

Path Analysis of Relationships between Grain Yield and Related Traits in Spring Rapeseed Genotypes

Hana Aboodeh^{1*}, Abdel Mehdi Bakhshandeh², Mohammad Reza Moradi Telavat³, Seyed Ata Siadat², Seyed Amir Moosavi⁴, Khalil Alami-Saeid³

Received: July 11, 2024

Accepted: September 19, 2024

1-Ph. D. Student, Dept. of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.
2-Prof., Dept., of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.
3-Assoc. Prof., Dept., of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.
4-Assist. Prof., Dept., of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.
*Corresponding Author: E-mail: hana.abodeh@yahoo.com

Abstract

Background & Objectives: The study was conducted to analyze the causality between grain yield and related traits in spring rapeseed genotypes.

Materials and Methods: The research was carried out in November 2019 at the research farm of Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources at latitude 31 degrees 36 minutes, longitude 48 degrees 53 minutes and 22 meters above sea level. In terms of climate, the studied area is one of the hot and dry areas. The experiment was performed as a split plot in the form of a randomized complete block design in three replications. The main factor in this study consisted of three levels: no irrigation interruption, interruption of irrigation during the flowering stage up to 50% of flowering (flowering stress), and interruption of irrigation until harvest (silique stress). Irrigation was done during the growing season based on the plant's water needs and autumn rainfall, and in the final stages of growth, irrigation was stopped based on the growth stage of the variety. Ten spring rapeseed genotypes were included in the study: Long pod (late growth type, Iran), Aram, RGS003, Jancom, Solar, Hayola 4815, Mahtab, Jolios, Agamex, and Sala. These genotypes were placed as the second factor in sub-plots. The correlation between traits was calculated using step-by-step regression using SPSS software version 22, and the causality between traits was examined using route analysis using R software version 2.2.4.

Results: The results of stepwise regression analysis for rapeseed genotypes demonstrate that under drought stress at the end of the season, oil yield and harvest index (tension applied in the stage of silique to harvest) and harvest index and biological performance (stress applied at the flowering stage up to 50% of silique), respectively, are the two most crucial variables that determine grain yield. There is a high and positive simple correlation in the first stress condition between 1000 seed weight (0.52), biological yield (0.78), grain oil content (0.64) and the number of pods per plant (0.74) with the grain yield. And in the stress conditions of the second stage, a high and positive correlation was observed between grain yield and oil yield trait with a value of (0.97), harvest index with a value of (0.78) and biological yield with a value of (0.64). The results of genotypic causality analysis in the stress conditions of the first and second stages showed that the most negative direct effect of silique length with a value of (-0.917) and the growth period maturation with a value of (-0.793) and the most positive effect in the stress of the first stage From the 1000 seed weight with a value of (0.678) and the stress of the second stage of grain oil yield with a value of (0.379), the highest effect of phenotypic correlation in both applied stresses was observed from the characteristics of the harvest index in the first stress and The second one was obtained with the values (0.734-1.00) respectively.

Conclusion: The results showed that in the correlation analysis and causality analysis, harvest index traits, grain oil yield, 1000 seed weight, silique length and the growth period maturation in both stress conditions of flowering stage up to 50% grain yield and grain yield to harvest have the highest correlation with the amount of grain yield. Therefore, the mentioned traits can be used to improve rapeseed genotypes.

Keywords: Heatmap Analysis, Stepwise Regression, Trait Relationships, Tolerant Genotype

تجزیه علیت (Path Analysis) روابط میان عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در ژنوتیپ‌های بهاره کلزا

هنا عبوده^{۱*}، عبدالمهدی بخشنده^۲، محمدرضا مرادی تلاوت^۳، سید عطاءالله سیادت^۲،
سید امیر موسوی^۴، خلیل عالمی سعید^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۱

- ۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران
۲- استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران
۳- دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران
۴- استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران

مقدمه و اهداف: مطالعه به منظور بررسی تجزیه علیت میان عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در ژنوتیپ‌های بهاره کلزا اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: پژوهش در آبان ماه ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و با ۲۲ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصافی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل سه سطح بدون اعمال قطع آبیاری، قطع آبیاری مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی (تنش گلدهی) و قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت (تنش خورجین‌دهی) بود. آبیاری در طول دوره رویشی براساس نیاز آبی گیاه و بارندگی پاییزه انجام شد و در مراحل انتهایی رشد قطع آبیاری براساس مرحله‌ی رشدی رقم مورد نظر صورت گرفت. تعداد ۱۰ ژنوتیپ بهاره کلزا شامل لانگ‌پاد، آرام، آرجی اس ۰۰۳، جانکوم، سولار، هایولا ۴۸۱۵، مهتاب، جولیوس، آگامکس و سالا به عنوان عامل دوم در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. جهت محاسبه رگرسیون گام به گام از نرم افزار Spss نسخه ۲۲ و همبستگی بین صفات، اشکال و انجام تجزیه علیت (تجزیه مسیر) از نرم افزار R نسخه ۲.۲.۴ استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج تحلیل رگرسیون گام به گام ژنوتیپ‌های کلزا در شرایط تنش خشکی انتهای فصل رشد نشان داد، عملکرد روغن و شاخص برداشت (تنش اعمال شده در مرحله خورجین‌دهی تا برداشت) و شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی (تنش اعمال شده در مرحله گل‌دهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی) دو متغیر بسیار مهم هستند که عملکرد دانه را تعیین می کنند. وجود همبستگی ساده بالا و مثبت در شرایط تنش اول بین وزن هزار دانه (۰/۵۲)، عملکرد بیولوژیکی (۰/۷۸)، میزان روغن دانه (۰/۶۴) و تعداد خورجین در بوته (۰/۷۴) با میزان عملکرد دانه و در شرایط تنش مرحله دوم همبستگی بالا و مثبت عملکرد دانه با صفت عملکرد روغن با مقدار (۰/۹۷)، شاخص برداشت با مقدار (۰/۷۸) و عملکرد بیولوژیکی با مقدار (۰/۶۴) مشاهده شد. نتایج تجزیه علیت ژنوتیپی در شرایط تنش مرحله اول و دوم نشان داد که بیشترین اثر مستقیم منفی طول خورجین با مقدار (۰/۹۱۷-) و طول دوره رسیدگی با مقدار (۰/۷۹۳-) و بیشترین اثر مثبت در تنش مرحله اول از وزن هزار دانه با مقدار (۰/۶۷۸) و تنش مرحله دوم از عملکرد روغن دانه با مقدار (۰/۳۷۹) مشاهده شد، همچنین بالاترین

اثر همبستگی فنوتیپی در هر دو تنش اعمال شده از ویژگی شاخص برداشت در تنش اول و دوم به ترتیب با مقادیر (۰/۷۳۴- /۱/۰۰) حاصل شد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد در آنالیز همبستگی و تجزیه علیت، صفات شاخص برداشت، عملکرد روغن دانه، وزن هزار دانه، طول خورجین و طول دوره رسیدگی در هر دو شرایط تنش مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی و خورجین‌دهی تا برداشت، بیشترین ارتباط را با میزان عملکرد دانه دارا بودند. بنابراین می‌توان از صفات ذکر شده در جهت اصلاح ژنوتیپ‌های کلزا بهره برد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه هیت مپ، روابط صفات، ژنوتیپ متحمل، رگرسیون گام به گام

