Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE) Vol. 43, No. 1, Spring 2020, Original Paper, p. 29-42

EXTENDED ABSTRACT

Determination of Water Consumption and Productivity of Wheat in Different Irrigation Systems in Behbahan

N. Salamati[1*], J. Baghani[2] and F. Abbasi[3]

1*- Corresponding Author- 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. *(nadersalamati@yahoo.com).*

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

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

Received: 23 September 2017 Revised: 11 December 2017 Accepted: 17 December 2017

Keywords: Irrigation Systems, Water requirement, Irrigation Application Efficiency.
DOI: 10.22055/jise.2017.23367.1659

Introduction

Precise estimation of the amount of water consumed, irrigation efficiency and water productivity of crops are the most important key indicators in agricultural sector planning of Iran. The figures given for the volume of water used in the agricultural sector are very different and there are serious doubts as to their accuracy. The average of water use efficiency in the country is 1.32 kg/m^3 and its annual growth in the last 11 years has been reported to be 0.041 kg/m^3 (Abbasi et al., 2017). Therefore, it is necessary to carry out an exploratory work that can be used to quantify the volume of water consumed by various products. Therefore, the main objective of this paper is to measure water consumption of wheat directly and to compare wheat water productivity in different irrigation systems under farmers management in Behbahan.

Methodology

The volume of application water for wheat in different farms during one season (2016-2017) was measured and compared. The measured values were compared with the crop water requirement estimated by the Penman-Monteith and the national document. To determine the volume of water consumed, firstly, the flow rate of the selected water sources was measured, with the appropriate devices (flumes, meter and micro molina). Farm information including cultivated area, soil texture, soil electrical conductivity, electrical conductivity of the irrigation water used, and farm location with GPS were recorded. Other field information such as irrigation method, irrigation water sources (surface, underground), type of irrigation network (modern, traditional) were also recorded. Effective rainfall was calculated by the SCS method. Crop water requirement using the Penman-Monteith method was determined from data of current year and 10-year data for Behbahan city from the nearest meteorological station.

Results and Discussion

32 wheat farms were selected and evaluated, of which 15 farms were irrigated with surface irrigation, 10 farms with sprinkler and 7 farms with drip irrigation systems. The results showed that the yield of wheat varied from 2000 to 6854 kg per hectare. The most water productivity of wheat occurred in a farm with drip irrigation being 2.79 kg/m^3. Irrigation application efficiency varied from 22.7 to 99.7%. Updated crop water requirement changed from 373.4 to 517.0 mm. The highest water consumption was measured to be 4626 m3/ha in the farms receiving water from springs. The results of the t-Test analyses showed that the yield in drip irrigation farms (average being 5169 kg/ha) was significantly different as compared to sprinkler and surface irrigation systems with 3574 and 3795 kg/ha, respectively. The results of the comparison of the mean water productivity in the t-Test indicated that drip system with 1.51 kg/m^3 of water productivity had the highest values and there was a significant difference with the two sprinkler and surface systems, which respectively had water productivity of 0.90 and 0.88 kg/m^3. The Pearson correlation coefficients showed that the trend of changes in the amount of water consumed with the trend of changes in the application efficiency index and water productivity proved uncoordinated and it was significant at 1% level.

Conclusions

The results of measurements in 32 farms showed that half of the drip irrigation fields were not cultivated on the recommended date range. Therefore, the growth period in this half was less than 140 days. Despite the decline in growing season and the non-observance of planting dates, yield in these farms was over 4000 kg ha^{-1}. Application efficiency in sprinkler irrigation method was more than other irrigation methods. The reason for the high application efficiency in sprinkler irrigation was the backwardness of sowing date on one side and the late harvest of wheat on the other. The surface system with a growth period of 158 days had the highest growth period and has a significant difference with two dripping and sprinkler systems. The surface water system with the volume of water consumed at 4398.7 m^3/ha had the highest volume of water consumed and showed a significant difference with the drip system, but this difference was not meaningful compared with the sprinkler system. The volume of water consumed by two systems of drip and sprinkler was measured at 3490.5 and 3863.6 m3/ha, respectively. The backwardness of wheat harvesting time in sprinkler irrigation fields caused the major filling time of the grains to be adjusted to April, which coincided with a higher increase in the air temperature. This led to increased water consumption at this particular time point and caused a significant decrease in water consumption despite the lower consumption of water in the sprinkler system.

Acknowledgment

We would like to thank the Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Research Center for their financial support and spiritual support for this research.

References

1- Abbasi, F., Abbasi, N. and Tavakoli, A.R. .2017. Agricultural water productivity: Chalenges and visions. *Water and Sustainable Development*, 4(1)), pp. 141-144.

© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری جلد ۴۳، شماره‌ی ۱، بهار ۹۹، مقاله پژوهشی، ص. ۴۲-۲۹

مقایسه حجم آب مصرفی و بهره‌وری آب گندم در روش‌های مختلف آبیاری در شهرستان بهبهان

نادر سلامتی[1*]، جواد باغانی[2] و فریبرز عباسی[3]

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 nadersalamati@yahoo.com

۲ - استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

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

دریافت: ۱۳۹۶/۷/۱ بازنگری: ۱۳۹۶/۹/۲۰ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۲۶

چکیده

تخمین نسبتاً دقیق مقدار آب مصرفی، راندمان آبیاری و بهره‌وری آب محصولات زراعی در کشور از مهم‌ترین شاخص‌های کلیدی در برنامه‌ریزی‌های بخش کشاورزی است. هدف اصلی از نوشتار حاضر، بررسی نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده میدانی آب مصرفی و عملکرد گندم در شهرستان بهبهان در روش‌های مختلف آبیاری در طول یک فصل زراعی (۱۳۹۶-۱۳۹۵) و همچنین تعیین بهره‌وری آب مصرفی گندم در ۳۲ مزرعه تحت مدیریت کشاورزان است. مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر برآورد شده نیاز آبی خالص به روش پنمن- مانتیث (نیاز آبی به‌روز شده) و سند ملی مقایسه گردید. تعداد ۱۵ مزرعه به روش سطحی، ده مزرعه به روش بارانی و هفت مزرعه به روش قطره‌ای آبیاری می‌شدند. عملکرد گندم در تمام مزارع اندازه‌گیری شده بین ۲۰۰۰ تا ٦٨٥٤ کیلوگرم در هکتار بود. بیش‌ترین بهره‌وری آب گندم در مزرعه‌ای با سامانه قطره‌ای به میزان ۲/۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. راندمان کاربرد در مزارع مورد نظر بین ۲۲/۷ تا ۹۹/۷ درصد بود. نیاز آبی بر اساس سند به‌روز شده در مزارع از ۳۷۳/٤ تا ۵۱۷/۰ میلی‌متر ثبت شد. مقایسه میانگین نتایج در آزمون تی نشان داد که سامانه قطره‌ای با بهره‌وری آب ۱/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب، دارای بیش‌ترین بهره‌وری بوده و اختلاف معنی‌داری با دو سامانه بارانی و سطحی دارد که به‌ترتیب دارای بهره‌وری آب معادل ۰/۹۰ و ۰/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب بودند. محاسبه ضرایب همبستگی نشان داد که روند تغییرات حجم آب مصرفی با روند تغییرات شاخص راندمان کاربرد و بهره‌وری آب روندی غیرهمراستا و معنی‌دار در سطح یک درصد را نشان می‌دهد.

کلید واژه ها: سامانه‌های آبیاری، نیاز آبی، راندمان کاربرد.

مقدمه

اعداد و ارقام ارایه شده برای حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی، بسیار متفاوت بوده و در خصوص صحت و سقم آنها نیز تردیدهای جدی وجود دارد. لذا، انجام یک کار پژوهشی که بتواند به اعداد مطمئنی درباره حجم آب مصرفی محصولات مختلف منتهی شود، امری لازم و ضروری است. Naseri (1998) در دشت مغان بهره‌وری آب گندم را ۰/۵۴ تا ۱/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کرده است. اسدی و Asadi et al. (2001) بهره‌وری آب در گندم را ۰/۶۱ تا ۱/۳۵ کیلوگرم در مترمکعب اعلام کرده‌اند. Moayeri (2013) گزارش کرد که در شهرستان دزفول آبیاری قطره‌ای نواری گندم نسبت به آبیاری سطحی، مصرف آب را حدود ۳۰ درصد کاهش و بهره وری را ۵۰ درصد افزایش داده است. براساس نتایج تحقیق Heydari (2011) مقدار میانگین شاخص بهره‌وری آب محصولات زراعی گندم (دانه) برابر ۰/۷۳ کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب مصرفی اندازه‌گیری شد.

Oron et al. (1996) در فلسطین اشغالی آزمایش صحرایی راجع به آبیاری قطره‌ای گندم پاییزه با استفاده از فاضلاب تصفیه شده انجام دادند. میانگین فصلی آب مصرفی را حدود ۵۷۰۰ مترمکعب در هکتار و دور آبیاری قطره‌ای و بارانی به‌ترتیب دو و هفت روز تعیین گردید و در تیمار آبیاری قطره‌ای، عملکرد دانه بیش از ۱۰ تن در هکتار اندازه‌گیری شد که این میزان بالاتر از میانگین عملکرد دانه به روش آبیاری بارانی بود.

