University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

The Productivity Response of Rapeseed Genotypes to the Application of Seaweed Extract in the Marginal Areas around Urmia Lake

Bahman Pasban Eslam [1] ✉ | **Roghayeh Solhi-Khajehmarjan** [2] | **Bahram Alizadeh** [3]

1. Corresponding Author, Crop and Horticultural Science Research Department, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran. Email: b.pasbaneslam@areeo.ac.ir
2. Crop and Horticultural Science Research Department, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran. Email: r.solhi@areeo.ac.ir
3. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: ba.alizadeh@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: March 08, 2025
Revised: November 23, 2025
Accepted: November 24, 2025

Keywords:
Biological nutrient,
chlorophyll index,
correlation,
seed yield,
yield components.

Extended Abstract

The use of bio-stimulants to create eco-friendly products in conjunction with contemporary agriculture, particularly the foliar application of seaweed extract, can be successful in raising crop yields both quantitatively and qualitatively under stressful environmental conditions. On the other hand, removing or reducing the application of chemical inputs and substituting them with bio-fertilizers and growth stimulants such as seaweed extract can be considered as an important step towards achieving sustainable agriculture goals. The present research was conducted to investigate the effects of foliar application of the seaweed extract on seed and oil yields and seed yield components of rapeseed genotypes in the marginal areas around Urmia Lake. The research was done in the Khosro Shah station of East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (46º 2´E, 37º 56´N) during the 2023-2024 cropping season. The mentioned research station is located in marginal areas east of the Urmia lacke. The experiment was done as a split-plot based on a randomized complete block design with three replications. The experimental factors included the foliar application of seaweed extract (seaumic acid) at two levels (control and seaumic acid with 5 g L^{-1} concentration) as the main factor and 40 rapeseed genotypes as the sub-factor. The seaweed extract solution was made with distilled water and stirred until the extract was fully dissolved in the water in 25ºC. The Institute for Research on Breeding and Seed Preparation of the Ministry of Agricultural Jihad selected genotypes, were used in current study from preliminary tests of adaptation to the nation's cold climates. These genotypes have economically acceptable adaptation and seed and oil yields for cultivation in the marginal areas of cold climates. There were four rows in each subplot, separated by 30 centimeters (cm). It was determined that each row was five meters long. Seven cm was the set spacing between each plant on the row. The planting time was 11th Sept. 2023. Seaweed extract was applied topically to rapeseed plants during their shoot elongation (main inflorescence elongation in 20% of the plants) and flowering (when 20% of flowers appeared) stages. The results of the study showed that the foliar application of seaweed extract during stem elongation and flowering stages, increased the number of sub-branches (about 2%), chlorophyll index (about 36%), number of the pods per plant (about 12%), 1000-seeds weight (about 13%), harvest index (about 10%), and seed and oil yields (about 21% and 8% respectively). Genotype HL3721×Rohan had the highest amounts of pods per plant (131.4), seeds per pod (27.6), and seed and oil yields of 3657 and 1683 Kg ha^{-1}, respectively. HL2012×GK Csenge (737 Kg ha^{-1}) and ES Kamilo×SW102 (859 Kg ha^{-1}) genotypes indicated lower seed yields compared to others. The results of principal components analysis among the studied traits showed significant correlation between seed and oil yields. In the study of parameters influencing seed and oil yields, the number of pods per plant, revealed positive and significant correlations with plant height, stem diameter, number of the branches per plant, plant biomass, harvest index and seed and oil yields. It seems that the effect of the number of pods per plant on seed and oil yields, was more than other yield components. Among the studied traits, chlorophyll index, 1000-seeds weight, and pod area showed positive correlations with seed yield. Therefore, the role of the mentioned traits in the formation of seed yield was more important. By cluster analysis with Ward's method, after HL3721×Rohan, eighteen genotypes with an average seed yield of 2311 Kg ha^{-1} were placed in same group. These genotypes can be cultivated as promising genotypes in the marginal areas around Urmia Lake. The use of plant growth promoters such as seaweed extract as bio-fertilizers has been increasingly proposed as a way to reduce the use of chemical fertilizers in agricultural systems. This can be considered in the production process of rapeseed plants under different conditions, based on different aspects of production. Seaweed organic fertilizer has had a positive effect on the growth and yield of rapeseed genotypes due to its growth stimulants and nutrient. It is concluded that the use of the above-mentioned organic fertilizer can play an acceptable role in achieving economic yields in rapeseed production, especially in difficult environmental conditions and marginal areas.

Cite this article: Pasban Eslam, B., Solhi-Khajehmarjan, R., & Alizadeh, B. (2026). The productivity response of rapeseed genotypes to the application of seaweed extract in the marginal areas around Urmia lake. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *57*(1), 51-66. DOI: 10.22059/ijfcs.2025.391665.655130.

© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: 10.22059/ijfcs.2025.391665.655130

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

پاسخ محصول‌دهی ژنوتیپ‌های کلزا به کاربرد عصاره جلبک‌دریایی در اراضی کم‌بازده حاشیه دریاچه ارومیه

بهمن پاسبان‌اسلام [۱]✉ | رقیه صلحی خواجه‌مرجان [۲] | بهرام علیزاده [۳]

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران. رایانامه: b.pasbaneslam@areeo.ac.ir

۲. بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران. رایانامه: r.solhi@areeo.ac.ir

۳. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: ba.alizadeh@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۰۳

کلیدواژه‌ها:
اجزای عملکرد، شاخص کلروفیل، عملکرد دانه، کود زیستی، همبستگی.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی بر عملکرد دانه و روغن و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا در اراضی کم‌بازده حاشیه دریاچه ارومیه، پژوهشی در سال زراعی۰۳-۱۴۰۲ به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی آذربایجان‌شرقی اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل کاربرد عصاره جلبک‌دریایی در دو سطح شاهد و محلول-پاشی پنج در هزار به‌عنوان فاکتور اصلی و ۴۰ ژنوتیپ کلزا به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی موجب افزایش تعداد شاخه فرعی، شاخص کلروفیل، تعداد خورجین در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و روغن و شاخص برداشت شد. ژنوتیپ HL3721×Rohan با میانگین ۱۳۱/۴ خورجین در بوته، ۲۷/۶ دانه در خورجین و عملکرد دانه و روغن به‌ترتیب ۳۶۵۷ و ۱۶۸۳ کیلوگرم در هکتار بالاترین مقادیر را داشت. ژنوتیپ‌های HL2012×GK Csenge و Triangle×Modena به‌مراتب عملکرد دانه کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی بین صفات موردمطالعه بیانگر آن است که بین اجزای عملکرد با همدیگر و همچنین بین عملکرد دانه و روغن با ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته و شاخص‌برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. این امر نشان‌دهنده نقش هر یک از صفات مذکور در شکل‌دهی عملکرد روغن است. با تجزیه‌کلاستر به روش وارد، بعد از HL3721×Rohan، هجده ژنوتیپ با میانگین عملکرد دانه ۲۳۱۱ کیلوگرم در هکتار در یک خوشه قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش در اراضی کم‌بازده حاشیه دریاچه ارومیه به‌کار روند.

استناد: پاسبان‌اسلام، ب.، صلحی خواجه‌مرجان، ر.، و علیزاده، ب. (۱۴۰۵). پاسخ محصول‌دهی ژنوتیپ‌های کلزا به کاربرد عصاره جلبک‌دریایی در اراضی کم‌بازده حاشیه دریاچه ارومیه. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۷(۱)، ۵۱-۶۶.
DOI: 10.22059/ijfcs.2025.391665.655130

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان

۱. مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) بعد از نخل روغنی و سویا جایگاه سوم را در تولید روغن‌های خوراکی به خود اختصاص داده است (Singh *et al*., 2023). بر اساس گزارش وزارت جهاد کشاورزی کلزا از نظر سطح برداشت (۱۵۳۵۳۶ هکتار) و تولید دانه‌های روغنی (۲۹۰۸۴۰ تن) در بین سایر محصولات روغنی در ایران رتبه اول را دارد. سطح برداشت کلزا در آذربایجان شرقی طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ شامل ۲۱۴۳ هکتار بود که از آن حدود ۴۹۵۷ تن محصول دانه با متوسط عملکرد ۲/۹ تن در هکتار به‌دست آمده است (Statistics Center of the Ministry of Agricultural Jahad, 2023). ژنوتیپ‌های گیاه کلزا واکنش‌های متفاوتی به شرایط محیطی نشان می‌دهند و باتوجه‌به ویژگی مورد ارزیابی، تأثیر شرایط محیطی و ژنوتیپ متفاوت می‌باشد. بنابراین، انتخاب ارقام سازگار با شرایط محیطی منطقه مورد کشت برای دست‌یابی به بیشینه محصول حائز اهمیت است (Yanagi, 2024). بر اساس یافته‌های حاصل از ارزیابی ارقام کلزا در دشت تبریز مشخص شده است که ژنوتیپ‌های Okapi و SLM046 در مقایسه با سایر ارقام از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بودند و عموما ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بیشتر عملکرد روغن بالایی را نیز به خود اختصاص داده‌اند (Pasban Eslam, 2009). در مطالعه صورت‌گرفته روی ۳۸ ژنوتیپ کلزا در اراضی کم‌بازده دشت تبریز روشن شد که ژنوتیپ‌های Okapi و Nima در شرایط کم‌بازده منطقه با کاهش اجزای عملکرد مانند تعداد خورجین در بوته نتوانستند عملکرد دانه قابل‌قبولی تولید کنند و این ارقام برای اراضی کم‌بازده مناسب تشخیص داده نشدند ولی ژنوتیپ‌های WRL-96-01، WRL-96-02 و WRL-96-17 بالاترین عملکرد دانه و روغن را در اراضی کم‌بازده کسب کردند (Pasban Eslam & Alizadeh, 2019). نتایج حاصل از تحقیق دهشیری و مدرس‌ثانوی (Dehshiri & Modares Sanavy, 2017) نشان داد که ارقام RGS003، Zarfam و Okapi به‌ترتیب بیشترین عملکرد دانه را در خاک‌های کم‌بازده تولید کرده‌اند.