مقدمه

شناسایی صفات مهم زراعی و یافتن ارتباط میان آن‌ها دارای اهمیت است. با توجه به ماهیت پیچیده عملکرد که در نتیجه تعامل اجزای مختلف ایجاد می‌شود، گزینش مستقیم برای دستیابی به عملکرد بالا مشکل است. بنابراین از طریق ارزیابی صفات مختلف زراعی و به‌ویژه صفات مهم مرتبط با عملکرد دانه کلزا، می‌توان برنامه‌های اصلاحی آن را به‌طور دقیق‌تری برنامه‌ریزی کرد. انتخاب براساس صفات متحمل به خشکی، دارای وراثت-پذیری بالا و دارای ارتباط مثبت با عملکرد، می‌تواند در بهبود عملکرد دانه موثر باشد (الشاولی و همکاران ۲۰۱۷ و چاپرت و همکاران ۲۰۱۸).

برای تعیین صفات موثر بر عملکرد به عنوان شاخص انتخاب جهت بهبود عملکرد دانه، می‌توان از روش‌های آماری مانند تجزیه رگرسیون و تجزیه علیت بهره‌برداری کرد. تجزیه علیت می‌تواند روابط پنهان بین صفات را از طریق ضرائب همبستگی بین صفات معلول و علت به آثار مستقیم و غیر مستقیم نمایان کند. همچنین روش تجزیه علیت به شناخت روابط علت و معلولی بین صفات نیاز دارد و پژوهشگر بر مبنای اطلاعات قبلی و شواهد تجربی علت‌ها را معلوم می‌نماید (گرشیا و همکاران ۲۰۰۳). به عبارتی تجزیه علیت تصویر کاملتری از همبستگی ساده را نشان می‌دهد و ضریب همبستگی بین دو متغیر علت و معلول را به اثرات مستقیم و غیر مستقیم تفکیک می‌کند. با استفاده از سایر روش‌های آماری، تجزیه به مولفه‌های اصلی و تجزیه عاملی نیز می‌توان ضمن گروه‌بندی ارقام، حجم داده‌ها را نیز به منظور تحلیل بهتر ویژگی‌های مورد مطالعه کاهش داد.

با استفاده از رگرسیون گام به گام می‌توان اثر صفات غیر موثر یا کم اثر بر عملکرد را در مدل رگرسیون حذف نموده و تنها صفاتی را که میزان قابل توجهی از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند، ارائه نمود (آگراما ۱۹۹۶). طی یافته‌های تحقیقاتی در خصوص رگرسیون گام به گام تجزیه علیت در سویا گزارش شد که تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه بیشترین تاثیر را بر عملکرد دانه نشان داد (قربانزاده‌نقاب ۲۰۱۵). در مطالعه فروغی و همکاران (۲۰۱۷) در تجزیه رگرسیون گام به گام، تعداد خورجین در بوته، شاخص برداشت و عملکرد زیستی، ۹۹ درصد از تغییرات دانه را در بر داشتند. همچنین براساس نتایج طباطبایی (۲۰۲۰) وزن هزار دانه، تعداد روز تا رسیدن، طول سنبله، ارتفاع بوته و وزن سنبله اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه حاصل شد. همبستگی بین صفات ممکن است پژوهشگران به-نژادی را در گزینش غیر مستقیم برای صفات مهم زراعی از طریق صفات دیگر که اندازه‌گیری آن‌ها ساده‌تر است یاری کند (زاهدی و همکاران ۲۰۱۶). در مطالعه بر ژنوتیپ‌های کلزا، بین عملکرد دانه و تعداد شاخه فرعی، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد خورجین در ساقه، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و روز تا رسیدگی همبستگی مثبت و معنادار بود. در گزارش وی ارتفاع بوته بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه داشت و پس از آن وزن هزار دانه و طول خورجین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد داشتند (ساندهو و همکاران ۲۰۱۷). در مطالعه‌ای که قدرتی (۲۰۱۲) در شرایط عدم تنش و تنش خشکی صورت گرفت مشاهده شد همبستگی معنی‌داری بین وزن هزار دانه با میزان روغن در عدم تنش خشکی وجود دارد همچنین در شرایط عدم تنش و تنش خشکی میزان روغن

مثبت را بر میزان عملکرد دانه داشت. مطالعات نشان داد بیشترین تاثیر غیرمستقیم منفی و مثبت بر عملکرد دانه توسط پایان گلدهی از طریق تعداد خورجین در بوته مشخص شد (زینلزاده تبریزی و همکاران ۲۰۲۲).

کاربرد روش‌های آماری مختلف از جمله تجزیه علیت جهت انتخاب پارامترهای موثر بر عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری از اهداف پژوهش بوده، همین‌طور شناسایی صفاتی که به بهبود عملکرد در برنامه‌های اصلاحی کلزا موثرند نیز مدنظر می‌باشد. با توجه به تحقیقات اندک در خصوص تجزیه علیت عملکرد و اجزای عملکرد کلزا، پژوهش حاضر با هدف شناخت عوامل پنهانی در شکل‌گیری صفات، بررسی تاثیر آن‌ها بر عملکرد دانه و شناخت اجزای عملکرد دانه که بالاترین تاثیر را در تعیین عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری ایفا می‌کند، اجرا شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش در آبان‌ماه ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و با ۲۲ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. منطقه مورد بررسی از نظر اقلیمی جزء مناطق گرم و خشک است. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصافی در سه تکرار اجرا شد. میزان بارندگی، دما و آزمون خاک محل اجرای آزمایش در جداول (۱ و ۲) آورده شده است.

عامل اصلی شامل سه سطح بدون اعمال قطع آبیاری، قطع آبیاری مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی و قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت بود (صادقی بختوری و همکاران ۲۰۱۹). تعداد ۱۰ ژنوتیپ بهاره کلزا شامل لانگ‌پاد (تیپ رشدی دیررس، منشاء ایران)، آرام (تیپ رشدی میان‌رس، منشاء ایران)، آرجی‌اس ۰۰۳ (تیپ رشدی میان‌رس، منشاء آلمان)، جانکوم (تیپ رشدی دیررس، منشاء آلمان)، سولار (تیپ رشدی میان‌رس، منشاء آلمان)، هایولا ۴۸۱۵ (تیپ رشدی زودرس، استرالیا)، مهتاب (تیپ رشدی میان‌رس، ایران)، آگامکس (تیپ رشدی زودرس، منشاء آلمان) و سالا (تیپ رشدی میان‌رس، منشاء آلمان) به عنوان عامل دوم در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه نشان داد. همچنین یافته‌های تحقیقاتی شادان و همکاران (۲۰۲۱) بر کلزا تعداد روز تا رسیدگی، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، قطر ساقه و ارتفاع بوته بیشترین تاثیر را بر عملکرد و روغن دانه داشتند.

