

## The impact of irrigation systems on productivity and some of the morphophysiological characteristics of four varieties of wheat

Rahim. Alimohammadi Nafchi<sup>1\*</sup> and Sam. Safari<sup>2</sup>

### Extended Abstract

#### Introduction:

Food security in the community and a negative water balance in most plains have necessitated the optimal and sustainable use of water resources. Wheat is one of the most important and strategic products in ensuring food security, having been cultivated and produced in all parts of the world for a long time. Ensuring food security in society and the negative water balance in most plains have made the optimal and sustainable use of water resources essential. However, the rate of growth of production per unit area and its productivity, especially the productivity of wheat irrigation water in Iran, has not yet reached its optimal level. The need to increase production and physical water productivity in this strategic product through the use of different techniques and methods is evident. The area under wheat cultivation in Chaharmahal and Bakhtiari Province accounts for 44 percent of the province's cultivable land, with a net irrigation requirement of 400 mm and a water requirement of approximately 5,000 to 8,500 cubic meters per hectare.

#### Materials and Methods:

To increase productivity and production indices, a split-plot experimental design in the form of a randomized complete block statistical design was used, with the main factor of irrigation systems (sprinkler, tape and subsurface tape), the sub-factor of wheat cultivars (Heidari, Pishgam, Mihan and Orum) conducted with three replications in Chahartakhteh research station, Shahrekord, Iran. In this project, the amounts of water for irrigation (according to FAO Publication No. 56 and the soil characteristics of the root zone) were applied to surface and subsurface tape irrigation systems using a volumetric flow meter, and to sprinkler irrigation systems by measuring and calibrating the sprinklers. The yield of the product under different irrigation systems, along with the amount of irrigation water, was measured and calculated. To calculate plant evapotranspiration (ET<sub>o</sub>), the FAO-Penman-Monteith equation (No. 56) is used, taking into account the characteristics of the reference plant. In this method, the reference plant is assumed to be a grass cover with a height of 0.12 m, a constant surface resistance of 70 s/m, and a reflectance coefficient (albedo) of 0.23, representing evaporation from a large surface of green grass with uniform height, active growth and access to sufficient water. This relationship is independent of the type of plant and cultivation environment management issues, and is only affected by the climatic data of the region. Cropwatt software calculates the water requirement (CWR) of the wheat crop based on the (CWR = ET<sub>o</sub> × K<sub>c</sub>) equation. The plant coefficient (K<sub>c</sub>) for wheat is considered to be from 0.25 to 1.15 during the growth stages (initial, development, intermediate, and final). The amount of irrigation requirement (ICWR) is obtained from the ratio of the net requirement (wheat water requirement-CWR) to the efficiency or effectiveness of the irrigation system in percentage (E<sub>a</sub>). The water productivity index is a function of the amount of water used (applied water, cubic meters per hectare) and grain yield (kilograms per hectare).

#### Results and Discussions:

The results showed that the effect of irrigation systems on 1000-seed weight, biological yield, grain yield and water productivity index at 1% at the 1% significance level was significantly different. Water productivity index in tape, subsurface tape, and sprinkler irrigation systems with values of 1.57, 1.24, and 0.93 kg/m<sup>3</sup>, respectively, and in Heidari, Pishgam, Mihan, and Orum wheat cultivars, 1.33, respectively, were 1.29, 1.28,

1- Agricultural Engineering Research Department, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education center, AREEO, Shahrekord, Iran.

2- Assistant professor seed and seedling registration and certification research institute, AREEO, Shahrekord, Iran

\* Corresponding Author: [Nafchi38@gmail.com](mailto:Nafchi38@gmail.com) , [r.alimohammadi@areeo.ac.ir](mailto:r.alimohammadi@areeo.ac.ir)

Received: 2025/12/28

Accepted: 2026/04/11

and 1.09 kg/m<sup>3</sup>. Based on the results Heidari cultivar was suggested as the best among the cultivated wheat cultivars to continue projects. Among the three irrigation systems (sprinkler, surface tape, and subsurface tape) in wheat cultivation, the surface tape irrigation system was superior to the other two. Subsurface tape irrigation systems were damaged due to the location of all pipes and fittings underground, and sometimes due to pressure changes or rodent damage. Their repair and maintenance caused damage, wasted time, and imposed costs on the project. Moreover, the placement of the tapes at a depth of about thirty centimeters below the ground combined with the effect of gravity on the upward transfer of moisture sometimes required additional irrigation to provide the necessary moisture. This issue reduced the efficiency and productivity of this method. As a result, water consumption in the surface tape irrigation method was lower than in other methods (rain and subsurface tape). Wheat crop yield (grain production) in surface tape irrigation systems was higher than in other irrigation methods. The Heidari cultivar had a significantly higher yield than the other tested cultivars (Mihan, Orum, and Pishgam). The highest and lowest water productivity index values among the irrigation systems were surface tape irrigation (1.556 kg/m<sup>3</sup>) and rain irrigation (0.925 kg/m<sup>3</sup>). However, among the wheat cultivars, Heidari, Pishgam, Mihan, and Orum had the highest water productivity, respectively. The highest harvest index value was obtained from the surface tape irrigation systems. Among the cultivars, the Heidari cultivar had the highest thousand-grain weight.

## Conclusion:

The minimum volume of irrigation water used in surface tape irrigation and the maximum amount of water used in sprinkler irrigation, and the amount of water used in the subsurface tape irrigation system were between the latter two systems. This result is also due to the efficiency and performance of surface tape systems, and in the subsurface tape system, due to the transfer of moisture from a depth of thirty centimeters to the ground surface, the distribution of moisture and the direction of a significant portion of moisture towards the force of natural gravity, the consumption in this system is slightly higher than in the surface tape irrigation system.

**Keywords:** Biological yield, Grain yield, Irrigation systems, Water productivity.

**Citation:** Alimohammadi Nafchi. R., Safari. S., 2026. The impact of irrigation systems on productivity and some of the morphophysiological characteristics of four varieties of wheat. Iranian Water Research Journal, 20(61), pp. 37-50  
<https://dx.doi.org/10.22034/iwrj.2026.14828.2617>

**Copyright:** © Authors, Published by Iranian Water Research Journal. This is an open-access article distributed under the CC-BY 4.0 (license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> ).



## تأثیر سامانه‌های آبیاری بر بهره‌وری و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی چهار رقم گندم

رحیم علی محمدی نافچی<sup>۱\*</sup> و سام صفری<sup>۲</sup>

### چکیده

به منظور بررسی بهره‌وری فیزیکی آب در تولید گندم، طرح آزمایشی اسپلیت پلات در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با فاکتور اصلی سامانه‌های آبیاری (بارانی، قطره‌ای سطحی (نواری) و زیرسطحی) و فاکتور فرعی ارقام گندم (حیدری، پیشگام، میهن و اروم) و با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی چهارتخته شهرکرد، اجرا شد. در این پروژه حجم آب داده شده (با توجه به نشریه ۵۶ فائو و مشخصات خاک منطقه ریشه) به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی توسط کنتور حجمی و در سامانه آبیاری بارانی با اندازه‌گیری و کالیبره نمودن آبپاش‌ها انجام شد. عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه محصول تولید شده تحت سامانه‌های مختلف آبیاری به همراه میزان آب آبیاری اندازه‌گیری و محاسبه گردید. نتایج نشان داد، تاثیر سامانه‌های آبیاری بر وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و بهره‌وری فیزیکی آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. شاخص بهره‌وری آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی، قطره‌ای زیرسطحی و بارانی به ترتیب با مقادیر ۱/۵۷، ۱/۲۴ و ۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب و در ارقام گندم حیدری، پیشگام، میهن و اروم هم به ترتیب ۱/۳۳، ۱/۲۹، ۱/۲۸ و ۱/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بر اساس نتایج حاصله در بین روش‌های آبیاری، آبیاری قطره‌ای سطحی به عنوان سامانه برتر و در بین ارقام گندم مورد آزمایش، رقم حیدری به عنوان رقم برتر برای ادامه پروژه‌ها پیشنهاد گردید.

