روغن	0.01 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	-0.24 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.30 [*]	0.03 ^{ns}	1
عملکرد دانه	-0.08 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.53 ^{**}	0.33 ^{**}	0.08 ^{ns}	0.20 ^{ns}

ns, * and ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد آماری

ns, * and ** not significant and significant at the level of five and one percent statistical probability, respectively

کمبود آب به چهار گروه دسته‌بندی شدند (Morsi *et al.*, 2023). گروه‌بندی صفات و ژنوتیپ‌ها به روش هیت‌مپ نیز در محصول چغندر قند صورت گرفته است (Hamze *et al.*, 2023). به طوری که در آن صفات مرتبط با بیمار ژنوتیپ‌های متحمل به بیماری در کلاسترهای مجزا قرار گرفتند.

همبستگی قوی بین صفات عملکردی و درصد روغن در یک خوشه مجزا، امکان انتخاب همزمان برای عملکرد و کیفیت را در برنامه‌های به‌نژادی نشان می‌دهد. در آزمایشی مشاهده شد ۶۶ ژنوتیپ مختلف کلزا با استفاده از آنالیز خوشه‌ای به چهار گروه مجزا دسته‌بندی شدند (Norouzi *et al.*, 2023). در تحقیقی دیگر ۱۰ ژنوتیپ کلزا براساس شاخص‌های مقاومت به تنش

جدول ۷- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین گروه‌های حاصل از آنالیز کلاستر در مجموع دو سال

Table 7- Analysis of variance and mean comparison of group resulting from cluster analysis in two years

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی Df	طول دوره گلدهی Flowering period	طول دوره رشد Length of growing	ارتفاع بوته Plant height	تعداد خورجین در بوته No. of Pod per plant	تعداد دانه در خورجین No. of Seed per pod	وزن هزار دانه 1000 Seed weight	درصد روغن Oil content	عملکرد دانه Seed yield
بین گروه‌ها B.G	2	1.45 ^{ns}	51.80 ^{**}	240.66 [*]	899.07 ^{**}	5.35 [*]	0.01 ^{ns}	2.33 ^{ns}	286486 [*]
درون گروه‌ها W.G	21	2.95	3.22	47.75	66.40	1.33	0.02	1.32	191363
کلاستر ۱ CL1	-	28.98a	256.43b	142.21b	149.69a	22.87a	3.64a	48.37a	4327.7a
کلاستر ۲ CL2	-	28.16a	261.00a	139.64b	140.56a	22.26ab	3.72a	47.60a	4120.6ab
کلاستر ۳ CL3	-	29.03a	261.02a	149.92a	129.78b	21.35b	3.61a	47.35a	3987.2b
میانگین Mean	-	28.72	259.48	143.92	140.01	22.16	3.65	47.73	4145.16

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند

In each column, averages with common characters do not have a significant difference at the 5% level.