براساس نتایج حاصل از مطالعه Gholami et al. (2016) در در دشت قزوین، بهره‌وری آب آبیاری در سامانه‌ی آبیاری بارانی برای

DOI: 10.22055/jise.2017.23367.1659

گندم ۰/۶۱ تا ۲/۲ و در آبیاری سطحی ۴۳/ ۰ تا ۱/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد.

در مطالعه‌ای که طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶ در ایستگاه‌های تحقیقاتی ۱۳ استان کشور با استفاده از ۶۷ طرح تحقیقاتی انجام شد، میانگین بهره‌وری آب محصولات زراعی گندم، جو، برنج، چغندرقند، ذرت، پنبه (بذر)، یونجه، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و کنجد به‌ترتیب ۱/۶۲، ۲/۳۷، ۰/۴۲، ۰/۵۳، ۱/۱۷، ۰/۶۱، ۰/۸۹، ۲/۷۴، ۶/۷۷ و ۰/۱۱ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد (Montazar and Kosari, 2007). در مورد محصولات در مطالعه‌ای تعداد ۸۴ منبع تحقیقاتی در طی ۲۵ سال گندم از ۱۳ کشور، برنج از هشت کشور، پنبه از نه کشور و ذرت از ده کشور جمع آوری شده و مقایسه گردیدند. متوسط شاخص بهره‌وری آب محصولات گندم، برنج، پنبه (تولید دانه)، پنبه (تولید وش) و ذرت به ترتیب ۱/۰۹، ۱/۰۹، ۰/۶۵، ۰/۲۳ و ۱/۸ کیلوگرم بر متر مکعب بود (Zwart and Bastiaansen, 2004). Monotti et al. (1982) در ایتالیا پنج رقم گندم نان را که به روش قطره‌ای آبیاری می‌شدند، مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه گندم برای آبیاری قطره‌ای برابر ۷/۲۳ تن در هکتار بود. در مطالعه دیگری بهره‌وری آب گندم تمام استان‌های کشور با استفاده از آمار دراز مدت عملکرد و استفاده از مدل هیدرولوژی و بیلان آب به نام سوآت (برای تعیین تبخیر و تعرق) برآورد گردید. براساس نتایج این تحقیق، بهره‌وری آب گندم آبی و دیم به‌ترتیب بین ۱/۵۵ تا ۰/۱۵ و ۰/۷۵ تا ۰/۲۸ کیلوگرم بر متر مکعب بود (Faramarzi et al., 2010). بهره‌وری آب گندم و برنج در سامانه تناوب کشت مداوم برنج – گندم در مزارع کشاورزان منطقه پنجاب پاکستان با روش بیلان آب و تولید محصول، اندازه‌گیری گردید. براساس نتایج، دامنه بهره‌وری آب اندازه‌گیری شده براساس واحد حجم آب ناخالص ورودی برای برنج و گندم به ترتیب ۰/۳۸–۰/۱۷ و ۲/۰۳– ۰/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود. میانگین بهره‌وری آب اندازه‌گیری شده در این تحقیق ۱/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Ahmad et al., 2004).

Saleem et al. (2010) نیز سه رقم گندم را در دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و آبیاری سطحی–جویچه‌ای در کشور پاکستان مقایسه و گزارش کردند که آبیاری قطره‌ای ۱۶/۶ درصد مصرف آب کم‌تر، ۱۱/۶ درصد عملکرد دانه بیش‌تر و ۳۳/۴ درصد بهره‌وری آب بالاتری نسبت به آبیاری سطحی – جویچه‌ای داشت.

Sammis (1980) در مصر به منظور تعیین بهره‌وری آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی، زیرسطحی و آبیاری بارانی پژوهشی را بر روی گندم انجام داد. نتایج آزمایش نشان داد با وجود این که عملکرد دانه در دو روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطحی نسبت به آبیاری بارانی به ترتیب ۱۶/۳ و ۲۶/۶ درصد کم‌تر بود، اما بهره‌وری آب در این دو روش به ترتیب ۴۳/۱۳ و ۷۶ درصد نسبت به آبیاری بارانی بیش‌تر بوده است. گرفتگی قطره‌چکان‌ها بر اثر املاح و نمک‌ها موجب کاهش مصرف آب و به‌تبع آن کاهش عملکرد گندم شد.

Haghighati (2013) در گزارشی از یک طرح تحقیقاتی میزان عملکرد گندم را در مزرعه‌ای با سامانه آبیاری بارانی در شهرستان شهرکرد، ۶۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و حجم آب مصرفی را ۵۳۶۸ مترمکعب در هکتار و بهره‌وری آب را ۱/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام نمود. Neyrizi, و Helmy Fakhrood (2004) در ارزیابی مزارع شهرستان چناران، تربت حیدریه و تربت جام به ترتیب در سه مزرعه گندم با سامانه های قطره‌ای، بارانی و سطحی میزان بهره‌وری را به‌ترتیب ۰/۳۸، ۰/۷۶ و ۰/۴۴ گزارش نمودند. Kahlown et al. (2007) در ارزیابی مزارع بارانی منطقه پنجاب پاکستان میزان بهره‌وری مصرف آب گندم را ۳/۹۵ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری نمودند. Heydari (2011) در ارزیابی هفت مزرعه گندم در شهرستان بردسیر کرمان که با سامانه آبیاری بارانی دوار مرکزی آبیاری می‌شدند میانگین عملکرد هفت مزرعه را ۳۷۸۶ کیلوگرم در هکتار، مقدار مصرف آب در مزرعه را ۸۰۹۴ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب را معادل ۰/۵۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام نموده است. ادامه تحقیق فوق که در استان‌های کرمان، گلستان و خوزستان نیز انجام شده بود، نشان داد که میانگین عملکرد گندم در این استان‌ها به‌ترتیب ۳۷۸۵، ۲۲۷۴ و ۳۴۹۴ کیلوگرم در هکتار و به همین ترتیب میزان آب مصرفی را ۸۳۹۱، ۱۵۹۲ و ۳۱۰۰ مترمکعب در هکتار و بهره‌وری آب متناطر را ۰/۴۵، ۱/۴۳ و ۱/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. Ghasemi Nezhad Raeini et al. (2015) در ارزیابی صورت گرفته در ۵ مزرعه گندم استان همدان که از سامانه آبیاری سطحی استفاده می‌کردند، میانگین عملکرد را ۵۸۸۷ کیلوگرم در هکتار، حجم آب مصرفی را ۵۰۰۷ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب را ۱/۱۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه نموده‌اند.

در تحقیق انجام شده در شهر همدان، اثرات سه نوع سامانه آبیاری، بارانی، قطره ای (تیپ) و جویچه‌ای بر چندین رقم گندم مورد بررسی قرار گرفت. نتاج نشان داد تفاوت بین ارقام از نظر عملکرد معنی‌دار نبود. مقدار بهره‌وری آب آبیاری در روش آبیاری تیپ، بارانی و جویچه‌ای (بدون در نظر گرفتن بارندگی مؤثر) به ترتیب ۱/۶، ۱/۱ و ۰/۶۹ کیلوگرم به ازای واحد آب مصرفی بود (Ghadami Firouzabadi et al., 2017). اخیراً، متوسط بهره‌وری آب در کشور ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب و رشد سالیانه آن در ۱۱ سال اخیر ۰/۰۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است (Abbasi et al., 2017a).

تا کنون در مورد ارزیابی سامانه‌های مختلف آبیاری در کشت گندم در شرق خوزستان تحقیقی انجام نشده یا نتیجه چنین پژوهشی تا کنون منتشر نشده است، بنابراین در پروژه حاضر مقدار

آب مصرفی گندم در مزارع متنوعی که توسط سامانه‌های مختلف قطره‌ای، سطحی و بارانی آبیاری شدند اندازه‌گیری گردید. هدف اصلی مقاله مقایسه بهره‌وری و حجم آب مصرفی مزارع گندم در سامانه‌های مختلف آبیاری در شهرستان بهبهان بود.

