Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 16, Issue 2, 2024 p: 118-135

OPEN ACCESS

Research Paper

Evaluation of Morphological, Physiological, and Agronomical Traits Related to the Productivity of Some Promising Rapeseed Genotypes in Saline Areas

Alireza Iman-Talab[1], Saeid Hazrati[2] and Bahman Pasban Eslam[3]

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

2- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran (Corresponding author: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir)

3- Associate of Crop and Horticultural Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

Received: 21 February, 2023 Revised: 24 February, 2024 Accepted: 2 March, 2024 Available Online: 6 May 2024

Extended Abstract

Background: Salinity is one of the major abiotic stresses and the most limiting factor in agricultural production worldwide, affecting the growth, development, and final yields of crops. Rapeseed is one of the most important sources of oilseeds in the world, and its seeds contain more than 40% of oil. Moreover, the meal obtained from oil extraction has more than 35% protein, hence it currently ranks third among oil crops in the world after soybean and oil palm, making it necessary to identify the genotypes that tolerate salinity stress. The development and improvement of rapeseed cultivars with salinity tolerance and acclimation offer promising prospects for improving sustainable production in this area. Therefore, the current study aimed to investigate the responses of rapeseed genotypes to salinity stress through analyses of agronomic and biochemical traits.

Methods: The genetic diversity between rapeseed lines in terms of agronomic, morphological, and physiological traits in saline soils was investigated in an experiment based on a randomized complete block design with 17 autumn rapeseed genotypes with three replicates in the research farm of East-Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. The measured traits were plant height, the number of fertile pods, number of seeds per pod, pod length, pod area, plant growth rate, 1000-seed weight (TSW), seed yield, oil content, and oil yield. The relationships between yield, yield components, and morphological traits were explored using the analysis of variance (ANOVA), comparison of averages, correlation analysis, cluster analysis, and biplot to understand the relative importance of traits affecting the yield of the studied genotypes.

Results: The studied genotypes were significantly different from each other in pod length, pod area, number of fertile pods, number of seeds per pod, plant growth rate, seed oil percentage, plant height, TSW, grain yield, and oil yield. However, there were no significant differences between the studied genotypes in terms of harvest index and number of actual pods to potential pods. According to the mean comparisons, genotypes 5, 11, and 15 can be introduced as salinity-tolerant lines, and genotypes 2, 4, 6, 9, and 12 can be considered salinity-sensitive lines. According to the other traits, genotype 11 produced a high pod length, number of fertile pods, oil percentage, and oil yield, genotype 5 had a high growth rate and oil percentage, and genotype 15 presented a high height and number of fertile pods. According to the cluster analysis, the second and third groups contained tolerant and susceptible genotypes, respectively. The genotypes in the second group had the highest percentage of positive deviation from the overall mean for grain yield, plant height, harvest index, seed oil percentage, pod length, pod area, and number of fertile pods. Based on the biplot analysis, Karaj 8 and 14 genotypes had a strong relationship with the number of fertile pods, number of seeds per pod, pod length, pod area, and plant growth rate. Based on the

Copyright ©2024 Iman-Talab et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

obtained results, the plant height, TSW, seed yield, and oil content traits were closely correlated with Karaj 5, 7, 11, 10, and 15 genotypes. Based on the results of correlation analysis, the correlation coefficient of seed yield was positive and significant for three traits, i.e., plant height, oil percentage, and number of fertile pods, and the highest correlation coefficient (r = 0.879) was obtained for seed yield with seed oil percentage. Positive and significant correlations were measured for the number of seeds in pods with pod length (r = 0.699), pod area (r = 0.555), number of fertile pods (r = 0.678), and number of actual pods. Therefore, genotypes characterized by longer and more abundant pods play a crucial role in improving seed quantity, a key component of grain yield in saline environments. Consequently, the size and number of pods per plant serve as indicators of high-yield potential under such conditions. Based on the results of the principal component analysis (PCA), the first and second components had the highest relative variances, accounting for 44.66% and 31.22% of the total variance, respectively. Together, these two components accounted for 75.88% of the total variance. Factor loadings showed that traits such as number of fertile pods, seed yield, oil yield, and seed oil content had the highest factor loadings in the first component. Similarly, the plant growth rate had the highest factor load in the second component among all the studied traits. Cluster analysis divided the genotypes into four groups, and its dendrogram showed that all the studied genotypes were divided into four separate groups based on all the measured traits. The first group comprised three Karaj 1, 13, and 16 genotypes, the fourth group (like the first group) contained three Karaj 5, 11, and 15 genotypes, and the third group had five genotypes, namely Karaj 3, 7, 8, 10, and 14. The remaining genotypes were assigned to the second group.

Conclusion: The results of the present study demonstrate acceptable genetic diversity among rapeseed genotypes in terms of the evaluated traits in saline lands. This shows the importance and the possibility of using these genetic resources to achieve promising and superior genotypes in breeding programs.

Keywords: Cluster analysis, Oil percentage, Oil seeds, Rapeseed, Salinity stress

How to Cite This Article: Iman-Talab., A., Hazrati, S., & Pasban Eslam, B. (2024). Evaluation of Morphological, Physiological, and Agronomical Traits Related to the Productivity of Some Promising Rapeseed Genotypes in Saline Areas. *J Crop Breed,* 16(2), 118-135. DOI: 10.61186/ jcb.16.2.118

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

ارزیابی ویژگی‌های ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و زراعی مرتبط با محصول‌دهی در برخی ژنوتیپ‌های امیدبخش کلزا در اراضی شور

علیرضا ایمان طلب[۱]، سعید حضرتی[۲] و بهمن پاسبان اسلام[۳]

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران، (نویسنده مسوول: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir)
۳- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۲ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۲/۱۷

صفحه: ۱۱۸ تا ۱۳۵

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی و محدودکننده‌ترین عامل تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان است که رشد، نمو و عملکرد نهایی گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به اینکه کلزا یکی از مهم‌ترین منابع روغن گیاهی در جهان به‌شمار می‌رود و دانه آن حاوی بیش از ۴۰ درصد روغن و کنجاله حاصل از روغن‌کشی آن دارای بیش از ۳۵ درصد پروتئین است و در حال حاضر در بین گیاهان روغنی بعد از سویا و نخل روغنی مکان سوم را در جهان داراست، بنابراین شناخت ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری یک ضرورت است. به‌همین جهت، با توسعه و پیشرفت ارقام کلزا متحمل و سازگار به شوری می‌توان زمینه افزایش تولید پایدار این محصول را فراهم نمود. لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی واکنش ژنوتیپ‌های کلزا به تنش شوری با استفاده از ویژگی‌های زراعی و بیوشیمیایی انجام شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی موجود در بین ژنوتیپ‌های کلزا از نظر صفات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیکی و زراعی در خاک‌های شور، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۷ ژنوتیپ پاییزه کلزا در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ با سه تکرار انجام شد. خصوصیات ارتفاع بوته، تعداد خورجین بارور، تعداد دانه در خورجین، طول خورجین، مساحت خورجین، سرعت رشد بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری صفات موردمطالعه، به‌منظور بررسی روابط موجود بین عملکرد و اجزای عملکرد، با صفات مورفولوژیکی و بررسی اهمیت نسبی صفات مؤثر بر عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها، تجزیه همبستگی، تجزیه خوشه‌ای و بای‌پلات انجام شد.

یافته‌ها: ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر ارتفاع بوته، تعداد خورجین بارور، تعداد دانه در خورجین، طول خورجین، مساحت خورجین، سرعت رشد بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و عملکردروغن، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ژنوتیپ کرج ۱۱ دارای طول خورجین، تعداد خورجین بارور و عملکرد و درصد روغن بالا، ژنوتیپ کرج ۵ دارای سرعت رشد بوته و درصد روغن بالا و ژنوتیپ کرج ۱۵ دارای ارتفاع بوته و تعداد خورجین بارور بالایی بودند. با توجه به نتایج مقایسات میانگین می‌توان ژنوتیپ‌های کرج ۵، ۱۱ و ۱۵ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری و ژنوتیپ‌های کرج ۲، ۴، ۶، ۹ و ۱۲ را به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به تنش شوری در نظر گرفت. بر اساس تجزیه بای‌پلات حاصل مشخص شد که ژنوتیپ‌های کرج ۸ و کرج ۱۴ با صفات تعداد خورجین بارور، تعداد دانه در خورجین، طول خورجین، مساحت خورجین و سرعت رشد بوته رابطه قوی داشتند. همچنین بر اساس نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد روغن دانه با ژنوتیپ‌های کرج ۱۱، ۵، ۷، ۱۰ و ۱۵ همبستگی قوی داشتند. بر اساس نتایج تجزیه همبستگی، عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، درصد روغن دانه و تعداد خورجین بارور دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود که از این میان ضریب همبستگی ساده عملکرد دانه با درصد روغن بیشترین مقدار بود (۰/۸۷). همبستگی تعداد دانه در خورجین با صفات طول خورجین (۰/۶۹)، مساحت خورجین (۰/۵۵) و تعداد خورجین بارور (۰/۶۷) مثبت و معنی‌دار بود. لذا ژنوتیپ‌هایی که خورجین‌های طویل‌تر و تعداد خورجین‌های بیشتری داشتند به افزایش تولید تعداد دانه که یکی از اجزای مهم عملکرد دانه می‌باشد در اراضی شور کمک می‌کنند، بنابراین اندازه و تعداد خورجین‌های بالای هر بوته نشان از عملکرد بالای آن بوته است. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی مشاهده شد که مؤلفه اول و دوم به‌ترتیب با ۴۴/۶۶ و ۳۱/۲۲ درصد بیش‌ترین مقدار واریانس نسبی را در بین کلیه مؤلفه‌های مورد مطالعه دارا بودند و در مجموع ۷۵/۸۸ درصد از واریانس کل را به‌خود اختصاص دادند. نتایج مربوط به بارهای عامل نشان داد که در مؤلفه اول صفات تعداد خورجین بارور، عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد روغن دانه بیش‌ترین میزان بار عامل را دارا بودند. همچنین در مؤلفه دوم صفت سرعت رشد بوته دارای بیشترین میزان بار عامل در بین تمامی صفات مورد مطالعه بود. تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه قرار داد که دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر نشان داد که کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس همه صفات اندازه‌گیری شده به چهار گروه مجزا تفکیک شدند. گروه‌های اول دارای سه ژنوتیپ کرج ۱، ۱۳ و ۱۶، گروه چهارم نیز مانند گروه اول سه ژنوتیپ را در خود جای داد که شامل کرج ۱۱، ۵ و ۱۵ بود، و خوشه گروه سوم تعداد پنج ژنوتیپ شامل کرج ۱۴، ۳، ۸، ۷ و ۱۰ قرار گرفتند و سایر ژنوتیپ‌های باقی‌مانده در گروه دوم جای گرفتند.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنوع ژنتیکی قابل قبولی در بین ژنوتیپ‌های کلزا از نظر صفات مورد ارزیابی در اراضی شور وجود دارد که نشان از اهمیت این ذخائر ژنتیکی و امکان استفاده از آن‌ها جهت دستیابی به ژنوتیپ‌های برتر در برنامه‌های به‌نژادی تحمل به تنش شوری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه کلاستر، درصد روغن، شوری، کلزا