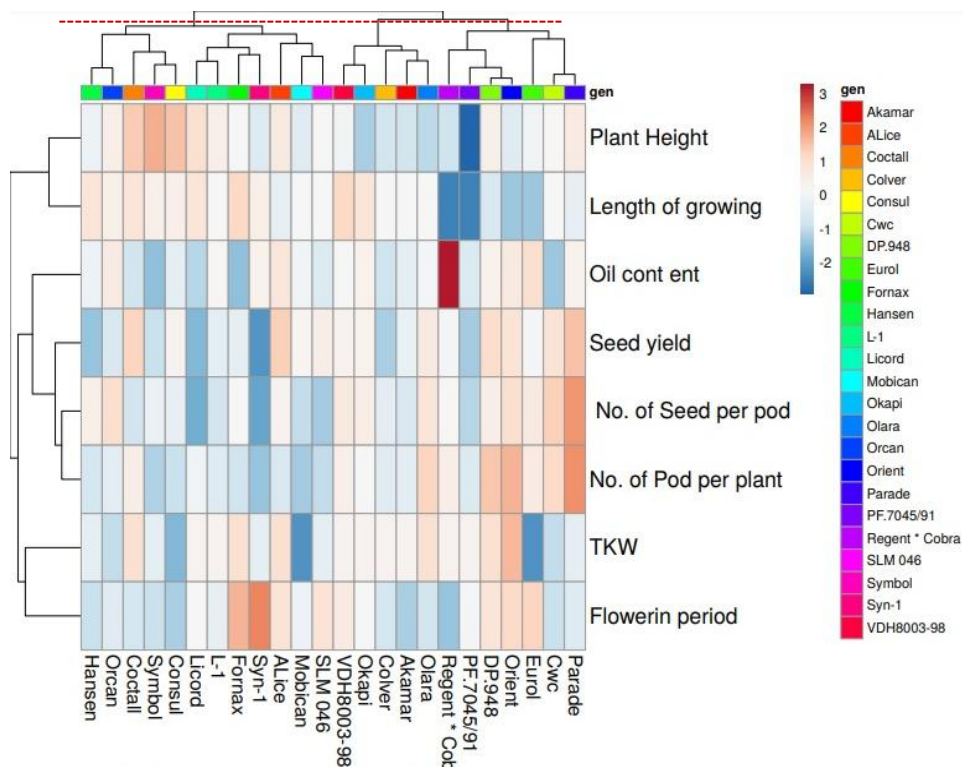
بردارهای صفات عملکردی و دو جزء آن نشان‌دهنده مطلوب بودن ارقام ذکر شده از لحاظ تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه است. لازم به ذکر است که ژنوتیپ‌های ناحیه اول در جهت متضاد بردار طول دوره گلدهی بودند که نشان‌دهنده پایین بودن طول دوره گلدهی در این ارقام است. در ناحیه دوم (بالا سمت راست) ارقام Orcan، Hansen، Licord، Symbol، Fornax و Consul در مجاورت بردار صفات ارتفاع بوته و طول دوره رشد قرار گرفتند، مؤلفه دوم که با صفات رویشی (ارتفاع بوته و طول دوره رشد) همبستگی قوی نشان داد، به‌عنوان مؤلفه رشد رویشی شناخته می‌شود. قرار گرفتن صفات و ژنوتیپ‌های مذکور در کنار یک‌دیگر بیانگر بالا بودن ارتفاع و طول دوره رشد در ارقام Orcan، Hansen، Licord، Symbol، Fornax و Consul در مقایسه با دیگر ارقام است، همچنین ارقام مذکور

تجزیه به عامل‌ها و بای‌پلات

در این بررسی دو عامل اصلی شناسایی شدند که در مجموع ۵۴/۷ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین کردند، می‌توان اظهار داشت هشت صفت مورد بررسی به دو عامل مجزا از یکدیگر خلاصه شدند (شکل ۳). در ناحیه اول (بالا سمت چپ) ارقام Parade، Olara، DP.948، Alice، VDH8003-98، Coctall و Cwc قرار گرفتند، این ارقام در کنار صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه قرار داشتند. مؤلفه اول که عمدتاً با صفات عملکردی (تعداد خورجین، تعداد دانه و عملکرد دانه) همبستگی مثبت داشت، به‌عنوان مؤلفه کارایی زایشی تفسیر می‌شود. این مؤلفه نشان‌دهنده توانایی ژنوتیپ در انتقال موثر مواد فتوسنتزی به بخش‌های زایشی است. قرارگیری ژنوتیپ‌های مذکور در کنار

