Journal of Water and Soil
https://jsw.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 36, No. 3, Jul.-Agu. 2022, p. 333-349

Evaluation of Different Levels of Drip Irrigation Water on Yield and Yield Components in Canola

N. Salamati[*1], A. Danaie[2], V. Yaaghoobi[3]

Received: 23-11-2020
Revised: 13-07-2021
Accepted: 25-07-2022
Available Online: 22-09-2022

How to cite this article:
Salamati N., Danaie A., and Yaaghoobi V. 2022. Evaluation of Different Levels of Drip Irrigation Water on Yield and Yield Components in Canola. Journal of Water and Soil 36(3): 333-349. (In Persian with English abstract)
DOI: 10.22067/JSW.2022.67062.0

Introduction

Drought stress is the most important environmental factor limiting growth and development of plants worldwide. Growth reduction due to drought stress has been reported more than other environmental stresses. So far, many studies have been conducted on the relationship and correlation between important agronomic traits in rapeseed, which have introduced 1000-grain weight, number of seeds per pod and number of pods per plant as the most important traits with high correlation in yield. The results showed that the application of drought stress had an effect on the yield components of sesame and the cultivars that were more sensitive to drought stress had a greater decrease in their yield. The aims of this study were to investigate (1) the effect of consumed water volume as the independent variable on other variables of the study, and (2) the effect of total independent variables (yield components and other independent factors) on yield and water productivity (dependent variables). Finally, the most important independent variables affecting water productivity and the most sensitive variables to the amount of consumed water were determined.

Materials and Methods

In order to achieve aforementioned objectives of this study, an experiment was conducted during two growing season of 2011-2011 and 2010-2011 in Behbahan Agricultural Research Station. The experiment was conducted as randomized complete block design with 4 replications. The applied amount of water in drip irrigation was composed of four levels of 50, 75, 100 and 125% water requirement in main plots and two canola varieties Hyola 401 and RGS003 in sub plots were placed.

Results and Discussion

The results of the analysis of variance of the regression model showed that the higher absolute value of beta coefficients and t-statistic of each independent variable caused that variable to be introduced as the most sensitive independent variable affecting the dependent variable. Therefore, the independent variable of water volume, with beta coefficient of 0.860 and t-statistic of 13.246 had the greatest effect on plant height variable. In terms of yield, the studied variables (the number of pods per plant, the number of seeds per pod, and 1000-seed weight, consumed water volume, flowering period, growth period and plant height) showed 74.1% of variation (R^2 = 0.741) of dependent variable (Yield of canola). The consumed water volume with the highest absolute value of beta coefficient of 0.563 and t-statistic with 2.967 had the most significant effect on yield at the level of 1%. Among the dependent variables, the consumed water volume with the highest absolute value of beta -1.013 and t-statistic at -12.415 had the most significant effect on water productivity at the level of 1%. consumed of water volume with

1- Research Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran
(*- Corresponding Author Email: nadersalamati@yahoo.com)
2- Member of Scientific Board, Seed and Plant lmprovement Department, Khuzestan. Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran
3- Researcher, Department Research Extension and Social, Khuzestan, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran

the highest absolute value of beta coefficient of 0.563 and t-statistic with 2.967 had the most significant effect on performance at the level of 1%. The results of Pearson correlation coefficient showed that the highest correlation between the number of pods per plant and seed per pod with both plant height were calculated to be 0.763 and 0.849, respectively, indicating that increasing plant height was effective in increasing the number of pods per plant and seed per pod.

Conclusion

The results of analysis of variance of regression model showed the effect on volume of consumed water as an dependent variable through other variables (number of pods per plant, number of seeds per pod, yield, water productivity, 1000-seed weight, flowering period, growth period and plant height). Results showed a significant effect of all variables at the level of 1%, except for the variable of flowering period which had a significant effect but just at 5%. The volume of consumed water by r= 66.2% on grain yield variation in the pods, had the most significant effect on yield components. Therefore, seed number in the pods received the most negative effect from reducing water consumption due to drought stress. With increasing the growth period of canola, water productivity showed a significant decrease at 1%. The results of Pearson correlation coefficient showed that grain water productivity had a negative and significant correlation at the level of 1% with all variables. The highest correlation between water productivity (r = -0.939) was calculated with volume of consumed water, which indicates the importance of reducing water consumption in increasing canola water productivity.

Keywords: Consumed of Water volume, Evapotranspiration, Plant height, Variety

نشریه آب و خاک
https://jsw.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۳، مرداد-شهریور ۱۴۰۱، ص. ۳۴۹-۳۳۳

ارزیابی سطوح مختلف آب آبیاری قطره‌ای نواری بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

نادر سلامتی[1*]- امیرخسرو دانایی[2]- وحید یعقوبی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۳

چکیده

به منظور بررسی و ارزیابی سطوح مختلف آب آبیاری قطره‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد، بهره‌وری آب و مشخص نمودن مهم‌ترین متغیر مستقل که بیش‌ترین تغییرات در عملکرد و بهره‌وری آب را موجب گردیده از یک سو و بررسی اثر متغیر مستقل حجم آب مصرفی بر دیگر متغیرهای این پژوهش از سوی دیگر، آزمایشی در دو سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۰-۱۳۸۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده با ۴ تکرار اجرا گردید. مقدار آب در آبیاری قطره‌ای نواری در چهار سطح ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیازآبی در کرت‌های اصلی و دو رقم Hyola 401 و RGS003 در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون نشان داد که بیش‌تر بودن قدرمطلق ضرایب بتا و آماره t هر متغیر مستقل موجب شد تا آن متغیر به عنوان حساس‌ترین متغیر مستقل اثرگذار بر متغیر وابسته معرفی شود. لذا متغیر مستقل حجم آب مصرفی، با ضریب بتای ۰/۸۶۰ و آماره t به‌میزان ۱۳/۲۴۶ بیش‌ترین اثر را بر متغیر ارتفاع بوته داشت. در صفت عملکرد، متغیرهای مورد بررسی (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، و وزن هزار دانه، حجم آب مصرفی، دوره گل‌دهی، دوره رشد و ارتفاع بوته) ۷۴/۱ درصد (R^2=۰/۷۴۱) میزان نوسانات متغیر وابسته (عملکرد کلزا) را تبیین کردند. حجم آب مصرفی با بالاترین قدرمطلق ضریب بتای ۰/۵۶۳ و آماره t به‌میزان ۲/۹۶۷ بیش‌ترین اثر معنی‌دار در سطح ۱ درصد را بر عملکرد گذاشت. در بین متغیرهای وابسته، حجم آب مصرفی با بالاترین قدر مطلق ضریب بتای ۱/۰۱۳- و آماره t به‌میزان ۱۲/۴۱۵- بیش‌ترین اثر منفی و معنی‌دار در سطح ۱ درصد را بر بهره‌وری آب گذاشت. عملکرد با ضریب بتای ۰/۴۲۷ و آماره t به‌میزان ۸/۰۰۰ در رتبه‌ی دوم اثرگذاری بر بهره‌وری آب کلزا جای گرفت و این اثر در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که بیش‌ترین میزان همبستگی تعداد خورجین در بوته و دانه در خورجین هر دو با ارتفاع بوته به‌ترتیب به میزان‌های ۰/۷۶۳ و ۰/۸۴۹ محاسبه شدند که حاکی از موثر بودن افزایش ارتفاع بوته در افزایش تعداد خورجین در بوته و دانه در خورجین بود. تمامی صفات اجزای عملکرد همبستگی مثبتی با همدیگر داشتند که نشان می‌دهد کاهش هر یک از این صفات می‌تواند اثر زیان‌باری بر عملکرد کلزا در مزرعه داشته باشند. با توجه به اهمیت دانه‌های روغنی در کشور پیشنهاد می‌گردد از نتایج این تحقیق به منظور شناسایی پارامترهای متغیر اثرگذار بر پارامترهای وابسته از جمله بهره‌وری آب در کم‌آبیاری قطره‌ای گیاه کنجد نیز استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، تبخیر تعرق، حجم آب مصرفی، رقم

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: nadersalamati@yahoo.com)
۲- مربی پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
۳- محقق، بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

DOI: 10.22067/JSW.2022.67062.0

مقدمه

خشکی و تنش آب به همراه تغییر الگوهای بارندگی و حرارتی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولیدات کشاورزی می‌باشد که گیاه را از رسیدن به حداکثر توان محصول باز می‌دارد (Marjanovic-Jeromela *et al.*, 2007). تنش خشکی مهم‌ترین عامل محیطی محدودکننده رشد و نمو گیاهان در کل دنیا است. به طوری‌که کاهش رشد در اثر تنش خشکی بیش‌تر از سایر تنش‌های محیطی گزارش شده است (Afshari *et al.*, 1998). کشور ما نیز از تأثیرات سوء این پدیده اقلیمی در امان نبوده و در نیمی از زمین‌های قابل کشت، محصولات از کم‌آبی رنج می‌برند (Pasban Eslam, 2008). بنابراین استفاده بهینه از منابع آب از طریق اصلاح روش‌های آبیاری به همراه استفاده از ارقام متحمل به خشکی که بهره‌وری آب بالایی داشته باشند دو امر ضروری برای افزایش بهره‌وری از منابع موجود است (Kazi *et al.*, 2020). کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی است که نقش عمده‌ای در تأمین روغن خوراکی انسان داشته و از نظر تأمین روغن مصرفی در دنیا، مقام سوم را بعد از سویا و نخل روغنی دارد (Blum, 2012).