مواد روش‌ها

این پروژه به‌صورت میدانی و به‌منظور تعیین آب مصرفی گندم در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در سطح شهرستان بهبهان اجرا شد. بدین صورت که در شهرستان بهبهان، در تعدادی از مزارع، حجم آب مصرفی گندم در مزارع تحت مطالعه بدون دخالت در برنامه آبیاری آنها اندازه‌گیری شد. منابع آبی مزارع طوری انتخاب شدند که عوامل مختلف از جمله روش آبیاری، بافت خاک و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. برای محصول گندم، آب مصرفی ارقام مختلف آن محصول اندازه‌گیری شدند. حجم آب مصرفی گندم زیر هر منبع آبی در طول یک فصل زراعی تعیین شد. برای تعیین حجم آب مصرفی، ابتدا مقدار دبی خروجی از منبع آبی انتخاب‌شده، به‌وسیله مناسب (فلوم، کنتور و میکرومولینه) اندازه‌گیری شدند. در هر کدام از مزارع، منابع آبی مورد نظر، ویژگی مزارع شامل: سطح زیر کشت هر محصول و سطح کل اراضی زیر منبع آبی، بافت خاک مزارع، هدایت الکتریکی خاک و آب آبیاری مورد استفاده، اندازه‌گیری گردید. برخی از مشخصات مزارع از قبیل مساحت، موقعیت دقیق مکانی با GPS، روش آبیاری، منبع آب آبیاری (سطحی، زیرزمینی)، نوع شبکه (مدرن، سنتی) ثبت شد. بارندگی موثر به روش SCS با استفاده از داده‌های سال اجرای طرح (۱۳۹۶-۱۳۹۵) برآورد گردید. نیاز آبی خالص به روش پنمن- مانتیث (نیاز آبی به‌روزشده) با استفاده از داده‌های ده ساله (۱۳۹۵- ۱۳۸۵) برای شهرستان بهبهان از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی برآورد شد. با استفاده از آمار ده ساله ایستگاه سینوپتیک بهبهان که شش پارامتر، دماهای حداقل و حداکثر، رطوبت‌های حداقل و حداکثر، سرعت باد و حداکثر ساعات آفتابی داده‌های این ده سال را در بر می‌گیرد و با استفاده از نرم‌افزار ET Calculator، نیاز آبی به‌روز شده گندم از تاریخ کاشت تا برداشت محصول برای هر مزرعه محاسبه شد. مقادیر اندازه‌گیری‌شده آب مصرفی با مقادیر سند ملی مقایسه شد. عملکرد محصول در پایان فصل زراعی نیز اندازه‌گیری و بهره‌وری آب تعیین و مقایسه شدند. آب مورد نیاز برای آبشویی مزارع مورد مطالعه براساس نشریه فائو ۲۹ در آبیاری سطحی و بارانی از رابطه زیر برآورد شدند:

$$LR=EC_w/(5EC_e-EC_w) \quad (۱)$$

نیاز آبشویی برای آبیاری قطره‌ای نیز از رابطه زیر تعیین شد:

$$LR=EC_w/(2Max\ EC_e \quad (۲)$$

که در آن، ECw هدایت الکتریکی آب آبیاری، ECe آستانه تحمل محصول و MaxECe شوری با عملکرد صفر است. برای محاسبه راندمان کاربرد ابتدا با استفاده از میانگین آمار ۱۰ ساله هواشناسی و نرم‌افزار ETCalculator نیاز آبی هر مزرعه از زمان کاشت تا برداشت محاسبه و بارندگی موثر نیز در نظر گرفته شد. با استفاده از فرمول (۱) نیاز آبشویی بر حسب درصد محاسبه گردید و سپس با در نظر گرفتن نیاز آبی برای هر مزرعه، نیاز آبشویی بر حسب میلی‌متر محاسبه شد. با کم نمودن بارندگی موثر از نیاز آبی محاسبه شده و اضافه نمودن نیاز آبشویی به آن و تقسیم نمودن حاصل بر مقدار حجم آب مصرفی در هر مزرعه و در انتها ضرب نمودن در عدد ۱۰۰، راندمان کاربرد بر حسب درصد محاسبه شد.

آستانه تحمل با ۱۰ درصد کاهش عملکرد برای محصولات مورد مطالعه از نشریه فائو ۲۹ استخراج شد. درجه تحمل با ۱۰ و ۱۰۰ درصد کاهش عملکرد برای گندم به‌ترتیب ۷/۴ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر توسط فائو گزارش شده است. برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری و محاسبه شده در مزرعه در سامانه‌های مختلف آبیاری از آزمون تی (t-Test) استفاده شد. مقادیر خروجی آزمون t-Test دو مقدار آماره T (T statistic) و T بحرانی (T critical) هستند. اگر قدرمطلق مقادیر آماره T از T بحرانی کوچک‌تر باشد، نتیجه آزمون بی‌معنی بودن اختلاف مقادیر اندازه‌گیری‌شده در دو سامانه آبیاری را نشان می‌دهند و گرنه مقادیر اندازه‌گیری‌شده، اختلاف معنی‌دار خواهند داشت. همچنین برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری و محاسبه‌شده در مزرعه در سامانه‌های مختلف آبیاری از ضرایب همبستگی پیرسون برای تمام پارامترهای اندازه‌گیری یا محاسبه‌شده استفاده گردید. بدین منظور ضرایب همبستگی برای مزارع مورد ارزیابی و بر اساس معنی‌دار بودن روند تغییرات در سطوح یک و پنج درصد و هم سو یا ناهم سو بودن این روند تغییرات، بررسی و تجزیه و تحلیل انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

تعداد ۳۲ مزرعه در نقاط مختلف شهرستان بهبهان انتخاب شدند. که در بخش حومه و مرکزی ۱۸ مزرعه ، هشت مزرعه در بخش دودانگه، دو مزرعه در بخش تشان و چهار مزرعه در بخش زیدون بودند. ارقام گندم کشت شده در مزارع مذکور شامل شوا، چمران، کریم، بهرنگ، دوروم، کوهدشت، چمران۲ و شبرنگ بودند. ارتفاع مزارع از سطح دریا از ۷۶ متر تا ۴۸۵ متر متغیر بود. سطح زیرکشت مزارع از ۰/۶۳ تا ۳۳/۹ هکتار متغیر بود. منبع تامین آب هشت مزرعه از رودخانه خیرآباد، ده مزرعه از رودخانه مارون، یک مزرعه از رودخانه زهره، شش مزرعه از چاه، یک مزرعه از رودخانه فصلی، دو مزرعه از چشمه و یک مزرعه از چاه و چشمه به‌صورت

DOI: 10.22055/jise.2017.23367.1659

هم‌زمان بود که ۲۶ مزرعه به روش مدرن و شش مزرعه به روش سنتی آبیاری می‌شدند. تعداد ده مزرعه‌ی گندم به روش بارانی، ۱۵ مزرعه به روش سطحی و هفت مزرعه به روش قطره‌ای آبیاری شدند. شوری خاک مزارع از ۰/۶۵ تا ۷/۳۵ (dS/m)، شوری آب آبیاری نیز از ۰/۷۷ تا ۴/۹۷ (dS/m)، دبی مورد استفاده در مزارع نیز از ۶/۸۴ تا ۹۵/۶۱ (lit/s)، عمق آب آبیاری از ۱۶/۵ تا ۱۶۱/۷ میلی‌متر، نوبت‌های آبیاری از سه تا ۲۰ نوبت و نیاز آبشویی در تمام مزارع از ۲/۱ تا ۱۵/۵ درصد متغیر بود (جدول ۱). میانگین عملکرد گندم در این پروژه معادل ۴۰۲۶/۶ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین عملکرد در آبیاری قطره‌ای افزایش ۳۶/۲ و ۴۴/۶ درصدی به‌ترتیب نسبت به آبیاری سطحی و بارانی را نشان داد. شاید عمده‌ترین دلیل کاهش عملکرد در آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی این است که عدم رعایت تاریخ کاشت در آبیاری بارانی موجب شد تا گندم نتواند حداکثر پتانسیل تولید خود را نشان دهد و همین مساله موجب کاهش عملکرد گندم نسبت به آبیاری سطحی شده است. نتایج مقایسه میانگین عملکرد گندم در سه سیستم آبیاری در آزمون تی (t-Test) نشان داد که سیستم قطره‌ای با عملکرد ۵۱۶۹ کیلوگرم بر هکتار بیش‌ترین عملکرد را به‌خود اختصاص و اختلاف معنی‌داری با دو سیستم بارانی و سطحی دارد که به‌ترتیب دارای عملکردهای ۳۵۷۴ و ۳۷۹۵ کیلوگرم در هکتار بودند. ولی بین عملکرد دو سیستم بارانی و سطحی اختلاف معنی‌داری ثبت نشد. نتایج مقایسه میانگین بهره‌وری مصرف آب سه سیستم آبیاری در آزمون تی (t-Test) نشان داد که سیستم قطره‌ای با بهره‌وری آب ۱/۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب در بین سیستم‌های آبیاری، دارای بیش‌ترین بهره‌وری بوده و اختلاف معنی‌داری با دو سیستم بارانی و سطحی دارد که به‌ترتیب دارای بهره‌وری آب معادل ۰/۹۰ و ۰/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب بودند. ولی بین بهره‌وری آب دو سیستم بارانی و سطحی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). میانگین بهره‌وری آب گندم در این تحقیق معادل ۱/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود. میانگین بهره‌وری آب در آبیاری قطره‌ای افزایش ۷۲/۴ و ۳۸/۶ درصدی به‌ترتیب نسبت به آبیاری سطحی و بارانی را نشان داد. بین کم‌ترین و بیش‌ترین بهره‌وری آب در مزارع آبیاری بارانی، قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۴۴/۲، ۶۲/۷ و ۴۶/۱ درصد اختلاف وجود داشت. اختلاف بیش‌تر بهره‌وری آب در سامانه آبیاری قطره‌ای به‌دلیل مدیریت مختلفی بود که با توجه به بافت‌های متفاوت خاک حاصل شده بود. به‌طوری که در زمین‌های سنگلاخی زمان آبیاری در یک نوبت از ده ساعت هم فراتر رفت و در بافت‌های سنگین‌تر این زمان به سه ساعت کاهش پیدا کرد. البته فاصله مناسب نوارهای تیپ بر روی لوله‌ی اصلی در افزایش و کاهش زمان آبیاری موثر بود. چرا که کشاورز برای کاهش هزینه خرید لوله تیپ، فاصله بین نوارهای آبیاری را افزایش داده و این افزایش فاصله زمان هم پوشانی پیازهای رطوبتی هر قطره‌چکان را افزایش داده است، همین امر موجب افزایش زمان آبیاری گردید. نکته دیگری که در مورد اجرای آبیاری قطره‌ای در منطقه بهبهان حایز اهمیت می‌باشد، این است که نیمی از مزارع آبیاری قطره‌ای در دامنه تاریخ کاشت توصیه‌شده، کشت نشدند. لذا دوره رشد در این نیمه کمتر از ۱۴۰ روز بوده است. علی‌رغم کاهش دوره رشد و عدم رعایت تاریخ کاشت، عملکرد این گروه بیش از ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. لذا همین افزایش عملکرد در روش قطره‌ای (در تمام مزارع قطره‌ای، عملکرد از ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بیش‌تر بود و این مقدار بیش از ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار از دو روش بارانی و سطحی بیش‌تر است و کاهش دوره رشد که موجب کاهش نیاز آبی شده، در مجموع موجب گردید تا افزایش بهره‌وری آب گندم در مزارع آبیاری قطره‌ای اختلاف معنی‌داری با دو سامانه دیگر آبیاری داشته باشد.

