Water and Soil Science, Vol. 34, NO. 3, Autumn 2024, pp. 105-124.

DOI: 10.22034/ws.2023.54488.2509 ISSN:2717-3755 https://water-soil.tabrizu.ac.ir/

Research Article

Investigating the Effects of Irrigation Method and Network Method on Physical and Economic Water Productivity in Silage Maize Fields (Case study of Behbahan)

N Salamati[1*] and F Abbasi[2]

Received: December 5, 2023 Accepted: May 8, 2024
Revised: April 20, 2024 Published online: September 22, 2024

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

*****Corresonding Author's Email: nadersalamati@gmail.com

Abstract

Background and Objectives

Given the global shortage of renewable water resources and the agricultural sector's high share of water consumption, increasing water productivity is very important. Corn is an important type of fodder that is harvested for consumption as silage of the whole plant (Coors et al., 1997). Despite having one harvest stage, this plant has a high dry matter yield. Its silage is easily prepared and it is a tasty fodder with stable quality for livestock and has higher energy than other fodder (Curran and Posch, 2000). Research results in Hamedan province in two traditional and modern irrigation systems showed that the average physical water productivity for fodder corn in traditional and modern irrigation systems was 5.11 and 6.67 kg per cubic meter of water, respectively. The average economic water productivity for fodder corn in traditional and modern irrigation system was 7678 and 10068 rials per cubic meter of water, respectively (Seyedan and Mottaghi, 2019). The main purpose of this article was to measure the water received in the field of fodder corn fields in Behbahan city and to investigate their physical and economic water productivity. To do this, the applied irrigation water, physical and economic water productivity under different agricultural management and in irrigation networks and systems can be compared and evaluated.

Methodology

This research was carried out in the field and in order to investigate the effects of independent variables on applied irrigation water, physical and economic water productivity in the cultivation of fodder corn in irrigation methods and networks under the management of farmers in the cropping season of 2016-2017 in Behbahan city. In 12 farms, the applied fodder corn irrigation water was measured (without interfering in their irrigation program). The effective rainfall of the 2016-2017 crop year in Behbahan city was calculated using the United States Department of Agriculture (USDA) method. To determine the applied irrigation water, first, the inflow rate from the selected water source was measured with a suitable device (WSC flume, water meter and ultrasonic flow meter). The SPSS16 software was used for step-by-step linear multivariate regression analysis. Linear multivariate regression analysis was used to investigate the effects of independent variables on dependent parameters. One-way analysis of variance was performed with SPSS16 software. The purpose of using one-way analysis of variance was to statistically show a significant difference between the

©: The Author(S)
Publisher: University of Tabriz

averages of two or more "independent "groups. In order to compare the indicators of physical and economic water productivity, there was a need to resolve the difference. Therefore, to solve the scale difference, the common method of Z-Score standardization was used.

Findings

The results of the analysis of variance in the regression model showed that the growth period of the plant had the most significant positive effect on the amount of irrigation water with the t-statistic of 5.288. Performance with a t-statistic of 5.919 had the most significant positive effect on economic water productivity. Among the independent variables, yield and applied irrigation water had the most significant positive and negative effect on the physical productivity of water with the values of 6.419 and -6.381, respectively. The applied irrigation water varied from 4826 to 14733 cubic meters per hectare. The results of the analysis of variance and the descriptive results of the mean of the traits showed that the highest value of physical water productivity was equal to 10.128 kg/m^3 in sprinkler irrigation and the lowest value was 4.818 kg/m^3 in surface irrigation in the traditional network. So, they had a significant difference. Moreover, the calculated Z-Score values showed that 50 and 33% of the sprinkler and surface irrigation farms (modern network) had acceptable economic productivity, but 100% of the surface irrigation farms in the traditional network did not provide acceptable economic productivity.

Conclusion

The amount of irrigation water used in the fields with sprinkler irrigation method was 46 and 33% lower than traditional and modern network fields that were irrigated by surface irrigation method. Also, the consumption of irrigation water in the surface irrigation method in the traditional network was 20% more than the surface irrigation in the modern irrigation network. This increase in water consumption was effective in reducing the irrigation efficiency of traditional networks compared to modern networks that irrigated with surface irrigation. The reason for the higher consumption of irrigation water in the surface irrigation method in the modern network compared to sprinkler irrigation can be attributed to the following factors: 1- The lack of irrigation management during the change of the irrigation shift of the fields, which sometimes happens due to the absence of the irrigation worker during the shift change. 2- Lack of control of the incoming water of the fields due to the lack of meters or devices to measure the incoming flow. 3- Improper leveling of lands under the modern irrigation network, which increases the irrigation time of these fields. By covering the traditional irrigation canals with concrete or other coverings suitable for the climate of the region, water losses can be reduced. Also, the necessary training for the correct use and management of irrigation water according to the different stages of fodder corn growth will be effective in reducing water consumption. Water according to the stages of growth and development of the plant prevented the occurrence of under-irrigation stress in the stages of flowering and seed filling, which is the most important stage sensitive to water stress.

Keywords: Irrigation method, Irrigation network, Physical and economic productivity, Silage maize.

نشریه دانش آب و خاک / جلد ۳۴ شماره ۳ صفحه‌های ۱۰۵ تا ۱۲۴/ سال ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات روش آبیاری و شبکه آبیاری بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در ذرت علوفه‌ای (مطالعه موردی بهبهان)

نادر سلامتی[1]*، فریبرز عباسی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۹

تاریخ ویرایش:۱۴۰۳/۰۲/۰۱ تاریخ انتشار انلاین :۱۴۰۳/۰۷/۰۱

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 – استاد پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nadersalamati@gmail.com

چکیده

بخش وسیعی از گستره ایران در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک واقع شده است. باوجود کمبودهای موجود، کشاورزی ایران به‌شدت به آب آبیاری وابسته است. این تحقیق با هدف مطالعه میدانی برای پایش مزرعه‌ای آب کاربردی ذرت علوفه‌ای تحت مدیریت کشاورزان در فصل زراعی (۱۳۹۶-۱۳۹۵) در ۱۲ مزرعه شهرستان بهبهان در استان خوزستان انجام شد. میزان اثرگذاری متغیرهای مستقل بر حجم آب آبیاری، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب از جمله دلایلی بود که پژوهش فوق به منظور پاسخ‌گویی به این سوالات اجرا شد. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون نشان داد دوره رشد گیاه با آماره‌ی t به میزان ۵/۲۸۸ بیشترین اثر مثبت معنی‌دار را بر حجم آب آبیاری داشت. عملکرد با آماره‌ی t (به میزان ۵/۹۱۹) بیشترین اثر مثبت معنی دار را بر بهره‌وری اقتصادی آب داشت. در میان متغیرهای مستقل، عملکرد و حجم آب آبیاری با آماره‌ی t به‌ترتیب با مقادیر ٦/٤١٩ و ٦/٣٨١- بیشترین اثر معنی‌دار مثبت و منفی را بر بهره‌وری فیزیکی آب داشتند. مقدار حجم آب آبیاری از ٤٨٢٦ تا ١٤٧٣٣ مترمکعب در هکتار متغیر بود. نتایج آنالیز واریانس و نتایج توصیفی میانگین صفات نشان داد بیشترین مقدار بهره‌وری فیزیکی آب معادل ۱۰/۱۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب در آبیاری بارانی و کم‌ترین آن به مقدار ٤/٨١٨ کیلوگرم بر مترمکعب در آبیاری سطحی در روش سنتی تعیین شد که اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. مقادیر Z-Score های محاسبه شده نشان داد ۵۰ و ۳۳ درصد مزارع به‌ترتیب آبیاری بارانی و سطحی مدرن بهره‌وری اقتصادی قابل قبولی داشتند ولی ۱۰۰ درصد مزارع آبیاری سطحی در روش سنتی بهره‌وری اقتصادی قابل قبولی نداشتند. پوشش‌دار نمودن کانال‌های سنتی آبیاری در افزایش آب در دسترس مزارع و افزایش بهره‌وری فیزیکی آب مؤثر خواهد بود و می‌تواند در کاهش درصد مزارع آبیاری سطحی که بهره‌وری فیزیکی آب غیرقابل قبولی داشتند، موثر واقع شود. همچنین تسطیح دقیق اراضی آبیاری سطحی در روش‌های مدرن می‌تواند موجب کاهش ساعات آبیاری مزارع و افزایش بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی گردد.

واژه‌های کلیدی: ، **بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی، روش آبیاری، ذرت علوفه‌ای، شبکه آبیاری.**

