



Environment and Water Engineering

Homepage: www.jewe.ir



ISSN: 2476-3683

Research Paper

Effectiveness of Wick Irrigation Method on Yield and Water Use Efficiency on Maize in Semi-Arid Area

Neda Jodeyri Heydari¹ and Abdolmajid Liaghat^{2*}

¹M.Sc. Alumni, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran

²Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran

Article information

Received: May 26, 2021

Revised: July 14, 2021

Accepted: July 15, 2021

Keywords:

Irrigation

System

Surface

Wick

*Corresponding author:

aliaghat@ut.ac.ir



Abstract

Wick irrigation is a combination of subsurface and pot irrigation methods that provides water to the plant roots through the wick by means of capillary ascent. The salient features of this method are the elimination of evaporation losses and deep penetration, and thus increase plant yield and water use efficiency. The purpose of this study was to investigate the performance and water use efficiency of a wick system designed for corn cultivation in comparison with surface-furrow irrigation method. In this study, after reviewing and selecting the most suitable wick, field studies with two treatments of wick irrigation and furrow irrigation were performed in the summer of 2017 in one crop season and the wick system was prepared and implemented. Based on the results obtained, the total volume of water consumed in the wick system has decreased by about 30% on average compared with the surface system and its wet and dry performance has increased by about 1.4 and 1.7 times, respectively. Therefore, water use efficiency for maize plant in wick irrigation method increased by 2.5 times compared with surface method. The results show the effectiveness of wick irrigation method on yield and water use efficiency for corn cultivation in semi-arid areas compared with surface-furrow irrigation method.

© 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

With population growth and limited water resources, irrigation method in arid and semi-arid climate should be such that more crop production is achieved with less water consumption. Wick irrigation is combination of Pitcher and Underground Irrigation methods, which provides water to the plant roots through wicks by capillary rise. The clear features of this method are the prevention of evaporation losses and deep percolation, and thus increase plant yield and water use efficiency. The purpose of this research is investigation of crop yield and water use efficiency of the designed wick irrigation system in this study for maize cultivation in comparison with the surface-furrow irrigation method.

Materials and Methods

Field studies were performed in two phases in one crop season in the summer of 2017 at the Research Farm of the Agricultural Faculty of Tehran University, Karaj. In the first phase, after determining the physical characteristics of farm soil, by examining the hydraulic properties of different rope samples, the appropriate wick (rope) for placement in the soil for irrigation was selected. In next phase, irrigation systems with two treatments of wick irrigation and furrow irrigation that has three replications were prepared and implemented in a $6 \times 7 \text{ m}^2$ plot for maize cultivation (Fig. 1). In this research, the volume of water consumed by the systems was investigated and the crop yield was evaluated. Then, the water use efficiency of the two systems were calculated and compared.



Fig. 1 Placing the pipe at a depth of 0.5 m and connecting to water reservoir and setting the wicks vertically next to the roots of the plants and filling the furrow

Results

According to first phase studies, hemp rope with a diameter of 18 mm was selected as the wick for the wick irrigation system. The second phase studies results indicated that total applied water in the wick irrigation system has decreased by an average of about 30% compared with the surface system (Table 1). Fresh and dry yield has increased about 1.4 and 1.7 times, respectively (Table 2). Therefore, water use efficiency for maize in wick irrigation method increased by 2.5 times compared to surface method.

Table 1 Total volume of water consumed for Wick and Furrow irrigation systems

Irrigation System	Total volume of water consumed (m^3)	Volume of water consumed for a plant (lit)
Wick	6.73	74.8
Furrow	9.89	109.6

Table 2 Plant yield for Wick and Furrow irrigation systems

Irrigation System	Mean fresh weight (kg)	Mean dry weight (kg)	Fresh yield (ton/ha)	Dry yield (ton/ha)
Wick	0.91	0.32	77.351	27.115
Furrow	0.67	0.19	54.258	15.923

Conclusion

Studies and the results of data and observations confirm wick irrigation system is applicable in the farms. It can also be an efficient system in arid and semi-arid areas that provides water directly to the plant roots in terms of eliminating evaporation losses and deep percolation. In addition, the results show the effectiveness of wick irrigation method on yield and water use efficiency on maize in semi-arid area compared to surface-furrow irrigation method. On the

whole, using this combined irrigation method is recommended in Iran that is one of the arid and semi-arid regions with low irrigation efficiency.