میانگین راندمان کاربرد گندم در این تحقیق معادل ۸۲/۴ درصد بود که بیشتر از مقادیر گزارش شده بوسیله Abbasi et al. (2017b) است. سامانه بارانی با راندمان کاربرد ۹۳/۹ درصد، در بین سامانه‌های آبیاری، دارای بالاترین راندمان کاربرد بوده و از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با دو روش قطره‌ای و سطحی داشت (جدول ۲). علت بالا بودن راندمان کاربرد در آبیاری بارانی عقب افتادن تاریخ کاشت از یک طرف و به‌تبع آن دیر برداشت شدن محصول گندم از طرف دیگر بود. اما عقب افتادن تاریخ کاشت به اندازه‌ای زیاد بود که منجر به کاهش دوره رشد گندم شد. بنابراین از یک طرف کاهش دوره رشد گندم و از طرف دیگر عقب افتادن برداشت که منجر گردید انتهای مراحل رشد گندم روزهای گرم‌تری را تجربه کند، موجب افزایش نیاز آبی در مراحل انتهایی رشد شد. ازآنجایی‌که بیش‌تر مزارع آبیاری بارانی ارزیابی شده زیر شبکه آبیاری بنه باشت بوده و آبیاری نوبتی می‌باشد و در بعضی موارد در این نوبت‌ها به دلایل مختلف تاخیر صورت می‌گرفت، لذا بالا رفتن نیاز آبی گندم در فروردین و اردیبهشت ماه از یک سو و نوبتی بودن تحویل آب به بهره‌بردار و تاخیر در نوبت‌های آبیاری از سوی دیگر موجب گردید تا راندمان آبیاری در روش بارانی از دو روش دیگر بیش‌تر شود. راندمان کاربرد دو سیستم قطره‌ای و سطحی به ترتیب ۸۶ و ۷۳/۱ درصد محاسبه شدند. بین سیستم‌های بارانی و سطحی و هم‌چنین بین سیستم‌های قطره‌ای و سطحی نیز اختلاف معنی‌داری محاسبه نشد. بیش‌ترین راندمان کاربرد با مقدار ۹۳/۹ درصد در مزارع با سامانه آبیاری بارانی اندازه‌گیری شد و رتبه‌های بعدی به‌ترتیب با ۸۶ و ۷۳ درصد در مزارع آبیاری قطره‌ای و مزارع آبیاری سطحی به‌ثبت رسیدند. بیش‌آبیاری انجام‌شده در بعضی مزارع آبیاری سطحی در پایین بودن راندمان کاربرد مزارع سطحی بی‌تاثیر نبوده است (جداول ۱ و ۲). سیستم سطحی با طول دوره رشدی معادل ۱۵۸ روز، دارای بیش‌ترین طول جدول (۲) بیش‌تر بودن طول دوره رشد در آبیاری

سطحی به این دلیل بود که اولا گستردگی جغرافیایی آبیاری سطحی در شهرستان بهبهان از دو سیستم دیگر بیش‌تر بوده و به‌تبع تعداد مزارع ارزیابی‌شده نیز بیش‌تر بودند. بیش‌تر مزارع آبیاری سطحی در طول سال فقط یک کشت دارند و در این مزارع فقط گندم کشت می‌شود. لذا بهره‌بردار، زمان و فرصت کافی جهت اعمال تاریخ کاشت مناسب را دارد. همین رعایت تاریخ کاشت منجر گردید تا گندم دوره واقعی رشد را داشته باشد. اما در دو سامانه‌ی قطره‌ای و به‌خصوص بارانی، کشت قبل از گندم ذرت بوده که عمدتاً به دلیل عقب افتادن برداشت ذرت، عملا تاریخ کشت مناسب گندم از دست رفته است. پس به‌طور کلی رعایت نمودن تاریخ کاشت در اکثر مزارع آبیاری سطحی موجب بیش‌تر شدن دوره رشد این مزارع نسبت به مزارع بارانی و قطره‌ای بوده است. میانگین حجم آب مصرفی گندم در مزارع انتخابی معادل ۴۰۳۲/۸ مترمکعب در هکتار بود. سیستم سطحی با حجم آب مصرفی معادل ۴۳۹۸/۷ مترمکعب بر هکتار، بیش‌ترین حجم آب مصرفی را به خود اختصاص و اختلاف معنی‌داری با سیستم قطره‌ای داشت. ولی این اختلاف با سیستم بارانی معنی‌دار نبود. حجم آب مصرفی دو سیستم قطره‌ای و بارانی به‌ترتیب ۳۴۹۰/۵ و ۳۸۶۳/۶ مترمکعب بر هکتار اندازه‌گیری شدند. عدم رعایت تاریخ کاشت در اکثر مزارع آبیاری بارانی و به‌تبع آن عقب افتادن زمان برداشت گندم در مزارع آبیاری بارانی موجب گردید تا عمده زمان پر شدن دانه به اردیبهشت موکول شود که مصادف با افزایش بیشتر دمای هوا بود. لذا افزایش دما و توام با آن افزایش تبخیر تعرق گندم موجب گردید تا آب بیش‌تری به گندم داده شود همین امر موجب مصرف بیش‌تر آب در این مقطع زمانی خاص شده و موجب گردید علی‌رغم مصرف کم‌تر آب در سامانه بارانی نسبت به سطحی این اختلاف مصرف آب معنی‌دار نباشد (جداول ۱ و ۲). بین کم‌ترین و بیش‌ترین حجم آب مصرفی در مزارع آبیاری بارانی، قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۳۵/۰، ۵۱/۹ و ۶۷/۹ درصد اختلاف وجود داشت. اختلاف کم‌تر حجم آب مصرفی در سامانه آبیاری بارانی شاید از یک سو به‌دلیل مدیریت ساده‌تر این سامانه نسبت به سطحی باشد و از سوی دیگر در مزارع آبیاری بارانی به محض جاری شدن آب در زمین یعنی زمانی که سرعت پاشش بیش از نفوذپذیری زمین شد، عملا آبیاری تمام می‌شود. این امر در مدیریت اتوماتیک و کم‌تر مصرف نمودن آب در این سامانه بی‌تاثیر نمی‌باشد (شکل ۱). میانگین نوبت‌های آبیاری گندم در این پژوهش معادل ۷/۵ نوبت بود. بین کم‌ترین و بیش‌ترین نوبت‌های آبیاری در مزارع آبیاری بارانی، قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۶۵/۰، ۴۲/۹ و ۱۸/۲ درصد اختلاف وجود داشت (جدول ۱). میانگین عمق آب آبیاری در سامانه‌های قطره‌ای، بارانی و سطحی به‌ترتیب ۶۳/۹، ۳۴/۶ و ۹۳/۹ میلی‌متر بودند که از این نظر دو به دو با هم اختلاف معنی‌داری داشتند کم بودن زمان پاشش آبپاش‌ها موجب شد تا عمق نفوذ آب کم‌تر شود (نسبت به دو سیستم دیگر) و به‌تبع آن بیش‌تر بودن تعداد نوبت‌های آبیاری موجب گردید تا خاک با کمبود رطوبت مواجه نشود و بتواند به اندازه رطوبت مورد نیاز، آب در اختیار محصول قرار دهد. همان‌طورکه قبلا ذکر شد بیش‌تر بودن زمان آبیاری در هر نوبت در آبیاری سطحی و قطره‌ای موجب گردید تا عمق نفوذ آب بیش‌تر شده و عملاً موجب عقب افتادن نوبت‌های آبیاری شوند (جداول ۱ و ۲). میانگین نیاز آبی گندم براساس سند ملی آب در این مطالعه معادل ۴۸۰/۹ میلی‌متر بود. که در تمام مزارع از ۴۲۳/۰ تا ۵۱۱/۰ میلی‌متر متغیر بود. میانگین نیاز آبی گندم براساس داده‌های هواشناسی ده ساله اخیر منطقه در این تحقیق معادل ۴۴۸/۰ میلی‌متر بود (شکل ۱). نتایج مقایسه میانگین مقادیر نیاز آبی به‌روز شده سه سیستم آبیاری در آزمون تی (t-Test) نشان داد که سیستم بارانی با ۴۷۰/۴ میلی‌متر، در بین سیستم‌های آبیاری بیش‌ترین میزان نیاز آبی به‌روز شده را به خود اختصاص داده است. روش‌های سطحی و قطره‌ای به‌ترتیب با ۴۴۴/۷ و ۴۲۳/۳ میلی‌متر رده‌های بعدی را به خود اختصاص دادند. دلایلی که برای چگونگی افزایش راندمان کاربرد در سامانه‌ی آبیاری بارانی ذکر شد، در بیش‌تر بودن نیاز آبی به‌روز شده در این سامانه نیز صادق است. از جمله‌ی این دلایل می‌توان به عقب افتادن تاریخ برداشت به‌دلیل عدم رعایت تاریخ کشت و مواجه شدن زمان پر شدن دانه با روزهای گرم اردیبهشت اشاره نمود که موجب گردیده تا نیاز آبی به‌روزشده در این سامانه نسبت به دو سامانه دیگر بیش‌تر شود. در حالی که در سند ملی حداکثر تاریخ برداشت گندم ۲۰ اردیبهشت در نظر گرفته شده است. این در حالی است که بیش‌تر مزارع بارانی در انتهای اردیبهشت و یا اوایل خرداد برداشت شدند. بین کم‌ترین و بیش‌ترین نیاز آبی به‌روز شده در مزارع آبیاری بارانی، قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۲۷/۸، ۱۴/۰ و ۱۶/۲ درصد اختلاف وجود داشت. اختلاف بیش‌تر نیاز آبی به‌روز شده در سامانه آبیاری بارانی به‌دلیل تاریخ کاشت‌های متفاوتی بود که در مزارع زیر پوشش این سامانه نسبت به دو سامانه دیگر ثبت شد. به‌عبارت دیگر این اختلاف مدیون دوره رشد در مزارع بود که خود متاثر از تاریخ کاشت گندم بوده است. نتایج مقایسه میانگین نیاز آبی به‌روز شده و سند ملی آب سه روش آبیاری در آزمون تی (t-Test) نشان داد نیاز آبی برآوردشده برای تمام مزارع آزمایشی مطابق سند ملی و نیاز آبی به‌روز شده به‌ترتیب برابر ۴۸۰/۹ و ۴۴۸/۰ میلی‌متر است که این دو میانگین با هم اختلاف معنی‌داری داشتند. مقدار نیاز آبی به‌روز شده در روش سیستم سطحی، قطره‌ای و بارانی از سند ملی کم‌تر بود. درحالی میزان نیاز آبی طبق سند ملی آب برای گندم در این تحقیق برای روش‌های قطره‌ای، بارانی و سطحی به‌ترتیب برابر ۴۷۲/۰، ۴۷۷/۹ و ۴۸۷/۱ میلی‌متر محاسبه شده است، (جدول ۳). میانگین نیاز آبی سند به‌روز شده و سند ملی در سامانه آبیاری سطحی به‌ترتیب ۴۴۴/۷ و ۴۸۷/۱ میلی‌متر، در مزارع با سامانه آبیاری بارانی