**واژه‌های کلیدی:** بهره‌وری فیزیکی آب، سامانه‌های آبیاری، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه

ارجاع: علی محمدی نافچی، ر. صفری، س.، ۱۴۰۵. تأثیر سامانه‌های آبیاری بر بهره‌وری و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی چهار رقم گندم. مجله پژوهش آب ایران، ۲۰(۶۱)، صص. ۳۵-۴۸. <https://dx.doi.org/10.22034/iwrj.2026.14828.2617>

۱- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران.

۲- استادیار موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال

\* نویسنده مسئول: [r.alimohammadi@areeo.ac.ir](mailto:r.alimohammadi@areeo.ac.ir) , [Nafchi38@gmail.com](mailto:Nafchi38@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۷

## مقدمه

تأمین امنیت غذایی در جامعه و بیلان منفی آب در اکثر دشت‌ها، استفاده بهینه و پایدار از منابع آبی را ضروری نموده است. گندم یکی از محصولات مهم و تأثیرگذار در بحث تأمین امنیت غذایی و استراتژیک است که از دیرباز در اقصی نقاط دنیا کشت و تولید می‌شود. اما آهنگ رشد تولید در واحد سطح و بهره‌وری آن خصوصاً بهره‌وری آب آبیاری گندم در کشور ایران هنوز به مرحله و جایگاه اصلی خود نرسیده است و ضرورت افزایش تولید و بهره‌وری آب در این محصول استراتژیک با استفاده از تکنیک‌ها و روش‌های متفاوت مشهود است. آمار سطح زیر کشت گندم آبی در کشور ۱۹۳۱۷۶۶ هکتار با متوسط عملکرد ۴۲۳۱ کیلوگرم در هکتار و در استان چهارمحال و بختیاری ۲۲۳۵۰ هکتار با متوسط عملکرد ۳۷۶۰ کیلوگرم در هکتار است (Ahmadi et al., 2020). سطح زیرکشت گندم در استان چهارمحال و بختیاری بالغ بر ۴۴ درصد سطوح قابل کشت در استان، با نیاز خالص معادل ۴۰۰ میلی‌متر و نیاز آبیاری حدود ۵۰۰۰ تا ۸۵۰۰ مترمکعب در هکتار می‌باشد (Assistance of planning and affairs of economices, 2024). در مطالعه‌ای (Ghaemi et al. (2013) در دانشگاه فردوسی مشهد با استفاده از روش بیلان انرژی و لایسیمتری نتیجه گرفتند که نیاز آبی گندم رقم گاسکوژن معادل ۵۳۶/۵ و ۵۴۴/۵ میلی‌متر است. ضریب گیاهی برای مراحل چهارگانه رشد گندم نیز معادل ۰/۳، ۰/۸، ۱/۱۴ و ۰/۴ به دست آمد. (Liao et al. (2008) در شمال غربی چین نشان دادند که نیاز آبی گندم بهار ۴۲۰ میلی‌متر است که ۲۷ درصد آن صرف تبخیر از سطح خاک و ۷۳ درصد آن صرف تعرق گیاه شده است (Lv et al. (2009) با بررسی تأثیر روش‌های آبیاری (بارانی، قطره‌ای نواری سطحی و غرقابی) بر توسعه ریشه و پروفیل جذب آب خاک نتیجه گرفتند که توسعه ریشه در سامانه‌های سطحی به سمت پایین و در عمق بوده ولی در سامانه‌های بارانی و قطره‌ای سطحی (نواری) توسعه به سمت لایه سطحی مشاهده شده است. جذب آب با نحوه توسعه ریشه دارای تغییراتی بوده است به گونه‌ای که در سامانه‌های بارانی و قطره‌ای نواری سطحی جذب آب بیشتر از لایه سطحی که تحت تأثیر تابش خورشید و تبخیر است، صورت می‌پذیرد. اما در روش ثقلی در لایه پایین‌تر جذب صورت می‌گیرد که کمتر تحت تأثیر تبخیر است. (Morsy and Abd El- Hameed در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسماعیلیای مصر تأثیر سه رژیم آبیاری را بر خصوصیات و عملکرد گندم بررسی

و نشان دادند که آبیاری با فواصل هر سه هفته یکبار موجب کاهش عملکرد و تأخیر در رسیدن گندم گردید. (Wang et al. (2013) در شمال چین در تیمارهای کشت گندم زمستانه تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و غرقابی نتیجه گرفتند که میزان آب آبیاری در تیمارهای تحت هر دو سامانه در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری بودند و در تیمارهای تحت سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی عملکرد و بهره‌وری آب به شدت بیشتر بود. میانگین شاخص بهره‌وری در تولید محصولات کشاورزی در ایران در سال ۱۳۸۴ معادل ۰/۸۷ و در سال ۱۳۹۴ برابر ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شده است (Abbasi et al. 2017). (Khaledian et al. (2013) در جنوب شرقی فرانسه تأیید کردند که بهره‌وری آب آبیاری در کشت گندم تحت تأثیر تراکم کشت، تاریخ کشت و مدیریت آبیاری است. (Turknejad et al. (2006) در ایستگاه تحقیقاتی اسلام آباد کرمانشاه نتیجه گرفتند که سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی با فاصله نوارها ۷۰ سانتی‌متر، و ۴۰ درصد تأمین نیاز آبی گیاه، با طول لترال‌های برابر ۹۰ متر دارای بیشترین عملکرد، با بهره‌وری مصرف آب ۲/۵۷ و در آبیاری غرقابی ۱/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب است. (Dehghan et al. (2011) در نیشابور، ضمن تجزیه و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب در مزارع گندم با استفاده از معادله اجزای بیلان آبی نتیجه گرفتند که متوسط شاخص‌های WPT (نسبت عملکرد به تعرق واقعی گیاه)، WPET (نسبت عملکرد به تبخیر و تعرق واقعی گیاه)، WPETO (نسبت عملکرد به تبخیر و تعرق واقعی گیاه به اضافه نفوذ عمقی) و WP Irr (نسبت عملکرد به مجموع آب کاربردی) به ترتیب برابر ۱/۲۸، ۰/۹۹، ۰/۱۶ و ۰/۸۸ (کیلوگرم بر مترمکعب) است و در صورت اصلاح برنامه‌های آبیاری عملکردها تا ۱۴ درصد افزایش خواهند یافت. (Mokari et al. (2020) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاشمر با بررسی مدیریت کم‌آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم پیشگام نتیجه گرفتند که تنش آبی بر عملکرد، بهره‌وری آب و شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت. آنها بهترین عملکرد (۷۲۲۷ کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت (۳۲/۷۷ درصد) و بهره‌وری آب (۲/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به تیمار با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی را تحت سامانه آبیاری قطره‌ای توصیه کردند.