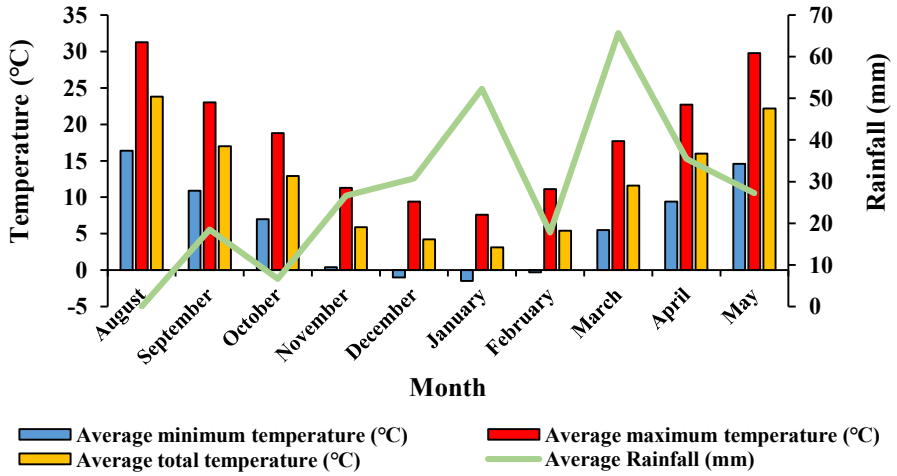
یکی دیگر از مولفه‌های اساسی افزایش عملکرد محصولات کشاورزی کاربرد کودهای شیمیایی است. متاسفانه افزایش مصرف کودهای شیمیایی در دهه‌های اخیر، مشکلات جدی زیست‌محیطی ایجاد کرده است. امروزه استفاده از کودهای زیستی همچون عصاره جلبک‌دریایی در محصولات زراعی به‌عنوان جایگزین و یا مکمل کودهای شیمیایی رو به توسعه است (He *et al*., 2023). براساس تحقیقات انجام‌شده، محرک‌های رشد مانند کود عصاره جلبک‌دریایی می‌توانند با مکانیسم‌های مختلفی موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی و به‌ویژه کلزا شوند. عصاره جلبک‌دریایی با دارا بودن محرک‌های رشد گیاهی همچون ریزمغذی‌ها (مس، آهن، روی و منیزیم) و درشت‌مغذی‌ها، پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، اسیدهای-چرب غیراشباع با چند بند دوگانه، پلی‌فنل‌ها، فیتوهورمون‌ها (اکسین، سیتوکینین و جیبرلین) و اسمولیت‌ها می‌تواند موجب افزایش عملکرد گیاهان شود (Chaturvedi *et al*., 2022). مطالعات روی کودهای مبتنی بر عصاره جلبک‌دریایی نشان داده است که اجزای آن‌ها به‌راحتی توسط سلول‌های گیاهی شناسایی می‌شوند. بنابراین، این کودها می‌توانند به‌طور موثر رشدو نمو گیاهان را تنظیم کنند و تحمل آن‌ها در برابر تنش‌های محیطی را افزایش دهند (Shang *et al*., 2023; Rajaie, 2022; El Khattabi *et al*., 2023). افزودن کودها به‌صورت محلول‌پاشی (تغذیه برگی) یکی از روش‌های تضمین‌شده و موفق برای رفع کمبود عناصر غذایی به‌ویژه ریزمغذی‌ها است. مصرف کودها از طریق برگ‌تأثیر بیشتری بر تولید و کیفیت محصولات زراعی دارد زیرا تلفات کمتری را در پی خواهد داشت (Gobel *et al*., 2024). تیمار گیاهان با عصاره جلبک‌دریایی به افزایش ظرفیت جذب ریشه کمک کرده و منجر به افزایش رشد رویشی می‌شود. بنابراین تأثیر مثبتی بر بهبود و افزایش بهره‌وری محصول خواهد داشت (Daadoush & Al-Doori, 2024; Arab *et al*., 2022). عصاره جلبک‌دریایی زمانی که روی گیاه پاشیده شود، باعث افزایش توانایی ریشه در رشد و جذب موادغذایی، افزایش ضخامت و استحکام ساقه و افزایش سطح برگ شده و در نتیجه رشد رویشی اندام‌هوایی و ریشه را افزایش داده و عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشد (Saleh *et al*., 2024;

Smouni & Fahr, 2023). برخی از محققان دریافتند که محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی در گیاه کلزا موجب افزایش تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه و درصد روغن شده است (Azarmehr *et al*., 2017). نشان داده شده است که تأثیر جلبک‌دریایی بر پارامترهای رشد را می‌توان به حضور اکسین، سیتوکینین و سایر عوامل محرک رشد و همچنین ریزمغذی‌ها و درشت‌مغذی‌ها در عصاره جلبک‌دریایی نسبت داد. همچنین ترکیبات زیست‌فعال موجود در عصاره جلبک‌دریایی ممکن است اثر هم‌افزایی بر رشد گیاه داشته باشند (Shahriari *et al*., 2021). همچنین نتایج تحقیق مذکور نشان داد که این کود آلی با اثر مثبت بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و افزایش محتوای کلروفیل و نیز ارتقای عملکرد سیستم فتوسنتزی ممکن است افزایش وزن خشک اندام‌هوایی، رشد گیاه و در نهایت افزایش عملکرد در گیاه کلزا را توجیه کند.

استفاده از روش‌های نوین همچون کاربرد محرک‌زیستی عصاره جلبک‌دریایی برای کاهش اثرات نامطلوب محیطی و دست‌یابی به محصول قابل‌قبول اقتصادی در اراضی کم‌بازده دارای اهمیت است. بنابراین، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثرات محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا در اراضی کم‌بازده حاشیه دریاچه ارومیه اجرا شده است.

۲. روش‌شناسی پژوهش

آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به‌صورت پاییزه در ایستگاه خسروشاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی آذربایجان‌شرقی (۴۶ درجه و ۲ دقیقه شرقی، ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی) اجرا شد. این منطقه بر اساس سیستم پهنه‌بندی کوپن سرد و نیمه‌خشک با زمستان‌های یخبندان بوده و در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه قرار دارد. مشخصات آب‌وهوایی ایستگاه خسروشاه در طول دوره آزمایش در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱. میانگین ماهانه حداقل، حداکثر و کل دمای هوا و مجموع بارندگی ایستگاه تحقیقات کشاورزی خسروشاه در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲.

Figure 1. Monthly mean of minimum, maximum and total air temperature and total rainfall of Khosrowshah station during 2023-2024 cropping season.

فاکتورهای آزمایش شامل کاربرد عصاره جلبک‌دریایی با نام تجاری SEAUMIC از شرکت BIOZAR، محصول کشور ایران در دو سطح محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی با غلظت پنج گرم در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب (Tarraf *et al*., 2015) و عدم محلول‌پاشی (آب‌پاشی) و ۴۰ ژنوتیپ پاییزه کلزا به‌ترتیب به‌عنوان فاکتور اصلی و فرعی بودند. برای تهیه این محلول از آب‌مقطر

استفاده شد و مدتی هم زده شد تا کاملا عصاره داخل آب حل شود. مشخصات ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول یک آمده است. این ژنوتیپ‌ها از آزمایش‌های مقدماتی سازگاری با اقلیم‌های سرد کشور مربوط به موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر وزارت جهاد کشاورزی انتخاب شده‌اند و از سازگاری و عملکرد قابل‌قبول اقتصادی دانه و روغن برای کشت در اقلیم‌های مذکور برخوردارند. هر کرت فرعی از چهار ردیف به فاصله ۳۰ سانتی‌متر تشکیل شده بود. طول هر خط کاشت پنج متر در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف در هفت سانتی‌متر تثبیت شدند. کاشت در ۲۰ شهریورماه سال ۱۴۰۲ انجام شد. کوددهی مزرعه باتوجه‌به نتایج آزمون خاک مزرعه آزمایشی انجام شد (جدول ۲). کود اوره به‌مقدار ۲۴۲ کیلوگرم (در سه قسمت شامل زمان کاشت، شروع رشد بهاره و گل‌دهی)، سولفات‌پتاسیم ۹۰ کیلوگرم و سوپرفسفات‌تریپل ۱۶۰ کیلوگرم (هر دو به‌هنگام کاشت) به‌ازای هر هکتار به‌کار رفت. برای مقابله با آفت شته‌مومی به‌هنگام شروع خورجین‌دهی از سم پریمور با غلظت دو در هزار استفاده شد. محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی طی مراحل ساقه‌روی (دراز شدن گل‌آذین اصلی در ۲۰ درصد بوته‌ها) و گل‌دهی (مرحله ۲۰ درصد گل‌دهی) بوته‌های کلزا انجام شد. ویژگی‌های کود زیستی به‌کار رفته در جدول ۳ آمده است.

جدول ۱. اسامی ژنوتیپ‌های مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. The names of used genotypes during experiment.