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه ارتباط و همبستگی صفات مهم زراعی در گیاه کلزا انجام گرفته است که صفات وزن هزاردانه، تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته را مهم‌ترین صفات با همبستگی بالا در عملکرد معرفی کرده‌اند (Pasban Eslam , 2008، Rosta baghi *et al.*, 2012 و Tuncturk *et al.*, 2007). غانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2011) همبستگی معنی‌داری بین عملکرد با تعداد خورجین در متر مربع و تعداد دانه در خورجین مشاهده کردند. آلگان و آیگان (Algan and Aygun, 2001) صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، شاخص برداشت و وزن هزار دانه را مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد دانه در کلزا معرفی کردند. دانشمند و همکاران (Daneshmand *et al.*, 2008) گزارش نمودند که در گیاه کلزا اختلاف معنی‌داری در تعداد دانه در خورجین با ساقه‌های اصلی و فرعی، طول خورجین و وزن هزار دانه در سطوح مختلف آبیاری وجود داشت. کازی و همکاران (Kazi *et al.*, 2020) گزارش کردند بین سطوح آبیاری و عملکرد دانه کلزا همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد به طوری که ۵۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه مربوط به تغییرات در سطوح آبیاری می‌باشد. نتایج به دست آمده از ارزیابی ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا نشان داد که تنش خشکی آخر فصل با کاهش تعداد خورجین در بوته سبب کاهش عملکرد دانه شد (Pasban Eslam , 2008). گوش و موخوپادهای (Ghosh and Mukhopadhyay, 1994) در یک تحقیق بر روی اجزای عملکرد دانه در کلزا گزارش نمودند که وزن هزاردانه اثر مثبت روی عملکرد دارد. در تحقیقی دیگر نشان داده شد که عملکرد گیاه کلزا تابع تراکم، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه‌ها می‌باشد که تعداد خورجین در بوته مهم‌ترین عامل مؤثر در عملکرد است (Naeemi *et al.*, 2008). جرمولا و همکاران (Jeromela *et al.*, 2008) با بررسی هم بستگی و تجزیه علیت بین صفات در ارقام کلزا گزارش نمودند که هم بستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، درصد روغن دانه و وزن هزار دانه وجود دارد. ایوانووسکا (Ivanovska *et al.*, 2007) در کلزای بهاره گزارش نمودند، عملکرد دانه بیش‌ترین همبستگی را با تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه دارند.

نتایج تحقیق شکوه‌فر و همکاران (Shokoufar and Yaghoobinejad, 2012) نشان داد اعمال تنش بر اجزای عملکرد کنجد در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر گذار بوده و ارقامی که حساسیت بیش‌تری به تنش داشتند (پاناما، TS-3 و ورامین ۲۸۲۲) در این شرایط کاهش عملکرد آن‌ها بیش‌تر بود. نتایج تحقیق اسکندری و همکاران (Eskandari *et al.*, 2010) نشان داد با افزایش شدت کمبود آب، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه کنجد در واحد سطح کاهش یافتند. تمامی این صفات همبستگی مثبتی با همدیگر داشتند که نشان می‌دهد کاهش هر یک از این صفات می‌تواند اثر زیان‌باری بر عملکرد کنجد در مزرعه داشته باشد.

مهرابی و احسان‌زاده (Mehrabi and Ehsan Zadeh, 2010) در تحقیقی نشان دادند که از میان اجزای عملکرد، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول به طور معنی‌داری بر اثر تنش خشکی کاهش یافتند. به‌علاوه عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تاثیر رژیم آبیاری قرار گرفت و کاهش یافت. آن‌ها نتیجه گرفتند که تحت شرایط تنش خشکی عملکرد دانه کنجد متأثر از اجزایی نظیر تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول کاهش می یابد. در پژوهشی دیگر نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام و رژیم های آبیاری از نظر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در شرایط تنش کم‌آبیاری عملکرد دانه کاهش و کارایی مصرف آب افزایش یافت (Eskandari *et al.*, 2010). بیشترین عملکرد دانه در گیاه کنجد، در شرایط آبیاری کامل به دست آمد و با افزایش شدت تنش کم‌آبی از عملکرد دانه کاسته شد (Dargahi *et al.*, 2014، Kassab *et al.*, 2012 و Shokoufar and Yaghoobinejad, 2012). سعیدی و همکاران (Saeidi *et al.*, 2012) گزارش کردند با افزایش تنش خشکی، عملکرد دانه کنجد کاهش می‌یابد. در آزمایش آن‌ها بیش‌ترین تعداد دانه در کپسول و بیش‌ترین تعداد کپسول در گیاه در ارقام داراب ۱۴ و سیرجان مشاهده شد. نتایج حاصل از تجزیه ضرائب همبستگی بین عملکرد دانه در بوته با صفات موجود نشان داد که در

هر دو رژیم رطوبتی، تعداد کپسول در بوته بیش‌ترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه را داشته است.

افشاری و همکاران (Afshari *et al.*, 2020) به‌منظور بررسی عملکرد و کارایی مصرف آب در گندم (چمران ۲)، کلزا (هایولا ۵۰)، سیب‌زمینی (سانته) و ذرت (۷۰۴) تحت سطوح مختلف آبیاری، پژوهشی را در مرکز تحقیقات و کشاورزی جیرفت انجام دادند. میزان آبیاری در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاهان بود. صفات عملکرد، وزن بیوماس، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب برای گیاهان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر سطوح آبیاری بر عملکرد دانه، وزن بیوماس و کارایی مصرف آب گیاهان مختلف در سطح ۱ درصد و شاخص برداشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند. با افزایش آب آبیاری، صفات عملکرد و وزن بیوماس در همه گیاهان به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. کارایی مصرف آب کلزا از ۱/۲۹ تا ۱/۸۴ کیلوگرم بر متر مکعب در نوسان بود. فرحزا و همکاران (Farahza *et al.*, 2020) با انجام پژوهشی در دشت مغان به ارزیابی وضعیت بهره‌وری آب محصولات زراعی با استفاده از شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی پرداختند. بهره‌وری فیزیکی آب محصولات گندم، کلزا، سویا، برنج، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، خربزه، یونجه، گوجه فرنگی، جو، شلیل، هندوانه، خیار و چغندرقند محاسبه شدند. بهره‌وری فیزیکی آب کلزا ۰/۶۷ و بهره‌وری اقتصادی آن معادل ۷۰۲ تومان بر مترمکعب محاسبه شدند. عباس‌پور و یزدان‌پناه (Abaspour and Yazdanpanah, 2021) به منظور بررسی تأثیر دور و روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر ویژگی‌های رشدی گیاه کلزا ، آزمایشی در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی حاجی‌آباد در استان هرمزگان انجام دادند. در این راستا، سه دور آبیاری شامل آبیاری پس از ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشت تبخیر (به‌ترتیب I_1، I_2 و I_3) و دو روش آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) انجام شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد محصول (۱/۹۷ – ۳/۱۵ تن در هکتار)، وزن هزار دانه (۴/۸۲–۳/۳۸ گرم) و تعداد دانه در خورجین (۲۴/۱–۱۴/۵) به‌ترتیب در دور آبیاری I_1 و I_3 ایجاد شد. این در حالی بود که تیمار دور آبیاری I_2 افزایش ۹/۶ درصدی کارایی مصرف آب را نسبت به دور آبیاری I_1 را به‌همراه داشت.