مقدمه

یکی از محدودیت‌های تولید پایدار در بخش کشاورزی، در مناطق خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک است. طبق برآوردها، تقریباً نصف مناطق تحت آبیاری دنیا و حدود ۲۰ درصد از اراضی زراعی متأثر از تنش شوری می‌باشند (Bybordi, 2010). همچنین مطالعات مختلف انجام شده در این خصوص بیانگر آن است که سالانه حدود ۲۵۰ تا ۵۰۰ هزار هکتار از زمین‌های زراعی در دنیا در اثر تنش شوری از گردونه تولید خارج می‌شوند (Shahid *et al.*, 2018). وسعت اراضی دارای خاک‌های با درجات مختلف شوری کشور ایران ۵۶/۰۳ میلیون

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

هکتار اعلام کرده است که این مقدار معادل ۳۴ درصد از مساحت کل کشور می‌باشد. همچنین بر اساس این پژوهش، ۶/۸ میلیون هکتار از دشت‌های کشاورزی شور می‌باشند (Ranjbar and Pirasteh-Anosheh, 2015). عوامل مختلفی در شور شدن خاک‌ها و آب‌های زیرزمینی نقش دارند که از آن جمله می‌توان به زهکشی غیر اصولی، مدیریت آبیاری نادرست، بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی، آبیاری با آب شور، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و افزایش میزان تبخیر و تعرق اشاره کرد (Mohanavelu *et al.*, 2021).

نتایج منفی تنش شوری بر رشد و نمو گیاهان زراعی، افزایش مطالعات در زمینه مقاومت به شوری را با هدف اصلاح تحمل گیاهان و افزایش عملکرد آنان در مناطق شور موجب شده است. عواملی همچون بالا رفتن فشار اسمزی و متعاقب آن افت جذب آب و نیز تأثیر سمی یون‌ها باعث شده که در مناطق شور، جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه محدود گردد (Moharramnejad *et al.*, 2021; Bagheri *et al.*, 2024). از جمله اثرات فیزیولوژیک شوری بر گیاه می‌توان به اختلال در تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها اشاره کرد. علاوه بر این، افزایش میزان یون‌های سدیم و کلر در خاک سبب کاهش جذب یون‌های ضروری همچون کلسیم، آمونیم، پتاسیم، و نیترات شده و باعث کاهش فعالیت آنزیم‌ها و به‌هم ریختن ساختار غشای پلاسمایی سلول می‌گردد. این عوامل فعالیت‌های متابولیکی گیاه از جمله میزان فتوسنتز را کاهش می‌دهد که به تبع آن رشد گیاهان در محیط‌های شور متوقف شده یا کاهش می‌یابد (Ashraf and Ali, 2008). در محیط‌های تحت تنش اغلب تغییرات مشخص و سریعی در تعادل هورمونی گیاهان اتفاق می‌افتد (Shelke *et al.*, 2019). تغییر در مقادیر نسبی هورمون‌های گیاهی ممکن است باعث گردد با وجود شرایط غیرنرمال، گیاه رشد خود را تنظیم نماید (Zhao *et al.*, 2021). دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخیره غذایی جهان است، این در حالی است که در ایران، بالغ بر ۹۰ درصد روغن مورد نیاز از طریق واردات دانه‌های روغنی تأمین می‌شود (Rostami-Ahmadvandi and Faghihi, 2021). کلزا (*Brassica napus* L.) از دانه‌های روغنی با ارزش جهان می‌باشد که پس از سویا و نخل روغنی، مقام سوم را در تأمین روغن گیاهی به‌خود اختصاص داده و محصولی استراتژیک محسوب می‌شود. همچنین از لحاظ تأمین پروتئین گیاهی، مقام پنجم در جهان را داراست (Raboanatahiry *et al.*, 2021).

کلزا یکی از گیاهان روغنی متحمل به شوری محسوب می‌شود و به‌دلیل اهمیت بالای روغن خوراکی و کنجاله حاصله، نیاز بشر به فرآورده‌های آن پیوسته در حال افزایش است. همچنین علی‌رغم توسعه اراضی شور، سطح زیر کشت کلزا حتی در مناطق با خاک شور و یا مستعد شوری به‌دلیل مقاومت بالا و تحمل کلزا به شوری افزایش یافته است. بررسی‌ها حاکی از این است که با قرارگیری کلزا در معرض تنش شوری، ارقام متحمل با مکانیسم تجمع اسمولیت‌هایی مانند پرولین و قندهای محلول در سیتوپلاسم سلول‌های ریشه، توان جذب آب خود از خاک شور را افزایش می‌دهند (Ashraf and McNeilly, 2004; Gholizadeh Sarcheshmeh *et al.*, 2024).

از جمله ویژگی‌های مطلوب کلزا می‌توان به تحمل به شوری و سرما، مقاومت به خشکی، تحمل نسبی بافت خاک، ارزش تناوبی بالا و توان بالا برای رقابت با علف‌های هرز اشاره کرد. بر همین اساس اکنون در سطح گسترده‌ای از کشتزارهای دنیا در تناوب با محصولاتی همچون غلات کشت می‌گردد. امروزه کاربرد واریته‌های جدید و اصلاح شده باعث گردیده کیفیت و کمیت روغن این گیاه جهت مصرف تغذیه‌ای افزایش قابل‌توجهی پیدا کند. مصارف متعدد و متنوع از دانه کلزا (مصرف خوراکی روغن و مصرف کنجاله برای دام و طیور) باعث شده این گیاه به‌عنوان با ارزش‌ترین محصولات زارعی روغنی به‌ویژه در مناطق معتدل جهان به‌حساب آید (Raboanatahiry *et al.*, 2021). همچنین کلزا از جمله گیاهان زراعی می‌باشد که با تحمل به شوری، قابلیت کاشت در اراضی شور را نیز دارد (Ashraf and Ali, 2008). البته در مورد کلزا به‌دلیل تنوع ژنتیکی ارقام و تفاوت شرایط آزمایشی، آستانه تحمل به شوری از ۴/۸ تا ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر متفاوت است (Shahbazi *et al.*, 2011). با اینکه محصول این گیاه زراعی بر اثر تنش‌های محیطی همچون شوری و خشکی کاهش می‌یابد اما روش‌های متفاوتی برای اصلاح رشد گیاه در مواجهه با این تنش‌ها وجود دارد. یکی از مهمترین روش‌ها، کاربرد ارقام مقاوم به شوری است.

با توجه به اینکه روغن کلزا دارای میزان اسیدهای چرب اشباع کم بوده و سطوح متعادلی از اسیدهای چرب غیر اشباع و بدون کلسترول می‌باشد، باعث گردیده که کیفیت غذایی بالایی داشته باشد. در برخی از انواع کلزا، میزان گلوکوزینولات کمتر از ۳۰ میکرومول در هر گرم کنجاله بوده و دارای مقدار زیادی اسیدهای چرب غیر اشباع و تقریباً دو درصد یا کمتر اسید اروسیک در روغن استحصال شده از دانه می‌باشند (Raboanatahiry *et al.*, 2021). همچنین کلزا مطلوب‌ترین ترکیب اسیدهای چرب ضروری بدن (امگا ۳، امگا ۶ و امگا ۹) را دارا است که برای افزایش سلامتی و پیشگیری از بیماری‌های قلبی و عروقی و ارتقای بهداشت جامعه فوق‌العاده با اهمیت است. واریته‌های کلزا تفاوت قابل ملاحظه‌ای از نظر ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه دارند. به‌طور کلی، ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا در برگیرنده اسیدهای چرب اشباع (اسیدپالمیتیک و اسید استئاریک) به‌میزان هفت درصد، اسیدهای چرب تک غیر اشباع (اسید اولئیک) به‌مقدار ۶۶ درصد و اسیدهای چرب چند غیراشباعی (اسید لینولئیک و اسید لینولنیک) به‌میزان ۲۷ درصد می‌باشد (Jabbari *et al.*, 2017). مقادیر اسیدهای چرب لینولئیک، اولئیک و لینولنیک، کیفیت روغن دانه کلزا را تعیین می‌کنند و به‌مقدار زیادی متأثر از شرایط محیطی و نوع واریته می‌باشد (Gharechaei *et al.*, 2019)، با قاطعیت می‌توان گفت که این محصول یکی از احتیاجات اساسی جامعه در حوزه غذایی محسوب می‌شود. با چنین توضیحاتی، حصول هر توفیقی در افزایش سطح زیر کشت این محصول و تعیین ارقام مناسب کشت برای مناطق مختلف با محدودیت‌های متفاوت محیطی، یک پیروزی ارزنده و بزرگ

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]
[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

به‌شمار می‌آید که موجب کاهش وابستگی کشور و خروج ارز می‌شود.

نظر به اهمیت این گیاه در تأمین نیاز کشور به روغن گیاهی، همچنین وجود مشکل شوری آب و خاک در مزارع اطراف دریاچه ارومیه و عدم وجود اطلاعات جامع در مورد اثر شوری بر پارامترهای فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های امیدبخش کلزا، این تحقیق با هدف ارزیابی ویژگی‌های ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و زراعی مرتبط با عملکرد ژنوتیپ‌های امیدبخش کلزا در اراضی شور استان آذربایجان شرقی به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

در این پژوهش ۱۷ ژنوتیپ پاییزه کلزا (ژنوتیپ های دو رگ داخلی) از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی تهیه شده بودند از لحاظ برخی صفات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و زراعی مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱). طرح آزمایشی مورد استفاده بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. هر کرت از چهار ردیف با فاصله ۲۴ سانتی‌متر و به طول پنج متر تشکیل شده و فاصله‌ی بوته‌ها روی ردیف در هفت سانتی‌متر تنظیم شده بود.

جدول ۱- مشخصات لیست ژنوتیپ‌های کلزای مورد استفاده در این تحقیق

Table 1. List of rapeseed genotypes studied in this research.

