Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE)
Vol. 44, No. 1, Fall 2021, p. 75-87

Research Paper

Journal homepage: https://jise.scu.ac.ir

EXTENDED ABSTRACT

The Effect of Irrigation with Magnetized Wastewater of Gorgan Urban Refinery on Rice (Tarom Hashemi Cultivar) Yield

L. Ghorbani-Minaei[1], M. Zakerinia[2*], A. RezaeiAsl[3], & H.R. Mirkarimi[4]

1- M.Sc. Student, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2- Corresponding Author, Associate Professor, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran (mzakerinia@gmail.com).*
3- Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystem, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4- Ph.D. Student, Department of Plant Breeding, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Artlcle history:
Received: 5 December 2019
Revised: 4 May 2020
Accepted: 9 May 2020

Keywords:
Economic Efficiency of Water, Harvest Index, Unconventional Water, Water Use Efficiency.

TO CITE THIS ARTICLE:

Ghorbani minaei, L., Zakerinia, M., Rezaei asl, A., Mirkarimi, H. (2021). 'The Effect of Irrigation with Magnetized Wastewater of Gorgan Urban Refinery on Rice (Tarom Hashemi Cultivar) Yield', Irrigation Sciences and Engineering, 44(3), pp. 75-87. doi: 10.22055/jise.2020.31500.1892.

Introduction

Water is one of the sources that play an essential role in crop production and, if not properly managed, creates a severe limitation on drinking water consumption and agriculture. Water scarcity has become a crisis in recent years. It has challenged rice production in the country, so there is no choice but to increase productivity and optimize low-quality water. The use of effluent in supplying part or all of the water and nutrient needs of the crop, in addition to reducing the pressure on available water resources, also lowers production costs. It also avoids the problems of disposal of natural resources and environmental issues. Wastewater application can increase the amount of water available to the plant by changing the physical properties of the soil. Therefore, overall, these factors contribute to the sustainable use of water and soil resources in agriculture (Nikbakht & Rezaei, 2016). Direct and unmanaged use of this type of water, referred to as abnormal water, causes soil damage and reduces crop production in irrigation operations. Due to the importance of water and its scarcity in the country, proper use of water resources and irrigation water is one of the most critical goals in the agricultural sector. Therefore, a method that can increase the plant's yield under normal conditions by using a certain amount of water and the use of irrigation water in such a way that no problems occur for the plant can be used as a solution. It is essential to manage irrigation water use. In this regard, one of the approaches used in irrigation operations in recent years to use unusual waters is to pass irrigation water through a magnetic field. Water is a magnetic magnet that passes through a device with a magnetic core (Bodnarenko & Gac, 1984). Special measures, including unconventional water, are required to provide irrigation water for strategic products such as rice, which needs much water. Despite the beneficial aspects of urban wastewater, using these waters without proper management in agriculture leads to irreparable damage in a long time. To reduce its effects and the use of wastewater treatment

systems, the magnetization method is considered. In the present study, the effect of magnetization of Gorgan urban wastewater effluent on hulls yield, biological yield, harvest index, water use efficiency, physical efficiency of water, and economic efficiency of water have been investigated.

Methodology

The experiment has been carried out as a two-factor factorial design in entirely randomized blocks from May to September 2011 in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. The factors included irrigation water types, including common water (C) as control and Gorgan urban wastewater treatment (W), water correction method including magnetism (M), and non-magnetism (O). The physical and chemical properties of the soil are measured, and the results are presented in Table (1). Chemical analyzes of water and wastewater were also measured and shown in Table (2).

Table 1- Physical and chemical properties of soil

Texture Clas	Clay	Silt	Sand	Ec	pH	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+
		(%)		(dS/m)		(meq/l)			
Clay loam	32	30	38	1.48	7.52	0.83	0.03	8.4	1.61

Table 2- Chemical properties of water and wastewater

Water type	CO3	TDS	Ec	pH	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+
	(meq/l)	(mg/lit)	(dS/m)		(meq/l)			
Common water	0.9	370	0.58	7	0.9	3.1	2.3	0.09
Wastewater	2.5	1415	1.4	8.2	1.2	5.2	4.4	0.45

Two tanks were used to control the water level, one as a stabilizer water table and another to measure the water used. The data obtained were analyzed using SPSS software, and DUNCAN and T-Test were performed to compare means.

Results and Discussion

The results showed that in the type of water treatment, the harvest index increased by 25% compared to common water. Some parameters such as yield, water use efficiency, physical efficiency of water, and economic efficiency of water in the wastewater treatment increased by 28% compared to control treatment. Also, the mean comparison of water type and correction method on all measured parameters indicated that magnetite effluent was superior to the rest of the other treatments. In their study, Jenkins et al. (1994) concluded that the yield of maize irrigated with effluent was three times that of maize irrigated with ordinary water. Badiei et al. (2016) stated that wheat's lowest and highest biological yield were observed in treated wastewater and raw sewage treatment, respectively. The biological yield in raw wastewater treatment was 49.9% and 103% more than that in the treated water and wastewater treatment, respectively. Its value in the treated water was about 40.6% more than that in the treated wastewater treatment. Magnetized water for irrigation increased plant water productivity by 9% compared to conventional irrigated plants (Khanderoyan, 2011). Maheshwari and Grewal (2009) report that magnetic water for irrigation increased the water productivity of snow chickpea and celery plants.

Conclusions

According to the results of this research, it can be said that using the urban wastewater effluent for irrigation water reduces harvesting of high-quality water resources and reduces the costs of fertilizers (chemical and organic) in the production of the product. Regarding the use of unconventional water, environmental effects and the effect of these waters on the quantitative and qualitative properties of the plant should also be investigated.

Acknowledgment

The authors would like to thank the Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources for their contribution to the implementation of this research.

References

1- Badiei, A., Karandish, F. and Tabatabaei, S.M., 2016. The influence of irrigation with raw and treated municipal wastewater on Wheat yield and microbial characteristics of soil and plant. *Water and Soil Science*, *26*(4.2), pp.215-228. (In Persian)

2- Bodnarenko, N.F. and Gak, E.Z., 1984. *Electromagnetic phenomena in natural water*. Gidrometeoizdat, Leningrad.

3- Jenkins, C.R., Papadopoulos, I. and Stylianou, Y., 1994. Pathogens and wastewater use for irrigation in Cyprus. *International Conference on Land and Water Resources Management in the Mediterranean Region, Italy*.

4- Khanderoyan, M., 2011. Effect of continuous irrigation with magnetic water on water use efficiency and corn yield. MSc Thesis. *Zanjan university*. (In Persian).

5- Maheshwari, B.L. and Grewal, H.S., 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effect on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural water Management*, *96*, pp.1229-1236.

6- Nikbakht, J. and Rezaei, E., 2016. The Effect of different levels of wastewater and magnetized water on yield and water use efficiency in maize irrigation and some soil physical properties. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *48*(1), pp.63-75. (In Persian).