Number	1	2	3	4	5
Genotype	GK Reka×Zarfam	Zlatna×SW102	ES Mercure×ES Darko	SW102×ES Mercure	HL 2012×Neptune
Number	6	7	8	9	10
Genotype	Zlatna×ES Darko	ES Alonso×L72	Rohan×HL3721	ES Hydromel×GK Csenge	ADV 2×ES Astrid
Number	11	12	13	14	15
Genotype	Nima	ES Kamilo×SW102	ES Astrid × ES Lauren	Rohan×GK Csenge	Garou ×ES Artist
Number	16	17	18	19	20
Genotype	Okapi×Tassilo	ES Artist×Neptune	L72×SW102	HL3721×Rohan	SW102×ES Hydromel
Number	21	22	23	24	25
Genotype	Nafis	ADV2×Zarfam	GK Csenge×DK Expower	L72×GK Reka	ES Artist×ES Darko
Number	26	27	28	29	30
Genotype	HL2012×GK Csenge	1087×GKH2624	SLM 046×Okapi	Garou×GK Csenge	Zlatna×ES Lauren
Number	31	32	33	34	35
Genotype	Nilofar	Okapi	ES Mercure×Zarfam	Triangle×Modena	Rohane×Neptune
Number	36	37	38	39	40
Genotype	SW102×Okapi	Zlatna×ES Hydromel	ES Lauren×ES Hydromel	HL 3721×Rohane	ESLauren×ES Alonso

جدول ۲. برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی.

Table 2. Some physico-chemical characteristices of experimental field soil.

pH	**EC (dS m^{-1})**	**Nitrogen (%)**	**Phosphorus (mg Kg^{-1})**	**Potasium (%)**	**Clay (%)**	**Silt (%)**	**Sand (%)**
7.9	4.7	0.05	7.5	207	12	23	65

جدول ۳. نتایج تجزیه ویژگی‌های شیمیایی عصاره جلبک‌دریایی.

Table 3. The results of chemical characteristices of seaweed extract**.**

K_2O (%)	**P_2O_5 (%)**	**Humic Acid (%)**	**Fulvic Acid (%)**	**Alginic Acid (%)**	**Cu+Zn+ Fe+B+Mo (%)**	**Mannitol (%)**	**OM (%)**	**Betaine (mg Kg^{-1})**	**Cytokinin (mg Kg^{-1})**	**Gibberellin (mg Kg^{-1})**
10.5	0.1	50	4.5	1.6	0.3	0.2	38	10	10	50

اندازه‌گیری صفاتی مانند ارتفاع بوته، قطر طوقه و شاخص کلروفیل در اواسط مرحله گل‌دهی انجام شد. برای تعیین ارتفاع بوته، برخی صفات ریخت‌شناسی، شاخص کلروفیل برگ‌ها و اجزای عملکرد دانه ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت آزمایشی انتخاب و به‌کار رفتند. برای تعیین وزن هزار دانه در هر واحد آزمایشی از هشت تکرار ۱۰۰ دانه‌ای استفاده شد که میانگین نمونه‌ها تعیین و در نهایت وزن هزار دانه مشخص شد. با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی مدل CCM-200 ساخت کشور

آمریکا، شاخص کلروفیل برگ اندازه‌گیری شد. درنهایت پس از رسیدگی بوته‌ها و برداشت محصول کرت‌ها، عملکرد دانه تعیین شد. مقدار روغن دانه‌ها به‌روش استخراج پیوسته سوکسله به‌دست آمد (Mirnezami-Ziabari & Sanei-Shariatpanah, 1994).

تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها بااستفاده‌از آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel 2019 استفاده شد. تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) با نرم‌افزار XLSTAT 2018 و آزمون کلاستر به روش وارد با نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۴ انجام شد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها اثر ژنوتیپ و محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی روی ویژگی‌های ریخت‌شناسی موردمطالعه، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های کلزا معنی‌دار بود. بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه از نظر ارتفاع بوته، قطر طوقه، شاخص کلروفیل برگ، مساحت خورجین، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن و شاخص‌برداشت اختلاف معنی‌داری دیده شد. همچنین تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد روغن و دانه و شاخص‌برداشت به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی قرار گرفتند. اثر متقابل تیمارهای عصاره جلبک-دریایی و ژنوتیپ روی صفات شاخص کلروفیل و تعداد شاخه‌های فرعی در بوته معنی‌دار شد (جدول ۴).

۳-۱. ارتفاع بوته

طبق نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ژنوتیپ بر ارتفاع بوته کلزا معنی‌دار شد، ولی محلول‌پاشی جلبک‌دریایی اثر معنی‌داری بر آن نداشت (جدول ۴). بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۲۱/۵ سانتی‌متر در ژنوتیپ ES Artist×ES Darko دیده شد که از نظر آماری با ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱۳، ۱۵، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۸ و ۲۹ در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۶). پایین‌ترین ارتفاع بوته با ۸۸/۴ سانتی‌متر در ژنوتیپ Zlatna×ES Hydromel مشاهده شد که با ژنوتیپ‌های شماره ۲۳، ۳۰، ۳۲، ۳۶ و ۳۹ در یک گروه آماری بود (جدول ۶). باتوجه‌به نتایج حاصل از این پژوهش اختلاف ۲۷ درصدی بین ژنوتیپ‌های ES Artist×ES Darko و Zlatna×ES Hydromel در ارتفاع بوته وجود داشت که قابل‌توجه می‌باشد. ساقه‌های طویل‌تر با داشتن شاخه‌های فرعی و تعداد خورجین در بوته بیشتر، عملکرد دانه بالاتری نیز تولید کردند (جدول‌های ۶ و ۷). برخی از محققان بر این باورند که در ژنوتیپ‌های مختلف تعداد سلول‌های تولیدی ساقه و رشد سلول‌ها متفاوت می‌باشد و از دلایل اصلی آن تفاوت در تولید هورمون‌های گیاهی ذکر شده است (Takatsuka & Umeda, 2014). در نتیجه با بالا بودن تعداد سلول‌ها و رشد طولی آن‌ها ارتفاع بوته نیز افزایش خواهد یافت.

۳-۲. قطر طوقه

بررسی مقادیر قطر طوقه نشان داد که تفاوت معنی‌داری از نظر این صفت بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه وجود دارد (جدول ۶). ژنوتیپ‌های SW 102×ES Mercure و Nafis به‌ترتیب با میانگین ۱۴/۷۴ و ۱۴/۵۴ میلی‌متر بیشترین و ژنوتیپ Zlatna×ES Lauren با میانگین ۸/۰۱ میلی‌متر کمترین قطر طوقه را به خود اختصاص دادند که نسبت به ژنوتیپ SW 102×ES Mercure حدود ۴۶ درصد کاهش نشان می‌دهد. پاسبان اسلام (Pasban Eslam, 2011) نشان داد بوته‌هایی که قبل از ظهور سرمای زمستان از تعداد شش برگ و قطر طوقه حدود شش میلی‌متر برخوردار باشند، کمتر دچار سرمازدگی شده و با رشد و نمو به‌موقع و مناسب در بهار، عملکردهای مطلوبی تولید خواهند کرد.

۳-۳. تعداد شاخه فرعی

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته بااستفاده‌از عصاره جلبک‌دریایی با میانگین‌های ۵/۵ و ۵/۱ عدد به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های Zlatna×ES Hydromel و HL 3721×Rohane به‌دست آمد. همچنین عدم کاربرد

عصاره جلبک‌دریایی نیز موجب ایجاد کمترین شاخه‌های فرعی با ۰/۸ و ۱/۶ عدد به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های ES Mercure×ES Darko و SW102×ES Mercure شد (جدول ۷). افزایش تعداد شاخه‌های فرعی در ژنوتیپ‌های کلزا می‌تواند در اثر رشد رویشی بیشتر در هوای خنک اوایل بهار باشد. توان یک ژنوتیپ در تولید شاخه‌های فرعی که به گل‌آذین محصول-دهنده ختم شود، از عوامل افزایش تعداد خورجین در بوته و در نهایت عملکرد دانه است (Tahmasebi *et al*., 2013). نتایج پژوهش حاضر نشانگر آن است که تعداد شاخه فرعی زیاد با افزایش تعداد خورجین در بوته موجب تولید عملکرد بالا در ژنوتیپ‌های مربوطه شده است (جدول‌های ۶ و ۷ و شکل ۲).

کلزا گیاهی با توانایی رشد نامحدود است که تولید و رشد شاخه‌های فرعی در تمام طول دوره رشد آن تداوم دارد. چون تعداد شاخه در گیاه تحت کنترل عوامل ژنتیکی و محیطی است، بنابراین اثر ژنوتیپ بر تعداد شاخه معنی‌دار خواهد بود (Shahsavari *et al*., 2023). همچنین تولید شاخه‌های فرعی تحت‌تأثیر عصاره جلبک‌دریایی قرار گرفت. تعداد شاخه فرعی در گیاهان محلول‌پاشی‌شده نسبت به گیاهان شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. بنابراین محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی در همه ژنوتیپ‌ها اثر یکسانی نداشت و موجب افزایش تعداد شاخه‌های فرعی در اکثر ژنوتیپ‌ها شد (جدول ۷). گزارش شده است تیمار بوته‌های کلزا با عصاره جلبک‌دریایی از طریق بهبود رشد و توسعه ریشه‌ها از لحاظ تغذیه‌ای، باعث شد تا بوته‌ها از عناصر غذایی موجود در خاک بهتر و بیشتر استفاده کرده و در نتیجه اندام‌های‌هوایی گیاه رشد بیشتری داشته باشند. این امر باعث افزایش تعداد مریستم‌های آغازنده شاخه‌های فرعی روی ساقه و در ادامه افزایش تعداد شاخه‌های فرعی می‌شود (Vafa *et al*., 2024).