شماره ژنوتیپ Genotype number	منشاء Source	نام ژنوتیپ Genotype name	کد ژنوتیپ Genotype code	شماره ژنوتیپ Genotype number	منشاء Source	نام ژنوتیپ Genotype name	کد ژنوتیپ Genotype code
10	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 10 Karaj 10	G10	1	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 1 Karaj 1	G1
11	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 11 Karaj 11	G11	2	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 2 Karaj 2	G2
12	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 12 Karaj 12	G12	3	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 3 Karaj 3	G3
13	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 13 Karaj 13	G13	4	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 4 Karaj 4	G4
14	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 14 Karaj 14	G14	5	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 5 Karaj 5	G5
15	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 15 Karaj 15	G15	6	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 6 Karaj 6	G6
16	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 16 Karaj 16	G16	7	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 7 Karaj 7	G7
17	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 17 Karaj 17	G17	8	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 8 Karaj 8	G8
				9	ایران-کرج Karaj-Iran	کرج 9 Karaj 9	G9

مشخصات جغرافیایی محل اجرای آزمایش

تحقیق حاضر در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی واقع در بخش خسروشاه شهرستان تبریز با موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲ دقیقه شرقی و ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی با ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۱۳۴۷ متر در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. ایستگاه خسروشاه در سیستم اقلیم‌بندی کوپن[1] سرد و نیمه‌خشک بوده و دارای زمستان‌های یخبندان می‌باشد. میانگین درازمدت بارندگی سالانه این ایستگاه ۲۷۰ میلی‌متر بوده که بخش عمده آن در بازه زمانی نیمه دوم پاییز تا نیمه اول بهار حادث می‌گردد. میانگین حداقل و حداکثر دمای سالانه به‌ترتیب ۲/۷۸ و ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، ویژگی‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

1- Köppen climate classification

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

جدول ۲- ویژگی‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در طول فصل زراعی
Table 2. Climatic characteristics of the experimental region during the growing season

سال Year	ماه Mounth	مجموع بارندگی (میلی‌متر) Total rainfall (mm)	میانگین کل دما (درجه سلسیوس) Average total temperature (°C)	میانگین رطوبت نسبی هوا (٪) Average relative humidity (%)	مجموع تبخیر (میلی‌متر) Total evaporation (mm)
1397 2018	شهریور September	3.1	24.8	37.7	296.5
	مهر October	5.5	18.9	49	167
	آبان November	15.6	9.5	65.4	78
	آذر December	80.3	5.5	78.7	–
	دی January	15.8	2.1	70.8	–
	بهمن February	62.3	3.2	72.1	–
	اسفند March	29.5	5.8	60.8	–
1398 2019	فروردین April	96.3	9.9	60.5	9.6
	اردیبهشت May	39.5	14.6	56	180.4
	خرداد June	4.6	23.6	44.8	300.9
	تیر July	–	27.2	39.1	411.4
	مرداد August	–	27.7	42	407.7

مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

خاک محل آزمایش لوم رسی با ۱/۵ درصد ماده آلی می‌باشد و دارای pH برابر با ۷/۸ و همچنین هدایت الکتریکی یا EC برابر با ۶/۷ دسی زیمنس بر متر جزء خاک‌های نسبتاً شور بود. در جدول ۳ مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای پژوهش آورده شده است. بعد از تجزیه و ارزیابی نمونه‌های خاک برداشت شده از محل آزمایش و استخراج نتایج (جدول ۳)، به‌منظور جبران کمبودها طبق توصیه کارشناسان آزمایشگاه خاک به‌میزان ۳۰۰ کیلو در هکتار کود اوره بدین‌صورت که ۱۰۰ کیلو در زمان کاشت، ۱۰۰ کیلو گرم در زمان شروع رشد بهاره و ۱۰۰ کیلوگرم باقی‌مانده در دوره اواسط گل‌دهی مصرف گردید. همچنین به‌مقدار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاس و فسفر قبل از کاشت به خاک اضافه گردید.

جدول ۳- برخی خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی
Table 3. Some physicochemical properties of experimental farm soil

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Depth sampling (cm)	شن (٪) Sand (%)	سیلت (٪) Silt (%)	رس (٪) Clay (%)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) Potassium (mg/kg)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) phosphorus (mg/kg)	نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%)	ماده آلی خاک (٪) Organic matter (%)	شوری خاک (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	اسیدیته خاک pH
0-30	69	17	14	215	15	0.05	0.42	6.7	7.8

کاشت، داشت و برداشت

در اواخر تابستان و قبل از کاشت به‌منظور هموار کردن زمین برای کشت و مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز رشد کرده از دیسک استفاده گردید. سپس کشت طبق نقشه کاشت که در بالا اشاره گردید با تراکم ۷۰ بوته در هر متر مربع انجام شد. کاشت در تاریخ ۱۳۹۷/۶/۲۰ انجام گرفت. در حین عملیات داشت ۶ نوبت آبیاری غرقابی به شرح روبرو انجام گرفت: اولین نوبت آبیاری بلافاصله بعد از کاشت، نوبت دوم دو هفته بعد از کاشت، نوبت سوم زمان شروع ساقه‌دهی، نوبت چهارم دو هفته بعد از ساقه روی، نوبت پنجم گل‌دهی و نوبت ششم هنگام پر شدن دانه. در مرحله گلدهی با استفاده از سم سیستمیک پریمور[1] یک نوبت بر علیه شته مومی مبارزه گردید. به‌منظور مبارزه با علف‌های هرز از وجین با دست استفاده گردید بعد از رسیدگی فیزیولوژیکی و هنگامی که رطوبت دانه به ۱۸ درصد رسید، عملیات برداشت انجام گرفت که با تاریخ ۱۳۹۸/۳/۲۹ مقارن بود.

صفات اندازه‌گیری شده

میانگین ارتفاع ۱۰ بوته تصادفی از هر واحد آزمایشی از سطح خاک و بر حسب سانتی‌متر یادداشت گردید. جهت اندازه‌گیری تعداد خورجین بارور، تعداد ۱۰ بوته تصادفی از هر واحد آزمایشی انتخاب و به‌اندازه ۱۰ سانتی‌متر از رأس بوته پایین آمده و از طول ۲۰ سانتی‌متری خورجین اصلی، تعداد خورجین‌های بارور شمارش و میانگین آن‌ها ثبت گردید. تعداد ۱۰خورجین از هر کرت آزمایشی به‌صورت تصادفی انتخاب و تعداد دانه در خورجین شمارش و میانگین آن‌ها محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری طول و مساحت خورجین، از هر کرت آزمایشی تعداد ۱۰ خورجین به تصادف انتخاب و میانگین طول و مساحت خورجین به‌ترتیب بر حسب سانتی‌متر و سانتی‌متر مربع یادداشت گردید. جهت محاسبه وزن هزار دانه، پس از برداشت، وزن هزار عدد بذر برای هر ژنوتیپ با استفاده از ترازوی دقیق آزمایشگاه و بر حسب گرم اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری سرعت رشد بوته، ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت آزمایشی انتخاب و خشک شده و وزن خشک آن‌ها بر حسب گرم به‌دست آمد. سپس در مرحله دوم (پس از ۳۰ روز)

1- Pirimor

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]
[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

این عمل تکرار شده و از طریق رابطه زیر سرعت رشد بوته هر ژنوتیپ بر حسب گرم در بوته در روز محاسبه گردید (Hoffmann and Poorter, 2002):

رابطه ۱ سرعت رشد بوته = (W_2-W_1) / بازه زمانی

در این رابطه W_1 و W_2، به‌ترتیب وزن بوته خشک بر حسب گرم در تاریخ‌های ۹۸/۲/۷ و ۹۸/۳/۷ می‌باشد.
پس از حذف حاشیه‌ها، برداشت کل بوته‌های هر کرت آزمایشی به‌صورت مجزا انجام گرفته، خرمنکوبی شده و عملکرد هر کرت بر حسب کیلوگرم در هکتار برای هر ژنوتیپ ثبت گردید.

درصد روغن دانه و عملکرد روغن

استخراج روغن با استفاده از دستگاه سوکسله صورت گرفت. بدین‌منظور بذور کاملاً پودر شده و داخل کاغذهای صافی قرار گرفتند تا با حلال مخلوط نشود. اتر به‌عنوان حلال مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه سوکسله روی دمای ۷۵ تا ۸۰ درجه سلسیوس تنظیم و چهار تا شش ساعت پس از استخراج روغن، نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس جهت تبخیر حلال قرار گرفتند و سرانجام روغن خالص جمع‌آوری گردید. عملکرد روغن از حاصل‌ضرب درصد روغن دانه در عملکرد دانه برای هر ژنوتیپ محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آنالیز واریانس مشاهدات بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار صورت گرفت. نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس خطاهای آزمایشی، قبل از تجزیه واریانس و با استفاده از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف بررسی شد. همچنین فرض غیر افزایشی بودن اثر ژنوتیپ و بلوک از طریق آزمون غیر افزایشی توکی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون نرمالیتی و همگنی واریانس‌ها برای صفات مورد مطالعه حاکی از برقراری شروط نرمال بودن و یکنواختی واریانس‌های درون گروهی برای کلیه صفات بود. به‌منظور بررسی اختلاف بین ژنوتیپ‌ها و تأثیر تنش شوری خاک بر صفات مورد ارزیابی، مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال ۵ درصد از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. همبستگی فنوتیپی بین صفات مورد ارزیابی بر پایه میانگین صفات با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون محاسبه گردید. علاوه بر این، جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس میانگین صفات و داده‌های استاندارد شده، تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش UPGMA و مقیاس مجذور فاصله اقلیدسی انجام گرفت، در این پژوهش، تجزیه واریانس داده‌ها، آزمون نرمال بودن، مقایسات میانگین، ضرایب همبستگی و تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به مولفه‌های اصلی و همگنی واریانس اشتباهات از طریق نرم‌افزارهای SAS نسخه ۹/۱ و XLSTAT انجام گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مختلف مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری از نظر همه صفات مورد مطالعه وجود داشت. بر اساس نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که صفات مساحت خورجین و وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد و سایر صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۴).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]
[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و زراعی در ژنوتیپ‌های کلزا

Table 4. Analysis of variance of morphological, physiological, and agronomic traits in rapeseed genotypes

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد خورجین بارور Number of fertile pod	تعداد دانه در خورجین Number of grains per pod	طول خورجین Pod length	مساحت خورجین Pod area	سرعت رشد بوته Plant growth rate	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	درصد روغن دانه Percentage of seed oil	عملکرد روغن Oil yield
تکرار Repetition	2	5.90 ns	1797.90*	1.31 ns	0.33ns	0.38*	0.67 ns	0.15*	146420.18 ns	0.18 ns	353.75 ns
ژنوتیپ Genotype	16	136.77**	7495.27**	18.09**	0.53**	0.29*	1.27**	0.07*	2274142.59**	7.70**	5745.52**
اشتباه آزمایشی Error	32	30.67	504.05	1.65	0.18	0.12	0.27	0.03	24.94	0.55	203.32
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	–	3	12.05	4.35	8.6	19.38	28.44	5.55	8.18	1.69	8.63

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

ارتفاع بوته

بر اساس مقایسه میانگین ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد مشخص گردید که ژنوتیپ کرج ۴ دارای کمترین ارتفاع بوته (۱۵۴/۳ سانتی‌متر) و ژنوتیپ کرج ۱۵ دارای بیشترین ارتفاع بوته (۱۷۸/۳ سانتی‌متر) بود. ژنوتیپ‌های کرج ۹ و ۱۲ نیز دارای ارتفاع بوته کمی بودند. همچنین ژنوتیپ‌های کرج ۳، ۵، ۷، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۶ و ۱۷ از ارتفاع بوته بالایی برخوردار بودند (جدول ۵). در کلزا شوری باعث کاهش رشد ریشه، ظهور برگ‌ها و تشکیل اولین میانگره‌ها شده و در صورت تداوم روند شوری در مراحل بعدی رشد، کاهش ارتفاع گیاه، تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین را باعث می‌شود (Tahmasebpour *et al.*, 2018). مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2017) گزارش کردند که تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته کلزا شده است به‌طوری که بیشترین ارتفاع بوته در هر چهار رقم مورد مطالعه در سطح شاهد و کمترین ارتفاع نیز در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. اشرف و علی (Ashraf and Ali, 2008) گزارش کردند که تنش شوری سبب کاهش ارتفاع بوته و کاهش تعداد برگ کلزا می‌شود و بیان نمودند که تأثیر توأم تنش شوری و تنش اسمزی ناشی از شوری را در این میان موثر دانستند. کاهش ارتفاع بوته کلزا در نتیجه تنش شوری توسط ارزانش و همکاران (Arzansh *et al.*, 2012)، رهنما (Rahnama, 2013)، کاظمینی و همکاران (Kazemeini *et al.*, 2016) نیز گزارش شده است.