© 2021 Shahid Chamran Universiry of Ahvaz, 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
دانشگاه شهید چمران اهواز
جلد ٤٤، شماره‌ی۳، پاییز ۱٤۰۰، مقاله پژوهشی، ص. ۷۵-۸۷

تأثیر آبیاری با پساب مغناطیس‌شده تصفیه‌خانه شهری گرگان بر عملکرد برنج طارم هاشمی

لیلی قربانی مینائی[۱]، مهدی ذاکری‌نیا[۲*]، عباس رضایی‌اصل[۳] و حمیدرضا میرکریمی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲*-نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران mzakerinia@gau.ac.ir.
۳- استادیار، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۴- دانشجوی دکتری، گروه اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۴ بازنگری: ۱۳۹۹/۲/۱۵ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۲۰

چکیده

برای تأمین آب آبیاری محصولات استراتژیک نیاز به تمهیدات ویژه هم‌چون استفاده از آب‌های نامتعارف و فناوری مغناطیس جهت بهبود کیفیت آب و عملکرد می‌باشد. در پژوهش حاضر اثر مغناطیسی‌شدن پساب تصفیه‌خانه شهری گرگان بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارتند از نوع آب آبیاری شامل آب معمولی (C) به‌عنوان شاهد و پساب تصفیه‌شده شهری گرگان (W)، روش اصلاح آب شامل مغناطیس (M) و عدم مغناطیس (O) بود. نتایج نشان داد که در بین تیمارهای نوع آب، شاخص برداشت در پساب، ۲۵ درصد و پارامترهای عملکرد شلتوک، بهره‌وری مصرف آب، بهره‌وری فیزیکی آب و بهره‌وری اقتصادی آب حدود ۲۸ درصد نسبت به آب معمولی (تیمار شاهد) افزایش داشت. تیمار اصلاح آب، از بین پارامترهای مورد بررسی فقط بر شاخص برداشت اثر معنی‌دار نشان داد به‌طوری‌که مغناطیس نسبت به غیرمغناطیس در حدود ۲۰ درصد بیش‌تر بود. هم‌چنین مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع آب و روش اصلاح بر همه پارامترهای اندازه‌گیری شده، اختلاف معنی‌داری نشان نداد. براساس نتایج این تحقیق می‌توان گفت که استفاده از پساب تصفیه‌خانه شهری گرگان برای کشت گیاه برنج به عنوان آب آبیاری، سبب کاهش برداشت از منابع آبی با کیفیت بالا می‌گردد.

کلید واژه ها: بهره‌وری اقتصادی، بهره‌وری مصرف آب، پساب مغناطیس، شاخص برداشت.

مقدمه

کشاورزی به عنوان یکی از بخش‌های ضروری کشور نقش بسیار حساسی در برنامه‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی دارد. در این میان کشت برنج در جایگاه خود دارای ارزش و اهمیت ویژه‌ای بوده و بعد از گندم غذای اصلی مردم جهان را تشکیل می دهد (Qin et ،Cabangon et al., 2002، Pirdashty., 1999 Bouman et al., ،al., 2006 ،Sedaghati et al., 2018). Sedaghati et al., (2018) و (2007) گزارش کردند برنج بیشترین مقدار مصرف آب را در بین محصولات کشاورزی دارا بوده و حدود ۸۰ درصد کل منابع آب شیرین مصرفی آسیا را شامل می‌شود. Asadi et al (2008) گزارش نمودند کمتر از پنج درصد از کل آب مورد نیاز گیاه برنج عمدتاً توسط ریشه جذب می‌شود. این آب جذب‌شده توسط گیاه علاوه بر مشارکت در تشکیل اندام‌های گیاهی باعث جابه‌جایی املاح در گیاه و فتوسنتز می‌گردد. لذا تنها تبخیر از سطح خاک به‌عنوان تلفات و جزء غیرمفید مصرف آب محسوب می‌گردد. در نتیجه می‌توان آب‌های با کیفیت بالاتر (آب منابع تجدیدپذیر) را در مصارف با اهمیت‌تر مورد استفاده قرار داد (Pscode., 1992). آب یکی از منابعی است که در تولید محصولات کشاورزی نقش مهمی را ایفا می‌کند و چنان‌چه به‌صورت صحیح مدیریت نشود؛ محدودیت زیادی را در مصرف آب شرب و کشاورزی به‌وجود می‌آورد. کمبود آب در سال‌های اخیر به‌عنوان یک بحران مطرح گردیده و تولید برنج را در کشور دچار چالش نموده است، بنابراین برای رفع مشکل کنونی، چاره‌ای جز افزایش بهره‌وری و هم‌چنین استفاده بهینه از آب با کیفیت پایین وجود ندارد. با کاربرد پساب در تأمین کل یا بخشی از نیازآبی و غذایی گیاه کشت‌شده، علاوه بر کاهش فشار بر منابع آب قابل دسترس، هزینه های تولید نیز کاهش می‌یابد. هم‌چنین از مشکلات دفع آن به منابع طبیعی و مسائل محیط‌زیستی جلوگیری به‌عمل می‌آید. کاربرد پساب با تغییر خصوصیات فیزیکی خاک، می‌تواند میزان آب قابل دسترس گیاه را افزایش دهد. بنابراین در حالت کلی مجموع این

