

Research Article

Evaluation of Physical and Economic Productivity of Irrigation Water in Canola Cultivation (Case study: Behbahan)

Nader Salamati^{1*}, Mansour Moayeri² and Fariborz Abbasi³

Received: Decmber 22, 2021

Accepted: May 18, 2022

Received in Revised: May 9, 2022

Published online: September 23, 2023

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.

2-Research Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Department, Safiabad Dezful Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran

3-Professor of Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

*Corresponding Author, E-mail:nadersalamati@yahoo.com

Abstract

Background and Objectives

A large part of Iran is located in arid and semi-arid climates. Despite the existing shortcomings, agricultural in Iran is highly dependent on applied irrigation water. Water is considered as the most important and limiting input of agricultural production in Iran (Zibai, 2007). Rapeseed (*Brassica napus* L.) is the third annual oil crop in the world after palm oil and soybeans, which is cultivated for its edible oil and is easily replaced by cereals (Anonymous, 2013). The main goal for improving agricultural water productivity in the world is to increase agricultural products with less water consumption, thus reducing the share of water in the agricultural sector and allocating more water to other uses and, most importantly, the water needs of the environment (Heydari, 2014). So far, no report has been presented on the evaluation of different irrigation systems in rapeseed cultivation in East Khuzestan. The main purpose of this article was to measure irrigation water of rapeseed in Behbahan city and compare their physical and economic water productivity. In this way, the physical and economic productivity of water under different agricultural management and in irrigation systems can be compared and evaluated.

Methodology

This project was implemented in the field to determine canola irrigation water demand under the management of farmers in Behbahan city. In 26 farms, the volume of canola irrigation water (without interfering with their irrigation program) was measured. To determine the volume of irrigation water, the amount of inflow from the selected water source was measured with a suitable device (WSC flume, meter or ultrasonic flow meter). Linear multivariate regression analysis was used to investigate the effects of the independent variable on the above dependent parameters. Water requirement was calculated based on the FAO Penman-Monteith model using the daily statistics of Behbahan Synoptic Meteorological Station (minimum and maximum daily temperature, minimum and maximum daily



humidity, wind speed and maximum sunny hours) and using ETCalculator software. One-way analysis of variance was used to show a statistically significant difference between the means of two or more independent groups. To compare physical and economic productivity indices of irrigation water, there was a need to resolve the difference. Therefore, the standard Z-Score standardization method was used to resolve the scale difference. SPSS16 software was used for statistical analysis.

Findings

The average irrigation water productivity in 26 farms ranged from 0.351 to 1.545 kg per cubic meter and economic water productivity ranged from 6940 to 3719660 Rials per cubic meter. Irrigation water volume with t-statistic (-11.193) and equivalent beta coefficient (-0.056) had a significant negative effect at the level of 1% on the irrigation water productivity and a significant negative effect at level 5% had on the economic water productivity. The method of irrigation of selected farms (surface or sprinkler) had a significant effect at the level of 5% on the physical and economic irrigation water productivity. The calculated scores according to Z-Score showed that 31% of the farms that had sprinkler irrigation system were in good condition in terms of physical and economic productivity of irrigation water and none of the farms in the surface irrigation system were ranked well in terms of irrigation water productivity, but 8% of the irrigation farms had good economic productivity. The results of Pearson correlation coefficient showed that rapeseed yield had a positive and significant correlation at the level of 1% and 0.608 with irrigation water productivity, while yield had no significant correlation with economic water productivity.

Conclusion

Comparison of the results of average traits showed that the implementation of sprinkler irrigation system in the studied farms has increased the physical and economic productivity of irrigation water. The high cost of implementing the sprinkler irrigation system in agricultural lands has not caused these farms to have lower physical and economic productivity than surface irrigation farms, instead the cost of implementing the irrigation system during ten years of using this system has led to better management use of irrigation water, increase the physical and economic productivity of irrigation water. This management is mainly implemented by irrigation and drainage companies by shortening the irrigation period and increasing irrigation times. Prevents grain filling and by adjusting the irrigation hour at each irrigation time by moving the sprinklers by irrigation workers, prevents water wastage and deep percolation of water from the root zone and compared to surface irrigation from water losses prevents the end of irrigation furrows. This management, along with reducing labor costs while keeping the canola crop, has reduced costs and increased the physical and economic productivity of irrigation water.

Keywords: Analysis of variance, Canola irrigation, Regression, The correlation coefficient

مقاله پژوهشی

ارزیابی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری در کشت کلزا (مطالعه موردی بهبهان)

نادر سلامتی^{۱*}، منصور معیری^۲ و فریبرز عباسی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۸

تاریخ دریافت و ویرایش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۹

تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۷/۱

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

۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفا آباد دزفول، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.

۳- استاد پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیک: nadersalamati@yahoo.com

چکیده

این تحقیق با هدف مطالعه‌ای میدانی برای پایش مزرعه‌ای آب آبیاری کلزا تحت مدیریت کشاورزان در فصل زراعی (۱۳۹۹-۱۳۹۸) در ۲۶ مزرعه شهرستان بهبهان در استان خوزستان انجام شد. نیاز آبی بر اساس مدل فائو پنمن - مانیتیت با استفاده از آمار روزانه‌ی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بهبهان محاسبه شد. برای بررسی اثرات متغیر مستقل بر پارامتر وابسته بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب از تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره خطی استفاده گردید. برای نشان دادن آماری تفاوت معنی‌دار بین میانگین دو یا چند گروه مستقل از آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد. میانگین بهره‌وری آب آبیاری در ۲۶ مزرعه از ۰/۳۵۱ تا ۱/۵۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب، بهره‌وری اقتصادی آب از ۶۹۴۰ الی ۳۷۱۹۶۰ ریال بر مترمکعب و حجم آب آبیاری ۲۱۶۰ لغایت ۵۶۰۱ مترمکعب در هکتار در نوسان بودند. حجم آب آبیاری با آماره‌ی t به میزان (۱۱/۱۹۳-) و ضریب بتایی معادل (۱/۰۵۶-) اثر منفی معنی‌دار در سطح ۱ درصد بر بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری و اثر منفی معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر بهره‌وری اقتصادی آب داشت. روش آبیاری مزارع انتخابی (سطحی یا بارانی) اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری داشتند. میزان‌های متناسب با Z-Score محاسبه شده نشان دادند که معادل ۳۱ درصد از مزارعی که دارای سامانه آبیاری بارانی بودند وضعیت خوبی از نظر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری داشتند و هیچ یک از مزارع دارای سامانه آبیاری سطحی نتوانستند از نظر بهره‌وری فیزیکی در رتبه خوب قرار گیرند ولی ۸ درصد از مزارع آبیاری سطحی بهره‌وری اقتصادی خوبی داشتند. همچنین نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد و به میزان ۰/۶۰۸ با بهره‌وری فیزیکی داشت درحالی که عملکرد همبستگی معنی‌داری با بهره‌وری اقتصادی نداشت. لذا می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که عوامل مدیریتی از جمله اجرای سامانه آبیاری بارانی اثر مستقیم بر بهره‌وری اقتصادی داشتند و به تبع افزایش تعداد نوبت‌های آبیاری در مزارع بزرگ دارای سامانه بارانی موجب گردید تا بهره‌وری اقتصادی این مزارع افزایش معنی‌داری نشان دهند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری کلزا، آنالیز واریانس، رگرسیون، ضریب همبستگی،

مقدمه

بخش وسیعی از گستره ایران در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک واقع شده است. با وجود کمبودهای موجود، کشاورزی ایران به شدت به آب آبیاری وابسته است. به طوری که آب به عنوان مهم ترین و محدودکننده ترین نهاده تولید کشاورزی در ایران به شمار می رود (زیبایی ۲۰۰۷). کلزا (*Brassica napus* L.) پس از نخل روغنی و سویا سومین گیاه روغنی یک ساله جهان است که به خاطر روغن خوراکی آن کشت شده و به راحتی در تناوب با غلات قرار می گیرد (بی نام ۲۰۱۳). بر اساس آمارنامه کشاورزی مربوط به سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸، سطح زیرکشت کلزا در کشور در اراضی آبی و دیم به ترتیب معادل ۱۴۷۰۹۹ و ۳۶۳۳۲ هکتار و عملکرد به ترتیب معادل ۱۷۷۴ و ۹۳۹ کیلوگرم در هکتار اعلام شد. همچنین سطح زیرکشت کلزا در استان خوزستان در اراضی آبی و دیم به ترتیب معادل ۳۶۵۷۹ و ۸۰۰۰ هکتار و عملکرد به ترتیب معادل ۱۶۵۵ و ۸۵۰ کیلوگرم در هکتار اعلام گردید (بی نام ۲۰۲۱).

بهره‌وری آب به مقدار محصولی گفته می‌شود که از هر واحد حجم آب آبیاری به دست می‌آید (عباسی و همکاران ۲۰۱۷). هدف اصلی در بهبود بهره‌وری آب کشاورزی در جهان، افزایش بیشتر محصولات کشاورزی با مصرف آب کمتر است تا از این طریق امکان کاهش سهم آب بخش کشاورزی و تخصیص بیشتر آب به سایر مصارف و از همه مهم‌تر نیاز آبی محیط زیست فراهم آید (حیدری ۲۰۱۴) در واقع می‌توان ادعان داشت، موضوع ارتقای بهره‌وری آب در تولید مواد غذایی از مسائل اساسی در کشورهای مختلف جهان و بخصوص کشورهای کم‌آب نظیر ایران است (زمانی و همکاران ۲۰۱۵). از آن جایی که بیش از ۹۰ درصد روغن مصرفی در ایران به صورت واردات تأمین می‌شود، بنابراین تولید دانه‌های روغنی در سالهای اخیر در اولویت قرار گرفته است (کاشین و همکاران ۲۰۱۴).

در تحقیقی که در استان خراسان رضوی انجام شد میانگین عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری فیزیکی آب کلزا در تمامی مزارع شهرستان‌های استان خراسان رضوی به ترتیب ۲۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، ۵۱۰۰ مترمکعب در هکتار و ۰/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شدند (حقیقی و همکاران ۲۰۱۸). در یک پژوهش، برخی فناوری‌های به‌زراعی مانند تغییر روش‌های خاک‌ورزی، اصلاح ابعاد کرت آبیاری، تغییر ارقام گیاهی و اصلاح برنامه کودی در ۴ مزرعه‌ی کلزا که شامل مزارع تیمار و شاهد بودند، اعمال شدند. ۴ مزرعه کلزای مذکور در شهرستان‌های اسکو و عجب‌شیر در حوضه‌ی شرقی دریاچه ارومیه واقع گردیده‌اند. تعداد ۵ نوبت آبیاری در مزارع ثبت شدند و در مزارع تیمار و شاهد شهرستان عجب شیر مقادیر تجمعی میزان آب آبیاری به ترتیب ۵۵۵ و ۶۱۰ میلی‌متر و در شهرستان اسکو این مقادیر به ترتیب ۶۱۵ و ۵۳۴ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. بهره‌وری آب ۴ مزرعه فوق به ترتیب ۰/۷۴، ۰/۶۵، ۱/۱۱ و ۰/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شدند (سنگ‌تراشان و همکاران ۲۰۲۱).