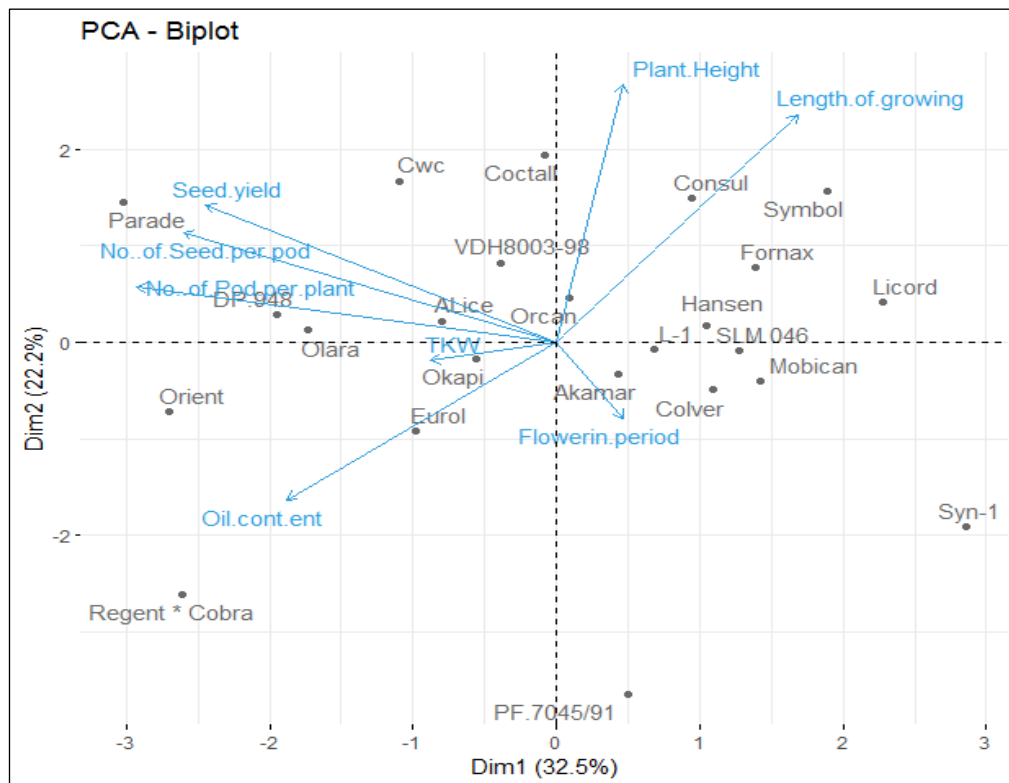
مطلوب، از ارتفاع کوتاه تر و دوره رشد فشرده تر برخوردارند که بیانگر کارایی بالای فتوسنتزی و تخصیص بهینه منابع به دانه به جای توسعه بیوماس رویشی است. در مطالعه‌ای بر روی ارقام کلزا شش عامل شناسایی شدند که در مجموع ۸۲ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین کردند. همچنین نتایج تجزیه به عامل‌ها در مطالعه دیگر برای ۱۰ صفت مورد بررسی در کلزا موجب شناسایی سه عامل شد (Rameeh, 2012). در مطالعه دیگر بر روی ۱۵ رقم کلزا شش مؤلفه اول شناسایی شد که در مجموع ۸۹/۲۰ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد (Arshadi Bidgoli et al., 2018). با استفاده از آنالیز بای پلات در ژنوتیپ‌های مختلف کلزا نشان داده شد ۷۸/۳۶ درصد از کل واریانس داده‌ها توسط دو مؤلفه اول تبیین شدند (Morsi et al., 2023). استفاده از روش بای پلات برای گروه بندی صفات و تیمارها در مطالعات دیگری نیز بر روی محصول چغندر قند انجام شده است (Hamze et al., 2025). در این آزمایش خصوصیات مرتبط با عملکرد ریشه در مجاورت تیمارهای محلول پاشی با جاسمونیک اسید قرار گرفتند، که بیانگر ارتباط نزدیک صفات با تیمارهای اعمال شده بود.

در جهت متضاد بردارهای وزن هزار دانه و درصد روغن بودند که نشان دهنده مقادیر پایین وزن هزار دانه و درصد روغن در این ارقام است. ارقام L-Syn-1, Mobican, Colver, Akamar, PF.7045/91 و SLM 046 در ناحیه سه بای پلات (پایین سمت راست) و در نزدیکی بردار صفت طول دوره گلدهی قرار داشتند. همچنین این ارقام در ناحیه‌ای واقع بودند که در جهت مخالف بردارهای تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه بود، قرار گرفتن این ارقام در این ناحیه نشان دهنده این است که ژنوتیپ‌های مذکور دارای دوره گلدهی طولانی تر اما عملکرد زایشی پایین تر هستند. به نظر می‌رسد این ارقام انرژی بیشتری را به توسعه رویشی اختصاص داده و در تبدیل این پتانسیل به عملکرد دانه ناکام هستند. در ناحیه چهارم بای پلات (پایین سمت چپ) ارقام Orient, Euro1, Okapi و Regent *Cobra قرار گرفتند که با صفات وزن هزار دانه و درصد روغن دانه همسو و با صفات ارتفاع بوته و طول دوره رشد غیر همسو بودند. این ارتباط نشان دهنده بالا بودن وزن هزار دانه و درصد روغن و پایین بودن مقادیر ارتفاع بوته و طول دوره رشد در این ارقام است. این جایگاه نشان می‌دهد که این ارقام با وجود برخورداری از وزن هزار دانه بالا و درصد روغن



شکل ۲- دندروگرام هیت‌مپ گروه بندی ارقام کلزا و صفات مورد بررسی در مجموع دو سال آزمایش

Figure 2- Dendrogram heatmap grouping of rapeseed cultivars and traits studied in a total of two years of experimentation



شکل ۳- نمودار بای پلات گروه بندی ارقام کلزا و صفات مورد بررسی در مجموع دو سال آزمایش

Figure 3- Biplot diagram of grouping of rapeseed cultivars and investigated traits in a total of two years of experiment.