تعداد خورجین بارور

نتایج مقایسه میانگین صفت تعداد خورجین بارور نشان داد که ژنوتیپ کرج ۱۲ دارای کمترین تعداد خورجین بارور (۱۱۵/۷ عدد در هر بوته) و ژنوتیپ کرج ۱۴ دارای بیش‌ترین تعداد خورجین بارور (۲۶۳/۳ عدد در هر بوته) بود. ژنوتیپ‌های کرج ۳، ۹، ۱۶ و ۱۷ نیز دارای تعداد خورجین بارور کمی بودند. در این مطالعه ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۱، ۸، ۴، ۱۵ و ۷ با بیشترین تعداد خورجین بارور، اختلاف آماری معنی‌داری از هم نشان ندادند (جدول ۵). بنا به نظر تجلی و همکاران (Tajali *et al.*, 2011)، در شرایط تنش شوری، محدودیت ریشه در جذب عناصر غذایی، منجر به افت تولید اسیمیلات‌ها و کاهش اختصاص آن به اندام‌های زایشی می‌گردد. از این‌رو کمبود منبع در خلال گل‌دهی باعث ریزش اندام‌های زایشی و گل‌های بارور، به‌ویژه خورجین‌های جوان می‌شود که در نتیجه آن تعداد خورجین‌های بالغ کاهش می‌یابد. بنابر تحقیقات سایر پژوهشگران نیز تنش شوری به‌دلیل ایجاد اختلال در تعادل اسمزی گیاه، باعث کاهش تعداد خورجین بارور در کلزا می‌شود (Asilan, 2019). در کلزا تعداد خورجین در بوته، در زمان گل‌دهی تعیین می‌شود و به‌دلیل آن‌که تنش شوری سبب تسریع و کاهش دوره گلدهی و همچنین باعث رشد رویشی پایین و متعاقب آن تولید اسیمیلات‌های کمتر می‌شود، در این شرایط ماندگاری و بقای گیاه با کاهش تعداد خورجین تضمین می‌شود (Ashraf and Ali, 2008; Moradi *et al.*, 2017).

تعداد دانه در خورجین

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در تعداد دانه در خورجین تفاوت معنی‌داری وجود دارد. ژنوتیپ کرج ۱۲ با کم‌ترین تعداد دانه در خورجین (۲۴/۳ عدد)، اختلاف آماری معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها نشان داد. در این تحقیق ژنوتیپ‌های کرج ۷، ۱۴، ۱۰، ۴، ۱ و ۸، به‌ترتیب با بیش‌ترین تعداد دانه در خورجین و بدون اختلاف آماری معنی‌دار از هم، تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان دادند (جدول ۵). تنش شوری، افت عملکرد بذر را از طریق کاهش تعداد گل، تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه‌ها باعث می‌گردد (Wei-hua *et al.*, 2013). با تداوم مدت زمان تنش شوری و تأثیر آن بر گرده‌افشانی و باروری گلچه‌ها، تولید مواد فتوسنتزی در مرحله رویشی محدود شده که این امر باعث سقط گلچه و کاهش تعداد دانه در خورجین می‌شود (Zhang *et al.*, 2014). در مطالعه‌ی دیگر نیز گزارش شد که تنش شوری با کاهش تعداد گل‌های بارور موجب افت تعداد دانه در خورجین کلزا می‌شود (Shafi *et al.*, 2010).

طول خورجین

نتایج مقایسه میانگین نشان داد طول خورجین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد و ژنوتیپ کرج ۱۱ بیش‌ترین طول خورجین (۵/۶۳ سانتی‌متر) و ژنوتیپ کرج ۳ کم‌ترین طول خورجین (۴/۱۳ سانتی‌متر) را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۵). در این مطالعه، ژنوتیپ‌های ۴، ۱۴، ۶، ۸، ۱۵، ۲، ۱۰، ۷، ۵ و ۱ با بیشترین طول خورجین، اختلاف معنی‌داری از ژنوتیپ ۱۱ نداشتند. تنش شوری با افزایش فشار اسمزی خاک باعث افت جذب آب و کاهش تقسیم سلولی و طویل شدن و تمایز سلولی متعاقب آن می‌شود. از این‌رو با افزایش شوری، طول خورجین کاهش می‌یابد (۴). پیش از این نیز کاهش طول خورجین در ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در خاک‌های شور گزارش شده است (Kabousi *et al.*, 2019).

مساحت خورجین

بر اساس نتایج مقایسه میانگین مساحت خورجین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، در شرایط شوری ژنوتیپ‌های کرج ۴ و ۳ به‌ترتیب با ۲/۲۶ و ۱/۲۷ سانتی‌متر مربع، بیش‌ترین و کم‌ترین سطح خورجین را به‌خود اختصاص دادند. به‌طوری‌که ژنوتیپ ۴ با بسیاری از ژنوتیپ‌ها همچون ۱۱، ۱۴، ۸، ۱۰، ۵، ۲، ۷، ۱۷، ۱۲، ۶، ۱۵ و ۱۳ اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در این پژوهش ژنوتیپ‌های کرج ۱۱، ۱۴، ۸، ۱۰، ۵، ۲ و۷ جزو ژنوتیپ‌هایی بودند که از نظر مساحت خورجین، ارزشی بالاتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند. به‌نظر می‌رسد در ژنوتیپ‌های با طول خورجین بیش‌تر، مساحت خورجین هم افزایش یافته است (جدول ۵).

سرعت رشد بوته

مطابق جدول ۵ که مقایسه میانگین سرعت رشد بوته ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کلزا را نشان می‌دهد، ژنوتیپ کرج ۱۳ (۲/۷۸ گرم در بوته در روز) بیش‌ترین و ژنوتیپ کرج ۳ (۰/۶۹ گرم در بوته در روز) کم‌ترین سرعت رشد بوته را در شرایط تنش شوری نشان دادند. ژنوتیپ‌های کرج ۴، ۵، ۱۴، ۱۷، ۷، ۲، ۶ و ۹ با سرعت رشد بوته بالاتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها،

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]
[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

اختلاف معنی‌داری از ژنوتیپ کرج ۱۳ نشان ندادند. به‌طور کلی شوری سرعت رشد گیاه را کاهش داده و کوچک‌تر شدن برگ‌ها، کاهش ارتفاع و عملکرد بذر را باعث می‌گردد (Acosta-Motos *et al.*, 2017). اندازه‌گیری ماده خشک اندام هوایی و سرعت رشد بوته حاکی از حساسیت کلزا در برابر تنش شوری می‌باشد. جهت سازگاری با تنش شوری، افزایش هزینه انرژی متابولیکی و افت جذب کربن صورت می‌گیرد که سبب کاهش مقدار ماده خشک می‌شود (Ma *et al.*, 2017). کاهش سرعت رشد بوته همچنین به‌دلیل تأثیر شوری روی بافت‌ها، کاهش سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ و حفظ حداکثر تراکم نمک روی برگ‌های کاملا رشد یافته می‌باشد (Acosta-Motos *et al.*, 2017). ژنوتیپ‌های کرج ۱۵، ۱، ۱۰، ۱۶ و ۱۲ کمترین سرعت رشد بوته را به‌خود اختصاص دادند.

وزن هزار دانه

مقایسه میانگین وزن هزار دانه، ژنوتیپ‌ها را به چهار گروه مختلف تقسیم کرد. به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های کرج ۱۶، ۷، ۱۰، ۱۳، ۱۱، ۳، ۱۵، ۸ و ۲ بیشترین و ژنوتیپ‌های کرج ۴، ۱۲ و ۱۴، کم‌ترین میزان وزن هزاردانه را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۵). در کلزا وزن هزاردانه بیشترین اثر مستقیم مثبت را روی عملکرد دانه دارد. کاهش وزن هزار دانه در خاک‌های شور می‌تواند به‌دلیل جلوگیری از جذب و انتقال مواد غذایی مورد نیاز در طول پر شدن دانه باشد. با افزایش میزان شوری، افت قابل ملاحظه در وزن هزاردانه به‌وجود می‌آید که می‌تواند به‌علت کاهش اسیمیلات‌ها در خلال پرشدن دانه، تأثیر پتانسیل اسمزی در افت شدت رشد و یا کوتاه شدن دوره پرشدن دانه باشد (Tajali *et al.*, 2011). در نتیجه انباشت املاح مضر در گیاه و بر هم خوردن تعادل یونی، انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه مختل می‌شود که ممکن است مهم‌ترین علت کاهش وزن دانه در شرایط شوری باشد. با وجود تنوع ژنتیکی در وزن هزاردانه، گزینش برای وزن دانه بیشتر ممکن است تأثیر منفی روی اجزای عملکرد دیگر گردد (Yang *et al.*, 2012).