مقدمه

با توجه به کمبود منابع آب تجدیدپذیر در جهان و سهم بالای بخش کشاورزی در مصرف آب، افزایش بهره‌وری آب از اهمیت فراوانی برخوردار است.. ذرت یک گونه علوفه‌ای مهم است که برای مصرف به‌صورت سیلویی کل گیاه برداشت می‌شود (کورس و همکاران ۱۹۹۷). این گیاه با وجود داشتن یک مرحله برداشت دارای عملکرد ماده خشک بالایی است. سیلوی آن به آسانی تهیه می‌شود و یک علوفه خوش خوراک با کیفیت پایدار برای دام است و انرژی بالاتری نسبت به سایر علوفه‌ها دارد (کوران و پوسچ ۲۰۰۰). رضایی و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی در آبیاری جویچه‌ای نشان دادند که به ازای مقادیر ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت که منجر به دورهای مختلف و نوبت‌های متفاوتی برای هر تیمار می‌شد، عملکرد ذرت علوفه‌ای را از ٦٤٧٥٠ تا ۷۱۲۳۰ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری فیزیکی آب را از ۹/۷۵۷ تا ۱۵/۳۷ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر گزارش نمودند. مصرف آب در تیمارهای مختلف از ٤٦٣٤ تا ٦٩٦٦ مترمکعب بر هکتار نوسان داشت. اکبری نودهی (۲۰۱٤) در تحقیقی به منظور بررسی تأثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و کم‌آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت، نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با آبیاری کامل جویچه‌ها بیش‌ترین و تیمار ٦۰ درصد نیاز آبی با آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها کم‌ترین عملکرد ذرت علوفه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. بیش‌ترین بهره‌وری فیزیکی آب در تیمار ٦۰ درصد نیاز آبی با آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها و کم‌ترین مقدار بهره‌وری فیزیکی آب مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با آبیاری کامل جویچه‌ها بوده است. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار مصرف آب در تیمارهای مختلف از ۳۳۰۳ تا ٦۳٦۳ مترمکعب بر هکتار در نوسان بود. نتایج تحقیق رضائی استخروئیه و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی ۳۲٤۳۱ کیلوگرم در هکتار به تیمار جویچه‌ای یک در میان در مرحله اول رشد (CM1)و کم‌ترین آن با عملکرد ۱۷٦٥٤ کیلوگرم در هکتار به تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از سه دور آبیاری در مرحله دوم (D3M2) اختصاص داشت. بهره‌وری فیزیکی آب برای تیمار شاهد برابر ۲/۵۷ و برای خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از دو آبیاری در تمام دوره رشد (D2T) عملکرد بیولوژیکی برابر شش کیلوگرم بر متر مکعب آب حاصل شد. با توجه به بهره‌وری فیزیکی آب، مناسب‌ترین روش کم‌آبیاری برای ذرت در منطقه کرمان، خشکی موضعی ریشه با جابجائی بعد از دو دور آبیاری (فاصله ۲۸ روزه) است. عملکرد ذرت علوفه‌ای تیمارهای مختلف از ۲۳۸۰۰ تا ٦۰٥۳۳ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری فیزیکی آب از ۲/٤۲ تا ٦ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود. حجم آب داده شده در تیمارهای مختلف از ٥۳۱۲ تا ۱٤٤۱۳ مترمکعب بر هکتار متغیر بود. افضلی و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی با دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری نشان دادند، عملکرد در آبیاری قطره‌ای نواری ۹ درصد بیش‌تر از روش آبیاری جویچه‌ای بود. در آبیاری جویچه‌ای ۱۳۸٥۰ و آبیاری قطره‌ای نواری ۷٥۳۰ مترمکعب آب در هکتار مصرف شد. آبیاری قطره‌ای نواری باعث ٤۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب شد. حقیقتی (۲۰۱۳) در مطالعات خود در مزرعه‌ای در شهرکرد با سامانه آبیاری بارانی عملکرد ذرت علوفه‌ای را ٦٦٤٨٩ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب داده شده را ٥۳۹۱ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب را ۱۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری نمود. همچنین منتجبی و همکاران (۲۰۱۲) در گلپایگان در مزرعه‌ای با سامانه آبیاری سطحی عملکرد ذرت علوفه‌ای را ۸۸۰٦٥ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب داده شده را ۱۲۷٦۳ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب را ٦/۹ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری نمودند. حیدری (۲۰۱۱) در کرمان عملکرد ذرت علوفه‌ای را ٥۲۸۸۹ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب داده شده را ۹٤۷۳مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب را ٥/٥۸ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری

نمود. خزایی و همکاران (۲۰۱۳) در ساوه در دو مزرعه با سامانه آبیاری بارانی عقربه‌ای عملکرد ذرت علوفه‌ای را به‌ترتیب ۳۸۵۸۰ و ۳۰۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب داده شده را ۵۸۳۸ و ٦۳۱۰ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب را ۷/۱٦ و ٤/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری نمود. نتایج تحقیق غالبی و همکاران (۲۰۱۳) در شهرهای استان قزوین نشان داد در شهرستان آبیک میانگین عملکرد ذرت علوفه‌ای در ١٤ مزرعه‌ی دارای سامانه آبیاری سطحی ٥٥٧١٤ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب داده شده ۹٤٥۸ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب ٦/١٥١ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شد. در شهرستان بویین‌زهرا میانگین عملکرد ذرت علوفه‌ای در ۸ مزرعه‌ی دارای سامانه آبیاری سطحی ۵۷۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب داده شده ۹۵۰۰ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب ٦/۲۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شد. پایرو و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که زمان آبیاری تأثیر مهمی در مقدار ماده خشک ذرت دارد و حساسیت ذرت به آب در زمان پر شدن و خمیری شدن دانه است. یازار و همکاران (۱۹۹۹) با بررسی تأثیر شش سطح مختلف آبیاری روی ذرت گزارش کردند گیاهانی که ۸۰ درصد از آب آبیاری را دریافت کرده بودند، دارای بیشترین عملکرد ماده خشک بودند. چاکیر (۲۰۰٤) نشان داد که تنش رطوبتی در طول مراحل مختلف رشد ذرت، عملکرد آن را در درجات متفاوت کاهش می‌دهد که شدت کاهش عملکرد نه تنها به شدت تنش بلکه به مرحله رشدی گیاه نیز وابسته است. روبین و دامینگو (۲۰۰۳) نشان دادند یک تا دو روز تأخیر در آبیاری ذرت در مرحله گرده افشانی و تلقیح، ۲۲ درصد عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. 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 روند تغییرات نیاز آبشویی با روند تغییرات شاخص‌های شوری خاک، شوری آب و دبی مورد استفاده تغییرات معنی داری در سطح یک درصد داشتند. روند تغییرات نیاز آبشویی با روند تغییرات شوری آب و خاک هم‌راستا بود. همچنین رعایت تاریخ کاشت گندم موجب افزایش طول دوره رشد گندم شده و این مسئله در افزایش عملکرد و به‌تبع آن بهره‌وری آب آبیاری اثر معنی‌داری نشان داد (سلامتی و همکاران، ۲۰۲۰). نتایج تحقیقی در استان همدان در دو سامانه آبیاری سنتی و مدرن نشان داد میانگین بهره‌وری فیزیکی آب برای ذرت علوفه‌ای در سامانه آبیاری سنتی و مدرن به ترتیب ۵/۱۱ و ٦/٦۷ کیلوگرم بر هر مترمکعب آب حاصل شد. میانگین بهره وری اقتصادی آب برای ذرت علوفه ای در سامانه آبیاری سنتی و مدرن به ترتیب برابر ۷٦۷۸ و ۱۰۰٦۸ ریال بر هر مترمکعب آب به دست آمد. با توجه به نتایج این تحقیق محققان ادعا نمودند استفاده از سامانه آبیاری مدرن باید جایگزین سامانه آبیاری سنتی برای کشت ذرت علوفه ای شود (سیدان و متقی ۲۰۱۹). در مطالعات مزرعه‌ای، حقیقتی (۲۰۱۳) در شهرکرد در مزعه‌ای با سامانه آبیاری بارانی عملکرد ذرت علوفه‌ای را ٦٦٤۸۹ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب مصرفی را ۵۳۹۱ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری مصرف آب را ۱۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری نمود. غالبی و همکاران (۲۰۱۳) تحقیقی در شهرهای استان قزوین انجام دادند به‌طوری‌که در شهرستان آبیک میانگین عملکرد ذرت علوفه‌ای در ١٤ مزرعه‌ی دارای سامانه آبیاری سطحی ٥٥٧١٤ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب مصرفی ۹٤٥۸ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری مصرف آب ٦/١٥١ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شد. زاهدپور و همکاران (۲۰۱۷) بهره‌وری آب دو مزرعه ذرت علوفه‌ای با سامانه آبیاری سطحی را ۵/۱ و ۹ کیلوگرم بر متر-مکعب گزارش و اختلاف بهره‌وری در مزارع را عمدتاً بخاطر حجم آبیاری و عملکرد محصول در مزارع دانستند. نتایج تحقیقی در دشت تجن واقع در استان مازندران که برای محاسبه بهره-وری آب محصولات براساس دو روش آبیاری سنتی و نوین مورد ارزیابی قرار گرفت، نشان داد مقدار عملکرد ذرت علوفه-ای در

روش آبیاری نوین و سنتی به ترتیب ۳۳/۸ و ۳۰/۲ تن بود. همچنین مقدار بهره‌وری آب در روش آبیاری نوین و سنتی به ترتیب ٦/۲۲ و ۵/۷ کیلوگرم بر مترمکعب بود. طبق نتایج مشخص شد که بهره‌وری آب در شیوه‌های آبیاری نوین به طور معنی‌داری بیشتر از روش آبیاری سنتی بود (باقری خانقاهی و همکاران ۲۰۲۲)