(Taheri et al. (2020) با استفاده از آمار تهیه شده در مناطق کاشت گندم کشور در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و به منظور بررسی بهره‌وری آب در تولید گندم تأیید

همچنین در بین سطوح آبیاری (بر اساس تخلیه ۲۵ و ۵۰ درصد آب قابل استفاده در خاک) تفاوت معنی‌داری در عملکردها وجود نداشت. در بین ارقام (چمران و استار) رقم چمران از نظر کمی و کیفی برتر بود. (Halim et al. (2017) در ارزیابی بیست رقم گندم نتیجه گرفتند که در بین ارقام، رقم دانش بیشترین عملکرد، وزن هزار دانه را نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با دیگر ارقام داشت. (Jalili et al. (2023) ضمن بررسی اثر سامانه‌های آبیاری بر بهره‌وری گندم در استان کرمانشاه، تأیید کردند که بیشترین عملکرد محصول گندم در تیمارهای تحت آبیاری قطره‌ای (نواری) رقم بهاران به میزان ۹۴۵۸ کیلوگرم در هکتار بود و رقم حیدری تحت آبیاری بارانی با عملکرد ۶۵۳۹ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را داشت. حداکثر بهره‌وری آب نیز در رقم بهاران تحت آبیاری قطره‌ای با ۲/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود. (Ghadami and Akbari (2023) در استان همدان، نشان دادند که میانگین مصرف آب آبیاری در مزارع گندم بهره‌برداران استان تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، بارانی و غرقابی به ترتیب ۴۱۵۳، ۴۰۹۰ و ۵۹۱۸ مترمکعب در هکتار بود و متوسط عملکرد محصول گندم تحت سامانه‌های مذکور هم معادل ۵۵۸۱، ۴۳۸۱ و ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. اما بهره‌وری آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، بارانی و سطحی ۰/۱۸۸، ۰/۸۰ و ۰/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب بودند. (Aghaei et al. (2023) در پژوهش خود نتیجه گرفتند که عملکرد تیمارهای با ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی، در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (نواری) و سطحی به ترتیب ۵۳۳۸ و ۵۷۷۳ کیلوگرم در هکتار و شاخص بهره‌وری آب آنها معادل ۱/۴۴ و ۱/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود. (Saeidi (2023) در دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین، مقدار بهره‌وری فیزیکی آب در تولید دانه، کاه و زیست توده رقم بک کراس روشن را معادل ۱/۶۷، ۱/۵۷ و ۳/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آورد و توصیه نمود که ارقام با مصرف آب زیاد و عملکرد کم از الگوی کشت گیاهان زراعی حذف گردند. (Pourgholami et al. (2024) بیان کردند که سامانه آبیاری قطره‌ای (نواری) نسبت به روش سنتی، موجب افزایش بهره‌وری محصول گندم، افزایش عملکرد در واحد سطح و کاهش ۴۰ تا ۵۰ درصدی مصرف آب شده است. (Liu et al. (2013) در پژوهشی در شمال چین با مقایسه تیمارهای گندم تحت آبیاری با سامانه‌های بارانی و سطحی نتیجه گرفتند که تیمارهای تحت آبیاری بارانی نسبت به سطحی دارای وزن هزار دانه، بهره‌وری آب (۱۸-۵۷ درصد)، بهره‌وری آب آبیاری (۲۱-۸۱ درصد) و

نمودند که دامنه بهره‌وری آب از ۰/۳ تا ۲/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب و با میانگینی معادل ۰/۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب است. (Baghaei et al. (2013) در شبکه آبیاری مارون بهبهان با استفاده از تکمیلپرسشنامه‌ها از گندمکاران منطقه و تجزیه و تحلیل انجام داده شده، نتیجه گرفتند که شاخص راندمان و بهره‌وری آب برای تولید گندم در سال ۱۳۸۶ معادل ۰/۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. (Najafi (2006) با بررسی تاثیر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (در عمق ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متری) در افزایش بهره‌وری آب در آبیاری چند محصول، نتیجه گرفت که کاربرد آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث افزایش عملکرد محصولات و افزایش بهره‌وری آب گردید و در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای اختلاف معنی‌داری نسبت به آبیاری جوی و پشته وجود دارد. (Akhavan (2015) روش‌های آبیاری سطحی نسبت به روش‌های آبیاری تحت فشار دارای بهره‌وری آب کمتری بودند به گونه‌ای که با استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری سطحی، می‌توان تا ۳۰ درصد در مصرف آب صرفه جویی نمود و بهره‌وری آب را تا ۴۰ درصد افزایش داد. (Martinez and Reza (2014) در تحقیقی در جنوب اسپانیا توصیه کردند که شاخص بهره‌وری آب در مناطق نیمه خشک به دلیل کمبود منابع آبی بسیار حائز اهمیت است. اما کشاورزان به دلیل گرفتگی چکاننده‌ها و سختی تشخیص نشتی و تعمیر آنها در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، همواره با مشکلات زیادی در هنگام بهره‌برداری مواجه هستند. (Balali et al. (2008) پرداخت یارانه را یکی از دلایل اصلی بهره‌وری پایین در استفاده از منابع آب معرفی کردند و نتیجه گرفتند که تعدیل یارانه انرژی با توجه به تأثیرگذاری بر الگوی کشت محصولات کشاورزی در رابطه با توسعه محصولات با نیاز آبی کمتر و اصلاح رفتار و عملکرد بهره‌برداران می‌تواند تا حدی در حفظ منابع آب زیرزمینی مؤثر واقع گردد. (Rezaei et al. (2020) با ارزیابی منابع آب در استان گلستان نتیجه گرفتند که افزایش قیمت آب به میزان ۵۰ و ۱۰۰ درصد منجر به کاهش ۲/۷۲ و ۵/۴۴ درصدی مصرف آب و ۵/۰۶ و ۹/۹۹ درصدی سودناخالص بهره‌برداران خواهد شد. ولیکن شاخص کارایی و مصرف آب تا میزان ۰/۷۸ و ۱/۶ درصد افزایش خواهد یافت. (Karimi et al. (2011) در تحقیقی در دانشگاه شهید چمران اهواز، نشان دادند که روش‌های کاشت (خطی در کرت، کاشت ۳، ۶ و ۹ خط گندم روی پشته) در عملکرد دانه و کاه و درصد پروتئین بذر دارای اختلاف معنی‌داری بودند و کاشت سه خطی دارای عملکرد کاه و دانه بیشتری بود.

بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار اجرا شد. سامانه‌های آبیاری (بارانی، قطره‌ای نواری سطحی و زیرسطحی) فاکتور اصلی و در کرت‌های بزرگتر و ارقام گندم (پیشگام، اروم، میهن و حیدری)، فاکتور فرعی در کرت‌های کوچکتر (۳ در ۶ مترمربعی) بودند. کرت‌ها به عرض سه متر، طول شش متر، فاصله ردیف‌ها در هر کرت پانزده سانتی‌متر و فاصله کرت‌ها و تکرارها از همدیگر یک متر بود. در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی فاصله نوارهای آبیاری ۶۰ سانتی‌متر، فاصله چکاننده‌ها ۳۰ سانتی‌متر، با فشار نیم اتمسفر در نظر گرفته شد (Akhavan, 2015). عمق قرارگیری نوارهای آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۳۰ سانتی‌متر بود. قبل از کاشت نمونه‌های خاک از عمق ۳۰ - ۰ سانتی‌متری خاک در هر سامانه آبیاری بصورت مرکب اخذ و برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاکشناسی مرکز ارسال گردید (جدول ۱). بذور چهار رقم گندم (پیشگام، اروم، میهن و حیدری) با تراکم ۴۵۰ دانه در مترمربع در کرت‌های پیش‌بینی شده کشت شدند. اندازه‌گیری جریان آب مصرفی توسط کنتورها در ورودی آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی همراه با نصب فشار سنج انجام شد. وسایل اندازه‌گیری جریان آب در سامانه آبیاری بارانی با تشکیل یک شبکه، در حدفاصل چهار آبپاش (۵ در ۵ متری) و نصب پایه‌های فلزی به همراه قوطی‌های یک لیتری در هر سلول، به منظور اندازه‌گیری ارتفاع آب پاشیده شده در سطح مزرعه نصب شدند. بعد از اجرای عملیات کاشت، عملیات داشت شامل کود سرک، آبیاری، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و مبارزه با علف‌های هرز در زمان مناسب انجام شد. در انتهای هر فصل زراعی برداشت کرت‌ها انجام گرفت و عملکرد، اجزای عملکرد دانه و بهره‌وری در هر تیمار محاسبه شد. منبع آب ایستگاه، شامل دو حلقه چاه عمیق با آبدهی ۲۵ لیتر در ثانیه می‌باشد. آب مورد استفاده هیچگونه محدودیت شوری نداشته و به گروه CIS1 تعلق داشت (جدول ۲).