برای ارزیابی تأثیر آبیاری بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب سه هیبرید مرسوم کلزا آزمایش‌هایی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان میاندوآب انجام شد. هشت تیمار سطوح آبیاری به ترتیب معادل ۱۲۰، ۱۱۰، ۱۰۰، ۹۰، ۸۰، ۷۰، ۶۰ و ۵۰ درصد نیاز خالص آبیاری محاسبه شده با روش فائو پنمن مانیتیت فائو در نظر گرفته شدند. کم‌ترین و بیش‌ترین عملکرد بین ۱۴۴۹ و ۳۹۹۷ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب از ۰/۷۸ تا ۱/۰۷ کیلوگرم بر مترمکعب در سال اول تحقیق متغیر بودند. مقادیر متناظر در سال دوم در عملکرد بین ۱۳۸۱ تا ۳۹۲۸ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب بین ۰/۷۵ تا ۱/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب در نوسان بودند (رحیمی و همکاران ۲۰۲۰).

در پژوهشی دیگر که به منظور اندازه‌گیری و مقایسه بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری در دو سامانه

۱۰۰ درصد نیاز آبی به میزان‌های ۱۴۸۲/۶ و ۲۴۲۲/۲ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم این مقادیر متناظر به- ترتیب ۱۸۰۶/۵ و ۲۳۲۰/۹ کیلوگرم در هکتار محاسبه شدند. به‌عنوان یک نتیجه اظهار کردند که در شرایط آب و هوایی معتدل سرد، تاریخ کاشت دارای اهمیت بیشتری نسبت به عامل آبیاری در آزمایش آن‌ها بود (مرادی و همکاران ۲۰۱۸).

افشاری و همکاران (۲۰۲۰) به‌منظور بررسی عملکرد و بهره‌وری 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 بهره‌وری آب برای گیاهان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر سطوح آبیاری بر عملکرد دانه، وزن بیوماس و بهره‌وری 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. بهره‌وری آب کلزا از ۱/۲۹ تا ۱/۸۴ کیلوگرم بر متر مکعب در نوسان بود.

در تحقیقی که به‌منظور مقایسه حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب گندم در روش‌های مختلف آبیاری در شهرستان بهبهان انجام شد نتایج تغییرات ضرایب همبستگی نشان داد تغییرات شاخص نوبت‌های آبیاری با روند تغییرات عمق آب آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. تغییرات نوبت‌های آبیاری با تغییرات عمق آب آبیاری ناهم‌سو بود. هر چه تعداد نوبت‌های آبیاری بیشتر شده عمق آب آبیاری کاهش پیدا می‌کند. درست مثل حالتی که در آبیاری بارانی و یا سطحی اتفاق می‌افتد به‌طوری که بیش‌ترین نوبت‌های آبیاری با کم‌ترین عمق‌ها در آبیاری بارانی بوده و برعکس این حالت در آبیاری سطحی اتفاق افتاد (سلامتی و همکاران ۲۰۲۰). فرح‌زا و همکاران (۲۰۲۰) با انجام پژوهشی در دشت مغان به ارزیابی

آبیاری سنتی و مدرن برای محصولات عمده زراعی شامل گندم، جو، کلزا، یونجه و ذرت علوفه‌ای در شهرستان شهریار انجام گردید، نتایج نشان داد میزان مصرف آب در مزارع سنتی و مدرن کلزا به‌ترتیب معادل ۵۶۰۰ و ۳۹۰۰ مترمکعب در هکتار و عملکرد متناظر نیز به‌ترتیب ۲۳۵۵ و ۲۸۵۰ کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری و محاسبه شدند. لذا میزان بهره‌وری آب مزارع سنتی و مدرن به‌ترتیب معادل ۰/۴۱۷ و ۰/۷۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب و همچنین میزان بهره‌وری اقتصادی آب به ترتیب مذکور معادل ۲۰۳۳/۷۳ و ۱۱۵۹/۹۹ تومان بر مترمکعب محاسبه شدند (بهرامی و همکاران ۲۰۲۰). آزمایشی در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک-های کامل تصادفی و در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق مشهد در استان خراسان رضوی اجرا شد که در آن چهار سطح تامین نیاز آبی شامل ۱۰۰ (شاهد)، ۸۰، ۶۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی کلزا در کرت‌های اصلی و چهار رقم کلزا زرفام، اکاپی، اس ال ام ۰۴۶ و لیکورد در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. میانگین مصرف آب در شرایط شاهد در همه ارقام معادل ۳۵۰۰ مترمکعب در هکتار آب محاسبه و در تیمار تنش شدید (۵۰ درصد تامین نیاز آبی) معادل ۱۷۵۰ متر مکعب در هکتار بود (وفابخش و همکاران ۲۰۰۹).

آزمایشی در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. در این آزمایش تاریخ کاشت کلزا (۱۵ مهر و ۱۰ آبان) و قطع آبیاری (آبیاری نرمال (شاهد) و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد) به‌عنوان کرت‌های اصلی و ۶ رقم کلزا شامل: BAL4, BAL1, HW2, HW1, SW102 و OKAPI) رقم شاهد) به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که عملکرد در سال اول در ارقام از ۱۷۶۴/۶ لغایت ۲۰۲۲/۹ کیلوگرم در هکتار و در سال

دوم از ۱۹۲۵/۹ لغایت ۲۵۳۵/۶ کیلوگرم در هکتار در نوسان بودند. در تیمارهای آبیاری در سال اول کم‌ترین و بیش‌ترین عملکرد به‌ترتیب در تیمارهای ۵۰ و

I_2 افزایش ۹/۶ درصدی کارایی مصرف آب را نسبت به دور آبیاری I_1 را به همراه داشت.

بهره‌وری اقتصادی آب در مورد گندم، سیب زمینی، یونجه، جو و کلزا در شهرستان اردبیل با استفاده از جمع آوری داده‌های مقطعی در قالب یک طرح تحقیقی، برای سال ۲۰۱۸ با ۱۰۸۷ پرسش‌نامه تکمیل شده توسط کشاورزان منطقه محاسبه شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای Excel، SPSS و EViews مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ارزش اقتصادی آب آبیاری پس از تجزیه و تحلیل نتایج برای محصولات گندم، سیب زمینی، یونجه، جو و کلزا به ترتیب ۰/۰۲۶، ۰/۰۹۲، ۰/۰۲۲، ۰/۰۲۲۵ و ۰/۰۴۷۴ دلار آمریکا در متر مکعب بود. از آنجایی که این بهره‌وری‌های اقتصادی محاسبه شده برای محصولات مختلف بسیار بالا است، تولید محصولات مورد نظر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است و آب مصرف شده توجیه اقتصادی دارد. قیمت تامین آب در دشت اردبیل بین ۰/۰۸۷۷ تا ۰/۰۱۷۵ دلار آمریکا در متر مکعب متغیر است که با قیمت واقعی تفاوت قابل توجهی دارد (نوری خواجه بلاغ و همکاران، ۲۰۲۱).

یک مطالعه میدانی ۲ ساله (۱۸-۲۰۱۶) در آب و هوای مرطوب در شمال ایران به منظور بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف زهکشی بر کارایی مصرف آب سبز (GWUE)، بهره‌وری اقتصادی آب (EWP) و عملکرد انجام شد. تیمارها شامل زهکشی سطحی (کنترل) و سه سیستم زهکشی زیرسطحی معمولی بودند. شاخص سطح برگ (LAI) و وزن خشک کل به طور تصادفی در طی مراحل مختلف رشد اندازه‌گیری شد. سپس از صفات برای تعیین نرخ رشد محصول و نرخ رشد نسبی استفاده شد. زهکشی زیرسطحی به طور قابل توجهی باعث بهبود عملکرد و شاخص‌های رشد و همچنین GWUE و EWP در مقایسه با شاهد، با اثربخشی در فصل مرطوب شد. افزایش بازده، GWUE و EWP در سیستم‌های زهکشی زیرسطحی در مقایسه با زهکشی سطحی به ترتیب از ۸۹۰-۴۶۰ و ۱۰۹۰-۸۲۵ کیلوگرم در هکتار، ۰/۱۳-۰/۲۵

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 چغندر قند محاسبه شدند. بهره‌وری فیزیکی آب کلزا ۰/۶۷ و بهره‌وری اقتصادی آن معادل ۷۰۲ تومان بر مترمکعب محاسبه شدند.

در تحقیقی که در مدت دو سال در ایستگاه شهید زنده روح جوپار کرمان اجرا گردید از سه تیمار آبیاری قطره‌ای برای کشت کلزا استفاده شد. تیمارهای سطوح آبیاری شامل تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی کلزا بودند. نتایج به دست آمده در هر دو سال پژوهش نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، بیشترین عملکرد را در بین تیمارهای سطوح مختلف آبیاری به خود اختصاص داد. در تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی کلزا، عملکرد به ترتیب در سال اول ۱۱۴۴/۱۲، ۲۲۰۸/۹۷ و ۲۸۰۱/۰۵ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب در تیمارهای فوق به ترتیب ۰/۵۴، ۰/۶۹ و ۰/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شدند. در سال دوم مقادیر فوق به ترتیب ۱۰۷۹/۶۹، ۲۰۲۷/۹۲ و ۲۶۳۱/۶۵ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب به ترتیب ۰/۵۴، ۰/۶۸ و ۰/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردیدند (کوهی چله کاران و همکاران ۲۰۲۱). عباس‌پور و یزدان‌پناه (۲۰۲۱) به منظور بررسی تأثیر دور و روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرزمینی 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 (به ترتیب I_1 ، I_2 و I_3) و دو روش آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرزمینی) 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) به ترتیب در دور آبیاری I_3 و I_1 ایجاد شد. این در حالی بود که تیمار دور آبیاری

این تحقیق به صورت میدانی و به منظور ارزیابی حجم آب آبیاری کلزا و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری تحت مدیریت کشاورزان در فصل زراعی (۱۳۹۸-۱۳۹۹) در سطح شهرستان بهبهان اجرا شد. بدین صورت که در ۲۶ مزرعه از مزارع کشاورزان، حجم آب آبیاری کلزا (بدون دخالت در برنامه آبیاری آنها) اندازه‌گیری شدند. اطلاعات پایه شامل مشخصات و موقعیت مزرعه، بافت خاک، EC خاک و آب آبیاری با استفاده از نمونه برداری از آب و خاک مزرعه تعیین شدند. منابع آبی مزارع طوری انتخاب گردیدند که عوامل مختلف از جمله روش آبیاری، بافت خاک و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. حجم آب آبیاری کلزا زیر هر منبع آبی در طول یک فصل زراعی با اندازه‌گیری دبی منبع آبی و زمان کارکرد آن تعیین شد.