Acknowledgement

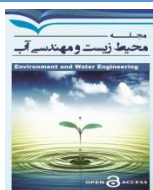
I would like to thank the professors and officials of the Department of Irrigation and Reclamation Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tehran University and all the staff of the Research Farm of the Faculty of Agriculture and Natural Resources who supported and assisted in the implementation of this research.

Data Availability

The data used in this research are presented in the paper.

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

اثربخشی روش آبیاری فتیله‌ای بر عملکرد و کارایی مصرف آب برای کشت ذرت در نواحی نیمه خشک

ندا جدیری حیدری^۱ و عبدالمجید لیاقت^{۲*}

^۱دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
^۲استاد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: [۱۴۰۰/۰۳/۰۵]

تاریخ بازنگری: [۱۴۰۰/۰۴/۲۳]

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۰/۰۴/۲۴]

واژه‌های کلیدی:

آبیاری

سامانه

سطحی

فتیله

*نویسنده مسئول:

aliaghat@ut.ac.ir

آبیاری فتیله‌ای، تلفیقی از روش‌های آبیاری زیرسطحی و کوزه‌ای است که به کمک صعود موئینگی، آب را از طریق فتیله در اختیار ریشه گیاه قرار می‌دهد. از ویژگی‌های بارز این روش می‌توان به حذف تلفات تبخیر و نفوذ عمقی، و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه و کارایی مصرف آب اشاره کرد. هدف از این پژوهش، بررسی عملکرد و کارایی مصرف آب سامانه فتیله‌ای طراحی شده برای کشت ذرت در مقایسه با روش آبیاری سطحی-شیاری بود. در این پژوهش پس از بررسی و انتخاب مناسب‌ترین فتیله، مطالعات مزرعه‌ای با دو تیمار آبیاری فتیله‌ای و آبیاری شیاری در تابستان سال ۱۳۹۶ در یک فصل زراعی انجام شد و سامانه فتیله‌ای آماده و اجرا شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، حجم کل آب مصرفی در سامانه فتیله‌ای به‌طور میانگین حدود ۳۰٪ نسبت به سامانه سطحی کاهش داشته و عملکردتر و خشک آن به‌ترتیب حدود ۱/۴ و ۱/۷ برابر افزایش داشته است. بنابراین، کارایی مصرف آب برای گیاه ذرت در روش آبیاری فتیله‌ای نسبت به روش سطحی، ۲/۵ برابر افزایش پیدا کرد. نتایج به‌دست‌آمده، نشان از اثربخشی روش آبیاری فتیله‌ای بر عملکرد و کارایی مصرف آب برای کشت ذرت در نواحی نیمه‌خشک در مقایسه با روش آبیاری سطحی-شیاری دارد.

۱- مقدمه

به‌دست‌آمده استفاده شود. این دانش‌ها و روش‌ها، سازگاری با طبیعت و برقراری رابطه معقول بین انسان و محیط‌زیستش را نشان می‌دهند و از این نظر با اصول توسعه بومی و پایدار هماهنگی کامل دارد (Jompot 2016).

در دسته‌بندی سامانه‌های آبیاری، آبیاری کوزه‌ای و آبیاری تراوا جزو سامانه‌های زیرسطحی هستند که آب در محیط ریشه گیاه از طریق خاصیت موئینگی تأمین می‌شود. آبیاری

با رشد جمعیت جهان و محدودیت منابع آب، شیوه آبیاری در کشاورزی باید به‌گونه‌ای باشد که تولید محصول بیش‌تر با مصرف آب کم‌تر حاصل گردد (Aghaie et al. 2015). در اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران، انتخاب روش‌های آبیاری بهینه، نه‌تنها یک فن، بلکه یک هنر است. روش‌های سنتی آبیاری، همراه با نوآوری‌های جدید و بومی‌سازی، هنوز هم می‌توانند کاربرد داشته باشند. بدان معنا که از توان، انرژی، تفکر و فن‌های خاص منطقه‌ای براساس تجربه‌های

هزینه کارگری، ۳- کارایی مصرف آب بالا، و ۴- طول عمر بالا، این سامانه می‌تواند توجیه‌پذیر و کاربردی باشد.

