

Research Paper

Combined Effect of Tape Drip Irrigation System Looping and Magnetic Water on Hydraulic Performance of Irrigation System and Water Use Efficiency in Maize

Jaefar Nikbakht^{1*}, Amir Talei² and Alireza Vaezi³

¹Assoc. Professor, Department of Water Engineering, Agricultural Faculty, University of Zanjan, Zanjan, Iran

²M.Sc. Alumni, Department of Water Engineering, Agricultural Faculty, University of Zanjan, Zanjan, Iran

³Professor, Department of Soil Science, Agricultural Faculty, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Article information

Received: August 23, 2021

Revised: November 26, 2021

Accepted: November 30, 2021

Keywords:

Christiansen's Uniformity Coefficient
Emission Uniformity
Lateral End Connection
Magnetic Field
Maize

Abstract

In this research, the effect of forming a loop layout by connecting the lateral ends in a tape irrigation system and magnetic water on yield and water use efficiency of *maize cv. Maxima* was investigated. The research was done as split plots on completely randomized blocks in three replications. Tube wires and an AC to DC converter were used. Maize water requirement was calculated using real-time meteorological parameters data of Zanjan synoptic station and FAO-56 method. Results showed loop connection increased means of the system discharge by 13%, decreased coefficient of variation by 1.98%, and increased emission uniformity and Christiansen's Uniformity coefficient by 2.2 and 1.5%, respectively. Magnetic water increased the means of the system discharge by 4.2% and decreased the coefficient of variation by 0.98% compared with no-magnetic water. Results showed that, compared with the conventional layout of the system, looping of the irrigation system increased means of the fresh plant weight, water use efficiency based on fresh plant weight, plant dry weight, and stem diameter by 27, 27, 32, and 13% respectively. Compared with non-magnetic water irrigation, magnetic water irrigation increased means of the fresh plant weight, water use efficiency based on fresh plant weight, plant dry weight, and leaf area by 9, 9.5, 1.4, and 17% respectively.

*Corresponding author:
nikbakht.jaefar@znu.ac.ir



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



Introduction

In arid and semi-arid regions, with limited water resources, it is necessary to increase the irrigation efficiency by applying appropriate management strategies. These reduce water consumption on the agricultural farms as well as withdraw water from resources, so water

consumption is saved. These aims can be achieved by changing surface irrigation systems to pressurized irrigation systems, using magnetic water to irrigate plants, and forming the drip irrigation system lateral ends to loop layout.

By changing surface irrigation to the pressurized irrigation system, irrigation efficiency and uniformity of water distribution on the farm level increase. Crossing irrigation water through a magnetic field improves the physical and chemical properties of irrigation water. As a result, water is easily absorbed by the plants. At the loop layout, water pressure is distributed uniformly on the whole drip irrigation system, so throughout the field, irrigation water is supplied uniformly and equally to the cultivated plants. Therefore, by applying these strategies, the yield of cultivated crops increases while it uses 1 MCM of water (increasing water use efficiency). In this research the effect of forming a loop layout by connecting the lateral ends in a tape irrigation system and magnetic water on yield and water use efficiency of *maize cv. Maxima* was investigated

Materials and Methods

In this research, the effects of forming a loop layout by connecting the lateral ends in a tape drip irrigation system and using magnetic water on yield and water use efficiency of *maize cv. Maxima* were investigated. The research was done from May to October 2017 in the research farm of Zanjan University. The research was done as split plots on complete randomized blocks with four treatments and three replications. Experimental treatments included the type of irrigation water at two levels (crossed and no passing through a magnetic field) and tape drip irrigation system lateral ends layout at two levels (looping and no looping of the lateral ends). tape tubes with 16 mm diameter and 20 cm space between nuzzles were applied to supply plants' water requirements. Tube wires and an AC to DC converter were used to create a magnetic field and a looping layout was created by three-way tubes.

Daily maize water requirement was calculated using real-time meteorological parameters data of Zanjan synoptic station and FAO Penman Montieith method. Irrigation water amounts in irrigation frequencies (3 days) were obtained by aggregating daily values. To evaluate the application of treatments on plant traits and irrigation system hydraulics, at the end of the growing season, plant physiological traits and hydraulically parameters of the irrigation system were measured. The measured plant physiological traits were included plant fresh weight, water use efficiency based on fresh plant weight, plant dry weight, plant height, stem diameter, and lives area, and the measured

hydraulically parameters were system discharge (Eq. 1), coefficient of variation (Eq. 3), emission uniformity (Eq. 4) and Christiansen's Uniformity coefficient (Eq. 5).

$$q_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i \quad (1)$$

$$C_v = \left(\frac{S_q}{q_a} \right) * 100 \quad (2)$$

$$S_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_a)^2}{n - 1}} \quad (3)$$

$$E_u = 100 \left(\frac{q_{Lq}}{q_a} \right) \quad (4)$$

$$U_C = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_a|}{nq_a} \right) \quad (5)$$

where q_a : average of emitter discharge rates (l/hr), C_v : coefficient of variation (%), S_q : standard deviation of emitter discharge rates (l/hr), n : number of tested emitters, q_i : individual emitter discharge rates (l/hr), E_u : emission uniformity, q_{Lq} : average discharge rate of the lowest one-fourth of the emitter discharge rates (l/hr) and Christiansen's Uniformity coefficient. The data of plant traits and system hydraulically evaluation parameters were analyzed by SPSS Ver. 22.0 software.

Results

A comparison of the parameter means for the hydraulic evaluation of the tape-drip irrigation system at the loop layout and application of magnetic water is shown in Table 1. Results showed at the loop layout compared with the no-loop layout, the system discharge, emission uniformity, and Christiansen's Uniformity coefficient increased by 13, 2.1, and 1.6%, respectively. The coefficient of variation decreased by 1.9%. By crossing irrigation water through a magnetic field, the means of the system discharge increased by 4.2% and the coefficient of variation decreased by 0.9% compared with no-magnetic water which was significant. The increase in the emission uniformity and Christiansen's Uniformity coefficient were 0.7% and 0.6%. However, they were not significant compared to the control. A comparison of the mean of the interaction effect of treatments showed maximum and minimum

means of the system discharge were 3.38 and 2.87 l/hr at the loop layout × magnetic water and no loop × no magnetic water, respectively. At the coefficient of variation, emission uniformity and Christiansen's Uniformity coefficient, they were respectively 5.17 and 2.23% (at the no loop

layout × no magnetic water and loop layout × no magnetic water), 97.7, and 94.6% (at the loop layout × not magnetic water and no loop layout × no magnetic water) and 98.2% and 96.0% (at the loop layout × magnetic water and no loop layout × no magnetic water) as shown in Table 1.

