University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

https://doi.org/10.22077/escs.2024.7001.2252

Original article

Analysis of relationships between some traits and grain yield in rapeseed for its indirect improvement under normal irrigation conditions and drought stress at end of the season

P. Gholizadeh Sarcheshmeh[1], J. Saba[2*], H. Amiri Oghan[3], F. Shekari[4], A. Gholizadeh[5]

1.PhD Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
2. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
3. Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
5. Assistant Professor, Agricultural and Horticultural Science Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan Province, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Gorgan, Iran

Received 29November2023; Accepted 20 January 2024

Extended abstract

Introduction

Today, lack of water is one of the most important factors limiting crop growth in arid and semi-arid regions, and the reduction in growth caused by drought stress is far more than other environmental stresses. In order to investigate the relationships between yield and agronomic and phenological traits and to determine the relationships between these traits in spring rapeseed genotypes, seven rapeseed lines were crossed with five testers under two moisture conditions in the 2019-2020.

Materials and methods

The first generations hybrids along with 12 parents were evaluated under normal irrigation conditions and drought stress at the end of the season. Under normal irrigation conditions, irrigation was carried out in the stages of cultivation, rosette, stem growth, flowering, stem formation and grain development. Manual weeding was done to control weeds. In order to apply drought stress at the end of season, irrigation is stopped after flowering. The traits evaluated in this research included days to flowering, days to end of flowering, length of flowering period, days to physiological maturity, plant height, number of pods per plant, length of pods, number of grain per pods, height of the first pods from the ground, 1000 grain weight, grain yield per hectare, oil percentage, number of pods in the sub-branches, number of pods in the main stem, number of sub-branches, diameter of pods, length of the main stem, diameter of the stem at a height of 20 cm.

Results and discussion

The correlation results of traits in normal irrigation conditions showed that grain yield had a positive and significant correlation with the traits of number of pods per plant, number of pods in sub-branches, stem diameter at a height of 20 cm, number of seeds in pod and number of sub-branches. Under drought stress at the end of the season, number of pods per plant, number of seeds per pod and diameter of pod

*Corresponding author:Jalal Saba; E-Mail: saba@znu.ac.ir

© 2025, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

had a positive and significant correlation with grain yield and day to flowering had a negative and significant correlation with grain yield. Based on the results of the stepwise regression analysis in both conditions, the number of pods per plant under normal irrigation conditions and drought stress justified most of the changes in the regression model. Based on the results of path analysis in both experiment conditions, number of pods per plant, thousand grain weight, number of grains per pod and the height of the first pod from the ground have direct positive effects and days to physiological maturity had direct negative effect on grain yield. Also, the length of the main stem under normal irrigation conditions and the number of pods in the sub-branches under drought stress conditions at the end of the season had direct negative effects on grain yield. However, all these negative direct effects were neutralized by positive indirect effects through other traits and caused the correlation coefficients of these traits with grain yield to become insignificant. In principle component analysis, in normal irrigation conditions, the total of 6 independent factors justifed about 75.9% of the changes, the first component including the number of pods in sub-branches, the number of pods per plant and the diameter of the stem at a height of 20 cm. In the conditions of drought stress at the end of the season, a total of 7 independent factors justified about 75.2% of the changes, the first factor consisting of the number of pods in the sub-stem, the number of pods per plant, the number of sub-branches, the diameter of the stem in the height of 20 cm.

Conclusion
In general, in both conditions of normal irrigation and drought stress at the end of the season conditions, the number of pods per plant and the number of grains per pod had a high share of total changes and were the most effective traits on grain yield. Therefore, since these traits are more heritable than grain yield, selection to increase them can be recommended for indirect improvement of grain yield in breeding programs.

Keywords: Coefficient of correlation, Path analysis, Principal components analysis, Rapeseed

نسخه پیش از انتشار

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences

https://doi.org/10.22077/escs.2024.7001.2252

مقاله پژوهشی

تحلیل روابط برخی صفات با عملکرد دانه در کلزا جهت بهبود غیرمستقیم آن تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی انتهای فصل

پروانه قلی زاده سرچشمه[1]، جلال صبا[2]*، حسن امیری اوغان[3]، فریدشکاری[4]، امیر قلی‌زاده[5]

۱. دانشجوی دکتری، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۲. استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۳. دانشیار پژوهش بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴. دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۵. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
تجزیه به مؤلفه‌های اصلی
تجزیه مسیر
کلزا
ضریب همبستگی

تاریخ‌دریافت:
۱۴۰۲/۰۹/۰۸

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۱۰/۳۰

چکیده

به‌منظور بررسی روابط بین عملکرد و صفات فنولوژیک و زراعی و تعیین روابط بین این صفات در ژنوتیپ‌های بهاره کلزا هفت لاین با پنج تستر درسال ۹۸-۱۳۹۷ تلاقی داده شدند. دورگ‌ها به همراه ۱۲ والد درشرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی انتهای فصل ارزیابی شدند. نتایج همبستگی صفات درشرایط نرمال نشان داد عملکرد دانه با صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، قطر ساقه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری، تعداد دانه در خورجین و تعداد شاخه‌های فرعی دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود. در شرایط تنش خشکی انتهای فصل، صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و قطر خورجین، دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و روز تا شروع گلدهی دارای همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد دانه بودند. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه مسیر در هر دو شرایط آزمایش، صفات تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین و ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین دارای اثرات مستقیم مثبت و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک دارای اثرات مستقیم منفی بر روی عملکرد دانه بودند. همچنین، طول ساقه اصلی در شرایط آبیاری نرمال و تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی در شرایط تنش خشکی آخر فصل دارای اثرات مستقیم منفی بر روی عملکرد دانه بودند. با این حال، تمام این اثرات مستقیم منفی توسط اثرات غیر مستقیم مثبت از طریق سایر صفات خنثی شده و غیر معنی‌دار شدن ضرایب همبستگی صفات مزبور با عملکرد دانه را موجب گردید. به‌طور کلی، در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی انتهای فصل، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین سهم بالایی از تغییرات کل را در بر داشته و مؤثرترین صفات بر عملکرد دانه بودند. از این‌رو، با توجه به اینکه این صفات وراثت‌پذیری بیشتری نسبت به عملکرد دانه دارند، گزینش در جهت افزایش آن‌ها می‌تواند برای بهبود غیرمستقیم عملکرد دانه در برنامه‌های به‌نژادی قابل توصیه باشد.

مقدمه

کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی است که با داشتن ویژگی‌هایی از قبیل سازگاری بالا با شرایط آب و هوایی متنوع، دارا بودن ژنوتیپ‌های بهاره و پاییزه، کنترل علف‌های هرز، ارزش تناوبی بالا، عملکرد روغن بالا و تأمین کنجاله و سوخت‌های زیستی از اهمیت بالایی برخوردار است (Alizadeh et al., 2019). کلزا مقام سوم را بعد از سویا و نخل روغنی ازلحاظ تأمین روغن خوراکی انسان دارد (Chen et al., 2008). کیفیت روغن کلزا به ترکیبات مهم آن مانند اسید اولئیک، اسید اروسیک و گلوکوزینولات بستگی دارد. مقدار زیاد پروتئین و اسید اولئیک، غلظت کم اسید اروسیک

* نگارنده پاسخگو:جلال صبا. پست الکترونیک: saba@znu.ac.ir

و گلوکوزینولات برای سلامتی مفید است (Ahmad et al., 2012). در مقایسه با روغن آفتابگردان، روغن کلزا به‌مراتب مقاومت بیشتری به حرارت دارد. اظهار شده است که روغن آفتابگردان با وجود داشتن مقادیر کم اسید لینولنیک نسبت به روغن کلزا مقاومت کمتری در مقابل حرارت دارد که علت آن به مقادیر بالای اسید لینولئیک در آفتابگردان و مقادیر بالای اسید اولئیک در کلزا مربوط است (Mohammadi et al., 2007). با توجه به اهمیت گیاه کلزا، تحقیقات به‌نژادی و به‌زراعی آن از اهمیت زیادی برخوردار بوده است.