عوامل موجب پایداری استفاده از منابع آب و خاک در کشاورزی می گردد (Nikbakht and Rezaei., 2016). در رابطه با کاربرد پساب در آبیاری گیاهان، پژوهش‌ها و آزمایش‌های زیادی صورت گرفته است. استفاده مستقیم و بدون اصلاح این نوع آب‌ها که به‌عنوان آب‌های نامتعارف نام برده می‌شود، در عملیات آبیاری، باعث خسارت خاک شده و تولید محصول را نیز کاهش می‌دهد (Nikbakht et al., 2012). با توجه به اهمیت آب و کمبود آن در کشور، استفاده از منابع آب به‌صورت صحیح و کاربرد آب‌های نامتعارف یکی از مهم‌ترین اهداف در بخش کشاورزی است. بنابراین روشی که بتواند با مصرف مقدار مشخص آب، عملکرد گیاه را نسبت به شرایط معمولی افزایش دهد و هم‌چنین استفاده از آب های نامتعارف به‌گونه‌ای‌که برای گیاه هیچ مشکلی پیش نیاید، می تواند به عنوان یک راه‌کار مهم برای مدیریت مصرف آب آبیاری تلقی گردد. در این راستا یکی از راه‌کارهایی که در سال‌های اخیر در عملیات آبیاری به منظور استفاده از آب‌های نامتعارف مورد استفاده قرار می‌گیرد، عبور دادن آب آبیاری از یک میدان مغناطیسی می‌باشد. آب مغناطیس آبی است که از یک دستگاه که دارای هسته مغناطیس است، عبور می‌کند (Bodnarenko and Gac., 1984). در نتیجه عبور آب از میدان مغناطیسی، در اثر نیروی القایی ناشی از میدان، خوشه‌های مولکول‌های آب شکسته‌شده و بخش‌های غیرهمنام مولکول آب در یک راستا قرار می‌گیرند و مولکول‌های آب آزاد می‌شوند. این حالت سبب می‌شود که فضای کمتری توسط مولکول‌ها اشغال شود. در واقع میدان مغناطیسی روی خودِ مولکول‌های آب اثر می‌گذارد و آزادی و تحرک مولکول های آب را افزایش می‌دهد. با عبور آب از میدان مغناطیسی و شکسته‌شدن پیوند هیدروژنی و واندروالسی بین مولکول‌های آب، نیروی کشش سطحی آب کاهش می‌یابد (Ran et al., 2009). در نتیجه سیالیت آب افزایش یافته و خاصیت ترکنندگی آن بیشتر می‌شود (Xiao-feng and Bo., 2008). بنابراین جذب آب مغناطیسی راحت‌تر صورت می‌گیرد و در مقایسه با آب مغناطیس نشده، گیاه به راحتی مقادیر بیشتری از آب مغناطیسی را جذب خواهد کرد. با افزایش جذب آب توسط گیاه می‌توان انتظار داشت املاح بیشتری نیز در اختیار گیاه قرار گیرد. لذا آبیاری با آب مغناطیسی سبب جذب راحت‌تر و بیشترِ آب از خاک شده که به دنبال آن جذبِ مواد غذایی و املاح نیز از خاک بهتر و بیش‌تر صورت خواهد گرفت که موجب افزایش رشد و در نهایت موجب افزایش عملکرد گیاه خواهد شد (Abdul Qados and Hozayn., 2010). Maheshwari و Grewal (2009) طی پژوهشی در گلخانه‌ی دانشگاه وسترن سیتی استرالیا مشاهده کردند که استفاده از پساب تصفیه‌شده و آب شرب مغناطیسی برای آبیاری نخود اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب نداشت. Valynejad et al (2002) طی پژوهشی به‌منظور تاثیر کاربرد پساب شاهین-شهر اصفهان بر رشد و عملکرد ذرت، اثر معنی‌دار پساب بر افزایش عملکرد ذرت و شاخص برداشت نسبت به آب چاه گزارش کردند. با این حال، مطالعات در دسترس و استفاده از این تکنولوژی در کشاورزی بسیار محدود است. در پژوهشی نشان داده شد آبیاری گیاهان عدس و گندم با آب مغناطیسی عملکرد بیولوژیک گیاه را به‌ترتیب ۲۵/۸۲ و ۳۵/۲۵ درصد افزایش داد (Abdul Qados and Hozayn., 2010). به‌نظر می‌رسد که استفاده از میدان مغناطیسی راه‌کاری مناسب جهت افزایش بهره‌وری مصرف آب و رشد رویشی و زایشی باشد (Aliverdi et al., 2009). یکی از راه‌کارهای افزایش بهره‌وری مصرف آب آبیاری، به کارگیریِ روش هایی است که بتواند مقدار تولید محصول را به ازای واحد آب مصرفی افزایش دهد (Maheshwari and Grewal., 2009). استفاده از آب مغناطیسی در عملیات آبیاری، سبب افزایش عملکرد گیاه شده و در نهایت بهره‌وری مصرف آب، افزایش می‌یابد (Durate Diaz et al., 1997). هم‌چنین عبور آب از یک میدان مغناطیسی سبب افزایش جذب آب می‌شود (Ahmadi., 2010).

برنج، از نظر امنیت غذایی یک محصول استراتژیک بوده و یکی از مهمترین منابع اشتغال و درآمد برای کشاورزان می‌باشد، با این وجود به‌دلیل مصرف فراوان آب، کشت آن با محدودیت‌هایی همراه می باشد. بنابراین برای اصلاح الگوی مصرف آب و مقابله با بحران کم‌آبی موجود باید به دنبال راه‌کارهایی مانند تغییر در شیوه آبیاری و نیز استفاده از آب‌های نامتعارف برای گذر از این بحران‌ها بود. هنگام استفاده از آب‌های نامتعارف در کشاورزی، توجه به ویژگی‌های کیفی و رعایت استانداردهای قابل قبول به‌منظور حفظ کیفیت مناسب محصول، حفاظت از محیط زیست و بهداشت جامعه ضروری می‌باشد. علاوه بر استفاده از سامانه‌های تصفیه پساب، راه‌کارهای دیگری مانند روش مغناطیسی کردن آب نیز برای اصلاح آن‌ها، مطرح می‌باشد. لذا پژوهش حاضر، با توجه به اهمیت گیاه برنج و کمبود منابع آبی در کشور، در راستای استفاده از آب‌های نامتعارف از جمله آب تصفیه‌خانه شهری گرگان در کشت برنج و جبران کمبود آب و استفاده از فرایند مغناطیسی‌کردن آن برای بهبود کیفیت این منابع بر روی رقم طارم هاشمی گیاه برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با موقعیت جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شرقی و ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۷۰ متر از سطح دریا به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه بلوک از اردیبهشت تا شهریور ماه سال ۹۷ بر روی گیاه برنج رقم طارم هاشمی انجام شد. چهار ترکیب تیماری شامل آب معمولی بدون عبور از میدان مغناطیسی (OC) به‌عنوان شاهد، آب معمولی عبور داده شده از میدان مغناطیسی (MC)، پساب بدون عبور از میدان مغناطیسی (OW) و پساب عبور داده شده از میدان مغناطیسی (MW) بود. پساب از تصفیه‌خانه شهری گرگان تهیه گردید. این تصفیه‌خانه در قسمت شمال شهر گرگان قرار دارد و شامل تصفیه

DOI: 10.22055/JISE.2020.31500.1892

مقدماتی، اولیه، ثانویه و ضدعفونی پساب می‌باشد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری و نتایج در جدول (۱) ارایه شده است. آنالیز شیمیایی آب و پساب نیز اندازه‌گیری و در جدول (۲) ارایه شد.

این آزمایش در لایسیمتر با ابعاد قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر انجام شد که به‌صورت شمایک در شکل (۱) نمایش داده شده است.