عملکرد دانه

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری با هم داشتند به‌طوری‌که ژنوتیپ کرج ۱۱ بیش‌ترین عملکرد دانه (۵۴۳۳ کیلوگرم در هکتار) و ژنوتیپ کرج ۹ کم‌ترین عملکرد دانه (۲۳۷۰/۳۳ کیلوگرم در هکتار) را داشتند. در این مطالعه، ژنوتیپ ۵ اختلاف معنی‌داری با ژنوتیپ ۱۱ نشان نداد (جدول ۵). عملکرد دانه در کلزا تابعی از اجزا عملکرد یعنی تعداد خورجین بارور در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه است (Bybordi, 2010; Rameeh, 2012). واکنش کلزا به شرایط شوری زمانی‌که تنش شوری از مرحله روزت و پیش از فاز زایشی حادث می‌شود، اغلب با کاهش تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته همراه بوده و تأثیر آن بر وزن هزار دانه نسبت به سایر اجزای عملکرد کم‌تر می‌باشد (Gyawali *et al.*, 2019). در شرایط تنش شوری، عملکرد دانه به‌دلیل افت مقادیر اجزای عملکرد، کاهش می‌یابد که دلیل اصلی آن، به احتمال زیاد، انباشت یون‌ها به‌ویژه یون سدیم در بافت‌های گیاهی در مراحل متفاوت رشدی و اختلال در جذب سایر عناصر غذایی می‌باشد (Rameeh, 2012; Santangeli *et al.*, 2019). ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۴، ۱۵ و ۵ که در این پژوهش بیش‌ترین میزان عملکرد دانه را به‌خود اختصاص دادند، مقادیر بالایی را برای اجزا عملکرد نشان دادند. در مقابل، ژنوتیپ‌های ۹ و ۱۲، با کمترین عملکرد دانه، افت قابل ملاحظه‌ای در تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه داشتند. بر اساس نتایج حاصله می‌توان اظهار نمود که ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در اراضی شور، از پتانسیل تحمل به تنش شوری برخوردار بوده و ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین، در برابر تنش شوری حساس می‌باشند. از این‌رو می‌توان غربالگری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه جهت انتخاب ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم را انجام داد.

حساسیت قابل توجه اغلب گیاهان زراعی در برابر تنش شوری به‌علت مسمومیت حاصل از تجمع و جذب یون سدیم در سلول، اثرات منفی یون‌ها در غشای سلول و اختلال در فعالیت آنزیم‌ها و متابولیسم سلولی است (Acosta-Motos *et al.*, 2017; Moradi *et al.*, 2017). مواد حل شده در منطقه توسعه ریشه گیاهان در شرایط شوری، تنش اسمزی منفی بالایی را فراهم می‌کند که این امر سبب کاهش پتانسیل آب خاک شده و جذب آب را در گیاه با مشکل مواجه می‌کند، که رشد و نمو گیاهی و متعاقب آن عملکرد و اجزای عملکرد در گیاهان کاهش می‌یابد (Pattanagul and Thitisaksakul, 2008). در شرایط تنش شوری با کاهش پتانسیل اسمزی، مقدار آبسیزیک اسید ریشه افزایش می‌یابد که با جریان تعرق به اندام‌های هوایی انتقال می‌یابد. با افزایش میزان این هورمون در اندام‌های هوایی، افت هدایت روزنه‌ای و کاهش تعرق متعاقب آن به‌وجود می‌آید. در نهایت به‌علت کاهش مقدار CO_2، میزان فتوسنتز و رشد گیاه و در نتیجه عملکرد گیاه مختل می‌شود (Ma *et al.*, 2017). در پژوهشی مشخص شد سطوح ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس تنش شوری در مقایسه با شرایط بدون تنش، بر عملکرد دانه کلزا اثرات منفی قابل ملاحظه‌ای دارد که این کاهش می‌تواند ناشی از عوامل فوق باشد (Rostami-Ahmadvandi and Faghihi, 2021). در تأیید افت عملکرد گیاهان زراعی تحت تنش شوری، برخی پژوهشگران طی آزمایش‌هایی دریافتند که این کاهش می‌تواند از اثرات ثانویه ناشی از تنش شوری همچون کاهش رشد و نمو، کاهش فتوسنتز گیاهی، ایجاد گونه‌های فعال اکسیژن، اختلال در غشاها، افت کارکردهای متابولیسمی سلول و کاهش تقسیم سلول باشد (Azizi *et al.*, 2015). علاوه بر این در شرایط تنش شوری، واکنش گونه‌های فعال اکسیژن با اغلب ترکیبات سلولی باعث خسارت به ساختارهای درون سلولی همچون پروتئین‌ها، چربی‌ها، رنگدانه‌های فتوسنتزی و اسیدهای نوکلئیک می‌گردد (Azizi *et al.*, 2015).

درصد روغن دانه و عملکرد روغن

مقایسه میانگین درصد روغن دانه نشان داد ژنوتیپ‌ها را در هفت گروه معنی‌دار از نظر آماری قرار داد. با توجه به جدول ۶، ژنوتیپ کرج ۱۱ با ۴۶/۳۳ درصد، بیش‌ترین درصد روغن دانه را به‌خود اختصاص داد. ژنوتیپ‌های کرج ۵، ۱۴، ۳، ۱۷، ۱۵،

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]
[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

۱۶، ۸ و ۷، از درصد روغن دانه بالاتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند. مقایسه میانگین عملکرد روغن در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های کرج ۱۱ و ۹ به‌ترتیب با ۲۵۱/۷۱ و ۹۸/۸۴ کیلوگرم در هکتار، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد روغن را داشتند. در این پژوهش ژنوتیپ ۱۱ با ژنوتیپ ۵ در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد روغن نشان نداد. نتایج تحقیقات پژوهشگران نشان می‌دهد که واکنش ارقام مختلف کلزا از نظر درصد روغن در خاک‌های شور می‌تواند متفاوت باشد. به‌عنوان مثال در بعضی از مطالعات تأثیر شوری روی درصد روغن غیر معنی‌دار گزارش شده است (Shahbazi *et al.*, 2011; Kabousi *et al.*, 2019)، در حالی‌که پژوهش‌های دیگری بر افت معنی‌دار درصد روغن اشاره کرده‌اند (Rameeh, 2012; Sabagh *et al.*, 2019; Kabousi *et al.*, 2019). در این مطالعه لاین‌های ۲، ۶ و ۹ با ۴۱/۶۷ درصد و لاین ۴ با ۴۲ درصد، کم‌ترین درصد روغن را در بین ژنوتیپ‌ها نشان دادند. همچنین ژنوتیپ‌های ۴، ۱۲، ۶ و ۲ کم‌ترین میزان عملکرد روغن را به‌خود اختصاص دادند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین مربوط به کلیه صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف کلزا

Table 5. Mean Comparison of all studied traits in different rapeseed genotypes

نام ژنوتیپ Genotype name	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height	تعداد خورجین بارور Number of fertile pod	تعداد دانه در خورجین Number of grains per pod	طول خورجین (سانتی‌متر) Pod length (cm)	مساحت خورجین (سانتی متر مربع) Pod area (cm^2)	سرعت رشد بوته (گرم در روز) Plant growth rate (g/day)	وزن هزاردانه (گرم) 1000-seed weight	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg/ha)	درصد روغن دانه (٪) Percentage of seed oil (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (Kg/ha)
کرج 1 Karaj 1	163.33 ^{de}	156.00^{e-g}	31.33^{ab}	4.80^{a-c}	1.42^{bc}	0.94^{d-f}	3^{b-d}	3705.33^{c-h}	43.33^{d-f}	160.56^{f-h}
کرج 2 Karaj 2	163.67^{c-e}	185.00^{c-e}	30.00^{bc}	5.07^{ab}	1.78^{a-c}	2.16^{a-c}	3.13^{a-d}	2974.00^{hi}	41.67^{g}	124.10^{i-k}
کرج 3 Karaj 3	172.67^{a-c}	139.00^{fg}	27.00^{d}	4.13^{c}	1.27^{c}	0.69^{f}	3.20^{a-d}	4324.67^{cd}	45.33^{a-c}	196.27^{c-e}
کرج 4 Karaj 4	154.33^{e}	244.67^{ab}	31.67^{ab}	5.60^{a}	2.26^{a}	2.66^{a}	2.87^{d}	2708.00^{ij}	42^{fg}	113.74^{k}
کرج 5 Karaj 5	**168.33^{b-e}**	**180.33^{d-f}**	**30.67^{b}**	**5^{ab}**	**1.91^{a-c}**	**2.45^{a}**	**3^{b-d}**	**5027.67^{ab}**	**46^{ab}**	**231.38^{ab}**
کرج 6 Karaj 6	161.67^{de}	214.00^{b-d}	30.67^{b}	5.10^{ab}	1.68^{a-c}	1.91^{a-d}	3.07^{b-d}	2976.33^{hi}	41.67^{g}	124.01^{i-k}
کرج 7 Karaj 7	170.00^{b-e}	222.33^{a-c}	33.33^{a}	5.03^{ab}	1.76^{a-c}	2.18^{a-c}	3.33^{ab}	4051.67^{de}	44.33^{c-e}	179.63^{d-f}
کرج 8 Karaj 8	171.33^{a-d}	246.00^{ab}	31.00^{ab}	5.10^{ab}	2.01^{ab}	1.81^{a-e}	3.13^{a-d}	3978.00^{d-f}	44.33^{c-e}	176.18^{ef}
کرج 9 Karaj 9	157.67^{de}	134.00^{g}	26.67^{d}	4.60^{bc}	1.30^{c}	1.88^{a-d}	3.10^{b-d}	2370.33^{j}	41.67^{g}	98.84^{k}
کرج 10 Karaj 10	173.67^{ab}	154.00^{e-g}	31.67^{ab}	5.03^{ab}	1.93^{a-c}	1.17^{d-f}	3.33^{ab}	3984.67^{d-f}	43^{e-g}	171.46^{e-g}
کرج 11 Karaj 11	174.00^{a}	246.67^{ab}	30.33^{b}	5.63^{a}	2.26^{a}	1.81^{a-e}	3.20^{a-d}	5433^{a}	46.33^{a}	251.71^{a}
کرج 12 Karaj 12	158.33^{de}	115.67^{g}	24.33^{e}	4.57^{bc}	1.71^{a-c}	1.42^{b-f}	2.93^{cd}	2845.33^{ij}	42^{fg}	119.60^{jk}
کرج 13 Karaj 13	163.33^{c-e}	152.00^{e-g}	27.00^{d}	4.53^{bc}	1.63^{a-c}	2.78^{a}	3.23^{a-c}	3452.33^{f-h}	43^{e-g}	148.59^{g-i}
کرج 14 Karaj 14	171.00^{a-d}	263.33^{a}	32.33^{ab}	5.57^{a}	2.18^{a}	2.44^{a}	2.93^{cd}	4432.67^{cd}	45.67^{a-c}	202.34^{cd}
کرج 15 Karaj 15	178.33^{a}	238.67^{ab}	28.00^{cd}	5.07^{ab}	1.65^{a-c}	0.85^{ef}	3.13^{a-d}	4835.67^{bc}	44.67^{b-d}	216.09^{bc}
کرج 16 Karaj 16	173.33^{ab}	138.67^{fg}	28.00^{cd}	4.37^{bc}	1.40^{bc}	1.31^{c-f}	3.43^{a}	3460.00^{e-h}	44.33^{c-e}	153.37^{f-h}
کرج 17 Karaj 17	168.33^{b-e}	133.00^{g}	27.67^{d}	4.70^{bc}	1.72^{a-c}	2.34^{ab}	3.07^{b-d}	3188.33^{g-i}	44.67^{b-d}	142.33^{h-j}

ستون‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

Means in each column followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

تجزیه کلاستر

آماره‌های توصیفی مربوط به کلیه صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در جدول ۶ نشان داده شد. خط برش دندروگرام براساس قواعد ریاضی صورت گرفت به‌طوری که بشود ژنوتیپ‌ها را در بهترین نقطه از نظر اختلاف تفکیک کرد.