نتایج حاصل از مطالعه‌ای در دشت قزوین نشان داد، بهره‌وری آب آبیاری در روش‌های آبیاری بارانی برای جو ۰/۷۵ تا ۲/۵، یونجه ۰/۲ تا ۱/۷٦، ذرت ۰/۳ تا ۲/۷۸ و گندم ۰/٦۱ تا ۲/۲ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. مقدار بهره‌وری آب آبیاری در آبیاری سطحی برای جو ۰/٤۳ تا ۱/٤۲، یونجه ۰/۱۲ تا ۱/٦٤، ذرت ۰/۲۲ تا ۱/۵۸ و گندم ۰/٤۳ تا ۱/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. حداقل و حداکثر بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در آبیاری سطحی بر حسب ریال بر مترمکعب به ترتیب برابر ۱۳۸۷ و ٤٦۱۷ برای جو ۳۸۲ و ۵۰۵۰ برای یونجه، ۹۰۵ و ٦٤۷٤ برای ذرت دانه‌ای، ۱٤٤۷ و ٤۱۵۹ برای گندم برآورد شدند. حداقل و حداکثر بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در آبیاری بارانی برای گندم بر حسب ریال بر مترمکعب به ترتیب برابر ۲٤٤۲ و ۸۱۲٦ برای جو، ٦۷۳ و ۵٤۲۰ برای یونجه، ۱۲۸۳ و ۱۱۳۹۵ برای ذرت دانه‌ای، ۲۰۱٦ و ۷۳۱۹ به دست آمدند (غلامی و همکاران ۲۰۱٦). نتایج ارائه شده تحقیقی در شهرستان اسلام آباد غرب استان کرمانشاه نشان داد در روش‌های آبیاری بیش-ترین سود ناخالص و خالص نسبت به آب داده شده به-ترتیب برای روش آبیاری به مقدار ٦/٤٦ و ۲/۸٤ هزار ریال بر مترمکعب در سال اول برای آبیاری جویچه‌ای با روش موجی با دبی ثابت و نسبت زمان قطع و وصل ۱ به ۱ تا زمان تکمیل پیشروی و به‌ترتیب به مقدار ٦/٤٦ و ۲/۸٤ هزار ریال بر مترمکعب در سال دوم برای روش آبیاری مذکور محاسبه شد. در رژیم‌های مختلف آبیاری بیش‌ترین سود ناخالص و خالص نسبت به حجم آب داده شده در سال اول تحقیق برای رژیم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب به مقدار ٦/۹۸ و ۳/۵ هزار ریال بر مترمکعب و در سال دوم برای رژیم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی و به‌ترتیب به مقدار ٦/۹۱ و ۳/۳ هزار ریال بر مترمکعب محاسبه شد (ناظمی و همکاران ۲۰۲۰). در تحقیقی در شهرستان ورامین استان تهران تأثیر آبیاری قطره‌ای پالسی و زمان‌بندی اعمال پالس‌ها بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای طی دو دوره رشد بهاره و تابستانه بررسی شد. نتایج نشان داد بیش‌ترین عملکرد خشک و بهره‌وری آب برابر ۲۵/۵٦ تن بر هکتار و ۵/۹۵ کیلوگرم بر مترمکعب (میانگین دو دوره رشد) بود (محمدی و همکاران ۲۰۲۱). در تحقیقی که در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان برای بررسی وضعیت تنش آبی ذرت علوفه‌ای تحت سطوح مختلف آبیاری با استفاده از نمایه‌های مختلف خاک و گیاه انجام گردید، نتایج نشان داد که با کاهش ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه مقدار عملکرد نسبت به شرایط آبیاری کامل حدود ٤۲ درصد کاهش داشت و تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌ترتیب با مقادیر ۲/۷۵ و ۲/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار بهره‌وری آب بودند (کردی و همکاران، ۲۰۲۱). نتیجه پژوهشی که با هدف مطالعهٔ اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای تحت تنش رطوبتی با تیمارهای مختلف آبیاری قطره‌ای نواری در اصفهان انجام شده نشان داد که از نظر نوع نوار، تیمار قطره‌ای کنار دوخت ۲۰ سانتیمتری، با عملکرد محصول و بهره‌وری آبی به‌ترتیب معادل ۷۰۱۱۲ کیلوگرم بر هکتار و ۱۳/٤ کیلوگرم بر مترمکعب برتر بود. از نظر حجم آب آبیاری، تیمار تأمین ۱۰۰ درصد تخلیه رطوبتی با عملکرد محصول ٦٦۵۰۷ کیلوگرم بر هکتار و بهره‌وری آب ۱۱/٦ کیلوگرم بر مترمکعب بهترین تیمار بود. قطره‌ای نواری کنار دوخت ۲۰ سانتیمتری با تأمین ۱۰۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک، با عملکرد ۸۱۲۷۹ کیلوگرم بر هکتار و بهره‌وری آب ۱٤/۲ کیلوگرم بر مترمکعب در بین کلیه تیمارها بهترین بود (امینی نجف آبادی و همکاران ۲۰۲۰). برای بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای تحت مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته،

آزمایشی در منطقهٔ ورامین اجرا شد. عامل اصلی، دربردارندهٔ سه سطح آبیاری تأمین ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و عامل فرعی، دربردارندهٔ دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته در سیستم آبیاری قطره‌ای بود. براساس نتایج، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی ذرت علوفه ای، در آبیاری پالسی و سطح تأمین آب آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه برابر با ۲۵ تن در هکتار و بیش‌ترین بهره‌وری آب نیز در تیمار آبیاری پالسی و ۸ درصد نیاز آبی گیاه برابر ۶/۷۲ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب، ۲۵ درصد و ۳۵ درصد افزایش داشت (حاجی راد و همکاران ۲۰۲۱). به‌منظور بررسی اثر کم‌آبیاری تنظیم شده و آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای در شرایط اقلیمی خرم آباد تحقیقی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمارهای کم‌آبیاری شامل تأمین ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری جویچه‌ای یک در میان بودند. میانگین عملکرد توده زنده در تیمارهای ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی و یک در میان جویچه‌ای به‌ترتیب ۶۵/۱ ، ۴۵/۰، ۳۱/۷ و ۳۵/۵ تن در هکتار بودند. بیش‌ترین بهره‌وری آب به ازای علوفه خشک در تیمار آبیاری یک در میان جویچه‌ای به مقدار ۳/۶ کیلوگرم بر مترمکعب و به ازای علوفه تر در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به مقدار ۹/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (احمدوند و همکاران، ۲۰۲۱). به منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بخشی منطقه ریشه و تراکم بوته بر عملکرد و بهره‌وری آب گیاه ذرت علوفه‌ای، آزمایشی در مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج اجرا شد. عامل روش آبیاری در ۳ سطح شامل آبیاری کامل به صورت تمام جویچه‌ای، آبیاری بخشی منطقه ریشه به صورت یک در میان متناوب و آبیاری بخشی منطقه ریشه به صورت یک در میان ثابت قرار گرفت. نتایج نشان داد بالاترین بهره وری آب عملکرد دانه در روش آبیاری بخشی منطقه ریشه به صورت یک در میان متناوب با ۲۱/۶ درصد افزایش نسبت به روش آبیاری تمام جویچه‌ای حاصل گردید. بیش‌ترین بهره‌وری عملکرد بیولوژیک تر (۱۱/۹۷ کیلوگرم در متر-مکعب) و بهره‌وری آب عملکرد بیولوژیک خشک (۳/۹۱ کیلوگرم در مترمکعب) در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب به‌ترتیب با افزایش ۲۷/۲ و ۳۱/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد به دست آمد (سهندی و اغیاری، ۲۰۱۹). هدف اصلی این پژوهش، اندازه‌گیری میدانی آب دریافت شده‌ی مزارع ذرت علوفه-ای در سطح شهرستان بهبهان و بررسی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آنها بود. تا بدین وسیله حجم آب آبیاری، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب تحت مدیریت-های زراعی مختلف و در شبکه‌ها و سامانه‌های آبیاری مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت میدانی و به منظور بررسی اثرات متغیرهای مستقل برحجم آب آبیاری، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در کشت ذرت علوفه‌ای در روش‌ها و شبکه‌های آبیاری تحت مدیریت کشاورزان در فصل زراعی (۱۳۹۶-۱۳۹۵) در سطح شهرستان بهبهان اجرا شد. بدین صورت که در ۱۲ مزرعه از مزارع کشاورزان، حجم آب آبیاری ذرت علوفه‌ای (بدون دخالت در برنامه آبیاری آنها) اندازه‌گیری شد. اطلاعات پایه شامل مشخصات و موقعیت مزرعه، بافت خاک، EC خاک و آب آبیاری با استفاده از نمونه‌برداری از آب و خاک مزرعه تعیین شدند. منابع آبی مزارع طوری انتخاب شدند که عوامل مختلف از جمله روش آبیاری، بافت خاک و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. حجم آب داده شده به ذرت علوفه‌ای دبی خروجی هر منبع آب و زمان کارکرد آن تعیین شد.

بارندگی مؤثر سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در شهرستان بهبهان با استفاده از روش وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا (USDA) محاسبه شد. در این روش

مقادیر بارش مؤثر در دوره زمانی ماهانه با احتمال وقوع ٦٥ درصد تعیین می‌شود (ماری، ۲۰۱۵). در روش مذکور در بازه زمانی ماهانه مقادیر بارش مؤثر برای گیاه ذرت علوفه‌ای در شهرستان بهبهان محاسبه 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 داده شده (سطحی، زیرزمینی)، نوع شبکه (مدرن، سنتی)، موقعیت دقیق مکانی با GPS، سطح زیرکشت هر محصول و سطح کل اراضی تحت منبع آبی، بافت خاک مزارع، هدایت الکتریکی خاک و آب آبیاری مورد استفاده، سطح سواد بهره‌بردار و ارتفاع مزرعه از سطح دریا اندازه‌گیری و ثبت گردید. 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 کاربردی تعیین و مقایسه شدند. آب مورد نیاز برای آبشویی مزارع مورد مطالعه بر اساس نشریه شماره ۲۹ سازمان خواربار جهانی در آبیاری سطحی و بارانی برآورد شدند (بی نام ۱۹۸۵).

برای تجزیه و تحلیل آماری از روش رگرسیون چند متغیره خطی[1] به روش گام به گام[2] از نرم‌افزار SPSS16 استفاده شد. برای بررسی اثرات متغیر مستقل بر پارمترهای وابسته از تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره خطی استفاده شد. به‌عبارت دیگر تجزیه و تحلیل فوق به‌منظور تبیین مقدار 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 به‌عنوان متغیر وابسته مورد تحقیق و بررسی قرار گرفتند. همچنین اثر متغیرهای مستقل فوق به استثنای عملکرد بر متغیر حجم آب مصرفی به‌عنوان متغیر وابسته نیز بررسی شد. اثر متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته از طریق نرم‌افزار SPSS16 آنالیز تجزیه واریانس رگرسیون برای متغیرهای مختلف انجام گردید. اگر در جدول تجزیه واریانس رگرسیون، سطح معنی‌داری از ٥ 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 که سطح معنی‌داری جدول تجزیه واریانس مدل رگرسیون حداقل به زیر ٥ درصد رسید. متغیری که دارای بیش‌ترین قدرمطلق ضریب t در جدول تجزیه واریانس رگرسیون بود، بیش‌ترین اثر معنی‌دار را بر متغیر وابسته داشت. منفی یا مثبت بودن ضریب t به معنی غیرهم‌راستا یا هم‌راستا بودن روند تغییرات متغیر مستقل با متغیر وابسته است.