۳-۴. شاخص کلروفیل

نتایج مقایسه میانگین‌های این صفت نشان داد که بیشترین شاخص کلروفیل تحت محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی در ژنوتیپ ES Alonso×L72 به ارزش ۶۲ دیده شد که با ژنوتیپ‌های Zlatna×ES Darko، Okapi×Tassilo، ES Artist×Neptune و HL 2012×Neptune در یک گروه آماری قرار داشتند. کمترین مقدار با ۳۶ واحد در ژنوتیپ SLM 046×Okapi بود که بین مقادیر عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی با عصاره جلبک‌دریایی ۳۱ درصد اختلاف داشت (جدول ۷). وجود چنین اختلافی در مقدار کلروفیل بیانگر آن است که ژنوتیپ‌هایی که شاخص کلروفیل کمتری دارند، تولید و انتقال فراورده‌های فتوسنتزی کمتری به دانه‌ها خواهند داشت (Carreño Siqueira *et al*., 2023). باتوجه‌به همبستگی مثبت شاخص کلروفیل با وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین در پژوهش حاضر (شکل ۲) کاهش کلروفیل و به تبع آن افت تولید فراورده‌های فتوسنتزی، باعث کاهش تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در بوته‌های کلزا شد (جدول ۶). نشان داده شده است که رنگیزه‌های فتوسنتزی نقش مهمی در جذب نور و تولید ماده و انرژی در گیاهان ایفا می‌کنند و مقدار کلروفیل یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (Cutolo *et al*., 2023) که در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده‌خشک نقش اساسی دارد. در این آزمایش شاخص کلروفیل برگ (جدول ۷) در ژنوتیپ‌هایی که از نظر عملکرد دانه در رتبه‌های بالاتری قرار داشتند، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۶). شاخص کلرفیل با استفاده از محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی افزایش یافت که علت آن را می‌توان به ترکیبات موجود در این کود آلی نسبت داد. وجود سیتوکنین، جبرلین، بتائین و عناصر ریزمغذی باعث افزایش ساخت کلروفیل شده و درنهایت موجب بهبود فتوسنتز و افزایش عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه شد (جدول‌های ۳ و ۶).

۳-۵. مساحت خورجین

بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه اختلاف معنی‌داری از نظر مساحت خورجین دیده شد (جدول ۴). بررسی میانگین صفات مربوطه نشان داد که بیشترین مساحت خورجین (۴/۷ سانتی‌متر) مربوط به ژنوتیپ ES Kamilo×SW 102 بود که با ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۱۳، ۱۶، ۲۱، ۲۹، ۳۰ و ۳۷ از نظر صفت مذکور در یک گروه آماری قرار داشتند. کمترین مساحت خورجین با ۴۳/۸ سانتی‌مترمربع در ژنوتیپ SW 102×ES Mercure دیده شد و تفاوت ۲۴ درصدی بین بیشترین و کمترین مساحت

خورجین حاصل شد. مساحت خورجین از مهمترین صفات تعیین‌کننده میزان محصول در کلزا محسوب می‌شود و ارقامی با مساحت بیشتر به‌طور معنی‌داری محصول بیشتری نسبت به ارقام با خورجین کوتاه‌تر و با سطح کمتر تولید می‌کنند (Shu *et al*., 2024). طی مرحله پر شدن دانه در کلزا، خورجین‌های فوقانی تاج‌پوشش نقش فتوسنتزی فعال‌تری داشته و حدود ۴۷ درصد از عملیات تثبیت کربن را به عهده دارند. در این زمان سهم ساقه‌ها در تولید و انتقال مواد فتوسنتزی ۴۰ درصد و میزان فعالیت برگ‌ها تنها ۱۳ درصد از کل فتوسنتز را شامل می‌شود (Champan *et al*., 1984). در اظهار نظری بیان شده است که مساحت خورجین در کلزا از جمله صفاتی است که به‌طور غیرمستقیم بر عملکرد روغن تأثیرگذار است و ارقامی از کلزا که دارای تعداد کمتری خورجین در بوته و در عوض مساحت خورجین بیشتری بودند، محصول بیشتری داشتند. علت آن افزایش ظرفیت تعداد دانه و افزایش سطح فتوسنتزکننده خورجین متناسب با افزایش طول آن بیان شده است (Boccaccini *et al*., 2024).

۳-۶. تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین

میانگین بیشترین (۱۳۱، ۲۷/۶۲) و کمترین (۵۹، ۲۱/۶۲) تعداد خورجین در بوته و دانه در خورجین به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های HL 3721×Rohan و Zlatna×ES Hydromel به‌دست آمد. به‌طورکلی تنوع معنی‌داری از نظر مقادیر این دو صفت بین ژنوتیپ-های موردمطالعه دیده شد (جدول ۶). نشان داده شده است در ارقام زودرس اگر مراحل غنچه‌دهی و شروع گل که تمایز و تکامل سلول‌های مولد خورجین در آن مراحل انجام می‌شود، با شرایط بهینه محیطی مصادف شود، تعداد زیادتری از سلول‌های مولد خورجین روی شاخه‌های اصلی و فرعی به‌مرحله باروری خواهند رسید. اما در ارقام دیرگل، برخورد این مراحل با گرمای زودهنگام اواخر فصل، سبب کاهش تولید خورجین در بوته می‌شود (Chen *et al*., 2023). تعداد دانه در خورجین از عوامل مؤثر و تعیین‌کننده عملکرد دانه و روغن در کلزا است. البته افزایش تعداد دانه در خورجین دارای محدودیت است و ظرفیت تولید این قسمت از عملکرد دانه بیشتر تحت‌تأثیر عوامل ژنتیکی قرار دارد (Ihien Katche *et al*., 2023). محدودیت تأمین مواد فتوسنتزی و دیگر عوامل محیطی بر تعداد دانه در خورجین اثر دارند و به‌شدت به عواملی همچون شرایط محیطی و مدیریت مزرعه در دوره گل‌دهی و پر شدن دانه وابسته می‌باشد. بر اساس نتایج مندرج در جدول ۵ تعداد خورجین تولیدشده تحت تیمار عصاره جلبک‌دریایی حدود ۸۹ عدد بود که در مقایسه با شرایط عدم محلول‌پاشی (۷۹/۵) حدود ۱۲ درصد بیشتر است (جدول ۵).

افزایش تعداد خورجین در بوته با استفاده از عصاره جلبک‌دریایی به‌عنوان محرک رشد می‌تواند با ویژگی‌های منحصربه‌فرد این کود آلی مرتبط باشد. این کود حاوی برخی عناصر کم‌مصرف، پرمصرف، ترکیبات هورمونی و مواد تنظیم‌کننده رشد مانند جیبرلین، اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها است (جدول ۳) که در طویل‌شدن سلول، ایجاد گل، رشد برگ، افزایش طول میان گره‌ها و کاهش اثر برخی آفات و بیماری‌های گیاهی به‌خصوص در اراضی کم‌بازده موثر می‌باشد (Sheela Jesvanthini *et al*., 2024)، بنابراین عصاره جلبک‌دریایی می‌تواند با بهبود رشد و افزایش تعداد شاخه فرعی در بوته سبب افزایش تعداد خورجین در بوته شود. این اثر در اراضی کم‌بازده و دارای محدودیت چشمگیرتر خواهد بود (شکل ۲).

۳-۷. وزن هزاردانه

تاثیر تیمارهای ژنوتیپ و محلول‌پاشی جلبک‌دریایی از نظر آماری بر وزن هزار دانه کلزا معنی‌دار شدند (جدول ۴). بالاترین وزن هزاردانه با میانگین‌های ۴/۴۴، ۴/۴۱ و ۴/۳۶ گرم به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های ES Mercure×Zarfam، ES Artist×Neptune و Okapi×Tassilo و کمترین وزن هزار دانه با میانگین‌های ۳/۳۰، ۳/۲۵ و ۲/۷۷گرم در ژنوتیپ‌های ES Mercure×SW 102، Nima و ES Kamilo×SW 102 بود (جدول ۶). یکی از عوامل اصلی موثر بر وزن هزار دانه، طول دوره پرشدن دانه می‌باشد. هرچه این دوره کوتاه‌تر باشد، وزن هزار دانه کمتر خواهد بود. شروع زودتر دانه‌بندی در گیاه کلزا و همزمانی دوره پرشدن دانه با هوای خنک‌تر در اوایل بهار، با افزایش طول دوره پرشدن دانه، باعث افزایش وزن هزار دانه می‌شود (Pasban Eslam, 2011).

محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی با افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه از میانگین ۳/۵۵ به ۴/۰۲ گرم معادل ۱۳ درصد، عملکرد دانه را در منطقه آزمایش بهبود بخشید (جدول ۵). افزایش وزن هزار دانه را می‌توان به افزایش شاخص کلروفیل نیز مرتبط دانست (شکل ۲) به‌نظر می‌رسد عصاره جلبک‌دریایی با بهبود میزان فتوسنتز، موجب افزایش وزن هزاردانه شده باشد (Radwan *et al*., 2023). همچنین عصاره جلبک‌دریایی به‌علت داشتن هورمون‌های رشد و عناصر ریزمغذی در ترکیب خود می‌تواند وزن دانه‌ها را بالا ببرد (جدول ۳).