در صورتی‌که تجزیه همبستگی، رابطه بین علت و معلولی بین صفات را بیان نمی‌کند (ریبیعی و همکاران ۲۰۱۱). تجزیه علیت نوعی تجزیه رگرسیون جزئی و استاندارد شده است. این روش امکان تفکیک ضریب همبستگی را به اثرات مستقیم و غیر مستقیم نشان می‌دهد (قربانزاده نقاب ۲۰۱۵). براساس نتایج حاصل از تجزیه علت، صفت تعداد دانه در خورجین با بیشترین تاثیر مستقیم بر عملکرد دانه و اثرات غیر مستقیم ناچیز از طریق سایر صفات، به‌عنوان شاخصی برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در برنامه‌های اصلاحی کلزای بهاره پیشنهاد شده است (کلاه‌کچ و مجتبی‌زمانی، ۲۰۱۹). در پژوهش ارشادی بیدگی و همکاران (۲۰۱۸) مهمترین صفت تاثیر گذار بر عملکرد دانه، عملکرد روغن بود که می‌تواند برای انتخاب مستقیم عملکرد دانه مورد استفاده قرار گیرد. همین‌طور یافته‌های تحقیقاتی محمدی میریک و همکاران (۲۰۲۱) تعداد کپسول در بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. تعداد انشعاب در بوته دارای بیشترین اثر غیر مستقیم از طریق از طریق تعداد کپسول در بوته بر عملکرد دانه بود و ویژگی تعداد کپسول در بوته به عنوان مهمترین جزء شناخته شد. یافته‌های تحقیقاتی شادان و همکاران (۲۰۲۱) بر کلزا نشان داد بیشترین اثر غیرمستقیم مربوط به صفت تعداد روز تا رسیدگی از طریق عملکرد دانه مشاهده شد و دلیل همبستگی بالا و منفی روز تا رسیدگی با عملکرد روغن، مجموع اثرات غیرمستقیم آن از طریق این دو صفت است. در مطالعه‌ای بر ضرائب مسیر کلزا نشان داده شد صفت تعداد خورجین در بوته در اکثر شرایط مورد بررسی، بیشترین اثر مستقیم را نسبت به سایر صفات و کمترین اثر غیر مستقیم را از طریق سایر صفات بر عملکرد دانه داشت و می‌تواند به عنوان مهمترین صفت جهت بهبود عملکرد دانه در اکثر شرایط معرفی گردد (رحیمی و همکاران ۲۰۱۶). همچنین در پژوهش رادیک و همکاران (۲۰۲۱) بر کلزا نیز، تعداد خورجین در بوته بیشترین اثر

جدول ۱- آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی اهواز طی مدت اجرای آزمایش (۱۳۹۹-۱۴۰۰)

ماه	دمای ماکزیمم (⁰ c)	دمای مینیمم (⁰ c)	میزان بارندگی (mm)	میزان تبخیر (mm)
آبان	۲۹	۱۳/۷	۶۳/۷۴	۱۱۸/۵۳
آذر	۲۰/۷	۱۱/۷	۸۱/۶	۵۷/۶
دی	۲۰/۳	۶/۲	۶/۳	۵۶/۹
بهمن	۲۲/۴	۸/۲	۱۰/۶	۱۰۳/۶
اسفند	۲۴/۲	۱۰/۳	۵/۴	۱۵۷/۳۴
فروردین	۳۱/۹	۱۵/۵	۰	۲۵۸/۳۶
اردیبهشت	۴۰/۸	۲۱/۶	۰	۳۲۷/۹۵

جدول ۲- خصوصیات خاک مزرعه تحقیقاتی

بافت خاک	PH	پتاس (K)	فسفر (P)	نیتروژن (N)	EC	عمق خاک (cm)
رسی سیلتی	۷/۵	۱۳۸	۹/۳۶	۰/۰۵	۲/۸۱	۰-۳۰

ژنوتیپ‌های مذکور از موسسه اصلاح نهال و بذر کرج تهیه شدند. آرایش کاشت به صورت ردیفی به فواصل ۳۰ سانتی‌متر از هم، و فاصله روی ردیف شش سانتی‌متر، با تراکم ۸۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف بود و هر کرت با یک پشته نکاشت از کرت کناری جدا شد. به منظور دستیابی به تراکم ۸۰ بوته در متر مربع، در زمان کاشت مقدار بذر مصرفی از هر ژنوتیپ دو برابر تراکم مذکور در نظر گرفته شد، سپس در مرحله دو تا چهار برگی با تنک کردن بوته‌ها، تراکم به ۸۰ بوته در متر مربع صورت گرفت. براساس نتایج آزمون خاک، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره در دو قسط (مرحله پنج برگی و ابتدای مرحله غنچه‌دهی) مصرف شد.

ملاحظات کاشت و داشت طبق روال صورت گرفت. آبیاری در طول دوره رشد رویشی با توجه به نیاز گیاه کلزا و بارندگی فصلی، انجام شد و اعمال قطع آبیاری در مراحل گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی و خورجین‌دهی تا برداشت با توجه به طول دوره‌ی رشدی هر ژنوتیپ صورت گرفت. در پایان فصل رشد، برداشت از دو ردیف میانی هر کرت، پس از حذف اثر حاشیه انجام گرفت. سپس صفات تعداد شاخه فرعی، ارتفاع بوته، طول خورجین، تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، وزن

هزار دانه، شاخص برداشت، ماده خشک کل محاسبه شد. همچنین اندازه‌گیری درصد روغن دانه پس از آسیاب کردن دانه‌ها و تهیه نمونه در آزمایشگاه با استفاده از روش پوریم انجام گردید.

در این پژوهش، تجزیه هیت مپ برای بررسی همزمان متغیرها و جایگاه ارقام در ارتباط با آن‌ها استفاده شد. جهت شناسایی بهتر روابط بین صفات و شناخت صفاتی که بیشترین نقش را در عملکرد دانه ایفا می‌کنند از تجزیه علیت بر مبنای ضرائب همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی استفاده شد. بدین منظور ابتدا با در نظر گرفتن عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع (Y) و صفات مورد بررسی به عنوان متغیر مستقل (X) صورت گرفت. جهت محاسبه رگرسیون گام به گام از نرم افزار Spss نسخه ۲۲ و همبستگی بین صفات، اشکال و انجام تجزیه علیت (تجزیه مسیر) از نرم افزار نرم‌افزار R نسخه ۲.۲.۴ استفاده شد.

نتایج و بحث

رگرسیون گام به گام

از رگرسیون گام به گام به منظور تعیین متغیرهای موثر بر متغیر تابع و تهیه بهترین مدل برای توجیه تغییرات آن استفاده می‌گردد. به منظور تعیین مهمترین

صفت موثر در عملکرد دانه و برای شروع تجزیه علیت، ابتدا تجزیه رگرسیون گام به گام انجام شد. نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به عنوان مهمترین متغیر تابع و صفات دیگر به عنوان متغیرهای مستقل در جداول (۳ و ۴) ارائه شده است. در این خصوص در شرایط تنش مرحله‌ای گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی ویژگی‌های شاخص برداشت، عملکرد زیستی، تعداد شاخه در بوته و عملکرد روغن دانه به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۸۹، ۰/۹۶ و ۰/۹۹ وارد مدل شدند. همچنین در تنش مرحله خورجین‌دهی تا برداشت به ترتیب عملکرد روغن دانه و سپس شاخص برداشت وارد مدل شدند (جدول ۴).