برای تعیین حجم آب آبیاری، ابتدا مقدار دبی خروجی از منبع آبی انتخاب شده، با وسیله مناسب (فلوم WSC، کنتور و دستگاه دبی سنج اولتراسونیک) اندازه‌گیری شدند. ویژگی‌های مزارع شامل روش آبیاری، منبع آب آبیاری (سطحی، زیرزمینی)، نوع شبکه (مدرن، سنتی)، موقعیت دقیق مکانی با GPS، سطح زیرکشت هر محصول و سطح کل اراضی زیر منبع آبی، بافت خاک مزارع، هدایت الکتریکی خاک و آب آبیاری مورد استفاده، اندازه‌گیری و ثبت گردید. نیاز آبی خالص به روش فائو پنمن - مانیتث با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بهبهان تهیه و تعیین شد. عملکرد محصول در پایان فصل زراعی نیز با مشاهده فاکتورهای فروش و برگه‌های باسکول بهره‌بردارانی که مزارع آنها تحت مطالعه بود مشخص گردید و بهره‌وری آب آبیاری تعیین و مقایسه شدند. آب مورد نیاز برای آبخویی مزارع مورد مطالعه بر اساس نشریه فائو ۲۹ در آبیاری سطحی و بارانی از رابطه زیر برآورد شدند (بی‌نام، ۱۹۸۵):

و ۰/۲۲-۰/۲۹ کیلوگرم در متر مکعب و ۰/۰۸-۰/۰۴ و ۰/۰۹-۰/۰۷ دلار متغیر بود در فصول زراعی ۱۷-۲۰۱۶ و ۱۸-۲۰۱۷. میانگین شاخص سطح برگ در منطقه زهکشی شده زیرسطحی به ترتیب ۲۴ الی ۲۳ درصد و ۵ الی ۱۰ درصد بیشتر از کنترل در فصل رشد اول و دوم بود. نتایج نشان داد که یک سیستم زهکشی زیرسطحی مناسب و همچنین یک استراتژی مدیریتی برای جلوگیری از اثرات نامطلوب احتمالی غرقابی در فصول مرطوب و افزایش بهره‌وری زمین و آب در منطقه مورد مطالعه ضروری است (اصغری و همکاران، ۲۰۲۰).

تا کنون در مورد ارزیابی سامانه‌های مختلف آبیاری در کشت کلزا در شرق خوزستان گزارشی ارائه نشده است، بنابراین مقاله حاضر با هدف تعیین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری کلزا، تحت مدیریت‌های زراعی مختلف و در سامانه‌های متفاوت آبیاری انجام شده است. هدف اصلی این مقاله اندازه‌گیری میدانی آب آبیاری مزارع کلزا در سطح شهرستان بهبهان و مقایسه بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آنها بود. تا بدین وسیله میزان بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب تحت مدیریت‌های زراعی مختلف و در سامانه‌های آبیاری مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرند. همچنین اثر کل متغیرهای مستقل (سطح سواد بهره‌بردار، منبع آب، نوع شبکه بهره‌بردار، سطح کل بهره‌بردار، سطح زیرکشت کلزا، بافت خاک، طول دوره رشد، روش آبیاری، نوبت‌های آبیاری و عملکرد) بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب به عنوان متغیر وابسته مورد ارزیابی قرار گرفتند. در پایان مهم‌ترین متغیرهای مستقل اثر گذار بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری مشخص شدند.

مواد و روش‌ها

$$LR = EC_w / (5EC_e - EC_w)$$

[۱]

اثر آن متغیر مستقل بر متغیر وابسته به ترتیب در سطوح ۵ و ۱ درصد معنی دار 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 می باشد. از ضرایب همبستگی پیرسون برای مقایسه آماری نتایج پارامترهای اندازه گیری یا محاسبه شده استفاده شد. بر اساس معنی دار بودن روند تغییرات ضرایب همبستگی در سطوح ۱ و ۵ درصد و هم سو یا ناهم سو بودن این روند تغییرات، نتایج تجزیه و تحلیل شدند.

نیاز آبی بر اساس مدل فائو پنمن-مانتیت با استفاده از آمار روزانه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بهبهان (دمای حداقل و حداکثر روزانه، رطوبت حداقل و حداکثر روزانه سرعت باد و حداکثر ساعات آفتابی) و با استفاده از نرم افزار ETCalculator محاسبه شد. شاخص بهره‌وری آب آبیاری از رابطه (۲) تعیین شد (مولدن و همکاران ۱۹۹۸):

$$WP = \frac{CY}{CW} \quad [2]$$

که در آن، WP بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری (کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مصرفی)، CY عملکرد کلزا (کیلوگرم در هکتار) و CW حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) بود. یکی دیگر از شاخص‌های بهره‌وری مورد استفاده، شاخص درآمد خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD) بود. شاخص مذکور یکی از بهترین شاخص‌ها برای سنجش بهره‌وری آب کشاورزی است. این شاخص به عنوان بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری معرفی می‌شود. شاخص مذکور به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

در رابطه فوق، R سودخالص تولید بر حسب ریال و W حجم آب آبیاری بر حسب مترمکعب است. بنابراین، این

که در آن، ECw (dSm^{-1}) هدایت الکتریکی آب آبیاری، ECE (dSm^{-1}) آستانه تحمل محصول است. آستانه تحمل با ۱۰ درصد کاهش عملکرد برای محصولات مورد مطالعه از نشریه فائو ۲۹ استخراج شده است. آستانه تحمل با ۱۰ و ۱۰۰ درصد کاهش عملکرد برای کلزا به ترتیب ۷/۴ و ۲۰ دسی زمینس بر متر توسط فائو گزارش شده است. برای تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره خطی^۱ به روش گام به گام^۲ از نرم افزار SPSS16 بهره گرفته شد. برای بررسی اثرات متغیر مستقل بر پارامترهای وابسته از تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره خطی استفاده شد. به عبارت دیگر تجزیه فوق به منظور تبیین میزان تغییرات متغیرهای مستقل (سطح سواد بهره‌بردار، منبع آب مورد استفاده، نوع شبکه آبیاری، نوع سامانه آبیاری، دبی آب آبیاری، شوری آب آبیاری، شوری خاک، طول دوره رشد، متوسط عمق هر آبیاری، تعداد کل نوبت‌های آبیاری، نیاز آبی، نیاز آبشویی، ارتفاع از سطح دریا، سطح زیر کشت، سطح کل مزرعه و عملکرد) بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری به عنوان متغیر وابسته مورد تحقیق و بررسی قرار گرفتند. اثر متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته بدین‌گونه بررسی شدند که از طریق نرم افزار SPSS16 آنالیز تجزیه واریانس رگرسیون برای متغیرهای مختلف انجام گردید. اگر در جدول تجزیه واریانس رگرسیون، سطح معنی‌داری از ۵ درصد بیشتر بود با حذف متغیرهای مستقلی که نزدیک‌ترین آماره t به عدد صفر را داشتند با تجزیه رگرسیون مجدد این کار تا مرحله‌ای ادامه پیدا کرد تا سطح معنی‌داری جدول تجزیه واریانس مدل رگرسیون حداقل به زیر ۵ درصد رسید. متغیر مستقلی که ضریب t آن در جدول تجزیه واریانس رگرسیون به ۱/۹۶ یا ۲/۵۶ یا ۱/۹۶- یا ۲/۵۶- برسد

$$NBPD = \frac{R}{W} = \frac{\text{سود خالص}}{\text{حجم آب آبیاری}} \quad [3]$$

² Stepwise

¹ Linear Multivariate Regression

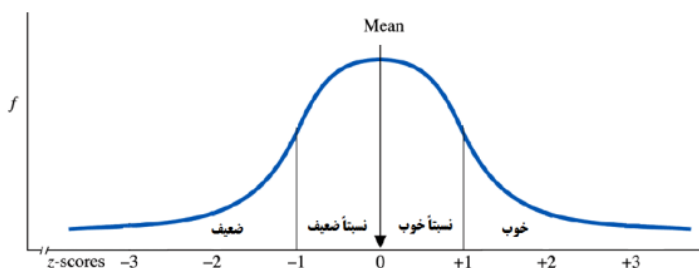
که به چهار گروه آبیاری سطحی و منبع آب سطحی (۱۳)، آبیاری سطحی و منبع آب زیرزمینی (۱۴)، آبیاری بارانی و منبع آب سطحی (۲۳) و آبیاری بارانی و منبع آب زیرزمینی (۲۴) تقسیم شدند.

برای مقایسه شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری نیاز به رفع اختلاف وجود داشت. از این رو، برای رفع اختلاف مقیاس از شیوه متداول استاندارد سازی Z-Score استفاده شده است که رابطه آن به شرح فرمول (۴) است (فرح‌زا و همکاران

$$Z = \frac{X - \mu}{\frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}} \quad (۲۰۲۰) \quad [۴]$$

که در آن: Z: نمره استاندارد، X: مقداری که باید استاندارد شود، μ : میانگین و $\frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}$: انحراف معیار جامعه می‌باشند.

طیف نمره استاندارد Z، معمولاً بین -۳ و +۳ در نوسان است و عدد صفر به عنوان میانگین و عدد یک به عنوان انحراف معیار است. پس از تبدیل کردن اعداد بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب، اعداد از نگاه بهره‌وری آب در یک طیف استاندارد قرار می‌گیرند. از لحاظ وضعیت بهره‌وری آب در چهار گروه تقسیم می‌شوند. گروه‌هایی که امتیاز کمتر از صفر داشته باشند، از لحاظ بهره‌وری آب ضعیف و یا نسبتاً ضعیف هستند و کانال-هایی که امتیازی بیش از صفر داشته باشند، دارای بهره‌وری آب خوب و یا نسبتاً خوب می‌باشند (فرح‌زا و همکاران، ۲۰۲۰) (شکل ۱):



شکل ۱- منحنی Z-Score و نمایش تقسیم بندی اعداد برای راندمان توزیع

شاخص نشان می‌دهد که با مصرف هر مترمکعب آب، چند ریال محصول به دست می‌آید. بالاتر بودن این شاخص نیز نشان دهنده بهتر بودن بهره‌وری اقتصادی آب است. در واقع این معیار نشان می‌دهد که هر واحد آب آبیاری، چقدر ارزش ریالی ایجاد کرده است. اطلاعات اولیه برای محاسبه بهره‌وری اقتصادی از واحد آمار و اطلاعات مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان بهبهان اخذ گردید (بی‌نام ۲۰۲۰). این اطلاعات شامل هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت محصول کلزا در فصل زراعی (۱۳۹۸-۱۳۹۹) بود. همچنین هزینه اجرای سامانه آبیاری بارانی در فصل مذکور محاسبه و برای ده سال سرشکن (به عنوان حداقل عمر مفید سامانه) و به عنوان هزینه اجرای سامانه بارانی به هزینه‌های مزارع دارای این سامانه اضافه شدند. قیمت فروش محصول کلزا برای تمام مزارع معادل ۵۹۰۵۰ ریال در نظر گرفته شد. هزینه تولید یک هکتار کلزا در مزارع دارای سامانه آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب معادل ۷۰۰۹۰۰۰۰ و ۵۳۳۹۰۰۰۰ ریال محاسبه شدند. پس از کسر درآمد ناخالص از هزینه کل مزرعه بر اساس سطح زیرکشت، سود خالص محصول محاسبه شد.