کلزا به عنوان یکی از محصولات مهم تامین کننده روغن خوراکی در ایران مورد اهمیت قرار دارد. لذا در هنگام بروز خشکسالی با اجرای روش کم آبیاری می‌توان با رسیدن به عملکرد و بهره‌وری آب بهینه، با کمبود آب سازگار شد. بر اساس آمارنامه کشاورزی مربوط به سال زراعی ۱۳۹۷– ۱۳۹۶، سطح زیرکشت کلزا در کشور در اراضی آبی و دیم به‌ترتیب معادل ۱۵۵۶۲۲ و ۳۵۶۲۹ هکتار و عملکرد به‌ترتیب معادل ۱۷۷۷ و ۱۴۹۵ هکتار اعلام شد. همچنین سطح زیرکشت کلزا در استان خوزستان در اراضی آبی و دیم به‌ترتیب معادل ۱۵۴۲۱ و ۲۵۸۵ هکتار و عملکرد به‌ترتیب معادل ۱۹۵۲ و ۴۳۱ هکتار اعلام گردید (Anonymous, 2019). تا کنون تحقیقاتی در ارتباط با مطالعه اثرات هم‌زمان میزان آب مصرفی بر اجزای عملکرد، عملکرد و بهره‌وری آب و همچنین اثر همه عوامل مستقل بر عملکرد و بهره‌وری آب کلزا یا انجام نشده و یا نتایج چنین تحقیقاتی تا کنون منتشر نشده است. به منظور بررسی تأثیر مقدار آب در آبیاری قطره‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد، بهره‌وری آب، ابتدا اثر متغیر مستقل حجم آب مصرفی بر متغیرهای وابسته بررسی شده و متغیر وابسته‌ای که بیش‌ترین تاثیرپذیری مستقیم از مصرف آب را داشت مشخص شد. همچنین متغیر مستقلی که بیش‌ترین اثر آماری را بر بهره‌وری آب و عملکرد داشت نیز مشخص گردید. لذا این پژوهش با هدف بررسی اثر متغیر مستقل حجم آب مصرفی بر دیگر متغیرهای این پژوهش ازیک سو انجام شده و از سوی دیگر اثر کل متغیرهای مستقل (اجزای عملکرد و دیگر عوامل مستقل) بر عملکرد و بهره‌وری آب به عنوان متغیرهای وابسته مورد ارزیابی قرار گرفتند. در پایان مهم‌ترین متغیرهای مستقل اثر گذار بر عملکرد و بهروری آب مشخص و همچنین حساس‌ترین متغیرها به مقدار آب مصرفی تعیین شدند.

مواد و روش‌ها

۱ – آزمایش‌های مزرعه‌ای: به منظور بررسی تأثیر مقدار آب در آبیاری قطره‌ای بر دو رقم کلزا آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان با طول جغرافیایی ۱۴: ْ۵۰ شرقی و َ۳۶: ْ۳۰ عرض شمالی در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های یک بار خرد شده با سه تکرار طی دو سال (۱۳۹۱ – ۱۳۸۹) اجرا گردید. محل آزمایش دارای اقلیم نیمه خشک، ارتفاع آن از سطح دریا ۳۴۵ متر و متوسط بارندگی سالانه ۳۴۹ میلی‌متر است. مقدار آب در آبیاری قطره‌ای نواری (Tape) در چهار سطح ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی در کرت‌های اصلی و دو رقم کلزا شامل هیبرید Hyola 401 و رقم RGS003 در کرت‌های فرعی مورد مقایسه قرار گرفتند. برای انجام آبیاری از لوله‌های قطره‌ای نواری با فاصله قطره‌چکان‌های ۲۰ سانتی‌متر با محدوده‌ی آبدهی از ۱/۳۸ تا ۲/۷ لیتر در ساعت و ماگزیمم فشار تحملی ۰/۲ مگاپاسکال استفاده شد (لوله‌های sunstream) برای اجرای آزمایش، ابتدا عملیات خاک‌ورزی لازم (شامل شخم، دیسک و ماله)، انجام شده و آن‌گاه براساس نتایج آزمایشات «تجزیه خاک» اقدام به کودپاشی و پخش یکنواخت علف‌کش ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار در سطح مزرعه شد. سپس کود و علف‌کش به‌وسیله دیسک سبک با خاک مخلوط گردیدند. کودهای فسفره و پتاسه بر اساس نتایج آزمون خاک قبل از کاشت به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاس از منبع سولفات پتاسیم و ۷۰ کیلوگرم فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل به خاک داده

شـد.کود نیتروژنه به میزان ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره در سـه نوبت یک‌چهارم در مرحله ۳ برگی (سـال اول ۲۰ آبان ماه و سـال دوم ۲۲ آبان ماه)، یک‌دوم در مرحله سـاقه دهی (سـال اول ۲۰ دی‌ماه و سال دوم ۲۴ دی‌ماه) و یک‌چهارم در مرحله غنچه‌دهی کامل (سـال اول ۱۸ بهمن و سال دوم ۲۳ بهمن‌ماه) مصرف گردید. کشت به روش دسـتی با تراکم ۵ کیلوگرم در هکتار روی دو طرف پشـته با فاصـله خطوط کاشـت ۳۰ سـانتی‌متر (عرض پشـته‌ها ۶۰ سانتی‌متر) انجام شـد. هر تیمار آبیاری در هر تکرار در ۲ پشـته (۴ خط کشت) به طول ۳۰ متر کشـــت گردیـد. در ســـال اول و دوم اجرای پروژه‌ی تحقیقاتی، تاریخ کاشـت و برداشـت به‌ترتیب ۱۵ آبان و ۳ اردیبهشت ثبت شد.

در هر ســـال قبل از کاشـــت، نمونه‌برداری از خاک جهت آزمون انجـام شـــد. از آب آبیـاری نمونه‌ی آب تهیه و برای اندازه‌گیری‌های خصـوصیات مورد نظر به آزمایشگاه ارسال گردید. نتایج آزمایشات آب و خاک در جدول ۱ و جدول ۲ نشـان داده شـده اسـت. در شـکل ۱ تصاویری از پروژه‌ی تحقیقاتی اجرا شده نشان داده شده است.

۲ – طرح آماری: آمار روزانه بارندگی و پارامترهای هواشـناسی از اداره هواشـناسـی سـینوپتیک بهبهان اسـتعلام گردید. برای مدیریت دقیق آبیاری، با اسـتفاده از آمار روزانه‌ی ایسـتـــگاه هواشـناســـی ســـینوپتیک بهبهان (دمای حداقل و حداکثر روزانه، رطوبت حداقل و حداکثر روزانه، سرعت باد و حداکثر ساعات آفتابی)، تبخیر– تعرق گیاه به‌صـورت روزانه بر اساس مدل پنمن – مانتیث محاسبه شد (Allen *et al.*, 1998). با پایش اطلاعات به صورت روزانه، مدت‌زمان آبیاری محاسـبه و از طریق نمونه‌برداری خاک قبل از آبیاری‌ها، رطوبت وزنی و سـپس رطوبت حجمی و در نهایت کمبود رطوبت خاک مشـخص گردید و با میزان تبخیر تعرق محاسـبه شـده از آمار روزانه هواشناسی صحت‌سنجی شد.

شکل ۱– تصاویری از پروژه‌ی تحقیقاتی اجرا شده

Figure 1- Pictures of the implemented research project

جدول ۱– نتایج تجزیه نمونه آب

Table 1- Water sample analysis results

Year	EC (µS/m)	pH	T.D.S Mg/lit	Anions (meq/l)			Cations (meq/l)		
				cl^-	$So4^{-2}$	HCO_3	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}
2010-11	1640	7.4	1140	8.8	8.0	3.2	8.0	3.2	8.8
2011-12	1790	7.4	1140	8.7	8.1	3.2	7.9	3.2	8.8

جدول ۲- نتایج تجزیه نمونه خاک آزمایش قبل از کاشت

Table 2- Sample analysis of soil samples before planting

Year سال	FC (Weigh moisture %)	*pb* (g/cm^3)	K^+ (mg/kg)	P (mg/kg)	کربن آلی Organic carbon (%)	pH	EC (dS/m)	عمق خاک Soil depth (cm)	بافت خاک Soil texture
2010-11	24	1.57	246	9.5	0.64	7.5	2.8	0-30	Silty clay loam
2011-12	24	1.57	250	9.2	0.66	7.5	3.0	0-30	Silty clay loam

به این ترتیب نیاز آبی ۱۰۰ درصد روزانه گیاه محاسبه گردید. آن‌گاه مقادیر ۵۰، ۷۵ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی برای اعمال تیمارها محاسبه شد. سپس با کنتورهای با دقت ۰/۰۰۰۱ متر مکعب میزان آب مصرفی قرائت گردید. دور آبیاری دو روز تعریف شد و برای تعیین ضرایب گیاهی بر اساس نشریه فائو ۵۶ اقدام گردید. تبخیر تعرق روزانه با استفاده از نرم‌افزار ETocalculator محاسبه شد.