Table 1 Comparison of the parameter means for tape irrigation system hydraulics assessment at the different lateral end connections and magnetic water

Parameter	q_a	C_v	E_u	U_c
Lateral ends connection layout				
Loop layout	3.36 ^a	2.3 ^b	97.6 ^a	98.2 ^a
No Loop layout	2.98 ^b	4.2 ^a	95.5 ^b	96.6 ^b
Irrigation water				
Magnetic water	3.23 ^a	2.8 ^b	96.9 ^a	97.7 ^a
No Magnetic water	3.10 ^b	3.7 ^a	96.2 ^a	97.1 ^a
Lateral ends connection×Irrigation water				
Loop layout×Magnetic water	3.38 ^a	2.28 ^b	97.6 ^a	98.2 ^a
Loop layout×Not Magnetic water	3.34 ^a	2.23 ^b	97.7 ^a	98.2 ^a
No Loop layout×Magnetic water	3.09 ^b	3.29 ^b	96.3 ^a	97.3 ^a
No Loop layout×Not Magnetic water	2.87 ^c	5.17 ^a	94.6 ^a	96.0 ^a

Means followed by the different letters in the same column are significantly different at a 5% level of probability

Conclusion

According to the research findings, the hydraulic parameters for evaluating the tape drip irrigation system improved by connecting lateral ends and forming a loop layout compared to the conventional layout and by using magnetic water compared to using no magnetic water. At the loop layout, water pressure was distributed uniformly throughout the drip irrigation system and by using magnetic water, chemical clogging of dripper nozzles by calcite sediments is reduced. Therefore, supplied irrigation water depth for cultivated plants will be the same throughout the field, so it can be expected that plant yield will increase.

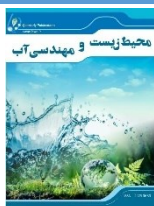
Results showed that due to the loop layout and use of the magnetic water, the means of maize yield, and component of yield increased compared to the control treatment which caused an increase in the water use efficiency.

Data Availability

The data can be sent on request by the corresponding author via nikbakht.jaefar@znu.ac.ir email.

Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.



ISSN: 2476-3683

محیط زیست و مهندسی آب

Homepage: www.jewe.ir

مقاله پژوهشی

اثر توأم حلقوی کردن سامانه آبیاری قطره‌ای-نواری و آب مغناطیسی بر عملکرد هیدرولیکی سامانه آبیاری و کارایی مصرف آب ذرت

جعفر نیکبخت^{۱*}، امیر طالعی^۲ و علیرضا واعظی^۳

^۱دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
^۲دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
^۳استاد گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ دریافت: [۱۴۰۰/۰۶/۰۱]

تاریخ بازنگری: [۱۴۰۰/۰۹/۰۵]

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۰/۰۹/۰۹]

واژه‌های کلیدی:

اتصال انتهای لاترال‌ها

ذرت

ضریب کریستیانسن

میدان مغناطیسی

یکنواختی توزیع آب

*نویسنده مسئول:

nikbakht.jaefar@znu.ac.ir

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر اتصال انتهای نوارهای آبیاری قطره‌ای-نواری و تشکیل حالت حلقوی و آب مغناطیسی بر عملکرد هیدرولیکی سامانه آبیاری و کارایی مصرف آب در ذرت رقم ماگسیما بود. پژوهش به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. برای ایجاد میدان مغناطیسی ثابت از یک عدد سیم‌لوله و مبدل برق متناوب به ثابت و برای تعیین نیاز آبی گیاه ذرت، از داده‌های به‌هنگام پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زنجان و روش فائو ۵۶ استفاده شد. نتایج ارزیابی هیدرولیکی سامانه نشان داد، اتصال حلقوی نسبت به غیرحلقوی موجب ۱۳٪ افزایش میانگین دبی سامانه خروجی‌ها، ۱/۹۸٪ کاهش ضریب تغییرات و افزایش مقادیر متوسط یکنواختی پخش آب و ضریب کریستیانسن به میزان ۲/۲ و ۱/۵٪ شد. کاربرد آب مغناطیسی باعث ۴/۲٪ افزایش میانگین دبی روزه‌های نوارها و ۰/۹۸٪ کاهش ضریب تغییرات سامانه شد. نتایج ارزیابی صفات گیاهی نشان داد میانگین وزن تر، کارایی مصرف آب در وزن تر، وزن خشک و قطر ساقه ذرت در اتصال حلقوی لاترال‌ها به ترتیب ۲۷، ۲۷، ۳۲ و ۱۳٪ افزایش داشت. آبیاری ذرت با آب مغناطیسی باعث افزایش میانگین وزن تر، کارایی مصرف آب در وزن تر، وزن خشک و سطح برگ گیاه به ترتیب ۹، ۹/۵، ۱/۴ و ۱۷٪ شد.

۱- مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، با محدودیت منابع آب قابل‌دسترس، لازم است با تغییر شیوه آبیاری از سیستم سنتی و سطحی به مدرن و تحت‌فشار، با افزایش راندمان کاربرد آب در مزرعه، ضمن افزایش تولید به ازای هر مترمکعب آب آبیاری، در مصرف آب نیز صرفه‌جویی گردد (Kiani et al. 2015). سامانه‌های آبیاری قطره‌ای یکی از سامانه‌های نوین آبیاری می‌باشد که به دلیل کنترل بیش‌تر بر توزیع آب و داشتن یکنواختی پخش بالا، می‌تواند موجب دستیابی به اهداف فوق گردد (Keller and Bliessner, 1990). پژوهش‌های زیادی در این مورد انجام‌یافته که نتایج

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، با محدودیت منابع آب قابل‌دسترس، لازم است با تغییر شیوه آبیاری از سیستم سنتی و سطحی به مدرن و تحت‌فشار، با افزایش راندمان کاربرد آب در مزرعه، ضمن افزایش تولید به ازای هر مترمکعب آب آبیاری، در مصرف آب نیز صرفه‌جویی گردد



میدان‌های G صفر، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ در آبیاری قطره‌ای سطحی به ترتیب $2/40 \text{ kg/m}^3$ ، $2/62$ و $2/88$ و در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب $2/75 \text{ kg/m}^3$ ، $3/10$ و $3/36$ در گیاه سیب‌زمینی در آبیاری قطره‌ای سطحی به ترتیب $3/85$ ، $4/04$ و $4/67 \text{ kg/m}^3$ و در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب $4/17$ ، $4/46$ و $5/16 \text{ kg/m}^3$ به دست آمد. نتایج پژوهش گلخانه‌ای Hammami and Imani (2021) بر روی چای ترش در دانشگاه بیرجند نشان داد دو بار عبور آب از میدان مغناطیسی نسبت به تیمار یک بار عبور از میدان مغناطیسی و شاهد باعث افزایش محتوی کلروفیل برگ (به ترتیب ۷ و ۱۳٪)، قطر ساقه (به ترتیب ۳- و ۱۱٪) و وزن تازه ریشه (به ترتیب ۱۶ و ۲۹٪) شد.