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محیطی محدودکننده رشد و نمو گیاهان در کل دنیا است به‌طوری‌که کاهش رشد در اثر تنش خشکی بیشتر از سایر تنش‌های محیطی گزارش شده است (Blum, 2010). کلزا، اصولاً به هنگام جوانه‌زنی و در مراحل رشد خورجین‌ها حساس به خشکی است (Azizi et al., 2006). مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه در کلزا شامل تعداد بوته در واحد سطح، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه می‌باشند (Dehghani et al., 2008). در برخی برنامه‌های به‌نژادی، انتخاب بر اساس صفات مورفولوژیکی انجام می‌شود که ممکن است بین آن‌ها همبستگی مثبت و منفی وجود داشته باشد. در مقابل، برخی از محققان پیشنهاد کرده‌اند که از تحلیل‌های آماری برای این منظور استفاده شود. در این خصوص، استفاده از همبستگی میان صفات متداول است (Acquaah et al., 1992). هنگامی‌که ارزیابی روی یک صفت انجام می‌شود، دانستن تأثیر آن بر سایر صفات بسیار مهم است. همچنین با دانستن اینکه آیا بین صفات مهم همبستگی وجود دارد، تفسیر نتایج قبلی آسان‌تر می‌شود و زمینه برای برنامه‌های آتی مؤثر فراهم می‌شود (Qulipor et al., 2004).

استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیلی که بدون از بین بردن حجم زیادی از اطلاعات مفید، تعداد صفات مؤثر در عملکرد را کاهش دهند، برای پژوهشگران مفید می‌باشند (Hamza et al., 2004). اگرچه در تعیین میزان و تبیین روابط بین صفات از ضرایب همبستگی زیاد استفاده می‌شود، ولی گاهی ممکن است این ضرایب گمراه کننده باشند، چراکه همبستگی بالای بین دو صفت ممکن است نتیجه اثرات غیرمستقیم صفات دیگر باشد و استفاده از تجزیه همبستگی به‌طورکلی قادر نخواهد بود روابط بین صفات را توضیح دهد. در این نوع مطالعات انتخاب بر اساس همبستگی، به‌تنهایی نمی‌تواند نتایج کاملاً مطلوبی داشته باشد. لذا ضروری است که اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مؤثر بر عملکرد دانه تعیین گردند (Darroch and Baker, 1995). در این راستا، روش تجزیه مسیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Duarte and Adams, 1972). تجزیه مسیریک روش آماری است که به توضیح اثرات مستقیم و غیرمستقیم کمک می‌کند و به‌طور گسترده در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده محققان در گونه‌های مختلف گیاهی قرار می‌گیرد (Aguado et al., 2010). از دیگر روش‌های آماری جهت کاهش حجم داده‌ها، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی است. هدف از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یافتن ترکیباتی از p متغیر جهت ایجاد شاخص‌های مستقل است. یک ویژگی مفید بین این شاخص‌ها عدم همبستگی است، به این معنی که شاخص‌ها جنبه‌های متفاوتی از داده‌ها را اندازه‌گیری می‌نمایند (Manly and Navarro Alberto, 2016).

برای بررسی همبستگی و کشف روابط صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و فیزیولوژیک و تعیین مهم‌ترین اجزای دخیل در توجیه تنوع عملکرد دانه در ارقام مختلف کلزا، آزمایشی در شرایط نرمال و تنش رطوبتی انجام گرفت. نتایج نشان داد که در شرایط نرمال، عملکرد دانه با صفات تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در ساقه اصلی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت، درحالی که در شرایط تنش خشکی، همبستگی معنی‌داری بین عملکرد با تعداد خورجین در گیاه مشاهده نشد (Majidi et al., 2016). با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره در بررسی رابطه عملکرد دانه و صفات وابسته در ژنوتیپ‌های کلزای بهاره مشخص گردید که افزایش عملکرد دانه عمدتاً در اثر افزایش وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین و کاهش مدت‌زمان خاتمه گلدهی و ارتفاع بوته است (Moradi et al., 2017). آزمایش دیگری روی کلزا در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی نشان داد که عملکرد دانه رابطه بسیار معنی‌داری با اجزای عملکرد داشت. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و صفات تعداد دانه در خورجین اصلی، تعداد دانه در خورجین فرعی و تعداد دانه در بوته در هر دو شرایط مشاهده گردید (Malekshahi et al., 2012).

در آزمایشی که توسط امیری اوغان و همکاران (Amiri Oghan et al., 2011) بر روی عملکرد و صفات وابسته به آن در ارقام زمستانه کلزا با استفاده از تجزیه لاین×تستر انجام گرفت، تفاوت ژنوتیپ‌ها برای همه صفات معنی‌دار بود و محاسبه ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات حاکی از

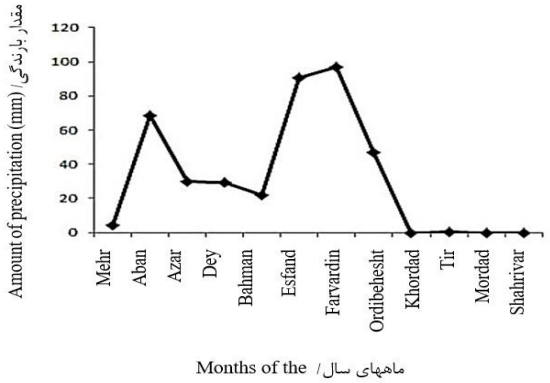
نسخه پیش از انتشار

وجود رابطه مثبت و معنی‌دار تعداد خورجین در بوته و طول خورجین با عملکرد دانه در هر دو شرایط آزمایش بود. نتایج حاصل از همبستگی بین عملکرد دانه و برخی صفات مهم زراعی کلزای بهاره نشان داد که عملکرد دانه بیشترین همبستگی مثبت را با وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین داشت. در آزمایشی دیگر، همبستگی عملکرد دانه با روز تا رسیدگی، روز تا گلدهی، ارتفاع بوته و درصد روغن منفی و معنی‌دار بود. نتایج تجزیه مسیر نشان داد که صفات تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه دارا بودند (Moradi and Ghodrati, 2010). به دلیل اهمیت کلزا به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی و نیز اهمیت منابع آبی کشور، پژوهش حاضر با هدف بررسی روابط بین عملکرد دانه و صفات مورفولوژیکی و زراعی در کلزا و شناسایی صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی انتهای فصل به‌منظور به‌کارگیری در اصلاح ارقام با عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و صفر دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و با ارتفاع ۱۳۲۳ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. بر اساس آمار آب و هوایی و منحنی آمبروتیک، این منطقه با داشتن ۱۸۰-۱۵۰ روز خشک جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزء رژیم رطوبتی خشک محسوب می‌شود. حداکثر دمای سالیانه به‌طور متوسط ۲۸ درجه سانتی‌گراد (بیشتر در تیرماه) و حداقل دمای سالیانه به‌طور متوسط یک درجه سانتی‌گراد (بیشتر در دی‌ماه) است. متوسط بارندگی، دمای منطقه و خاک بر اساس آمار ۳۵ ساله به ترتیب ۲۴۲ میلی‌متر، ۱۳/۵ و ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد است. مقدار بارندگی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در شکل ۱ نشان داد شده است.

همزمان با آماده‌سازی بستر بذر، بر اساس آزمون خاک (جدول ۱)، مقدار فسفر و پتاسیم مورد نیاز به ترتیب از منابع کودی سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در پاییز به زمین داده شد. به‌وسیله دیسک سبک، کود و علف‌کش ترفلان در سطح مزرعه با خاک مخلوط شد. اوره نیز به‌صورت سرک در سه مرحله ۲ تا ۴ برگی، ساقه رفتن و شروع گلدهی به ترتیب به میزان ۱۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد.