در زمینه آبیاری زیرسطحی و مویینگی، طرح‌هایی در آمریکا ثبت اختراع شده‌اند. به عنوان مثال Hemphill (1968) سامانه آبیاری مویینگی زیرزمینی را اختراع کرد. در این سامانه جهت تأمین آب، مجرای بی‌روزنه برای بالا آوردن سطح آب در طول لوله در نظر گرفته شد و دریچه‌ای جهت کنترل سطح در آن تعبیه شده بود. داخل مجرا با موادی که خاصیت مویینگی دارند پر شده بود که به مرطوب کردن خاک اطراف کمک می‌کردند. (Whitcomb 1991) با بررسی سامانه‌های آبیاری دیگر و مزایا و معایب آن‌ها، سامانه‌ای اختراع کرد که از طریق قسمت زهکشی گلدان‌ها آب وارد خاک می‌شد و به کمک نیروی مویینگی، رطوبت در اطراف ریشه پخش می‌گشت. (Murray 1998) اختراعش را درخصوص سامانه آبیاری مویینگی در منطقه ریشه با توجه به دو دیدگاه به ثبت رساند. دیدگاه اول، تأمین آب و هوای موردنیاز ناحیه ریشه از طریق مویینگی بود؛ و دیدگاه دوم درباره کنترل جریان سیال از ابتدا تا انتهای مجرا به منظور خروج آب از روزنه‌های لایه بالایی بود. (Caron 2001) سامانه آبیاری مویینگی فرشی را به ثبت رساند. در این روش تأثیر حرکت و تراوش آب روی فرش‌هایی که به صورت سطحی کار گذاشته شده بودند مشاهده شد. همچنین، (Nalliah et al. 2010) عملکرد و کیفیت فلفل تند را از طریق آبیاری مویینگی در فشارهای منفی مختلف ارزیابی کردند و با آبیاری سطحی مقایسه کردند.

انتخاب صحیح سامانه آبیاری براساس عواملی چون شرایط اقلیمی، گیاه، شرایط زمین، مشخصات خاک، کیفیت آب منطقه، انرژی و بحث‌های اقتصادی برای رسیدن به کارایی و عملکرد بالاتر، از اهمیت خاصی برخوردار است. به همین منظور، انتخاب یک سامانه آبیاری نو و بهینه، می‌تواند در جهت رسیدن به کشاورزی پایدار که راندمان بالایی داشته باشد و منجر به افزایش تولید محصولات کشاورزی، بهبود بهره‌وری آب و صرفه‌جویی در ذخایر آب شیرین شود، اثرگذار باشد. هدف از این پژوهش، اجرای سامانه موردنظر در مزرعه به منظور بررسی عملکرد و کارایی مصرف آب سامانه آبیاری فیتله‌ای برای کشت ذرت در مقایسه با روش آبیاری سطحی-شیاری بود.

کوزه‌ای یکی از روش‌های آبیاری دیرینه و ساخته فکر نسل‌های گذشته بوده است (Maleki-nejad 2003; Aghaii et al. 2015; Arabfard et al. 2017; Bhayo et al. 2018; Martínez Martínez de Azagra Paredes and Del Río San José 2019)، و با شناخت بیش‌تر از کارکرد کوزه‌ها، به نتایج خوبی در ساخت لوله‌های رسی متخلخل رسیده‌اند (Aghaii et al. 2015; Arabfard et al. 2017). آبیاری کوزه‌ای روش بسیار کم‌مصرفی است که خاصیت "خودتنظیمی" دارد (خاک کوزه از جنس رس با درصد متفاوت ذرات تشکیل‌دهنده می‌باشد و به علت پایین بودن هدایت هیدرولیکی، آب را در خود نگه می‌دارد تا به مرور زمان از آن تراوش کند) و از هدر رفتن آب جلوگیری می‌کند و همچنین آب داخل کوزه تصفیه شده و آب با کیفیت در اختیار گیاه قرار می‌گرفته است (Arabfard et al. 2017; Bhayo et al. 2018; al. 2017). در روش آبیاری زیرسطحی با لوله‌های تراوا، لوله‌های لاستیکی اسفنج مانند در منطقه ریشه گیاه نصب می‌شوند و آب تحت فشار بسیار کم در آن جریان یافته و با تراوش از خود موجب مرطوب شدن آن منطقه در حد رطوبت ظرفیت زراعی می‌شود (Sohrabi et al. 1997; Arabfard et al. 2017).