داشتند، نسبت داد. همچنین دو رقم مذکور در خوشه‌ای از دندروگرام و در ناحیه‌ای از بای پلات قرار داشتند که از نظر عملکرد و اجزای عملکرد نسبت به دیگر خوشه‌ها و ناحیه‌ها برتر بود. بنابراین با توجه به نتایج، کشت دو رقم Parade و Cwc در منطقه مورد آزمایش می‌تواند به حصول حداکثر عملکرد دانه کمک نماید. این مطالعه نشان می‌دهد که با انتخاب ارقام سازگار و پربازده، می‌توان به بهبود عملکرد و کیفیت محصول کلزا در شرایط آب‌وهوایی سرد شمال غرب کشور کمک کرد.

نتیجه گیری کلی

در این مطالعه تنوع ژنتیکی مناسبی از نظر صفات مورد بررسی یافت شد، بنابراین از این تنوع ژنتیکی می‌توان در گزینش ارقام مناسب جهت کشت پاییزه استفاده کرد. در بین ارقام مورد بررسی، دو ژنوتیپ Parade و Cwc از عملکرد دانه بالایی برخوردار بودند، بالا بودن عملکرد دانه در این دو رقم را می‌توان به بالا بودن تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین که همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه

References

- Abdollahi Hesar, A., Sofalian, O., Alizade, B., Asghari, A. and Zali, H., 2020. Evaluation of some autumn rapeseed genotypes based on morphological traits and SIIG index. *Journal of Crop Breeding*, 12(34), pp.151-159. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/jcb.12.34.151>
- Arshadi Bidgoli, M., Amiri Oghan, H., Fotokian, M.H. and 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), pp.115-124. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/jcb.10.27.115>
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical Database. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (accessed on 17 January 2022).

- Fortescue, J.A. and Turner, D.W., 2007. Changes in seed size and oil accumulation in *Brassica napus* L. by manipulating the source–sink ratio and excluding light from the developing siliques. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58(5), pp.413-424. <https://doi.org/10.1071/ar06249>
- Gilani, A., Siadat, S.A., Jalali, S. and Limouchi, K., 2018. Study of assimilate remobilization as affected by heat stress in rice cultivars in north of Khuzestan. *Journal of Plant production Sciences*, 8(1), pp.49-57.
- Goffman, F.D. and Becker, H.C., 2002. Genetic analysis of tocopherol content and composition in winter rapeseed. *Plant Breeding*, 121(4), pp.349-351.
- Hamze, H., Asghri, A., Mohammadi, S.A., Sofalian, O. and Mohammadi, S., 2019. Grouping of spring wheat recombinant inbred lines in term of phenological and partitioning of assimilates in normal and water deficit conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(4), pp.989-1002. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/escs.2019.1429.1311>
- Hamze, H., Khalili, M., Mir-Shafiee, Z. and Nasiri, J., 2025. Integrated biomarker response version 2 (IBRv2)-assisted examination to scrutinize foliar application of Jasmonic acid (JA) and Zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) toward mitigating drought stress in sugar beet. *Journal of Plant Growth Regulation*, 44, pp.316–334. [In Persian]. <https://doi.org/10.1007/s00344-024-11475-9>
- Hamze, H., Mansouri, H., Hassani, M. and Sadeghzadeh Hemayati, S., 2023. Evaluation of new O-type lines of sugar beet resistant to root and crown rhizoctonia rot in the conditions of microplot artificial contamination. *Journal of Sugar Beet*, 39(2), pp.125-138. [In Persian]. <https://doi.org/10.22092/jsb.2024.365029.1347>
- Hamzei, J. and Soltani, J., 2012. Deficit irrigation of rapeseed for water-saving: Effects on biomass accumulation, light interception and radiation use efficiency under different N rates. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 155, pp.153–160. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.04.010>
- Hassan, E.U., Mustafa, H.S.B., Bibi, T. and Mehmood, T., 2014. Genetic variability, correlation and path analysis in advance lines of rapeseed (*Brassica napus*) for yield components. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 47(1), pp.71-79. <https://doi.org/10.2478/cerce-2014-0008>
- Jobson, J., 2012. Applied Multivariate Data Analysis: Volume II: Categorical and Multivariate Methods. Springer Science & Business Media, 732 pp.
- Kandil, A., Sharief, A., El-Mohandes, S.I. and Keshta, M., 2017. Performance of canola (*Brassica napus* L.) genotypes under drought stress. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2, pp.653–661. <https://doi.org/10.22161/ijeab/2.2.12>
- Khayat, M., Lack, Sh. and Karami, H., 2012. Correlation and path analysis of traits affecting grain yield of canola (*Brassica napus* L.) varieties. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2(6), pp.5555-5562.
- Kuppler, J., Hofers, M.K., Wiesmann, L. and Junker, R.R., 2016. Time-invariant differences between plant individuals in interactions with arthropods correlate with intraspecific variation in plant phenology, morphology and floral scent. *New Phytologist*, 210(4), pp.1357-1368. <https://doi.org/10.1111/nph.13858>