شکل ۱. اطلاعات بارندگی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸

Fig. 1. Rainfall information of crop year 2019-2020

در پاییز سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ هفت لاین به همراه پنج تستر (جدول ۲) به‌صورت آرایش لاین×تستر در بلوک‌های تلاقی کشت شده و در فروردین سال ۱۳۹۸ تلاقی‌های مورد نظر بین آن‌ها انجام گرفت.

در پاییز سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸، دورگ‌های نسل اول به همراه ۱۲ والد (در مجموع ۴۷ ژنوتیپ) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج کشت شدند. هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط چهار متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر بود. در آزمایش با آبیاری نرمال، آبیاری در شش مرحله کشت، قبل از روزت، ساقه رفتن، شروع گلدهی، تشکیل خورجین و توسعه دانه انجام گردید. در هر مرحله آبیاری (به‌صورت جوی و پشته) معادل حدود ۶۴۰ (در کل ۳۸۴۰) مترمکعب در هر هکتار آب استفاده شد. در آزمایش تنش انتهای فصل آبیاری در چهار مرحله اول انجام و بعد از گلدهی قطع شد؛ یعنی تعداد دفعات آبیاری چهار بار و مقدار کل آب مصرفی حدوداً معادل ۲۵۶۰ مترمکعب در هکتار بود.

صفات مورد مطالعه شامل روز تا شروع گلدهی، روز تا خاتمه گلدهی، طول دوره گلدهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع گیاه، تعداد خورجین در ساقه اصلی، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، تعداد خورجین در بوته، طول خورجین (میانگین ۱۵ خورجین با خط‌کش)، قطر خورجین (میانگین ۱۵ خورجین با کولیس) قطر ساقه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری (میانگین ۱۵ خورجین با کولیس)، تعداد دانه در

نسخه پیش از انتشار

خورجین (میانگین ۱۵ خورجین)، ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد روغن ارزیابی شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از جمله برآورد ضرایب همبستگی و رگرسیون گام‌به‌گام از نرم‌افزار SPSS ver.15 و برای تجزیه مسیر از نرم‌افزار Path2 استفاده شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش در کرج (۹۹-۱۳۹۸)

Table1. Physical and chemical properties of the soil of the experimental field in Karaj (2019-2020)

Specifications	مشخصات	واحد Unit	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Sampling depth (cm) 30-60	0-30
Electrical conductivity	هدایت الکتریکی	dS m^{-1}	1.19	1.39
pH			7.1	7.3
Neutralizing substances	مواد خنثی شونده	%	8.38	8.19
Saturated soil moisture	رطوبت گل اشباع	%	38	36
Organic carbon	کربن آلی	%	0.97	0.87
Total nitrogen	نیتروژن کل	%	0.04	0.09
Absorbable phosphorus	فسفر قابل‌جذب	mg kg^{-1}	15.6	14.7
Absorbable potassium	پتاسیم قابل‌جذب	mg kg^{-1}	139	171
Clay	رس	%	26	31
Silt	سیلت	%	45	44
Sand	شن	%	29	25
Soil texture	بافت خاک		رسی لومی loamy clay	رسی لومی loamy clay

جدول ۲. مشخصات لاین‌ها و تسترهای کلزا مورد ارزیابی

Table 2. Characteristics of the lines of evaluated oilseed rape lines and testers

شماره No.	نام تستر / لاین Name of Tester/Line	تستر / لاین Tester/Line	کد Code	تیپ رشد Growth Type	منشأ Origin
1	SRL-96-7	Line/ لاین	L1	Spring/ بهاره	Iran/ ایران
2	SRL-96-8	Line/ لاین	L2	Spring/ بهاره	Iran/ ایران
3	SRL-96-10	Line/ لاین	L3	Spring/ بهاره	Iran/ ایران
4	SRL-96-21	Line/ لاین	L4	Spring/ بهاره	Iran/ ایران
5	SRL-96-22	Line/ لاین	L5	Spring/ بهاره	Iran/ ایران
6	SRL-96-12	Line/ لاین	L6	Spring/ بهاره	Iran/ ایران
7	SRL-96-23	Line/ لاین	L7	Spring/ بهاره	Iran/ ایران
8	RGS003	Tester/ تستر	T1	Spring/ بهاره	Germany/ آلمان
9	Dalgan	Tester/ تستر	T2	Spring/ بهاره	Iran/ ایران
10	Roshana	Tester/ تستر	T3	Spring/ بهاره	Iran/ ایران
11	Longpod	Tester/ تستر	T4	Spring/ بهاره	Iran/ ایران
12	Saffar	Tester/ تستر	T5	Spring/ بهاره	Iran/ ایران

نتایج و بحث

ضرایب همبستگی

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها برای آزمایش آبیاری نرمال و تنش خشکی انجام گرفت. در این تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای اغلب صفات مورد ارزیابی معنی‌دار شد. نتایج تجزیه واریانس ساده نیز برای هر محیط به‌طور جداگانه انجام شد و در این تجزیه‌ها اثر ژنوتیپ برای همه صفات معنی‌دار بود که نشان‌دهنده تنوع کافی بین ژنوتیپ‌ها بود.

نسخه پیش از انتشار

ضرایب همبستگی صفات در جدول ۳ ارائه شده است. چنانچه ملاحظه می‌شود، در شرایط آبیاری نرمال عملکرد دانه با صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، قطر ساقه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری، تعداد دانه در خورجین و تعداد شاخه‌های فرعی همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. تعداد خورجین در بوته را می‌توان یکی از مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد به‌حساب آورد، زیرا خورجین‌ها حاوی دانه‌ها بوده و در مراحل اولیه پر شدن دانه از طریق انجام فتوسنتز در رشد و تکامل دانه‌ها مشارکت می‌کنند. صفت تعداد دانه در خورجین صفت مهم دیگری است که همبستگی بالایی با عملکرد دانه داشت. تعداد دانه در خورجین یکی از صفات مهم و تأثیرگذار در عملکرد دانه کلزا بوده و افزایش آن باعث افزایش چشمگیری در عملکرد دانه خواهد بود.

در شرایط تنش خشکی انتهای فصل عملکرد دانه با صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و قطر خورجین همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت روز تا شروع گلدهی همبستگی منفی و معنی‌دار داشتند. ارشدی و همکاران (Arshadi et al., 2018) نیز در آزمایشی نشان دادند که صفت تعداد دانه در خورجین با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. در مطالعه‌ای توسط فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2018) نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین گزارش شده است. نتایج آزمایش بیات و همکاران (Bayat et al., 2008) بر روی کلزا از لحاظ تعداد شاخه‌های فرعی و روز تا شروع گلدهی با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. همچنین نتایج آزمایش ضابط و همکاران (Zabet et al., 2016) از لحاظ همبستگی تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی و تعداد خورجین در بوته با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. در آزمایش بخشی و همکاران (Bakhshi et al., 2021) نیز تعداد خورجین در بوته و تعداد شاخه‌های فرعی همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه نشان داد.

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری نرمال (بالای قطر) و در تنش خشکی انتهای فصل (پایین قطر)

Table 3. Correlation coefficients between investigated traits in genotypes in normal irrigation (above the main diagonal) and in drought stress at the end of the season (below the main diagonal) conditions.