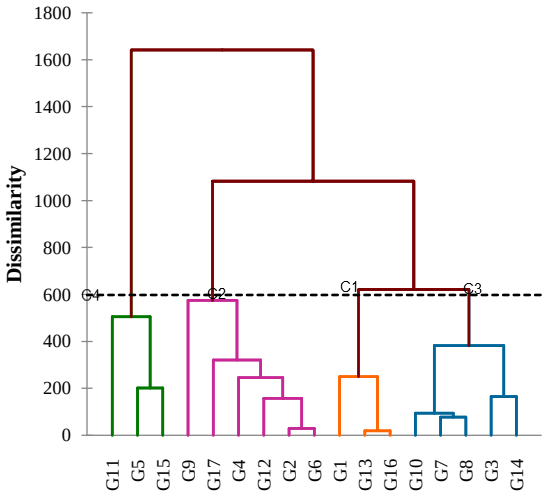
دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر نشان داد که کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس همه صفات اندازه‌گیری شده به چهار گروه مجزا C1 تا C4 تفکیک شدند (شکل ۱). با توجه به دندروگرام مشاهده شد که گروه اول (C1) دارای سه ژنوتیپ کرج ۱، کرج ۱۳ و کرج ۱۶ بود. همچنین گروه چهارم (C4) نیز مانند گروه اول سه ژنوتیپ را در خود جای داد که شامل کرج ۱۱، کرج ۵ و کرج ۱۵ بود. بر پایه نتایج تجزیه کلاستر مشاهده شد که در گروه سوم (C3) تعداد پنج ژنوتیپ شامل کرج ۳، کرج ۷، کرج ۸، کرج ۱۰ و کرج ۱۳ قرار گرفتند و سایر ژنوتیپ‌های باقی‌مانده در گروه (C4) دوم جای گرفتند.

در هریک از گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های براساس میزان شباهت صفات مختلف گروه‌بندی می‌شوند، از این‌رو، با توجه به هدف اصلاحی می‌توان از تنوع بین گروهی و ژنوتیپ‌های موجود در این گروه‌ها در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود و با انجام دورگ‌گیری بین ژنوتیپ‌های با بیشترین فاصله ژنتیکی و فراهم نمودن حداکثر تنوع ژنتیکی، دستیابی به ژنوتیپ‌های مطلوب از نظر عملکرد دانه و اجزا عملکرد را در شرایط تنش شوری ممکن نمود (Lee *et al.*, 2008). در مطالعه تنوع ژنتیکی ۳۰ ژنوتیپ کلزا از نظر تحمل به تنش شوری، کلاستربندی ژنوتیپ‌ها به‌روش Ward، آن‌ها را در سه گروه متمایز تقسیم کرد. به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های گروه دوم با توجه به مقادیر بالای عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه، متحمل به شوری معرفی شدند (Mansouri *et al.*, 2019). اصغری و همکاران (Asghari and Fallahi, 2018)، از تجزیه کلاستر جهت بررسی تنوع ژنتیکی کلزا از نظر تحمل به تنش شوری استفاده نموده‌اند.

جدول ۶- آماره‌های توصیفی صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف کلزا

Table 6. Descriptive statistics of studied traits in different rapeseed genotypes

صفات Traits	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Average	بیشینه Maximum	کمینه Minimum	دامنه Domain
ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	6.75	167.25	178.33	154.33	24
تعداد خورجین بارور Number of fertile pod	49.98	186.26	263.33	115.67	147.66
تعداد دانه در خورجین Number of grains per pod	2.46	29.51	33.33	24.33	9
طول خورجین (سانتی‌متر) Pod length (cm)	0.43	4.94	5.63	4.13	1.50
مساحت خورجین (سانتی‌متر مربع) Pod area (cm^2)	0.31	1.76	2.26	1.27	0.99
سرعت رشد بوته (گرم در روز) Plant growth rate (g/day)	0.65	1.81	2.78	0.69	2.09
وزن هزاردانه (گرم) 1000-seed weight (g)	0.15	3.12	3.43	2.87	0.56
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg/ha)	870.66	3750.18	5433	2370.33	3062.67
درصد روغن دانه (٪) Percentage of seed oil (%)	1.60	43.76	46.33	41.67	4.66
عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (Kg/ha)	43.76	165.32	251.71	98.84	152.87



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف کلزا بر اساس کلیه صفات مورد مطالعه

Figure 1. Cluster analysis dendrogram of rapeseed genotypes based on all studied traits

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

تجزیه به مولفه‌های اصلی

نتایج مربوط به تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس کلیه صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های کلزا در جدول ۷ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که مؤلفه‌های اول و دوم دارای مقدار ویژه بالاتر از یک بودند و سایر مؤلفه‌های محاسبه شده از مقدار ویژه کم‌تری برخوردار بودند (شکل ۲-A). بر اساس نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی مشاهده شد که مؤلفه اول و دوم به‌ترتیب با ۴۴/۶۶ و ۳۱/۲۲ درصد بیش‌ترین مقدار واریانس نسبی را در بین کلیه مؤلفه‌های مورد مطالعه دارا بودند و در مجموع ۷۵/۸۸ درصد از واریانس کل را به‌خود اختصاص دادند. نتایج مربوط به بارهای عامل نشان داد که در مؤلفه اول صفات تعداد خورجین بارور، عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد روغن دانه بیش‌ترین میزان بار عامل را دارا بودند. همچنین در مؤلفه دوم صفت سرعت رشد بوته دارای بیشترین میزان بار عامل در بین تمامی صفات مورد مطالعه بود. فرجی و حاتم‌زاده (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای که بر روی سه رقم کلزا انجام دادند، گزارش نمودند که در تجزیه به عاملها از چهار عامل به‌دست آمده، سه عامل اول ۷۹/۹۸ ٪ از کل واریانس را توجیه کردند که مهمترین صفت در عامل دوم را عملکرد دانه و میزان روغن معرفی نمودند که با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد.

حسینی و همکاران (۲۰۲۳) جهت کاهش در داده‌های آزمایش در بررسی تنوع اکوتیپ‌های مختلف نعناع از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده نمودند و نشان دادند که روش مذکور توانست با کاهش داده‌های آزمایش در ارائه‌ی تفسیر دقیق‌تر کمک شایانی به محققین نماید. همچنین کاظمی و همکاران (۲۰۲۱) طی آزمایشی بر روی گیاه روغنی کاملینا نشان دادند که مولفه‌های اول و دوم حاصل از تجزیه به مولفه‌ها توانست ۹۲/۹۱ درصد از واریانس کل را به‌خود اختصاص دهد و در نتیجه اهمیت دو مولفه‌ی اول را به لحاظ آماری مورد تایید قرار داد.

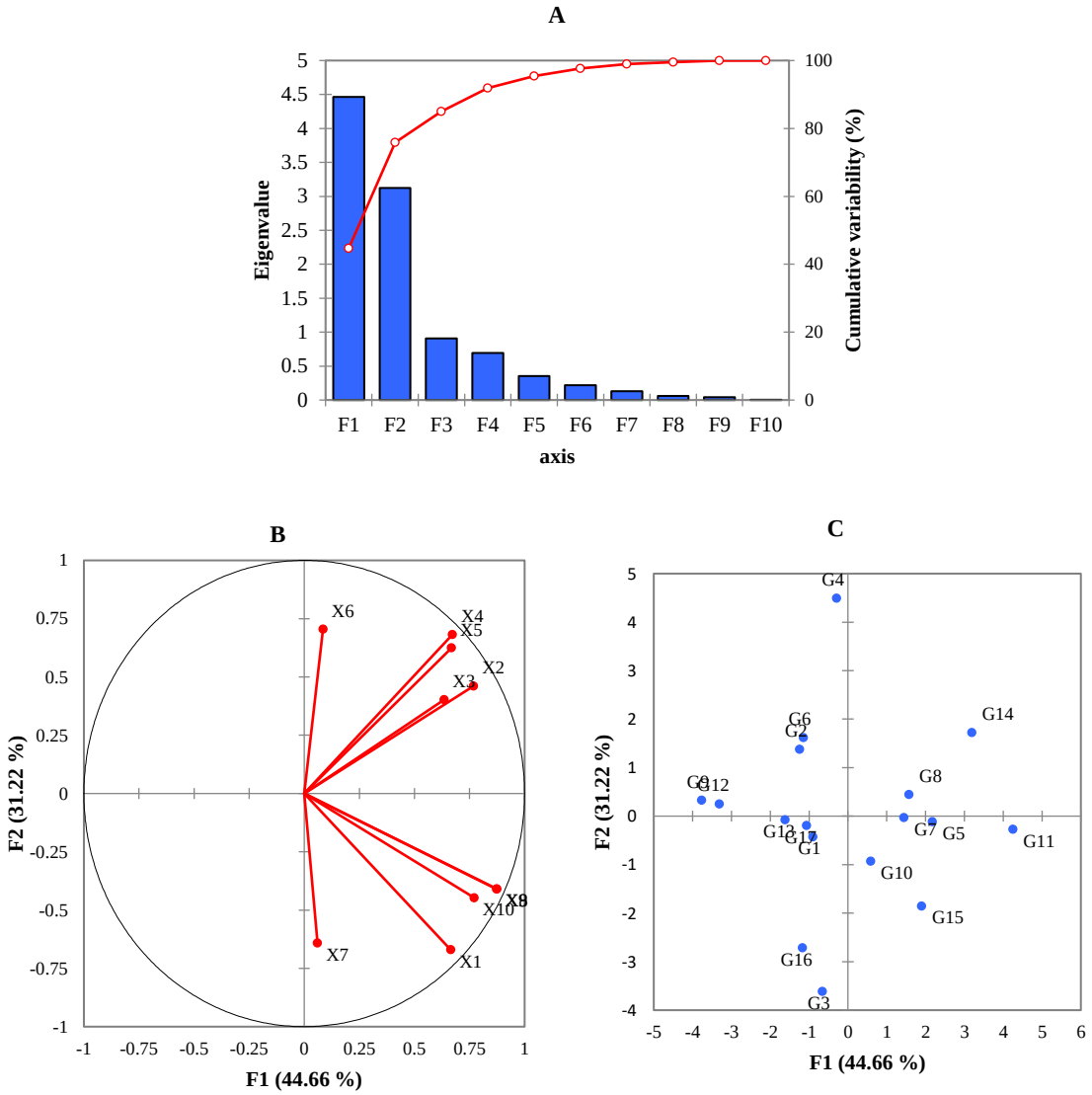
جدول ۷- نتایج مربوط به تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس کلیه صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف کلزا