با توجه به نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام برای ژنوتیپ‌های کلزا اولین و دومین متغیرهایی که در شرایط

اعمال تنش خشکی انتهای فصل وارد مدل رگرسیون شدند به ترتیب شاخص برداشت و عملکرد زیستی (قطع آبیاری اعمال شده در مرحله‌ی گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی) و عملکرد روغن و شاخص برداشت (قطع آبیاری اعمال شده در مرحله‌ی خورجین‌دهی تا برداشت) بودند (جداول ۳ و ۴). که بیشترین سهم را در تعیین عملکرد دانه داشتند و می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی برای گرینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا مورد توجه قرار گیرند. بنابراین می‌توان استنباط نمود که صفات عملکرد زیستی، شاخص برداشت و عملکرد روغن در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در انتخاب برای عملکرد بالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. نتایج آزمایش با گزارش فروغی و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی دارد.

جدول ۳- رگرسیون گام به گام عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و صفات به عنوان متغیر مستقل در شرایط قطع آبیاری گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی

مرحله	پارامتر	a	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	R	R Square	R Adj	P Value
۱	شاخص برداشت	-۴۱/۱۰۴ ^{ns}	۵۱/۰۵ ^{**}				۰/۹۴	۰/۸۹	۰/۸۸	**
۲	عملکرد بیولوژیکی	-۳۷۱/۹۸ [*]	۴۰/۰۴ ^{**}	۰/۱۰۸ ^{**}			۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۶	**
۳	تعداد بوته در شاخه	-۱۹۱/۳۴ [*]	۴۰/۳۳ ^{**}	۰/۱۰۶ ^{**}	۲۵/۴۶ [*]		۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	**
۴	عملکرد روغن	-۱۹۳/۵۶ ^{**}	۳۲/۵۲ ^{**}	۰/۰۸۵ ^{**}	-۲۸/۲۵ ^{**}	۰/۷۳۶ [*]	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	**

$$Y = -193.56 + 32.52X_1 + 0.08X_2 - 28.25X_3 + 0.736X_4$$

رگرسیون گام به گام عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و صفات به عنوان متغیر مستقل در شرایط قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت

۱	عملکرد روغن	۱۴۰/۷۵ ^{ns}	۲/۲۳ ^{**}				۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۹۲	**
۲	شاخص برداشت	-۱۱۰/۰۹ ^{ns}	۱/۸۵ ^{**}	۱۶/۹۱ [*]	-	-	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۵	**

$$Y = -110.01 + 1.85 X_1 + 16.91 X_2$$

ns، * و ** نشان دهنده غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد

تجزیه همبستگی

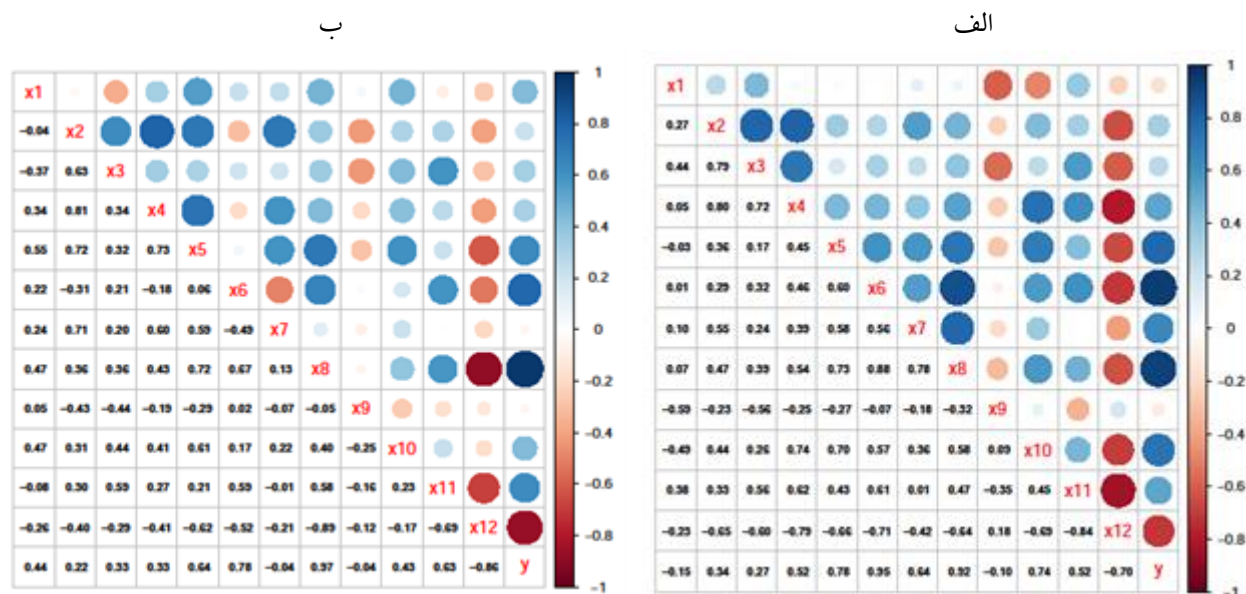
ضرائب همبستگی ساده صفات در شرایط اعمال تنش مرحله‌ی گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی و خورجین‌دهی تا برداشت در اشکال (۱ الف و ب) آورده شده است. در هر دو شرایط اعمال تنش پژوهش حاضر به ترتیب، عملکرد بیولوژیک (۰/۷۸-۰/۶۴)، شاخص برداشت (۰/۹۵-۰/۷۸) و عملکرد روغن دانه (۰/۹۲-۰/۹۷) با تمامی ویژگی‌ها رابطه مثبت و معناداری با عملکرد دانه مشاهده شد به جز ویژگی میزان پروتئین دانه و دوره

رسیدگی رشد که رابطه منفی و معنادار داشت (شکل ۱ الف و ب). ژنوتیپ‌های کلزا در شرایط مختلف عکس-العمل‌های متفاوتی را برای داشتن عملکرد بالا اعمال می‌کند. ژنوتیپ‌های با طول دوره روز تا رسیدگی کمتر یا به عبارتی زودرس‌تر دارای بالاترین عملکرد هستند و همبستگی این صفت با عملکرد دانه معنادار مشاهده شد. یکی از دلایل این امر، می‌تواند مربوط به برخورد مراحل انتهایی رشد گیاه با دمای بالا، در آخر فصل زراعی باشد. به عبارتی ژنوتیپ‌های کلزا برای جلوگیری

همکاران ۲۰۱۷ و عبوده و همکاران ۲۰۱۰ و رضایی کلو و همکاران ۲۰۱۳).

عملکرد روغن نسبت به سایر صفات بیشترین همبستگی را به عملکرد دانه داشت و پس از آن به ترتیب شاخص برداشت، طول دوره رسیدگی، طول گلدهی و تعداد خورجین در بوته بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را در سطح احتمال یک درصد نشان دادند. در پژوهش سلطانی حویزه و همکاران (۲۰۱۸) شاخص برداشت یکی از مهمترین شاخص‌های فیزیولوژیکی در زمینه بهبود عملکرد دانه بود که می‌توان با انتخاب بهبود صفات وابسته با آن عملکرد دانه را افزایش داد.