در این پژوهش، به منظور مغناطیس نمودن آب‌های آبیاری از دستگاه مولد میدان مغناطیسی DC، واقع در آزمایشگاه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استفاده شد. این دستگاه در گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ساخته شد که دارای ۳۰۰۰ دور سیم پیچ سیم مسی با قطر دو میلی‌متر با مقاومت کل هشت اهم است. هسته آهنی آن یک‌پارچه و دارای قطر ده سانتی‌متر می‌باشد. میدان مغناطیس به‌وسیله یک منبع تغذیه جریان مستقیم مدل HYelec (ساخت کشور چین) در هسته آهنی ایجاد می گردد. منبع تغذیه قادر به تولید ولتاژ ۵۰ ولت و حداکثر جریان عبوری ۳۰ آمپری است. از آنجایی‌که منبع تغذیه متصل به سیم پیچ جریان مستقیم تولید می‌کند، میدان مغناطیس به‌وجودآمده نیز ثابت (DC) است. چگالی شار مغناطیس تولیدشده در اثر اتصال سیم پیچ به منبع تغذیه و عبور جریان از سیم پیچ توسط دستگاه تسلا متر مدل HT201 (ساخت کشور چین)، در محل فاصله هوایی موجود بین دو هسته آهنی، جایی‌که جریان آب از آن محل می‌گذرد تا ۱۲۰۰ میلی‌تسلا اندازه‌گیری شد. شدت میدان مغناطیس به کمک تنظیم میزان ولتاژ و اعمال محدودیت حداکثر جریان عبوری از سیم پیچ قابل تنظیم می‌باشد. در تحقیق صورت گرفته شدت میدان مغناطیس بر روی ۱۰۰۰ میلی‌تسلا (یک تسلا) تنظیم گردید. برای ثابت نگه داشتن سطح آب، از دو مخزن (یکی به‌عنوان تثبیت‌کننده سطح ایستابی و دیگری برای اندازه‌گیری میزان آب‌مصرفی) استفاده شد. روش‌کار بدین صورت است که لوله آبده به مخزن تثبیت سطح ایستابی متصل گردید. در مخزن تثبیت سطح ایستابی با کمک شناوری که به منبع آب متصل است، در سطح مورد نظر ثابت شد. نشا در مرحله چهار برگی از خزانه مطمئن برنج تهیه شد که در هر لایسیمتر نه کپه نشا به فاصله ۱۰×۱۰ سانتی‌متر کشت گردید. برای استقرار کامل گیاه، تیمارها به مدت یک هفته با آب معمولی آبیاری شدند و از هفته دوم تیمارها اعمال گردید. در این روش آبیاری عمق سطح ایستابی در پنج سانتی‌متری روی سطح خاک ثابت شد. آبیاری در هر روز اعمال گردید.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical properties of soil

Texture Clas	Clay	Silt	Sand	Ec	pH	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+
	(%)			(dS/m)		(meq/l)			
Clay loam	32	30	38	1.48	7.52	0.83	0.03	8.4	1.61

جدول۲- خصوصیات شیمیایی آب و پساب

Table 2- Chemical properties of water and wastewater

Water type	CO3	TDS	Ec	pH	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+
	(meq/l)	(mg/lit)	(dS/m)		(meq/l)			
Common water	0.9	370	0.58	7	0.9	3.1	2.3	0.09
Wastewater	2.5	1415	1.4	8.2	1.2	5.2	4.4	0.45

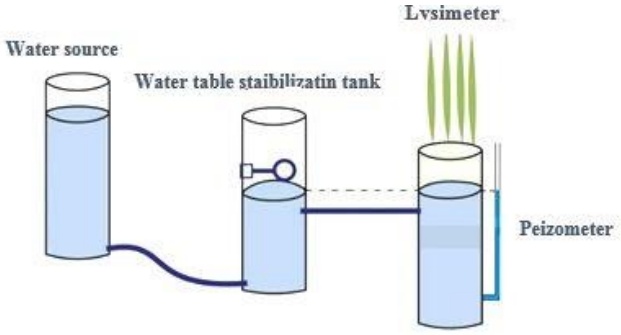

Fig.1- Surface Irrigation system

شکل۱- سیستم آبیاری سطحی

صفات اندازه‌گیری شده در این پژوهش شامل صفات عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، بهره‌وری مصرف آب، بهره‌وری فیزیکی آب و بهره‌وری اقتصادی آب بود. برداشت زمانی- که رشد و نمو متوقف، رنگ بوته متمایل به زرد و سفتی دانه در حدی بود که دانه زیر ناخن له یا شکسته می‌شد، انجام شد. پس از توزین و تعیین درصد رطوبت محصول برداشتی از سطح یک لایسیمتر، عملکرد شلتوک براساس کیلوگرم در هکتار (رطوبت ۱۴درصد) محاسبه شد (Yousefian et al., 2014). عملکرد بیولوژیک در بوته به مجموع وزن خشک خوشه، ساقه، برگ در بوته گفته می‌شود. برای به‌دست آوردن وزن خشک ساقه و خوشه این نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. وزن نمونه‌ها با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. یکی دیگر از پارامترهای مهم در تحلیل‌های زراعی، تعیین و مقایسه شاخص برداشت (Harvest index) است که به‌طور خلاصه با رابطه (۱) بیان می‌شود.

$$H_i = \frac{EY}{BY} \quad (۱)$$

Hi: شاخص برداشت. بدون بعد برحسب درصد بیان می‌شود. EY: عملکرد اقتصادی (عملکرد شلتوک) برحسب کیلوگرم بر هکتار، BY: عملکرد بیولوژیک برحسب کیلوگرم بر هکتار. برای محاسبه بهره‌وری مصرف آب آبیاری از معادله (۲) استفاده شد.

$$MUE = \frac{Y}{WU} \quad (۲)$$

MUE: بهره‌وری مصرف آب آبیاری برحسب کیلوگرم بر مترمکعب،Y: عملکرد محصول برحسب کیلوگرم بر هکتار، WU: میزان آب مصرفی برحسب مترمکعب بر هکتار می‌باشد که شامل تبخیر از سطح خاک، تعرق گیاه، روان‌آب و زهکشی است (Kiani., 2015). با توجه به این‌که آبیاری در لایسیمترهای ته‌بسته اعمال شد، روان‌آب لایسیمتر برابر صفر لحاظ گردید. در پایان دوره رشد، میزان آب مصرفی با مخازن مدرج برای هر تیمار اندازه‌گیری و ثبت شد که در حدود ۱۷۰۰۰ مترمکعب در هکتار به‌دست آمد.

در این پژوهش نیاز آبی گیاهان کلیه تیمارها با یکدیگر برابر بوده و با استفاده از نرم افزار NETWAT، تاریخ شروع و خاتمه و زمان فصل رشد هر گیاه تعیین گردید. با استفاده از اطلاعات موجود در نشریه فائو ۵۶ طول مراحل چهارگانه فصل رشد و ضرایب گیاهی سه‌گانه هر گیاه در هر منطقه استخراج شدند (Allen et al., 1998). ضریب گیاهی روزانه هر گیاه محاسبه و میانگین آن‌ها در ماه‌های مختلف فصل رشد تعیین گردید. با محاسبه میانگین تبخیر-تعرق پتانسیل ماهانه گیاه مرجع از روش پنمن -مانتیت (Allen et al., 1998) براساس میانگین ماهانه داده‌های هواشناسی، با استفاده از معادله (۳) تبخیرتعرق پتانسیل گیاه در هر ماه محاسبه گردید:

$$ET_P = n\, K_c\, ET_o \quad (۳)$$

در معادله فوق ET_P تبخیرتعرق پتانسیل گیاه در هر ماه از فصل رشد برحسب میلی‌متر می‌باشد که برابر نیاز آبی گیاه در آن ماه در نظر گرفته شد. ET_O میانگین تبخیرتعرق پتانسیل ماهانه گیاه مرجع برحسب میلی‌متر در روز، K_C ضریب گیاهی و n تعداد روزهای ماه مورد نظر هستند. از داده‌های بارندگی در هر ماه سال و در هر منطقه، مقدار باران مؤثر از روش سازمان حفاظت خاک آمریکا محاسبه شد (Farshi et al., 1977) . ساده‌ترین روشی که در مزارع کشاورزان برای برآورد بهره‌وری فیزیکی آب یک گیاه می‌توان به‌کار برد، اندازه‌گیری سه عامل ۱- عملکرد ۲- مقدار آب آبیاری و ۳- مقدار بارش در طی فصل است (Kiani., 2015).