صفات Traits	MD	PH	NPP	PL	NSP	FPH	TGW	Oil	FD
MD		0.217	0.247	0.273	-0.001	0.042	-0.341*	0.045	0.468**
PH	-0.030		0.279	0.207	0.156	0.429**	0.011	-0.039	-0.006
NPP	0.223	-0.015		0.029	0.263	-0.168	-0.197	0.000	-0.141
PL	0.012	0.031	0.045		0.462**	0.307*	0.093	0.176	0.501**
NSP	-0.209	0.067	-0.242	0.152		-0.001	-0.129	-0.053	0.071
FPH	-0.138	0.419**	-0.436	0.130	0.311*		-0.053	0.076	-0.071
TGW	-0.036	0.005	-0.158	0.111	0.115	-0.034		0.103	0.021
Oil	-0.051	0.054	-0.085	0.113	-0.001	0.111	0.093		-0.059
FD	0.471**	0.121	0.129	0.174	-0.239	-0.069	-0.153	-0.123	
EFD	0.544**	0.125	0.152	0.106	-0.110	-0.201	-0.240	-0.252	0.437**
FP	0.012	-0.087	0.110	-0.083	0.062	-0.193	0.029	-0.121	-0.629**
NPB	0.171	-0.073	0.864**	-0.008	-0.184	-0.368*	-0.256	0.004	0.168
NPM	0.057	0.394**	-0.044	0.146	-0.040	0.129	0.165	0.090	0.062
NB	0.188	-0.091	0.574**	0.155	-0.249	-0.301*	-0.229	-0.102	0.210
PD	0.110	-0.091	0.044	0.102	0.162	0.173	0.260	0.040	-0.052
MH	-0.057	0.483**	-0.067	-0.031	0.030	0.181	0.124	0.006	0.045
SD	0.201	0.042	0.505**	-0.030	-0.156	-0.268	-0.104	-0.032	0.213
GY	-0.246	0.192	0.439**	0.263	0.313*	0.135	0.263	0.124	-0.320*

نسخه پیش از انتشار

Table 3. Continued **جدول ۳.ادامه**

Traits صفات	EFD	FP	NPB	NPM	NB	PD	MH	SD	GY
MD	0.609**	0.086	0.283	0.257	-0.064	0.171	0.064	0.161	-0.133
PH	0.088	0.039	0.198	0.629**	0.024	0.095	0.621**	0.364**	0.195
NPP	0.263	0.364*	0.924**	0.327*	0.294	0.108	0.095	0.616**	0.677**
PL	0.420**	-0.103	0.071	0.101	0.122	0.443**	0.078	0.130	0.158
NSP	0.238	0.185	0.206	0.146	0.084	0.125	0.085	0.195	0.432**
FPH	-0.141	-0.067	-0.203	0.197	-0.129	-0.020	0.291	-0.143	0.059
TGW	-0.432**	-0.438**	-0.245	0.026	0.070	-0.024	0.276	-0.117	0.168
Oil	-0.097	0.012	0.063	0.020	0.136	-0.018	0.093	-0.004	0.107
FD	0.544**	-0.551**	-0.092	0.101	-0.022	0.450**	-0.002	-0.004	-0.268
EFD		0.369	0.308*	0.155	-0.078	0.473**	-0.052	0.109	-0.111
FP	0.314*		0.346*	0.011	-0.086	-0.085	-0.071	0.108	0.174
NPB	0.072	-0.008		0.231	0.269	0.213	0.019	0.650	0.572**
NPM	0.062	-0.081	-0.136		-0.101	-0.054	0.830**	0.194	0.140
NB	0.288*	0.058	0.600**	0.005		0.195	-0.165	0.465**	0.424**
PD	-0.045	-0.010	-0.055	-0.064	-0.167		-0.143	0.197	0.019
MH	0.005	-0.122	-0.135	0.780**	-0.169	0.101		0.016	0.035
SD	0.297*	0.045	0.482**	0.226	0.589**	-0.049	0.105		0.465**
GY	-0.220	0.196	0.259	0.070	0.180	0.300*	0.062	0.040	

FD: روز تا شروع گلدهی، EFD: روز تا خاتمه گلدهی،FP: طول دوره گلدهی،MD: روز تا رسیدگی فیزیولوژیک،PH: ارتفاع بوته، NPP: تعداد خورجین در بوته،PL: طول خورجین،NSP: تعداد دانه در خورجین، FPH: ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین، TGW: وزن هزار دانه، Oil: درصد روغن، NPB: تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، NPM: تعداد خورجین در ساقه اصلی، NB: تعداد شاخه‌های فرعی، PD: قطر خورجین،MH: طول ساقه اصلی، SD: قطر ساقه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و GY: عملکرد دانه در هکتار.

* و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

FD; Days to beginning of flowering, EFD; Days to end of flowering, FP; Flowering period, MD; Days to physiological maturity, PH; Plant height, NPP; Number of pods per plant, PL; Length of pods, NSP; Number of grain/pods, FPH; Height of first pod above the ground, TGW; 1000-grain weight, Oil; Oil percent, NPB; Number of Pod/sub branch, NPM; Number of pod/main stem, NB; Number of sub branches/plant, PD; Diameter of pod, MH; Length of main stem, SD; Stem diameter at a height of 20 cm, GY; grain yield.

*, ** and: Significant at 5 and 1% probability levels respectively

در شرایط آبیاری نرمال، صفت وزن هزار دانه با صفت طول دوره گلدهی، تعداد روز تا پایان گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک دارای همبستگی منفی و معنی‌دار بودند. همچنین صفت تعداد دانه در خورجین با صفت طول خورجین همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). مندهام و سالیسبری (Mendham and Salisbury, 1995) گزارش کردند لاین‌هایی که دارای خورجین کشیده هستند، عموماً تعداد تخمک بیشتری در هر خورجین تولید می‌کنند، ولی حتی در شرایطی که تعداد کمتری تخمک تولید شود، بقای بذر در آن‌ها بیشتر و در نتیجه تعداد دانه در هر خورجین افزایش می‌یابد. در شرایطی که پتانسیل عملکرد بالا است این صفت ممکن است یک مزیت به شمار آید. چای و تورلینگ (Chay and Thurling, 1989) مشخص کردند که ارقام دارای طول خورجین بلند به ازای هر واحد طول خورجین، تعداد بیشتری دانه تولید می‌کنند زیرا توزیع مواد پرورده در این ارقام به‌صورت کارآمدتری انجام می‌گیرد.

البته قبل از اینکه بتوان از این صفت در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد، لازم است شواهد روشن‌تری در تأیید ارزش این صفت به‌دست آورد. رابطه بین تعداد دانه در خورجین و طول خورجین برای اهداف اصلاحی از اهمیت خاصی برخوردار است چون طول خورجین به‌سادگی ارزیابی می‌شود و می‌تواند به‌عنوان یک شاخص برای انتخاب عملکرد دانه مورد استفاده قرار گیرد. در شرایط تنش خشکی انتهای فصل صفت تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی با قطر ساقه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. همچنین در شرایط تنش خشکی انتهای فصل صفت

تعداد دانه در خورجین همبستگی مثبت و معنی‌داری را با صفت ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین داشت.

تجزیه رگرسیون

به‌منظور بررسی بیشتر عوامل مؤثر در افزایش عملکرد ژنوتیپ‌های موردبررسی، رگرسیون گام‌به‌گام صفت عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل در دو شرایط رطوبتی انجام گرفت (جداول ۴ و ۵). بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی انتهای فصل صفت تعداد خورجین در بوته اولین صفتی بود که وارد مدل رگرسیونی شد. این نتایج با نتایج بخشی و همکاران (Bakhshi et al., 2022) مطابقت دارد.