نیاز آبی محصول بر اساس مدل فائو پنمن– مانتیث با استفاده از آمار روزانه‌ی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بهبهان (دمای حداقل و حداکثر روزانه، رطوبت حداقل و حداکثر روزانه سرعت باد و حداکثر ساعات آفتابی) با استفاده از نرم‌افزار ET_0Calculator محاسبه و شاخص بهره‌وری فیزیکی آب از رابطهٔ ۱ تعیین شد (مولدن و همکاران، ۱۹۹۸):

$$WP = \frac{CY}{CW} \qquad [1]$$

که در آن، WP بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، CY عملکرد ذرت علوفه‌ای (کیلوگرم در هکتار) و CW حجم آب کاربردی (مترمکعب در هکتار) بود. حجم آب کاربردی شامل مجموع آب آبیاری و بارندگی مؤثر می‌باشد. یکی دیگر از شاخص‌های بهره وری مورد استفاده، شاخص درآمد خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD) بود. شاخص مذکور یکی از بهترین شاخص‌ها برای سنجش بهره‌وری آب کشاورزی است.

[1] Linear Multivariate Regression

[2] Stepwise

این شاخص به‌عنوان بهره‌وری اقتصادی آب معرفی می‌شود. شاخص مذکور به صورت رابطه ۲ زیر تعریف می‌شود:

$$NBPD = \frac{R}{W} = \frac{\text{سود خالص}}{\text{حجم آب کاربردی}} \quad [۲]$$

در رابطه فوق، R سود خالص تولید بر حسب هزار ریال و W حجم آب کاربردی بر حسب مترمکعب است. بنابراین، این شاخص نشان می‌دهد که با مصرف هر مترمکعب آب، چند هزار 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 (بی نام، ۲۰۲۰). این اطلاعات شامل هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت محصول ذرت علوفه‌ای در فصل زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۶) بود. همچنین هزینه اجرای سامانه آبیاری بارانی در فصل مذکور محاسبه و برای ده سال سرشکن (به‌عنوان حداقل عمر مفید سامانه) و به‌عنوان هزینه اجرای سامانه بارانی به هزینه‌های مزارع دارای این سامانه اضافه شدند. قیمت فروش محصول ذرت علوفه‌ای برای تمام مزارع معادل ۱۴۰۰ ریال درنظر گرفته شد. هزینه تولید یک هکتار ذرت علوفه‌ای در مزارع دارای سامانه آبیاری بارانی و سطحی به‌ترتیب معادل ۵۵۵۸۷۲۵۰ و ۴۵۵۸۷۲۵۰ 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[1] انجام شد. هدف استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه نشان دادن آماری تفاوت معنی‌دار، بین میانگین دو یا چند گروه «مستقل» (Unrelated) بود. برای انجام تجزیه واریانس یک‌طرفه دو طبقه بندی با تخصیص اعداد برای روش‌ها و شبکه‌های آبیاری آب مورد استفاده در نظر گرفته شد. آبیاری بارانی (۱)، آبیاری سطحی و شبکه سنتی (۲) و آبیاری سطحی و شبکه مدرن (۳) تقسیم شدند. لذا شش مزرعه دارای عدد ۱، سه مزرعه دارای عدد ۲ و سه مزرعه دارای عدد ۳ بودند.

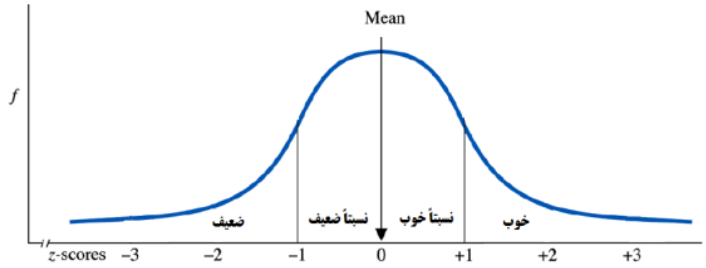
برای مقایسه شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری نیاز به رفع اختلاف بود. از این رو، برای این‌منظور از شیوه متداول استاندارد-سازی Z-Score مطابق رابطه ۳ استفاده شد. (فرحزا و همکاران، ۲۰۲۰).

$$Z = \frac{X-\mu}{\frac{\sigma x}{\sqrt{n}}} \quad [۳]$$

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

طیف نمره استاندارد Z، معمولاً بین ۳- و ۳+ در نوسان است و عدد صفر به‌عنوان میانگین و عدد یک به‌عنوان 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 ضیف هستند و گروه‌هایی که امتیازی بیش از صفر داشته باشند، دارای بهره‌وری آب خوب و یا نسبتاً خوب می‌باشند (فرحزا و همکاران ۲۰۲۰) (شکل ۱): با توجه شرح فوق گروه هایی که امتیاز کمتر از صفر داشته باشند غیرقابل قبول محسوب شده و گروه هایی که امتیاز بیش‌تر از صفر داشته باشند وصف قابل قبول داشتند.

[1] One-way ANOVA



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

نتایج و بحث

تعداد ۱۲ مزرعه در نقاط مختلف شهرستان بهبهان انتخاب شدند. میانگین، کم‌ترین و بیش‌ترین مقادیر اندازه‌گیری و محاسبه شده در مزارع در جدول ۱ نشان داده شده است. شـــوری آب آبیاری از ۰/۸ تا ٤/٤ (dSm^{-1})، طول دوره رشد از ۷۳ تا ۱۳۲ روز، تعداد کل نوبت‌های آبیاری از ۱۰ تا ٤۲ نوبت، حجم کل آب آبیاری از ٤۸۲٦ تا ۱٤۷۳۳ مترمکعب در هکتار، نیاز آبی از ۳۱۰/۳ تا ٦٥٥/۳ میلی‌متر، عملکرد از ۳۸۸۳۳ تا ٦۸٤٥۰ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری فیزیکی آب از ۳/۹۰۹ تا ۱۳/٦۸٦ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری اقتصادی آب از ۱/۰٥۲ الی ۱۰/۰٦۲ هزار ریال بر مترمکعب در نوسان بودند (جدول ۱). مقدار بهره‌وری آب محاسبه شده در پژوهش حقیقتی و همکاران (۲۰۱۳) در محدوده‌ی نوسانات بهره‌وری فیزیکی این تحقیق قرار داشت. دامنه آب مورد استفاده ذرت در تحقیقات رضایی سوخت آباندانی و همکاران (۲۰۱٥)، اکبری نودهی (۲۰۱٤) و رضائی استخروئیه و همکاران (۲۰۱۱) با دامنه حجم آب داده شده به ذرت علوفه‌ای در این تحقیق همخوانی داشتند.

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

پارامترهای آماری	شوری آب آبیاری (dSm^{-1})	طول دوره رشد (day)	تعداد کل نوبت‌های آبیاری	حجم آب آبیاری ($m^3\ ha^{-1}$)	نیاز آبی (mm)	عملکرد محصول ($kg\ ha^{-1}$)	بهره‌وری فیزیکی آب ($kg\ m^{-3}$)	بهره‌وری اقتصادی آب thousand) ($Rialsm^{-3}$)
میانگین	۲/۲	۱۰۳/۰	۲٥/۷	۷۸۰۱	٤۳۸/۰	٥٦۷۰٥	۸/۰۱٦	۳/۷٦۳
بیش‌ترین	٤/٤	۱۳۲/۰	٤۲/۰	۱٤۷۳۳	٦٥٥/۳	٦۸٤٥۰	۱۳/٦۸٦	۱۰/۰٦۲
کم‌ترین	۰/۸	۷۳/۰	۱۰/۰	٤۸۲٦	۳۱۰/۳	۳۸۸۳۳	۳/۹۰۹	۱/۰٥۲
انحراف معیار	۱/۱	۱٥/٦	۸/٦۸	۲۸٤۰	۹٥/۳	۸٥٥٦	۲/۷٦	۲/۳۲۲

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون و ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیر وابسته آب آبیاری به‌ترتیب در جداول ۲ و ۳، بهره‌وری اقتصادی آب در جداول ٤ و ٥ و بهره‌وری فیزیکی در جداول ٦ و

۷ نشان داده شده است.نتایج نشان داد متغیرهای مستقل معادل ۹۷/۵ درصد (R^2=۰/۹۵۰) از تغییرات آب آبیاری را تبیین نمودند. آب آبیاری به عنوان متغیر وابسته بوده و نتایج تحلیل رگرسیون معنی‌دار بودن رگرسیون و رابطه خطی بین متغیرها را نشان می‌دهند(P<۰/۰۱) (جدول ۲). در بین متغیرهای مستقل، دوره رشد گیاه با آماره‌ی t به میزان ۵/۲۸۸ بیشترین اثر مثبت معنی-دار را بر حجم آب آبیاری داشت. عامل مؤثر دوم نوع منبع آب بود که اثری مثبت و معنی‌دار در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۳). رعایت تاریخ کاشت در هر محصول زراعی موجب می‌شود که گیاه دوره رشد خود را تکمیل نموده و این مسئله در تکامل رشد محصول برای رسیدن به پتانسیل عملکرد تولید بسیار مؤثر است. لذا دیرکاشتن و عدم رعایت تاریخ کاشت موجب کاهش دوره رشد گیاه شده و بر عملکرد گیاه نیز اثر منفی خواهد گذاشت. به دلیل کاهش تعداد روزهای رشد گیاه عملاً مقدار آب آبیاری دریافتی کاهش خواهد یافت. منبع آب مورد استفاده که سطحی یا زیرزمینی بوده نیز در مقدار آب آبیاری اثر معنی-داری داشت. در مزارعی که از آب چاه ها استفاده نمودند به دلیل عدم نصب کنتور و فقدان مدیریت نظارتی از سوی نهاد یا سازمان‌های مسئول، موجب گردید تا مصرف آب در این مزارع بیشتر شود اما در مزارعی که از آب‌های سطحی همانند رودخانه‌ها استفاده نمودند مقدار آب آبیاری مدیریت گردید. این مدیریت بهینه توسط شرکت‌های آبیاری و زهکشی اجرا شد و موجب کاهش مصرف آب آبیاری نسبت به شبکه های سنتی گردید.