$$WP_P = \frac{Y}{I+P} \quad (۴)$$

Y: عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار، I و P: به‌ترتیب مقدار عمق آب آبیاری و باران برحسب مترمکعب در هکتار، WP_P: بهره‌وری فیزیکی آب برحسب کیلوگرم در مترمکعب می‌باشد. برای محاسبه بهره‌وری اقتصادی آب که در معادله (۵) نشان داده شده است، در صورت کسر معادله (۴) به جای تولید، سود خالص دریافتی (تفاوت ناشی از درآمد محصول و هزینه‌ها) جایگزین می‌شود.

$$WP_e = \frac{I_N}{I+P} \quad (۵)$$

I_N: درآمد خالص که از تفاوت هزینه‌های انجام‌شده در طی فصل و درآمد ناشی از تولید به‌دست می‌آید (تومان)، I و P: به‌ترتیب مقدار عمق آب آبیاری و باران برحسب مترمکعب در هکتار، WP_e: بهره‌وری اقتصادی آب برحسب تومان بر مترمکعب می‌باشد. کل هزینه تولید به‌ازای هر هکتار شامل: هزینه‌های آماده‌سازی زمین، هزینه کاشت، هزینه داشت، هزینه برداشت و هزینه زمین می‌باشد. درآمد ناخالص هر محصول به ازای هر هکتار از حاصل- ضرب عملکرد در هکتار در قیمت هر کیلو از محصول و درآمد خالص از از تفاوت درآمد ناخالص از کل هزینه تولید به ازای هر هکتار به‌دست می‌آید (Kiani., 2015).

بنابراین، این شاخص نشان می‌دهد که با مصرف هر مترمکعب آب، چند تومان محصول به‌دست می‌آید. بالاتر بودن این شاخص نیز نشان‌دهنده بهره‌وری اقتصادی بهتری است. در واقع این معیار نشان می‌دهد که هر واحد آبی که مصرف شده، در نهایت و پس از کسر هزینه‌های عملیاتی چقدر ارزش ریالی ایجاد کرده است. با توجه به پولی بودن این معیار، می‌توان از آن برای مقایسه محصولات مختلف نیز استفاده نمود و بنابراین از این جهت در

DOI: 10.22055/JISE.2020.31500.1892

تحلیل‌های اقتصادی بر معیار قبلی برتری دارد (Eshraqi and Ghasemian., 2012). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون تی‌تست و آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده بر برنج طارم هاشمی با توجه به جدول (۳)، نشان می‌دهد اثر نوع آب بر صفات عملکرد شلتوک، بهره‌وری مصرف آب، بهره‌وری فیزیکی آب و بهره‌وری اقتصادی آب در سطح پنج درصد و در صفت شاخص‌برداشت در سطح یک درصد معنی‌دار شد اما در صفت عملکرد بیولوژیک در هیچ سطح آماری اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش مشاهده نشد. اثر اصلاح آب بر صفت شاخص برداشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد اما بر صفات عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، بهره‌وری مصرف آب، بهره‌وری فیزیکی آب و بهره‌وری اقتصادی آب در هیچ سطح آماری اختلاف معنی‌دار نشد. عدم معنی‌دار شدن واریانس را می‌توان به عدم اعمال تنش آبی به گیاهان مورد آزمایش مربوط دانست. اثر متقابل نوع آب و اصلاح آب در تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده به جز صفت بهره‌وری اقتصادی آب در سطح پنج درصد، در هیچ سطح آماری معنی‌دار نشد.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر ساده نوع آب و اثر ساده اصلاح آب با آزمون تی‌تست در جدول (۴) در سطح پنج درصد نشان داده شده است.

جدول۳- تجزیه واریانس اثر نوع آب و اصلاح آب بر روی عملکرد، شاخص برداشت، کارایی مصرف آب و شاخص‌های بهره‌وری

Table 3- Variance analysis of effect water type and water correction on the yield, harvest index, water use efficiency and productivity indicators

Source of Variance	dF	Sum of Squares					
		Yield of rough rice	Biological yield	Harvest Index	WUE	WP (I+P)	BPD
Block	2	1246635.25^{ns}	16399264.08^{ns}	1.58^{ns}	0.005^{ns}	0.004^{ns}	196852.08^{ns}
Water type (A)	1	8350008.33*	5633440.33^{ns}	85.33**	0.029*	0.026*	1130374.08*
Water Correction (B)	1	2487941.33^{ns}	3621205.33^{ns}	40.33*	0.008^{ns}	0.007^{ns}	339696.75^{ns}
A×B	1	111361.33^{ns}	33090675.0^{ns}	5.33^{ns}	0.000^{ns}	0.000^{ns}	11718.75*
Error	6	633360.58	3578343.64	3.58	0.003	0.002	107808.53
CV	%	11.83	8.75	20.5	18.25	17.32	12.31

ns , * and **: Nonsignificant and significant at %5 and %1 level of probability respectively.

جدول٤- مقایسه میانگین اثر نوع آب و اثر اصلاح آب بر روی عملکرد، شاخص برداشت، کارایی مصرف آب و شاخص‌های بهره‌وری

Table 4- Means comparison of effect water type and water correction on the yield, harvest index, water use efficiency and productivity indicators

		Yield of rough rice (Kg/ha)	Biological yield (Kg/ha)	Harvest Index (%)	WUE (Kg/m^3)	WP (I+P) (Kg/m^3)	` BPD (Toman/m^3)
A	Common water	4306.33 ^{b}	27407^{a}	15.5 ^{b}	0.25 ^{b}	0.24 ^{b}	1578 ^{b}
	Waste water	5974.67 ^{a}	28778^{a}	20.83 ^{a}	0.35 ^{a}	0.34 ^{a}	2191.83 ^{a}
B	Non-Magnetic	4685.1 ^{a}	28642 ^{a}	16.33 ^{b}	0.27 ^{a}	0.27 ^{a}	1716.60 ^{a}
	Magnetic	5595.8 ^{a}	27543 ^{a}	20.00 ^{a}	0.32 ^{b}	0.31 ^{a}	2053.2 ^{a}

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

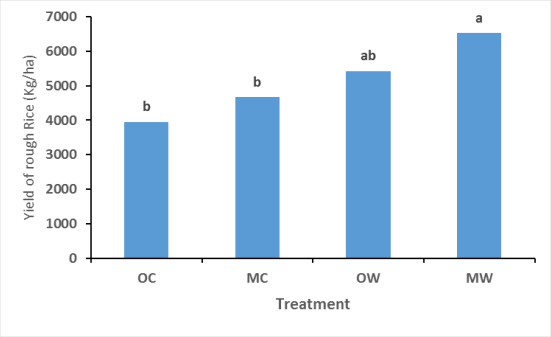

Fig.2- Comparison of the effect of water type and water correction on yield of rough rice
شکل۲- مقایسه میانگین اثر نوع آب و اصلاح آب بر عملکرد شلتوک