جدول ۴. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد دانه با سایر صفات در شرایط آبیاری نرمال

Table 4. Results of stepwise regression of grain yield with other traits under normal irrigation conditions

مدل Model	ضرایب استاندارد نشده Unstandardized Coefficients: ضریب B	خطای استاندارد Std. Error	ضرایب رگرسیون استانداردشده Standardized Coefficients (Beta)	ضریب تبیین تصحیح شده Adj. R^2
عرض از مبدأ Constant	1717.791	2199.291		
تعداد خورجین در بوته Number of pods/plant	4.775**	0.514	0.796	0.728
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	-19.112*	8.197	-0.198	
تعداد دانه درخورجین Number of grain/pods	49.020**	13.596	0.292	
وزن هزار دانه 1000-grain weight	511.139**	121.602	0.377	
ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین Height the first pod above the ground	17.611**	5.055	0.292	
طول ساقه اصلی Length of main stem	-15.108**	5.482	-0.242	

* و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

*,** and: Significant at 5 and 1% probability levels respectively

جدول ۵. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد دانه با سایر صفات در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

Table 5. Results of stepwise regression of grain yield with other traits under drought stressat the end of the season conditions

مدل Model	ضرایب استاندارد نشده Unstandardized Coefficients: ضریب B	خطای استاندارد Std. Error	ضرایب رگرسیوناستانداردشده Standardized Coefficients (Beta)	ضریبتبیین تصحیح‌شده Adj. R^2
عرض از مبدأ Constant	3045.497	1730.287		
تعداد خورجین در بوته Number of pods/plant	5.988**	0.972	1.130	0.646
تعداد دانه درخورجین Number of grain/pods	43.854**	13.710	0.304	
وزن هزار دانه 1000-grain weight	295.149**	89.806	0.305	
ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین Height the first pod above the ground	16.110**	4.612	0.354	
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	-23.333**	6.960	-0.306	
تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی Number of Pod/sub branch	-2.033*	0.914	-0.401	

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و۰/۰۱

*, ** and: Significant at 5 and 1% probability levels respectively

نسخه پیش از انتشار

روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین و طول ساقه اصلی صفات بعدی بودند که در شرایط نرمال وارد معادله رگرسیونی شدند و به همراه تعداد خورجین در بوته ۷۶/۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه کردند. تعداد دانه در خورجین یکی از صفات تعیین‌کننده عملکرد محسوب می‌شود. هر چه تعداد دانه در خورجین بیشتر باشد، مخزن بزرگ‌تری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌شود که منجر به افزایش عملکرد می‌شود. مندهام و همکاران (Mendham et al., 1984) اظهار داشتند که افزایش تعداد دانه در خورجین یک عامل کلیدی در افزایش عملکرد دانه است. در پژوهش روستاباغی و همکاران (Roostabaghi et al., 2013) نیز وزن هزار دانه به‌عنوان صفت مؤثر بر عملکرد دانه معرفی شد. نتایج پژوهش حاضر از لحاظ صفات تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با نتایج سلطانی حویزه و همکاران (Soltani Howyzeh et al., 2018) و شادان و همکاران (Shadan et al., 2022) مطابقت داشت.

در شرایط تنش خشکی انتهای فصل هم تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین و تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی صفاتی بودند که بعد از تعداد خورجین در بوته وارد مدل رگرسیونی شدند و در کل ۶۹/۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند.

دلیل منفی بودن ضریب رگرسیون صفت تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی این است که چون گیاه با تنش خشکی مواجه شده است نتوانسته است زمان و شرایط کافی را برای دانه‌بندی کامل خورجین‌های شاخه‌های فرعی را در اختیار داشته باشد. لذا بوته‌های با تعداد خورجین زیاد در شاخه‌های فرعی با کاهش تعداد دانه در خورجین و یا کاهش وزن دانه مواجه شده‌اند که باعث کاهش عملکرد شده است. مندهام و سالیسبری (Mendham and Salisbury, 1995) نشان دادند آبیاری تکمیلی کلزا، تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین را از طریق طولانی کردن دوره گلدهی افزایش می‌دهد. به عقیده آن‌ها علت این امر، وجود سطح برگ بیشتر در دوره گلدهی است.

تجزیه مسیر

نتایج حاصل از تجزیه مسیر در جداول ۶ و ۷ ارائه شده است. در این تجزیه، عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در برابر صفات دیگر که در رگرسیون وارد شده بود به‌عنوان متغیرهای مستقل قرار داده شدند تا اثرات مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها تعیین گردد. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه مسیر، صفات تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین و ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین دارای اثرات مستقیم و مثبت قابل ملاحظه‌ای بر روی عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال بودند. ولی صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول ساقه اصلی (از محل انشعاب آخرین شاخه فرعی تا انتها) اثرات مستقیم و منفی بر روی عملکرد دانه در این شرایط داشتند. این امکان وجود دارد که در شرایط آبیاری نرمال به جهت اینکه شرایط محیط بهینه بوده است، گیاه رشد خوبی در تمام جوانب داشته و از جمله طول ساقه اصلی نیز زیاد شده است که این امر باعث سنگین‌تر شدن بوته و ورس آن و در نتیجه ریزش دانه شده و این امر اثر منفی بر عملکرد دانه گذاشته است. هرچند این اثر مستقیم منفی با اثرات غیرمستقیم از طریق صفات دیگر خنثی‌شده و ضریب همبستگی این صفت با عملکرد دانه را غیرمعنی‌دار نموده است.

در شرایط تنش خشکی انتهای فصل صفات تعداد خورجین در بوته، ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه دارای اثر مستقیم و مثبت و صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی دارای اثر مستقیم و منفی بر روی عملکرد دانه بودند. در هر دو شرایط، اثرات مستقیم منفی توسط اثرات غیرمستقیم مثبت از طریق سایر صفات خنثی‌شده و غیرمعنی‌دار شدن ضرایب همبستگی صفات مزبور با عملکرد دانه را موجب گردید. در کل، نتایج تجزیه مسیر حاکی از این است که در هر دو شرایط آبیاری و تنش خشکی انتهای فصل، صفت تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین با دارا بودن ضریب همبستگی و نیز اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه بهترین صفات برای گزینش جهت بهبود غیرمستقیم عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های کلزا می‌باشند. در تحقیقات سایر محققین هم تعداد خورجین در بوته به‌عنوان یکی از اجزاء مهم و کلیدی تعیین‌کننده عملکرد در کلزا شناخته شده است. این صفت به عواملی از قبیل واریته، خاک مناسب و شرایط محیطی بستگی دارد (Sana et al., 2003). در

جدول ۶. اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مؤثر بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری نرمال

Table 6. Direct and indirect effects of effective traits on grain yield of genotypes in normal conditions

صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	NPP	MD	NSP	TGW	FPH	MH	همبستگی با عملکرد دانه Correlation with grain yield
تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant	0.796	-	-0.049	0.077	-0.074	-0.049	-0.023	0.678**
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	-0.198	0.196	-	0.000	-0.129	0.012	-0.015	-0.134
تعداد دانه درخورجین Number of grain/pods	0.292	0.209	0.000	-	-0.049	0.000	-0.021	0.431**
وزن هزار دانه 1000-grain weight	0.377	-0.157	0.068	-0.038	-	-0.015	-0.067	0.168
ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین Height the first pod above the ground	0.292	-0.134	-0.008	0.000	-0.020	-	-0.070	0.059
طول ساقه اصلی Length of main stem	-0.242	0.076	-0.013	0.025	0.104	0.085	-	0.035
اثر باقی‌مانده residual	0.272							

NPP؛ تعداد خورجین در بوته، MD؛ روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، NSP؛ تعداد دانه درخورجین، TGW؛ وزن هزار دانه، FPH؛ ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین، MH؛ طول ساقه اصلی

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و۰/۰۱

NPP; Number of pods per plant, MD; Days to physiological maturity, NSP; Number of grains/pods, TGW; 1000-grain weight, FPH; Height the first pod above the ground, MH; Length of main stem

*, ** and: Significant at 5 and 1% probability levels respectively

جدول ۷. اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مؤثر بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

Table 7. Direct and indirect effects of effective traits on grain yield of genotypes under drought stressat the end of the season conditions

صفات Traits	اثرمستقیم Direct effect	NPP	NSP	TGW	FPH	MD	NPB	همبستگی با عملکرد دانه Correlation with grain yield
تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant	1.130	-	-0.074	-0.048	-0.154	-0.068	-0.346	0.439**
تعداد دانه درخورجین Number of grain/pods	0.304	-0.273	-	0.035	0.110	0.064	0.074	0.314*
وزن هزار دانه 1000-grain weight	0.305	-0.179	0.035	-	-0.012	0.011	0.103	0.263
ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین Height the first pod above the ground	0.354	-0.493	0.095	-0.010	-	0.042	0.148	0.136
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	-0.306	0.252	-0.065	-0.011	-0.049	-	-0.069	-0.248
تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی Number of Pod/sub branch	-0.401	0.976	-0.056	-0.078	-0.130	-0.052	-	0.259
اثر باقی‌مانده residual	0.354							