آب مورد نیاز برای آبشویی مزارع مورد مطالعه بر اساس نشریه فائو ۲۹ در آبیاری قطره‌ای از رابطه زیر برآورد شدند

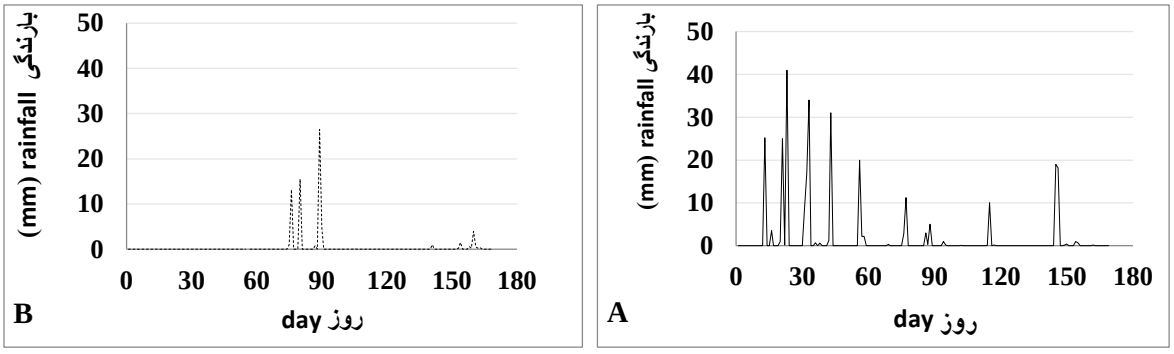
$$LR=ECw /(2Max\ ECe) \quad (۱)$$

که در آن، ECw هدایت الکتریکی آب آبیاری، ECe آستانه تحمل محصول و MaxECe شوری با عملکرد صفر است. با استفاده از فرمول (۱) نیاز آبشویی بر حسب درصد محاسبه گردید و سپس با در نظر گرفتن نیاز آبی محاسبه شده در طول فصل برای کلزا، نیاز آبشویی بر حسب میلی‌متر محاسبه شد. آستانه تحمل با ۱۰۰ درصد کاهش عملکرد (عملکرد صفر) برای محصولات مورد مطالعه از نشریه فائو ۲۹ استخراج شد. Max ECe برای کلزا معادل ۲۰ (dS/m) استخراج شد.

جدول ۳- نیاز آبی حاصل از تبخیر تعرق محاسبه شده برای تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و نیاز آبشویی (میلی‌متر) (از ۱۵ آبان تا ۳ اردیبهشت)

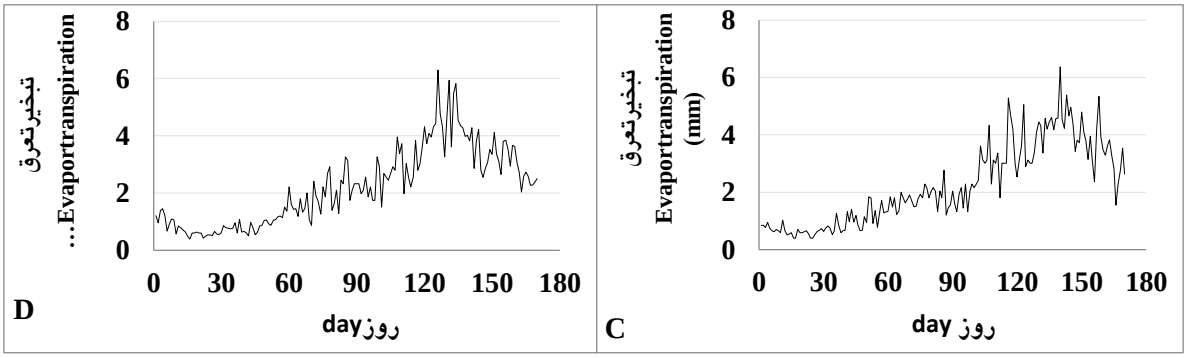
Table 3- Water requirement from transpiration evaporation calculated for the treatment of 100% water requirement and leaching requirement (mm) (from November 6 to April 23)

Year	آبان October-November	آذر November-December	دی December-January	بهمن January-February	اسفند February-March	فروردین March-April	اردیبهشت April-May	نیاز آبشویی leaching requirement	مجموع Total
2010-11	11.1	22.3	44.1	62.8	107.9	121.8	8.9	15.9	394.9
2011-12	14.4	19.9	41.9	69.2	117.4	102.2	102.2	7.2	388.6
میانگین Average	12.7	21.1	43.0	66.0	112.7	111.9	111.9	8.1	391.8



شکل ۲- بارندگی سال زراعی ۹۰-۸۹ (الف) و سال زراعی ۹۱-۹۰ (ب) (از ۱۵ آبان تا ۳ اردیبهشت)

Figure 2- Rainfall of the crop year 2010-11 (A) and crop year 2011-12 (B) (from November 6 to April 23)



شکل ۳- تبخیرتعرق روزانه محاسبه شده در سال زراعی ۹۰-۸۹ (الف) و در سال زراعی ۹۱-۹۰ (الف) (از ۱۵ آبان تا ۳ اردیبهشت)

Figure 3- Daily evapotranspiration calculated in the crop year 2010-11 (A) and crop year 2011-12 (B) (from November 6 to April 23)

راندمان آبیاری فصلی پیش‌بینی شده ۹۵٪ در نظر گرفته شد. مقدار آب مورد نیاز کلزا حاصل مجموع نیاز آبشویی (از رابطه ۱) و تبخیر تعرق روزانه در طول فصل کشت (از تاریخ ۱۵ آبان ماه تا ۳ اردیبهشت‌ماه) محاسبه گردید (جدول ۳). بارندگی روزانه در دو سال انجام آزمایش در شکل (۲- A و B) و تبخیر تعرق روزانه محاسبه شده با نرم‌افزار ETcalculator در شکل (۳- A و B) نشان داده شده‌اند.

در طول فصل زراعی طول دوره گل‌دهی ثبت شد و در پایان دوره رشد و قبل از برداشت صفاتی مانند تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، بهره‌وری آب و ارتفاع بوته اندازه‌گیری یا محاسبه گردیدند. در پایان اجرای آزمایش، تجزیه واریانس بر اساس آزمون طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده برای صفات مزبور انجام گردید. تجزیه آماری توسط نرم‌افزار MSTATC انجام شد. برای تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره خطی[1] به روش گام به گام[2] از نرم‌افزار SPSS16 بهره گرفته شد. تجزیه فوق به‌منظور تبیین میزان تغییرات متغیرهای مستقل و تعیین معادله‌ی تخمین عملکرد و بهره‌وری آب کلزا به‌عنوان متغیر وابسته انجام شد.

اثر صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، حجم آب مصرفی، دوره گل‌دهی، دوره رشد و ارتفاع بوته به عنوان پارامترهای وابسته بر عملکرد و بهره‌وری آب به‌عنوان پارمترهای مستقل بررسی شدند و این بررسی توسط آنالیز تجزیه واریانس رگرسیون و با نرم‌افزار SPSS16 انجام شد. اگر در جدول تجزیه واریانس رگرسیون، سطح معنی‌داری از ۵ درصد بیش‌تر بود با حذف پارامترهای مستقلی که نزدیک‌ترین آماره t به عدد صفر را داشتند با تجزیه رگرسیون مجدد این کار تا مرحله‌ای ادامه پیدا نمود تا سطح معنی‌داری جدول تجزیه واریانس مدل رگرسیون حداقل به زیر ۵ درصد برسد. متغیر مستقلی که ضریب t آن در جدول تجزیه واریانس رگرسیون به ۱/۹۶ یا ۲/۵۶ یا (۱/۹۶- یا ۲/۵۶-) رسید اثر آن متغیر مستقل بر متغیر وابسته به‌ترتیب در سطوح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بود. لذا متغیری که دارای بیش‌ترین قدرمطلق ضریب t در جدول تجزیه واریانس رگرسیون بود، بیش‌ترین اثر معنی دار را بر متغیر وابسته داشت. منفی یا مثبت بودن ضریب t به معنی غیرهمراستا یا هم‌راستا بودن روند تغییرات متغیر مستقل با متغیر وابسته می‌باشد. برای مقایسه آماری نتایج حاصل از پارامترهای اندازه‌گیری یا محاسبه شده از ضرایب همبستگی پیرسون استفاده شد. تجزیه و تحلیل نتایج، بر اساس معنی‌دار بودن ضرایب همبستگی متغیرهای مستقل، عملکرد و بهره‌وری آب در سطوح ۱ و ۵ درصد، انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس میانگین صفات نشان داد اثر سطوح آبیاری بر شاخص‌های تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، بهره‌وری آب، ارتفاع بوته و دوره گل‌دهی در سطح ۱ درصد معنی‌دار و بر تعداد دانه در خورجین و عملکرد در سطح ۵ درصد معنی دار بودند. ولی اثرات رقم و اثرات متقابل آبیاری و رقم بر همه شاخص‌فوق معنی‌دار نبود به‌جز ارتفاع بوته که در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند. معنی‌دار بودن اثر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص‌های فوق با نتایج تحقیقات دانشمند و همکاران (Daneshmand *et al.*, 2008)، درگاهی و همکاران (Dargahi *et al.*, 2014)، کساب و همکاران (Kassab *et al.*, 2012) و شکوه‌فر و یعقوبی‌نژاد (Shokoufar and Yaghoobinejad, 2012) مطابقت داشت (جدول ۴).