Table 7. Principal component analysis based on all studied traits in different rapeseed genotypes

صفات Tarits	مؤلفه اول First component	مؤلفه دوم Second component
ارتفاع بوته Plant height	0.66	-0.67
تعداد خورجین بارور Number of fertile pod	0.76	0.46
تعداد دانه در خورجین Number of grains per pod	0.63	0.40
طول خورجین Pod length	0.67	0.68
مساحت خورجین Pod area	0.66	0.62
سرعت رشد بوته Plant growth rate	0.08	0.70
وزن هزاردانه 1000-seed weight	0.06	-0.64
عملکرد دانه Seed yield	0.87	-0.40
درصد روغن دانه Percentage of seed oil	0.77	-0.44
عملکرد روغن Oil yield	0.87	-0.41
مقدار ویژه special amount	4.46	3.12
واریانس نسبی (٪) Relative variance (%)	44.66	31.22
واریانس تجمعی (٪) Cumulative variance (%)	44.66	75.88

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]



شکل ۲- نمودار سنگریزه (A) و نمودار بای‌پلات بر اساس مؤلفه اول و دوم بر مبنای صفات (B) و ژنوتیپ (C) (X1: ارتفاع بوته، X2: تعداد خورجین بارور، X3: تعداد دانه در خورجین، X4: طول خورجین، X5: مساحت خورجین، X6: سرعت رشد بوته، X7: وزن هزار دانه، X8: عملکرد دانه، X9: عملکرد روغن و X10: درصد روغن دانه). G1 تا G2 نشان دهنده کد ژنوتیپ‌ها از ۱ تا ۱۷ می‌باشد.

Figure 2. Scree plot diagram (A), biplot diagram based on the first and second components based on traits (B) and genotypes (C) (X1: plant height, X2: number of fertile pods, X3: number of seeds per pod, X4: pod length, X5: pod area, X6: plant growth rate, X7: 1000-seed weight, X8: grain yield, X9: oil yield and X10: percentage of seed oil).

نتایج حاصل از تجزیه به عوامل اصلی و رسم بای پلات‌ها نیز همخوانی نسبتاً زیادی با گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای داشت. نتایج مربوط به بای‌پلات حاصل از مولفه اول و دوم در شکل ۲ نشان داده شد. بر اساس بای‌پلات حاصل مشخص شد که ژنوتیپ‌های کرج ۸ و کرج ۱۴ با صفات تعداد خورجین بارور، تعداد دانه در خورجین، طول خورجین، مساحت خورجین و سرعت رشد بوته رابطه قوی داشتند. همچنین بر اساس نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد روغن دانه با ژنوتیپ‌های کرج ۵، کرج ۷، کرج ۱۰، کرج ۱۱ و کرج ۱۵ همبستگی قوی داشتند. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که تنوع ژنتیکی گسترده‌ای بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد بررسی وجود دارد که حاکی از ارزشمند بودن این ذخائر و استفاده از پتانسیل ژنتیکی آن‌ها برای دستیابی به ژنوتیپ‌های اصلاح شده در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد این ژنوتیپ‌ها از نظر صفاتی که با آنها همبستگی قوی دارند به‌لحاظ ژنتیکی پتاسیل مطلوبی در این خصوص دارند.

تجزیه همبستگی

در پروژه‌های اصلاح، تحمل به تنش‌های غیرزیستی، وراثت‌پذیری بالا و همبستگی با عملکرد یا تحمل به تنش، جهت انتخاب صفات مطلوب به‌عنوان معیار غیرمستقیم گزینش، بایستی مدنظر قرار گیرد. از این‌رو، در تحقیق حاضر شناخت نحوه ارتباط صفات مختلف با یکدیگر و تأثیر آن‌ها بر عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های کلزا بررسی شد تا دید بهتری از

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]
[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

نحوه ارتباط و تظاهر صفات به‌دست آید. جهت پیرسون در شرایط تنش شوری استفاده شد که نتایج آن در جدول ۸ نشان داده شده است. بر اساس نتایج همبستگی بین صفات، ضرایب همبستگی عملکرد دانه با عملکرد ارزیابی ارتباط بین صفات مورد مطالعه در این پژوهش از ضرایب همبستگی روغن (۰/۹۹)، درصد روغن دانه (۰/۸۷۹)، ارتفاع بوته (۰/۷۹) و تعداد خورجین بارور (۰/۴۴) مثبت و معنی‌دار بود. بنابراین در شرایط شوری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا از طریق تغییر در ارتفاع بوته، تعداد خورجین بارور، درصد روغن دانه و عملکرد روغن کاهش یافت که با نتایج تجلی و همکاران (Tajali *et al.*, 2011)، کابوسی و همکاران (Kabousi *et al.*, 2019)، رامه و همکاران (Rameeh, 2012) و چاکرابورتی و همکاران (Chakraborty *et al.*, 2016) مطابقت داشت. تعداد خورجین در بوته یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه به‌شمار می‌رود، چراکه دانه‌ها را در خود داشته و از طریق انجام فتوسنتز در مراحل ابتدایی پر شدن دانه، در رشد و تکامل گیاه مشارکت می‌کند (Mohtashami *et al.*, 2020). در شرایط تنش شوری با کاهش تعداد خورجین در بوته و افزایش تعداد خورجین فاقد دانه در بوته، عملکرد دانه کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کند (Azimi-Gandomani *et al.*, 2013). نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که تعداد خورجین در بوته بالاترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه داشته است (Khayat, 2016). در تحقیق دیگری، عملکرد دانه ارتباط مثبت و معنی‌داری با صفات تعداد روز تا جوانه‌زنی و رسیدگی، تعداد دانه در خورجین و شاخص برداشت نشان داد (Peydayesh and Mamghani, 2013) که با نتایج این پژوهش تا حدودی مطابقت دارد.

جدول ۸- تجزیه همبستگی صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف کلزا

Table 8. Correlation analysis of studied traits in different rapeseed genotypes

صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ارتفاع بوته (1) Plant height (1)	1									
تعداد خورجین بارور (2) Number of fertile pod (2)	-0.19	1								
تعداد دانه در خورجین (3) Number of grains per pod (3)	0.17^{ns}	0.67^{**}	1							
طول خورجین (4) Pod length (4)	0.01^{ns}	0.69^{**}	0.85^{**}	1						
مساحت خورجین (5) Pod area (5)	0.05^{ns}	0.72^{**}	0.55^{**}	0.89^{**}	1					
سرعت رشد بوته(6) Plant growth rate (6)	-0.42^{*}	0.27	0.25^{ns}	0.40^{*}	0.51^{*}	1				
وزن هزاردانه (7) 1000-seed weight (7)	0.57^{*}	0.44^{*}	0.00^{ns}	-0.36^{ns}	-0.32^{ns}	-0.29^{ns}	1			
عملکرد دانه (8) Seed yield (8)	0.79^{**}	0.24^{ns}	0.31^{ns}	0.29^{ns}	0.32^{ns}	-0.20^{ns}	0.20^{ns}	1		
درصد روغن دانه (9) Percentage of seed oil (9)	0.75^{**}	0.30^{ns}	0.02^{ns}	0.13^{ns}	0.23^{ns}	-0.08^{ns}	0.17^{ns}	0.87^{**}	1	
عملکرد روغن (10) Oil yield (10)	0.78^{**}	0.43*	0.30^{ns}	0.28^{ns}	0.32^{ns}	-0.18^{ns}	0.18^{ns}	0.99^{**}	0.90^{**}	1

^{ns}، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش نشان داد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ کلیه صفات اختلاف آماری معنی‌دار داشتند. با توجه به نتایج مقایسات میانگین ژنوتیپ‌های کرج ۵، ۱۱ و ۱۵ را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه و روغن بالا در اراضی شور معرفی کرد. ژنوتیپ‌های مذکور در تجزیه خوشه‌ای نیز در یک گروه قرار گرفتند. تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها را بر اساس همه صفات اندازه‌گیری شده به چهار گروه مجزا تفکیک کرد. گروه‌های اول دارای سه ژنوتیپ کرج ۱، کرج ۱۳ و کرج ۱۶، گروه چهارم نیز مانند گروه اول سه ژنوتیپ را در خود جای داد که شامل کرج ۵، کرج ۱۱ و کرج ۱۵ بود، و خوشه گروه سوم تعداد پنج ژنوتیپ شامل کرج ۳، کرج ۷، کرج ۸، کرج ۱۰ و کرج ۱۴ قرار گرفتند و سایر ژنوتیپ‌های باقی‌مانده در گروه دوم جای گرفتند. بر اساس تجزیه بای‌پلات حاصل مشخص شد که ژنوتیپ‌های کرج ۸ و کرج۱۴ با صفات تعداد خورجین بارور، تعداد دانه در خورجین، طول خورجین، مساحت خورجین و سرعت رشد بوته رابطه قوی داشتند. همچنین بر اساس نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد روغن دانه با ژنوتیپ‌های کرج ۵، کرج ۷، کرج ۱۰ و کرج ۱۵ همبستگی قوی داشتند. براساس نتایج تجزیه همبستگی، عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، درصد روغن دانه و تعداد خورجین بارور، دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود. همبستگی تعداد دانه در خورجین با صفات طول خورجین، مساحت خورجین و تعداد خورجین، مثبت و معنی‌دار به‌دست آمد. لذا ژنوتیپ‌هایی که خورجین‌های طویل‌تر و تعداد خورجین‌های بیشتری داشتند به افزایش تولید تعداد دانه که یکی از اجزای مهم عملکرد دانه می‌باشد در اراضی شور کمک می‌کنند، بنابراین اندازه و تعداد خورجین‌های بالای هر بوته نشان از عملکرد بالای آن بوته است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنوع معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌های کلزا از نظر صفات مورد ارزیابی وجود دارد که نشان از اهمیت این ذخائر ژنتیکی و امکان استفاده از آن‌ها جهت دستیابی به ژنوتیپ‌های پر محصول سازگار با اراضی شور را دارد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

References

Acosta-Motos, J. R., Ortuño, M. F., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M. J., & Hernandez, J. A. (2017). Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. *Agronomy, 7*(1), 18.

Arzansh, M. H., BENNY, A. N., Ghorbanly, M. L., & Shahbazi, M. (2012). Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth parameters and levels of micronutrient on rapeseed cultivars under salinity stress. *Electronic Journal of Soil Management and Sustainable Production, 2* (2), 153-163 (In Persian).

Asghari, A., & Fallahi, H. (2018). Assesment of Salinity Tolerance in Some Canola Cultivars Using Morphophysiologic Traites and ISSR Markers. *Journal of Crop Breeding, 9*(24), 166-178 (In Persian).