از این امر اقدام به کوتاه نمودن طول و دوره رسیدگی می‌کنند. در صورتی‌که افزایش طول دوره رسیدگی در ژنوتیپ‌های دیررس و میان‌رس موجب افزایش ریزش در خورجین‌های رسیده شده و این امر باعث کاهش عملکرد دانه با طول روز تا رسیدگی بیشتر می‌گردد. وجود همبستگی بالا و مثبت بین تعداد شاخه فرعی و تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین در هر دو تنش اعمال شده مشاهده شد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد شاخه فرعی و تعداد خورجین در بوته در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (ساندهو و



شکل ۱- تجزیه همبستگی بین عملکرد دانه و صفات مورد بررسی در مرحله ی قطع آبیاری گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین-

دهی

(الف) و مرحله ی قطع آبیاری خورجین دهی تا برداشت (ب). X1 (تعداد شاخه فرعی)، X2 (طول خورجین)، X3 (تعداد دانه در خورجین)، X4 (وزن هزار دانه)، X5 (عملکرد بیولوژیکی)، X6 (شاخص برداشت)، X7 (میزان روغن دانه)، X8 (عملکرد روغن)، X9 (پروتئین دانه)، X10 (تعداد خورجین در بوته)، X11 (طول دوره رسیدگی) و Y (عملکرد دانه).

سهم هر یک از عوامل را به طور دقیق مشخص نماید. در این خصوص نتایج تجزیه علیت ژنوتیپی در شرایط تنش مرحله اول و دوم نشان داد که بیشترین اثر مستقیم منفی طول خورجین و طول دوره رسیدگی و بیشترین اثر مثبت به ترتیب مربوط در تنش مرحله اول و دوم به ترتیب از وزن هزار دانه و عملکرد روغن دانه مشاهده شد همچنین بالاترین اثر همبستگی فنوتیپی در هر دو تنش اعمال شده

تجزیه علیت

با توجه به روابط پیچیده موجود بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد موثر بر آن، تکیه بر ضرائب همبستگی و رگرسیون گام به گام به تنهایی نمی‌تواند ملاک دقیقی برای ارائه روابط موجود بین صفات موثر بر عملکرد دانه باشد. بنابراین تفکیک این همبستگی‌ها به اثرات مستقیم و غیر مستقیم با استفاده از روش تجزیه علیت می‌تواند

جدول ۴- اثر مستقیم و غیر مستقیم همبستگی ژنوتیپی در مرحله‌ی گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین دهی

[illegible]

ادامه جدول ۴- اثر مستقیم و غیرمستقیم همبستگی ژنوتیپی بر مرحله‌ی خورجین‌دهی تا برداشت

[illegible]

عملکرد بالاتری هستند و یکی از تفاوت‌های با اهمیت مورد بررسی در تعداد روز تا رسیدگی (زودرسی) آن‌ها است. با توجه به وقوع گرمای آخر فصل و در نتیجه وجود محدودیت منبع و اختصاص بهینه مواد پرورده به سمت دانه، زودرسی یک مزیت به شمار می‌آید و رشد دانه در ژنوتیپ‌های دیررس‌تر توسط شرایط محیطی، قبل از رسیدگی متوقف شده و این امر باعث کاهش عملکرد می‌گردد.

تجزیه هیت مپ (Heatmap)

نتایج حاصل نشان داد که در هر دو تنش اعمال شده، ژنوتیپ‌ها در سه گروه جای گرفتند (شکل ۲ و ۳). قرار گرفتن ارقام مشابه در یک گروه که تفاوت زیادی با همدیگر ندارند در روش‌های گروه‌بندی از جمله هیت مپ دور از انتظار نیست. ژنوتیپ‌های مورد بررسی که از نظر کیفی دارای صفات مطلوبی هستند به همراه لاین لانگ‌پاد در گروه دوم تنش مرحله اول و گروه سوم تنش اعمال شده مرحله دوم جای گرفتند به عبارت دیگر تجزیه هیت مپ بر مبنای ویژگی‌های زراعی توانسته تا حدود زیادی ژنوتیپ‌ها را تفکیک نماید.

در گروه دوم هر دو تنش اعمال شده، ژنوتیپ‌های ۴۸۱۵ مشاهده شد که از نظر صفات عملکرد دانه، عملکرد روغن، تعداد خورجین در بوته، عملکرد بیولوژیک دارای مقادیر بالا و از لحاظ ویژگی طول دوره رسیدگی نسبت به سایر ژنوتیپ‌های دیگر دارای مقدار پایین می‌باشد. بنابراین براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش می‌

صورتی که در تنش اعمال شده مرحله دوم طول دوره گلدهی، تعداد دانه در خورجین، شاخص برداشت و عملکرد روغن دانه در یک گروه و ویژگی‌های پروتئین دانه، تعداد خورجین در بوته، تعداد شاخه در بوته، میزان روغن، ماده خشک کل، وزن هزار دانه و طول خورجین که بیشترین شباهت را با همدیگر داشتند در گروه دوم مشاهده شد (شکل ۱ و ۲).

در شرایط تنش مرحله اول ژنوتیپی عملکرد روغن از طریق تعداد بوته در متر مربع، تعداد دانه در بوته و میزان روغن و در تنش مرحله دوم ژنوتیپی عملکرد روغن از طریق میزان روغن و طول خورجین بر ویژگی عملکرد دانه تاثیرگذار بود (جدول ۴). یافته‌های تحقیقاتی جروما و همکاران (۲۰۰۸) و سلطانی هویزه و همکاران (۲۰۱۸) بر ویژگی‌های ارتفاع بوته و تعداد دانه در خورجین ارقام کلزا؛ تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه مشاهده شد بنابراین در برنامه‌های به‌نژادی امکان استفاده از این ویژگی‌ها برای بهبود عملکرد دانه ارقام بهاره کلزا پیشنهاد شده است.

در شرایط تنش مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین دهی سهم مستقیم همبستگی فنوتیپی تعداد خورجین در بوته بر عملکرد دانه ناچیز می‌باشد، در صورتی که این ویژگی به طور غیر مستقیم و مثبت از طریق افزایش شاخص برداشت بالاترین اثر را بر عملکرد دانه داشت (جدول ۵). در صورتی که در پژوهش محمدی میریک و همکاران (۲۰۲۱) تعداد کپسول در بوته بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشته است و اثر غیرمستقیم منفی از طریق سایر صفات برای آن مشاهده نگردید و موجب همبستگی به میزان ۰/۹۴ برای این ویژگی با عملکرد دانه در بوته شد. همچنین نتایج تجزیه مسیر نشان داد در شرایط تنش مرحله اول اثر مستقیم منفی فنوتیپی طول دوره گلدهی و در تنش مرحله دوم، طول دوره رسیدگی بالاترین مقدار تاثیر مستقیم منفی بر عملکرد دانه برآورد شد (جدول ۵).