جدول ۲ - تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون برای متغیر حجم آب آبیاری.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده	ضریب رگرسیون	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	سطح معنی داری
مدل	۵	۱/۶۸۶×۱۰^{۷}	۲۲/۸۲۸	۰/۹۷۵	۰/۹۵۰	۰/۹۰۸	۰/۰۰۱**
خطا	٦	۷۳۸٦٤۳					
کل	۱۱						

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

جدول ۳ - ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیر حجم آب آبیاری.

مدل	ضرایب غیراستاندارد		ضرایب استاندارد	t محاسبه شده	سطح معنی داری
	ضریب B	خطای معیار	Beta		
عدد ثابت	-۹۰٤۵/۵٤۷	۲۳۳٦/۷۷۳	-	-۳/۸۷۱	۰/۰۰۸**
X_1=نوع منبع آب	۳۳۹۹/۳۷۰	۷٦۱/٦٤۲	۰/٦۱٦	٤/٤٦۳	۰/۰۰٤**
X_2=نوع شبکه آبیاری	۲۰۸٤/۰۰۲	۷٦۲/۱۵۹	۰/۳۳۲	۲/۷۳٤	۰/۰۳٤*
X_3= هدایت الکتریکی آب	-۱۰۵۸/٤۹۰	۳۷۲/۵۹۹	-۰/٤۰۵	-۲/۸٤۱	۰/۰۳۰*
X_4= دوره رشد گیاه	۹٦/۸۰٤	۱۸/۳۰۸	۰/۵۳۲	۵/۲۸۸	۰/۰۰۲**
X_5=روش آبیاری	۸۷۷/۲٦۱	۳٦۹/۱۷٦	۰/۳۲۳	۲/۳۷٦	۰/۰۵۵n.s

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

متغیر بهره‌وری اقتصادی آب به عنوان متغیر وابسته مورد بررسی قرار گرفت. در جدول ٥ میزان اثرگذاری متغیرهای مستقل بر متغیر بر بهره‌وری اقتصادی آب نشان داده شده‌اند. جدول ٤ نشان می‌دهد متغیرهای مستقل ۹٤/۳ درصد (R^2=۰/۹٤۳) تغییرات بهره‌وری اقتصادی آب را تبیین نموده اند (P<۰/۰۱) (جدول ٤). در بین متغیرهای مستقل، عملکرد با آماره‌ی t به میزان ٥/۹۱۹ بیشترین اثر مثبت معنی‌دار را بر بهره‌وری اقتصادی آب داشت. عامل مؤثر دوم سطح زیرکشت بود که اثری منفی و معنی‌دار در سطح ٥ درصد داشت (جدول ٥). افزایش عملکرد در افزایش سود مؤثر بوده و می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری اقتصادی گردد.

جدول ۴ - تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون برای متغیرهای وابسته بهره‌وری اقتصادی.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده	ضریب رگرسیون	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	سطح معنی داری
مدل	٥	۱۰/٥٤۹	۹/٦۱۷	۰/۹٤۳	/۸۸۹	۰/۷۹۷	۰/۰۰۸**
خطا	٦	۱/۰۹۷					
کل	۱۱						

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی‌دار در سطح ٥٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

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

مدل	ضرایب غیراستاندارد		ضرایب استاندارد	t محاسبه شده	سطح معنی داری
	ضریب B	خطای معیار	Beta		
عدد ثابت	-٤/٤٥٦	۲/٦۸۳	-	-۱/٦٦۱	۰/۱٤۸ n.s
X_1=دوره رشد گیاه	-۰/۰٥٥	۰/۰۳۰	۰/۳٦۸	-۱/۸۰۰	۰/۱۲۲ n.s
X_2=روش آبیاری	-۰/۲۳۹	۰/٥۱۲	-۰/۱۰۷	-۰/٤٦۷	۰/٦٥۷ n.s
X_3 = حجم آب آبیاری	-۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰	-۰/۰۳۱	-۰/۱۱٥	۰/۹۱۲ n.s
X_4= عملکرد	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۳۹	٥/۹۱۹	۰/۰۰۱ **
X_5= سطح زیرکشت	-۰/۱۳۰	۰/۰٥۰	-۰/٤٥۰	-۲/٦۰۱	۰/۰٤۱ *

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی‌دار در سطح ٥٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

نتایج نشان داد متغیرهای مستقل معادل ۹۹/۱ درصد (R^2=۰/۹۹۱) از تغییرات بهره‌وری فیزیکی آب را تبیین نمودند. آب آبیاری به عنوان متغیر وابسته بوده و نتایج تحلیل رگرسیون معنی‌دار بودن رگرسیون و رابطه خطی بین متغیرها را نشان می‌دهند (P<۰/۰۱) (جدول ٦). در بین متغیرهای مستقل، عملکرد و حجم آب آبیاری با آماره‌ی t به به‌ترتیب با مقادیر ٦/٤۱۹ و ٦/۳۸۱- بیشترین اثر معنی‌دار مثبت و منفی را بر بهره‌وری فیزیکی آب داشتند. سومین عامل اثرگذار بر بهره‌وری فیزیکی آب، هدایت الکتریکی آب آبیاری بود که اثری مثبت و معنی داری در سطح ٥ درصد داشت (جدول ۷). بررسی جمعی عوامل فوق نشان داد که میزان آب آبیاری اثر بسیار معنی‌دار ولی منفی بر بهره‌وری فیزیکی آب داشت. لذا میزان آب آبیاری از طرفی به نوع شبکه آبیاری و مدرن یا سنتی بودن آن وابسته بوده و از طرف دیگر مدرن بودن شبکه، به‌تبع، مدیریت علمی را به همراه داشته و این مدیریت علمی در حجم آب داده شده بر اساس نوع بافت

خاک و میزان آب آبشویی مورد نیاز که همزمان به بافت خاک نیز وابسته می‌باشد گره خورده است و از طرفی میزان تخصیص آب در زمان معین بر اساس تاریخ کاشت مناسب بر دوره رشد گیاه موثر بود. لذا حجم آب آبیاری به مقدار معین و مناسب با مرحله رشدی گیاه و بافت خاک موجب اثرات معنی‌دار بر بهره‌وری فیزیکی آب شده است. با توجه به این‌که حجم کل آب آبیاری اثر منفی و معنی‌داری 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 معنی‌دار، مؤثر بوده است. مدیریت جمعی یا سازمانی در قالب شبکه‌های آبیاری و زهکشی در انجام آبیاری در مراحل حساس به تنش خشکی از جمله در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه‌ها در این تفاوت معنی‌دار مؤثر بود. مدیریت صحیح در استفاده از روش‌های آبیاری بارانی از طریق شبکه‌های آبیاری و زهکشی به‌خصوص در منطقه بنه باشت که عمدتاً دارای سامانه‌های آبیاری بارانی هستند و نوبت‌های آبیاری به صورت منظم ٤ روزه اعمال می‌شوند، موجب گردیده تا در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه، ذرت علوفه‌ای با تنش خشکی مواجه نشود. این مدیریت در افزایش عملکرد نمود پیدا کرده و افزایش عملکرد محصول اثر معنی‌داری در افزایش بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب داشت.

اثر دوره رشد ذرت بر حجم آب آبیاری و اثر حجم آب آبیاری بر بهره‌وری فیزیکی ذرت علوفه‌ای با نتایج تحقیق سلامتی و همکاران (۲۰۲۰) در ارزیابی بهره‌وری آب آبیاری گندم هم‌خوانی داشت. به‌عبارت دیگر رعایت تاریخ کاشت گیاهان زراعی موجب افزایش طول دوره رشد گیاه، تکمیل مراحل رویشی و زایشی گیاه زراعی و افزایش عملکرد و بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب این گیاهان می‌شوند. عمده مزارع آبیاری بارانی مورد مطالعه در این تحقیق تحت پوشش شبکه آبیاری و زهکشی بهبهان قرار داشتند که از آب رودخانه خیرآباد برای آبیاری استفاده می‌نمایند. به عبارت دیگر بیشتر مزارع دارای سامانه آبیاری تحت‌فشار این پروژه تحت پوشش شبکه آبیاری و زهکشی می‌باشند و با مدیریت جمعی اداره می‌شوند. بیش‌تر بودن تعداد نوبت‌های آبیاری در رسیدن به‌موقع آب به ریشه و عدم بروز تنش خشکی در مراحل گل‌دهی و پرشدن دانه مؤثر بود و این اثر در افزایش عملکرد دانه و به‌طور غیر‌مستقیم بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشتند.

جدول ۶ - تجزیه و تحلیل واریانس در مدل رگرسیون برای متغیر وابسته بهره‌وری فیزیکی آب.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه شده	ضریب رگرسیون	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	سطح معنی داری
مدل	٦	۱۳/۷۲۰	٤٦/۸۸۲	۰/۹۹۱	۰/۹۸۱	۰/۹۵۹	۰/۰۰۰**
خطا	٥	۰/۳۱٦					
کل	۱۱						

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی‌دار در سطح ٥٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۷ - ضرایب متغیرها در معادله رگرسیون برای متغیر وابسته بهره‌وری فیزیکی.