یکی از مسائل اصلی در سامانه‌های آبیاری تحت فشار برای افزایش یکنواختی پخش آب، طراحی دقیق و اجرای مناسب سامانه می‌باشد. در بیش‌تر مواقع، برقراری توأم این دو شرط اتفاق نمی‌افتد و سیستم قادر به ارائه تمامی پتانسیل خود نیست. بنابراین لازم است سیستم آبیاری قطره‌ای اجرا شده به‌طور متناوب با اندازه‌گیری در حین بهره‌برداری مورد ارزیابی قرار گیرد (Nikbakht and Karami 2018). در اکثر پژوهش‌هایی که سامانه آبیاری قطره‌ای مورد ارزیابی و پایش قرار می‌گیرد، فقط خود سامانه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که به پژوهش‌های Ortega et al. (2002)، Mobaraki et al. (2021) می‌توان اشاره کرد. Ortega et al. (2002) در پژوهشی در اسپانیا، نتیجه گرفتند که اکثر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای مورد آزمایش دارای یکنواختی توزیع خوب (به‌طور میانگین ۸۲٪) بودند. یافته‌های Mobaraki et al. (2021) نشان داد در سامانه‌های مورد ارزیابی یکنواختی پخش آب از ۹۸/۷۷ تا ۱۲/۹۲٪ متغیر بود. اما در این پژوهش‌ها تأثیر افزایش راندمان آبیاری و یکنواختی پخش آب بر افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب در گیاه تحت آبیاری، مورد بررسی قرار نمی‌گیرد.

در پژوهش حاضر، تأثیر اتصال انتهایی لاترال‌های آبیاری قطره‌ای-نواری و تشکیل حالت لوپ یا حلقوی در سامانه آبیاری قطره‌ای و هم‌چنین عبور دادن آب آبیاری از میدان مغناطیسی ثابت بر عملکرد و کارایی مصرف آب در ذرت مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر افزایش خصوصیات هیدرولیکی سامانه آبیاری قطره‌ای با حلقوی کردن انتهایی لاترال‌ها در پژوهش (Nikbakht and Karami 2018) نتیجه شد.

آن‌ها نشان‌دهنده، تأثیر تغییر سامانه آبیاری از سنتی به قطره‌ای بر افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب می‌باشد که از آن جمله می‌توان به پژوهش‌های Ghasemi-Sahebi et al. (2013)، Khorramian (2015) و Fang et al. (2018) اشاره کرد. براساس نتایج پژوهش Ghasemi-Sahebi et al. (2013)، مقادیر میانگین کارایی مصرف آب در تولید سیب‌زمینی در روش آبیاری قطره‌ای (تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی) $3/53 \text{ kg/m}^3$ و در روش آبیاری جویچه‌ای $1/20 \text{ kg/m}^3$ بود. نتایج بررسی اثر روش آبیاری (قطره‌ای-نواری با سه سطح تأمین آب متفاوت و جویچه‌ای) بر روی گوجه‌فرنگی توسط Khorramian (2015) نشان داد کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ نیاز آبی $8/7 \text{ kg/m}^3$ و جویچه‌ای $4/4 \text{ kg/m}^3$ بود. یافته‌های پژوهشی ۳ ساله (۲۰۱۲ تا ۲۰۱۵) Fang et al. (2018) در شمال چین نشان داد، بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی مصرف آب در سال ۲۰۱۲-۲۰۱۳ در روش‌های آبیاری قطره‌ای و بالشتی ($1/97 \text{ kg/m}^3$ و $1/95$) و کرتی ($1/65 \text{ kg/m}^3$)، در سال ۲۰۱۳-۲۰۱۴ قطره‌ای ($2/20 \text{ kg/m}^3$) و کرتی ($1/84$) و در سال ۲۰۱۴-۲۰۱۵ قطره‌ای ($1/91 \text{ kg/m}^3$) و کرتی ($1/56 \text{ kg/m}^3$) بود.

علاوه بر تغییر سامانه آبیاری از سنتی به مدرن، یکی از راه‌کارهای دیگری که در سال‌های اخیر برای افزایش کارایی مصرف آب استفاده می‌شود کاربرد آب آبیاری عبور یافته از یک میدان مغناطیسی ثابت در آبیاری گیاه می‌باشد. در اثر عبور آب از میدان مغناطیسی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب بهبود می‌یابد که موجب افزایش حلالیت عنصرهای قابل‌دسترس برای گیاه شده، در نتیجه جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه گیاه افزایش می‌یابد (Nikbakht and Rezaee 2017 and Hammami and Imani Nikbakht et al. 2014). نتایج پژوهش گلدانی (Nikbakht et al. 2014) نشان داد آبیاری گیاهان ذرت با آب مغناطیسی موجب افزایش $1/28 \text{ kg/m}^3$ (۱۰٪) در کارایی مصرف آب شد. بیش‌ترین درصد افزایش کارایی مصرف آب مغناطیسی نسبت به آب غیرمغناطیسی در سطوح متفاوت آب آبیاری در پژوهش Ghadami Firouzabadi et al. (2016) در تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی به میزان $10/21$ ٪ و در سطوح شوری آب در تیمار آب با شوری $0/7 \text{ dS/m}$ با مقدار $9/87$ ٪ به دست آوردند. براساس نتایج Abdel-Aziz et al. (2017)، مقدار کارایی مصرف آب در تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی در کاهو در شدت

۲- مواد و روش‌ها

آزمایش قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل نوع آب آبیاری در دو سطح (عبور یافته و عدم عبوری از میدان مغناطیسی) و چیدمان لوله‌های فرعی سامانه آبیاری قطره‌ای-نوری در دو سطح (چیدمان متعارف و اتصال انتهای کلیه لاترال‌های آبیاری به یکدیگر و تشکیل حلقه کامل) بود. در جدول (۱) تحلیل شیمیایی آب و در جدول (۲) خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج تحلیل شیمیایی آب چاه مورد استفاده

Table 1 Chemical analysis results of well water used

Bicarbonate (mg/l)	Carbonate (mg/l)	Chlorine (mg/l)	Magnesium (mg/l)	Calcium (mg/l)	Potassium (mg/l)	Sodium (mg/l)	EC (dS/m)	pH
195.2	0.0	582.2	103.7	258.45	0.0	50.0	2.35	6.5

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 2 Physical and chemical properties of field soil

pH	EC (dS/m)	Bulk density (g/cm ³)	Particle density (g/cm ³)	Calcium Carbonate (mg/g)	Soil Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
7.42	1.49	1.18	2.64	132.5	Clay Loam	25	38	37

۲۰ cm در کنار هر ردیف کشت قرار داده شد. به منظور ایجاد شرایط حلقوی در کرت‌های تیمار مربوطه، از سهراهی و اتصالات لازم استفاده گردید. با کمک یک عدد سیم‌لوله و تبدیل‌کننده برق متناوب به ثابت، میدان مغناطیسی ثابت ایجاد گردید. شکل (۱) به صورت شماتیک چیدمان کل کرت‌ها و سامانه آبیاری و همچنین محل استقرار دستگاه مغناطیسی را نشان می‌دهد.