عملکرد (۱۱-۵۰ درصد) بهتری بودند. آنها تاکید کردند که در مجموع تیمارهای تحت سامانه‌های آبیاری بارانی با اختلاف معنی‌داری نسبت به سامانه‌های آبیاری سطحی دارای عملکرد بیشتر و مقادیر برتر بودند. (Gameh 2019) et al. در ایستگاه تحقیقات کشاورزی درال خارگا با اعمال سه روش آبیاری (سطحی، بارانی و قطره‌ای نواری سطحی) با سه رژیم آبی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی خاک نتیجه گرفتند که عملکرد دانه گندم در تیمارهای تحت آبیاری با روش قطره‌ای نواری سطحی ۲۵ درصد و بارانی ۹ درصد نسبت به سطحی افزایش داشتند، اما میزان آب مصرفی در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری سطحی ۳/۴ درصد و بارانی ۱/۷ درصد نسبت به روش سطحی کمتر بود. در نهایت تیمارهای تحت آبیاری سامانه قطره‌ای نواری دارای عملکرد و بهره‌وری آب بیشتری بودند. Mansour et al. (2020) در النوباریا، البهیرای مصر نتیجه گرفتند که عملکرد گندم تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی نسبت به سامانه‌های بارانی با اختلاف معنی‌داری برتر بودند. گندم یکی از محصولات استراتژیک در رابطه با تامین امنیت غذایی جامعه می‌باشد با توجه به گستردگی سطوح زیرکشت گندم در اقصی نقاط کشور و اهمیت آن، افزایش بهره‌وری مصرف آب آبیاری تنها با افزایش عملکرد در واحد سطح و صرفه‌جویی در مصرف آب میسر می‌باشد که این مسئله، گام بزرگی در راستای افزایش بهره‌وری، مصرف بهینه آب و تامین امنیت پایدار غذایی خواهد بود. اکثر محققین اظهار داشته‌اند که آبیاری قطره‌ای سطحی (نواری) موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش عملکرد محصول گندم شده است. بدین منظور این پژوهش در استان چهارمحال و بختیاری با منظور نمودن چهار رقم گندم برای تقویت بذور اصلاح شده در منطقه با توجه به اقلیم نیمه خشک و سرد تحت سه سامانه آبیاری بارانی، قطره‌ای سطحی و زیرسطحی اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این پروژه، در ایستگاه تحقیقات چهارتخته، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸) و با استفاده از آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح آماری

جدول ۱- نتایج حاصل از تجزیه خاک قبل از کشت

عمق خاک	pH	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CL <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	رطوبت نقطه پژمردگی	رطوبت ظرفیت زراعی	بافت خاک
cm						meq.lit <sup>-1</sup>				درصد	درصد	
۰-۳۰	۷/۸۹	۰/۲۲	۰/۹۷	۴/۴۵	۱/۵۷	۶/۱۵	۰/۰۰	۰/۵۹	۰/۰۱	۸/۹۶	۲۵/۴۶	لوم رسی
۳۰-۶۰	۷/۹۴	۰/۲۰	۱/۱۱	۴/۵۲	۱/۷۲	۵/۰۸	۰/۰۰	۰/۶۱	۰/۰۱	۸/۱۲	۲۳/۱۵	لوم رسی

جدول ۲- نتایج حاصل از تجزیه منبع آب مورد استفاده

SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	TDS	E.C.	pH
meq.lit <sup>-1</sup>								mg.lit <sup>-1</sup>	μS.cm <sup>-1</sup>	
۰/۰۷	۰/۰۰	۳/۷۵	۰/۹۶	۱/۳۸	۲/۹۹	۰/۰۱	۰/۲۳	۲۸۸/۳۴	۴۵۲	۷/۷۱

شاخص بهره‌وری آب<sup>۱</sup> (WP)

معادله بهره‌وری فیزیکی آب (رابطه ۱) تابعی از میزان آب مصرفی (آب کاربردی، مترمکعب در هکتار) و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) است (Kheirabi et al., 1996). در این رابطه؛ Y: عملکرد دانه، I: حجم آب آبیاری و I: حجم بارش موثر در واحد سطح است.

$$WP = \frac{Y}{I + P} = \frac{kg/ha}{m^3/ha} = \frac{kg}{m^3} \quad (1)$$

شاخص برداشت<sup>۲</sup> (HI)

شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک بر حسب درصد محاسبه گردید (معادله ۲). این شاخص نشان‌دهنده کارایی محصول گندم در تبدیل زیست توده به دانه می‌باشد (چند درصد ماده خشک تولیدی به عملکرد دانه اختصاص داشته است).

$$HI = \frac{Y}{BY} \times 100 \quad (2)$$

در این رابطه BY عملکرد بیولوژیک است.

## برنامه آبیاری

برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس تبخیر و تعرق محصول گندم و قابلیت نگهداری آب در خاک (میزان رطوبت ذخیره شده در

خاک منطقه ریشه یا آب قابل استفاده گیاه) انجام شد. نیاز آبی محصول گندم (تبخیر و تعرق واقعی گیاه) از مجموع تعرق انجام شده از گیاه با اضافه تبخیر از سطح خاک پیرامون گیاه در طول فصل رشد یا در دوره‌های زمانی مشخص در طول فصل رشد (از اواخر مهرماه لغایت اواخر تیر ماه سال بعد) به دست می‌آید. تبخیر و تعرق پتانسیل از نرم‌افزار کراپ وات با استفاده از آمار به روز ایستگاه سینوپتیک هواشناسی مستقر در مرکز تحقیقات محاسبه شد. تبخیر- تعرق گیاه به کمک معادله فائو- پنمن- مانیتث ۵۶ با استفاده از مشخصات گیاه مرجع (معادله ۳) به دست آمد. در این روش، گیاه مرجع یک پوشش چمن با ارتفاع ۰/۱۲ متر، مقاومت سطحی ثابت ۷۰ ثانیه بر متر و ضریب بازتابش (آلبیدو ۰/۲۳) که تبخیر از سطح وسیع چمن سبز با ارتفاع یکنواخت، رشد فعال و دسترسی به آب کافی دارد، فرض شده است. این رابطه مستقل از نوع گیاه مورد نظر و مسائل مدیریتی زراعی- محیطی است و تنها تحت تأثیر داده‌های اقلیمی منطقه قرار دارد.

ETO

(۳)

$$= \frac{0.408 * \Delta(R_n - G) + \gamma \left( \frac{900}{\frac{T_{min} + T_{max}}{2} + 272} \right) * U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 * U_2)}$$

<sup>2</sup> Harvest Index (HI)

<sup>1</sup> Water productivity

که در این رابطه:

ET<sub>0</sub>: تبخیر و تعرق پتانسیل (میلیمتر در روز)، R<sub>n</sub>: تابش خالص ورودی به سطح گیاه (مگا ژول بر مترمربع بر روز)، G: شار گرمایی خاک (مگا ژول بر مترمربع بر روز)، T<sub>min</sub>: متوسط حداقل دماهای هوا (درجه سلسیوس)، T<sub>max</sub>: متوسط حداکثر دماهای هوا (درجه سلسیوس)، U<sub>2</sub>: سرعت باد روزانه در ارتفاع ۲ متری (متر بر ثانیه)، e<sub>a</sub>: فشار بخار واقعی (کیلو پاسکال)، e<sub>s</sub>: فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، Δ: شیب منحنی فشار بخار (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس) و γ ضریب ثابت سایکرومتری (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس) است (Allen et al., 1998).