با نرم‌افزار SPSS16 آنالیز واریانس یک طرفه^۳ انجام شد. هدف استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه نشان دادن آماری تفاوت معنی‌دار، بین میانگین دو یا چند گروه «مستقل» بود. برای انجام تجزیه واریانس یک طرفه سه طبقه بندی با تخصیص اعداد برای روش‌های آبیاری، منبع آب و به صورت مشترک برای روش آبیاری و منبع آب در نظر گرفته شد. الف - بر اساس روش آبیاری: روش آبیاری سطحی (۱) و روش آبیاری بارانی (۲)، لذا ۱۳ مزرعه دارای عدد ۱ و ۱۳ مزرعه دارای عدد ۲ می‌باشند. ب - بر اساس منبع آب مورد استفاده بهره‌بردار: منبع آب سطحی (۳)، منبع آب زیرزمینی (۴) و ج - تقسیم بندی انتهایی بر اساس روش آبیاری و منبع آب انجام شد

³ One-way ANOVA

نتایج و بحث

تعداد ۲۶ مزرعه در نقاط مختلف شهرستان بهبهان انتخاب شدند. ۱۰ مزرعه در بخش حومه و مرکزی، ۷ مزرعه در بخش دودانگه و ۹ مزرعه در بخش زیدون انتخاب شدند. ۱۳ مزرعه از رودخانه، ۱۱ مزرعه از چاه و ۲ مزرعه از چشمه برای آبیاری استفاده نمودند، ۱۶ مزرعه به روش مدرن آبیاری می‌شدند و ۱۰ مزرعه با استفاده از چاه و آب رودخانه و چشمه به روش سنتی آبیاری شدند. تعداد ۱۳ مزرعه‌ی کلزا به روش بارانی و ۱۳ مزرعه به روش سطحی آبیاری شدند. میانگین، کم-ترین و بیش‌ترین مقادیر اندازه‌گیری و محاسبه شده در ۲۶ مزرعه در جدول ۱ نشان داده شده است. دبی جریان در مزارع از ۶/۴۵ تا ۱۰۸/۰ (lits⁻¹)، شوری آب آبیاری

نیز از ۱/۵ تا ۶/۰ (dsm⁻¹)، شوری خاک مزارع از ۱/۴۳ تا ۲۱/۰۵ (dsm⁻¹)، طول دوره رشد از ۱۴۴ تا ۲۰۰ روز، حجم کل آب آبیاری از ۲۱۶۰/۰ تا ۵۶۰۱/۰ مترمکعب در هکتار، نیاز آبی بر اساس داده‌های هواشناسی از ۲۴۳/۲ تا ۴۳۶/۱ میلی‌متر، عملکرد از ۱۰۰۰ تا ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب آبیاری از ۰/۳۵۱ تا ۱/۵۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری اقتصادی آب از ۶۹۴۰ الی ۳۷۱۹۶۰ ریال بر مترمکعب در نوسان بودند (جدول ۱). نوسانات عملکرد محاسبه شده در تحقیق رحیمی و همکاران (۲۰۲۰) در محدوده‌ی نوسانات عملکرد این پژوهش قرار داشت. میزان بهره‌وری آب محاسبه شده در پژوهش حقایقی و همکاران (۲۰۱۸) در محدوده‌ی کم‌ترین و بیش‌ترین میزان بهره‌وری فیزیکی این تحقیق قرار داشت.

جدول ۱- میانگین، کم‌ترین و بیش‌ترین میزان برخی از داده‌های یادداشت برداری یا محاسبه شده در مزارع مورد مطالعه.

پارامترهای آماری	دبی (Lits ⁻¹)	شوری آب آبیاری شوری خاک (dSm ⁻¹)	طول دوره رشد (روز)	تعداد کل نوبت‌های آبیاری	حجم آب آبیاری (m ³ ha ⁻¹)	راندمان کاربرد مزرعه (%)	نیاز آبی بر اساس داده های هواشناسی (mm)	نیاز آبی بر اساس محصول (kg/ha)	بهره‌وری اقتصادی آب (Ten Rialsm ⁻³)
میانگین	۳۶/۶۸	۳/۱	۷/۲۲	۶/۴	۳۵۱۳/۷۴	۵۹/۱۵	۳۷۰/۲	۲۴۷۷	۱۱۶۶۶
کم‌ترین	۶/۴۵	۱/۵	۱/۴۳	۲	۲۱۶۰/۰	۲۷/۲۳	۲۴۳/۲	۱۰۰۰	۶۹۴
بیش‌ترین	۱۰۸/۰	۶/۰	۲۱/۰۵	۱۰	۵۶۰۱/۰	۹۵/۴۶	۴۳۶/۱	۳۵۰۰	۳۷۱۹۶

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون و ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیر وابسته بهره‌وری آب آبیاری به ترتیب در جداول (۲) و (۳) و برای بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری در جداول (۴) و (۵) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در متغیرهای وابسته بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری، متغیرهای مستقل سطح سواد بهره‌بردار، منبع آب، دبی آب آبیاری، شوری آب آبیاری، شوری خاک، طول دوره رشد، نوع سامانه آبیاری، میانگین عمق آب آبیاری، نوبت‌های آبیاری، حجم آب آبیاری و عملکرد کلزا همگی به ترتیب در بهره‌وری فیزیکی ۹۹/۰ درصد (R²=۰/۹۸۹) و متغیرهای مستقل منبع آب، دبی آب آبیاری، سطح زیرکشت، شوری خاک، طول دوره رشد، میانگین عمق

آب آبیاری، حجم آب آبیاری و عملکرد کلزا همگی به-ترتیب در بهره‌وری اقتصادی ۹۴/۷ درصد (R²=۰/۹۴۷) میزان نوسانات متغیرهای وابسته بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری را تبیین کردند و از طرفی معنی دار بودن رگرسیون و رابطه خطی بین متغیرها نیز مشخص شد (P<۰/۰۱) (جدول ۲ و ۴). ضرایب معادلات مستخرج از مدل نهایی رگرسیون چند متغیره برای متغیر وابسته بهره‌وری آب آبیاری در جدول ۳ نشان داده شده است. در بین متغیرهای مستقل، عملکرد دانه بیش‌ترین اثر مثبت معنی‌دار در سطح ۱ درصد بر بهره‌وری فیزیکی با آماره‌ی t به میزان (۱۲/۰۲۸) و ضریب بتایی معادل (۰/۶۴۲) این درحالی بود که در بهره‌وری اقتصادی به جای عملکرد دانه، سطح زیر کشت کلزا با آماره‌ی t به میزان (۹/۲۱۳) و ضریب بتایی معادل (۰/۹۳۸) بیش‌ترین

منظم ۴ روزه اعمال می‌شوند موجب شده که در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه در کلزا، گیاه با تنش خشکی مواجه نشود. این مدیریت در افزایش عملکرد کلزا نمود پیدا کرده و افزایش عملکرد کلزا همان‌طور که قبلاً ذکر شد اثر بسیار معنی داری در افزایش بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری داشت. نوبت‌های آبیاری اثر مثبت و معنی-داری در بر بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری داشت که اثر معنی دار و مثبت رعایت تاریخ کاشت کلزا بر بهره‌وری آب آبیاری کلزا با نتایج تحقیق سلامتی و همکاران (۱۷) در ارزیابی بهره‌وری آب آبیاری گندم هم‌خوانی داشت. به‌عبارت دیگر رعایت تایخ کاشت گیاهان زراعی پاییزه در مناطق گرمسیری موجب افزایش طول دوره رشد گیاه، تکمیل مراحل رویشی و زایشی گیاه زراعی و به‌تبع افزایش عملکرد و بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری گیاه شد. بیش‌تر بودن تعداد نوبت‌های آبیاری در رسیدن به موقع آب به ریشه و عدم بروز تنش خشکی در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه موثر بود و این اثر در افزایش عملکرد دانه و به‌طور غیر مستقیم بر بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری اثر معنی داری در سطح ۵ درصد داشت. بهره‌وری اقتصادی آب در مزارع کلزایی که سطوح کاشت بالاتری داشتند به دلیل سرشکن شدن کل هزینه‌ها، تفاوت بسیار معنی داری با مزارعی داشت که سطح کاشت کم‌تری داشتند. سرشکن شدن هزینه‌های مختلف در طول دوره کاشت تا برداشت اعم از هزینه‌های استفاده از ماشین‌آلات مختلف برای کوباشی و سموم و هزینه‌های کارگری شامل هزینه‌های آبیاری و غیره در سطوح بزرگتر موجب شده تا پایین آمدن هزینه‌های کل مزرعه موجب معنی دار شدن بهره‌وری اقتصادی در سطح ۱ درصد در مزارع کلزایی شود که سطح بالاتری از نظر کشت محصول داشتند.