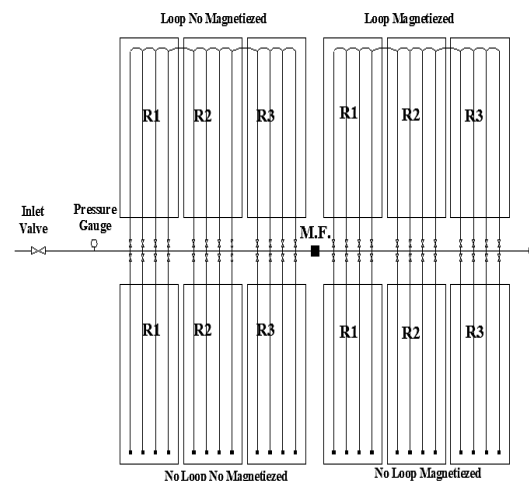
جهت تعیین نیاز آب آبیاری گیاهان ذرت در هر دور آبیاری از داده‌های به‌هنگام پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زنجان و روش فائو ۵۶ (رابطه‌های ۱ و ۲) استفاده شد (Allen et al. 1998). نیاز آبی به صورت روزانه محاسبه شده و با تجمیع آن برای دور آبیاری (۳ d)، نیاز آبیاری گیاهان تعیین می‌شد.

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (1)$$

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{(T+273)} u_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1+0.34u_2)} \quad (2)$$

که، ET_0 تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (mm/day)، K_c ضریب گیاهی و ET_c تبخیر-تعرق گیاه ذرت (mm.day)، R_n تابش خالص ورودی به سطح گیاه (MJ/m²/day)، G شار گرمای خاک (MJ/m²/day)، T میانگین روزانه دمای هوا در ارتفاع ۲ m (°C)، u_2 میانگین روزانه سرعت باد در

این پژوهش از خرداد تا مهرماه ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان با طول جغرافیایی ۲۴° ۴۸' شرقی و عرض (۴۱° ۳۶' شمالی و ارتفاع ۱۵۷۰ m از سطح دریا بر روی گیاه ذرت رقم ماکسیما (Zea mays cv. Maxima) انجام گرفت. پژوهش به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار در سه تکرار مورد



شکل ۱- چیدمان کل کرت‌ها و سامانه آبیاری و محل استقرار دستگاه مغناطیسی

Fig. 1 Plots and irrigation system layout and installation location of magnetic dev

قبل از شروع آزمایش، زمین موردنظر با ادوات خاک‌ورزی شخم زده شده سپس تسطیح گردید. در نهایت زمین اختصاصی برای آزمایش به کرت‌هایی با عرض ۲/۵ m و طول ۱۵ m تقسیم شد. بین کرت‌ها در هر تکرار یک متر و بین تکرارها ۲/۰ m فاصله در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن ۴ ردیف کشت با فاصله ۵۰ cm از یکدیگر در هر کرت، بذره‌های ذرت با فاصله ۲۰ cm از یکدیگر بر روی ردیف، در عمق ۳ Cm الی ۵ کشت گردید. برای تأمین نیاز آبی گیاهان، یک نوار آبیاری با قطر ۱۶ mm و فاصله روزنه‌های

$$C_v = \left(\frac{S_q}{q_a} \right) * 100 \quad (۵)$$

$$S_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_a)^2}{n-1}} \quad (۶)$$

$$E_u = 100 \left(\frac{q_{Lq}}{q_a} \right) \quad (۷)$$

$$U_C = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_a|}{nq_a} \right) \quad (۸)$$

که، q_a : میانگین آبدهی قطره‌چکان‌ها (l/hr)؛ C_v : ضریب تغییرات (٪)؛ S_q : انحراف معیار دبی قطره‌چکان‌ها (l/hr)؛ n : تعداد قطره‌چکان‌های مورد آزمایش؛ q_i : آبدهی هر قطره‌چکان (l/hr)؛ E_u : یکنواختی خروج آب (٪)؛ q_{Lq} : میانگین یک‌چهارم کمترین دبی قطره‌چکان‌ها (l/hr)؛ q_a : متوسط دبی قطره‌چکان‌های مورد آزمایش (l/hr)؛ U_C : ضریب یکنواختی کریستیانسن (٪)؛ q_i : دبی قطره‌چکان‌های مورد آزمایش (l/hr)؛ q_a : متوسط دبی قطره‌چکان‌های مورد آزمایش (l/hr) و n تعداد قطره‌چکان‌ها می‌باشد (Nikbakht and Karami 2018). هر چه ضریب تغییرات زیادتر باشد مقدار اشتباه زیادتر خواهد بود. بنابراین دقت آزمایش کاهش می‌یابد. درنهایت پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با کمک نرم‌افزار SPSS 22.0 صورت پذیرفت. برای انجام محاسبات و رسم نمودارهای لازم از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

۳- یافته‌ها و بحث

جدول (۳) نتایج تحلیل واریانس پارامترهای ارزیابی هیدرولیکی سامانه آبیاری قطره‌ای-نوراری در شرایط اعمال تیمارهای پژوهش حاضر را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۳)، اتصال حلقوی و غیرحلقوی بر تمامی پارامترهای ارزیابی هیدرولیکی و عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی و اثر متقابل تیمارها بر مقادیر q_a و C_v اثر معنی‌دار داشت.

بخار واقعی (KPa)، $e - e$ کمبود فشار بخار اشباع (KPa)، Δ شیب منحنی فشار بخار (KPa/°C) و γ ضریب ثابت سایکرومتری (KPa/°C) می‌باشد (Allen et al. 1998).

با توجه به این که ذرت کاشته شده در این پژوهش علوفه‌ای و سیلویی بود، بنابراین زمانی که دانه‌های ذرت در اوایل مرحله خمیری بود، با حذف گیاهان حاشیه، ۱۰ بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی از محل طوقه قطع‌شده، سپس ارتفاع بوته‌ها تا نوک گل‌نر با کمک متر، قطر ساقه بوته در محل طوقه با کمک کولیس دیجیتالی، سطح کل برگ‌ها به روش اسکن، وزن‌تر و وزن خشک کل گیاه (پس از خشک شدن بوته‌ها به مدت ۴۸ hr در آون الکتریکی با دمای ۷۵ °C) با کمک ترازوی دقیق اندازه‌گیری و ثبت گردید. همچنین مقدار بهره‌وری مصرف آب از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$\text{بهره‌وری مصرف آب} = \frac{M.W.}{W.U.} \quad (۳)$$

که، $M.W.$ وزن ماده تولیدشده (Kg) و $W.U.$ مقدار آب مصرفی برای تولید ۱ Kg ماده تولیدشده (m^3) می‌باشد (Nikbakht et al. 2014).