### نیاز آبی گندم<sup>۱</sup> (CWR)

نیاز آبی محصول گندم با استفاده از معادله (۴) محاسبه گردید. ضریب گیاهیگندم از ۰/۲۵ تا ۱/۱۵ بسته به مرحله رشد آن (اولیه، توسعه‌ای، میانی و نهایی) در نظر گرفته شده است.

$$CWR = ET_0 \times Kc \quad (4)$$

در این رابطه ET<sub>0</sub> تبخیر و تعرق پتانسیل (میلیمتر در روز)، K<sub>c</sub> ضریب گیاهی و CWR نیاز آبی گندم (میلیمتر در روز) است.

### نیاز آبیاری<sup>۲</sup> (ICWR)

مقدار نیاز آبیاری نیز از نسبت نیاز خالص (نیاز آبی گندم) به راندمان یا بازده سامانه آبیاری بر حسب درصد حاصل می‌گردد.

$$ICWR = \frac{CWR}{E_a} \quad (5)$$

در این رابطه E<sub>a</sub> راندمان سامانه آبیاری بر حسب درصد (بارانی ۶۷ درصد، قطره‌ای سطحی و زیر سطحی ۷۸ درصد) است.

### دور آبیاری

معمولاً آبیاری می‌بایست بر اساس کاهش رطوبت در منطقه ریشه در حد آب سهل الوصول انجام شود، زمانیکه متوسط رطوبت موجود در عمق توسعه ریشه به مرز پایین‌تر از آب سهل الوصول برسد، آبیاری مورد نیاز می‌باشد.

عمق آب آبیاری مورد نیاز (d<sub>w</sub>) از رابطه زیر محاسبه شد.

$$d_w = \frac{(F_c - PWP)}{100} \times MAD \times \gamma_s \times d_r \quad (6)$$

در این رابطه، d<sub>w</sub> عمق آب آبیاری محاسبه شده (میلیمتر)، F<sub>c</sub> درصد رطوبت وزنی در نقطه ظرفیت زراعی (برحسب درصد وزنی)، PWP میزان رطوبت خاک در نقطه پژمردگی برحسب درصد وزنی،<sup>۳</sup> MAD درصد تخلیه مجاز رطوبتی

خاک (۵۰ درصد، Alizadeh 2010)، γ<sub>s</sub> وزن مخصوص ظاهری خاک (۱/۳۵ گرم بر سانتیمترمکعب) و d<sub>r</sub> عمق توسعه ریشه (۰/۵۰ متر) است.

برای محاسبه دور آبیاری از نسبت ارتفاع آب آبیاری (مقدار رطوبت تخلیه شده به منظور جایگزینی رطوبت ذخیره شده در حالت سهل الوصول) به نیاز آبی گیاه برای هر دوره زمانی استفاده می‌شود.

$$\text{day} = \frac{d_w}{ETC} \quad (7)$$

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نیز از نرم افزار SPSS استفاده و مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح ۵ درصد) انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب عملکرد، اجزای عملکرد ارقام مختلف گندم در زمان اجرای طرح در جدول ۳، به شرح زیر ارائه شده است. مشاهده می‌گردد که اثر سامانه بر وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۳). اثر سال در سامانه فقط بر بهره‌وری آب اثر معنی‌دار داشت (در سطح ۱ درصد). تأثیر ارقام بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و بهره‌وری آب نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. اثر سال بر رقم بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود. این می‌تواند به علت اجرای متفاوت سامانه آبیاری در دو سال مختلف و شرایط اجرای آن باشد. برهمکنش سه گانه سال در رقم در سامانه در هیچکدام از صفات معنی‌دار نبود (جدول ۳).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین مرکب اثر سامانه‌های آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم گندم در زمان اجرای طرح (جدول ۴) گویای آن است که وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در سامانه آبیاری قطره‌ای نسبت به سایر سامانه‌های آبیاری دارای عملکرد بیشتر و اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بودند. عملکرد دانه، بهره‌وری فیزیکی آب و عملکرد بیولوژیک در تیمار مربوط به سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی دارای بیشترین عملکرد و در سامانه آبیاری بارانی دارای کمترین عملکرد و با اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است (جدول ۴).

<sup>3</sup> Maximum Allowable Depletion

<sup>1</sup> Crop water requirement

<sup>2</sup> Integrated crop water requirements

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفوفیزیولوژیکی ارقام مختلف گندم در زمان اجرای طرح

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
سال	۱	۲/۵۳۱	۱۱۹۸۷	۹۲۳۰۶۷۲
خطای سال	۴	۳۰/۰۳۸	۲۶۴۹۸۶	۱۲۸۳۸۲۱
سامانه	۲	۸۵۵/۰۴**	۲۵۴۷۲۱۰۳**	۷۷۳۴۳۲۳۸**
سال * سامانه	۲	۱۰/۰۷	۸۴۶۱۹۲	۱۵۸۰۳۹۲
خطای کرت اصلی	۸	۱۱/۶۸	۴۰۴۳۲۸	۶۴۵۴۲۱
رقم	۳	۶۰/۹۴**	۶۲۰۱۰۹۵**	۴۲۲۱۸۹۷۹**
سال * رقم	۳	۴/۲۷۲	۱۷۵۷۹۴۶**	۱۹۴۸۰۸۳
رقم * سامانه	۶	۱۳/۵۰۸	۲۵۵۱۴۳	۲۱۵۶۵۰۰*
سال * رقم * سامانه	۶	۴/۷۵۸	۲۵۰۷۴۱	۶۰۹۸۹۲
خطای کل	۳۶	۸/۷۸۳	۲۶۲۷۴۳	۸۸۶۲۵۷

\* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد، \*\* اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین مرکب اثر سامانه‌های آبیاری بر برخی از صفات چهار رقم گندم در زمان اجرای طرح

تیماز	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	صفات	
			میزان آب مصرفی در هکتار	بهره‌وری فیزیکی آب
بارانی	۳۰/۹۴c	۵۷۶۶ c	۶۲۲۱a	۰/۹۳ c
قطره‌ای سطحی	۴۲/۸۷a	۷۸۲۵a	۴۹۹۵c	۱/۵۷a
قطره‌ای زیر سطحی	۳۶/۹۵b	۶۸۴۹b	۵۵۳۰b	۱/۲۴b

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

کارآیی و عملکرد سامانه‌های قطره‌ای سطحی می‌باشد و در سامانه آبیاری قطری زیرسطحی به دلیل انتقال رطوبت از عمق ۳۰ سانتی‌متری به طرف سطح زمین، پخش رطوبت و هدایت سهم قابل توجهی از رطوبت به سمت نیروی ثقل، طبیعی است که مصرف در این سامانه از سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی کمی بیشتر شده است. (Martinez and Reca (2014 در تحقیقات خود، به مشکلات سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از جمله گرفتگی چکاننده‌ها، آسیب توسط جوندگان و آسیب‌های ناشی از تغییرات فشار اشاره کرده‌اند.

در هر سه روش آبیاری، بیشترین وزن کاه و دانه برای رقم حیدری و کمترین آن برای رقم اروم به دست آمده‌مچنین، در آبیاری بارانی، قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی بیشترین بهره‌وری فیزیکی آب برای رقم حیدری و کمترین آن در رقم اروم حاصل شد (جدول ۶).

وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک در رقم حیدری نسبت به دیگر ارقام دارای عملکرد بیشتر و اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد است (جدول ۵). ارقام از نظر ژنتیکی تفاوت دارند و این می‌تواند باعث تفاوت در صفات مورد بررسی شود. کمترین عملکرد دانه به رقم اروم و بیشترین عملکرد دانه به رقم حیدری تعلق داشت. وزن هزار دانه نیز از همین روند تبعیت کرده است (جدول ۵). شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در بین ارقام، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بود؛ به گونه‌ای که بیشترین بهره‌وری آب و عملکرد بیولوژیک در رقم حیدری و کمترین آن در رقم اروم بود (جدول ۵). حداقل حجم آب آبیاری مصرفی در آبیاری قطره‌ای سطحی و بیشترین میزان آب مصرفی در آبیاری بارانی و میزان مصرف آب در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در حدفاصل دو سامانه اخیر قرار داشت. این نتیجه هم ناشی از

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف گندم بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفوفیزیولوژیکی ارقام مختلف گندم

تیماز	صفات		
	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	بهره‌وری فیزیکی آب
عملکرد بیولوژیک <td></td> <td></td> <td></td>			
میهن	۳۷/۲۲ ab	۷۰۰۳a	۱/۲۸ a
حیدری	۳۹/۱۳a	۷۲۷۱ a	۱/۳۳a
اروم	۳۴/۶۶c	۵۹۵۲b	۱/۰۹b
پیشگام	۳۶/۶۷ cb	۷۰۲۹ a	۱/۲۹ a

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۶- اثر متقابل تاثیر سامانه‌های آبیاری و ارقام مختلف گندم

ارقام	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)			بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)		
	بارانی	قطره‌ای نواری سطحی	قطره‌ای نواری زیرسطحی	بارانی	قطره‌ای نواری سطحی	قطره‌ای نواری زیرسطحی
حیدری	۱۲۴۶۳/۶۶ ef	۱۷۲۹۷/۵ a	۱۴۷۲۶/۷ bc	۱/۱۷۵۴ ed	۲/۱۹۱۱ a	۱/۶۲۸۱ cd
میهن	۱۰۹۴۰/۷ g	۱۳۹۴۷/۵ cd	۱۳۵۲۲/۸ de	۱/۴۹۸۰ cd	۲/۰۸۸۶ b	۱/۷۶۳۶ c
پیشگام	۱۱۴۰۳/۳ fg	۱۵۳۱۵/۵ b	۱۳۳۳۵/۰ de	۱/۴۷۱۵ cd	۲/۲۹۰۸ a	۱/۶۱۱۸ cd
اروم	۹۸۰۹/۱۶ h	۱۲۳۷۲/۰ ef	۱۱۱۸۱/۵ g	۱/۰۹۳۱ e	۱/۷۸۰۰ c	۱/۴۰۲۷de

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

متعلق به رقم حیدری تحت سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی با ۱/۷۲ کیلوگرم تولید دانه گندم به ازای مصرف هر مترمکعب آب و کمترین آن مربوط به رقم اروم با ۰/۸۰۵ کیلوگرم بر مترمکعب در سامانه آبیاری بارانی بوده است. در بین سامانه‌های آبیاری به ترتیب قطره‌ای نواری سطحی، زیرسطحی و بارانی با مقادیر ۱/۵۵۷، ۱/۲۴۲ و ۰/۹۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب و در بین ارقام حیدری، پیشگام، میهن و اروم هم به ترتیب ۱/۳۳، ۱/۲۹، ۱/۲۸ و ۱/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۷). بیشترین و کمترین مقدار شاخص برداشت در رقم حیدری با نسبت ۰/۵۱۸۴ و پیشگام با ۰/۵۰۸۰ بوده است. سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۰/۵۱۷۹، قطره‌ای سطحی ۰/۵۱۷۳ و بارانی ۰/۵۱۰۰ از میانگین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند. شاخص برداشت در بین ارقام، اروم، پیشگام، حیدری و میهن معادل ۰/۵۱۵۹، ۰/۵۱۵۱، ۰/۵۱۴۹ و ۰/۵۱۴۹ است (جدول ۷).

ارقام مناسب و سازگار با شرایط محیطی هر منطقه نقش مؤثر و مهمی در افزایش تولید دارند. حداکثر عملکرد و تولید در واحد

مهمترین عملکرد محصول گندم، تولید دانه می‌باشد. نتایج ارائه شده در جدول ۷، گویای آن است که بیشترین میانگین عملکرد دوساله متعلق به رقم حیدری تحت سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی با تولید ۸۶۱۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد از آن رقم اروم با ۴۹۹۵ کیلوگرم در هکتار در سامانه آبیاری بارانی می‌باشد. متوسط عملکرد تیمارهای تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی، قطره‌ای زیرسطحی و بارانی به ترتیب ۷۸۳۰، ۶۸۴۹ و ۵۷۶۶ کیلوگرم در هکتار بود. عملکرد تولید دانه گندم ارقام حیدری، پیشگام، میهن و اروم نیز به ترتیب ۷۲۷۶، ۷۰۲۹، ۷۰۰۳ و اروم ۵۹۵۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمده‌چنین، رقم حیدری با ۳۸/۷۲ گرم تحت سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و رقم اروم با ۳۰/۲۱ گرم در سامانه آبیاری بارانی دارای حداکثر و حداقل میانگین وزن هزار دانه بودند. وزن هزار دانه رقم حیدری ۳۷/۳۹ گرم، پیشگام ۳۶/۶۹ گرم، میهن ۳۲/۵۱ گرم و اروم ۳۱/۸۶ گرم بود (جدول ۷). میانگین دو ساله شاخص بهره‌وری فیزیکی آب ارائه شده در جدول ۷ نشان‌دهنده آن است که بیشترین مقدار بهره‌وری آب در بین سامانه‌های آبیاری و ارقام

حیدری و اروم به ترتیب دارای بیشترین مقدار می‌باشند. در رابطه با بهره‌وری سامانه‌های آبیاری بدون در نظر گرفتن ارقام، به ترتیب سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی، زیرسطحی و بارانی بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری فیزیکی آب را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج حاصل از تحقیقات Ghadami Firouzabadi et al. (2003) قدمی فیروزآبادی و همکاران بیانگر رشد و افزایش شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در سامانه‌های قطره‌ای سطحی نسبت به سامانه‌های آبیاری بارانی در حد ۱۰ درصد می‌باشد. بیشترین و کمترین مقدار وزن هزار دانه در بین ارقام، به ترتیب در رقم‌های حیدری و اروم بود. در بین سامانه‌های آبیاری نیز بیشترین مقدار به ترتیب مربوط به تیمارهای تحت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی، زیر سطحی و بارانی بود (Grieve and Francoise 1992).