آبیاری فیتله‌ای، تلفیقی از روش‌های آبیاری کوزه‌ای، زیرسطحی و تراوا است. سامانه آبیاری فیتله‌ای مویینگی یک سامانه زیرسطحی است که شامل وسیله‌ای برای انتقال آب توسط مویینگی از یک مخزن به گیاه در حال رشد است (Zarei et al. 2017; Bhayo et al. 2018). سامانه‌های زیرسطحی در مقایسه با سامانه آبیاری معمولی از نظر صرفه‌جویی کارگر، هزینه‌های آب و کاهش تلفات و افزایش راندمان، به خصوص در مزارع خرد و کوچک کارآمدتر می‌باشند (Zarei et al. 2017; Bhayo et al. 2018; Martínez de Azagra Paredes and Del Río San José 2019). همچنین نتایج نشان داده‌اند که آبیاری فیتله‌ای را می‌توان در شرایط شدید خشک‌سالی، دسترسی به آب کم و حتی در مناطقی با آب گسترده و مراکزی که تولید کشاورزی در آن غیرممکن است، اعمال کرد (Zarei et al. 2017). اگرچه هزینه احداث و راه‌اندازی آبیاری فیتله‌ای نسبت به آبیاری سطحی بیش‌تر است، اما به دلیل مزایایی که در مراحل بعد دارد از جمله ۱- عدم نیاز به تسطیح و جوی و پشته‌ای کردن زمین در هر دوره کشت و نداشتن مزاحمت برای ماشین‌آلات کشاورزی، ۲- استفاده آسان و کاهش

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

به منظور دستیابی به اهداف ذکر شده و جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز پژوهش، این پژوهش در تابستان سال ۱۳۹۶ در یک فصل زراعی و طی دو مرحله در مزرعه آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، واقع در کرج (طول جغرافیایی $57^{\circ} 50'$ شرقی، عرض جغرافیایی $48^{\circ} 35'$ شمالی و ارتفاع از سطح دریا $1292/9$ m) انجام شد. طبق دوره آماری ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۰، منطقه دارای آب و هوای مدیترانه‌ای بوده و براساس طبقه‌بندی کوپن با داشتن ۱۵۰ تا ۱۸۰ day خشک، از نوع اقلیم نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های نسبتاً سرد و

مرطوب با میانگین بارندگی سالیانه حدود ۲۵۱ mm با ضریب تغییرات ۱/۲۴٪ است (Anonymous 2020).