پس از اندازه‌گیری پارامترهای گیاه، جهت تعیین تأثیر تیمارهای آزمایش (اتصال حلقوی و میدان مغناطیسی) بر پارامترهای هیدرولیکی سامانه آبیاری، دبی روزنه‌های نوارهای آبیاری تعیین گردید. به این منظور ابتدا فشار ورودی سامانه بر روی ۱/۰ bar تنظیم شد. سپس با در نظر گرفتن تعداد کل روزنه‌های موجود در هر ردیف کشت (۷۵ عدد) و در نظر گرفتن هر ۱۵ روزنه به‌عنوان یک واحد آزمایش، حجم آب خروجی از روزنه‌های ابتدایی، یک‌سوم، دوسوم و انتهای نوارها، از طریق بشر ۱۰۰ mm مدرج در مدت‌زمان ۲۰ sec اندازه‌گیری شده، درنهایت دبی روزنه‌ها محاسبه گردید (Nikbakht and Karami 2018). پس از به دست آوردن دبی روزنه‌ها، پارامترهای ارزیابی هیدرولیکی سامانه آبیاری شامل دبی متوسط، ضریب تغییرات، یکنواختی پخش آب و ضریب یکنواختی کریستیانسن با کمک روابط (۴) تا (۸) محاسبه شد (Nikbakht and Karami 2018).

$$q_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i \quad (۴)$$



جدول ۳- تحلیل واریانس پارامترهای هیدرولیکی ارزیابی سامانه آبیاری قطره‌ای-نواری

Table 3 Analysis of hydraulics parameters variance for tape irrigation system assessment

Source of variances	Degree of freedom	q _a	C _v	E _u	U _c
Replications	2	0.004 ^{ns}	1.656 ^{ns}	1.293 ^{ns}	1.277 ^{ns}
Connection of lateral ends	1	0.844***	23.443***	28.471***	13.787***
Magnetic field	1	0.101***	5.023*	3.345 ^{ns}	1.832 ^{ns}
Connection×Magnetic field	1	0.047*	5.587*	4.735 ^{ns}	3.032 ^{ns}
Error	6	0.011	1.144	1.546	0.909
Coefficient of variations	-	3.31	33.004	1.287	0.977

ns: غیرمعنی‌دار؛ **،***: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱، ۱ و ۵٪

ns: not significant; *, ** and ***: significant at 0.1, 1 and 5% respectively

جدول (۵) نتایج مقایسه میانگین‌های مقادیر پارامترهای ارزیابی هیدرولیکی سامانه آبیاری قطره‌ای-نواری در دو حالت عبور یافته و عدم عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۵)، میانگین مقادیر دبی سامانه آب مغناطیسی ۰/۱۳ l/hr (۰/۴۲٪) نسبت به سامانه غیرمغناطیسی بیشتر شد که این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های پارامترهای ارزیابی هیدرولیکی سامانه آبیاری قطره‌ای-نواری در شرایط عبور یا عدم عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی

Table 5 Comparison of the parameter means for tape irrigation system hydraulics assessment at the irrigation water magnetized or no magnetized

Irrigation water	q _a	C _v	E _u	U _c
Magnetized	3.23 ^a	2.8 ^b	96.9 ^a	97.7 ^a
No Magnetized	3.10 ^b	3.7 ^a	96.2 ^a	97.1 ^a

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد. Means followed by the different letter in the same column are significantly difference at 5% level of probability

یکی از مشکلات سامانه‌های آبیاری قطره‌ای گرفتگی شیمیایی روزه‌های خروجی قطره‌چکان‌ها می‌باشد (Ashrafi et al. 2014) به‌طوری‌که بیش از ۹۰٪ گرفتگی‌های شیمیایی در سامانه‌های آبیاری معمولاً از دو عامل کلسیم کربنات و آهن نشأت می‌گیرد. در این میان نقش کربنات کلسیم بسیار بارز است (Saeed et al. 2015). رسوبات تشکیل‌شده توسط کربنات کلسیم دارای ۳ ساختار کلسیت^۱، آراگونیت^۲ و واتریت^۳ می‌باشد. کلسیت بسیار فعال و چسبنده بوده و عامل اصلی ایجاد رسوبات سخت در مجاری عبور آب می‌باشد. آراگونیت متخلخل و سوزنی شکل بوده و قدرت چسبندگی کمی دارد و رسوبات ایجاد شده با این ساختار به‌راحتی زدوده می‌شود. واتریت دارای بلورهای کروی بوده

¹Calcite

²Aragonite

³Vaterite

نتایج مقایسه میانگین‌های مقادیر پارامترهای ارزیابی هیدرولیکی سامانه آبیاری قطره‌ای-نواری در شرایط متفاوت اتصال انتهایی لاترال‌ها (حلقوی و غیرحلقوی) با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ در جدول (۴) آورده شده است. با توجه به جدول (۴)، با ایجاد شرایط حلقوی در کل زیرسامانه آبیاری، میانگین دبی سامانه ۰/۳۸ l/hr (۰/۱۳٪) و ضریب تغییرات ۱/۹٪ نسبت به سامانه با شرایط اتصال غیرحلقوی بیش‌تر گردید که این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود. با اتصال حلقوی نوارهای آبیاری، یکنواختی پخش آب ۲/۱٪ و ضریب یکنواختی کریستیانسن ۱/۶٪ بیش‌تر از اتصال غیرحلقوی گردید (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین پارامترهای ارزیابی هیدرولیکی سامانه آبیاری قطره‌ای-نواری در شرایط متفاوت اتصال انتهایی لاترال‌ها
Table 4 Comparison of the parameter means for tape irrigation system hydraulics assessment at the different lateral end connections

Connection	q _a	C _v	E _u	U _c
Loop	3.36 ^a	2.3 ^b	97.6 ^a	98.2 ^a
No Loop	2.98 ^b	4.2 ^a	95.5 ^b	96.6 ^b

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد. Means followed by the different letter in the same column are significantly difference at 5% level of probability

ارتقاء پارامترهای ارزیابی هیدرولیکی سامانه آبیاری قطره‌ای-نواری در شرایط اتصال انتهایی لاترال‌ها می‌تواند به علت توزیع یکنواخت‌تر فشار در شرایط اتصال حلقوی در کل زیرواحد آبیاری نسبت به شرایط اتصال غیرحلقوی باشد که این مسئله باعث یکنواختی دبی خروجی کلیه روزه‌های نوارهای آبیاری زیرواحد می‌شود (Nikbakht and Karami 2018). نتایج این بخش از پژوهش با یافته‌های Nikbakht and Karami (2018) هم‌خوانی داشت. ایشان نتیجه گرفتند اتصال حلقوی انتهایی لاترال‌ها نسبت به چیدمان غیرحلقوی موجب ارتقاء ضریب تغییرات ۴/۲٪، یکنواختی پخش ۵٪ و ضریب یکنواختی کریستیانسن ۴٪ شد.