۳-۸. عملکرد دانه

باتوجه‌به نتایج پژوهش اثرات اصلی عوامل ژنوتیپ و عصاره جلبک‌دریایی روی عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). بین ۴۰ ژنوتیپ کلزای موردبررسی بیشترین عملکرد دانه با ۳۶۵۷ کیلوگرم در هکتار به ژنوتیپ HL 3721×Rohan تعلق گرفت. در رتبه‌های بعدی ژنوتیپ‌های SW 102×ES Mercure (۳۰۲۸ کیلوگرم در هکتار)، Garou×GK Csenge (۲۷۸۲ کیلوگرم در هکتار) و Garou×ES Artist (۲۷۷۸ کیلوگرم در هکتار) قرار گرفتند. کمترین عملکرد دانه نیز با ۸۰ درصد کاهش نسبت به ژنوتیپ برتر HL 3721×Rohan با میانگین ۷۳۶/۸ کیلوگرم در هکتار به ژنوتیپ HL 2012×GK Csenge اختصاص یافت (جدول ۶). بالا بودن عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های موردبررسی با افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی بیشتر، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین بیشتر ارتباط دارد (شکل ۲). در شرایط آزمایش جاری از بین اجزای عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین بیشترین نقش را در افزایش عملکرد دانه و روغن به خود اختصاص دادند. در این بین، تعداد خورجین در بوته نقش برجسته‌تری داشت (شکل ۲). کاربرد عصاره جلبک‌دریایی به‌شکل محلول‌پاشی روی ژنوتیپ‌های موردمطالعه کلزا در مراحل ساقه‌روی و گلدهی باعث افزایش عملکرد دانه به‌طور میانگین به مقدار ۳۲۹ کیلوگرم در هکتار شد که نسبت به تیمار عدم کاربرد عصاره جلبک‌دریایی ۲۱/۲ درصد افزایش داشت (جدول ۵). چنین استنباط می‌شود که تیمار عصاره جلبک‌دریایی در شرایط آزمایش جاری با افزایش تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه، موجب افزایش عملکرد دانه و روغن شده است. محققان دریافتند که محرک‌های رشدی همچون جلبک‌دریایی علاوه‌بر داشتن عناصر غذایی با تأثیر مثبت بر متابولیسم گیاه کارایی مصرف کود را افزایش داده و منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شوند (Gharib *et al*., 2024). نشان داده شده است کاربرد عصاره جلبک‌دریایی به‌صورت محلول‌پاشی روی بوته‌های کلزا باعث تحریک رشد گیاه و افزایش تحمل به خشکی و بهبود معنی‌دار عملکرد دانه شده است. از بین اجزای عملکرد دانه، اثر عصاره جلبک‌دریایی روی افزایش تعداد خورجین در بوته بیشتر بود (Niel *et al*., 2023).

۳-۹. شاخص برداشت

اثر ژنوتیپ و عصاره جلبک‌دریایی روی شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین شاخص برداشت با ۲۷/۶ درصد در ژنوتیپ شماره ۲۱ دیده شد و ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۱۵ و ۱۹ نیز با این ژنوتیپ در یک گروه آماری قرار داشتند. کمترین مقدار شاخص برداشت با ۱۱/۴ درصد در ژنوتیپ شماره ۳۴ بود (جدول ۶). عوامل ژنتیکی و قابلیت سازگاری با شرایط اقلیمی سبب تفاوت بین ارقام مختلف کلزا از لحاظ شاخص برداشت می‌شود. شاخص برداشت تابعی از عملکرد دانه و وزن کل گیاه می‌باشد. همانگونه که در شکل ۲ دیده می‌شود، افزایش شاخص برداشت با افزایش تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه رابطه مستقیم داشت. به‌نظر می‌رسد عصاره جلبک‌دریایی از طریق بهبود صفاتی مانند شاخص کلروفیل، تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه باعث افزایش شاخص برداشت شده باشد.

جدول ٤. تجزیه واریانس صفات موردمطالعه روی ژنوتیپ‌های کلزا در واکنش به محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی طی سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲.

Table 4. Analysis of variance of studied traites on rapeseed genotypes in response to seaweed extract sprying during 2023-24 cropping season.

Source of variation	Df	Mean Squares											
		Plant height	Collar diameter	Branches per plant	Chlorophyll index	Area of pod	pods per plant	Seeds per pod	1000-Seed weight	Seed yield	HI	Oil percent	Oil yield
Replication	2	134.3	0.5	0.4	169.9	0.37	188.2	147.9	7.0	235435	17.4	0.5	58576
Seaweed extract	1	546.1**	17.4**	4.8**	113.5**	1.13**	1647.9**	21.09**	0.8**	2617577**	93.2**	3.0	536902**
Error	2	29.9	0.1	0.1	4.8	0.3	48.9	10.2	0.2	28081	13.4	1.3	15301
Genotype	39	265.6**	24.6**	1.5**	1729.08**	14.4**	5484.09**	262.2**	13.04**	993757**	206.09**	1.5*	212568*
SE×G	39	7.5	0.07	0.3**	5.1**	0.4	122.4**	4.2	0.38	20565	3.7	1.0	4909
Error	156	6.3	0.3	0.08	2.6	0.6	28.9	3.7	0.36	21146	6.8	2.1	5324
Coefficient of Variation		2.36	4.76	8.7	3.5	14.45	6.36	7.87	15.90	8.55	13.89	5.3	8.9

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات‌مطالعه روی ژنوتیپ‌های کلزا تحت محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی طی سال زراعی ۴۰۳-۱۴۰۲.

Table 5. Mean comparison of studied traites on rapeseed genotypes in response to seaweed extract sprying during 2023-24 cropping season.

Seaweed extract	Pods per plant	1000-Seeds weight	Seed yield	HI	Oil yield
Control	79.84 ^{b}	3.55 ^{b}	1546 ^{b}	17.92 ^{b}	786.4 ^{b}
Foliar application of seaweed extract	89.40 ^{a}	4.02 ^{a}	1875 ^{a}	19.78 ^{a}	845.9 ^{a}

حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

جدول ٦. مقایسه میانگین صفات صفات موردمطالعه روی ژنوتیپ‌های کلزا طی سال زراعی ۴۰۳-۱۴۰۲.

Table 6. Mean comparison of studied traites on rapeseed genotypes during 2023-24 cropping season.

Genotype	Plant height (cm)	Collar diameter (mm)	Pod area (cm^2)	Pods per plant	Seeds per pod	1000–Seeds weight (g)	Grain yield (Kg ha^{-1})	HI (%)	Oil percentage	Oil yield (Kg ha^{-1})
1	105.4 h-m	13.7 b-d	3.7 d-h	90.0 g-l	25.5 a-f	3.4 b-e	1656 r-t	16.2 g-l	44.8 a-f	518 p-r
2	113.4 b-g	13.6 cd	4.1 a-f	83.9 f-k	25.6 a-f	3.8 a-d	1889 jk	17.2 e-k	45.2 a-e	855 ij
3	111.2 d-j	10.1 op	3.3 g-j	65.5 n-r	26.4 a-d	3.3 c-e	1951 i-k	12.7 kl	45.2 a-e	882 ij
4	101.5 k-o	14.7 a	2.5 j	94.6 d-f	21.9 d-g	2.8 e	3028 b	25.3 ab	44.5 c-f	1347 b
5	96.0 o-q	8.9 qr	3.7 c-h	115.3 b	24.2 a-g	4.0 a-d	2375 d-f	20.4 b-i	44.7 b-f	1060 e-g
6	118.7 a-c	14.11 b	3.4 f-i	86.0 f-j	23.9 a-g	4.4 ab	16151 mn	22.1 b-f	43.7 f	706 k-m
7	99.5 m-p	11.2 kl	4.0 a-g	79.1 i-m	21.5 fg	4.3 ab	1102 s-u	13.0 kl	44.8 a-f	494 q-s
8	97.4 n-q	10.7 mn	3.5 e-i	94.5 d-f	24.4 a-g	3.6 a-e	1751 kl	17.7 d-k	45.7 a-d	979 jk
9	100.5 l-p	8.7 r	4.6 a-c	75.0 j-n	24.9 a-g	3.6 a-e	2302 e-h	22.4 a-f	45.5 a-e	1047 e-h
10	104.0 j-n	10.9 lm	4.3 a-e	87.7 f-i	25.5 a-f	3.7 a-d	1701 k-m	21.2 b-g	45.6 a-e	774 h-l
11	97.9 n-q	13.1 e-g	4.3 a-f	73.1 k-o	25.8 a-f	3.3 d-e	1380 n-r	20.5 b-i	45.5 a-e	626 m-p
12	106.4 g-m	12.8 gh	4.7 a	79.9 h-m	26.9 a-c	3.3 c-e	859.2 uv	16.2 g-l	45 a-f	387 st
13	119.1 ab	12.2 i	3.7 d-h	92.3 d-g	25.3 a-g	3.6 a-e	1005 tu	14.4 jkl	45 a-f	453 rs
14	106.8 f-l	12.6 g-i	4.3 a-f	83.1 g-k	26.2 a-e	3.6 c-e	2253 fgh	20.8 b-h	45 a-e	1018 f-h
15	114.9 a-e	12.9 fg	4.3 a-f	126.0 a	26.3 a-d	3.5 a-e	2778 c	24.7 abc	44.5 c-f	1237 b-d
16	104 j-n	10.0 op	2.8 ij	60.3 qr	21.5 e-g	4.4 a	1457 m-p	14.9 i-l	45.0 a-e	660 l-n
17	109.1 e-j	9.9 p	4.3 a-e	87.7 f-i	24.4 a-g	4.41 a	2407 d-f	21.6 b-g	45.0 a-e	1087 ef
18	114.2 a-f	14.1 b	3.9 a-g	69.6 m-r	22.3 c-g	4.2 a-c	1444 m-q	19.8 b-j	44.5 c-f	643 m-o
19	121.0 a	13.9 bc	4.0 a-g	131.4 a	27.6 a	3.8 a-d	3657 a	23.0 a-e	46.0 ab	1683 a
20	119 abc	11.6 j	4.3 a-f	83.3 g-k	24.5 a-g	3.9 a-d	2193 f-i	19.1 c-j	44.0 d-f	973 f-i
21	115.8 a-e	14.55 a	3.7 d-h	90.7 e-h	26.2 a-e	3.7 a-e	2535 c-e	27.6 a	45.0 a-f	1141 d-e
22	116.6 a-d	11.3 j-l	3.8 a-h	62 p-r	25.1 a-g	3.4 c-e	1947 i-k	18.0 d-k	45.7 a-d	889 ij
23	88.6 lr	9.2 q	4.3 a-f	62.7 o-r	25.1 a-g	4.2 a-c	1091 s-u	19.3 c-j	45.5 a-e	497 q-s
24	11.3 d-j	11.0 lm	4.0 a-g	70.0 m-q	27 ab	3.7 a-e	2575 cd	20.1 b-j	45.0 a-f	1158 c-e
25	121.5 a	12.8 gh	4.6 abc	108.1bc	27.1 ab	3.7 a-e	2086 g-j	20.3 b-i	45.7 b-f	932 hi
26	111.7 c-i	10.0 op	3.9 a-g	66.3 n-r	22.6 b-g	4.0 a-d	737 v	13.1 kl	44.8 a-f	331 t
27	101.8 k-o	11.0 m	4.1 a-g	89.8 f-i	24.6 a-g	4.0 a-d	2289 e-h	23.1 a-d	44.0 ef	1011 f-h
28	115.4 a-e	13.3 d-f	4.3 a-f	100.7 c-e	25.1 a-g	3.6 a-e	2233 d-g	23.7 a-d	45.0 a-f	1051 e-h
29	116.8 a-d	12.6 g-i	3.1 h-j	102.3 cd	22.3 c-g	3.7 a-e	2778 c	19.6 b-j	45.5 a-e	1266 bc
30	88.7 r	8.0 s	3.8 b-h	76.0 j-n	22.8 b-g	4.2 a-c	1562 l-o	15.2 h-l	45.0 a-e	708 k-m
31	105.2 i-m	12.5 hi	4.1 a-g	87.7 f-i	24.5 a-g	4.0 a-d	1330 o-s	16.1 g-l	44.8 a-f	596 m-q
32	93.7 p-r	10.4 no	4.5 a-d	79.4 i-m	27.5 a	3.9 a-d	1070 s-u	21.6 b-g	45.0 a-e	483 q-s
33	110.3 d-j	11.3 j-l	4.7 ab	72.0 l-p	23.0 a-g	4.4 ab	1219 p-t	12.5 kl	45.0 a-e	550 n-r
34	100.0 l-p	12.3 i	4.2 a-f	80.3 h-m	23.9 a-g	3.7 a-e	1186 q-t	11.4l kl	45.0 a-f	534 o-r
35	108.7 e-k	12.8 gh	4.3 a-e	79.6 i-m	26.8 a-c	3.7 a-e	1910 jk	22.5 a-e	45.8abc	875 ij
36	92.3 qr	12.2 i	4.6 a-c	90.7 e-h	24.9 a-g	4.2 a-c	1422 n-q	19.9 b-j	46.0 a	657 l-o
37	88.5 r	11.0 lm	3.6 e-h	59.2 r	21.6 e-g	4.2 a-c	1476 m-p	16.7 f-l	44.8 a-f	662 l-n
38	113.3 b-g	13.5 de	4.1 a-g	100.7 c-e	21.8 g	3.6 a-e	1069 s-u	13.2 k-l	44.5 c-f	477 q-s
39	95.0 o-r	10.0 op	3.9 a-h	84.2 f-j	26.9 a-c	3.3 c-e	1454 m-q	16.0 g-l	44.7 b-f	645 m-o
40	112.6 b-h	11.6 jk	4.0 a-g	72.9 k-o	26.8 a-c	3.5 a-e	2065 h-j	21.8 b-g	45.5 a-e	934 g-i