با توجه به شکل(۲)، بیش‌ترین مقدار عملکرد شلتوک در ترکیب تیماری پساب مغناطیس، ۶۵۲۶ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین مقدار عملکرد شلتوک در ترکیبات تیماری معمولی غیرمغناطیس و معمولی مغناطیس، به‌ترتیب ۳۹۴۷ و ۴۶۶۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که نسبت به ترکیب تیماری پساب مغناطیس به‌ترتیب حدود ۴۰ و ۲۹ درصد کاهش عملکرد نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۴) بین متوسط عملکرد شلتوک کل گیاهان برنج آبیاری شده با آب معمولی و پساب از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت به طوری که میانگین عملکرد شلتوک کل گیاهان برنج آبیاری‌شده با پساب به مقدار ۵۹۷۴ کیلوگرم بر هکتار و با تیمار آب معمولی ۴۳۰۶ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد که تیمار پساب نسبت به تیمار آب معمولی در حدود ۲۸ درصد بیش‌تر بود. با توجه به جدول (۴)، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پساب به عنوان آب آبیاری امکان کاهش برداشت از منابع آبی با کیفیت بالا برای استفاده در عملیات آبیاری را افزایش می‌دهد. Jenkins et al (1994) در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که عملکرد ذرت آبیاری شده با پساب سه برابر عملکرد ذرت آبیاری شده با آب معمولی بود. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش سایر محققین هم‌خوانی داشت. با توجه به جدول (۴)، بین متوسط عملکرد شلتوک کل گیاهان برنج آبیاری‌شده با تیمار مغناطیسی نسبت به تیمار غیرمغناطیسی افزایش داشته اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبوده است. به نظر می‌رسد که مغناطیسی کردن آب با افزایش حلالیت آب، باعث می شود تا جذب آب و املاح و موادغذایی حل شده در آب افزایش یابد. با افزایش جذب آب و املاح توسط ریشه، توانایی گیاه برای فتوسنتز و تولید ماده‌ی غذایی افزایش یافته و در نهایت عملکرد و وزن تر گیاه افزایش می‌یابد (Nashir., 2008).

با توجه به جدول (۴)، بین متوسط عملکرد بیولوژیک کل گیاهان برنج آبیاری شده با آب معمولی و پساب از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. Badiei et al., (2016) عنوان کردند که کمترین و بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک گیاه گندم به‌ترتیب در تیمارهای پساب تصفیه‌شده و فاضلاب خام مشاهده شد.

مقدار عملکرد بیولوژیک در تیمار فاضلاب خام به‌ترتیب ۴۹/۹ و ۱۰۳ درصد بیشتر از مقدار آن در تیمارهای آب سالم و پساب تصفیه‌شده و مقدار آن در تیمار آب سالم در حدود ۴۰/۶ درصد بیشتر از مقدار آن در تیمار پساب تصفیه‌شده بود. یکی از دلایل کاهش عملکرد بیولوژیک در تیمار پساب تصفیه شده را می‌توان کوتاه شدن دوره رشد رویشی و زایشی دانست (Yazar et al., 2009). با توجه به جدول (۴)، بین متوسط عملکرد بیولوژیک کل گیاهان برنج آبیاری‌شده با تیمار مغناطیسی و تیمار غیرمغناطیسی از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. Mahmoudi et al. (2016) نشان دادند که اعمال میدان مغناطیسی بر روی آب آبیاری منجر به تغییر معنی‌داری بر روی عملکرد بیولوژیکی گیاه نخود نشد که با نتایج این پژوهش هم‌سو بود.

با توجه به جدول (۴)، بین متوسط شاخص برداشت کل گیاهان برنج آبیاری شده با آب معمولی و پساب از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت به‌طوری که میانگین شاخص برداشت کل گیاهان برنج آبیاری‌شده با پساب به مقدار ۲۰/۸۳ درصد و با تیمار آب معمولی به مقدار ۱۵/۵ درصد می‌باشد که تیمار پساب نسبت به تیمار آب معمولی در حدود ۲۵ درصد بیش‌تر بود. با توجه به جدول (۴)، بین متوسط شاخص‌برداشت کل گیاهان برنج آبیاری شده با تیمار مغناطیسی و غیرمغناطیسی از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت، به‌طوری‌که میانگین شاخص برداشت کل گیاهان برنج آبیاری‌شده با تیمار مغناطیس به مقدار ۲۰ درصد و با تیمار غیرمغناطیس به مقدار ۱۶/۳۳ درصد می‌باشد که تیمار مغناطیس نسبت به تیمار غیرمغناطیس در حدود ۲۰ درصد بیش‌تر بود. Sadeghipour و Aghaei (2014) نشان دادند که آب مغناطیسی در هر دو شرایط عدم و وجود تنش خشکی باعث افزایش شاخص برداشت در گیاه ماش شد. بالاترین شاخص‌برداشت با میانگین ۷۸/۲۳ درصد مربوط به تیمار عدم تنش و آب مغناطیسی و پایین‌ترین آن با میانگین ۱۱/۳۹ درصد مربوط به تیمار تنش خشکی و آب معمولی بود.

با توجه به شکل(۳)، بیش‌ترین مقدار بهره‌وری مصرف آب در ترکیب تیماری پساب مغناطیس ۰/۳۸ کیلوگرم در مترمکعب و کم‌ترین مقدار بهره‌وری مصرف آب در ترکیب تیماری معمولی غیرمغناطیس ۰/۲۳ کیلوگرم در مترمکعب می‌باشد که نسبت به تیمار پساب مغناطیس حدود ۴۰ درصد کاهش نشان می‌دهد. با توجه

DOI: 10.22055/JISE.2020.31500.1892

به جدول (۴)، بین متوسط بهره‌وری مصرف آب کل گیاهان برنج آبیاری‌شده با آب معمولی و پساب از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت به‌طوری‌که میانگین بهره‌وری مصرف آب کل گیاهان برنج آبیاری‌شده با پساب به مقدار ۰/۳۵ کیلوگرم در مترمکعب و با تیمار آب معمولی به مقدار ۰/۲۵ کیلوگرم در مترمکعب می‌باشد که تیمار پساب نسبت به تیمار آب معمولی در حدود ۲۸ درصد بیش‌تر بود. با توجه به جدول (۴)، بین متوسط بهره‌وری مصرف آب کل گیاهان برنج آبیاری‌شده با تیمار مغناطیسی و غیرمغناطیسی از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. استفاده از آب مغناطیس‌شده برای آبیاری سبب افزایش بهره‌وری مصرف آب گیاه ذرت به میزان نه درصد در مقایسه با گیاهان آبیاری‌شده با آب معمولی شد (Khanderoyan., 2011).