اثر مثبت معنی‌دار در سطح ۱ درصد را داشت. حجم آب آبیاری با آماره‌ی t به میزان (۱۱/۱۹۳-) و ضریب بتایی معادل (۱/۰۵۶-) اثر منفی معنی‌دار در سطح ۱ درصد بر بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری و اثر منفی معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر بهره‌وری اقتصادی آب داشت. با افزایش عملکرد، بهره‌وری آب افزایش و با افزایش حجم آب آبیاری، بهره‌وری آب آبیاری کاهش می‌یابد. منبع آب با آماره‌ی t به میزان (۲/۷۲۹) و ضریب بتایی معادل (۰/۲۵۵) اثر مثبت معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر بهره‌وری فیزیکی آب داشت در حالی که این شاخص اثر معنی‌داری بر بهره‌وری اقتصادی نداشت. میانگین عمق آب آبیاری و نوبت‌های آبیاری به‌ترتیب با آماره‌های t به میزان‌های (۳/۰۶۲) و (۲/۴۳۶) و ضریب بتاهایی به‌ترتیب معادل (۰/۶۱۸) و (۰/۴۶۷) اثر مثبت معنی‌داری به‌ترتیب در سطوح ۱ و ۵ درصد بر بهره‌وری فیزیکی آب داشتند. درحالی که این دو عامل اثر معنی داری بر بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری نداشتند. نوع منبع آب مورد استفاده سطحی یا زیرزمینی بر بهره‌وری فیزیکی آب اثر معنی داری داشت. همچنین حجم کل آب آبیاری اثر منفی و معنی داری بر بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری داشت، لذا نحوه استفاده از آب و مدیریت آن در تعداد نوبت‌های بیش‌تر آبیاری و عدم بروز تنش خشکی در مراحل حساس رشدی، در این تفاوت معنی دار، موثر بوده است. مدیریت شخصی یا سازمانی (شبکه‌های آبیاری و زهکش) در انجام آبیاری در مراحل حساس به تنش خشکی از جمله در مراحل گل‌دهی و پر شدن غلاف‌ها در این تفاوت معنی دار موثر بود. مدیریت صحیح در استفاده از منبع آب سطحی از طریق شبکه‌های آبیاری و زهکشی به‌خصوص در منطقه بانه باشت (زیرپوشش شبکه آبیاری رودخانه خیرآباد) که عمدتاً سامانه‌های آبیاری بارانی وجود دارند و نوبت‌های آبیاری به صورت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده	ضریب رگرسیون	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	سطح معنی داری
مدل	۱۲	۰/۱۸۹	۵۱/۸۱۸	۰/۹۹۰	۰/۹۸۰	۰/۹۶۱	۰/۰۰۰***
خطا	۱۳	۰/۰۰۴					
کل	۲۵						

** : اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ n.s. : اختلاف معنی داری وجود ندارد.

جدول ۳ - ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیر وابسته بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری.

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد		سطح معنی داری
	B ضریب	خطای معیار	Beta	t محاسبه شده	
عدد ثابت	-۰/۲۰۴	۰/۳۳۸	-	-۰/۶۰۵	۰/۵۵۶ n.s
X ₁ = سطح سواد بهره‌بردار	-۰/۰۰۹	۰/۰۱۳	-۰/۰۳۶	-۰/۶۵۴	۰/۵۲۵ n.s
X ₂ = منبع آب	۰/۱۲۱	۰/۰۴۴	۰/۲۵۵	۲/۷۲۹	۰/۰۰۸ **
X ₃ = دبی آب آبیاری (lits ⁻¹)	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	-۰/۱۵۳	-۱/۵۳۳	۰/۱۴۹ n.s
X ₄ = شوری آب آبیاری (dSm ⁻¹)	۰/۴۱۹	۰/۳۵۳	۱/۹۰۴	۱/۱۸۹	۰/۲۵۶ n.s
X ₅ = شوری خاک (dSm ⁻¹)	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	-۰/۰۴۶	-۰/۶۵۲	۰/۵۲۶ n.s
X ₆ = طول دوره رشد (day)	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۹۱	۱/۷۶۵	۰/۱۰۱ n.s
X ₇ = نوع سامانه آبیاری	-۰/۰۶۴	۰/۰۶۴	-۰/۱۰۷	-۰/۹۹۶	۰/۳۳۸ n.s
X ₈ = میانگین عمق آب آبیاری (mm)	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۶۱۸	۲/۰۶۲	۰/۰۰۶ **
X ₉ = نوبت‌های آبیاری	۰/۰۵۰	۰/۰۲۰	۰/۴۶۷	۲/۴۳۶	۰/۰۱۵ *
X ₁₀ = حجم آب آبیاری (m ³ ha ⁻¹)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۱/۰۵۶	-۱۱/۱۹۳	۰/۰۰۰ **
X ₁₁ = نیاز آبتیابی (%)	-۰/۱۳۵	۰/۱۰۵	-۲/۰۱۳	-۱/۲۸۶	۰/۲۲۱ n.s
X ₁₂ = عملکرد کلزا (kg ha ⁻¹)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۴۲	۱۲/۰۲۸	۰/۰۰۰ **

** : اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ n.s. : اختلاف معنی داری وجود ندارد.

جدول ۴ - تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون برای متغیر بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده	ضریب رگرسیون	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	سطح معنی داری
مدل	۹	۲/۹۳×۱۰ ^۸	۱۵/۳۸۲	۰/۹۴۷	۰/۸۹۶	۰/۹۳۸	۰/۰۰۰***
خطا	۱۶	۱/۹۱×۱۰ ^۷					
کل	۲۵						

** : اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ n.s. : اختلاف معنی داری وجود ندارد.

جدول ۵ - ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیر وابسته بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری.

مدل	ضرایب غیر استاندارد	ضرایب استاندارد	t محاسبه شده	سطح معنی داری
-----	---------------------	-----------------	--------------	---------------

	Beta	خطای معیار	ضریب B	
عدد ثابت	-۲/۳۷۴	-	۱۹۳۲۸	-۴۵۸۸۵
X_1 = منبع آب	۱/۴۳۰	۰/۱۶۵	۱۹۴۶	-۲۷۸۴
X_2 = دبی آب آبیاری ($lits^{-1}$)	-۱/۳۹۷	-۰/۲۰۳	۵۳	-۷۴
X_3 = سطح زیرکشت (ha)	۹/۲۱۳	۰/۹۳۸	۱۳۹	۱۲۷۹
X_4 = بافت خاک	۰/۵۶۵	۰/۰۵۳	۶۶۷	۳۹۲
X_5 = شوری خاک (dSm^{-1})	-۰/۸۱۰	-۰/۱۰۳	۲۹۰	-۲۳۵
X_6 = طول دوره رشد (day)	۱/۷۲۲	۰/۱۵۵	۸۸	۱۵۱
X_7 = میانگین عمق آب آبیاری (mm)	۱/۸۸۸	۰/۳۲۲	۳۹	۷۳
X_8 = حجم آب آبیاری (m^3ha^{-1})	-۲/۳۲۹	-۰/۲۸۷	۱/۱	-۳
X_9 = ملکرد کلزا ($kgha^{-1}$)	۴/۶۱۴	۰/۴۸۰	۱/۹	۹

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

کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شدند که به ترتیب متعلق به منبع آب سطحی و زیرزمینی بودند و با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. میانگین بهره‌وری فیزیکی آب بر اساس روش آبیاری و منبع آب مورد استفاده به ترتیب ۰/۶۳۶، ۰/۶۷۳، ۰/۸۷۶ و ۰/۹۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شدند و به ترتیب متعلق به روش آبیاری سطحی و منبع آب سطحی، روش آبیاری سطحی و منبع آب زیرزمینی، روش آبیاری بارانی و منبع آب سطحی و روش آبیاری بارانی و منبع آب زیرزمینی بودند که با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی بیش‌ترین میزان متعلق به مزارعی بود که دارای سامانه آبیاری بارانی بوده و از آب زیرزمینی (چاه یا چشمه) استفاده کردند و کم‌ترین میزان نیز متعلق به مزارعی بود که دارای سامانه آبیاری سطحی بوده و از آب سطحی (رودخانه) استفاده کردند (جدول ۷). همچنین میزان بهره‌وری فیزیکی آب در مزارع مختلف و سامانه‌های مختلف آبیاری با بهره‌وری فیزیکی آب کلزا در تحقیق فرح‌زا و همکاران (۲۰۲۰) هم‌خوانی داشت. به نظر می‌رسد میزان بهره‌وری اقتصادی محاسبه شده در این تحقیق از میزان بهره‌وری محاسبه شده در پژوهش فرح‌زا و همکاران (۲۰۲۰) بیش‌تر بود. افزایش قیمت کلزا در یکی دو سال اخیر که به نسبت هزینه‌های دیگر رشد بیش‌تری

نتایج آنالیز واریانس و نتایج توصیفی میانگین‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری در جداول ۶، ۷، ۸ و ۹ و شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده‌اند. نتایج آنالیز واریانس میانگین‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری بر اساس سه حالت بدین شرح بود: بر اساس روش آبیاری، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند. همچنین بر اساس منبع آب مورد استفاده (سطحی یا زیرزمینی) و تلفیق روش آبیاری و منبع آب هیچ یک از دو شاخص بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب معنی‌دار نبودند (جدول ۶ و ۸). روش آبیاری مزارع انتخابی (سطحی یا بارانی) اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری نداشتند. نتایج آمار توصیفی تجزیه واریانس میانگین اعداد بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در جداول ۷ و ۹ نشان داده شده‌اند. میانگین بهره‌وری فیزیکی آب بر اساس روش‌های آبیاری به ترتیب ۰/۶۵۳ و ۰/۹۲۶ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شدند که به ترتیب متعلق به روش آبیاری سطحی و بارانی بودند که با هم در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نداشتند. میانگین بهره‌وری فیزیکی آب بر اساس منبع آب مورد استفاده به ترتیب ۰/۷۶۳ و ۰/۸۱۷

داشت در این بالا بودن بهره‌وری اقتصادی موثر بوده است.

در شکل‌های ۲ و ۴، Z-Score های محاسبه شده برای بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری و حالت آرایش و قرارگرفتن آن‌ها در دو طرف محور xها برای سه حالت روش‌های آبیاری، منبع آب مورد استفاده و تلفیق روش آبیاری و منبع آب نشان داده شده‌اند. در شکل‌های ۳ و ۵ نحوه قرارگیری مقادیر Z-Score های محاسبه شده به شکلی که قابل توصیف و بحث باشد نشان داده شده‌اند. مقادیر Z-Score محاسبه شده نشان دادند فقط ۳۱ درصد از مزارعی که دارای سامانه آبیاری بارانی بودند توانستند وضعیت خوبی از نظر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری داشته باشند و هیچ یک از مزارع دارای سامانه آبیاری سطحی نتوانستند از نظر بهره‌وری فیزیکی در رتبه خوب قرار گیرند ولی ۸ درصد از مزارع آبیاری سطحی بهره‌وری خوبی داشتند (شکل-های ۳ و ۵). از نظر بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری، میزان ۲۳ و ۲۳ درصد از مزارع دارای هر دو سامانه آبیاری، وضعیت نسبتاً خوبی داشتند. در مزارع دارای سامانه بارانی و سطحی، به ترتیب ۴۶ و ۳۸ درصد وضعیت نسبتاً ضعیف و ۲۸ درصد از مزارع دارای سامانه سطحی، وضعیت ضعیفی داشتند. این در حالی بود که هیچ یک از مزارع، بهره‌وری اقتصادی ضعیفی نداشتند ولی ۸۴ درصد از مزارع دارای روش آبیاری سطحی، بهره‌وری اقتصادی نسبتاً ضعیفی داشتند و فقط ۱۶ درصد از مزارع آبیاری سطحی، بهره‌وری اقتصادی خوب و نسبتاً خوب داشتند (شکل‌های ۳ و ۵). از نظر منابع آب مورد استفاده (سطحی یا زیرزمینی)، به ترتیب ۲۳ و ۸ درصد از مزارعی که به ترتیب از منابع آب زیرزمینی و سطحی استفاده کردند از نظر بهره‌وری