Ashraf, M., & Ali, Q. (2008). Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Environmental and experimental Botany, 63* (1-3), 266-273.

Ashraf, M., & McNeilly, T. (2004). Salinity tolerance in Brassica oilseeds. *Critical Reviews in Plant Sciences, 23*(2), 157-174.

Asilan, K. S. (2019). The effect of foliar application of calcium silicate on salt stress tolerance of two Canola (*Brassica napus* L.) varieties. Journal of Crops Improvement, *21*(4), 353-366 (In Persian).

Azimi Gandomani, M., Dehdari, A., Faraji, H., Movahhedi Dehnavi, M., & Alinaghizadeh, M. (2013). Evaluation of chlorophyll fluorescence and physiological characteristics of spring rapeseed (*Brassica rapa* L.) cultivars under salt stress. *Journal of Plant Productions, 35*(4), 1-16 (In Persian).

Azizi, M., Abdolzadeh, A., Mehrabanjobeni, P., & Sadeghipour, H. (2015). Effects of silicon application to increase salinity tolerance through reduction of oxidative stress in *Festuca arundinacea*. *Journal of Rangeland, 9*(1), 43-54 (In Persian).

Bagheri, F., Pirdashti, H., Nematzadeh, G. A., & Yaghoubian, Y. (2024). screening of some 10th generation of rice (*Oryza sativa* L.) mutant lines using agronomic and biochemical evaluations in saline conditions. *Journal of Crop Breeding, 16*(49), 153-170.

Bybordi, A. (2010). Effects of salinity on yield and component characters in canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Notulae Scientia Biologicae, 2*(1), 81-83.

Chakraborty, K., Sairam, R. K., & Bhaduri, D. (2016). Effects of different levels of soil salinity on yield attributes, accumulation of nitrogen, and micronutrients in *Brassica* spp. *Journal of Plant Nutrition, 39*(7), 1026-1037.

Faraji, A., & Hatamzadeh, A. (2009). Evaluation of seed yield potential and traits in species of Brassica (*B. napus, B. Rapa, B. juncea*) under rain fed conditions in Gonbad area. *Journal of Soil Water and Soil Science, 13*: 47-52

Gharechaei, N., Paknejad, F., Rad, A. H. S., Tohidloo, G., & Jabbari, H. (2019). Change in oil fatty acids composition of winter oilseed rape genotypes under drought stress and different temperature regimes. *Plant, Soil and Environment, 65* (10), 503-507.

Gholizadeh Sarcheshmeh, P., Amiri Oghan, H., Shekari, F., & Gholizadeh, A. (2024). Combining ability and heterosis of spring oilseed rape genotypes under normal irrigation and drought stress conditions. *Journal of Crop Breeding. 16*(49), 74-85 (In Persian).

Gyawali, S., Parkin, I. A., Steppuhn, H., Buchwaldt, M., Adhikari, B., Wood, R., ... & Hegedus, D. D. (2019). Seedling, early vegetative, and adult plant growth of oilseed rapes (*Brassica napus* L.) under saline stress. Canadian Journal of Plant Science, 99, 927–941.

Hoffmann, W. A., & Poorter, H. (2002). Avoiding bias in calculations of relative growth rate. *Annals of Botany, 90(1),* 37-42.

Hosseini, S. J., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Mokhtassi-Bidgoli, A., Keshavarz, H., Kazemi, S., Khalvandi, M., ... & Abassian, A. (2023). Do various levels of salinity change chlorophyll fluorescence, nutrient uptake, and physiological characteristics of Mentha ecotypes? *Industrial Crops and Products, 203*, 117-199.

Jabbari, H., Khosh Kholgh Sima, N. A., & Shirani Rad, A. H. (2017). Changes in the oil fatty acids composition of rapeseed cultivars under drought stress conditions. *Applied Field Crops Research*, 30(3), 66-81 (In Persian).

Kabousi, K., Nodehi, A., and Shamyati, M. (2019). The effects of salinity stress and organic fertilizer on yield, oil and water use efficiency of different cultivars of canola. *Water Engineering, 11*(39), 87-100 (In Persian).

Kazemeini, S. A., Alborzei Hagighi, M. H., & Pirasteh-Anosheh, H. (2016). Evaluating salinity tolerance at different growth stages in rapeseed (*Brassica napus*) cv. *Talaye.* Environmental Stresses in Crop Sciences, *9*(2), 185-193 (In Persian).

Kazemi, S., Rafati Alashti, M. & Hosseini, S.J. (2022). Response of biochemical and physiological properties of camellia (*Camelina sativa* L.) to foliar application of calcium and silicon nanoparticles. *Silicon, 14*, 6817–6828.

Khayat, M. (2016). Analysis main effective traits on grain yield of spring canola genotypes by path 74 software under Khuzestan climate condition. *Iranian Journal of Dynamic Agriculture, 13*(1): 1-10 (In Persian).

Lee, S. C., Lim, M. H., Kim, J. A., Lee, S. I., Kim, J. S., Jin, M., ... & Park, B. S. (2008). Transcriptome analysis in *Brassica rapa* under the abiotic stresses using Brassica 24K oligo microarray. *Molecules and Cells, 26*(6), 595-605.

Ma, N., Hu, C., Wan, L., Hu, Q., Xiong, J., & Zhang, C. (2017). Strigolactones improve plant growth, photosynthesis, and alleviate oxidative stress under salinity in Rapeseed (*Brassica napus* L.) by regulating gene expression. *Frontiers in Plant Science, 8*, 1671.

Mansouri, I., Najafi Zarini, H., Babeian Jelodar, N., & Pakdin, A. (2019). Evaluation of salt tolerance in some Canola (*Brassica napus* L.) genotypes under normal and salt stress conditions. *Journal of Crop Breeding, 11*(30), 23-36 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]

Mohanavelu, A., Naganna, S. R., & Al-Ansari, N. (2021). Irrigation induced salinity and sodicity hazards on soil and groundwater: An overview of its causes, impacts and mitigation strategies. *Agriculture*, *11*(10), 983.

Moharramnejad, S., Bandehagh, A., & Shafiei, Y. (2021). Assessment of superoxide dismutase activity, photosynthetic proteins involved and sodium and potassium contents in Maize Line seedlings under salinity stress. *Journal of Crop Breeding*, *13*(37), 185-196 (In Persian).

Mohtashami, R., Dehnavi, M. M., Balouchi, H., & Faraji, H. (2020). Improving yield, oil content and water productivity of dryland canola by supplementary irrigation and selenium spraying. *Agricultural Water Management*, *232*, 106046.

Moradi, M., Ebrahimi A., and Ghodrati, G.H. (2017). Evolution effect of salt stress, growth, physiological characteristic and seed yield of spring canola cultivars (*Brassica napus* L). *Journal of Plant Production Science*, *6*(2), 1-12 (In Persian).

Pattanagul, W., & Thitisaksakul, M. (2008). Effect of salinity stress on growth and carbohydrate metabolism in three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance. *Indian Journal of Experimental Biology*, *46*, 736-742.

Peydayesh, M., and Mamghani, R. (2013). Correlation and path analysis of yield components with morphological and phenological traits in canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Scientific Journal of Agronomy and Plant Breeding*, *1*, 49-55 (In Persian).

Raboanatahiry, N., Li, H., Yu, L., & Li, M. (2021). Rapeseed (*Brassica napus*): processing, utilization, and genetic Improvement. *Agronomy*, *11*(9), 1776.

Rahnama, A. (2013). Comparison the yield, yield component of canola varieties and relative resistance in south salinity soil of Khouzestan province. *Journal of Applied Crop Research*, *99*, 70-80 (In Persian).

Rameeh, V. (2012). Ions uptake, yield and yield attributes of rapeseed exposed to salinity stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *12*(4), 851-861.

Ranjbar, G., & Pirasteh-Anosheh, H. (2015). A glance to the salinity research in Iran with emphasis on improvement of field crops production. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *17*(2), 165-178 (In Persian).

Rostami Ahmadvandi, H., & Faghihi, A. (2021). Adapted oilseed crops with the ability to grow economically in dryland conditions in Iran. *Agrotechniques in Industrial Crops*, *1*(3), 122-128.

Sabagh, A. E., Hossain, A., Barutçular, C., Islam, M. S., Ratnasekera, D., Kumar, N., ... & da Silva, J. A. T. (2019). Drought and salinity stress management for higher and sustainable canola (*Brassica napus* L.) production: a critical review. *Australian journal of Crop Science*, *13*(1), 88-97.

Santangeli, M., Capo, C., Beninati, S., Pietrini, F., & Forni, C. (2019). Gradual exposure to salinity improves tolerance to salt stress in Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Water*, *11*, 1667.

Shafi, M., Bakht, J., Khan, M. J., Khan, M. A., & Anwar, S. (2010). Effect of salinity on yield and ion accumulation of wheat genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, *42* (6), 4113-4121.

Shahbazi, M., Kiani, A. R., & Raeisi, S. (2011). Determination of salinity tolerance threshold in two rape seed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *13*(1), 18-31 (In Persian).

Shahid, S.A., Zamanand, M., and. Heng, L. (2018). Introduction to soil salinity, sodicity and diagnostics techniques. In: Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Springer, 146.

Shelke, D. B., Nikalje, G. C., Chambhare, M. R., Zaware, B. N., Penna, S., & Nikam, T. D. (2019). Na^+ and Cl^- induce differential physiological, biochemical responses and metabolite modulations in vitro in contrasting salt-tolerant soybean genotypes. 3 *Biotech*, *9*(3), 91.

Tahmasebpour, B., Sabzi Nojadeh, M., & Esmaeilpour, M. (2018). Salt stress tolerance of spring canola (*Brassica napus* L.) cultivars. International Journal of Plant Biology & Research, 6 (4), 1098 (In Persian).

Tajali, T., Bagheri, A. R., & Hosseini, M. (2011). Effect of salinity on yield and yield components of five canola cultivar. *Plant Ecophysiology*, *3*(9), 77-90 (In Persian).

Wei-hua, L. O. N. G., Hui-ming, P. U., Jie-fu, Z. H. A. N. G., Cun-kou, Q. I., & Xue-kun, Z. H. A. N. G. (2013). Screening of *Brassica napus* for salinity tolerance at germination stage. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, *35*(3), 271.

Yang, Y., Zheng, Q., Liu, M., Long, X., Liu, Z., Shen, Q., & Guo, S. (2012). Difference in sodium spatial distribution in shoot two canola cultivars under salinity stress. Plant cell physiology, 53, 1083-1092.

Zhang, X., Lu, G., Long, W., Zou, X., Li, F., & Nishio, T. (2014). Recent progress in drought and salt tolerance studies in *Brassica* crops. *Breeding Science*, *64*, 60–73.

Zhao, S., Zhang, Q., Liu, M., Zhou, H., Ma, C., & Wang, P. (2021). Regulation of plant responses to salt stress. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(9), 4609.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2024-07-27]

[DOI: 10.61186/jcb.16.2.118]