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس متغیر مستقل حجم آب مصرفی در مدل رگرسیون در جدول ۵ و ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیر مستقل حجم آب مصرفی نسبت به متغیرهای وابسته تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد، بهره‌وری آب، دوره گل‌دهی، دوره رشد و ارتفاع بوته در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در متغیر وابسته تعداد خورجین در بوته، متغیر مستقل حجم آب مصرفی، ۴۶/۴ درصد (R^2=۰/۴۶۴) میزان نوسانات متغیر وابسته (تعداد خورجین در بوته) را تبیین کرد و از طرفی معنی‌دار بودن رگرسیون و رابطه خطی بین متغیرها نیز مشخص شد (P<۰/۰۱) (جدول ۵). حجم آب مصرفی به‌ترتیب از صعودی به نزولی، به‌میزان‌های ۸۸/۲ درصد (R^2=۰/۸۸۲)، ۶۶/۲ درصد (R^2=۰/۶۶۲) و ۶۲/۸ درصد (R^2=۰/۶۲۸) از نوسانات متغیرهای وابسته بهره‌وری آب، تعداد دانه در خورجین و عملکرد را تبیین کردند. معنی‌دار بودن رگرسیون و رابطه خطی بین متغیرها نیز مشخص شد (P<۰/۰۱) (جدول ۵). کم‌ترین اثر حجم آب مصرفی بر متغیر دوره گل‌دهی با میزان ۹/۷ درصد (R^2=۰/۰۹۷)، محاسبه شد. رگرسیون و رابطه خطی بین متغیرها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). ضرایب معادلات مستخرجه از مدل نهایی رگرسیون یک متغیره برای متغیرهای وابسته تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد، بهره‌وری آب، دوره گل‌دهی، دوره رشد و ارتفاع بوته در جدول ۶ نشان داده شده است. حجم آب مصرفی، با ضریب بتای ۰/۸۶۰ و آماره t به‌میزان ۱۳/۲۴۶ بیش‌ترین اثر را بر متغیر ارتفاع بوته داشت.

1- Linear Multivariate Regression

2- Stepwise

جدول ۴- مقایسه میانگین مربعات و سطح معنی‌دار بودن عملکرد و اجزای عملکرد و بهره‌وری آب (تجزیه مرکب)

Table 4- Comparison of mean squares and significance level of yield and yield components and water use efficiency (composite analysis)

منابع تغییرات Sources of changes	درجه آزادی Degrees of freedom	تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در خورجین Number of seeds per pod	وزن هزار دانه The weight of one thousand seeds	عملکرد Yield	بهره‌وری آب Water use efficiency	ارتفاع بوته Bush height	دوره رشد Growth period	دوره گلدهی Flowering period
سال Year	1	60.1 n.s	9.0 n.s	0.000 n.s	680137.6 n.s	0.047 n.s	0.1 n.s	62.0 n.s	1.3 n.s
تکرار Repeal	6	15.5 n.s	5.9 n.s	0.098 n.s	7083.2 n.s	0.001 n.s	6.0 n.s	4.8 n.s	0.2 n.s
آبیاری Irrigation	3	865.3**	222.5**	1.104**	2312985.1*	0.854**	4023.6**	57.7 n.s	5.3**
سال* آبیاری Irrigation* Year	3	24.1 n.s	7.0 n.s	0.010 n.s	80501.0 n.s	0.002 n.s	0.9 n.s	17.2 n.s	0.1 n.s
Error خطا	18	32.6	3.3	0.088	37262.8	0.005	18.7	10.5	1.1
رقم Variety	1	885.1 n.s	30.3 n.s	0.396 n.s	6966667.4 n.s	0.084 n.s	1774.5**	284.8 n.s	40.6 n.s
سال * رقم Variety* Year	1	7.6 n.s	2.3 n.s	0.004 n.s	5283.5 n.s	0.002 n.s	0.0 n.s	5.6 n.s	0.4 n.s
سطوح آبیاری * رقم Irrigation* Variety	3	83.2 n.s	2.9 n.s	0.049 n.s	10262.2 n.s	0.009 n.s	151.1**	22.3 n.s	0.9 n.s
سال* آبیاری * رقم Variety* Irrigation* Year	3	9.2 n.s	4.4 n.s	0.006 n.s	10546.3 n.s	0.003 n.s	1.5 n.s	9.6 n.s	0.4 n.s
Error خطا	24	37.8	3.5	0.093	21460.8	0.002	5.3	6.2	0.3 n.s
ضریب تغییرات Coefficient of variation		5.27	6.78	3.93	5.16	7.67	2.74	2.04	3.85

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

**:Significant difference at 1% level, *:Significant difference at 5% level, n.s: There was no significant difference

جدول ۵- تجزیه و تحلیل واریانس متغیر مستقل حجم آب مصرفی در مدل رگرسیون برای متغیرهای وابسته

Table 5- Analysis of variance of independent variable consumed water volume in the regression model of water for dependent variables

متغیر وابسته The dependent variable	منابع تغییر Sources Change	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean squares	F محاسبه شده Value	ضریب رگرسیون The regression coefficient	ضریب تبیین R-square	ضریب تبیین تعدیل شده Corrected R-square	سطح معنی‌داری Sig
تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant	مدل Model	1	2542.513	53.583	0.681	0.464	0.455	0.000 **
	خطا Error	62	47.450					
	کل Total	63						
تعداد دانه در خورجین Number of seeds per pod	مدل Model	1	616.050	121.660	0.814	0.662	0.657	0.000 **
	خطا Error	62	5.064					
	کل Total	63						
وزن هزار دانه The weight of one thousand seeds	مدل Model	1	3.151	37.914	0.616	0.379	0.369	0.000 **
	خطا Error	62	.083					
	کل Total	63						
عملکرد Yield	مدل Model	1	6188872.171	104.713	0.793	0.628	0.622	0.000 **
	خطا Error	62	59103.062					
	کل Total	63						
بهره‌وری آب Water use efficiency	مدل Model	1	2.536	461.221	0.939	0.882	0.880	0.000 **
	خطا Error	62	.005					
	کل Total	63						
دوره گل‌دهی Flowering period	مدل Model	1	8.778	6.681	0.312	0.097	0.083	0.012*
	خطا Error	62	1.314					
	کل Total	63						
دوره رشد Growth period	مدل Model	1	118.828	7.998	0.338	0.114	0.100	0.000 **
	خطا Error	62	14.857					
	کل Total	63						
ارتفاع بوته Bush height	مدل Model	1	10939.503	175.457	0.860	0.739	0.735	0.000 **
	خطا Error	62	62.348					
	کل Total	63						

**: اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ *: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

**:Significant difference at 1% level, *: Significant difference at 5% level, n.s: There was no significant difference.

جدول ٦- ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیرهای وابسته

Table 6- Coefficients of variables in the regression equation model for dependent variables

متغیر وابسته The dependent variable	مدل Model	ضرایب غیر استاندارد Unstandardized Coefficients		ضرایب استاندارد Standardized Coefficients	t محاسبه شده t Value	سطح معنی‌داری Sig.
		ضریب B B coefficient	خطای معیار The standard error	Beta		
تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant	عدد ثابت constant number	96.925	2.830	-	.681	0.000 **
	حجم آب مصرفی consumed water volume =X_1	.006	.001	.681	7.113	0.000 **
تعداد دانه در خورجین Number of seeds per pod	عدد ثابت constant number	17.788	.924	-	19.242	0.000 **
	حجم آب مصرفی consumed water volume =X_2	.003	.000	.814	11.030	0.000 **
وزن هزار دانه The weight of one thousand seeds	عدد ثابت constant number	2.769	.118	-	23.384	0.000 **
	حجم آب مصرفی consumed water volume =X_3	.000	.000	.616	6.157	0.000 **
عملکرد Yield	عدد ثابت constant number	1865.690	99.868		18.682	0.000 **
	حجم آب مصرفی consumed water volume =X_4	.284	.028	.793	10.233	0.000 **
بهره‌وری آب Water use efficiency	عدد ثابت constant number	1.515	.030		49.723	0.000 **
	حجم آب مصرفی consumed water volume =X_5	.000	.000	-.939	-1.476	0.000 **
دوره گل‌دهی Flowering period	عدد ثابت constant number	25.731	.471		54.648	0.000 **
	حجم آب مصرفی consumed water volume =X_6	.000	.000	.312	2.585	0.012 *
دوره رشد Growth period	عدد ثابت constant number	154.219	1.583		97.397	0.000 **
	حجم آب مصرفی consumed water volume =X_7	.001	.000	.338	2.828	0.006 **
ارتفاع بوته Bush height	عدد ثابت constant number	116.900	3.244		36.040	0.000 **
	حجم آب مصرفی consumed water volume =X_8	.012	.001	.860	13.246	0.000 **

**: اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ *: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ n.s: اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