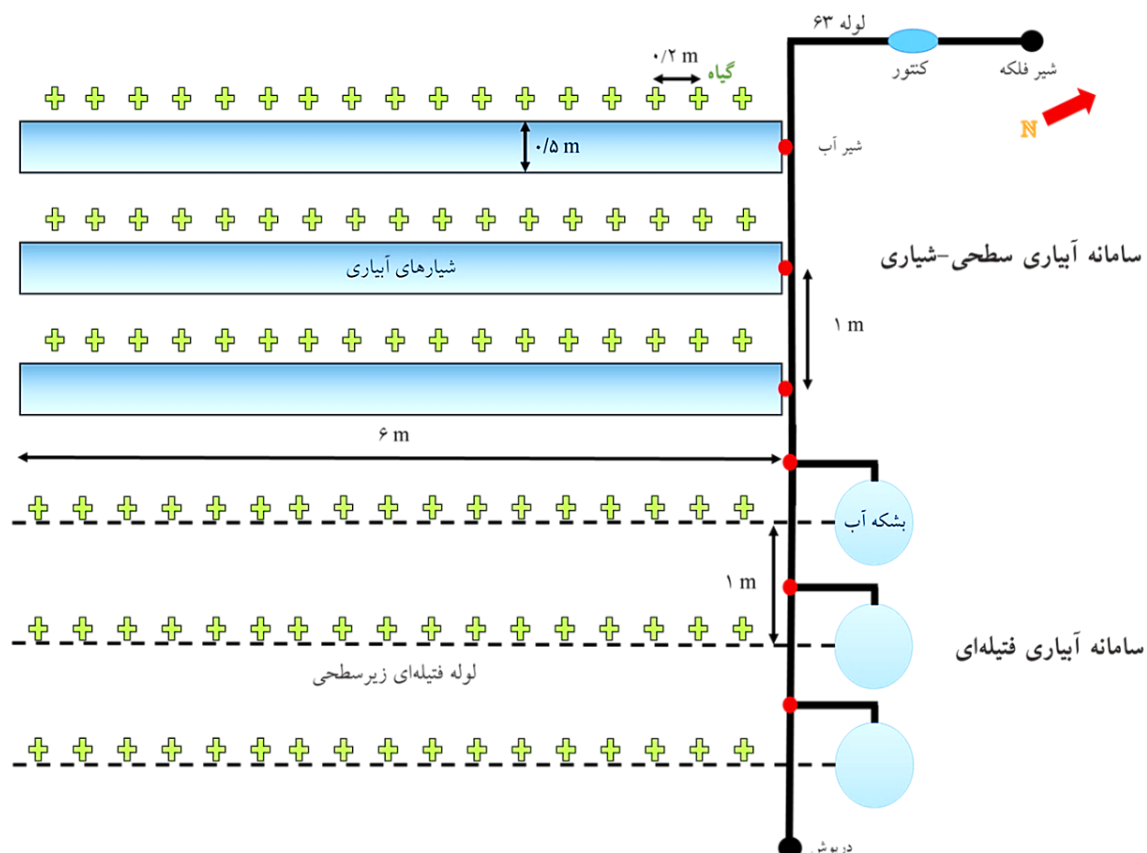
۲-۲- مطالعات اولیه و انتخاب فیتیله

در مرحله اول مشخصات فیزیکی خاک مزرعه (جدول ۱) تعیین شد و با بررسی خصوصیات هیدرولیکی نمونه طناب‌های مختلف، مناسب‌ترین فیتیله (طناب) جهت کارگذاری در خاک مزرعه مورد نظر برای آبیاری انتخاب شد. به همین منظور، ۱۳ نمونه طناب مختلف از نظر طول، قطر و جنس تهیه شدند و از نظر جذب و واجذب آب، و صعود مویینیگی مورد بررسی قرار گرفتند.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک مزرعه

Table 1 Physical characteristics of farm soil

Soil Depth (cm)	Soil Texture				Field Capacity (cm^3/cm^3)	Permanent Wilting Point (cm^3/cm^3)
	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Textural Class		
0-20	30.62	38.52	30.86	Clay loam	30.91	13.50
20-40	28.05	41.09	30.86	Clay loam	30.51	13.54
40-60	33.19	38.52	28.29	Clay loam	29.55	13.73

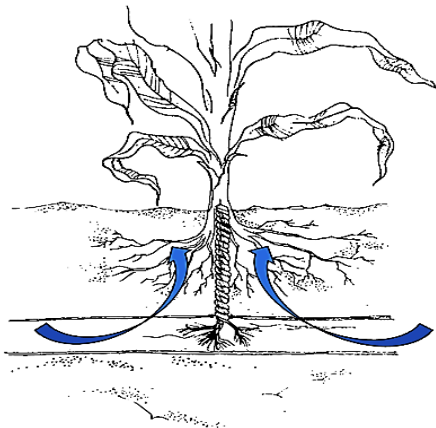


شکل ۱- نقشه سامانه‌های اجرا شده

Fig. 1 Performed systems plan



شکل ۲- آب‌بندی سوراخ‌های لوله
Fig. 2 Sealing the pipe holes



شکل ۳- شمایی از ساختار لوله و فتیله کارگذاری شده
Fig. 3 A view of pipe structure and inserted wick

۲-۳-۲- بررسی حجم آب مصرفی سامانه‌ها

با هدف برنامه‌ریزی بهترین زمان‌بندی آبیاری طبق شرایط اقلیمی منطقه و نرسیدن به نقطه تنش، دور آبیاری چهار روز برای روش آبیاری سطحی در نظر گرفته شد؛ و حجم آب آبیاری موردنیاز در هر آبیاری براساس شاخص‌های مرتبط با خاک به روش اندازه‌گیری کمبود رطوبتی و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شده است. داده‌بردارها به این صورت بود که از اول، وسط و انتهای شیارها، نمونه خاک از دو عمق ۰-۲۰ cm و ۲۰-۴۰ cm برداشته می‌شد و رطوبت‌ها به روش حجمی در آزمایشگاه اندازه‌گیری می‌شدند. همچنین جهت تأمین دقیق حجم آب موردنیاز، یک کنتور حجمی بعد از شیرفلکه نصب شد.

$$d = (\theta_{fc} - \theta_i) \times Z \times A \quad (1)$$

که، d حجم آب آبیاری (m^3)، θ_{fc} و θ_i به ترتیب رطوبت ظرفیت زراعی خاک منطقه مورد مطالعه و رطوبت حاصل از داده‌برداری و به صورت درصد حجمی، Z عمق ریشه گیاه (m)، و A مساحت سطح خیس‌شده (m^2) می‌باشند. از آنجایی که منبع آب سامانه فیتیله‌ای حجم مشخصی داشت (بشکه ۲۰۰ l)، حجم آب مصرفی برای این سامانه براساس