NPP؛ تعداد خورجین در بوته، NSP؛ تعداد دانه درخورجین، TGW؛ وزن هزار دانه، FPH؛ ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین، MD؛ روز تا رسیدگی فیزیولوژیک،NPB؛ تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و۰/۰۱

NPP;Number of pods per plant, NSP;Number of grain/pods, TGW;1000-grain weight, FPH;Height the first pod above the ground, MD;Days to physiological maturity, NPB; Number of Pod/sub branch

*, ** and: Significant at 5 and 1% probability levels respectively

نسخه پیش از انتشار

پژوهش رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 201) در کلزا اظهار شد که صفت تعداد خورجین در بوته بیشترین اثر مستقیم را نسبت به سایر صفات بر روی عملکرد دانه دارد. سلطانی حویزه و همکاران (Soltani Howyzeh et al., 2018) نیز گزارش کردند که صفات تعداد دانه در خورجین در کلزا بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشته‌اند. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2017) اعلام کردند که صفت وزن هزار دانه بیشترین اثرات مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه دارند. در شرایط آبیاری نرمال صفت تعداد دانه در خورجین بیشترین اثر غیرمستقیم از طریق صفت تعداد خورجین در بوته را بر روی عملکرد دانه نشان داد.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

طبق نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی[1] (PCA) در شرایط آبیاری نرمال شش مؤلفه اول که مقادیر ویژه بالاتر از یک داشتند درمجموع ۷۵/۸۷۶ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین نمودند (جدول ۸).

مؤلفه اول که ۲۱/۴۴۸ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد، دارای بزرگ‌ترین ضرایب بر روی صفات تعداد خورجین در ساقه فرعی، تعداد خورجین در بوته و قطر ساقه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری بود. مؤلفه اول مهم‌ترین مؤلفه است. از این‌رو، صفات اصلی این مؤلفه نیز بیشترین نقش را در تبیین واریانس کل یا به عبارت دیگر در تفاوت کلی ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارند؛ بنابراین، می‌توان این صفات را در امر مقایسه و گزینش ژنوتیپ‌ها بسیار مهم دانست. در آزمایشی نوریان و همکاران (Nouryan et al., 2009) و ضابط و همکاران (Zabet et al., 2016) نیز صفت تعداد خورجین در ساقه فرعی و تعداد خورجین در بوته از صفات مهم در مؤلفه اول بودند. در مؤلفه دوم، صفت تعداد روز تا شروع گلدهی دارای بیشترین اهمیت بود، این مؤلفه ۱۴/۶۸۰ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین نمود. در آزمایش‌مرادی و سلطانی هویزه (Moradi and Soltani Hoveize, 2019) نیز صفت تعداد روز تا شروع گلدهی بیشترین همبستگی را با مؤلفه دوم داشتند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. در مؤلفه سوم که ۱۴/۲۶۶ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین نمود صفات طول ساقه اصلی، تعداد خورجین در ساقه اصلی و ارتفاع بوته از مهم‌ترین صفات بودند. مؤلفه چهارم توانست ۱۱/۳۵۶ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین نماید. در این مؤلفه، صفات تعداد شاخه‌های فرعی، عملکرد دانه در هکتار، طول خورجین، وزن هزار دانه و قطر خورجین از اهمیت بیشتری برخوردار بودند. تعداد شاخه‌های فرعی بیشتر، تعداد خورجین بیشتر و در نتیجه تعداد دانه در خورجین بیشتری تولید نموده و باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. وزن هزار دانه هم از صفات مهم اجزای عملکرد دانه است که اثر مثبت بر روی عملکرد دانه دارد. افزایش طول خورجین باعث افزایش تعداد دانه شده و به دنبال آن عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. افزایش قطر خورجین فضای کافی را به دانه داده و باعث بزرگ شدن دانه و افزایش وزن هزار دانه شده و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. در مؤلفه پنجم که ۸/۱۰۰ درصد از کل تغییرات را توجیه کرد، صفات ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین، طول دوره گلدهی (با بار منفی) از مهم‌ترین صفات بودند. مؤلفه ششم ۶/۰۲۷ درصد از واریانس را به خود اختصاص داد. در این مؤلفه صفات درصد روغن، تعداد دانه در خورجین و رسیدگی فیزیولوژیک اهمیت بیشتری داشتند.

در محیط تنش خشکی انتهای فصل، هفت مؤلفه اصلی مقادیر ویژه بالاتر از یک داشتند که درمجموع ۷۵/۱۹۶ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین نمودند (جدول ۹). مؤلفه اول ۲۲/۰۳۸ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد. این مؤلفه دارای بزرگ‌ترین ضرایب برای صفات تعداد خورجین درساقه فرعی، تعداد خورجین در بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، قطر ساقه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری است. در آزمایش صادقی بختوری و همکاران (Sadeghbakhtvari et al., 2019) نیز تعداد خورجین در بوته در مؤلفه اول بیشترین تأثیر را داشت در مؤلفه دوم که ۱۳/۴۱۰ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین نمود، صفات تعداد خورجین در ساقه اصلی، طول ساقه اصلی و ارتفاع بوته از بیشترین وزن در جهت مثبت برخوردار بودند. در مؤلفه سوم، صفات روز تا شروع گلدهی و عملکرد دانه در هکتار اهمیت بیشتری نشان دادند و این مؤلفه در مجموع توانست ۱۰/۴۲۹ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین نماید. در این مؤلفه صفت روز تا شروع گلدهی با ضریب منفی و صفت عملکرد دانه با ضریب مثبت قرار گرفته است. بدیهی است که هر چقدر روز تا شروع

[1]. Principal component analysis

نسخه پیش از انتشار

جدول ۸. مقادیر ویژه، درصد از واریانس کل، درصد واریانس تجمعی و ضرایب ویژه صفات در مؤلفه‌های اصلی در شرایط آبیاری نرمال

Table 8. Eigenvalues, percentage of total variance, percentage of cumulative variance and specific coefficients of the traits in principal components under normal irrigation conditions.

صفات / Traits	مؤلفه Components 1	2	3	4	5	6
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	0.310	0.210	-0.137	-0.164	0.052	0.336
ارتفاع بوته Plant height	0.261	0.099	0.412	-0.020	-0.031	-0.064
تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant	0.370	-0.336	0.058	0.011	0.121	-0.008
طول خورجین Length of pods	0.225	0.281	-0.032	0.358	-0.341	0.000
تعداد دانه درخورجین Number of grain/pods	0.208	-0.028	0.020	0.157	-0.381	-0.469
ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین Height of first pod above the ground	-0.004	0.185	0.305	0.044	-0.466	0.168
وزن هزار دانه 1000-grain weight	-0.182	0.095	0.237	0.340	0.270	-0.088
عملکرد دانه grain yield	-0.136	-0.241	0.156	0.380	-0.303	-0.001
درصد روغن Oil percent	0.001	-0.022	0.087	0.172	-0.112	0.775
روز تا شروع گلدهی Days to beginning of flowering	0.158	0.457	-0.224	0.186	0.203	-0.023
روز تا خاتمه گلدهی Days to end of flowering	0.352	0.188	-0.298	-0.139	-0.126	-0.010
طول دوره گلدهی Flowering period	0.155	-0.311	-0.058	-0.338	-0.388	0.034
تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی Number of Pod/sub branch	0.376	-0.321	-0.018	0.026	0.133	0.075
تعداد خورجین در ساقه اصلی Number of pod/main stem	0.260	0.142	0.416	-0.156	0.150	-0.038
تعداد شاخه‌های فرعی در بوته Number of sub branches/plant	0.099	-0.238	-0.030	0.442	0.136	0.106
قطر خورجین Diameter of pod	0.215	0.165	-0.225	0.288	-0.013	-0.068
طول ساقه اصلی Length of main stem	0.130	0.191	0.506	-0.121	0.121	-0.030
قطر ساقه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری Stem diameter at a height of 20 cm	0.314	-0.260	0.051	0.208	0.210	-0.036
مقدار ویژه Eigen values	3.861	2.642	2.568	2.044	1.458	1.085
درصد واریانس توجیه شده Percentage of explainedvariance	21.448	14.680	14.266	11.356	8.100	6.027
درصد واریانس تجمعی Percentage of cumulative variance	21.448	36.127	50.393	61.749	69.849	75.876