DOI: 10.22055/jise.2017.23367.1659

به‌ترتیب ۴۷۰/۴ و ۴۷۷/ میلی‌متر و در مزارع با سامانه قطره‌ای نیز به‌ترتیب ۴۲۳/۳ و ۴۷۲/۰ میلی‌متر به‌ثبت رسیدند. مقادیر نیاز آبی نشان می‌دهند که اعداد محاسبه شده در سند به‌روزشده در هر سه سامانه آبیاری نسبت به سامانه متناظر آن در سند ملی کم‌تر است. اختلاف بیش‌تر سند ملی با میزان نیاز آبی به‌روزشده در آبیاری سطحی نشان می‌دهد از یک سو در صورتی که تاریخ کاشت رعایت شود مقادیر نیاز آبی کاهش خواهد یافت و از سوی دیگر تفاوت آمار هواشناسی مورد استفاده در دو روش برآورد نیاز آبی در این اختلاف موثر بوده است. در سامانه‌های آبیاری سطحی، بیش‌تر مزارع در دامنه‌ی قابل قبول‌تری از نظر زمان کاشت قرار داشتند و همین امر در کاهش بیش‌تر نیاز آبی موثرتر بوده است. عکس این مساله در سامانه‌های بارانی دیده شد. ازآنجایی‌که در اکثر مزارع زیر پوشش آبیاری بارانی در کشت قبل از گندم، ذرت دانه‌ای کشت شده بود، این امر موجب گردید تا برداشت ذرت به دی‌ماه و بعضاً به بهمن‌ماه موکول گردد. لذا کشت گندم در دی‌ماه و حتی بهمن‌ماه انجام شد. همین مساله عدم رعایت تاریخ کاشت مناسب منجر به افزایش نیاز آبی براساس سند به‌روزشده گردید. میانگین حجم آب مصرفی در مزارع مورد ارزیابی در این مطالعه معادل ۴۰۳۲/۸ مترمکعب بر هکتار بود. بیش‌ترین حجم آب مصرفی در مزارع گندم در سامانه آبیاری سطحی به میزان ۴۳۹۹ مترمکعب در هکتار به ثبت رسید. میانگین حجم آب مصرفی در مزارع بارانی و قطره‌ای به‌ترتیب ۳۸۶۴ و ۳۴۹۰ مترمکعب در هکتار بودند که در رده‌های بعدی قرار داشتند. میانگین حجم آب مصرفی گندم در مزارعی که از منابع آب سطحی استفاده می‌کردند، ۳۹۲۰ مترمکعب بر هکتار بود. این میزان در مزارعی که از منابع آب زیر زمینی استفاده می‌کردند، ۴۲۵۹ مترمکعب بر هکتار اندازه‌گیری شدند. بالاترین مصرف آب در چشمه‌ها به میزان ۴۶۲۶ مترمکعب در هکتار به ثبت رسید. عدم نصب کنتورهای حجمی اندازه‌گیری مصرف آب بر روی چاه‌ها از یک سو و رایگان بودن آب چشمه‌ها و بیش‌تر بودن مقدار آب چشمه و چاه‌ها از مصرف بهره‌برداران از سوی دیگر، موجب گردید تا حجم آب مصرفی از چشمه و به‌تبع آن مقدار آب مصرفی از آب‌های زیرزمینی بیش‌ترین میزان مصرف آب را به خود اختصاص دهند. نتایج مقایسه میانگین حجم آب مصرفی از منابع آب سطحی و زیرسطحی در آزمون تی نشان داد که دو منبع آب مذکور با هم اختلاف معنی‌داری ندارند (جداول ۱ و ۴). میانگین حجم آب مصرفی از رودخانه‌های مارون، خیرآباد و چاه‌ها به‌ترتیب معادل ۴۰۵۵/۵، ۳۹۰۷/۹ و ۴۱۸۵/۱ مترمکعب بر هکتار بودند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین حجم آب مصرفی از منابع آبی فوق در آزمون تی (t-Test) نشان داد که مصرف آب در سه منبع آبی مختلف، دو به دو با هم اختلاف معنی‌داری ندارند (جدول ۴).

جدول ۱- مشخصات مزارع مورد مطالعه

Table 1- Characteristics of the studied farms

Farm Number	Irrigation method	Water requirement (mm)		Consumed water (m^3/ha)	Leaching requirement (%)	Application efficiency (%)	Growth period (days)	Yield (kg/ha)	Water Productivity (kg/m^3)	Farms area (ha)
		National document	Penman-Monteith							
1	Surface	480.0	460.3	5066	41.2	58.5	166	4778	0.91	9.0
2	Surface	462.0	463.3	4145	41.5	88.5	148	4444	1.04	4.5
3	Surface	459.0	461.8	3684	41.3	99.1	144	4143	1.08	7.0
4	Surface	480.0	395.9	4889	42.8	35.9	172	4690	0.91	1.5
5	Surface	480.0	381.4	2846	37.0	60.8	179	4000	1.29	1.0
6	Surface	480.0	386.7	8857	60.0	22.7	186	3500	0.38	9.0
7	Surface	496.0	474.0	4030	22.3	86.4	153	2983	0.71	2.4
8	Surface	495.0	463.4	4852	21.8	69.4	151	5104	1.02	12.8
9	Surface	498.0	441.5	3878	20.7	81.0	151	3441	0.85	1.8
10	Surface	511.0	451.3	4160	21.2	56.9	172	2925	0.67	2.0
11	Surface	496.0	452.3	3263	21.2	99.7	150	3008	0.88	0.9
12	Surface	498.0	446.1	3323	21.0	95.9	152	3320	0.96	2.7
13	Surface	483.0	426.0	3869	20.0	77.0	148	4500	1.12	4.5
14	Surface	497.0	469.1	4755	22.0	72.1	154	3146	0.64	0.7
15	Surface	492.0	497.7	4363	37.5	91.5	149	2941	0.65	0.6
16	Tape	498.0	435.7	3282	33.2	97.7	156	4965	1.45	1.4
17	Tape	423.0	404.7	4655	16.8	45.3	157	5350	1.10	12.5
18	Tape	488.0	466.1	3770	19.6	93.4	137	5101	1.31	0.9
19	Tape	473.0	418.6	4239	19.7	71.9	133	4543	1.04	4.6
20	Tape	473.0	418.6	3172	19.7	96.0	133	4600	1.39	8.3
21	Tape	476.0	418.1	3065	22.8	99.5	138	4772	1.49	6.7
22	Tape	473.0	401.0	2250	30.5	98.4	155	6854	2.79	5.8
23	Sprinkler	491.0	517.0	4437	27.7	93.2	124	3500	0.77	11.0
24	Sprinkler	473.0	492.6	4261	26.4	89.9	126	3200	0.73	7.0
25	Sprinkler	476.0	417.6	3206	22.4	91.7	141	3971	1.18	17.0
26	Sprinkler	495.0	447.7	3759	60.6	98.5	144	3071	0.79	28.0
27	Sprinkler	480.0	492.6	4056	26.4	94.5	126	3500	0.83	14.0
28	Sprinkler	477.0	477.1	3718	25.5	98.6	121	3498	0.91	4.5
29	Sprinkler	490.0	470.7	4173	25.2	86.3	141	3004	0.70	1.4
30	Sprinkler	471.0	373.4	2884	44.5	98.5	123	2000	0.66	13.0
31	Sprinkler	467.0	505.7	4211	10.7	90.4	168	5000	1.15	28.0
32	Sprinkler	459.0	509.4	3930	10.8	97.8	152	5000	1.23	22.0