فیزیکی وضعیت خوبی داشتند در حالی که به ترتیب قبلی ۱۵ و ۳۱ درصد از وضعیت نسبتاً خوب، ۳۸ و ۴۶ درصد از وضعیت نسبتاً ضعیف و ۲۳ و ۱۵ درصد از وضعیت ضعیفی برخوردار بودند. در مورد بهره‌وری اقتصادی هیچ یک از مزارع مورد بررسی وضعیت ضعیفی نداشتند ولی ۸۳ و ۸۶ درصد از مزارعی که به ترتیب از منابع آب زیرزمینی و سطحی استفاده کردند بهره‌وری اقتصادی نسبتاً ضعیفی داشتند و فقط ۱۷ درصد از مزارعی که از آب زیرزمینی استفاده نمودند بهره‌وری اقتصادی خوبی داشتند (شکل ۳). همچنین میزان ۳۸ و ۲۰ درصد از مزارعی که دارای سامانه بارانی بوده و به ترتیب از منابع زیرزمینی و سطحی استفاده کردند از نظر بهره‌وری فیزیکی دارای وضعیت خوبی بودند در حالی که هیچ یک از مزارع دارای سامانه بارانی وضعیت ضعیفی نداشتند و در مقابل ۵۰ و ۲۹ درصد از مزارع آبیاری سطحی که به ترتیب از منابع آب زیرزمینی و سطحی استفاده نمودند از نظر بهره‌وری فیزیکی آب وضعیت ضعیفی داشتند. در بهره‌وری اقتصادی هیچ یک از مزارع وضعیت ضعیفی نداشتند ولی در مزارع آبیاری سطحی ۸۳ و ۸۶ درصد از مزارعی که از منابع آب زیرزمینی و سطحی استفاده کردند بهره‌وری اقتصادی نسبتاً ضعیفی داشتند. به عبارت دیگر فقط ۱۷ درصد از مزارع آبیاری سطحی که از منبع زیرزمینی استفاده نمودند بهره‌وری اقتصادی خوبی داشتند. به بیان دیگر هیچ یک از مزارع آبیاری سطحی که از منبع آب سطحی استفاده نمودند بهره‌وری اقتصادی خوبی نداشتند. این در حالی بود که ۶۵ درصد مزارع آبیاری بارانی، بهره‌وری اقتصادی خوبی داشتند.

جدول ۶- نتایج آنالیز واریانس میانگین‌های داده‌های بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در سه حالت مورد بررسی.

تیمار	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
روش‌های آبیاری	تیمار	۰/۴۸۶	۱	۰/۴۸۶	۶/۳۷۹	* ۰/۰۱۹
	خطا	۱/۸۳۰	۲۴	۰/۰۷۶		

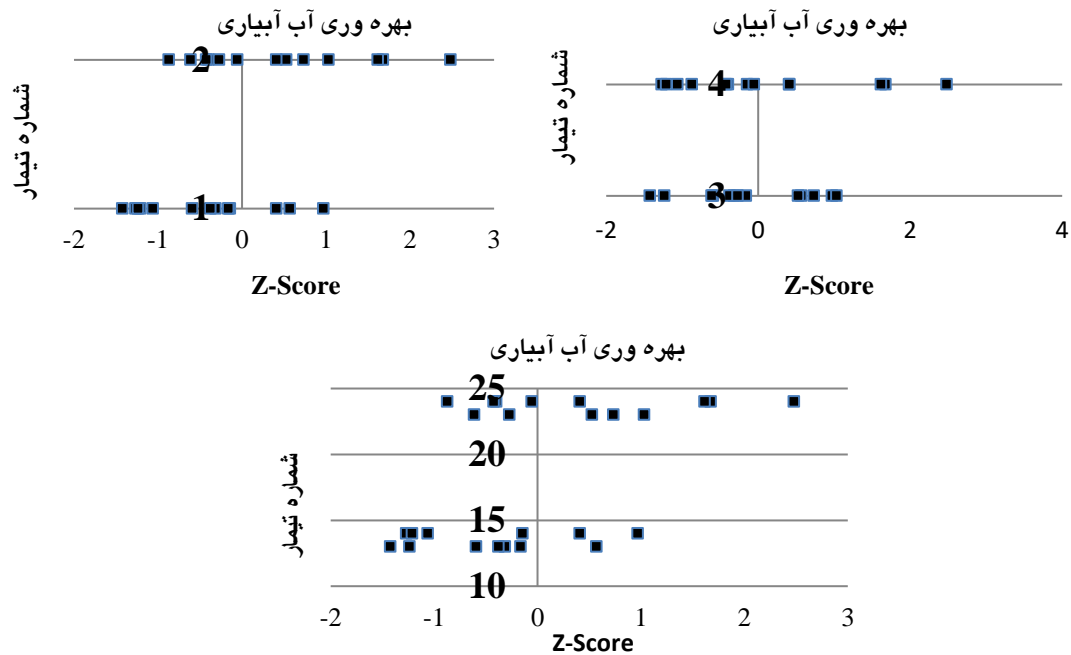
			۲۵	۲/۳۱۷	کل		
۰/۶۵۹ n.s	۰/۲۰۰	۰/۰۱۹	۱	۰/۰۱۹	تیمار	منبع آب (سطحی، زیرزمینی)	
		۰/۰۹۶	۲۴	۲/۲۹۸	خطا		
			۲۵	۲/۳۱۷	کل		
۰/۱۳۲ n.s	۲/۰۸۱	۰/۱۷۱	۳	۰/۵۱۲	تیمار	روش آبیاری و منبع آب	
		۰/۰۸۲	۲۲	۱/۸۰۵	خطا		
			۲۵	۲/۳۱۷	کل		

روش آبیاری سطحی=۱، روش آبیاری بارانی=۲، منبع آب سطحی=۳، منبع آب زیرزمینی=۴، آبیاری سطحی و منبع آب سطحی=۱۳، آبیاری سطحی و منبع آب زیرزمینی=۱۴، آبیاری بارانی و منبع آب سطحی=۲۳ و آبیاری بارانی و منبع آب زیرزمینی=۲۴

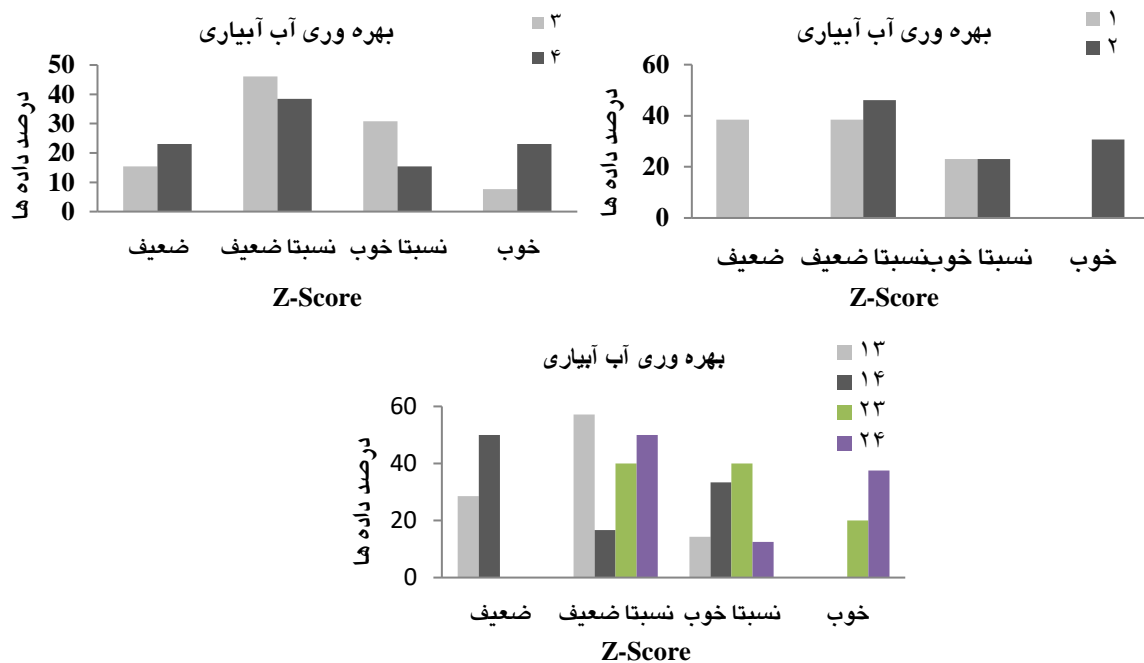
جدول ۷- نتایج آمار توصیفی برای داده‌های بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری در سه حالت مورد بررسی.

صفت	نام یا شماره تیمار	تعداد (مقادیر n)	میانگین	انحراف استاندارد	خطای استاندارد	کم‌ترین	بیش‌ترین
روش‌های آبیاری	۱	۱۳	۰/۶۵۳	۰/۲۳۶	۰/۰۶۵	۰/۳۵۷	۱/۰۸۶
	۲	۱۳	۰/۹۲۶	۰/۳۱۱	۰/۰۹۰	۰/۵۲۵	۱/۵۴۵
	کل	۲۶	۰/۷۹۰	۰/۳۰۴	۰/۰۶۰	۰/۳۵۷	۱/۵۴۵
منبع آب (سطحی، زیرزمینی)	۳	۱۳	۰/۷۶۳	۰/۲۴۳	۰/۰۶۷	۰/۳۵۷	۱/۱۰۴
	۴	۱۳	۰/۸۱۷	۰/۳۶۴	۰/۱۰۱	۰/۴۰۴	۱/۵۴۵
	کل	۲۶	۰/۷۹۰	۰/۳۰۱	۰/۰۶۰	۰/۳۵۷	۱/۵۴۵
روش آبیاری و منبع آب	۱۳	۷	۰/۶۳۶	۰/۲۰۴	۰/۰۷۷	۰/۳۵۷	۰/۹۶۳
	۱۴	۶	۰/۶۷۳	۰/۲۸۷	۰/۱۱۷	۰/۴۰۴	۱/۰۸۶
	۲۳	۵	۰/۸۷۶	۰/۲۱۲	۰/۰۹۴	۰/۶۰۴	۱/۱۰۴
	۲۴	۸	۰/۹۵۹	۰/۳۷۱	۰/۱۳۱	۰/۵۲۵	۱/۵۴۵
	کل	۲۶	۰/۷۹۰	۰/۳۰۴	۰/۰۶۰	۰/۳۵۷	۱/۵۴۵

روش آبیاری سطحی=۱، روش آبیاری بارانی=۲، منبع آب سطحی=۳، منبع آب زیرزمینی=۴، آبیاری سطحی و منبع آب سطحی=۱۳، آبیاری سطحی و منبع آب زیرزمینی=۱۴، آبیاری بارانی و منبع آب سطحی=۲۳ و آبیاری بارانی و منبع آب زیرزمینی=۲۴



شکل ۲- نمودار های Z-Score محاسبه شده برای بهره‌وری آب آبیاری بر اساس تقسیم بندی‌های انجام شده. روش آبیاری سطحی=۱، روش آبیاری بارانی =۲، منبع آب سطحی=۳، منبع آب زیرزمینی =۴، آبیاری سطحی و منبع آب سطحی=۱۳، آبیاری سطحی و منبع آب زیرزمینی =۱۴، آبیاری بارانی و منبع آب سطحی=۲۳ و آبیاری بارانی و منبع آب زیرزمینی =۲۴



شکل ۳- میزان‌های متناسب با Z-Score محاسبه شده برای بهره‌وری آب آبیاری بر اساس کد بندی‌های انجام شده. روش آبیاری سطحی=۱، روش آبیاری بارانی =۲، منبع آب سطحی=۳، منبع آب زیرزمینی =۴، آبیاری سطحی و منبع آب سطحی=۱۳، آبیاری سطحی و منبع آب زیرزمینی =۱۴، آبیاری بارانی و منبع آب سطحی=۲۳ و آبیاری بارانی و منبع آب زیرزمینی =۲۴

جدول ۸- نتایج آنالیز واریانس میانگین‌های داده‌های بهره‌وری اقتصادی آب در سه حالت مورد بررسی.