گلدهی در شرایط تنش خشکی بیشتر باشد گیاه دیرتر وارد فاز زایشی شده و دیرتر تولید محصول را به اتمام می‌رساند. در تنش خشکی به گیاهانی نیاز است که طول دوره رشدشان کوتاه‌تر بوده و بتوانند از تنش خشکی انتهای فصل فرار کنند. صفات طول دوره گلدهی و خاتمه گلدهی در مؤلفه چهارم از مهم‌ترین صفات بودند و این مؤلفه ۸/۵۰۲ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کرد. مؤلفه پنجم، ششم و هفتم توانستند به ترتیب ۸/۰۸۹، ۷/۱۲۸ و ۵/۶۰۰ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کنند. از مهم‌ترین صفات در مؤلفه پنجم، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد دانه در خورجین، در مؤلفه ششم صفات وزن هزار دانه و ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین و در مؤلفه هفتم، صفات طول خورجین، قطر خورجین

نسخه پیش از انتشار

و درصد روغن بودند. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی و قطر ساقه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری در هر دو شرایط آزمایش از اهمیت بیشتری در تبیین واریانس کل برخوردار بودند. صفت روز تا خاتمه گلدهی در شرایط آبیاری نرمال و صفت تعداد شاخه‌های فرعی در شرایط تنش خشکی آخر فصل نیز در مؤلفه اول صفات مهمی محسوب شدند.

جدول ۹. مقادیر ویژه، درصد از واریانس کل، درصد واریانس تجمعی و ضرایب ویژه صفات در مؤلفه‌های اصلی در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

Table 9. Eigenvalues, percentage of total variance, percentage of cumulative variance and specific coefficients of the traits in principal components under drought stress at the end of the season conditions

صفات / Traits	مؤلفه Components 1	2	3	4	5	6	7
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	0.253	0.162	-0.259	-0.142	-0.340	0.181	-0.032
ارتفاع بوته Plant height	-0.094	0.435	0.112	-0.071	0.088	-0.300	-0.129
تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant	0.368	-0.012	0.363	0.129	-0.034	0.034	-0.208
طول خورجین Length of pods	-0.019	0.139	0.102	0.252	-0.470	-0.119	0.522
تعداد دانه درخورجین Number of grain/pods	-0.228	-0.030	0.129	-0.008	-0.294	-0.237	-0.176
ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین Height of first pod above the ground	-0.301	0.207	-0.030	0.140	-0.134	-0.379	-0.193
وزن هزار دانه 1000-grain weight	-0.176	0.037	0.123	-0.010	-0.182	0.599	0.128
عملکرد دانه Grain yield	0.303	0.007	0.378	0.082	-0.201	-0.169	0.017
درصد روغن Oil percent	-0.104	0.033	0.142	0.336	0.053	0.150	0.403
روز تا شروع گلدهی Days to beginning of flowering	0.235	0.310	-0.408	0.269	-0.141	-0.022	-0.029
روز تا خاتمه گلدهی Days to end of flowering	0.255	0.175	-0.169	-0.420	-0.344	-0.181	0.114
طول دوره گلدهی Flowering period	0.015	-0.230	0.305	-0.613	-0.143	-0.056	0.140
تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی Number of Pod/sub branch	0.372	-0.052	0.298	0.246	0.052	-0.051	-0.209
تعداد خورجین در ساقه اصلی Number of pod/main stem	-0.055	0.509	0.185	-0.152	0.158	0.178	0.196
تعداد شاخه‌های فرعی در بوته Number of sub branches/plant	0.360	0.019	0.259	0.104	-0.062	-0.181	0.166
قطر خورجین Diameter of pod	-0.100	0.016	0.111	0.098	-0.490	0.342	-0.501
طول ساقه اصلی Length of main stem	-0.107	0.497	0.154	-0.163	0.207	0.176	-0.157
قطر ساقه در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری Stem diameter at a height of 20 cm	0.320	0.172	0.262	-0.023	0.034	0.037	-0.027
مقدار ویژه Eigen values	3.967	2.414	1.877	1.530	1.456	1.283	1.008
درصد واریانس توجیه شده Percentage of explainedvariance	22.038	13.410	10.429	8.502	8.089	7.128	5.600
درصد واریانس تجمعی Percentage of cumulative variance	22.038	35.448	45.878	54.379	62.468	69.596	75.196

نسخه پیش از انتشار

نتیجه‌گیری نهایی

بهبود عملکرد دانه از طریق اجزای عملکرد می‌تواند از روش‌های کارآمد در برنامه‌های به‌نژادی باشد و در این راستا بررسی روابط بین اجزای عملکرد با عملکرد نقش مهمی را ایفا می‌کند. سهم هر جزء عملکرد در توجیه عملکرد دانه می‌تواند تحت تأثیر بقیه اجزا قرار گیرد. ارتباط بین عملکرد دانه و اجزای آن پیچیده است و بدیهی است که برخی از صفات تغییرات عملکرد دانه را بهتر از بقیه توجیه می‌کنند (Mansourfar, 2006). به‌طور کلی تجزیه و تحلیل‌های همبستگی، رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه مسیر در این پژوهش نشان داد که صفات تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین مهم‌ترین صفات و اجزای مؤثر بر عملکرد دانه کلزا در هر دو شرایط آبیاری و تنش خشکی انتهای فصل محسوب می‌شوند؛ بنابراین، با توجه به اینکه این صفات وراثت‌پذیری بیشتری نسبت به عملکرد دانه دارند، گزینش در جهت افزایش آن‌ها می‌تواند برای بهبود غیرمستقیم عملکرد دانه در برنامه‌های به‌نژادی قابل توصیه باشد.

سپاسگزاری

از بخش تحقیقات دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به جهت تأمین بودجه موردنیاز برای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Acquaah, G., Adams, M., Kelly, J., 1992. A factor analysis of plant variables associated with architecture and seed size in dry bean. Euphytica 60, 171-177. https://doi.org/110.1007/BF00039395

Aguado, A., De Los Santos, B., Gamane, D., Del Moral, L.G., Romero, F., 2010. Gene effects for cotton-fiber traits in cotton plant (*Gossypium hirsutum* L.) under Verticillium conditions. Field Crops Research 116, 209-217. https://doi.org/210.1016/j.fcr.2009.1012.1011

Ahmad, M., Naeem, M., Khan, I.A., Mashwani, M.A., 2012. Biochemical quality study of genetically diversified brassica genotypes. Sarhad Journal of Agriculture 28. http://www.aup.edu.pk/sj_pdf/BIOCHEMICAL%20QUALITY%20STUDY.pdf

Alizadeh, B., Yazdandust Hamedani, M., Rezaei Zad, A., Azizinia, S., Khiyavi, M., Shirani Rad, A.H., Javidfar, F., Pasban Eslam, B., Mostafavi Rad, M., Shariati, F., 2019. Nima, new winter oilseed rape variety for cultivation in the cold and moderately cold regions of Iran. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 8, 61-76. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22092/rafhc.22019.114653.111102.