**:Significant difference at 1% level, *: Significant difference at 5% level, n.s: There was no significant difference.

رتبه دوم با ضریب بتای ۰/۸۱۴ و آماره t به‌میزان ۱۱/۰۳۰ به متغیر تعداد دانه در خورجین و رتبه‌ی سوم به عملکرد دانه رسید که دارای ضریب بتایی معادل ۰/۷۹۳ و آماره t به‌میزان ۱۰/۲۳۳ بودند (جدول ۶). لذا حجم آب مصرفی بیش‌ترین اثر خود را در بین متغیرهای وابسته بر ارتفاع بوته و دانه در خورجین نشان داد. بنابراین کاهش مصرف آب بیش‌ترین اثر کاهشی را بر ارتفاع بوته و متغیر دانه در خورجین گذاشت. همان‌طور که نتایج این تحقیق نشان داد بیش‌ترین اثر کاهش حجم آب مصرفی بعد از دانه در خورجین در عملکرد محاسبه شد که با نتایج پژوهش‌های پاسبان اسلام (Pasban Eslam, 2008) و مهرابی و احسان‌زاده (Mehrabi and Ehsan Zadeh, 2010) هم‌خوانی داشت. کاهش مصرف آب موجب کاهش دانه در خورجین، خورجین در بوته و وزن هزار دانه در سطوح مختلف تنش خشکی شده و به‌تبع آن موجب کاهش عملکرد دانه گردید که با نتایج پژوهش درگاهی و همکاران (Dargahi *et al.*, 2014)، کساب و همکاران (Kassab *et al.*, 2012)، سعیدی و همکاران (Saeidi *et al.*, 2012) و شکوه‌فر و یعقوبی‌نژاد (Shokoufar and Yaghoobinejad, 2012) مطابقت داشت.

برای متغیر وابسته عملکرد، نتایج تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون در جدول ۷ و ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون در جدول ۸ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در صفت عملکرد، متغیرهای مورد بررسی (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، و وزن هزار دانه، حجم آب مصرفی، دوره گل‌دهی، دوره رشد و ارتفاع بوته) ۷۴/۱ درصد (R^2=۰/۷۴۱) میزان نوسانات متغیر وابسته (عملکرد کلزا) را تبیین کردند و از طرفی معنی‌دار بودن رگرسیون و رابطه خطی بین متغیرها نیز مشخص شد ($P<$۰/۰۱) (جدول ۷). در بین متغیرهای وابسته، حجم آب مصرفی با بالاترین قدرمطلق ضریب بتای ۰/۵۶۳ و آماره t به‌میزان ۲/۹۶۷ بیش‌ترین اثر معنی‌دار در سطح ۱ درصد را بر عملکرد گذاشت. دوره گل‌دهی با ضریب بتای ۰/۲۰۳- و آماره t به‌میزان ۲/۲۹۱- اثر منفی و معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر عملکرد داشت (جدول ۸). به‌عبارت دیگر افزایش حجم آب مصرفی موجب افزایش معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر عملکرد شده است. ارتفاع بوته با ضریب بتای ۰/۳۱۱ و آماره t به‌میزان ۱/۶۳۰ در رتبه دوم اثر گذاری بر عملکرد قرار داشت. ولی این اثر معنی‌دار نبود (جدول ۸).

دقت در این اعداد نشان داد که بیش‌تر بودن قدرمطلق ضرایب بتا و آماره t هر متغیر مستقل موجب شد تا آن متغیر به عنوان حساس‌ترین متغیر مستقل اثر گذار بر عملکرد معرفی شود. اثر کاهشی مصرف آب در کاهش ضریب بتا و آماره t خودنمایی کرد. لذا اثر کاهشی اجزای عملکرد با کاهش مصرف آب در کم‌تر شدن میزان ضریب بتا و آماره t جلوه‌گر شد. بنابراین کاهش مصرف آب موجب کاهش ضریب بتا و آماره t گردیده و این کاهش با کاهش عملکرد همراه بود که با نتایج پژوهش‌های پاسبان اسلام (Pasban Eslam, 2008) و مهرابی و احسان‌زاده (Mehrabi and Ehsan Zadeh, 2010) هم‌خوانی داشت. کاهش مصرف آب موجب کاهش دانه در خورجین، خورجین در بوته و وزن هزار دانه در سطوح مختلف تنش خشکی شده و به‌تبع آن موجب کاهش عملکرد دانه گردید که با نتایج پژوهش درگاهی و همکاران (Dargahi *et al.*, 2014)، کساب و همکاران (Kassab *et al.*, 2012)، سعیدی و همکاران (Saeidi *et al.*, 2012) و شکوه‌فر و یعقوبی‌نژاد (Shokoufar and Yaghoobinejad, 2012) مطابقت داشت.

کاهش حجم آب مصرفی در روش آبیاری قطره‌ای در سطوح مختلف نیاز آبی از ۷۵ درصد تا ۵۰ درصد نیاز آبی موجب شد تا اثرات منفی بر میزان متغیرهای مستقل (دانه در خورجین، خورجین در بوته و وزن هزار دانه) داشته باشد. اثرات کاهش اجزای عملکرد در کاهش عملکرد موثر بود. لذا کاهش مصرف آب در کلزا موجب کاهش عملکرد شده است که با نتایج تحقیقات مهرابی و احسان‌زاده (Mehrabi and Ehsan Zadeh, 2010)، درگاهی و همکاران (Dargahi *et al.*, 2014) و اسکندری و همکاران (Eskandari *et al.*, 2010) مطابقت داشت.

جدول ۷- تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون برای متغیرهای وابسته عملکرد

Table 7- Analysis of variance in regression model for yield dependent variable

منابع تغییر Sources Change	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean squares	F محاسبه شده F Value	ضریب رگرسیون The regression coefficient	ضریب تبیین R-square	ضریب تبیین تعدیل شده Corrected R-square	سطح معنی‌داری Sig.
Model مدل	7	1042747.552	22.863	0.861	0.741	0.708	0.000 **
Error خطا	56	45607.663					
Total کل	63						

**: اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ *: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

**:Significant difference at 1% level, *: Significant difference at 5% level, n.s: There was no significant difference.

جدول ۸- ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیر و ابسته عملکرد

Table 8- Coefficients of variables in the regression equation for variables yield dependent

مدل Model	ضرایب غیر استاندارد Unstandardized Coefficients		ضرایب استاندارد Standardized Coefficients	t محاسبه شده t Value	سطح معنی‌داری Sig.
	ضریب B B coefficient	خطای معیار The standard error	Beta		
عدد ثابت constant number	3024.327	1690.663	-	1.789	0.079 n.s
تعداد خورجین در بوته=X_1 Number of pods per plant	-1.334	4.594	-0.031	-0.290	0.773 n.s
تعداد دانه در خورجین=X_2 Number of seeds per pod	3.085	14.195	0.030	0.217	0.829 n.s
وزن هزار دانه=X_3 The weight of one thousand seeds	57.077	102.175	0.052	0.559	0.579 n.s
حجم آب مصرفی =X_4 Volume of water consumption	-67.004	29.247	0.563	2.967	0.004 **
دوره گل‌دهی=X_5 Flowering period	-2.960	7.865	-0.203	-2.291	0.026 *
دوره رشد =X_6 Growth period	8.027	4.925	-0.030	-0.376	0.708 n.s
ارتفاع بوته=X_7 Bush height	3024.327	1690.663	0.311	1.630	0.109 n.s

**: اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ *: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

**:Significant difference at 1% level, *: Significant difference at 5% level, n.s: There was no significant difference.

برای متغیر وابسته بهره‌وری آب، نتایج تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون در جدول ۹ و ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون در جدول ۱۰ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در صفت بهره‌وری آب، متغیرهای مستقل مورد بررسی (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، و وزن هزار دانه، عملکرد، حجم آب مصرفی، دوره گل‌دهی، دوره رشد و ارتفاع بوته) ۹۵/۹ درصد (R^2=۰/۹۵۹) میزان نوسانات متغیر وابسته (بهره‌وری آب کلزا) را تبیین کردند و از طرفی معنی‌دار بودن رگرسیون و رابطه خطی بین متغیرها نیز مشخص شد (P<۰/۰۱) (جدول ۹). در بین متغیرهای وابسته، حجم آب مصرفی با بالاترین قدرمطلق ضریب بتای ۱/۰۱۳- و آماره t به‌میزان ۱۲/۴۱۵- بیش‌ترین اثر منفی معنی‌دار در سطح ۱ درصد را بر بهره‌وری آب گذاشت. عملکرد با ضریب بتای ۰/۴۲۷ و آماره t به‌میزان ۸/۰۰۰ در رتبه‌ی دوم اثرگذاری بر بهره‌وری آب کلزا جای گرفت و این اثر در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۰).