حروف متفاوت در هر ستون نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای عصاره جلبک‌دریایی و ژنوتیپ بر شاخص کلروفیل و تعداد شاخه‌های فرعی کلزا.

Table 7. Mean comparison of interaction of seaweed extract and genotype treatments on chlorophyll index and the number of branches of rapeseed.

	Chlorophyll index		Branches per plant	
Number Genotype	Control	Seaweed extract	Control	Seaweed extract
1	51.3 m-z	57.7 c-g	4.1 d-h	3.6 g-m
2	48.0 yz	54.0 f-t	3.8 f-k	3.9 f-j
3	48.8 wxyz	52.6 i-x	1.6 z	1.7 z
4	47.9 yz	51.3 m-z	0.8 z	1.2 z
5	55.4 d-m	59.3 abcd	3.6 g-m	3.4 g-o
6	57.8 cdef	61.7 ab	4.1 d-g	4.1 d-h
7	58.4 a-e	62.0 a	3.1 l-s	3.4 g-o
8	48.9 wxyz	55.6 d-l	3.1 l-s	2.9 m-u
9	49.2 v-z	54.4 e-r	2.5 r-y	2.6 p-w
10	49.4 u-z	53.4 h-v	3.3 i-p	3.6 g-m
11	48.6 xyz	52.4 i-x	4.4 cdef	4.0 e-i
12	48.0 yz	51.1 n-z	3.5 g-n	3.2 j-r
13	45.8 z	51.5 l-y	4.6 bcde	4.6 bcde
14	49.5 u-z	54.5 e-q	2.3 t-z	2.1 v-z
15	48.0 yz	51.1 n-z	3.8 f-k	4.4 cdef
16	54.9 e-p	61.3 abc	3.3 i-p	2.0 wxyz
17	58.0 b-f	61.3 abc	3.0 m-t	2.8 n-u
18	52.3 i-x	56.3 d-i	2.5 q-x	2.3 s-z
19	45.4 z	51.1 n-z	3.5 g-n	3.5 g-n
20	51.7 j-y	56.8 d-h	1.8 yz	1.4 yz
21	51.5 k-y	55.7 d-k	3.5 g-n	3.5 g-n
22	45.5 z	50.6 q-z	3.3 i-p	3.0 l-s
23	49.8 u-z	54.1 f-s	3.0 m-t	2.8 n-u
24	50.3 r-z	54.0 f-t	2.5 q-x	2.4 r-y
25	41.6 z	50.1 s-z	4.0 e-i	4.1 d-h
26	47.4 yz	54.6 e-q	2.3 t-z	2.0 wxyz
27	48.9 wxyz	55.1 e-o	2.6 p-w	2.2 u-z
28	36.0 z	47.0 z	3.2 j-q	2.9 m-u
29	49.8 t-z	55.7 d-j	3.5 g-n	1.9 xyz
30	49.6 u-z	56.4 d-i	3.7 f-l	3.7 f-l
31	50.2 r-z	55.2 d-n	4.7 bcd	4.8 abc
32	39.7 z	48.5 xyz	3.4 h-o	3.3 i-p
33	51.1 n-z	55.1 e-o	3.4 h-o	3.2 j-r
34	40.2 z	48.5 xyz	3.6 g-m	3.4 g-o
35	47.7 yz	52.8 h-w	3.1 k-r	3.5 g-n
36	50.9 o-z	54.2 f-s	2.6 p-w	2.7 o-v
37	49.4 u-z	53.5 g-u	4.6 bcde	5.1 ab
38	50.8 p-z	56.1 d-i	3.0 m-t	3.2 j-r
39	39.4 z	46.9 z	5.2 ab	5.5 a
40	39.9 z	48.3 xyz	3.5 g-n	2.0 wxyz

حروف متفاوت در هر ستون نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

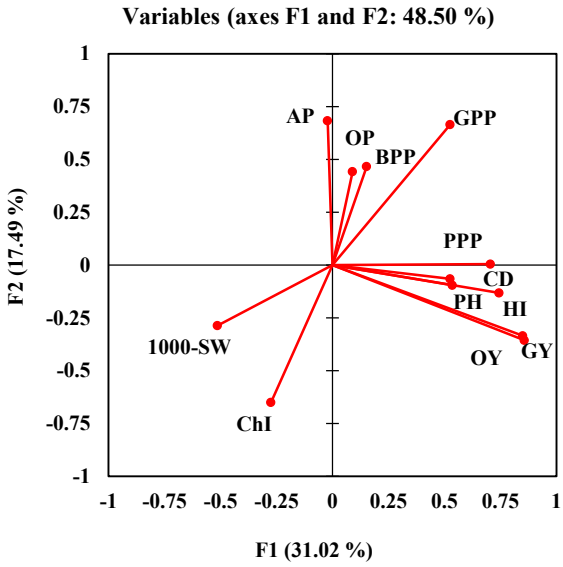
۳-۱۰. درصد و عملکرد روغن

اثرات ژنوتیپ بر درصد و عملکرد روغن دانه معنی‌دار بود؛ ولی اثر تیمار عصاره جلبک‌دریایی از نظر آماری تنها بر عملکرد روغن معنی‌دار شد که از طریق تاثیر بر عملکرد دانه بود (جدول ۴). بیشترین درصد روغن دانه با ۴۶ درصد به ژنوتیپ SW 102×Okapi تعلق داشت. کمترین درصد روغن نیز با ۴۳/۷ درصد از ژنوتیپ Zlatna×ES Darko به‌دست آمد (جدول ۶). بیشترین عملکرد روغن با ۱۶۸۳ کیلوگرم در هکتار هم‌راستا با عملکرد دانه از ژنوتیپ Rohan×HL 3721 به‌دست آمد. ژنوتیپ‌های SW 102×ES Mercure و Garou×GK Csenge در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین عملکرد روغن نیز با ۳۳۱ کیلوگرم در هکتار در ژنوتیپ HL 2012×GK Csenge دیده شد (جدول ۶). محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد روغن به‌طور متوسط

به‌مقدار ۷/۶ درصد شد (جدول ۵). این تاثیر از طریق عملکرد دانه بوده است زیرا اثر جلبک‌دریایی روی درصد روغن دانه غیرمعنی‌دار بود. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی نیز موید این نتیجه است (شکل ۲). گزارش شده است که محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی با افزایش میزان جذب عناصر غذایی، افزایش رشد و تغییر فعالیت آنزیم‌ها بر محتوای روغن می‌افزاید (El-Ziat *et al*., 2024). بین عملکرد روغن با صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری به‌دست آمد. این صفات در تبیین عملکرد روغن دانه از طریق عملکرد دانه نقش معنی‌داری نشان دادند (شکل ۲).