مدل	ضرایب غیراستاندارد		ضرایب استاندارد	t محاسبه شده	سطح معنی داری.
	ضریب B	خطای معیار	Beta		
عدد ثابت	۱/۱۸٦	۲/٥٤۱	-	۰/٤٦۷	۰/٦٦۰ n.s
X_1= هدایت الکتریکی آب آبیاری	۰/۸۳٦	۰/۲۷٦	۰/۳۲۹	۳/۰۲۹	۰/۰۲۹*
X_2= روش آبیاری	-۰/٤۰٥	۰/۳۱۹	-۰/۱٥۳	-۱/۲۷۰	۰/۲٦۰ n.s
X_3 = حجم آب آبیاری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/٦٥۹	-٦/۳۸۱	۰/۰۰۱**
X_4= عملکرد	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/٦۸۱	٦/٤۱۹	۰/۰۰۱**
X_5= سطح زیرکشت	۰/۰۳٥	۰/۰۳۷	۰/۱۰۱	۰/۹٤۱	۰/۳۹۰ n.s
X_6= تعداد آبیاری	-۰/۰۷۹	۰/۰۳۲	-۰/۲٤۸	-۲/٤۹۰	۰/۰٥٥ n.s

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی‌دار در سطح ٥٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

نتایج آنالیز واریانس و نتایج توصیفی میانگین‌های بهره‌وری اقتصادی، بهره‌وری آب آبیاری، بهره‌وری فیزیکی آب، عملکرد و حجم آب آبیاری در جدول ۸ و مقایسه میانگین صفات مذکور در روش‌ها و شبکه‌های آبیاری مختلف در جدول ۹ نشان داده شده‌اند.

نتایج آنالیز واریانس میانگین صفات فوق نشان داد که میانگین اعداد بهره‌وری اقتصادی و عملکرد اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند ولی میانگین اعداد بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری فیزیکی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشتند و میانگین اعداد صفت حجم آب آبیاری اختلاف معنی‌داری در سطح ٥ درصد با هم داشتند (جدول ۸).

بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر بهره‌وری اقتصادی معادل ٤/۷۳۹ و ۲/۳۱٦ هزار ریال بر مترمکعب به‌ترتیب در آبیاری بارانی و آبیاری سطحی سنتی محاسبه شدند که این مقادیر اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری معادل ۱۰/۱٤۳ کیلوگرم بر مترمکعب در آبیاری بارانی و کم‌ترین آن به مقدار ٤/۸۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب در آبیاری سطحی سنتی محاسبه شد که اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. اختلاف معنی‌دار فوق در صفت بهره‌وری فیزیکی نیز محاسبه شد و آبیاری بارانی و آبیاری سطحی سنتی به‌ترتیب با مقادیر ۱۰/۱۲۸ و ٤/۸۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب با هم اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشترین و کم‌ترین عملکرد در آبیاری سطحی مدرن و آبیاری سطحی (سنتی) به‌ترتیب با مقادیر ٦۰۱٤٤ و ٥۱۰٤۷ کیلوگرم در هکتار محاسبه شدند، ولی این مقادیر اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار حجم آب آبیاری در آبیاری سطحی (سنتی) و آبیاری بارانی به‌ترتیب با مقادیر ۱۰۸۹۷ و ٥۷۹۸ مترمکعب در هکتار محاسبه شدند که اختلاف معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۹).

مقدار بهره‌وری آب محاسبه شده در پژوهش سیدان و متقی (۲۰۱۹) برای سامانه‌های آبیاری سنتی و مدرن کمی از نتایج این تحقیق پایین‌تر بود که افزایش نسبی بیشتر بهره‌وری در منطقه بهبهان به دلیل عملکرد بیشتر ذرت علوفه‌ای در بهبهان است. ولی مقدار بهره‌وری اقتصادی در پژوهش سیدان و متقی (۲۰۱۹) از مقدار متناظر آن در این تحقیق بیشتر بود. دلیل این اختلاف احتمالاً افزایش تورم سالانه و کاهش ارزش پول ریال در هر سال نسبت به سال قبل باشد. مضافاً این که مقدار حجم آب مصرفی در دو تحقیق با هم همخوانی داشتند. مقدار عملکرد ذرت علوفه‌ای در تحقیق باقری خانقاهی و همکاران (۲۰۲۲) از مقدار عملکرد این پژوهش کم‌تر بود و به همین دلیل بهره‌وری فیزیکی محاسبه شده در پژوهش مذکور مقداری از بهره‌وری فیزیکی این پژوهش، پایین‌تر بود. بهره‌وری فیزیکی محاسبه شده در پژوهش

زاهدپور و همکاران (۲۰۱۷) با نتایج این پژوهش هم‌خوانی داشت. ولی مقدار بهره‌وری فیزیکی محاسبه شده در پژوهش غالبی و همکاران (۲۰۱۳) از نتایج این پژوهش کم‌تر بود. مقدار بهره‌وری اقتصادی آب در این تحقیق با بهره‌وری اقتصادی آب ذرت در تحقیق ناظمی و همکاران (۲۰۲۰) هم‌خوانی داشتند. مقدار عملکرد و بهره‌وری آب محاسبه شده در روش آبیاری بارانی در پژوهش حقیقتی (۲۰۱۳) از نتایج مشابه این تحقیق مقداری بیش‌تر بود.

جدول ۸ – نتایج آنالیز واریانس میانگین‌های صفات مورد بررسی در حالت مشترک روش و شبکه آبیاری.

تیمار	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
بهره‌وری اقتصادی (یک هزار ریال بر مترمکعب)	تیمار	۱۲/۷٦٥	۲	٦/۲۳٤	۱/۲۳٤	۰/۳۳٦ n.s
	خطا	٤٦/٥٥۹	۹	٥/۱۷۳		
	کل	٥۹/۳۲۳	۱۱			
بهره‌وری آب آبیاری ($kg\ m^{-3}$)	تیمار	٦۰/۸۹۷	۲	۳۰/٤٤۹	۱۱/۷۲۲	۰/۰۰۳**
	خطا	۲۳/۳۷۹	۹	۲/٥۹۸		
	کل	۸٤/۲۷٦	۱۱			
بهره‌وری فیزیکی آب ($kg\ m^{-3}$)	تیمار	٦۰/٦۱۹	۲	۳۰/۳۰۹	۱۱/۷۱٦	۰/۰۰۳۱**
	خطا	۲۳/۲۸۳	۹	۲/٥۸۷		
	کل	۸۳/۹۰۲	۱۱			
عملکرد ($kg\ ha^{-1}$)	تیمار	$۱/۳۸۹\times۱۰^{۸}$	۲	$٦/۹٤٦\times۱۰^{۷}$	۰/۹۳۸	۰/٤۲۷n.s
	خطا	$٦/٦٦٤\times۱۰^{۸}$	۹	$۷/٤۰٤\times۱۰^{۷}$		
	کل	$۸/۰٥۳\times۱۰^{۸}$	۱۱			
حجم آب آبیاری (m^3)	تیمار	$٥/٥۳۰\times۱۰^{۷}$	۲	$۲/۷٦٥\times۱۰^{۷}$	۷/٤٤۲	۰/۰۱۲*
	خطا	$۳/۳٤٤\times۱۰^{۷}$	۹	۳۷۱٥٤۷٤		
	کل	$۸/۸۷٤\times۱۰^{۷}$	۱۱			

** : اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ * : اختلاف معنی‌دار در سطح ٥٪ n.s. اختلاف معنی‌داری وجود ندارد

جدول ۹ – مقایسه میانگین نتایج مورد بررسی به روش توکی در روش‌ها و شبکه‌های آبیاری تحت مطالعه

شماره تیمار	تعداد	بهره‌وری اقتصادی (یک هزار ریال بر مترمکعب)	بهره‌وری آب آبیاری ($kg\ m^{-3}$)	بهره‌وری فیزیکی آب ($kg\ m^{-3}$)	عملکرد ($kgha^{-1}$)	مقدار آب آبیاری (m^3)
۱	٦	٤/۷۳۹a	۱۰/۱٤۳a	۱۰/۱۲۸a	٥۷۸۱٤a	٥۷۹۸b
۲	۳	۲/۳۱٦a	٤/۸۲۱b	٤/۸۱۸b	٥۱۰٤۷a	۱۰۸۹۷a
۳	۳	۳/۲٥۷a	٦/۹۹٥ab	٦/۹۸۸ab	٦۰۱٤٤a	۸۷۱۱ab
کل	۱۲	۳/۷٦۳	۸/۰۲٥	۸/۰۱٦	٥٦۷۰٥	۷۸۰۱

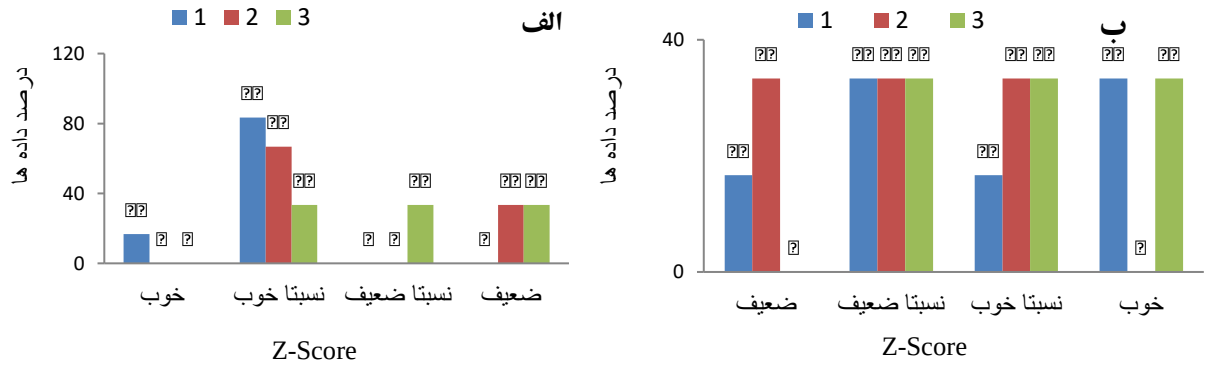
روش آبیاری بارانی=۱ ، روش آبیاری سطحی و شبکه سنتی =۲، روش آبیاری سطحی و شبکه مدرن =۳

اعداد هر ستون با حروف انگلیسی مشترک، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

در شکل‌های ۲ و ۳ نحوه قرارگیری مقادیر Z-Score های محاسبه شده به شکلی که قابل توصیف و بحث باشد نشان داده شده‌اند.