Amiri Oghan, H., Dehghani, H., Heidari, M., 2011. Heritability of yield and its related traits in winter rapeseed cultivars under non-drought stress conditions. Agricultural Science Journal. 20, 33-48. [In Persian with English Summary]. https://www.researchgate.net/publication/259216691

Arshadi, M., Amiri, A., Fotokian, M.H., Alizadeh, B., 2018. Evaluation of Diversity and Relationship among Yield and Yield Components of Rapeseed genotypes. Journal of Crop Breeding. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.29252/jcb.10.27.115

Azizi, M., Soltani, A., Kharri-Khorasani, S., 2006. Canola, Physiology, Agriculture, Behavioral and Biotechnology (Translation). Mashhad University Publications. [In Persian]

Bakhshi, B., Amiri Oghan, H., Keshtgar Khajedad, M., 2022. Evaluation of Agronomic and Phenological Traits of Promising Rapeseed Lines in the Sistan Region. Journal of Crop Breeding 14, 150-162. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.52547/jcb.14.41.150

Bakhshi, B., Oghan, H.A., Alizadeh, B., Rameeh, V., Payghamzadeh, K., Kiani, D., Rabiee, M., Rezaizad, A., Shiresmaeili, G., Dalili, A., 2021. Identification of promising oilseed rape genotypes for the tropical regions of Iran using multivariate analysis. bioRxiv, https://doi.org/10.1101/2021.1102.1123

Bayat, M., Rabiei, B., Rabiee, M., Moumeni, A., 2008. Assessment of relationship between grain yield and important agronomic traits of rapeseed as second culture in paddy fields.

نسخه پیش از انتشار

Journal of Crop Production and Processing. 45, 475-486. [In Persian with English Summary]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.22518517.1387.12.45.39.1

Blum, A., 2010. Plant Breeding for Water-Limited Environments. Springer Science and Business Media. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7491-4

Chay, P., Thurling, N., 1989. Variation in pod length in spring rape (*Brassica napus*) and its effect on seed yield and yield components. The Journal of Agricultural Science. 113, 139-147. https://doi.org/10.1017/S002185960008669X

Chen, S., Nelson, M., Ghamkhar, K., Fu, T.-d., Cowling, W., 2008. Divergent patterns of allelic diversity from similar origins: the case of oilseed rape (*Brassica napus* L.) in China and Australia. Genome. 51, 1-10. https://doi.org/10.1139/G1107-1095.

Darroch, B., Baker, R., 1995. Two measures of grain filling in spring wheat. Crop Science 35, 164-168. https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010030x

Dehghani, H., Omidi, H., Sabaghnia, N., 2008. Graphic analysis of trait relations of rapeseed using the biplot method. Agronomy Journal. 100, 1443-1449. https://doi.org/1410.2134/agronj2007.0275.

Duarte, R.A., Adams, M., 1972. A path coefficient analysis of some yield component interrelations in field beans (*Phaseolus vulgaris* L.) 1. Crop Science. 12, 579-582. https://doi.org/510.2135/cropsci1972.0011183X001200050009x.

Fanaei, H.R., Kaikha, G.A., Saranei, M., Akbarimoghadam, A., Shariati, F., Khajedad Keshtkar, M., 2018. Study effect time of terminal irrigation on grain yield, oil and some agronomic traits of canola cultivars (*Brassica napus* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences. 11, 65-77. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.22077/escs.2018.672

Hamza, S., Ben Hamida, W., Rebaï, A., Harrabi, M., 2004. SSR-based genetic diversity assessment among Tunisian winter barley and relationship with morphological traits. Euphytica. 135, 107-118. https://doi.org/110.1023/B:EUPH.0000009547.0000065808.bf.

Majidi, M.M., Jafarzadeh, G.M., Rashidi, F., Mirlohi, A., 2016. Relationship of different traits in rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars under normal and drought conditions. Journal of Crop Breeding. 18, 55-65. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.18869/acadpub.jcb.18868.18817.18865.

Malekshahi, F., Dehghani, H., Alizadeh, B., 2012. Biplot trait analysis of some of canola (*Brassica napus* L.) genotypes in irrigation and drought stress conditions. Plant Productions. 35, 1-16. [In Persian with English Summary].

Manly, B., Navarro Alberto, J., 2016. Multivariate Statistical Methods: A Primer. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA.

Mansourfar, K., 2006. Advanced Statistical Methods with Computer Programs. University of Tehran press, Tehran. [In Persian].

Mendham, N., Russell, J., Buzza, G., 1984. The contribution of seed survival to yield in new Australian cultivars of oil-seed rape (*Brassica napus*). The Journal of Agricultural Science. 103, 303-316. https://doi.org/310.1017/S0021859600047250.

Mendham, N., Salisbury, P., 1995. Physiology: crop development, growth and yield. In: Kimber, D.S., Mcgregor, D.I. (Eds.), Bmssica Oilseeds, Centre for Agricultural Bioscience International, Wallingford. pp. 11-64

Mohammadi, T., Azizi, M.H., Taslimi, A., 2007. Relation of fatty acids composition with stability of sunflower and canola oil blends. Iranian Journal of Food Sciences and Industries. 4, 67-76. [In Persian with English Summary].

Moradi, M., Ghodrati, G.R., 2010. The correlation and path analysis for yield and agronomic traits of spring *Brassica napus* L. varieties. Journal of Crop Physiology 2, 61-70. [In Persian with English Summary].

Moradi, M., Soltani Hoveize, M., 2019. Multivariate analysis of the grain yield and related traits in spring rapeseed. Applied Crop Breeding. 4, 91-103. [In Persian with English Summary].

Moradi, M., Soltani Hoveize, M., Shahbazi, E., 2017. Study the relations between grain yield and related traits in canola by multivariate analysis. Journal of Crop Breeding 9, 187-

194. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.29252/jcb.9.23.187

Nouryan, M., Azhari, O., Amiry Oghan, H., Alizadeh, B., Valizadeh, M., 2009. Evaluation of genetic diversity among 49 canola (*Brassica napus* L.) genotypes in Golestan province. Agricultural Knowledge. 1, 49-60. [In Persian with English Summary].

Qulipor, A., Latifi, N., Qasemi, K., Moqadam, M., 2004. Comparative growth and grain yield of Canola under dry land conditions in Gorgan. Journal of Agriculture Science and Natural Resource. 11, 5-14. [In Persian with English Summary].

Rahimi, M., Ramezani, M., Davaji, A.O., 2017. Investigation of path and correlation analysis of pattern and plant densities effect on two rapeseed cultivars. Journal of Crop Breeding 8, 218-227. [In Persian with English Summary]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.22286128.1395.8.19.25.0

Roostabaghi, B., Dehghan, H., Alizadeh, B., Sabaghnia, N., 2013. Study of diversity and evaluation of relationships between yield and yield components of rapeseed via multivariate methods. Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing. 2, 53-63. [In Persian with English Summary]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.22518517.1391.2.6.6.6

Sadeghbakhtvari, A., Ghahrmani-baktash, B., Pasban-eslam, B., Sarabi, V., Hazrati, S., 2019. Evaluation of Rapeseed's different genotypes tolerance to water deficit stress in east Azarbaijan province. Journal of Crop Breeding. 11, 65-77. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/10.29252/jcb.11.31.65

Sana, M., Ali, A., Malik, M.A., Saleem, M.F., Rafiq, M., 2003. Comparative yield potential and oil contents of different canola cultivars (*Brassica napus* L.). Journal of Agronomy (Pakistan). 2, 1-7. https://doi.org/10.3923/ja.2003.1.7

Shadan, E., Zarrini, H.N., Alizadeh, B., Ranjbar, G., Kiani, G., 2022. Evaluation of seed yield stability and compatibility in some winter rapeseed genotypes. Journal of Crop Breeding. 14, 97-107. [In Persian with English Summary]. https://doi.org/110.52547/jcb.52514.52541.52597.

Soltani Howyzeh, M., Moradi, M., SakiNejad, T., ZakerNejad, S., Etaa, A., 2018. Evaluation of the Relationships among Yield and Related Traits in Spring Canola Cultivars using Path Analysis. Journal of Crop Breeding. 10, 125-134. [In Persian with English Summary] https://doi.org/110.29252/jcb.29210.29227.29125.

Zabet, M., Seddigh, S., Samadzade, A., 2016. The effect of drought stress on yield and yield components in 10 genotypes of rapeseed under Birjand climate conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 9, 121-137. [In Persian with English Summary] https://doi.org/110.22077/escs.22016.22359.