ادامه جدول ۱- مشخصات مزارع مورد مطالعه

Continued Table 1- Characteristics of the studied farms

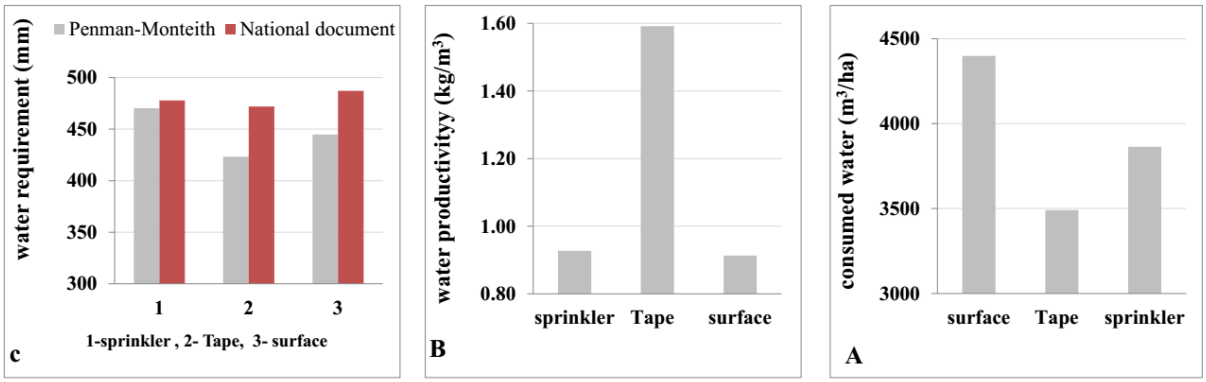
Farm Number	Variety	Soil texture	Effective rainfall (mm)	Inflow (lit/s)	Irrigation water salinity (ds/m)	Soil salinity (ds/m)	Average depth of each irrigation (mm)	Total number of irrigation events	Sea level (m)
1	Shova	Loam	204.9	21.62	3.04	3.61	46.1	11	353
2	Chamran	Loam	138.0	21.62	3.04	3.61	46.1	9	369
3	Karim	Loam	138.0	21.62	3.04	3.61	46.1	8	360
4	Chamran1	Loam	263.2	40.67	3.61	4.56	69.8	7	78
5	Chamran1	Loam	245.3	28.46	3.27	7.35	35.6	5	90
6	Chamran1	Clay loam / loam	245.3	10.23	4.97	4	126.5	7	76
7	Chamran1	Clay loam / loam	148.3	20.58	1.66	5.02	68.2	5	250
8	Shova	Clay loam /silt loam	148.3	20.58	1.66	1.85	161.7	3	305
9	Shova	Silty clay	148.3	40.67	1.66	2.02	129.3	3	315
10	Behrang	Silty clay loam	235.8	93.33	1.66	1.47	104.0	4	315
11	Behrang	Clay loam	148.3	40.67	1.66	3.87	129.3	3	328
12	Behrang	Silty clay loam	148.3	77.68	1.66	2.21	110.8	3	333
13	Behrang	clay loam / loam	148.3	95.61	1.66	4.67	129	3	328
14	Shova	Silty clay loam	148.3	29.70	1.66	2.41	118.9	4	266
15	Chamran	Silty clay loam	136.0	10.23	2.59	4.21	87.3	5	248
16	Dorum	Silt loam	148.3	6.84	3.05	2.91	82.0	4	485
17	D79	Loam	210.7	56.90	1.66	0.85	93.1	5	308
18	D79	Silt loam	133.6	56.11	1.68	3.89	16.5	7	345
19	Kuhdasht	Clay loam	133.7	24.04	1.88	6.01	84.8	5	307
20	Kuhdasht	Clay loam	133.7	25.18	1.88	4.3	52.9	6	276
21	Karim	Silt loam	135.8	15.89	2.18	2.32	61.3	5	342
22	Karim	Loam	209.9	44.66	3.04	2.41	56.3	4	325
23	Dehdasht	Loam	131.2	37.00	1.88	3.61	34.7	20	377
24	Karim	Loam	135.8	74.86	1.88	4	26.6	16	371
25	Chamran2	Loam	146.1	59.90	1.88	1.16	30.6	10	365
26	Mehregan	Loam	138.0	31.08	4.41	6.1	53.7	7	310
27	Shabrang	Loam	135.8	69.87	1.88	4	33.8	12	347
28	Shabrang	Loam	135.8	69.87	1.88	4	33.8	11	345
29	Karim	Loam	135.9	14.49	1.88	3.92	52.2	8	363
30	Chamran	Silt loam / loam	133.7	25.03	3.94	7.11	24.0	12	145
31	Behrang	Loam	135.8	69.62	0.77	0.65	28.1	15	375
32	Behrang	Loam	135.8	69.62	0.77	1.65	28.1	14	369

جدول ۲ – مقایسه میانگین‌های شاخص‌های اندازه‌گیری و محاسبه شده در آزمون تی (T-Test)

Table 2 - Comparison of the means of indices measured and calculated in T-test

Treatment	Tape	Sprinkler	Surface	Statistical T	Critical T	Treatment	Tape	Sprinkler	Surface	Statistical T	Critical T
Yield (kg/ha)	5169	3574	-	6.528	2.145	Consumed water (m^3/ha)	-	3863.6	4398.7	-1.387	2.145
	-	3574	3795	-0.658	2.145		3490.5	-	4398.7	-2.279	2.145
	5169	-	3795	4.973	2.145		3490.5	3863.6	-	-2.099	2.145
Water Productivity (kg/m^3)	1.51	0.90	-	5.271	2.145	Irrigation events	5.1	12.5	-	-8.445	2.145
	-	0.90	0.88	-0.251	2.145		-	12.5	5.3	8.164	2.145
	1.51	-	0.88	4.856	2.145		5.1	-	5.3	-0.275	2.145
Application efficiency (%)	86.0	93.9	-	-2.253	2.145	Depth of irrigation water (mm)	63.9	34.6	-	6.307	2.145
	-	93.9	73.0	3.197	2.145		-	34.6	93.9	-5.377	2.145
	86.0	-	73.0	1.779	2.145		63.9	-	93.9	-2.726	2.145
Leaching requirement (%)	5.5	6.2	-	-1.826	2.145	Leaching requirement (mm)	23.2	28.0	-	-1.430	2.145
	-	6.2	7.2	-0.973	2.145		-	28.0	31.4	0.871	2.145
	5.5	-	7.2	-0.818	2.145		23.2	-	31.4	-2.327	2.145
Growth period (days)	144.1	336.7	-	0.257	2.145	National document (mm)	472.0	477.9	-	-1.474	2.145
	-	336.7	267.6	2.366	2.145		-	477.9	487.1	-1.876	2.145
	144.1	-	267.6	3.069	2.145		472.0	-	487.1	-3.096	2.145
Sea level (m)	341.1	336.7	267.6	0.257	2.145	Water requirement (mm)	423.3	470.4	-	-4.247	2.145
	-	336.7	267.6	2.366	2.145		-	470.4	444.7	1.892	2.145
	341.1	-	-	3.069	2.145		423.3	-	444.7	-2.377	2.145

DOI: 10.22055/jise.2017.23367.1659



شکل ۱ – مقایسه برخی از شاخص‌های مورد مطالعه در سه سامانه آبیاری بارانی، قطره‌ای و سطحی

Figure 1 - Comparison of some of the indices studied in sprinkler, tape and surface irrigation systems

جدول ۳ – مقایسه نیاز آبی و سند ملی در آزمون تی (t-Test)

Table 3 - Comparison results of water requirement and national document in t-test

Tape			Sprinkler			Surface			
Water requirement (mm)	National document (mm)	Statistical T	Water requirement (mm)	National document (mm)	Statistical T	Water requirement (mm)	National document (mm)	Statistical T	Critical T
423.3	472.0	-14.066	470.4	477.9	-0.766	444.7	487.1	-4.887	2.145

جدول ٤ – مقایسه منابع آبی (m^3/ha) در آزمون تی

Table 4 - Comparison of water resources (m^3/ha) in t test

Marun river	Well	Statistical T	Marun river	Kheyrabad river	Statistical T	Kheyrabad river	Well	Statistical T	Critical T
4055.5	4185.1	-0.230	4055.5	3907.9	0.664	3907.9	4185.1	-0.501	2.622

محاسبه ضرایب همبستگی پیرسون پارامترهای اندازه‌گیری و محاسبه‌شده

روند تغییرات حجم آب مصرفی با روند تغییرات شاخص راندمان کاربرد و بهره‌وری آب، روندی غیرهم‌راستا و معنی دار در سطح یک درصد را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر با افزایش حجم آب مصرفی این دو شاخص روند کاهشی نشان دادند. ولی تغییرات حجم آب مصرفی با طول دوره رشد گندم در سطح ۵ درصد معنی دار بود. به عبارت دیگر با افزایش دوره رشد گندم میزان حجم آب مصرفی افزایش خواهد یافت (جدول ۵).