مقادیر Z-Score محاسبه شده برای حجم آب آبیاری نشان دادند که ۱۷ درصد مزارع آبیاری بارانی حجم آب آبیاری خوبی داشتند و ۸۳، ٦٧ و ۳۳ درصد مزارع به‌ترتیب آبیاری بارانی، آبیاری سطحی سنتی و آبیاری سطحی مدرن دارای حجم آب آبیاری نسبتاً خوبی بودند. به عبارت دیگر ۱۰۰ درصد مزارع آبیاری بارانی، حجم آب آبیاری قابل قبولی داشتند ولی ۳۳ و ٦٧ درصد مزارع آبیاری سطحی به ترتیب در شبکه سنتی و مدرن، حجم آب آبیاری قابل قبولی نداشتند. نکته قابل توجه این که دو سوم مزارع دارای آبیاری سطحی مدرن، حجم آبیاری قابل قبولی نداشتند که نشان از ضعف مدیریت نظارتی آب مصرفی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی دارد. عدم وجود کنترل تخصیص آب به مقدار مورد نیاز گیاه مطابق با مرحله رشدی در ورودی مزارع، محدود بودن آب در دسترس شبکه‌های سنتی، تسطیح نامناسب اراضی زیر شبکه‌های مدرن آبیاری، عدم نصب لوازم اندازه‌گیری دبی ورودی به مزارع آبیاری سطحی در شبکه‌های مدرن، افزایش ساعات آبیاری در شبکه‌های مدرن آبیاری به منظور پایین آوردن هزینه‌های کارگری آبیارها در افزایش مصرف آب آبیاری در شبکه‌های مدرن آبیاری در آبیاری سطحی نسبت به مزارع آبیاری سطحی در شبکه های سنتی مؤثر بوده است (شکل ۲ – الف).

مقادیر Z-Score محاسبه شده برای عملکرد نشان دادند که ۵۰ و ٦٧ درصد مزارع به ترتیب آبیاری بارانی و سطحی مدرن عملکرد قابل قبولی داشتند و عملکرد قابل قبول مزارع آبیاری سطحی سنتی ۳۳ درصد محاسبه شد. کمتر بودن مصرف آب آبیاری در روش آبیاری سطحی (سنتی) و عملکرد قابل قبول این تیمار که با مقدار ۵۱۰۴۷ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها نداشت، نشان دهنده این است که نوعی مدیریت استفاده از آب در روش‌های آبیاری سنتی اعمال می‌گردد. شاید کمبود منابع آب سطحی در دسترس، دلیلی بر استفاده کمتر آب باشد کشاورزان به دلیل کمبود آب ارزش آن را درک نموده و سعی نموده‌اند استفاده بهتری از آب در مراحل مختلف رشد محصول داشته باشند (شکل ۲ – ب).



شکل ۲ – میزان‌های متناسب با Z-Score محاسبه شده برای حجم آب آبیاری (الف) و عملکرد (ب)
آبیاری بارانی=۱ ، آبیاری سطحی و شبکه آبیاری سنتی =۲، آبیاری سطحی و شبکه آبیاری مدرن =۳ .

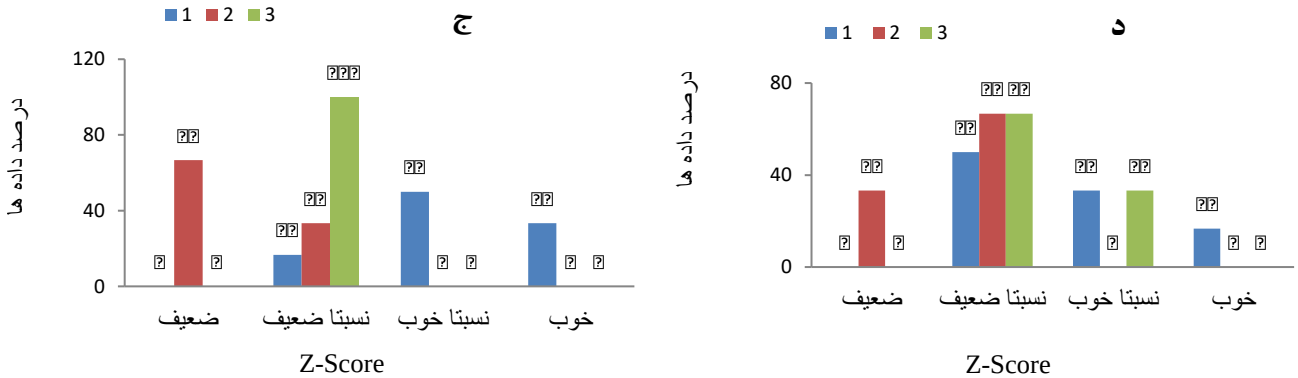
مقادیر Z-Score محاسبه شده برای بهره‌وری فیزیکی نشان دادند که ۳۳ و ۵۰ درصد مزارع آبیاری بارانی بهره‌وری فیزیکی خوب و نسبتاً خوبی داشتند. به عبارت دیگر ۸۳ درصد مزارع آبیاری بارانی بهره‌وری فیزیکی قابل قبولی داشتند. این در حالی بوده ۱۰۰ درصد مزارع آبیاری سطحی (شبکه مدرن) و ۱۰۰ درصد مزارع آبیاری سطحی (شبکه سنتی) بهره‌وری فیزیکی غیرقابل قبولی داشتند. پوشش‌دار نمودن کانال‌های سنتی آبیاری

در افزایش آب در دسترس این مزارع و افزایش بهره‌وری فیزیکی آب مؤثر خواهد بود و می‌تواند در کاهش درصد مزارع آبیاری سطحی که بهره‌وری فیزیکی آب غیرقابل قبولی داشتند مؤثر واقع شود. همچنین تسطیح مناسب اراضی آبیاری سطحی در شبکه‌های مدرن می‌تواند موجب کاهش ساعات آبیاری مزارع و افزایش بهره‌وری فیزیکی شود (شکل ۳ – ج).

مقادیر Z-Score محاسبه شده برای بهره‌وری اقتصادی نشان دادند که ۱۷ و ۳۳ درصد مزارع آبیاری بارانی به‌ترتیب بهره‌وری اقتصادی خوب و نسبتاً خوبی داشتند. به عبارت دیگر ۵۰ و ۳۳ درصد به‌ترتیب مزارع آبیاری بارانی و سطحی در شبکه مدرن بهره‌وری اقتصادی قابل قبولی داشتند. ولی ۱۰۰ درصد مزارع آبیاری سطحی در شبکه سنتی بهره‌وری اقتصادی قابل قبولی نداشتند. (شکل ۳ – د).

استفاده بهینه از آب در مراحل مختلف رشدی ذرت علوفه‌ای موجب مصرف صحیح آب می‌شود و تأمین آب مورد نیاز در مرحله گل‌دهی و پرشدن دانه موجب استفاده بهینه از آب خواهد شد. لذا تأمین عمق مناسب آب آبیاری مانع از فرونشت عمقی آب اضافی از محدودهٔ ریشه شده و عملاً با تأمین مقدار آب لازم در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه از بروز کم آبیاری در مرحله حساس به تنش کم‌آبی جلوگیری شده و علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، عملکرد ذرت علوفه‌ای نیز افزایش خواهد یافت. بنابراین، با افزایش عملکرد و کاهش مصرف آب اضافی در روش‌های آبیاری بارانی مقداری از بهره‌وری اقتصادی آب که غیرقابل قبول محاسبه شده به قسمت قابل قبول در منحنی بهره‌وری مذکور منتقل خواهد شد (شکل ۳ – د).

مدیریت جمعی در مزارع زیرپوشش شبکه آبیاری و زهکشی موجب گردید تا این مزارع برترین رتبه بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی را به خود اختصاص دهند این درحالی بود که مدیریت شخصی و ناکارآمد و عدم استفاده از کنتورهای حجمی بر روی چاه‌ها در شبکه سنتی موجب استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی از یک سو شده و عدم اعمال مدیریت صحیح استفاده از آب در سامانه آبیاری سطحی از سوی دیگر موجب گردیده تا پایین‌ترین رتبه بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب به مزارع دارای سامانه آبیاری سطحی و شبکه سنتی تعلق گیرند. بالا بودن بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار با نتایج غلامی و همکاران (۲۰۱۶)، حاجی راد و همکاران (۲۰۱۳)، محمدی و همکاران (۲۰۲۱) هم‌خوانی داشتند.



شکل ۳ – میزان‌های متناسب با Z-Score محاسبه شده برای بهره‌وری فیزیکی آب (ج) و بهره‌وری اقتصادی آب (د)
آبیاری بارانی=۱ ، آبیاری سطحی و شبکه آبیاری سنتی =۲، آبیاری سطحی و شبکه آبیاری مدرن =۳ .