۲-۳- روش پژوهش

در مرحله دوم، مطالعات مزرعه‌ای در کرتی به ابعاد $6 \times 7 m^2$ انجام شد. این آزمایش دارای دو تیمار آبیاری فیتیله‌ای و آبیاری شیار (تیمار شاهد) بود و به منظور کاهش خطا و بالا رفتن ضریب دقت در آزمایش‌ها، برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. سپس جوی و پشته‌هایی به عرض $0.5 m$ و طول $6 m$ ایجاد شدند و به دلیل عبور راحت‌تر از بین ردیف‌ها برای نمونه‌گیری و همچنین عدم تداخل رطوبتی، بین هر دو سامانه آبیاری و نیز تکرارهای آن‌ها $1 m$ فاصله در نظر گرفته شد (شکل ۱). بذر ذرت علوفه‌ای رقم BK65 نیز به صورت دستی و با فاصله $0.2 m$ از هم و در مجموع به طول $6 m$ روی پشته‌ها کاشته شد؛ و تا سبز شدن یکنواخت و پایداری گیاهان، هر دو تیمار به صورت سطحی آبیاری شدند.

۲-۳-۱- آماده‌سازی و اجرای سامانه آبیاری فیتیله‌ای

به منظور آسیب نرسیدن به ریشه گیاهان، پس از استقرار کامل گیاهان و در زمان پنج برگی شدن، شرایط برای نصب سامانه جدید مهیا شد. طول شیار $6 m$ بود و بذرها با فاصله $0.2 m$ کاشته شده بودند و عمق ریشه گیاه $0.5 m$ در نظر گرفته شد. در نتیجه برای اینکه هر فتیله یک بوته را آبیاری کند و لوله در عمق $0.5 m$ دفن شود، $1.5 m$ از طناب موردنظر تهیه شد. سپس با مته‌ای مخصوص سوراخ‌هایی به فاصله $0.2 m$ روی لوله 63 زده شد و طناب‌ها به طول $1.5 m$ (بر اساس عمق ریشه گیاه موردنظر تا سطح خاک) بریده شدند و در سوراخ‌های لوله کار گذاشته شدند و جهت جلوگیری از نشت آب، به کمک واشر و چسب آب‌بندی شدند (شکل ۲). انتهای لوله هم که در زیرزمین قرار می‌گرفت، با درپوش 63 بسته شد. بعد از آماده شدن لوله و فیتیله‌ها، سه شیار سامانه فیتیله‌ای به طول $8 m$ و عمق $0.5 m$ کنده شدند و لوله‌ها در آن قرار داده شدند و فیتیله‌ها به صورت عمودی در کنار ریشه گیاه قرار گرفتند و با خاک پوشانده شدند (شکل ۳). سر دیگر لوله‌ها با شیب ملایمی از زیر خاک خارج شدند و هر کدام جداگانه به منبع آب $200 l$ در ارتفاع بالاتر و در جهت شیب زمین به منظور ایجاد شیب هیدرولیکی متصل شدند (شکل ۴).

مجموع حجم آب تخلیه شده در طول دوره کشت به دست گیاه برسد، درپوش برای جلوگیری از تبخیر گذاشته شده آمد. جهت اطمینان از اینکه آب داخل منبع فقط به مصرف بود.



شکل ۴- کارگذاری لوله در عمق ۰/۵ m و اتصال به منبع آب و عمودی قرار دادن فیتیله‌ها کنار ریشه‌ها و پرکردن شیار
Fig. 4 Placing the pipe at a depth of 0.5 m and connecting to water reservoir and setting the wicks vertically next to the roots of the plants and filling the furrow

$$WUE = \frac{Y}{I} \quad (2)$$

که، WUE کارایی مصرف آب (kg/m^3)، Y عملکرد محصول (kg/ha)، و I مقدار آب آبیاری در طول فصل زراعی (m^3/ha) می‌باشد.

۳- یافته‌ها و بحث

با بررسی خصوصیات هیدرولیکی و خاصیت موینگی در نمونه طناب‌های مختلف، طناب کفنی با قطر ۱۸ به عنوان فیتیله برای سامانه آبیاری فیتیله‌ای انتخاب شد.