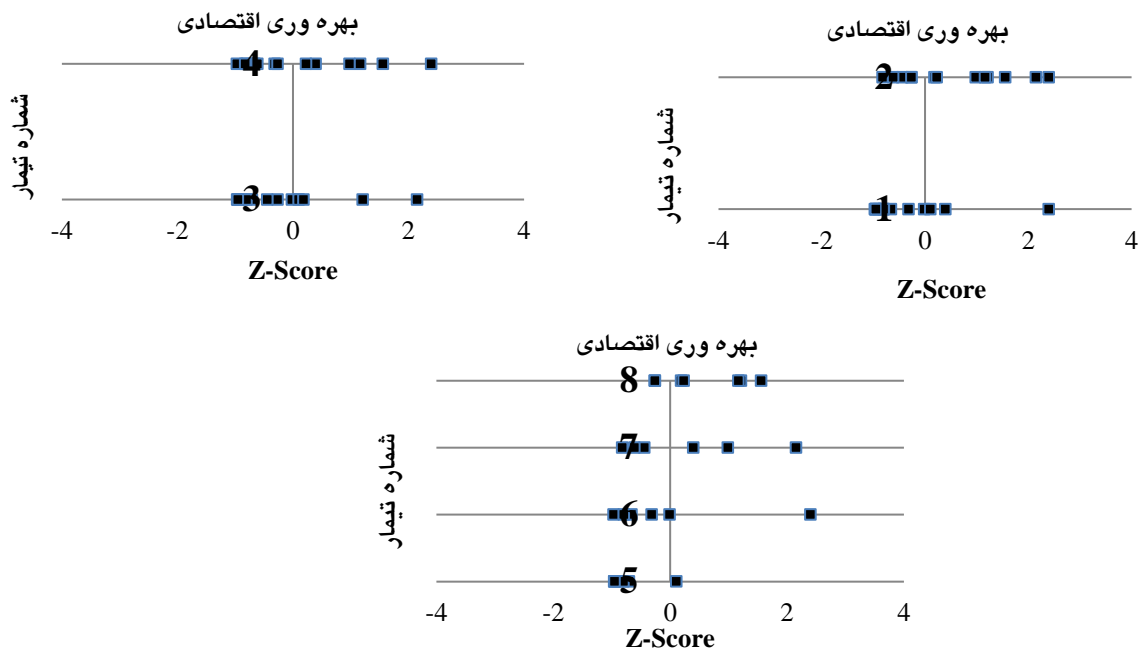
تیمار	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
روش‌های آبیاری	تیمار	$5/47 \times 10^8$	۱	$5/47 \times 10^8$	۵/۴۷۸	۰/۰۲۸ n.s
	خطا	$2/40 \times 10^9$	۲۴	$9/98 \times 10^7$		
	کل	$2/94 \times 10^9$	۲۵			
منبع آب (سطحی، زیرزمینی)	تیمار	$9/69 \times 10^7$	۱	$9/69 \times 10^7$	۰/۸۱۷	۰/۳۷۵ n.s
	خطا	$2/85 \times 10^9$	۲۴	$1/19 \times 10^8$		
	کل	$2/94 \times 10^9$	۲۵			
روش آبیاری و منبع آب	تیمار	$7/43 \times 10^8$	۳	$2/48 \times 10^8$	۲/۴۷۶	۰/۰۸۸ n.s
	خطا	$2/20 \times 10^9$	۲۲	$1/00 \times 10^8$		
	کل	$2/94 \times 10^9$	۲۵			

روش آبیاری سطحی=۱، روش آبیاری بارانی=۲، منبع آب سطحی=۳، منبع آب زیرزمینی=۴، آبیاری سطحی و منبع آب سطحی=۱۳، آبیاری سطحی و منبع آب زیرزمینی=۱۴، آبیاری بارانی و منبع آب سطحی=۲۳ و آبیاری بارانی و منبع آب زیرزمینی=۲۴

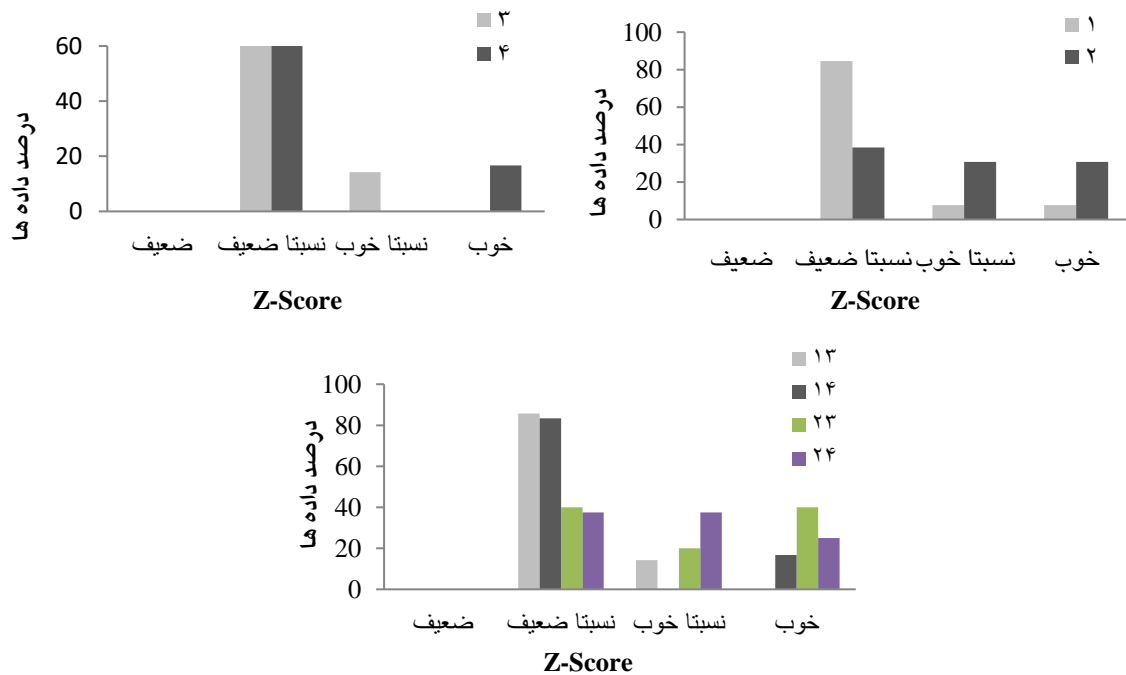
جدول ۹- نتایج آمار توصیفی برای داده‌های بهره‌وری اقتصادی آب در سه حالت مورد بررسی.

صفت	نام یا شماره تیمار	تعداد (مقادیر n)	میانگین	انحراف استاندارد	خطای استاندارد	کم‌ترین	بیش‌ترین
روش‌های آبیاری	۱	۱۳	۶۵۸۶	۹۹۹۹	۲۷۷۳	۶۹۴	۳۷۱۹۶
	۲	۱۳	۱۵۷۵۹	۹۹۸۵	۲۷۶۹	۲۲۸۲	۳۴۵۲۹
	کل	۲۶	۱۱۱۷۲	۱۰۸۵۰	۲۱۲۸	۶۹۴	۳۷۱۹۶
منبع آب (سطحی، زیرزمینی)	۳	۱۴	۹۲۴۲	۱۰۲۲۶	۲۸۳۶	۷۷۷	۳۴۵۲۹
	۴	۱۳	۱۳۱۰۳	۱۱۵۱۵	۳۱۹۴	۶۹۴	۳۷۱۹۶
	کل	۲۷	۱۱۱۷۲	۱۰۸۵۰	۶۷۹۰	۶۹۴	۳۷۱۹۶
روش آبیاری و منبع آب	۱۳	۷	۳۱۸۸	۴۱۵۸	۱۵۷۰	۷۷۷	۱۲۳۳۰
	۱۴	۶	۱۰۵۵۰	۱۳۵۷۳	۵۵۴۱	۶۹۴	۳۷۱۹۶
	۲۳	۶	۱۷۳۵۸	۱۱۸۵۷	۵۳۰۳	۶۳۹۸	۳۴۵۲۹
	۲۴	۸	۱۴۷۵۹	۹۳۶۰	۳۳۰۹	۲۲۸۲	۲۸۰۷۸
	کل	۲۷	۱۱۱۷۲	۱۰۸۵۰	۲۱۲۸	۶۹۴	۳۷۱۹۶

روش آبیاری سطحی=۱، روش آبیاری بارانی=۲، منبع آب سطحی=۳، منبع آب زیرزمینی=۴، آبیاری سطحی و منبع آب سطحی=۱۳، آبیاری سطحی و منبع آب زیرزمینی=۱۴، آبیاری بارانی و منبع آب سطحی=۲۳ و آبیاری بارانی و منبع آب زیرزمینی=۲۴



شکل ۴ - نمودار های Z-Score محاسبه شده برای بهره‌وری اقتصادی آب بر اساس تقسیم بندی‌های انجام شده. روش آبیاری سطحی= ۱، روش آبیاری بارانی = ۲، منبع آب سطحی= ۳، منبع آب زیرزمینی = ۴، آبیاری سطحی و منبع آب سطحی= ۱۳، آبیاری سطحی و منبع آب زیرزمینی = ۱۴، آبیاری بارانی و منبع آب سطحی= ۲۳ و آبیاری بارانی و منبع آب زیرزمینی = ۲۴



شکل ۵ - میزان‌های متناسب با Z-Score محاسبه شده برای بهره‌وری اقتصادی آب بر اساس کد بندی‌های انجام شده. روش آبیاری سطحی= ۱، روش آبیاری بارانی = ۲، منبع آب سطحی= ۳، منبع آب زیرزمینی = ۴، آبیاری سطحی و منبع آب سطحی= ۱۳، آبیاری سطحی و منبع آب زیرزمینی = ۱۴، آبیاری بارانی و منبع آب سطحی= ۲۳ و آبیاری بارانی و منبع آب زیرزمینی = ۲۴

داشته باشند و از این لحاظ که هر چه تعداد نوبت‌های آبیاری بیش‌تر شده عمق آب آبیاری کاهش پیدا کرده به-طوری که بیش‌ترین نوبت‌های آبیاری با کم‌ترین عمق‌ها در آبیاری بارانی بوده و برعکس این حالت در آبیاری سطحی اتفاق افتاد که با نتایج پژوهش سلامتی و همکاران (۲۰۲۰) هم‌خوانی داشت. عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد و به میزان ۰/۶۰۸ با بهره‌وری فیزیکی داشت درحالی که عملکرد همبستگی معنی‌داری با بهره‌وری اقتصادی نداشت. لذا عوامل مدیریتی اثر مستقیم بر بهره‌وری اقتصادی داشتند. از جمله عوامل مدیریتی می‌توان به اجرای سامانه آبیاری بارانی اشاره نمود که با اجرای سامانه آبیاری بارانی در مزارع بزرگ و با سطوح وسیع‌تر از طرفی هزینه‌های تولید بویژه هزینه‌های کارگری در زمان داشت محصول سرشکن شده و همچنین افزایش تعداد نوبت‌های آبیاری در مزارع بزرگ دارای سامانه بارانی موجب گردیده تا بهره‌وری اقتصادی این مزارع افزایش معنی‌داری نشان دهند.