نتیجه‌گیری کلی

خشکسالی‌های اخیر و محدودیت منابع آبی، ضرورت استفاده مناسب از آب، اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب در روش‌های مختلف آبیاری را می‌طلبد. مقدار آب آبیاری در مزارع دارای روش آبیاری بارانی، ٤٦ و ۳۳ درصد کم‌تر از مزارع شبکه‌های سنتی و مدرنی بود که به روش سطحی آبیاری شدند. همچنین مصرف آب آبیاری در روش آبیاری سطحی در شبکه سنتی، ۲۰ درصد بیش‌تر از آبیاری سطحی در شبکه مدرن بود. این افزایش مصرف آب در کاهش بهره‌وری آب آبیاری شبکه‌های سنتی نسبت به شبکه‌های مدرن که آبیاری سطحی داشتند، مؤثر بود. دلیل مصرف بیشتر آب آبیاری در روش آبیاری سطحی مدرن نسبت به آبیاری بارانی را می‌توان به عوامل ذیل نسبت داد: ۱ – عدم مدیریت آبیارها در زمان تعویض نوبت آبیاری مزارع که بعضاً به دلیل نبود کارگر آبیار در زمان تعویض نوبت اتفاق می‌افتد. ۲ – عدم کنترل آب ورودی مزارع به دلیل فقدان کنتور یا لوازم اندازه‌گیری دبی ورودی. ۳ – تسطیح نامناسب اراضی زیر شبکه مدرن آبیاری که موجب افزایش زمان آبیاری این مزارع می‌شود. با پوشش کانال‌های آبیاری سنتی توسط بتن یا دیگر پوشش‌های متناسب با آب و هوای منطقه می‌توان تلفات آب را کاهش داد. همچنین آموزش‌های لازم برای استفاده و مدیریت صحیح از آب آبیاری متناسب با مراحل مختلف رشد ذرت علوفه ای در کاهش مصرف آب مؤثر خواهد بود. آموزش کشاورز و بهره‌بردار توسط کارشناسان مدیریت جهاد کشاورزی و محققان مراکز تحقیقاتی موجب می‌گردد تا علاوه بر تنظیم مقدار آب متناسب با مراحل رشد و نمو گیاه از بروز تنش کم آبیاری در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه که مهم‌ترین مرحله حساس به تنش رطوبتی هست، جلوگیری نمود. قیمت غیرواقعی و پایین آب آبیاری تحویلی به بهره‌برداران با آبیاری سطحی در شبکه‌های مدرن و سنتی از یک سو و قیمت ناچیز تا مجانی آب مصرفی در منابع زیرزمینی اعم از چاه‌ها در شبکه‌های سنتی موجب پایین آمدن بهره‌وری فیزیکی آب شده است. حجم آب آبیاری اثری معنی‌داری بر بهره‌وری اقتصادی نداشت ولی بالا بودن قیمت خرید ذرت علوفه‌ای نسبت به قیمت پایین آب آبیاری، موجب گردیده تا عملکرد ذرت علوفه‌ای اثر مثبت و معنی‌داری بر بهره‌وری اقتصادی آب داشته باشد. لذا اتخاذ تصمیم در سطح کلان کشور برای نصب کنتورهای حجمی در چاه‌های کشاورزی علاوه بر این‌که تصمیمی منطقی و صحیح بوده موجب خواهد شد تا در آینده، اثر عملکرد و حجم آب آبیاری بر دو پارامتر مهم بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب متعادل شوند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان برای حمایت‌های مادی و معنوی از طرح تحقیقاتی به شماره ۰۱٤-۱٤-۰۱۱-۹۵۰۱۳-۹۵۰۲٦٤ سپاسگـزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

Afzali Goruh H, Asoudar MA and Khodarahmpour Z, 2012. Effect of irrigation and soil levels on water use efficiency and corn yield in Kerman. Journal of Water and Soil Science 22(3): 47-58 (In Persian with English abstract).

Ahmadvand M, Sharifipour M and Nasrolahi AH, 2021. Effect of regulated deficit irrigation and alternate furrow irrigation on water productivity of forage maize in Khorramabad climatic. Irrigation Sciences and Engineering. 44(3): 129-143(In Persian with English abstract)

Akbari Nodehi D, 2014. Effect of furrow irrigation methods and deficit irrigation on yield and water use efficiency of Maize in Mazandaran. Journal of Water and Soil Science. 18(70): 245-254. (In Persian with English abstract).

Amini Najafabadi M, Fattahi R, Ghorbani B and Salemi HR, 2020. The effect of irrigation types of strip diameters (type) and irrigation levels on yield and yield components of forage maize. Iranian Journal of Water Research 14 (4): 187-179. (In Persian with English abstract)

Anonymous, 1985. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, FAO29-Chap2.

Anonymous, 2020. Statistics and Information Unit of Behbahan Jihad-e-Agriculture Management.

Bagheri Khaneghahi M, Mirhashemi SH and Panahi M, 2022. Evaluation and analysis of water productivity indices for various crops using traditional and modern irrigation systems (Case study: Tajan plain of Mazandaran). Crop Science Research in Arid Regions 4 (1): 49-59. (In Persian with English abstract)

Cakir R, 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research 89:1-16.

Coors JG, AlbrechtK A and Bures EJ, 1997. Ear fill effects on yield and quality of silage corn .Crop Science 37:243-247.

Curran B and Posch J, 2000. Agronomic management of silage for yield and quality: silage cutting height. Crop Insights. 10 (2): 145-155.

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): 166-17958 (In Persian with English abstract).

Ghalebi S, Shahabi Far J and Gomarkchi A, 2013. Review and evaluation of the role of different irrigation management on water use efficiency (WUE) in different groups of farmers' technical efficiency in maize fields of Qazvin province. Final report of the research project. No. 48345. Soil and Water Research Institute. Karaj. Iran.

Gholami Z, Ebrahimian H and Noory H, 2016. Water productivity in sprinkler and surfacei systems (Case study: Qazvin Plain). Irrigation Science and Engineering 39 (3): 146-135. (In Persian with English abstract)

Haghighati B, 2013. Improving the management and optimal use of water in the process of producing agricultural products. Report of the Promotion Plan. Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Chaharmahal va Bakhtiari. (In Persian with English abstract)

Haji Rad IS, MirLatifi M, Dehghanisanij H and Mohammadi S, 2021. Investigation of the effect of low irrigation on yield and water productivity of forage maize in case of using two different types of management in drip irrigation system. Iranian Journal of Water Research. 15 (3): 23-1558 (In Persian with English abstract).

Heidari N, 2011. Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmers management in Iran. Journal of Water and Irrigation Management. 1(2): 43 - 57. (In Persian with English abstract)

Khazaei E, Zakerinia M, Dehghani Sanij H, Hezarjeribi A and Hesam M, 2013. Application of online meteorological station in farm for calculating maize real-time water requirement and its effect on increasing water use efficiency in Saveh city region. Journal of Water and Soil Conservation 20(2): 143-160. (In Persian with English abstract)

Kordi MA, Nasrollahi H and Saeedniya M, 2021. Estimation of different water stress indices of forage maize for deficit irrigation management. Iranian Soil and Water Research. 52 (8). 2181-2190. (In Persian with English abstract)

Marie TAS, 2015. Calculation of Crop Water Requirements Uses CROPWAT. FAO. CROPWAT.8. Training Course on Agronomic and Engineering Aspects of Adaptation to Climate Change in Mediterranean Agriculture. http://www.fao.org/nr/water/infores_databases.html

Mohammadi SS, Mirlatifi M Dehghanisanij H and Homaee M, 2021. Effect of pulsed management in drip irrigation on yield, yield components and water productivity of silage maize. Iranian Soil and Water Research. 51 (12). 3145-3135. (In Persian with English abstract)

Montajebi N, 2012. The effect of irrigation rounds and potassium consumption on water use efficiency and yield of forage corn. P. 208, First National Conference on Water Management in the Field. Soil and Water Research Institute, 30-31 May, Karaj, Iran.

Molden DJ, Sakthivadivel R, Perry CJ and de Fraiture C, 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. Research Report No. 20, Colombo, Sri Lanka: International Wate Management Institute.

Nazemi AH, Parandin MA, Sadraddini A and Ghamarnia H, 2020. Economic evaluation of zea maize yield in deficit irrigation and surge irrigation strategy (Case study: Islamabad-Gharb Area). Water and Irrigation Management 9 (2). 19-185. (In Persian with English abstract)

Payero J, Tarkalson D, Irmak S, Davision D and Petersen J, 2009. Effect of timing of a deficit irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. Agricultural Water Management 96: 1387-1397.

Rezaei Estakhruieh A, Boroumand Nasab S, Houshmand A and Khanjani MJ, 2011. Effect of local irrigation and root dryness on morphological and physiological characteristics of corn. Quarterly Journal of Irrigation and Water Engineering 2(6): 67-76. (In Persian with English abstract)

Rezaei Sukht Abandani R, Rezaei M, Rezaei N and Ebrahimi M, 2015. Evaluation of the effect of irrigation and nutrition management on the yield and water productivity of maize (S.C.704) in the North of Iran. New Agricultural Findings 10(1): 21 - 39.

Robins JS and Domingo CE, 2003. Some effect of several soil moisture deficits growth stages in corn. Agronomy Journal .95: 618-621.

Sahradi H and Aghayari F, 2019. Effect of partial root-zone drying irrigation and plant density on yield and water productivity of forage corn. Journal of Soil and Water Resources Protection 9 (1): 138-123(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)

Seyedan SM and Mottaghi M, 2019. Determination of the physical and eco- nomic water productivity for grain and forage corn under modern and tradition- al irrigation systems in Hamadan province. Journal of Water and Sustainable Development 6 (1): 1-8. (In Persian with English abstract)

Yazar A, Howell TA, Dusek DA and Copeland KS, 1999. Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn. Journal of Irrigation Science. 18:171-180.

Zahedpour H, Rezaverdinejad V and Dehghani Sanij H, 2017. Evaluation of water application efficiency and productivity of surface irrigation systems in fields of Nazloo-Chay region, Urmia. Journal of Water Research in Agriculture 31 (4): 685-698. (In Persian with English abstract)