با توجه به جدول (۴)، بین متوسط بهره‌وری فیزیکی آب کل گیاهان برنج آبیاری‌شده با آب معمولی و پساب از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت به‌طوری که میانگین بهره‌وری فیزیکی آب کل گیاهان برنج آبیاری‌شده با پساب به مقدار ۰/۳۳۷ کیلوگرم در مترمکعب و با تیمار آب معمولی به مقدار ۰/۲۴۳ کیلوگرم در مترمکعب می‌باشد که تیمار پساب نسبت به تیمار آب معمولی در حدود ۲۸ درصد بیش‌تر بود. با توجه به جدول (۴)، بین متوسط بهره‌وری فیزیکی آب کل گیاهان برنج آبیاری شده با تیمار مغناطیسی و غیرمغناطیسی از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. Maheshwari و Grewal (2009) در گزارش خود بیان کردند استفاده از آب مغناطیسی برای آبیاری سبب افزایش بهره‌وری مصرف آب گیاهان نخود برفی و کرفس شد که با نتایج این پژوهش مطابقت ندارد. Zwart و Bastiaanssen (2004) آب موردنیاز محصولات گندم، برنج، پنبه و ذرت کشورهای مختلف را محاسبه و گزارش کردند. براساس نتایج این پژوهش، بهره‌وری فیزیکی آب به‌طور متوسط برای محصولات مذکور برابر با ۱/۰۹، ۱/۰۹، ۰/۶۵ و ۰/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. Singh et al (2006) بهره‌وری فیزیکی آب را برای محصولات گندم، برنج و پنبه در کشور هند محاسبه کردند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است محصولات مذکور به‌ترتیب ۱/۰۴، ۰/۸۴ و ۰/۲۱کیلوگرم بر مترمکعب بهره‌وری داشته‌اند.

با توجه به جدول (۴)، بین متوسط بهره‌وری اقتصادی آب کل گیاهان برنج آبیاری‌شده با آب معمولی و پساب از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت، به‌طوری که میانگین بهره‌وری اقتصادی آب کل گیاهان برنج آبیاری‌شده با پساب به مقدار ۲۱۹۲ تومان در مترمکعب و با تیمار آب معمولی به مقدار ۱۵۷۸ تومان در مترمکعب می‌باشد که تیمار پساب نسبت به تیمار آب معمولی در حدود ۲۸ درصد بیش‌تر بود. با توجه به جدول (۴)، بین متوسط بهره‌وری اقتصادی آب کل گیاهان برنج آبیاری‌شده با تیمار مغناطیسی و غیرمغناطیسی از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. Anonymovs (2004) در یک پروژه تحقیقاتی، بهره‌وری اقتصادی آب برخی محصولات زراعی در هند را بررسی نموده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که گندم، برنج و پنبه به‌ترتیب ۵/۸، ۶/۴ و ۲۱/۵ روپیه به ازای هر کیلوگرم بهره‌وری اقتصادی داشته‌اند.

نتیجه‌گیری

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که پساب نسبت به آب معمولی بر پارامترهای عملکرد شلتوک، شاخص برداشت، بهره‌وری مصرف آب، بهره‌وری فیزیکی آب و بهره‌وری اقتصادی آب برتری داشت. هم‌چنین عکس‌العمل تیمار اصلاح آب با روش مغناطیس نمودن، بر پارامترهای مورد بررسی به جز شاخص برداشت اثر معنی‌داری نشان نداد که با نتایج تحقیق Sedaghati et al (2018) که با این روش کاهش اثرات منفی آب شور بر درختان پسته و خاک را مشاهده ننمودند، مطابقت داشت. با توجه به اثرات متقابل ترکیبات تیماری، پساب مغناطیسی بهترین ترکیب تیماری در این آزمایش شناخته شد. براساس نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پساب تصفیه‌خانه شهری گرگان برای کشت گیاه برنج به عنوان آب آبیاری، علاوه بر امکان کاهش برداشت از منابع آبی با کیفیت بالا، هزینه‌های مصرف کود در تولید محصول را نیز کاهش می‌دهد.

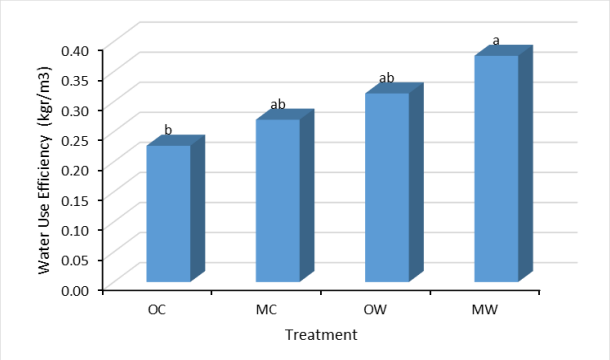

Fig.3- Comparison of the effect of water type and water correction on water use efficiency

شکل۳- مقایسه میانگین اثر نوع آب و اصلاح آب بر بهره‌وری مصرف آب

درمجموع، نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاکی از عدم تطابق با نتایج به‌دست آمده در برخی مطالعات گذشته است که می‌توان دلایل آن را به‌صورت زیر تشریح نمود: برخی از مطالب ارایه شده در خصوص اثرات مثبت استفاده از آب مغناطیسی بر رشد و عملکرد گیاهان، صرفاً تبلیغات شرکت‌های واردکننده این دستگاه‌ها و یا نتایج مشاهدات صحرایی آن‌ها بوده که فاقد تجزیه و تحلیل آماری بوده و از درجه علمی بالایی برخوردار نیستند. مطالعاتی که از درجه علمی بالایی نیز برخوردارند، اغلب روی گیاهان زراعی و یک‌ساله انجام شده و اثر آب مغناطیسی بر درصد جوانه‌زنی و یا مراحل اولیه رشد این گیاهان بررسی شده است. هم‌چنین این احتمال وجود دارد که استفاده از مدل های مختلف دستگاه‌های مغناطیسی به نتایج متفاوتی منجر گردد که در در تحقیق Ranjbar et al (2012) نیز به آن اشاره شده است. اگرچه این احتمال نیز وجود دارد که عبور آب آبیاری با ترکیبات متفاوت (درصد کاتیون و آنیون‌های مختلف) از بین دستگاه مغناطیس بتواند به نتایج متفاوتی بر روی گیاهان زراعی دیگر و یا ارقام مختلف یک گیاه زراعی بیانجامد.

تشکر و قدردانی

امکانات و تسهیلات مورد نیاز برای انجام این تحقیق توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان فراهم گردیده که در این‌جا از همکاری آنان تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید

References

1- Abdul Qados, A.M.S. and Hozayn, M., 2010. Response of growth, yield components and some chemical constituents of Flax for irrigation with magnetized and tap water. *World Applied Sciences Journal, 8*(5), pp.630-634.

2- Ahmadi, P., 2010. Impact of magnetic field on water and agricultural applications of magnetic water. In *The First International Conference on Plant, Water, Soil and Weadther Modeling, International Center for Advanced Science and Technology, Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.* (in Persian).