علاوه بر این بهره‌وری فیزیکی آب همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱ درصد به میزان ۰/۷۶۰ با حجم آب آبیاری داشت. ولی بهره‌وری اقتصادی همبستگی معنی‌داری با حجم آب آبیاری نداشت. همچنین نوع سامانه و این‌که سامانه بارانی یا سطحی باشد با هر دو صفت بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشت. به عبارات دیگر مهم‌ترین عامل مشترکی که هم با بهره‌وری فیزیکی و هم با بهره‌وری اقتصادی همبستگی معنی‌داری داشته نوع سامانه آبیاری بود. از طرفی نوبت‌های آبیاری و سطوح بزرگ کشت کلزا همبستگی بسیار معنی‌داری با بهره‌وری اقتصادی داشتند. لذا اجرای سامانه آبیاری بارانی علی-رغم هزینه بالای اجرای اولیه و به‌خصوص در سطوح بزرگ موجب شده تا هزینه اجرای سامانه با افزایش بهره‌وری اقتصادی پوشش داده شود به‌طوری که اجرای سامانه بارانی در اراضی بزرگ کشاوری اثر معنی‌داری

نتایج ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۱۰) نشان داد که:

نوبت‌های آبیاری همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۵ درصد با صفات بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری داشتند. این میزان همبستگی به‌ترتیب معادل ۰/۴۵۸ و ۰/۴۳۱ بودند (جدول ۱۰). نوبت‌های آبیاری همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با نوع شبکه و نوع سامانه آبیاری به‌ترتیب به‌میزان‌های ۰/۵۶۱ و ۰/۸۸۷ داشتند. همچنین نوبت‌های آبیاری همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۵ درصد با سطح کل بهره‌بردار و سطح کشت کلزا به‌ترتیب به‌میزان‌های ۰/۳۹۶ و ۰/۴۰۶ داشتند. از طرفی بهره‌وری اقتصادی نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با سطح کل بهره‌بردار و سطح کشت کلزا داشت. معنی‌دار شدن سطح کل بهره‌بردار و سطح زیر کشت بهره‌بردار با نوبت‌های آبیاری و بهره‌وری اقتصادی از طرفی و بسیار معنی‌دار شدن نوبت‌های آبیاری با نوع سامانه آبیاری نشان داد که افزایش نوبت‌های آبیاری عمدتاً در مزارع آبیاری بارانی اعمال شده و عمده مزارع آبیاری بارانی دارای سطوح بالاتر کشت نسبت به مزارع آبیاری سطحی بودند. به بیان دیگر با بیش‌تر شدن نوبت‌های آبیاری در سامانه بارانی، عملاً حجم آب آبیاری کاهش یافته و به اندازه‌ی نیاز گیاه نزدیک شده است و همین مساله موجب افزایش عملکرد و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری شدند. از طرفی با کاهش تعداد نوبت‌های آبیاری و افزایش دور آبیاری در سامانه سطحی فاصله نوبت‌های آبیاری زیاد شده و در زمان‌هایی که گیاه کلزا می‌بایست آب بیش‌تری در اختیار داشته باشد از جمله زمان گل‌دهی و پر شدن دانه با کم‌آبی یا بی‌آبی مواجه شده است و همین امر در کاهش عملکرد و به تبع کاهش بهره‌وری در تیمارهای آبیاری سطحی موثر بوده است و باعث شده تا تیمارهایی که دور آبیاری آن‌ها کاهش یا به عبارتی تعداد نوبت‌های آبیاری آن‌ها افزایش یافته اثر مثبت و معنی‌داری در روند صعودی عملکرد و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب

افزایش تعداد نوبت‌های آبیاری و کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت آبیاری مطابق با نیاز گیاه در کاهش تلفات فرونشست عمقی بسیار موثر بود.

سیاس‌گذاری

بدین وسیله از معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان (طرح تحقیقاتی به شماره ۰۱۴-۷۱-۱۴-۳۸-۰۳۸-۹۵۰۱۳-۹۸۰۵۹۸) برای حمایت‌های مادی و معنوی در انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

موجب گردیده تا از هدرروی آب از انتهای جویچه‌های آبیاری جلوگیری نماید. مدیریت فوق به همراه کاهش هزینه‌های کارگری در زمان داشت محصول کلزا موجب کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری شد. عدم تحویل حجمی آب منابع زیرزمینی به کشاورزان از یک سو، طول نامناسب و بعضاً زیاد جویچه‌های آبیاری کلزا و عدم حضور به موقع آبیارها در زمان قطع آب از سوی دیگر موجب افزایش فرونشست عمقی در ابتدای جویچه‌های آبیاری و افزایش روان‌آب از انتهای جویچه‌ها شد. نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان دادند اثر افزایشی موثر عملکرد بر بهره‌وری آب آبیاری ارتباط اساسی با نوبت‌های آبیاری داشت و

منابع مورد استفاده

- Abbasi F, Abbasi N and Tavakoli A, 2017. Water productivity in agriculture: challenges and perspectives. *Journal of Water and Sustainable Development*. 4(1): 141-144. (In Persian with English abstract)
- Abbaspour 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 with English abstract)
- Afshari A, Haghghatjo 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)
- Anonymous, 1985. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, FAO29-Chap2.
- Anonymous, 2021. Agricultural statistics of crops. Crop year 2017-18. Statistics and Information Unit of the Ministry of Jihad Agriculture. (In Persian with English abstract)
- Anonymous, 2020. Statistics and Information Unit of Behbahan Jihad-e-Agriculture Management. https://www.instagram.com/jk_behbahan
- Anonymous, 2013. Foodoutlook. Global Market Analysis. <http://www.fao.foodoutlook.com>
- Asgari A, Darzi-Naftchali A, Nadi M and Saberali S F. 2020. Improvement in canola yield and growth indices and water-use efficiency with subsurface drainage in a humid climate. *Paddy and Water Environment*. 19: 23-33.
- Bahrami M, Asadi M A and Khalilian S, 2020. Evaluation of water productivity indices with emphasis on modern and traditional irrigation in crops of Shahrriar County. *Environment. Water Engineering*, 6(3), 285–293. DOI: 10.22034/jewe.2020.225362.1354. (In Persian with English abstract)
- Cashin P, Mohaddes K, Raissi M and Raissi M, 2014. The differential effects of oil demand and supply shocks on the global economy. *Energy Economics*. 44: 113-134.
- Farahza MN, Nazari B, Akbari MR, Naeni 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 with English abstract)

- Haghighy A and Dehghanisani H, 2018. Agricultural water productivity in khorasan razavi province (status, upgrade methods, development perspective). *Water Management in Agriculture* 5 (2):1-10. (In Persian with English abstract)
- Heydari N, 2014. Assessment of agricultural water productivity (WP) in Iran, and the performance of water policies and plans of the government in this regard. *Majlis and Rahbord* . 21(78): 177-199. (In Persian with English abstract)
- Kouhi chelleh karan N, Najafi Nejad H, Dehghanisani H and Kanani E, 2021. Interaction of irrigation regimes and drip-line installation depth on Rapeseed water productivity. *Water Management in Agriculture*. 7 (2): 91-102. (In Persian with English abstract)
- Molden DJ Sakthivadivel R, Perry C J, Fraiture C de, 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. Research Report No. 20, Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Moradi Aghdam A, Seifzadeh S, Hossein Shirani Rad A, Valladabadi A and Reza Zakerin H, 2018. Effects of water deficit on water use efficiency and yield of Canola cultivars (*Brassica napus* L.) *Journal of Crop Physiology - Islamic Azad University, Ahvaz Branch* 10 (38): 59-76. (In Persian with English abstract)
- Nouri-Khajebelagh R, Khaledian MR and Kavooosi-Kalashami M. 2021. Economic value of irrigation water for major crops in the Ardabil plain, Iran. *Irrigation and Drainage*. 70(5): 1359-1367. <https://doi.org/10.1002/ird.2619>
- Rahimi M, Rezaverdinejad V and Tayefe Rezaie H, 2020. Determination of yield and water productivity functions of common hybrids of canola (case study of Miandoab city). *Water Management in Agriculture*. 7(1): 83-94. (In Persian with English abstract)
- Salamati N, Baghani J and Abbasi F, 2020. Determination of Water Consumption and Productivity of Wheat in Different Irrigation Systems in Behbahan. *Irrigation Sciences and Engineering*. 43 (1): 29-42. (In Persian with English abstract)
- Sangtarashan A, Mirlatifi SM and Dehghani Sanij H, 2021. Effects of improved agricultural field practices on water productivity and water use efficiency Indices in the Eastern Basin of Lake Urmia. *Journal of Water Research in Agriculture*. 35 (1): 35-46. (In Persian with English abstract)
- Vafabakhsh J, Nassiri Mahallati M, Koocheki A and Azizi M, 2009. Effects of water deficit on water use efficiency and yield of Canola cultivars (*Brassica napus*). *Iranian Journal of Crop Research*. 7 (1): 285-292. (In Persian with English abstract)
- Zamani OS, Mortazavi A and Balali H, 2015. Economical water productivity of agricultural products in Bahar Plain, Hamadan. *Water Research in Agriculture*. 28(1): 51- 61 (In Persian with English abstract)
- Zibaei M, 2007. Factors affecting the non-continuity of use of sprinkler irrigation systems in Fars province: comparing logit analysis and audit analysis. *Agricultural Economics*. 2: 183 - 194 (In Persian with English abstract)