تاثیر منفی ویژگی دوره رسیدگی رشد بر عملکرد دانه، نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های زودرس‌تر دارای توان با انتخاب ژنوتیپ‌های مختلف به عنوان والد از گروه‌بندی‌ها و انجام تلاقی‌های هدفمند، برای اصلاح ویژگی‌های مهم زراعی و دسترسی به لاین‌های خالص و متحمل به تنش در کلزای بهاره اقدام کرد.

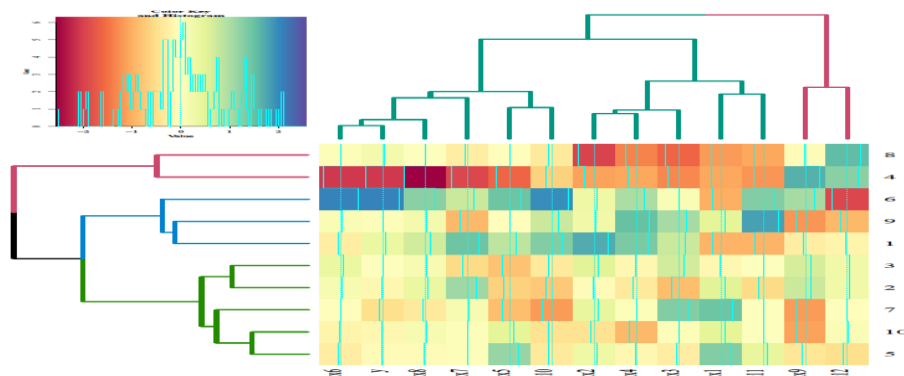
براساس نتایج صورت گرفته در مرحله اول قطع آبیاری پروتئین دانه و طول دوره رسیدگی در یک گروه و سایر ویژگی‌های دیگر در گروه دیگری جای داشت در

جدول ۵- اثر مستقیم و غیرمستقیم همبستگی فنوتیپی بر مرحله‌ی قطع آبیاری گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی

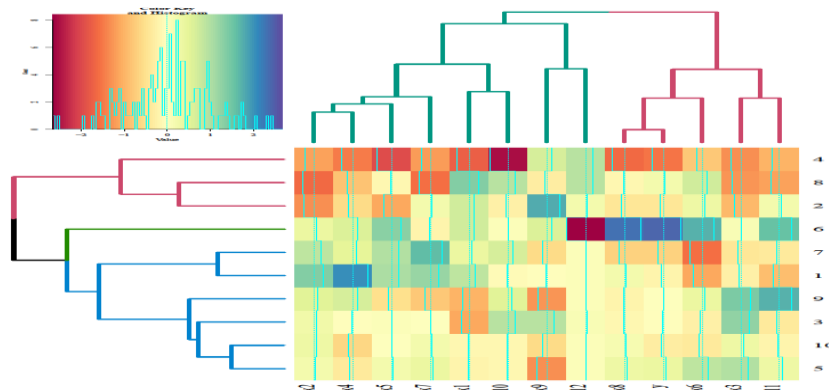
اثر غیر مستقیم													صفات
تعداد شاخه	طول خورجین	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	میزان روغن	عملکرد روغن	پروتئین دانه	تعداد خورجین در بوته	طول دوره گلدهی	طول دوره رسیدگی	اثر مستقیم	
-	-۰/۰۱۴	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۸	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	-۰/۰۱۶	۰/۰۰۳	۰/۰۱۹	-۰/۰۰۵	-۰/۰۹۹	۰/۰۱۰	-۰/۰۴۶	تعداد شاخه
-۰/۰۱۲	-	-۰/۰۱۶	۰/۱۳۴	۰/۱۰۵	۰/۲۱۳	-۰/۰۸۸	۰/۰۹۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	-۰/۰۸۷	۰/۰۳۰	-۰/۰۵۳	طول خورجین
-۰/۰۲۰	-۰/۰۴۲	-	۰/۱۲۰	۰/۰۵۰	۰/۲۲۸	-۰/۰۳۸	۰/۰۷۸	۰/۰۱۸	۰/۰۰۲	-۰/۱۴۷	۰/۰۲۸	-۰/۰۲۰	تعداد دانه در خورجین
-۰/۰۰۲	-۰/۰۴۳	-۰/۰۱۴	-	۰/۱۳۲	۰/۳۳۶	-۰/۰۶۲	۰/۱۱۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	-۰/۱۶۲	۰/۰۳۷	۰/۱۶۷	وزن هزار دانه
۰/۰۰۱	-۰/۱۹	-۰/۰۰۳	۰/۰۷۵	-	۰/۴۳۷	-۰/۰۹۲	۰/۱۵۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۷	-۰/۱۱۲	۰/۰۳۱	۰/۲۹۵	عملکرد بیولوژیک
-۰/۰۰۰۳	-۰/۰۱۵	-۰/۰۰۶	۰/۰۷۶	۰/۱۷۶	-	-۰/۰۸۸	۰/۱۸۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	-۰/۱۵۸	۰/۰۳۳	۰/۷۳۴	شاخص برداشت
-۰/۰۰۴	-۰/۰۲۹	-۰/۰۰۴	۰/۰۶۵	۰/۱۷۲	۰/۴۱۰	-	۰/۱۶۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۲	۰/۰۱۹	-۰/۱۵۹	میزان روغن
-۰/۰۰۰۸	-۰/۰۲۵	-۰/۰۰۷	۰/۰۹۳	۰/۲۱۸	۰/۶۵۲	-۰/۱۲۴	-	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	-۰/۱۲۳	۰/۰۳۱	۰/۲۰۸	عملکرد روغن
۰/۰۲۷	-۰/۰۱۲	۰/۰۱۱	-۰/۰۴۱	-۰/۰۸۰	-۰/۰۵۳	۰/۰۲۸	-۰/۰۵۴	-	۰/۰۰۰۹	۰/۰۹۱	۰/۰۱۹	-۰/۰۳۳	پروتئین دانه
۰/۰۲۲	-۰/۰۲۳	-۰/۰۰۵	۰/۱۲۴	۰/۲۰۵	۰/۴۱۶	-۰/۰۵۷	۰/۱۳۰	-۰/۰۰۳	-	-۰/۱۱۸	۰/۰۳۳	۰/۰۱۰	تعداد دانه در خورجین
-۰/۰۱۷	-۰/۰۱۷	-۰/۰۱۱	۰/۱۰۳	۰/۱۲۶	۰/۴۴۵	-۰/۰۰۱	۰/۰۹۸	۰/۰۱۱	۰/۰۰۴	-	۰/۰۳۹	-۰/۲۶۲	طول دوره گلدهی
۰/۰۱۰	۰/۰۳۴	۰/۰۱۲	-۰/۱۳۳	-۰/۱۹۳	-۰/۵۲۱	۰/۰۶۶	-۰/۱۳۷	۰/۰۲۲	۰/۰۰۱	۰/۱۸۱	-	-۰/۰۴۷	طول دوره رسیدگی
												۰/۰۰۰۲	اثر باقی‌مانده

ادامه جدول ۵- اثر مستقیم و غیر مستقیم همبستگی فنوتیپی در مرحله‌ی قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت

اثر غیر مستقیم													صفات
تعداد شاخه	طول خورجین	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	میزان روغن	عملکرد روغن	پروتئین دانه	تعداد خورجین در بوته	طول دوره گلدهی	طول دوره رسیدگی	اثر مستقیم	
-	-۰/۰۳۰	۰/۱۵۴	-۰/۰۲۶	-۰/۰۲۰	۰/۲۲۳	-۰/۰۱۸	-۰/۰۳۴	۰/۱۵۸	۰/۰۱۹	۰/۱۰۰	-۰/۰۸۸	-۰/۰۸۸	تعداد شاخه
۰/۰۰۳	-	-۰/۲۶۲	-۰/۰۶۳	-۰/۰۲۷	-۰/۳۰۹	-۰/۰۵۵	-۰/۰۲۶	۰/۱۰۴	-۰/۰۶۹	۰/۱۵۷	۰/۷۹۶	۰/۷۹۶	طول خورجین
۰/۰۳۲	۰/۴۹۸	-	-۰/۰۲۷	-۰/۰۱۱	۰/۲۰۶	-۰/۰۱۵	-۰/۰۲۶	۰/۱۴۸	-۰/۱۳۸	۰/۱۱۲	-۰/۴۱۸	-۰/۴۱۸	تعداد دانه در خورجین
-۰/۰۲۹	۰/۶۴۴	-۰/۱۴۴	-	-۰/۰۲۷	-۰/۱۸۳	-۰/۰۴۶	-۰/۰۳۱	۰/۱۴۰	-۰/۰۶۱	۰/۱۶۰	-۰/۰۷۸	-۰/۰۷۸	وزن هزار دانه
-۰/۴۸	۰/۵۷۱	-۰/۱۳۲	-۰/۰۵۷	-	۰/۰۵۹	-۰/۰۴۶	-۰/۰۵۲	۰/۲۰۵	-۰/۰۴۹	۰/۲۴۲	-۰/۰۳۷	-۰/۰۳۷	عملکرد بیولوژیکی
-۰/۰۱۹	-۰/۲۴	-۰/۰۸۶	۰/۰۱۴	-۰/۰۰۲	-	۰/۰۳۸	-۰/۰۴۸	۰/۰۵۸	-۰/۱۳۸	۰/۲۰۴	۱/۰۰	۱/۰۰	شاخص برداشت
-۰/۰۲۱	۰/۵۶۷	-۰/۰۸۳	-۰/۰۴۷	-۰/۰۲۲	-۰/۴۹۶	-	-۰/۰۰۹	۰/۰۷۲	۰/۰۰۱	۰/۰۸۱	-۰/۰۷۸	-۰/۰۷۸	میزان روغن
-۰/۰۴۱	۰/۲۸۸	-۰/۱۴۹	-۰/۰۳۳	-۰/۰۲۷	۰/۶۶۹	-۰/۰۱۰	-	۰/۱۳۴	-۰/۱۳۶	۰/۳۴۸	-۰/۰۷۳	-۰/۰۷۳	عملکرد روغن
-۰/۰۰۴	-۰/۳۴۲	۰/۱۸۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۰	۰/۰۲۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	-۰/۰۸۶	۰/۰۳۸	۰/۰۴۷	۰/۰۶۲	۰/۰۶۲	پروتئین دانه
-۰/۰۴۱	۰/۲۴۵	-۰/۱۸۳	-۰/۰۳۲	-۰/۰۲۲	۰/۱۷۲	-۰/۰۱۶	-۰/۰۲۹	-	-۰/۰۵۲	۰/۰۶۸	۰/۳۳۹	۰/۳۳۹	تعداد خورجین در بوته
۰/۰۰۷	۰/۲۳۹	-۰/۲۴۹	-۰/۰۲۰	-۰/۰۰۸	۰/۵۹۶	۰/۰۰۰۶	-۰/۰۴۲	۰/۰۷۶	-	۰/۲۷۰	-۰/۲۳۲	-۰/۲۳۲	طول دوره گلدهی
۰/۰۲۲	۰/۳۱۹	۰/۱۱۹	۰/۰۳۲	۰/۰۲۳	-۰/۵۲۴	۰/۰۱۶	۰/۰۶۵	-۰/۰۵۸	۰/۱۶۰	-	-۰/۳۹۲	-۰/۳۹۲	طول دوره رسیدگی
												۸/۵۰۶	اثر باقی‌مانده



شکل ۲- تجزیه به شیوه هیت مپ صفات مورد بررسی در مرحله ی قطع آبیاری گلدهی تا خورجین دهی. X1 (تعداد شاخه فرعی)، X2 (طول خورجین)، X3 (تعداد دانه در خورجین)، X4 (وزن هزار دانه)، X5 (عملکرد بیولوژیکی)، X6 (شاخص برداشت)، X7 (میزان روغن دانه)، X8 (عملکرد روغن)، X9 (پروتئین دانه)، X10 (تعداد خورجین در بوته)، X11 (طول دوره گلدهی)، X12 (طول دوره رسیدگی) و Y (عملکرد دانه). ارقام کلزا به ترتیب شامل (۱- لاین لانگپاد، ۲- آرام، ۳- آر جی اس ۰۰۳، ۴- جانکوم، ۵- سولار، ۶- هایولا ۴۸۱۵، ۷- مهتاب، ۸- جولوس، ۹- آگامکس، ۱۰- سالا)



شکل ۳- تجزیه به شیوه هیت مپ صفات مورد بررسی در مرحله ی قطع آبیاری خورجین دهی تا برداشت.

X1 (تعداد شاخه فرعی)، X2 (طول خورجین)، X3 (تعداد دانه در خورجین)، X4 (وزن هزار دانه)، X5 (عملکرد بیولوژیکی)، X6 (شاخص برداشت)، X7 (میزان روغن دانه)، X8 (عملکرد روغن)، X9 (پروتئین دانه)، X10 (تعداد خورجین در بوته)، X11 (طول دوره گلدهی)، X12 (طول دوره رسیدگی) و Y (عملکرد دانه). ارقام کلزا به ترتیب شامل (۱- لاین لانگپاد، ۲- آرام، ۳- آر جی اس ۰۰۳، ۴- جانکوم، ۵- سولار، ۶- هایولا ۴۸۱۵، ۷- مهتاب، ۸- جولوس، ۹- آگامکس، ۱۰- سالا)

نتیجه گیری کلی

در مجموع نتایج این تحقیق با بهره گیری از ژنوتیپ- های کلزای بهاره روابط میان ویژگی های مهم اقتصادی با سایر ویژگی های مورد بررسی را مشخص نمود.

همبستگی معنی دار عملکرد اقتصادی به عنوان مهمترین ویژگی زراعی نشان داد که می توان نسبت به گزینش غیر مستقیم این صفت اقدام نمود. در این تحقیق نتایج حاصل از همبستگی ساده، رگرسیون گام به گام، تجزیه علیت و

هیت مپ تا حدودی تاییدکننده همدیگر بودند. این نتایج نشان می‌دهد که می‌توان با توجه به همبستگی و تجزیه علیت در هر شرایط تنش اعمال شده، ویژگی‌هایی که بیشترین تاثیر را بر عملکرد دانه، از جمله شاخص برداشت، عملکرد روغن دانه، وزن هزار دانه، طول خورجین و طول دوره رسیدگی داشته‌اند را در اصلاح ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در شرایط تنش متفاوت مورد توجه قرار داد. همچنین براساس نتایج گروه‌بندی، می‌توان ژنوتیپ‌هایی را که در گروه‌های متفاوت و با فاصله از یکدیگر قرار گرفته‌اند را در برنامه‌های به‌نژادی به کار

برد و با توجه به نتایج حاصل از تجزیه‌های آماری صورت گرفته، استفاده از ژنوتیپ‌های مورد بررسی با توجه به هدف اصلاحی می‌تواند نتایج مناسبی را به‌مراه داشته باشد.