3- Aliverdi, A., RashedMohassel, M.H., Zand, E. and Nassiri Mahallati, M., 2009. Increased foliar activity of clodinafop propargyl and/or tribenuron methyl by surfactants and their synergistic action on wild oat (Avena ludoviciana) and wild mustard (Sinapis arvensis). *Weed Biology and Management, 9*, pp.292-299.

4- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration. *Irrigation and Drainage Paper. No. 56. FAO. United Nations, Rome, Italy.*

5- Anonymovs., 2004. Economic water productivity of irrigated crops in Sirsa district, India. *Research project No. 17. Available online at: http://www.waterwatch.nl/fileadmin/bestanden/Project/Asia/0017_IN_2003_Watpro_SirsaDistrict.pdf*

6- Asadi, R., Nassiri, M. and Mohammadian M., 2008. Optimum management of water use in rice (dehydration conditions). *Educational - Promotional Journal*. (in Persian)

7- Badiei, A., Karandish, F. and Tabatabaei, S.M., 2016. The influence of irrigation with raw and treated municipal wastewater on Wheat yield and microbial characteristics of soil and plant. *Water and Soil Science, 26*(4.2), pp.215-228. (In Persian)

8- Bondarenko, N.F. and Gak, E.Z., 1984. Electromagnetic phenomena in natural waters. *Gidrometeoizdat Publ., Leningrad, 154.*

9- Bouman, B.A.M., Lampayan, R.M. and Tuong, T.P., 2007. Water management in irrigated rice: oping with water scarcity. Los Baños (Philippines): *International Rice Research Institute*. 54 p.

10- Cabangon, R.J., Toung, T.P. and Abdullah, N.B., 2002. Comparing water input and water productivity of transplanted and direct-seeded rice production systems. *Agriculture Water Management, 57*, pp.11–31.

11- Durate Diaz, C.E., Riquence, J.A., Sotolongo, B., Portunodo, M.A., Quintana, E.O. and Perez, R., 1997. Effects of magnetic treatment of irrigation water on the tomato crop. *Horticulture.Abst*, pp.69: 494.

12- Eshraqi, F. and Ghasemian, S.D., 2012. Economic productivity of water consumption in Golestan province. *Journal of Water Research in Agriculture, 26*(3), pp.317-322. (In Persian)

13- Farshi, A., Shariati, M.R., Jarallahi, R., Ghaemi, M.R., Shahabi Far, M. And Tulaei, M., 1977. *Estimated water requirements for major agronomic plants in Iran*. *Volume 1: Crops. Agricultural Education Publishing.* (in Persian)

14- Jenkins, C.R., Papadopoulos, I. and Stylianou, Y., 1994. Pathogens and wastewater use for irrigation in Cyprus. *International Conference on Land and Water Resources Management in the Mediterranean Region, Italy*.

15- Khanderoyan, M., 2011. Effect of continuous irrigation with magnetic water on water use efficiency and corn yield. MSc Thesis. *Zanjan University*. (In Persian)

16- Kiani, A.R., 2015. Guidelines for determining water productivity in farms. *Engineering and Research Department, Golestan Agricultural Research and Training Center, Gorgan Agricultural Research, Training and Promotion Organization, Iran*. (In Persian)

17- Maheshwari, B.L. and Grewal, H.S., 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effect on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management, 96*, pp.1229-1236.

18- Mahmoudi, Gh., Ghanbari, A., Rastgoo, M., Gholi Zade, M. and Tahmasebi, I., 2016. Evaluating the magnetic field effects on growth and yield of chickpea (Cicer arietinum) under Mashhad climatic conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research, 14*(2), pp.380-391. (In Persian)

19- Nashir, S.H., 2008. The effect of magnetic water on growth of chickpea. *Journal of Engineering and Technology,26*(9), pp.16-20.

20- Nikbakht, J. and Rezaei, E., 2016. The Effect of different levels of wastewater and magnetized water on yield and water use efficiency in maize irrigation and some soil physical properties. *Iranian Journal of Soil and Water Research, 48*(1), pp.63-75. (In Persian)

21- Nikbakht, J., Khanderoyan, M. and Tavakoli, A., 2012. Magnetizing water is a new and effective way to use unconventional water in irrigation. *In The 2nd Iranian National Conference on Applied Research in Water Resources, Zanjan Regional Water Company, Zanjan, Iran.* (In Persian)

22- Pirdashty, h., 1999. Investigation of the process of remobilization of dry matter, nitrogen and determination of growth indices of rice cultivars in different dates. MS.c thesis of Agronomy. *Faculty of Plant Production Department. Tarbiat Modares University of Tehran.* (In Persian).

23- Pscode, M.B., 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. *Food and Agriculture Organization the United Nations, Rome, Italy, pp.2-125.*

24- Qin, J., Hu, F., Zhang, B., Wei, Z. and Li, H., 2006. Role of straw mulching in noncontinuously flooded rice cultivation. *Agriculture Water Management, 83*, pp.252–260.

25- Ran, C., Hongwei, Y., Jinsong, H. and Wanpeng, Z., 2009. The effects of magnetic fields on water molecular hydrogen bonds. *Journal of Molecular Structure, 938*, pp.15-19.

26- Ranjbar , Gh.H., Rousta, M.J. and Cheraghi, S.A.M., 2012. The effect of magnetic water on wheat growth indices in saline conditions. *Journal of Water Research in Agriculture*, *26*(3), pp.263-273. (In Persian)

27- Sadeghipour, O. and Aghaei, P., 2014. Effect of drought stress and magnetic water application on yield and yield components of mung bean. *Journal of Crop Research, 6*(1), pp.79-87. (In Persian)

28- Sedaghati, N., Hosseinifard, S., Nikouei Dastjerdi, M. 2018. 'The Study on Effects of Magnetic Saline Water on Soil Chemical properties and permeability, Growth and Yield of Pistachio Trees', *Journal of Water Research in Agriculture*, 31.4(4), pp. 609-623. (In Persian)

29- Singh, R., van Dam, J.C. and Feddes, R.A., 2006. Water productivity analysis of irrigated crops in Sirsa District. *Indian Agricutural Water Management, 82*, pp.253-278.

30- Valynejad, M., MostafaZadeh, B. and Mirmohammady Maibody, S.A., 2002. The effect of Shahinshahr treated wastewater on agronomic and chemical characteristics of corn under sprinkier and surface irrigation systems. *Journal of Science of Agriculture and Natural Resources, 9*(1), pp.103-115. (In Persian)

31- Xiao-feng, P. and Bo, D., 2008. The changes of macroscopic features and microscopic structures of water under influence of magnetic field. *Physica B,* 403, pp.3571-3577.

32- Yazar, A., Gokcel, F. and Sezen, M.S., 2009. Corn yield response to partial rootzone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system. *Plant Soil Environment, 55*(11), pp.494–503.

33- Yousefian, M., Arabzadeh, B., Sevdaei Mashei, S. and Mohammadi Nashli, Y., 2014. The effects of different irrigation levels on yield, quantitative and qualitative properties of two rice cultivars (Tarom and Shiroudi). *Applied field crops Research, 104*, pp.69-75. (In Persian)

34- Zwart, S.J. and Bastiaanssen, 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.