۳-۱۱. تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA)

روش تجزیه به مولفه‌های اصلی به‌عنوان روش آماری موثر جهت تحلیل دقیق‌تر و تعیین همبستگی بین متغیرها استفاده شد (شکل ۲). نتایج PCA نشان داد که در این مطالعه عملکرد دانه و روغن همبستگی مثبت با ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته و شاخص برداشت داشتند (شکل ۲). بنابراین عملکرد روغن تابعی از پارامترهای مذکور بود. وزن هزاردانه با شاخص کلروفیل همبستگی مثبت و با تعداد دانه در خورجین همبستگی منفی نشان می‌دهد. این بدین معنی است که کاهش تعداد بذر در خوجین و افزایش شاخص کلروفیل به افزایش وزن هزار دانه انجامید. در بررسی پارامترهای موثر بر عملکرد دانه و در نهایت عملکرد روغن، پارامتر تعداد خورجین در بوته همبستگی مثبت و قوی‌تری با ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی، بیوماس گیاهی، شاخص برداشت، عملکرد دانه و روغن داشت. اثر تعداد خورجین در بوته بر افزایش عملکرد روغن بیشتر از سایر اجزای عملکرد دیده شد. بین صفات موردمطالعه کلروفیل برگ، وزن هزار دانه و مساحت خورجین با نشان‌دادن بیشترین زاویه با عملکرد دانه و روغن، کمترین همبستگی را با این صفات نشان دادند (شکل ۲). به‌طورکلی نتایج این تجزیه‌وتحلیل حاکی از آن است که اثرات متقابل این متغیرها می‌توانند در عملکرد نهایی گیاهان کلزا در شرایط محیطی موردمطالعه (اراضی کم‌بازده) نقش کلیدی داشته باشند.



شکل ۲. تجزیه به مولفه‌های اصلی برخی از پارامترهای موردمطالعه روی ژنوتیپ‌های کلزا.

Figure 2. Principal component analysis of some studied parameters on rapeseed genotypes.

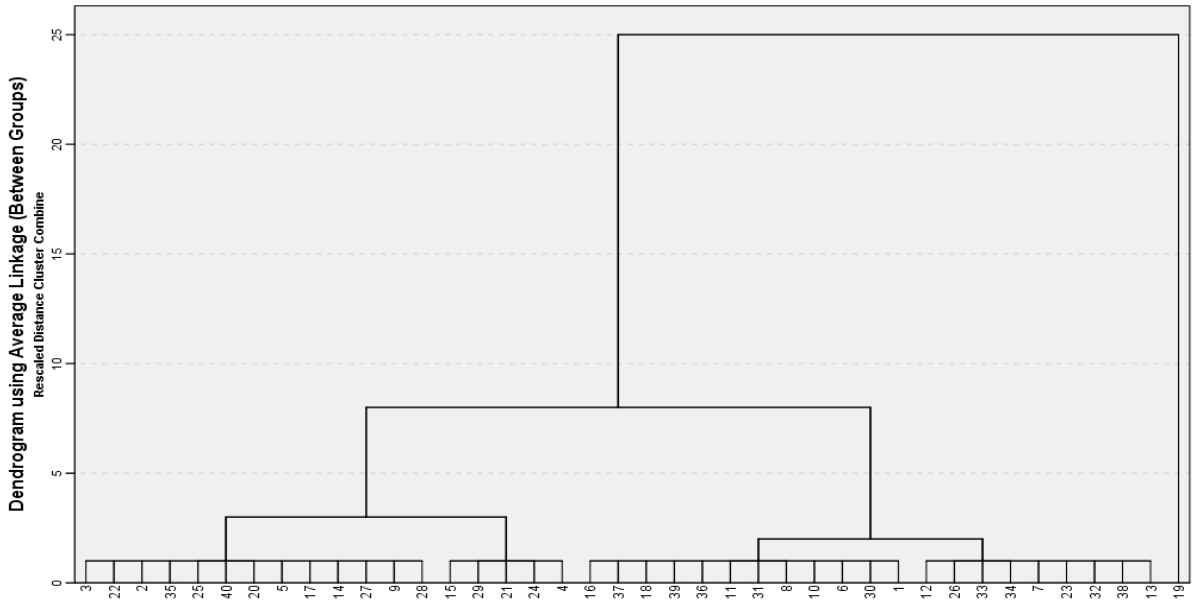
- زاویه بین خطوط در شکل نشانگر همبستگی بین صفات بوده و با نزدیک‌شدن خطوط به همدیگر مقدار همبستگی تشدید می‌شود. PH: ارتفاع بوته، CD: قطر طوقه، BPP: شاخه فرعی در بوته، ChI: شاخص کلروفیل،AP: مساحت خورجین، PPP: تعداد خورجین در بوته، GPP: تعداد دانه در خورجین، 1000-SW: وزن هزار دانه، GY: عملکرد دانه، HI: شاخص برداشت، OP: درصد روغن، OY: عملکرد روغن.

-

۳-۱۲. تجزیه کلاستر

جهت انجام گروه‌بندی ژنوتیپ‌های کلزا، ابتدا شرایط انجام روش وارد از جمله کمّی‌بودن داده‌ها، فاصله اقلیدسی مربع‌شده و اندازه نمونه‌ها موردبررسی قرار گرفت. گروه‌بندی (دندروگرام) ۴۰ ژنوتیپ کلزای موردمطالعه بر اساس ارتفاع بوته، قطر طوقه، تعداد شاخه فرعی در بوته، شاخص کلروفیل، مساحت خورجین، اجزای عملکرد، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن با

استفاده از تجزیه کلاستر به روش وارد بااستفاده‌از مربع فاصله اقلیدسی در شکل ۳ نمایش داده شده است. با برش دندروگرام از فاصله پنج واحد، ژنوتیپ‌ها در سه گروه قرار گرفتند. در این گروه‌بندی ژنوتیپ شماره ۱۹ ضمن کسب بالاترین عملکرد دانه با میانگین ۳۶۵۷ کیلوگرم در هکتار در گروه اول قرار گرفت. ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۲۲، ۲، ۳۵، ۲۵، ۴۰، ۲۰، ۵، ۱۷، ۱۴، ۲۷، ۹، ۲۸، ۱۵، ۲۹، ۲۱، ۲۴ و ۴ با میانگین عملکرد دانه ۲۳۱۱ کیلوگرم در هکتار در گروه دوم و رتبه بعدی عملکرد دانه بودند. در گروه سوم با میانگین عملکرد دانه به‌مراتب پایین‌تر ۱۳۱۳ کیلوگرم در هکتار ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۳۷، ۱۸، ۳۹، ۳۶، ۱۱، ۳۱، ۸، ۱۰، ۶، ۳۰، ۱، ۱۲، ۲۶، ۳۳، ۳۴، ۷، ۲۳، ۳۲، ۳۸ و ۱۳ قرار گرفتند. در گروه اول که تنها ژنوتیپ ۱۹ قرار داشت بیشترین عملکرد دانه و روغن و شاخص برداشت به‌دست آمد. ژنوتیپ‌های گروه دوم در رتبه بعدی از نظر عملکرد دانه و روغن قرار گرفتند. بنابراین ژنوتیپ‌های گروه‌های اول و دوم از میانگین عملکرد دانه و روغن و اجزای عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های موردمطالعه در این آزمایش برخوردار بودند (شکل ۳). این ژنوتیپ‌ها به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش در آزمایش‌های بعدی گزینش و معرفی ارقام برای اراضی کم‌بازده حاشیه دریاچه ارومیه و مناطقی با شرایط اقلیمی مشابه مناسب تشخیص داده شدند.



شکل ۳. گروه‌بندی ژنوتیپ‌های کلزا بر اساس میانگین صفات مورد ارزیابی به روش وارد.
Figure 3. The grouping of rapeseed genotypes based on evaluated traits in ward method.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش جاری نشان داد که محلول‌پاشی پنج در هزار عصاره جلبک‌دریایی در مراحل ساقه‌روی و گل‌دهی ژنوتیپ‌های کلزا در اراضی کم‌بازده حاشیه دریاچه ارومیه با افزایش معنی‌دار تعداد شاخه فرعی در بوته، شاخص کلروفیل، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت باعث افزایش عملکرد دانه و روغن به‌طور میانگین به‌مقدار ۷/۳ و ۷/۶ درصد شد. در این میان اثر تعداد خورجین در بوته بیشتر از سایر صفات بود. به‌نظر می‌رسد کود آلی جلبک‌دریایی به‌دلیل دارا بودن محرک‌های رشدی و عناصر مغذی در رشد و بهبود محصول‌دهی ژنوتیپ‌های کلزا اثر مثبت داشته است. چنین استنباط می‌شود که کاربرد این کود آلی به‌ویژه در شرایط دشوار محیطی برای دست‌یابی به محصول اقتصادی در زراعت کلزا نقش قابل‌قبولی داشته باشد. بین ۴۰ ژنوتیپ پاییزه کلزای موردمطالعه در منطقه آزمایش، اختلاف معنی‌داری از نظر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های گیاهی دیده شد. گروه‌بندی آن‌ها برمبنای صفات موردمطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های Garou ×ES ،SW102×ES Mercure ،HL 3721×Rohan Rohan×GK ،1087×GKH2624 ،ES Hydromel×GK Csenge ،Nafis ،L72×GK Reka ،Garou×GK Csenge ،Artist ،ES Artist×ES Darko ،SW102×ES Hydromel ،SLM 046×Okapi ،HL 2012×Neptune ، ES Artist×Neptune ،Csenge

ES Lauren×ES Alonso، ES Mercure×ES Darko، ADV2×Zarfam، Rohane×Neptune و Zlatna×SW102 بیشترین عملکرد دانه و روغن را کسب کردند و می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش در گزینش کلزاهای سازگار و با عملکرد دانه و روغن قابل‌قبول برای کشت در اراضی کم‌بازده حاشیه دریاچه ارومیه و مناطقی با شرایط اقلیمی مشابه به‌کار روند.