سیاسگزاری

بدینوسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که بخشی از هزینه‌های اجرای این پژوهش را بر عهده داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- Aboodeh H, Moradi Telavat M R, Moshattati A and Mousavi SH. 2020. The Response of Morphology, Yield and Components of Spring Safflower Genotypes to Different Sowing Dates. Journal of Crop Production and Processing, 9(4): 215-227. (In Persian with English Abstract). DOI: 10.47176/jcpp.9.4.22255
- Agrama HAS. 1996. Sequential path analysis of grain yield and its components in maize. Plant Breed, 115, 343-346. DOI: 10.1111/j.1439-0523.1996.tb 00931.x
- Arshadi Bidgoli M, Amiri Oghan H, Fotokian MH and Alizadeh B. 2018. Evaluation of Diversity and Relationship among Yield and Yield Components of Rapeseed Genotypes (*Brassica napus* L.). Journal of Crop Breeding, 10 (27): 115-124. (In Persian with English Abstract). DOI: 1029252/jcb.10.27.115
- Chuchert S, Nualsri Ch, Junsawang N and Soonswon, W. 2018. Genetic diversity, genetic variability, and path analysis for yield and its components in indigenous upland rice (*Oryza sativa* L. var. *glutinosa*). Songklanakarin Journal of Science and Technology, 40: 609-616.
- El-Shawy EE, El-Sabagh A, Mansour M and Barutcular, C. 2017. A comparative study for drought tolerance and yield stability in different genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences, 5(2): 151-162. DOI: 10.18006/2017.5(2).151.162
- Frooghi A, Biyabani A, Rahami Karizakiand A and Rassam, G. A. 2017. Relationships of phenology and physiological traits with the yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) in Northern Khorasan. Journal of Crop Ecophysiology, 10(4): 1007-1024. (In Persian with English Abstract).
- Garcia LF, Del Moral Y, Rharrabti D and Royo, C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An oncogenic approach. Agronomy Journal, 95: 266-274. DOI: 102134/agronj2003.0266
- Ghodrati GH. 2012. Investigation the relationship between yield and its components in promising lines of soybean. Crop Physiology, 4 (15): 59-70.
- Ghorbanzadeh Neghab M. 2015. Study of genetic diversity and relationships among quantitative and qualitative traits in different soybean (*Glycine max* L.) cultivars. Journal of Oil Plants Production, 2(1): 29-41. (In Persian with English Abstract).
- Jeromela AM, Marinkovic R, Mijic A, Zdunic Z and Jankulovska M. 2008. Correlation and path analysis of quantitative traits in winter rapeseed (*Brassica napus* L.) Agriculturae Conspectus Scientificus, 73(1): 13-18.

- Kolahkaj S and Mojtabaie Zamani M. 2019. Evaluation of quantitative characteristics of ten spring rapeseed genotypes in Ramhormoz region of Khuzestan. *Applied Research in Field Crops*, 32 (3): 10-12. (In Persian with English Abstract). DOI: 10.22092/AJ.2019.123480.1347
- Mohammadi Mirik AA, Hossein Zadeh Z and Fakheri BA. 2021. Correlation, regression and path analysis for seed yield and related traits in breeding lines derived from KO37× SE65 cross in linseed. *Journal of Plant Production Research*, 28(3): 1-12. (In Persian with English Abstract). DOI: 10.22069/JOPP.2021.16649.2523
- Rabiee M, Rahimi M and Kord-Rostami M. 2011. Study of correlation and path coefficient analysis between oil yield and agronomical characters in fourteen cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Sustainable Agriculture and Production Science*, 21(4): 18-27.
- Radic V, Balalic I, Krstic M and Marjanovic-Jeromela A. 2021. Correlation and Path analysis of yield and yield components in winter Rapeseed. *Genetika*. 53(1), 157-166. DOI: 10.2298/GENSG2101157R.
- Rahimi M, Ramezani M and Ozoni Davaji A. 2016. Investigation of path and correlation analysis of pattern and plant densities effect on two rapeseed cultivars. *Journal of Crop Breeding*, 8(19): 218-227. (In Persian with English Abstract).
- Rezaei Kloo S, Khodarahmi M and Mostafavi Kh. 2013. Study of traits in different barley types using factor analysis under terminal drought stress and without stress conditions. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(3): 149-160. (In Persian with English Abstract).
- Sadeghbakhtvari A, Ghahrmani-baktash B, Pasban-eslam B, Sarabi V and Hazrati S. 2019. Evaluation of Rapeseeds Different Genotypes Tolerance to Water Deficit Stress in East Azarbaijan Province. *Journal Crop Breed*, 11(31): 65-77. (In Persian with English Abstract). DOI: 10.29252/jcb.1131.65.
- Sandhu R, Rai SK, Bharti R, Kour A, Gupta SK and Verma A. 2017. Studies on genetic diversity among various genotypes of *Brassica napus* L. using morphological markers. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(7): 469-480.
- Shadan E, Najafi Zarrini H, Alizadeh B, Ranjbar Gh A and Kiani Gh. 2021. Correlation Relationships and Path Analysis of Traits Effective on Seed and Oil Yield in Some Canola Genotypes. *Journal of Crop Production and Processing*, 11(4): 35-50. (In Persian with English Abstract). DOI: 10.47176/jcpp.11.4.36591
- Soltani Howyzeh M, Moradi M, SakiNejad T, ZakerNejad S and Etaa A. 2018. Evaluation of the Relationships among Yield and Related Traits in Spring Canola Cultivars using Path Analysis. *Journal of Crop Breeding*, 10(27): 125-134. (In Persian with English Abstract). DOI: 10.29252/jcb.10.27.125
- Tabatabaei MT. 2020. Investigating genetic diversity and grouping for morphological traits of bread wheat under drought stress conditions. *Environmental Stresses Sciences*, 14(4): 913-928. (In Persian with English Abstract). DOI: 10.22077/escs.202.3405.1857
- Zahedi F, Mohammadi M, Nabati Ahmadi D. and Karimizadeh R. 2016. Path analysis to study morpho-physiological traits, yield and traits related to yield of lentil genotypes under rain fed condition. *Journal Plant Production*, 39(2): 71-89. . (In Persian with English Abstract). DOI: 10.22055/ppd.2016.12056
- Zeinalzadeh-Tabrizi H, Jabbari H, Parchami-Araghi F. 2022. Effect of direct cultivation and transplantation on growth and seed yield of spring canola in different plant desities under delayed conditions in Moghan region. *Production Journal*, 15(2): 137-160. (In Persian with English Abstract). DOI:10.22069/EJCP.2022.19646.2464.