مغناطیسی و حلقوی-غیرمغناطیسی با $3/34$ و $3/38$ l/hr و نسبت به دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌دار داشت و نسبت به تیمار غیرحلقوی-غیرمغناطیسی یا شاهد به ترتیب $0/51$ l/hr و $0/47$ (به ترتیب ۱۸ و ۱۶٪) بیش‌تر شد. با توجه به نتایج تیمار غیرحلقوی-مغناطیسی با میانگین دبی $3/09$ l/hr با تیمار شاهد $0/22$ l/hr (۸٪) اختلاف معنی‌دار داشت. با توجه به نتایج جدول (۶)، از مقادیر متوسط دبی کل سامانه آبیاری چنین استنتاج می‌گردد که حلقوی کردن انتهای لاترال‌های سامانه آبیاری قطره‌ای-نواری به دلیل توزیع یکنواخت فشار در کل سامانه، تأثیر بیش‌تری بر عدم گرفتگی روزنه‌های نوارهای آبیاری نسبت به عبور آب از میدان مغناطیسی داشت. در حالت اتصال معمول انتهای نوارها به یکدیگر، تأثیر میدان مغناطیسی بر کاهش گرفتگی روزنه‌ها بیش‌تر بود. همان‌طور که بیان شد بیش‌ترین کاهش دبی متوسط کل سامانه در تیمار شاهد بود. بنابراین بیش‌ترین مقدار ضریب تغییرات نیز در این تیمار حاصل شد (۱۷٪/۵). اما این ضریب در تیمارهای دیگر از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند. با توجه به مقادیر متوسط پارامترهای E_u و U_c ، در عین‌حالی که اختلاف بین مقادیر این پارامترها در کلیه تیمارهای آزمایش آماری معنی‌دار نبود اما مشاهده می‌شود که در کلیه پارامترهای فوق، بیش‌ترین مقدار متوسط مربوط به تیمارهای حلقوی مغناطیسی و غیرمغناطیسی و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار شاهد بود.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های پارامترهای ارزیابی هیدرولیکی سامانه آبیاری قطره‌ای-نواری در شرایط اثر متقابل اتصال و عبور آب از میدان مغناطیسی

Table 6. Comparison of the parameter means for tape irrigation system hydraulics assessment at the interaction effects of lateral end connections and irrigation water magnetized

Treatment	q_a	C_v	E_u	U_c
Loop×Magnetized	3.38 ^a	2.28 ^b	97.6 ^a	98.2 ^a
Loop×Not Magnetized	3.34 ^a	2.23 ^b	97.7 ^a	98.2 ^a
No Loop×Magnetized	3.09 ^b	3.29 ^b	96.3 ^a	97.3 ^a
No Loop×Not Magnetized	2.87 ^c	5.17 ^a	94.6 ^a	96.0 ^a

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

Means followed by the different letters in the same column are significantly different at 5% level of probability

هم‌چنین تأثیر عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی بر وزن‌تر، کارایی مصرف آب در وزن‌تر، وزن خشک و سطح برگ معنی‌دار بود اما اثر این تیمار بر مقادیر ارتفاع گیاه و قطر ساقه در هیچ سطح آماری معنی‌دار نبود. صفات اندازه‌گیری شده در هیچ سطح آماری تحت تأثیر متقابل تیمارهای پژوهش قرار نگرفت (جدول ۷).

که نسبت به دو شکل دیگر رسوبات کربنات کلسیم، دارای پایداری بالاتری می‌باشد و بندرت یافت می‌شود (Nikbakht et al. 2011). با توجه به نتایج پژوهش‌های صورت گرفته، عبور آب از میدان مغناطیسی ساختار رسوبات کربنات کلسیم را از حالت کلسیت به آراگونیت تغییر می‌دهد. بنابراین از این روش برای ممانعت از گرفتگی مجاری عبور آب در اثر رسوب کربنات کلسیم استفاده می‌شود (Nikbakht et al. 2011 and Ashrafi et al. 2014).

با توجه به مطلب فوق و نیز اختلاف معنی‌دار بین دبی کل سامانه آبیاری مغناطیسی و غیرمغناطیسی به دلیل کاهش گرفتگی روزنه‌ها با رسوبات کربنات کلسیم، مقدار ضریب تغییرات سامانه آبیاری مغناطیسی ۰/۹٪ کم‌تر از سامانه مغناطیسی شد (اختلاف معنی‌دار). هم‌چنین با وجود عدم معنی‌دار شدن آماری اختلاف مقادیر میانگین پارامترهای E_u و U_c در دو سامانه آبیاری مغناطیسی و غیرمغناطیسی ولی در جدول (۵) مشاهده می‌شود که مقادیر این دو پارامتر به میزان ۰/۷ و ۰/۶٪ در سامانه مغناطیسی بیش‌تر از سامانه غیرمغناطیسی بود. (Shaker et al. (2014 در پژوهش خود نتیجه گرفتند که عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی باعث ارتقاء خصوصیات هیدرولیکی سامانه آبیاری شد.

اثر توأمان اتصال حلقوی و میدان مغناطیسی باعث ایجاد سه سطح متفاوت آماری بین مقدار متوسط دبی روزنه‌های نوارهای آبیاری (q_a) شد (جدول ۶) به طوری که میانگین دبی کل سامانه آبیاری قطره‌ای-نواری در دو تیمار حلقوی-

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در گیاه ذرت رقم ماکسیمیا تحت تأثیر تیمارهای مورد آزمایش در جدول (۷) نشان داده شده است. با توجه به جدول، تأثیر اتصال انتهای لاترال‌ها بر وزن‌تر، کارایی مصرف آب در وزن‌تر، وزن خشک و قطر ساقه معنی‌دار شد اما تأثیر این تیمار بر مقادیر ارتفاع گیاه و سطح برگ در هیچ سطح آماری معنی‌دار نشد.

با توجه به نتایج جدول (۸)، اتصال انتهایی لاترال‌های سامانه آبیاری قطره‌ای-نواری به یکدیگر باعث افزایش معنی‌دار میانگین وزن‌تر، کارایی مصرف آب در وزن‌تر، وزن خشک و قطر ساقه به مقدار $۲۳/۳$ T/ha، $۴/۵$ kg/m، $۶/۳$ T/ha و ۳ mm به ترتیب نسبت به اتصال معمول لاترال‌ها به مانیفولد

به ترتیب ۲۷ ، ۲۷ ، ۳۲ و ۱۳ ٪ شد. در صفات ارتفاع گیاه و سطح برگ با وجود غیرمعنی‌دار بودن اختلاف‌های میانگین بین دو تیمار، اما نتایج نشان داد که در اتصال حلقوی به-ترتیب به مقدار $۳/۸$ cm و $۴۱۸/۲$ cm² این صفات نسبت به اتصال غیرحلقوی به ترتیب $۱/۵$ و ۸ ٪ بیش‌تر بود.

جدول ۷- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در گیاه ذرت رقم ماکسیم.

Table 7 Analysis of measured trait variances in *maize cv. Maxima*

Source of Variances	Df	Fresh plant weight	WUE _{fresh}	Dry weight	Plant height	Stem diameter	Leaf Area
Replication	2	68.25 ^{ns}	3.08 ^{ns}	9.08 ^{ns}	190.75 ^{ns}	2.25 ^{ns}	376642.60 ^{ns}
Connection	1	1633.33 ^{***}	60.75 ^{***}	126.75 ^{***}	44.08 ^{ns}	30.08 ^{***}	525008.33 ^{ns}
Magnetized Water	1	225.33 [*]	10.08 [*]	10.08 [*]	30.08 ^{ns}	0.08 ^{ns}	1822081.33 [*]
Connection × Magnetized Water	1	0.33 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.08 ^{ns}	18.75 ^{ns}	0.75 ^{ns}	75208.33 ^{ns}
Error	6	17.92	0.97	1.97	328.31	1.81	191360.25
Coefficient Of Variations	-	4.30	5.20	6.17	7.64	5.44	8.86

ns: غیرمعنی‌دار؛ **، * و * *: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و ۱٪.

ns: not significant; *, ** and ***: significant at 0.1, 1.0, and 5.0% respectively.