۵. تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در رابطه با نشر این مقاله وجود ندارد.

۶. سپاسگزاری

بدین‌وسیله از پشتیبانی مدیریت مزرعه و کار کوشای ایستگاه خسروشاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی برای اجرای این پژوهش، سپاسگزاری می‌شود.

۷. منابع

Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A., & Heidari, M. (2022). Physiological responses of soybean plant (dpx) to pretreatment and foliar application of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and seed primary quality. *Iranian Journal of Field Crop Research*, *20*(1), 105-119. (In Persian).

Azarmehr, A., Baghi, M., & Ziaeinasab, M. (2017). Effect of seaweed extract (Basfoliar Kelp SL) and sulphate (K-leaf) on yield and some yield components of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) var. Natalie. *Agronomic Research in Semi Desert Regions, 14*(3), 155-165.

Boccaccini, A., Cimini, S., Kazmi, H., Lepri, A., Longo, C., Lorrai, R., & Vittorioso, P. (2024). When size matters: New insights on how seed size can contribute to the early stages of plant development. *Plants*, *13*(13), 1793.

Carreño Siqueira, J.A., Marques, D.J., Silva, M.C.G., & Silva, C.A. (2023). The use of photosynthetic pigments and SPAD can help in the selection of bean genotypes under fertilization organic and mineral. *Scientific Reports*, *13*(1), 22610.

Champan, J.F., Dniels, R.W., & Scarisbrick, D.H. (1984). Field studies on 14C assimilate fixation and movement in oilseed rape (*B. napus*). *Journal of Agricultural Science*, *102*, 23-31.

Chaturvedi, S., Kulshrestha, S., & Bhardwaj, K. (2022). *Role of seaweeds in plant growth promotion and disease management.* In New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering, Chapter 11. (pp. 217-238).

Chen, M., Zhang, T.L., Hu, C.G., & Zhang, J.Z. (2023). The role of drought and temperature stress in the regulation of flowering time in annuals and perennials. *Agronomy*, *13*(12), 3034.

Cutolo, E.A., Guardini, Z., Dall'Osto, L., & Bassi, R. (2023). A paler shade of green: Engineering cellular chlorophyll content to enhance photosynthesis in crowded environments. *New Phytologist*, *239*(5), 1567-1583.

Daadoush, H.K., & Al-Doori, M.F.L. (2024). The impact of seaweed extract and bio fertilizer on root growth and some mineral content of orange seedlings. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *137* (4), 042039.

Dehshiri, A., & Modares Sanavy, S.A.M. (2017). Effects of salinity on yield quantity and quality of three rapeseed (*Brassicc napus*) cultivars under different atmospheric carbon dioxide concentrations. *Crop Production, 9*(4), 1-16.

El-Khattabi, O., El Hasnaoui, S., Toura, M., Henkrar, F., Collin, B., Levard, C., Colin, F., Merghoub, N., Smouni, A., & Fahr, M. (2023). Seaweed extracts as promising biostimulants for enhancing lead tolerance and accumulation in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Applied Phycology*, *35*(1), 459-469.

El-Ziat, R.A.M., Saudy, H.S., & Hewidy, M. (2024). The alteration in physiological status, growth and essential oil profile of French marigold (*Tagetes patula* L.) owing to seaweed extract and salicylic acid application. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *24*(2), 1-14.

Gharib, F.A.E.L., Osama, K., Sattar, A.M.A.E., & Ahmed, E.Z., (2024). Impact of *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis salina*, and *Arthrospira platensis* as bio-stimulants on common bean plant growth, yield and antioxidant capacity. *Scientific Reports*, *14*(1), 1398.

Göbel, M., Dulal, S., Sommer, L., Weinmann, M., Mamun, A.A., Ahmed, A., Sujeeth, N., Mai, K., Neumann, G., Müller, T., & Bradáčová, K. (2024). Protective potential of selected microbial and non-microbial

biostimulants against *Zymoseptoria tritici* leaf blotch in winter wheat as affected by the form of N supply. *Frontiers in Plant Science*, *15*, 1407585.

He, Z., Ding, B., Pei, S., Cao, H., Liang, J., & Li, Z. (2023). The impact of organic fertilizer replacement on greenhouse gas emissions and its influencing factors. *Science of the Total Environment*, *905*, 166917.

Ihien Katche, E., & Mason, A. (2023). Resynthesized rapeseed (*Brassica napus*): Breeding and genomics. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *42*(2), 65-92.

Mirnezami-Ziabari, S.H., & Sanei-Shariatpanah, M. (1994). Usual methods in fats and oils analysis. *Mashhad Astaneh Gods*, 274p. (In Persian).

Nicol, J.B., Ribano, A.K.B., Hickerson, N.M.N., Ali, N., Jamois, F., & Samuel, M.A. (2023). Plant growth regulator extracts from seaweeds promote plant growth and confer drought tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Plant Signaling and Bihavor Journal, 18*(1), 22-28.

Pasban Eslam, B. (2009). Evaluation of physiological indices, yield and its components as screening techniques for water deficit tolerance in oilseed rape cultivares. *Journal of Agricutural Science and Techology*, *11*, 413-422.

Pasban Eslam, B. (2011). Study of possibility of delayed planting of oilseed rape (*Brassica napus* L.) in East Azarbaijan in Iran. *Seed and Plant Journal, 27*(3), 269-284. (In Persian).

Pasban Eslam, B., & Alizadeh, B. (2019). Response of seed and oil yields and yield components of some rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes at saline areas of Tabriz plain. *Journal of Crop Ecophysiology*, *51*(13), 485-498. (In Persian).

Radwan, A.M., Ahmed, E.A., Donia, A.M., Mustafa, A.E., & Balah, M.A. (2023). Priming of citrullus lanatus var. colocynthoides seeds in seaweed extract improved seed germination, plant growth and performance under salinity conditions. *Scientific Reports*, *13*(1), 11884.

Rajaie, M. (2022). Improving yield, yield components and the absorption of nutrients of wheat by growth stimulants under normal irrigation and drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *20*(2), 147-162. (In Persian).

Saleh, M.A., Atala, S.A., & Bardisi, E.A. (2024). Effect of foliar application with potassium silicate and seaweed extract on plant growth, productivity, quality attributes and storability of potato. *Scientific Journal of Agricultural Sciences*, *6*(2), 78-96.

Shahriari, A.G., Mohkami, A., Niazi, A., Parizipour, M.H.G., & Habibi-Pirkoohi, M. (2021). Application of brown algae (*Sargassum angustifolium*) extract for improvement of drought tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Biotechnology*, *19*(1), e2775.

Shahsavari, M., Mohammadi, V., Alizadeh, B., & Alizadeh, H. (2023). Application of machine learning algorithms and feature selection in rapeseed (*Brassica napus* L.) breeding for seed yield. *Plant Methods*, *19*(1), 1-22.

Shang, X.C., Zhang, M., Zhang, Y., Li, Y., Hou, X., & Yang, L. (2023). Combinations of waste seaweed liquid fertilizer and biochar on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedling growth in an acid-affected soil of *Jiaodong Peninsula*, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *260*, 115075.

Sheela Jesvanthini, R.K., Baradhan, G., Suresh Kumar, S.M., Sathyanarayanan, G., & Rex Immanuel, R. (2024). Evaluating the impact of combined application of seed dressing and foliar application of sea weed extracts on growth attributes of black gram (*Vigna mungo*). *Environment and Ecology, 59*(3), 1186-1190.

Shu, X., Zhang, X., Wang, S., Fu, T., Ding, Z., Yang, Y., Wang, Z., Zhao, S., Xu, J., Zhou, J., & Ju, J. (2024). Simplified panicle fertilization is applicable to japonica cultivars, but splits are preferred in indica rice for a higher paddy yield under wheat straw return. *Frontiers in Plant Science*, *15*, 1273774.

Singh, A., Singh, G., & Singh, L. (2023). Performance of canola (*Brassica napus* L.) at different age of seedling under system of mustard intensification. *Indian Journal of Agricultural Research*, *57*(6), 780-783.

Statistics Center of the Ministry of Agricultural Jahad. (2023). https://amar.org.ir/salnameh-amari/agentType/ViewSearch/CustomFieldIDs/65/SearchValues/1401/PropertyTypeID/615.

Tahmasebi, G., Syadat, S.A., Pour Siabidi, M.M., & Naseri, R. (2013). Effect of planting dates on seed yield and vegetative traits of rapeseed cultivars in Ilam region. *Journal of Crop Ecophysiology*, *27*(7), 241-258. (In Persian).

Takatsuka, H., & Umeda, M. (2014). Hormonal control of cell division and elongation along differentiation trajectories in roots. *Journal of Experimental Botany*, *65*(10), 2633-2643.

Tarraf, S.A., Talaat, I.M., El-Sayed, A.E.K.B., & Balbaa, L.K. (2015). Influence of foliar application of algae extract and amino acids mixture on fenugreek plants in sandy and clay soils. *Nusantara Bioscience*, *7*(1), 33-37.

Vafa, Z.N., Sohrabi, Y., Mirzaghaderi, G., Heidari, G., Rizwan, M., & Sayyed, R.Z. (2024). Effect of bio-fertilizers and seaweed extract on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under different irrigation regimes: Two-year field study. *Chemosphere*, *364*, 143068.

Yanagi, M. (2024). Climate change impacts on wheat production: Reviewing challenges and adaptation strategies. *Advances in Resources Research*, *4*(1), 89-107.