سطح مربوط به رقم حیدری تحت سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و حداقل آن متعلق به رقم اروم در سامانه آبیاری بارانی بود. در کل حداقل تولید و عملکرد دانه در آبیاری با روش بارانی و بیشترین آن در سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی است. عکس‌العمل‌های ارقام به پارامترهای محیطی منطقه (فتوپریود، نیاز سرمایی، مقاومت به سرما، زودرسی)، اثرات متقابل محیطی و خصوصیات ژنتیکی ارقام، (Kang, 1998; Bidinger et al., 1996) بیانگر آن است که رقم حیدری با توجه به عملکرد بیشتر در واحد سطح، با شرایط اقلیمی منطقه (نیمه‌خشک و سرد) سازگاری بهتری داشته است. بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری فیزیکی آب، از آن رقم حیدری تحت سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و کمترین مقدار شاخص بهره‌وری فیزیکی آب متعلق به رقم اروم بود. متوسط میانگین ارقام بدون در نظر گرفتن سامانه‌های آبیاری گویای آن است که ارقام پیشگام، میهن،

جدول ۷- میانگین وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص بهره‌وری فیزیکی آب و برداشت محصول گندم

ارقام	وزن هزار دانه (gr)	عملکرد دانه (kg/ha)	بهره‌وری فیزیکی آب (kg/m <sup>3</sup> )	شاخص برداشت	سامانه‌های آبیاری
حیدری	۳۶/۶۸	۶۰۴۰	۰/۹۷۰	۰/۵۰۸۹	بارانی
پیشگام	۳۸/۴۳	۵۹۴۶	۰/۹۵۵	۰/۵۰۸۰	
میهن	۳۴/۲۰	۶۰۸۳	۰/۹۸۰	۰/۵۱۰۷	
اروم	۳۰/۲۱	۴۹۹۵	۰/۸۰۵	۰/۵۱۲۲	
حیدری	۳۸/۷۲	۸۶۱۶	۱/۷۲۰	۰/۵۱۷۳	قطره‌ای سطحی
پیشگام	۳۵/۳۹	۸۰۵۸	۱/۶۱۵	۰/۵۱۷۷	
میهن	۳۳/۱۰	۷۸۰۴	۱/۵۶۵	۰/۵۱۸۱	زیرسطحی
اروم	۳۳/۲۳	۶۸۴۱	۱/۳۴۰	۰/۵۱۸۳	
حیدری	۳۶/۷۷	۷۱۷۳	۱/۲۹۵	۰/۵۱۸۴	
پیشگام	۳۶/۲۶	۷۰۸۳	۱/۲۸۰	۰/۵۱۷۷	
میهن	۳۰/۲۴	۷۱۲۲	۱/۲۹۵	۰/۵۱۵۹	بارانی
اروم	۳۲/۱۴	۶۰۱۹	۱/۱۰	۰/۵۱۷۳	
حیدری	۳۴/۸۸	۵۷۶۶	۰/۹۲۵	۰/۵۱۰۰	قطره‌ای سطحی (زیرسطحی)
پیشگام	۳۵/۱۱	۷۸۳۰	۱/۵۵۶	۰/۵۱۷۹	
میهن	۳۳/۸۵	۶۸۴۹	۱/۲۴۲	۰/۵۱۷۳	
حیدری	۳۷/۳۹	۷۲۷۶	۱/۳۳	۰/۵۱۴۹	اروم
پیشگام	۳۶/۶۹	۷۰۲۹	۱/۲۹	۰/۵۱۵۱	
میهن	۳۲/۵۱	۷۰۰۳	۱/۲۸	۰/۵۱۴۹	
اروم	۳۱/۸۶	۵۹۵۲	۱/۰۸	۰/۵۱۵۹	

## نتیجه‌گیری

در بین سه سامانه آبیاری (بارانی، قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیر سطحی) در کشت گندم، سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی (نواری) نسبت به دو سامانه آبیاری دیگر برتر بود. سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به دلیل قرار گرفتن کلیه لوله‌ها و اتصالات در زیر زمین و در برخی مواقع به دلیل تغییرات فشار یا آسیب توسط جانوران جونده دچار مشکل می‌شدند که اصلاح و مرمت آنها باعث بروز خسارت، اتلاف وقت و تحمیل هزینه به طرح می‌شد. از طرفی قرارگیری نوارها در عمق حدود ۳۰ سانتیمتری زمین و تأثیر نیروی ثقل بر انتقال رطوبت به بالا (تامین رطوبت مورد نیاز)، به آبیاری بیشتری نیاز داشت. این مسئله باعث کاهش راندمان و بهره‌وری این سامانه می‌گردد. در نتیجه مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای سطحی نسبت به سایر روش‌ها (بارانی و قطره‌ای زیرسطحی) کمتر بود. عملکرد محصول گندم (تولید دانه) در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی بیشتر از بقیه روش‌های آبیاری مورد مقایسه برآورد گردید. رقم حیدری نسبت به سایر ارقام مورد آزمایش (میهن، اروم و پیشگام) با اختلاف معنی‌داری، دارای عملکرد بیشتری بود. بیشترین و کمترین مقدار شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در بین سامانه‌های آبیاری از آن سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی (۱/۵۵۶) کیلوگرم بر مترمکعب) و بارانی (۰/۹۲۵) کیلوگرم بر مترمکعب) بود. اما در بین ارقام گندم به ترتیب حیدری، پیشگام، میهن و اروم دارای بیشترین مقدار بهره‌وری فیزیکی آب بودند. بیشترین مقدار شاخص برداشت محصول از آن سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و رقم اروم بود. در بین ارقام، رقم حیدری بیشترین عملکرد دانه و وزن هزار دانه را به خود اختصاص داد.

## تقدیر و تشکر

از کلیه همکاران مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، همکارانمان در موسسه‌های تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و کنترل و گواهی بذر و نهال که ما را در اجرای این پروژه یاری نمودند تقدیر و تشکر بعمل می‌آید.

## تضاد منافع نویسندگان

در این مقاله هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تایید همه نویسندگان است

## دسترسی به داده‌ها

دسترسی به داده‌ها و اطلاعات این پژوهش که حاصل یک پروژه تحقیقاتی تحت عنوان تأثیر سامانه‌های نوین آبیاری بر شاخص‌های بهره‌وری آب و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و کمی و کیفی بذور مادری چهار رقم گندم آبی است، از طریق موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی امکان پذیر است.

## مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: انجام مراحل آزمایشگاهی جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها، نگارش مقاله  
نویسنده دوم: ویرایش و بازبینی مقاله، کنترل نتایج

## اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تایید همه آنها می‌باشد.

## منابع

1. Abbasi, F., Abbasi, N. and Tavakoli, A., 2017. Water Productivity in the Agricultural Sector. *Journal of Water and Sustainable Development*, 4(1), pp.141-144. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/jwsd.v4i1.67121>
2. Aghaei, S., Gheysari, M. and Shayannejad, M., 2023. Yield and Water Productivity of Wheat under drip-tape and Surface Irrigation System in East of Isfahan. *Jwss*, 27(2), pp.151-162. [In Persian]. <https://doi.org/10.47176/jwss.27.2.48721>
3. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Abdshah, H. and Kazemian, A., 2020. Agricultural Statistics for the Crop Year 2018-2019 (Volume One) Crops. Information and Communication Technology Center, Deputy for Planning and Economy of the Ministry of Jihad-e-Sazandegi, 97 p. [In Persian].
4. Akhavan, K., 2015. The Application of Drip Irrigation System (tape) in Wheat Cultivation. Extension Manual, Number 83, 22p. [In Persian].
5. Alizadeh A., 2010. The relationship between water, soil and plants. Imam Reza University, 484 p.[In Persian].
6. Allen R.G., Pereira, L.S, Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration (Guidelines for