۳-۱- آماده‌سازی و اجرای سامانه آبیاری فیتیله‌ای

نتایج داده‌ها و مشاهدات، قابل اجرا بودن سامانه فیتیله‌ای را تأیید می‌کند. همچنین از نظر حذف تلفات تبخیر و نفوذ عمقی، می‌تواند یک سامانه کارآمد در مناطق خشک و نیمه‌خشک باشد که آب را مستقیماً در اختیار گیاه قرار می‌دهد (شکل ۵) که (2018) Bhayo et al. نیز به آن اشاره کرده‌اند. همچنین، (2015) Aghaii et al. در مطالعات خود بیان کردند که در روش‌های زیرسطحی از جمله آبیاری کوزه‌ای،

۲-۳-۳- ارزیابی عملکرد اندام هوایی گیاه

بر اساس مشخصات ظاهری گیاه ذرت، هنگامی که دانه‌ها حالت خمیری پیدا کنند، زمان برداشت ذرت علوفه‌ای آغاز شده است. به همین سبب در اوایل ماه مهر از هر تکرار سه بوته به صورت تصادفی از ابتدا، وسط و انتهای ردیف انتخاب شدند و از سطح خاک بریده شدند و با ترازو وزن شدند. به وزن خشک اندام هوایی در انتهای برداشت دانه، زیست‌توده می‌گویند. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی، نمونه‌ها به مدت چهار روز در دمای 70°C در آون ایستاده قرار داده شدند و سپس وزن ماده خشک آن‌ها توسط ترازو وزن شدند. سپس میانگین داده‌ها به صورت عملکرد وزن تر و وزن خشک در هکتار مقایسه شدند.

۲-۳-۴- کارایی مصرف آب

هدف از کاربرد کارایی مصرف آب، توانایی مقایسه سریع بین سامانه‌های مصرف‌کننده آب در زمان و مکان است. شاخص کارایی مصرف آب آبیاری در تعریف به معنای مقدار محصول به حجم آب مصرفی یا منحرف‌شده به سامانه می‌باشد و معمولاً به کیلوگرم بر مترمکعب ارائه می‌گردد (رابطه ۲) (Howell 2006; Heidari 2012).

۳-۳- ارزیابی عملکرد اندام هوایی گیاه

به منظور بررسی عملکرد، میانگین دو صفت وزن تر و وزن خشک برای هر دو سامانه آبیاری فتیلای و سطحی محاسبه شد. سپس با در نظر گرفتن تراکم مطلوب ۸۵۰۰۰ بوته در هکتار (Azizi et al. 2020)، عملکرد برحسب ton/ha تعمیم داده شد و نتایج در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- عملکرد اندام هوایی گیاه برای سامانه‌های آبیاری

فتیلای و سطحی

Table 3 Plant yield for Wick and Furrow irrigation systems

Irrigation System	Mean fresh weight (kg)	Mean dry weight (kg)	Fresh yield (ton/ha)	Dry yield (ton/ha)
Wick	0.91	0.32	77.351	27.115
Furrow	0.67	0.19	54.258	15.923

طبق اعداد جدول (۳)، عملکرد تر و خشک تیمار آبیاری فتیلای نسبت به تیمار آبیاری سطحی به ترتیب حدود ۱/۴ و ۱/۷ برابر است. این افزایش عملکرد نیز به دلیل نبود تلفات در سامانه فتیلای و عرضه پایدار آب به گیاه توسط موینگی در ناحیه ریشه است. بررسی عملکرد گیاه تحت دو تیمار آبیاری فتیلای و سطحی در پژوهش (Zarei et al. 2017) با این نتیجه تطابق داشت و اشاره کردند از مهم‌ترین عواملی که می‌تواند ساختار و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد مقدار آب قابل‌دسترس گیاه است. در آبیاری سطحی به دلیل اینکه به صورت دوره‌ای آب در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، ممکن است در فاصله هر بار آبیاری، گیاه با تنش کم‌آبی مواجه گردد که در این شرایط، اندام‌های هوایی سریع‌تر و بیشتر از سایر اندام‌ها دچار کاهش رشد می‌شوند. بنابراین آبیاری فتیلای با مرطوب نگه‌داشتن مداوم محیط ریشه، باعث افزایش صفات رشد گیاه می‌شود.