روند تغییرات عملکرد گندم با روند تغییرات نیاز آبی براساس سند ملی و شوری خاک در سطح پنج درصد معنی دار بوده ولی روند تغییرات عملکرد با این دو شاخص هم‌راستا نیستند.

روند تغییرات راندمان کاربرد با روند تغییرات عمق آب آبیاری و نیاز آبی به‌روز شده در سطح پنج درصد و با روند تغییرات طول دوره رشد در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. ولی روند تغییرات راندمان کاربرد با تغییرات نیاز آبی بر اساس سند به‌روزشده هم‌راستا بوده ولی این روند تغییرات با عمق آب آبیاری و طول دوره رشد گندم ناهم‌راستا می‌باشد (جدول ۵). با کاهش طول دوره رشد، راندمان کاربرد افزایش یافته است که این تغییرات به‌خصوص در مزارع آبیاری بارانی که کشت آن‌ها به دلیل عقب افتادن برداشت ذرت دانه‌ای در دی ماه و یا بهمن انجام شدند، محرزتر بود. به‌طوری که دیر کاشتن عملا موجب کاهش دوره رشد گندم شده و این روند کاهش دوره رشد با روند افزایش راندمان کاربرد تغییراتی معنی‌دار را نشان می‌دهد (جدول ۵).

جدول ۵- ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای شاخص‌های اندازه‌گیری شده در سامانه‌های آبیاری سطحی، قطره‌ای و بارانی

Table 5 - Pearson correlation coefficient calculated for the indices measured in surface, drip and sprinkler irrigation systems

n=32 0.349=5% 0.449=1%	Consumed water (m^3/ha)	Water productivity (kg/m^3)	Yield (kg/ha)	Application efficiency (%)	Leaching requirement (mm)	Irrigation events	Depth of irrigation water (mm)	National document (mm)	Water requirement (mm)	Growth period (days)	Soil salinity (dS/m)	Irrigation water salinity (dS/m)	Inflow (lit/s)	Farm area (ha)
Consumed water (m^3/ha)	1.000	-0.561**	-0.120	-0.721**	0.347	0.098	0.343	-0.011	0.040	0.418*	-0.074	0.283	-0.175	0.052**
Water productivity (kg/m^3)		1.000	0.794**	0.292	-0.209	-0.197	-0.193	-0.255	-0.274	0.027	-0.199	-0.050	0.043	0.008
Yield (kg/ha)			1.000	-0.081	-0.241	-0.114	-0.063	-0.442*	-0.150	0.220	-0.383*	-0.118	0.029	0.131
Application efficiency (%)				1.000	-0.260	0.213	-0.404*	0.096	0.416*	-0.688**	0.007	-0.307	0.064	0.160
Leaching requirement (mm)					1.000	0.024	-0.067	0.064	-0.346	0.213	0.533	0.964**	-0.493	0.043
Irrigation events						1.000	-0.711	-0.299	0.484*	-0.380*	0.008	-0.078	0.184	0.514
Depth of irrigation water (mm)							1.000	0.372*	-0.194	0.386*	-0.221	-0.047	-0.072	-0.331
National document (mm)								1.000	0.179	0.084	0.122	0.002	-0.061	-0.359
Water requirement (mm)									1.000	-0.304	-0.304	-0.555**	0.215	0.188
Growth period (days)										1.000	-0.193	0.260	-0.087	-0.083
Soil salinity (dS/m)											1.000	0.538**	-0.335	-0.195
Irrigation water salinity (dS/m)												1.000	-0.516**	-0.011
Inflow (lit/s)													1.000	0.184
Farm area (ha)														1.000

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. (جدول ۵).

روند تغییرات عمق آب آبیاری با تغییرات نیاز آبی براساس سند ملی و طول دوره رشد در سطح پنج درصد معنی دار بوده و روند تغییرات هم‌سو بودند. به عبارت دیگر افزایش عمق آب آبیاری در آبیاری سطحی با میزان افزایش نیاز آبی براساس سند ملی و طول دوره رشد تغییرات معنی‌داری داشته است (جدول ۵).

روند تغییرات شوری خاک با روند تغییرات شوری آب در سطح یک درصد معنی دار و هم‌راستا بوده است. به‌بیان دیگر مزارعی که شوری خاک آن‌ها زیاد بود، آب مصرفی این مزارع نیز بیشتر بود (جدول ۵).

روند تغییرات سطح زیر کشت گندم با نیاز آبی بر اساس سند ملی در سطح پنج درصد معنی‌دار و غیرهم‌راستا بوده است.

میانگین بهره‌وری آب در این تحقیق با میانگین بهره‌وری آب اندازه‌گیری شده توسط Heydari (2011) در استان خوزستان هم‌خوانی بسیار خوبی داشت و همچنین این تطابق میزان بهره‌وری آب با عدد محاسبه شده از پژوهش (زوارت و باستیانسن، ۲۰۰۴) بسیار قابل توجه بود. میزان بهره‌وری آب روش آبیاری بارانی در شهرکرد که توسط Haghighati (2013) محاسبه شده از میزان بهره‌وری آب این تحقیق کمی بالاتر بود که علت آن از یک طرف عملکرد بیش‌تر (حدود ۲۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار) و مصرف آب بیش‌تر بود (حدود ۱۳۰۰ مترمکعب در هکتار). وضعیت فوق در تحقیق Ghasemi Nezhad. Raeini et al. (2015) دیده شد که به علت بالاتر بودن عملکرد و مصرف آب، بهره‌وری آب آن از بهره‌وری آب این پژوهش کمی بالاتر بود. همانند پژوهش انجام شده توسط Saleem et al. (2010) که آبیاری قطره‌ای علاوه بر صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی نسبت به آبیاری سطحی از نظر عملکرد و بهره‌وری آب نسبت به سامانه آبیاری سطحی برتری داشت. البته برتری‌های سامانه قطره‌ای در سه پارامتر فوق نسبت به تحقیق سلیم و همکاران (۲۰۱۰) محسوس‌تر و بارزتر بود. در این تحقیق، دامنه بهره‌وری آب در آبیاری سطحی از ۰/۴۰ تا ۱/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب و در مطالعه Gholami et al. (2016) این دامنه از ۰/۴۳ تا ۱/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود. این در حالی است که هم‌خوانی قابل قبولی بین دامنه بهره‌وری آب در دو سامانه آبیاری بارانی این تحقیق با تحقیق فوق وجود نداشت. شاید دلیل این ناهم‌خوانی در سیستم‌های آبیاری بارانی عدم رعایت تاریخ کاشت در این تحقیق بود که منجر به کاهش بهره‌وری آب در مزارع آبیاری بارانی این تحقیق نسبت به مزارع مورد مطالعه Gholami et al. (2016) بود. دامنه بهره‌وری آب محاسبه شده توسط Ahmad et al. (2004) در منطقه پنجاب پاکستان، Naseri (1998) در دشت مغان و Asadi et al. (2001) در شهرکرد محدودتر از دامنه این تحقیق بود ولی در دامنه بهره‌وری آب این تحقیق قرار می‌گرفت به عبارت دیگر نوسانات بهره‌وری آب در این تحقیق در سیستم‌های مختلف آبیاری موجب گستردگی بیش‌تر دامنه‌ی این بهره‌وری نسبت به مطالعات فوق بود. شاید تعداد کم‌تر مزارع قطره‌ای نسبت به مزارع سطحی و بارانی در گستردگی بیشتر دامنه‌ی بهره‌وری آب در بهبهان بی‌تاثیر نباشد. در تحقیق انجام شده توسط Moayeri (2013) در شهرستان دزفول افزایش عملکرد و بهره‌وری آب در آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی به‌ترتیب ۳۰ و ۵۰ درصد اعلام شده و با نتایج این تحقیق که این برتری را به‌ترتیب ۳۶ و ۷۲ درصد ثبت نمود، افزایش عملکرد تطابق قابل قبولی دارد (۶ درصد اختلاف) ولی بهره‌وری آب در این تحقیق بالاتر بوده و به همین ترتیب اختلاف آن بیش‌تر بود (۲۴ درصد اختلاف) که نشان از مصرف کم‌تر آب در این مطالعه دارد. شاید عدم رعایت تاریخ کاشت و عقب افتادن آن در بعضی از مزارع قطره‌ای این تحقیق موجب کاهش دوره رشد شده و عملا میزان آب آبیاری کاهش یافته است.