15. Gameh, M.A., Eissa, M.A., Ismail, A.A.M. and Ahmed, W.M., 2019. Water Productivity and Yield of Wheat as Affected by Irrigation Systems and Water Deficit under New Valley Conditions. *Assiut journal Agricultural Sciences*, 50(2), pp. 256-271. <https://doi.org/10.21608/ajas.2019.41267>.
16. Ghaemi, M., Raeini Sarjaz, M. and Mosavi, M. 2013. Estimating the crop coefficient and the water requirement of the Gascogne wheat by using energy balance method in Mashhad. *Quarterly Scientific Research Journal of Irrigation Engineering and Water*, 3(11), pp. 58-68.
17. Grieve, C. M. and Francoise, L. E., 1992. The importance of initial seed size in wheat response to salinity. *Plant and Soil*, 147, pp.197-205.
18. Jalili, J., Palash, M., Jalili, Kh. and AkbarAbadi, A., 2023. The effect of irrigation systems on yield, yield components and water use efficiency in three wheat genotypes in Kermanshah provinc. *Advanced Technologies in Water Efficiency*, 3(2), pp.33-50. [In Persian]. <https://doi.org/10.22126/atwe.2023.9434.1057>
19. Kang, M.S., 1998. Using genotype by environment interaction for crop cultivar development. *Advanced Agronomy*. 62, pp.199-252.
20. Karimi, M., Meskarbashee, M., Nabipour, M. And Boroomandnasab, S., 2011. The Study of Some Quantity and Quality Characteristics of Two Wheat Cultivars Under Different Planting Method and Irrigation Levels Conditions. *Agricultural knowledge and sustainable production*, 21(4), pp. 95-104.
21. Khaledian, M.R., Mailhol, J.C., Ruelle, P. and Dejean, C., 2013. Effect of cropping strategies on the irrigation water productivity of durum wheat. *Plant Soil Environ*, 59 (1), pp. 29-36. <https://doi.org/10.17221/370/2012-PSE>.
22. Kheirabi J, Tavakoli A.R., Entesari. M.R. and Salamat A.R., 1996. Instructions deficit irrigation National Committee of Irrigation and Drainage, pp.111-173. [In Persian].
23. Liao, L., Zhang, I. and Bengtsson, L., 2008. Soil moisture variation and water consumption of spring wheat and their effects on crop yield under drip irrigation. *Irrigation drainage systems*, 22, pp.253–270. <https://doi.org/10.1007/s10795-008-9055-5>.
24. Liu, H.J., Kang, Y., Yao, S.M., Sun, Z.Q., Liu, S.P. and Wang, Q.G., 2013. Field irrigation on water productivity of winter wheat under sprinkler or surface irrigation in the north China plain. *Irrigation drainage*, 62, pp.37-49. <https://doi.org/10.1002/ird.1712>.
- computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy, 300p.
7. Assistance of planning and affairs of economics, 2024. Chaharmahal and Vakhtiari province, *Agricultural Jaihad organization*, 137 pp. [In persian].
8. Balali, H., Khalilian , S., Ahmadian , M. and Torabi P. and Kaleh, S., 2008. Analysis of Effects of Energy Subsidies Adjustment on Groundwater Balance and Exploitation. *Agricultural research: water, soil, and plants in agriculture*, 8 (3), pp. 95-106. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/jead2.v0i0.35577>.
9. Baghaei, L., Kahtoonabadi, A. and Mousavi, F., 2013. Water productivity of irrigated Wheat in the Maroon irrigation network of Iran. *Irrigation and drainage*, 62, 604-612. <https://doi.org/10.1002/ird.1785.10>
10. Bidinger, F.R., Hammer, G.L. and Muchow, R.C., 1996. The physiological basis of genotype by environment interaction in crop adaptation. In Cooper, M. & G. L. Hammer, (Eds.) *Plant adaptation and crop improvement*, Wallingford, UK, CABI, pp, 329- 347.
11. Dehghan, H., Alizadeh, A., Ansari, H. and Haghghi-Moqadam, S.A., 2011. Study of water productivity indices in irrigated wheat fields (case study: Neyshabur plain). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 2(5), pp.263-275. [In Persian].
12. Ghaemi, M., Raeini Sarjaz, M. and Mosavi, M., 2013. Estimating the crop coefficient and the water requirement of the Gascogne wheat by using energy balance method in Mashhad. *Quarterly Scientific Research Journal of Irrigation and Water Engineering*, 3(11), pp.58 -68. [In Persian]. [https://www.waterjournal.ir/article\\_70702\\_en.html](https://www.waterjournal.ir/article_70702_en.html).
13. Ghadami, A. and Akbari, A., 2023. The effect of Irrigation System Type on the Amount of Irrigation Water, Yield and Water Productivity of Wheat in Farmer's Conditions (Case Study: Hamadan Province). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 5(17), pp. 831-842. [In Persian]. [https://idj.iaid.ir/article\\_182244.html?lang=en](https://idj.iaid.ir/article_182244.html?lang=en)
14. Halim, GH., Emam, Y. and Shakeri, E., 2017. Evaluation of Yield, Yield Components and Stress Tolerance Indices in Bread Wheat Cultivars at Post-anthesis Irrigation Cut-Off. *Journal of Crop Production and Processing*, 7(4), pp.121-134. <https://doi.org/10.29252/jcpp.7.4.121>

34. Taheri, M., Rezavardinejad, V., Bahmanesh, J., Abbasi, F. and Baghani, J., 2020. Spatial analysis of water productivity index in wheat production hubs of the country. *Journal of Water Research in Agriculture*, 34(2), pp.217-228. [In Persian]. <https://www.magiran.com/p2163012>.
35. Turknezhad A., Aghaei, S., Jafari H., Shirvani, H., Roentan R., Nemati A. and Shahbazi Kh., 2006. Study and economic evaluation of drip (tape) irrigation method on wheat compared to surface irrigation in water-limited areas. *Pajouhesh & Sazandegi*, 72, pp. 36-44. [In Persian].
36. Wang, J., Gong, S., Xu, D., Yu, Y. and Zhao, Y., 2013. Impact of drip and level-basin irrigation on growth and yield of winter wheat in the North China Plain. *Irrigation Sciences*, 31, pp.1025-1037. <https://doi.org/10.1007/s00271-012-0384-7>
25. Lv, G., Kang, Y. and Li, L., 2009. Effect of irrigation methods on root development and profile soil water uptake in winter wheat. *Irrigation sciences*, 28, pp.387-398. <https://doi.org/10.1007/s00271-009-0200-1>.
26. Mansour, H.A., Gaballah, M.S. and Nofal, O.A., 2020. Evaluating the water productivity by Aquacrop model of wheat under irrigation systems and algae. *Open Agriculture*, 5, pp.262-270. <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0029>.
27. Martinez, J. and Reza, J., 2014. Water Use Efficiency of Surface Drip Irrigation versus an Alternative Subsurface Drip Irrigation Method. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 140(10), pp. 1-9. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000745](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000745).
28. Morsy, A.M. and Abd El-Hameed, I.M., 2012. Physiological Characteristics, Yield and Yield Attributes of Some New Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars as Affected by Irrigation Regimes under Sprinkler Irrigation System. *Egypt. Journal Agronomy*, 34(2), pp.227-247.
29. Mokari, M., Abedinpour, M. and Dehghan, H., 2020. Effect of Drought Stress and Planting Date on Grain Yield and Water Use Efficiency of Autumn Wheat in Kashmar Region. *Journal of Water Research in Agriculture*, 34(2), pp.167-187. [In Persian]. <https://doi.org/10.22092/jwra.2020.122256>
30. Najafi, P., 2006. Effect of using sub-surface drip irrigation to increasing WUE in irrigation of some crops. *Pajouhesh & Sazandegi*, 73, pp.156-162. [in Persian].
31. Rezaei, A., Joolaie, R. and Keramatzadeh, A., 2020. Effects of Water Pricing Policy and Water Quota on Water Resources Sustainability in Golestan Province. *Journal of Water Research in Agriculture*, 34(2), pp.269-286. [In Persian]. <https://doi.org/10.22092/jwra.2020.122263>.
32. Pourgholami, M., Hajirad, I., Nayebi, J., Alavi, S.R., Nozari, F. and Akbarpour, M., 2024. Improving wheat irrigation productivity in Iran (Part one: from the viewpoint of irrigation system and water management). *Water and Soil Management and Modeling*, 4(1), pp.171-193. <https://doi.org/10.22098/mmws.2023.11937.1189>
33. Saeidi, R., 2023. Determination of the Relationship between Physical and Economic Productivity of Water in the Cultivation of Bread Wheat Cultivars (Case Study: Qazvin Province). *Applied Researches in Water Engineering*, 1(2), pp.15-31. [In Persian]. <https://doi.org/10.22034/arwe.2024.709855>