- Majidi, M.M. and Mirlohi, A.F., 2009. Genetic variation, heritability and correlations of agro-morphological traits in tall fescue (*Festuca arundinacea*). *Euphytica*, 167, pp.323-331. <https://doi.org/10.1007/s10681-009-9887-6>
- Majidi, M.M., Ghahdarijani, M.J., Rashidi, F. and Mirlohi, A., 2016. Relationship of different traits in rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars under normal and drought conditions. *Journal of Crop Breeding*, 8(17), pp.50-65. [In Persian]. <https://doi.org/10.18869/acadpub.jcb.8.17.65>
- Meena, H.S., Kumar, A., Singh, V.V., Meena, P.D., Ram, B. and Kulshrestha, S., 2017. Genetic variability and inter-relation of seed yield with contributing traits in Indian mustard (*Brassica juncea*). *Journal of Oilseed Brassica*, 8(2), pp.131-137.
- Moradi, M., Soltani Hoveize, M. and Shahbazi, E., 2017. Study the relations between grain yield and related traits in canola by multivariate analysis. *Journal of Crop Breeding*, 9(23), pp.187-194. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/jcb.9.23.187>
- Morsi, N.A.A., Hashem, O.S.M., El-Hady, M.A.A., Abd-Elkrem, Y.M., El-temsah, M.E., Galal, E.G., Gad, K.I., Boudiar, R., Silvar, C. and El-Hendawy, S., 2023. Assessing drought tolerance of newly developed tissue-cultured canola genotypes under varying irrigation regimes. *Agronomy*, 13, No.836. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030836>
- Nasim, A., Farhatullah, S., Iqbal, S., Shah, S.M. and Azam, A., 2013. Genetic variability and correlation studies for morpho-physiological traits in *Brassica napus* L. *Pakistan Journal of Botany*, 45(4), pp.1229-1234.
- Norouzi, M.A., Ahangar, L., Payghamzadeh, K., Sabouri, H. and Sajadi, S.J., 2023. Investigating the relationship between grain yield and yield components in spring rapeseed cultivars using multivariate analysis. *Journal of Plant Production Research*, 30(3), pp.85-100. [In Persian]. <https://doi.org/10.22069/jopp.2023.20680.2971>
- Onacik-Gür, S. and Żbikowska, A., 2020. Effect of high-oleic rapeseed oil oleogels on the quality of short-dough biscuits and fat migration. *Journal of Food Science and Technology*, 57, pp.1609–1618. [In Persian]. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04193-8>
- Poorter, H., Niklas, K.J., Reich, P.B., Oleksyn, J., Poot, P. and Mommer, L., 2012. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, 193(1), pp.30-50. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x>
- Rameeh, V., 2012. Correlation and factor analyses of quantitative traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 1(1), pp.2319-1473.
- Rout, S., Kerkhi, S.A. and Chauhan, C., 2018. Character association and path analysis among yield components in Indian mustard (*Brassica juncea* (L.) Czern and Coss). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(1), pp.50-55. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.701.007>
- Sabaghnia, N., Dehghani, H., Alizadeh, B. and Mohghaddam, M., 2010. Interrelationships between seed yield and 20 related traits of 49 canola (*Brassica napus* L.) genotypes in non-stressed and water-stressed environments. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(2), pp.356-370. <https://doi.org/10.5424/sjar/2010082-1195>
- Slafer, G.A., Savin, R. and Sadras, V.O., 2014. Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. *Field Crops Research*, 157, pp.71-83. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.12.004>

- Tariq, H., Tanveer, S.K., Qamar, M., Javaid, R.A., Vaseer, S.G., Jhanzab, H.M., Hassan, M.J. and Iqbal, H., 2020. Correlation and path analysis of *Brassica napus* genotypes for yield related traits. *Life Science Journal*, 17(8), pp.22-34. [In Persian]. <https://doi.org/10.7537/marslsj170820.05>
- Weselake, R.J., *et al.*, 2009. Increasing the flow of carbon into seed oil. *Biotechnology Advances*, 27(6), pp.866-878. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.07.001>
- Wu, W., Ma, B. and 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, pp.87–157. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2018.04.002>
- Zhang, H., Berger, J.D. and Herrmann, C., 2017. Yield stability and adaptability of canola (*Brassica napus* L.) in multiple environment trials. *Euphytica*, 213(7), p.155. <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1948-7>