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده در گیاه ذرت رقم ماکسیم در شرایط متفاوت اتصال انتهایی لاترال‌ها

Table 8 Comparison of the measured trait means in *maize cv. Maxima* at the different lateral end connections

Treatment	Fresh Plant Weight (Tone/ha)	WUE _{fresh} (ن/م ³)	Dry Weight (Tone/ha)	Plant Height (cm)	Stem Diameter (mm)	Leaf Area (cm ²)
Loop	110.1 ^a	21.2 ^a	25.9 ^a	239.1 ^a	26.2 ^a	5160.7 ^a
No Loop	86.9 ^b	16.7 ^b	19.6 ^b	235.4 ^a	23.2 ^b	4742.5 ^a

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

Means followed by the different letters in the same column are significantly different at a 5% level of probability

گیاه کاهش‌یافته و تأمین کربن دی‌اکسید لازم گیاه کاهش می‌یابد. تحت این شرایط نیز از میزان فتوسنتز گیاه کاسته می‌شود. از طرفی تنش آبی، پتانسیل اسمزی سلول را کاهش می‌دهد که به دنبال آن از فعالیت‌های پروتوپلاسمی کاسته می‌شود که این امر نیز به نوبه خود فتوسنتز را کاهش می‌دهد. فتوسنتز فاکتور تعیین‌کننده رشد و عملکرد گیاه است. در صورتی که گیاه در طی مرحله رشد رویشی و زایشی با تنش آبی مواجه گردد میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد. با کاهش فتوسنتز، وزن تر یا عملکرد و تجمع ماده خشک یا عملکرد خشک در گیاه کاهش می‌یابد (Nikbakht et al. 2014).

در پژوهش‌هایی که در آن‌ها با تغییر روش آبیاری، یکنواختی پخش آب افزایش یافت، عملکرد و کارایی مصرف آب نیز افزایش یافت که به‌طور نمونه می‌توان به پژوهش‌های انجام‌یافته توسط Baghani et al. (2012) بر روی چهار رقم پیاز با سه روش آبیاری قطره‌ای، آبیاری شیاری و کرتی، Karimi Goghari et al. (2015) بر روی پنبه با دو روش

در این آزمایش میزان آب آبیاری داده شده به کلیه تیمارها، یکسان و تیمار کم آبیاری یا تنش آبی وجود نداشت. بر این اساس کاهش صفات فیزیولوژیکی گیاه در تیمار اتصال غیرحلقوی نسبت به تیمار اتصال حلقوی می‌تواند به دلیل توزیع غیریکنواخت آب در سطح مزرعه و ایجاد تنش آبی در برخی از گیاهان باشد. این فرضیه براساس نتایج ارزیابی هیدرولیکی سامانه آبیاری قطره‌ای نیز قابل تأیید می‌باشد. هرگاه گیاه با هر نوع تنشی روبرو شود پاسخ‌های فنوتیپی در گیاه جهت کاهش خسارت وارده، شکل می‌گیرد. پاسخ فیزیولوژیک گیاه در مواقع بروز تنش خشکی جهت حفظ میزان آب در داخل اندام‌ها، کاهش سطح برگ می‌باشد تا از این طریق، میزان تعرق خود را کاهش دهد. دلیل کاهش سطح برگ را می‌توان مواردی مانند کاهش آماس سلولی و پتانسیل فشاری در برگ دانست. با کاهش سطح برگ، درصد تابش خورشیدی جذب شده به وسیله گیاه کاهش یافته که موجب کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. همچنین با بسته شدن روزنه‌های برگ در زمان بروز تنش، تبادلات گازی

وزن تر ۸/۵ Tone/ha، کارایی مصرف آب در وزن تر kg/m³ ۱/۶، وزن خشک ۱/۸ Tone/ha و سطح برگ ۷۷۹ cm² به ترتیب ۹، ۹، ۱/۴ و ۱۷٪ نسبت به آب غیرمغناطیسی افزایش معنی دار داشت. در تیمار آب مغناطیسی میزان افزایش ارتفاع گیاه و قطر ساقه به ترتیب ۳/۳ cm و ۰/۲ mm (۱/۴ و ۱٪) به ترتیب) بود که از نظر آماری غیرمعنی دار بود.

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده در گیاه ذرت رقم ماکسیما در شرایط عبور یا عدم عبور از میدان مغناطیسی
Table 9 Comparison of the measured trait means in *maize cv. Maxima* at the irrigation water magnetized or not magnetized

Irrigation water	Fresh plant weight (Tone/ha)	WUE _{fresh} (Kg/m ³)	Dry weight (Tone/ha)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf Area (cm ²)
Magnetized	102.7 ^a	19.8 ^a	23.7 ^a	238.9 ^a	24.6 ^a	5341.1 ^a
No magnetized	94.3 ^b	18.2 ^b	21.8 ^b	235.5 ^a	24.8 ^a	4562.1 ^b

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

Means followed by the different letters in the same column are significantly different at 5% level of probability

اتصال معمولی، سامانه مغناطیسی نسبت سامانه غیرمغناطیسی و همچنین اثرات متقابل این دو تیمار بود.

۲- در اثر اتصال انتهای لاترال‌ها به یکدیگر وزن تر، کارایی مصرف آب براساس وزن تر، وزن خشک و قطر ساقه گیاه نسبت به اتصال معمول لاترال‌ها اختلاف معنی دار داشت. ارتفاع گیاه و سطح برگ با وجود غیرمعنی دار بودن اما مقدار این صفات در تیمار حلقوی بیش تر از غیرحلقوی بود.

۳- عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی موجب افزایش معنی دار وزن تر، کارایی مصرف آب در وزن تر، وزن خشک و سطح برگ گیاه نسبت به آب غیرمغناطیسی گردید.

۴- با وجود غیرمعنی دار بودن اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر صفات گیاهی اندازه‌گیری شده، ولی مقدار این صفات در هر یک از تیمارهای اتصال انتهای لاترال‌ها، برای آب مغناطیسی بیش تر از آب غیرمغناطیسی بود. در تیمار آب مغناطیسی و غیرمغناطیسی، مقدار صفات برای تیمار حلقوی بیش تر از تیمار غیرحلقوی بود.

دسترسی به داده‌ها

داده‌ها حسب درخواست، از طرف نویسنده مسئول از طریق ایمیل قابل ارسال است.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

آبیاری شیاری و قطره‌ای و Mubarak et al. (2018) در سوریه بر روی دو رقم سیبزمینی با سه روش آبیاری قطره‌ای، آبیاری بارانی و آبیاری جوی-پشته‌ای اشاره کرد. نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در گیاه ذرت تحت تأثیر آب مغناطیسی و غیرمغناطیسی در جدول (۹) آورده شده است. بر اساس مقادیر میانگین صفات گیاهی، عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی باعث شد میانگین

افزایش میانگین صفات فیزیولوژیکی گیاه در تیمار آب مغناطیسی را می‌توان اول به تأثیر مثبت عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی بر افزایش جذب آب و عناصر غذایی از خاک توسط گیاه (Nikbakht and Rezaee 2017) و دوم به کاهش ضریب تغییرات سامانه آبیاری و افزایش میانگین دبی و تمام پارامترهای یکنواختی توزیع آب در سامانه مغناطیسی نسبت به سامانه غیرمغناطیسی، براساس نتایج ارزیابی هیدرولیکی سامانه‌ها، مربوط دانست.