دوره رشد با ضریب بتای ۰/۱۴۱- و آماره t به‌میزان ۴/۳۵۳- و ارتفاع بوته با ضریب بتای ۰/۲۷۹- و آماره t به‌میزان ۳/۵۷۵- هر دو اثر منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر بهره‌وری آب داشتند. به‌عبارت دیگر با افزایش دوره رشد کلزا و ارتفاع بوته بهره‌وری آب سیری نزولی در پیش گرفت. افزایش دوره رشد و ارتفاع بوته‌ی کلزا نیازمند آبیاری و به‌تبع آن افزایش حجم آب مصرفی است. افزایش آب مصرفی موجب کاهش بهره‌وری آب کلزا گردید. لذا کاهش آب مصرفی که موجب کاهش عملکرد کلزا شده از طرفی دیگر موجب افزایش بهره‌وری شد. بنابراین با کاهش آب مصرفی، دوره رشد کلزا کوتاه‌تر، ارتفاع بوته کاهش یافته و به‌تبع آن کاهش عملکرد و افزایش بهره‌وری آب اتفاق افتاد. بنابراین کاهش مصرف آب موجب کاهش ارتفاع بوته شده که با نتایج تحقیق اسکندری و همکاران (Eskandari *et al.*, 2010) هم‌خوانی داشت. اجزای عملکرد شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه (به‌عنوان متغیرهای مستقل) اثر معنی‌داری بر بهره‌وری آب نداشتند (جدول ۱۰).

نتایج ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۱۱ نشان داد که:

عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، حجم آب مصرفی و ارتفاع بوته و همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با بهره‌وری آب داشتند. بیش‌ترین میزان همبستگی عملکرد دانه به‌ترتیب از صعودی به نزولی با صفات ارتفاع بوته، حجم آب مصرفی، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه به‌ترتیب به میزان‌های ۰/۸۲۷، ۰/۷۹۳، ۰/۷۴۳، ۰/۶۵۰ و ۰/۶۰۲محاسبه شدند (جدول ۱۱). این میزان بالای همبستگی عملکرد با اجزای عملکرد، بیان‌گر نقش مؤثر اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در خورجین در افزایش عملکرد کلزا بود. اهمیت سیرصعودی وزن هزار دانه و اجزای عملکرد در افزایش عملکرد دانه و به‌تبع آن اعمال کم‌آبیاری و وقوع تنش خشکی در کاهش عملکرد و اجزای عملکرد

کلزا با نتایج تحقیقات نعیمی و همکاران (۲۰۰۸)، جرمولا و همکاران (۲۰۰۸) و ایوانووسکا و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت و هم‌خوانی داشت. همچنین بالاترین میزان همبستگی عملکرد با اجزای عملکرد با تعداد دانه در خورجین به میزان (r=۰/۷۴۳) محاسبه شد. لذا می‌توان تعداد دانه در خورجین را به‌عنوان مهم‌ترین جزء عملکرد که افزایش یا کاهش آن به‌ترتیب بیش‌ترین میزان تاثیر را در افزایش یا کاهش عملکرد داشت معرفی نمود.

خورجین در بوته، دانه در خورجین، ارتفاع بوته، و وزن هزار دانه همگی به‌ترتیب همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با هم داشتند. بیش‌ترین میزان همبستگی ارتفاع بوته به میزان (r=۰/۸۶۰) با حجم آب مصرفی محاسبه شد که نشان دهنده نقش افزایشی حجم آب مصرفی در روند صعودی بسیار معنی‌دار ارتفاع بوته بود و رتبه‌ی بعدی به میزان (r=۰/۸۴۹) با دانه در خورجین محاسبه شد (جدول ۱۱). لذا افزایش حجم آب مصرفی موجب افزایش ارتفاع بوته و اجزای عملکرد از جمله دانه در خورجین گردیده و متعاقباً موجب افزایش عملکرد دانه شد. لذا کاهش حجم آب مصرفی و به‌تبع آن بروز تنش خشکی با اعمال کم‌آبیاری در کلزا همانند تحقیقات پاسبان اسلام (Pasban Eslam, 2008)، شکوه‌فر و یعقوبی‌نژاد (Shokoufar and Yaghoobinejad, 2012) و اسکندری و همکاران (Eskandari *et al.*, 2010) موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد شد.

جدول ۹- تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون برای متغیر وابسته بهره‌وری آب

Table 9- Analysis of variance in regression model for water use efficiency dependent variable

منابع تغییر Sources Change	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean squares	F محاسبه شده F Value	ضریب رگرسیون Regression coefficient	ضریب تبیین R-square	ضریب تبیین تعدیل شده Corrected R-square	سطح معنی‌داری Sig.
مدل Model	8	0.345	162.248	0.979	0.959	0.953	0.000 **
خطا Error	55	0.002					
کل Total	63						

**: اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ *: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

**:Significant difference at 1% level, *: Significant difference at 5% level, n.s: There was no significant difference.

جدول ۱۰- ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیر و ابسته بهره‌وری آب

Table 10- Coefficients of variables in the regression equation for variables water use efficiency dependent

مدل Model	ضرایب غیر استاندارد Unstandardized Coefficients		ضرایب استاندارد Standardized Coefficients	t محاسبه شده t Value	سطح معنی‌داری Sig.
	ضریب B B coefficient	خطای معیار The standard error	Beta		
عدد ثابت constant number	2.606	0.375	-	6.943	0.000 n.s
تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant=X_1	0.001	0.001	0.041	0.955	0.344 n.s
تعداد دانه در خورجین Number of seeds per pod=X_2	0.000	0.003	-0.010	-0.178	0.859 n.s
وزن هزار دانه The weight of one thousand seeds=X_3	0.004	0.022	0.008	0.201	0.841 n.s
عملکرد Yield=X_4	0.000	0.000	0.427	8.000	0.000 **
حجم آب مصرفی Volume of water consumption =X_5	0.000	0.000	-1.013	-12.415	0.000 **
دوره گل‌دهی Flowering period=X_6	0.000	0.007	-0.004	-0.117	0.907 n.s
دوره رشد Growth period =X_7	-0.007	0.002	-0.141	-4.353	0.000 **
ارتفاع بوته Bush height=X_8	-0.004	0.001	-0.279	-3.575	0.001 **

**: اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ *: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

**:Significant difference at 1% level, *: Significant difference at 5% level, n.s: There was no significant difference.

جدول ۱۱- ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای متغیرهای مختلف

Table 11- Pearson correlation coefficient calculated for different variables

N=64 5%=0.246 1%=0.320	تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در خورجین Number of seeds per pod	وزن هزار دانه (gr) The weight of one thousand seeds	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	بهره‌وری آب (kg/m³) Water use efficiency	حجم آب مصرفی Volume (m³/ha) of consumed water	دوره گل‌دهی (day) Flowering period	دوره رشد(day) Growth period	ارتفاع بوته Bush (cm) height
تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant	1.000	0.677**	0.574**	0.650**	-0.593**	0.681**	-0.057	0.052	0.763**
تعداد دانه در خورجین Number of seeds per pod		1.000	0.536**	0.743**	-0.746**	0.814**	0.057	0.165	0.849**
وزن هزار دانه (gr) The weight of one thousand seeds			1.000	0.602**	-0.543**	0.616**	-0.008	0.117	0.664**
عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)				1.000	-0.598**	0.793**	-0.034	0.112	0.827**
بهره‌وری آب (kg/m³) Water use efficiency					1.000	-0.939**	-0.400**	-0.461**	-0.782**
حجم آب مصرفی (m³/ha) Volume of consumed water						1.000	0.312*	0.338**	0.860**
دوره گل‌دهی (day) Flowering period							1.000	0.422**	0.008
دوره رشد(day) Growth period								1.000	0.092
ارتفاع بوته (cm) Bush height									1.000

بیش‌ترین میزان همبستگی تعداد خورجین در بوته و دانه در خورجین هر دو با ارتفاع بوته به‌ترتیب به میزان‌های ۰/۷۶۳ و ۰/۸۴۹ محاسبه شدند که حاکی از موثر بودن افزایش ارتفاع بوته در افزایش تعداد خورجین در بوته و دانه در خورجین بود. بیش‌ترین میزان همبستگی وزن هزار دانه به میزان (r=۰/۷۴۳) با دانه در خورجین محاسبه شد که نشان دهنده نقش بسیار موثر تعداد دانه در خورجین در روند صعودی وزن هزاردانه و تواماً افزایش عملکرد دانه بود (جدول ۱۱). تمامی صفات اجزای عملکرد همبستگی مثبتی با همدیگر داشتند که نشان می‌دهد کاهش هر یک از این صفات می‌تواند اثر زیان‌باری بر عملکرد کلزا در مزرعه داشته باشد و مشابه تحقیقات آلگان و آیگان (Algan and Aygun, 2001)، روستاباغی و همکاران (Rosta Baghi *et al*., 2012)، کاهش هر یک از این صفات می‌تواند اثر زیان‌باری بر عملکرد کلزا در مزرعه داشته باشد.