DOI: 10.22055/jise.2017.23367.1659

نتیجه‌گیری

نتایج انجام‌شده اندازه‌گیری مزرعه‌ای در ۳۲ مزرعه که با سه منبع آبی مختلف آبیاری می‌شدند و از سه سامانه سطحی، بارانی و سطحی استفاده می‌کردند، نیمی از مزارع آبیاری قطره‌ای در دامنه تاریخ کاشت توصیه شده، کشت نشدند. لذا دوره رشد در این نیمه کمتر از ۱۴۰ روز بوده است. علی‌رغم کاهش دوره رشد و عدم رعایت تاریخ کاشت، عملکرد این گروه بیش از ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. میانگین راندمان کاربرد گندم در مزارع مورد مطالعه معادل ۸۲/۴ درصد بود. راندمان کاربرد آب آبیاری در روش بارانی بیش‌تر از دو روش دیگر بود. علت بالا بودن راندمان کاربرد در آبیاری بارانی عقب افتادن تاریخ کاشت از یک طرف و به‌تبع آن دیر برداشت شدن محصول گندم از طرف دیگر بود. اما عقب افتادن تاریخ کاشت به اندازه‌ای زیاد بود که منجر به کاهش دوره رشد گندم شد. سیستم سطحی با طول دوره رشدی معادل ۱۵۸ روز، دارای بیش‌ترین طول دوره رشد بوده و اختلاف معنی‌داری با دو سیستم قطره‌ای و بارانی داشت. بیش‌تر بودن طول دوره رشد در آبیاری سطحی به این دلیل بود که اولا گستردگی جغرافیایی آبیاری سطحی در شهرستان بهبهان از دو سیستم دیگر بیش‌تر بوده و به‌تبع تعداد مزارع ارزیابی‌شده نیز بیش‌تر بودند. بیش‌تر مزارع آبیاری سطحی در طول سال فقط یک کشت دارند و در این مزارع فقط گندم کشت می‌شود. لذا بهره‌بردار زمان و فرصت کافی برای اعمال تاریخ کاشت مناسب را دارد. سیستم سطحی با حجم آب مصرفی معادل ۴۳۹۸/۷ مترمکعب بر هکتار، بیش‌ترین حجم آب مصرفی را به خود اختصاص و اختلاف معنی‌داری با سیستم قطره‌ای داشت. ولی این اختلاف با سیستم بارانی معنی‌دار نبود. حجم آب مصرفی دو سیستم قطره‌ای و بارانی به‌ترتیب ۳۴۹۰/۵ و ۳۸۶۳/۶ مترمکعب بر هکتار اندازه‌گیری شدند. عقب افتادن زمان برداشت گندم در مزارع آبیاری بارانی موجب گردید تا عمده زمان پر شدن دانه به اردیبهشت موکول شود که مصادف با افزایش بیشتر دمای هوا بود. همین امر سبب مصرف بیش‌تر آب در این مقطع زمانی خاص شده و موجب گردید علی‌رغم مصرف کم‌تر آب در سامانه بارانی نسبت به سطحی این اختلاف مصرف آب معنی‌دار نباشد. رایگان بودن آب چشمه‌ها و بیش‌تر بودن مقدار آب چشمه از مصرف بهره‌برداران، موجب گردید تا حجم آب مصرفی از چشمه در بین منابع آب بیش‌ترین میزان مصرف آب را به خود اختصاص دهند. بیش‌تر بودن زمان آبیاری در هر نوبت در آبیاری سطحی و قطره‌ای موجب گردید تا عمق نفوذ آب بیش‌تر شده و عملاً موجب عقب افتادن نوبت‌های آبیاری شوند. نتایج مقایسه میانگین حجم آب مصرفی از منابع آبی فوق در آزمون تی (t-Test) نشان داد که مصرف آب در سه منبع آبی مختلف، دو به دو با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. روند تغییرات راندمان کاربرد با روند تغییرات عمق آب آبیاری و نیاز آبی به‌روز شده در سطح پنج درصد و با روند تغییرات طول دوره رشد در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. ولی روند تغییرات راندمان کاربرد با تغییرات نیاز آبی بر اساس سند به‌روزشده هم‌راستا بوده ولی این روند تغییرات با عمق آب آبیاری و طول دوره رشد گندم ناهم‌راستا می‌باشد.

پیشنهاد می‌گردد برای سایر محصولات مهم شهرستان بهبهان از جمله خرما، کنجد، کلزا و هندوانه مقایسه مصرف و تعیین بهره‌وری آب انجام شود تا بدین ترتیب یک تخمین واقعی‌تر از میزان آب از منابع مختلف آبی شهرستان در دسترس مسئولین برای تصمیم‌گیری‌های آتی قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌دلیل تقبل هزینه‌های مـادی و حمایـت هـای معنـوی در انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

References

1- Abbasi, F., Abbasi, N. and Tavakoli, A.R., 2017a. Agricultural water productivity: Chalenges and visions. *Water and Sustainable Development, 4*(1) , pp. 141-144.

2- Abbasi, F., Sohrab, F. and Abbasi, N., 2017b. Evaluation of irrigation efficiencies in Iran. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering Research*, *17* (67), pp. 113-128. (In Persian).

3- Ahmad, M. D., Masih, I. and Turral, H., 2004. Diagnostic analysis of spatial and temporal variations in crop water productivity: A field scale analysis of the ricewheat cropping system of Punjab, Pakistan. *Applied Irrigation Science*, *39*(1), pp. 43-63.

4- Asadi, H., Neyshabouri, M. and Seyadat, H., 2001. The effect of water stress at different stages of growth on yield, yield components and some water relations of wheat. *Proceedings of the 7th Iranian Soil Science Congress, Shahrekord*. (In Persian).

5- Faramarzi, M., Yang, H., Schulin, R. and Abbaspour, K., 2010. Modeling wheat yield and crop water productivity in Iran: Implications of agricultural water management for wheat production. *Agricultural Water Management, 97*(11), pp. 1861-1875.

6- Ghadami Firouzabadi , A., Chaychi, M. and Seyedan, M., 2017. Effects of different irrigation systems on yield, some agronomic traits, and water productivity of different wheat genotypes and their economic assessment in Hamedan. *Journal of Water Research in Agriculture, 31* (2), pp. 139-149. (In Persian).

7- Ghasemi Nezhad Raeini, M.R., Marofi, S., Zare Kohan, M. and Maleki, A., 2015. Investigation of water efficiency index and its comparison with the actual conditions of wheat farms. *Journal of Irrigation Science and Engineering (Journal of Agricultural Science), 38*(1), pp. 72-77. (In Persian).

8- Gholami, Z., Ebrahimian, H and Nuri, H., 2016. Investigation of irrigation water productivity in sprinkler and surface irrigation systems (Case study: Qazvin Plain). *Journal of Irrigation Science and Engineering (Agricultural Journal), 39* (3), pp. 135-146. (In Persian).

9- Haghighati, B., 2013. Extension plan report - improving water management and optimization in agricultural production process. Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research Center. (In Persian).

10- Heydari, 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), pp. 43-57. (In Persian).

11- Kahlown, M. A., Raoof, A., Zubair, M. and Doral Kemper, W., 2007. Water use efficiency and economic feasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan. *Agricultural Water Management*, 87(3), pp. 292-298.

12- Moayeri, M. 2013. Determining Water Use Productivity Potential of Wheat Cultivars in Different Irrigation Methods (sprinkler, drip and surface) in different climatic conditions of Iran. *Final Report of the Agricultural Engineering Research Institute* (In Persian).

13- Montazar, A. and Kosari, H., 2007. Water productivity analysis of some irrigated crops in Iran. Proceeding of the International Conference of Water Saving in Mediterranean Agriculture and Future Needs. *Valenzano (Italy). Series B*, 56(1), pp. 109-120.

14- Monotti, M., Borghi, B., Chiducci, M., Boggini, G. and Gambelli, M. L., 1982. Effects of irrigation and other ogronomic practices on wheat grain yield. *Universita di Perugia General e Coltivazioni Erba Universita di Perugia.*

15- Naseri, A., 1998. Analysis and optimization of water consumption and crop production in Moghan. Proceedings of the 9th Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. (In Persian).

16- Neyrizi, S. and Helmy Fakhrood, R., 2004. Comparison of Water use Productivity in Multiple Khorasan Points. *Proceedings of the 11th Conference. 391- Iranian Irrigation and Drainage Committee. Tehra,*. (In Persian).

17- Oron, G., Demalach, J. and Bearman, J. E., 1996. Trickle irrigation of wheat applying renovated waste water. *Water Resources Bulletin*, 22(3)), pp. 439-446.

18- Saleem, M., Wagas, A. and Ahmad, R.N., 2010. Comparison of three wheat varieties with different irrigation systems for water productivity. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*, 2(1), pp. 7-10.

DOI: 10.22055/jise.2017.23367.1659

19- Sammis, T.W., 1980. Comparison of sprinkler, trickle. Subsurface and furrow irrigation methods for row crops. *Agronomy. Journal, 72*, pp. 701- 704.

20- Zwart, S. J and Bastiaansen, W. G. M., 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*, 69(2)), pp. 115-133.