اکثر پژوهش‌گرانی که در آزمایش خود از تیمار آب مغناطیسی استفاده کرده‌اند افزایش صفات فیزیولوژیک گیاه تیمار شده با آب مغناطیسی را نسبت به آب معمولی نتیجه گرفته‌اند. از آن جمله می‌توان به پژوهش‌های Ghadami Abdel-Aziz et al. (2016)، Firouzabadi et al. (2016) و Hammami and Imani (2021) اشاره داشت.

۴- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر اثر توأمان اتصال انتهای لاترال‌ها آبیاری-نواری به یکدیگر و عبور آب آبیاری از میدان مغناطیسی بر پارامترهای هیدرولیکی سامانه آبیاری و همچنین صفات گیاهی ذرت رقم ماکسیما مورد پژوهش قرار گرفت.

۱- نتایج ارزیابی هیدرولیکی سامانه آبیاری اثبات‌کننده تأثیر مثبت و معنی دار پارامترهای هیدرولیکی محاسبه شده در اتصال حلقوی انتهای لاترال‌های سامانه آبیاری نسبت به

References

- Abdel-Aziz, A., Arafa, Y. A. and Sadik, A. (2017). Maximizing water use efficiency for some plants by treated magnetic water technique under East Owinat Conditions. *Egypt. J. Soil Sci.*, 57(3), 353-369.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrig. Drain. paper, NO. 56. Rome, Italy.
- Ashrafi, S. F., Naseri, A. and Behzad, M. (2014). Investigation the effect of magnetic water on the soil saturated hydraulic conductivity. *J. Irrig. Sci. Eng.*, 36(4), 19-28 [In Persian].
- Baghani, J., Rastegar, J., Zarea, S. and Sadrghani, S. H. (2012). Effects of irrigation systems on quantity and water use efficiency of onion cultivars. *Iran. J. Irrig. Drain.*, 6(1), 1-10 [In Persian].
- Fang, Q., Zhang, X., Shao, L., Chen, S. and Sun, H. (2018). Assessing the performance of different irrigation systems on winter wheat under limited water supply. *Agric. Water Manag.*, 196, 133-143.
- Ghadami Firouzabadi, A., Khoshravesh, M., Shirazi, P. and Zarea Abianeh, H. (2016). Effect of Irrigation with Magnetized Water on the Yield and Biomass of Soybean var. DPX under Water Deficit and Salinity Stress. *J. Water Res. Agri.*, 30(1), 131-142 [In Persian].
- Ghasemi-Sahebi, F., Ejlali, F., Ramezani, M. and Pourkhiz, I. (2013). Comparison of tape drip irrigation and furrow irrigation systems on base of water use efficiency and yield of potato in west of Iran. *Int. J. Bio.*, 5(1), 52-62.
- Hammami, H. and Imani, N. (2021). Effects of magnetic irrigation water treatment on growth and yield characteristics of Hibiscus sabdariffa L. under water deficit stress. *Iran. J. Med. Aromat. Plant.*, 37(2), 214-228 [In Persian].
- Karimi Goghari, S., Asadi, R. and Saii, M. (2015). Technical and economical evaluation of drip and furrow irrigation methods in cotton under deficit irrigation. *J. Water Res. Agri.*, 28(1), 73-83 [In Persian].
- Keller, J. and Bliessner, R.D. (1990). *Sprinkle and Trickle Irrigation*. Avi Book, Co. Ltd, New York, USA.
- Khorravian, M. (2015). Effect of tape irrigation levels on yield and quality of tomato in north of Khouzestan Province. *J. Irrig. Sci. Eng.*, 38(2), 161-170 [In Persian].
- Kiani, A., Hezarjaribi, A., Dehghan, T. and Khoshravesh, M. (2015). An investigation of emitters clogging under magnetic field and water quality. *J. Water Soil*, 29(1), 48-58 [In Persian].
- Mobaraki, M., Afrasiab, P. and Piri, H. (2021). Technical evaluation of drip irrigation systems implemented in Bushehr Dashtestan City. *Iran. Water Res. J.*, 14(39), 163-177 [In Persian].
- Mubarak, I., Janat, M. and Makhlouf, M. (2018). Response of two potato varieties to irrigation methods in the dry Mediterranean area. *Agri. (Pol'nohospodárstvo)*, 64(2), 57-64.
- Nikbakht, J. and Karami, S. (2018). Hydraulic evaluation of loop and pair connection of the lateral ends in drip irrigation system. *Iran. J. Irrig. Drain.*, 12(2), 387-396 [In Persian].
- Nikbakht, J. and Rezaee, E. (2017). Effect of different levels of magnetized wastewater on yield and water use efficiency in maize and some of soil physical properties. *Iran. J. Soil Water Res.*, 48(1), 63-75 [In Persian].
- Nikbakht, J., Khandeh Rouyan, M., Tavakoli, A. and Tahheri, M. (2014). The effect of magnetic water deficit on yield and water use efficiency of corn. *J. Water Res. Agri.*, 24(4), 551-563 [In Persian].
- Nikbakht, J., Khandeh-Rouyan, M. and Tavakkoli, A. (2011). Water magnetizing, an effective and new technology for applying of uncommon water in irrigation. In: *Proceedings of the 2nd Iranian national conference on applied research in ware resources*, Zanjan, Iran [In Persian].
- Ortega, J. F., Tarjuelo, J. M. and Juan, J. A. (2002). Evaluation of irrigation performance in localized irrigation systems of semiarid regions (Castilla-La Mancha, Spain). *Agri. Eng. Intern. The Cigr J. Sci. Res. Devel.*, 4, 1-17.
- Saeed, F., Farhad, M., Darinie, T. and Iranpour, M. (2015). Investigation of using of magnetic water effect in reduction of dripper chemical and biochemical clogging in trickle irrigation, Case study: Sahebabad Golzar-Kerman Plain.



In: Proceedings of the 6th national conference on watershed management and management of the country water and soil resources, 1 Feb., Kerman, Iran [In Persian].

Shaker, B. A., Saeed, A. B. and Ahmed Al-Khalifa, B. A. (2014). Effect of magnetizing technology on the drip irrigation system hydraulic performance and emitter clogging. *J. Agri-Food Appl. Sci.*, 2(9), 292–295.

How to cite this paper:

Nikbakht, J., Talei, A. and Vaezi, A. (2022). Combined Effect of tape drip irrigation system looping and magnetic water on hydraulic performance of irrigation system and water use efficiency in maize. *Environ. Water Eng.*, 8(2), 440-452. DOI: 10.22034/JEWE.2021.301186.1618