حجم آب مصرفی همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، دانه در خورجین، خورجین در بوته و وزن هزار دانه از خود نشان داد. دقت در اعداد همبستگی حجم آب مصرفی با اجزای عملکرد نیز قابل تامل بود. به‌طوری که این همبستگی به‌میزان (r=۰/۸۱۴) در تعداد دانه در خورجین به‌عنوان بیش‌ترین مقدار تا (r=۰/۶۱۶) در وزن هزار دانه به عنوان کم‌ترین میزان در نوسان بود. بنابراین همبستگی بسیار معنی‌دار حجم آب مصرفی با تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه بیان‌گر اهمیت فوق‌العاده مدیریت کم‌آبیاری این محصول استرتژیک دارد. میزان کم نوسان همبستگی حجم آب مصرفی با اجزای عملکرد دانه از یک سو و در کل میزان همبستگی معنی‌دار آن با اجزای عملکرد از سوی دیگر، شاخصی بسیار مهم در اهمیت توجه به حجم آب مصرفی در کشت کلزا داشت. لذا همبستگی معنی دار حجم آب مصرفی با عملکرد و اجزای عملکرد دانه نشان دهنده حساس بودن گیاه کلزا به تنش کم‌آبی و توجه به مدیریت بهینه آب در کشت کلزا دارد (جدول ۱۱).

نتیجه‌گیری

میزان اثرگذاری متغیر مستقل حجم آب مصرفی بر اجزای عملکرد، ارتفاع بوته، عملکرد و بهره‌وری آب و همچنین مشخص شدن مهم‌ترین متغیر اثرگذار بر عملکرد و بهره‌وری آب از جمله دلایلی بود که پژوهش فوق به منظور پاسخ‌گویی به این سوالات اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس مدل رگرسیون نشان داد حجم آب مصرفی به عنوان متغیر مستقل بر دیگر متغیرها (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، عملکرد، بهره‌وری آب، وزن هزار دانه، دوره گل‌دهی، دوره رشد و ارتفاع بوته) (به عنوان متغیر وابسته) اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت به جز بر متغیر دوره گل‌دهی که این اثر در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. حجم آب مصرفی با تبیین ۶۶/۲ درصد تغییرات دانه در خورجین، بیش‌ترین اثر معنی‌دار را بر اجزای عملکرد گذاشت. لذا دانه در خورجین، بیش‌ترین تاثیر منفی را از کاهش مصرف آب ناشی تنش خشکی (بدلیل اعمال سطوح مختلف آبیاری) دریافت نمود. اثرات اجزای عملکرد بر عملکرد و بهره‌روی آب نسبت به دیگر متغیرهای مورد بررسی از جمله حجم آب مصرفی معنی‌دار نبود. با افزایش دوره رشد کلزا بهره‌وری آب کاهش معنی‌دار در سطح ۱ درصد را نشان داد. نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد بهره‌وری آب دانه همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با همه متغیرها داشت. بیش‌ترین میزان همبستگی بهره‌وری آب به میزان (۰/۹۳۹- =r) با حجم آب مصرفی محاسبه شد که نشان دهنده اهمیت کاهش مصرف آب در افزایش بهره‌وری آب کلزا بود. با توجه به اهمیت دانه‌های روغنی در کشور پیشنهاد می‌گردد از نتایج این تحقیق به منظور شناسایی پارامترهای متغیر اثرگذار بر پارمترهای وابسته از جمله بهره‌وری آب در کم‌آبیاری قطره‌ای گیاه کنجد نیز استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌دلیل تقبل هزینه‌های مادی و حمایت‌های معنوی در انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Abaspour R., and Yazdanpanah N. 2021. Determining the optimal irrigation interval for canola plant in surface and subsurface drip irrigation methods in Hajiabad region. Iranian Journal of Irrigation and Drainage 2(15): 444-454. (In Persian). https://dor.org/20.1001.1.20087942.1400.15.2.17.9.
2. Afshari A., Haghighatjo P., Karandish F., Mohammadrezapour O., and Kouhestani SH. 2020. The effect of deficit irrigation on yield and water use efficiency of several main crops in Jiroft. Iranian Journal of Soil and Water Research 51(8): 2137-2148. (In Persian with English abstract). https://dx.doi.org/10.22059/ijswr.2020.284116.668336.
3. Algan N., and Aygun H. 2001. Correlation between yield and yield components in some winter rape genotypes. The Journal of Ege University, Agricultural Faculty 38: 9-15.
4. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water

requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy.
5. Anonymous. 2019. Agricultural statistics of crops. Crop year 2017-18. Statistics and Information Unit of the Ministry of Jihad Agriculture. (In Persian)
6. Blum A. 2012. Plant breeding for water limited environments. Springer, New York, 2-57.
7. Daneshmand A.R., Shirani-Rad A.H., Nrmoouhammadi Gh., Zareei Gh., and Daneshian J. 2008. Effect of irrigation regimes and nitrogen levels on seed yield and seed quality of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Science 10(3): 244-261. (In Persian with English abstract)
8. Dargahi Y., Asghari A.S., Rasulzadeh A., Aghaeifard Kh., and Ahmadian M. 2014. Effect of water deficit stress on yield, water use efficiency and harvest index of sesame (*Sesamum indicum* L.) Varites. Journal of Crop Breeding and Horticulture 2(2): 171-183. (In Persian)
9. Eskandari H., ZehtabSalmasi S., and Ghasemi-Golozani K. 2010. Evaluation of water use efficiency and grain yield of sesame cultivars as a second crop under different irrigation regimes. Journal of Sustainable Agriculture Science 2(20): 39-51. (In Persian with English abstract)
10. Farahza MN., Nazari B., Akbari MR., Naeini MS., and Liaghat A. 2020. Assessing the physical and economic water productivity of annual crops in Moghan plain and analyzing the relationship between physical and economic water productivity. Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering 11(44): 166-179. (In Persian). https://dx.doi.org/10.22125/IWE.2020.120729.
11. Ghosh D.C., and Mukhopadhyay D. 1994. Growth and productivity of Indian rapeseed (*B. compestris* L.). Growth under short and mild winter condition of west Bengal. Indian Journal of Agricultural Research 28: 239-244.
12. Ivanovska S., Stojkovski C., Dimov Z., Jeromela A.M., Jankulovska M., and Jankuloski L. 2007. Interrelationship between yield and yield related of spring canola (*Brassica napus* L.) genotypes. Fenetika 39(3): 325-332.
13. Jeromela A.M., Marinkovic R., Mijic A., Zdunic Z., and Jankulovska M. 2008. Correlation and path analysis of quantitative traits in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Agriculturae Conspectus Scientificus 73(1): 13-18.
14. Kassab OM., Mehanna H.M., and Boelill A. 2012. Drought impact on growth and yield of some sesame varieties. Applied Sciences Research 8(8): 4544-4551.
15. Kazi B.R., Oad F.C., G. Jamro H., Jamil L.A., and Lakho A.A. 2002. Correlation study between irrigation frequencies and brassica plant character. Journal of Applied Sciences 6: 625-627. https://dx.doi.org/10.3923/jas.2002.625.627.
16. Marjanovic-Jeromela A., Marinkovic R., Mijic A., Jankulovska M., and Zdunic Z. 2007. Interrelationship between oil yield and other quantitative traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Central European Agriculture 8(2): 165-170.
17. Mehrabi Z., and Ehsan Zadeh P. 2010. Investigation of the effect of drought stress on grain yield and yield components of four sesame cultivars February 16th,. Fifth National Conference on New Ideas in Agriculture. Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Faculty of Agriculture. (In Persian)
18. Naeemi M., Akbari Gh A., Shirani Rad A.H., Modares Sanavi S.A.M., Sadat Nuri S.A., and Jabari H. 2008. Evaluation of drought tolerance in different Canola cultivars based on stress evaluation indices in terminal growth duration. Electronic Journal of Crop Science and Biotechnology 1: 83-98.
19. Pasban Eslam B. 2008. Effects of planting date on yield and its components of fall cultivars of rapeseed in late season cultivation. Research final report. No. 87.75. Research, Education and Extension Organization. Iran. (In Persian). https://dx.doi.org/10.22059/ijfcs.2013.30479.
20. Rosta baghi B., Dehghani H., Alizadeh B., and Sabaghnia N. 2012. Variation and evaluation of the relationship between yield and yield components of rapeseed using multivariate methods. Journal of Crop Production and Processing 2: 53-62. (In Persian)
21. Saeidi A., Tohidi Nezhad E., Ebrahimi F., Mohammadi-Nejad G., and Shirzadi M.H. 2012. Investigation of water stress on yield and some yield components of sesame genotypes in Jiroft region. Journal of Applied Sciences Research 8(1): 243-246.
22. Shokoufar A.R., and Yaghoobinejad S. 2012. The effect of drought stress on yield components of Sesame (*Sesumum indicum* L.) cultivars. Journal of Agriculture and Plant Breeding 8(4): 19-29. (In Persian with English abstract)
23. Tuncturk M., and Siftci V. 2007. Relationships between yield and some yield components in rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars by using correlation and path analysis. Pakistan Journal of Botany 39: 81-84.32.
24. Zhang H., Flottmann S., and Milroy S P. 2011. Yield formation of canola (*Brassica napus* L.) and associated traits in the high rainfall zone. Australian Research Assembly on Brassicas 17: 93-98.