۳-۴- کارایی مصرف آب

به منظور مقایسه کارایی مصرف آب در دو سامانه آبیاری فتیلای و آبیاری سطحی، مقدار آن براساس رابطه (۲) محاسبه شد. نتایج محاسبات در جدول (۴) آورده شده است. با توجه به محاسبات جدول (۴)، آبیاری فتیلای نسبت به آبیاری سطحی باعث افزایش ۲/۵ برابری کارایی مصرف آب در گیاه ذرت شده است. بر اساس مطالعات (Heidari و Howell (2006)، کارایی مصرف آب یکی از مهم‌ترین عوامل در تعیین استفاده از آب جهت تولید محصولات کشاورزی است. کاهش تبخیر از سطح خاک، عدم

توزیع رطوبت در خاک بهتر شده و در نتیجه به ایجاد شرایط بهینه برای گیاهان و صرفه‌جویی در مصرف آب کمک می‌شود.



شکل ۵- نمونه‌ای از فتیلای کارگذاری شده و نقش آن در آبرسانی مستقیم به ریشه گیاه

Fig. 5 An example of a placed wick and its role in direct water supply to plant roots

۳-۲- بررسی حجم آب مصرفی سامانه‌ها

پس از اتمام آبیاری‌ها، حجم کل آب مصرفی برای هر دو سامانه آبیاری فتیلای و سطحی محاسبه شد و در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- حجم کل آب مصرفی برای سامانه‌های آبیاری فتیلای و سطحی

Table 2 Total volume of water consumed for Wick and Furrow irrigation systems

Irrigation System	Total volume of water consumed (m ³)	Volume of water consumed for a plant (lit)
Wick	6.73	74.8
Furrow	9.89	109.6

طبق اعداد جدول (۲)، سامانه آبیاری فتیلای به‌طور میانگین حدود ۳۰٪ در میزان حجم آب مصرفی صرفه‌جویی داشته است. از دلایل مصرف آب کمتر، می‌توان به خاصیت خودتنظیمی فتیلای که در خاک ایجاد می‌شود و همچنین حذف تلفات تبخیر و نفوذ عمقی اشاره کرد، که همگی از ویژگی‌های سامانه آبیاری فتیلای می‌باشد. این ویژگی‌ها توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Zarei et al. 2017; Bhayo et al. 2018; Martínez de Azagra Paredes and Del Río San José 2019).

۴- کارایی مصرف آب برای گیاه ذرت در روش آبیاری فیتیلای در مقایسه با روش سطحی، ۲/۵ برابر افزایش داشته است.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های مشابه و گسترده‌تر برای توسعه این سامانه در نقاط مختلف کشور در راستای انتخاب مناسب‌ترین روش از جنبه‌های فنی و اقتصادی انجام شود. همچنین روی عوامل اثرگذار دیگر مانند عمق بهینه کارگذاری لوله در خاک، بررسی حرکت آب در خاک و ارزیابی آن به کمک مدل‌های مختلف بررسی‌هایی صورت گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح پژوهشی انجام شده که بدین‌وسیله از مساعدت اساتید و مسئولین محترم گروه آبیاری و آبادانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و همچنین از تمامی دست‌اندرکاران مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران که در اجرای این پژوهش حمایت و همراهی داشتند کمال سپاس دارم.

دسترسی به داده‌ها

داده‌های استفاده‌شده (یا تولیدشده) در این پژوهش در متن مقاله ارائه شده است.

تضاد منافع نویسندگان

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

References

- Aghaii, A., Afrasiab, P., Keikha, M. and Keikha, Gh. (2015). Simulation and evaluation of soil moisture distribution pattern under pitcher underground irrigation system. Iran. J. Irrig. Drain., 9(2), 233-241 [In Persian].
- Anonymous (2020). Consistent information of meteorology of Alborz Province. I.R. of IRAN Meteorological Organization. Available on: <http://www.alborz-met.ir>.
- Arabfard, M., Shahnazari, A. and ZiatabarAhmadi, M. (2017). Effectiveness comparison of pot, porous pipe and gravity drip irrigation methods in the range of gravity pressures. J. Water Soil, 31(4), 1060-1069 [In Persian].
- Azizi, Kh., Mirzavand, K. and Daraei Mofrad, A. R. (2020). Effects of plant density on the quantitative yield of different corn (*Zea mays L.*) cultivars under the climatic conditions of Khorram Abad. Agri. Knowledge, 2(4), 15-22 [In Persian].
- Bhayo, W. A., Siyal, A. A., Soomro, S. A. and Mashori, A. S. (2018). Water saving and crop yield under pitcher and wick irrigation methods. Pak. J. Agri. Eng. Veter. Sci., 34(1), 68-78.
- Caron, J. (2001). Capillary carpet irrigation system. United States Patent. Patent No.: US 6,178,691 B1.

وجود رواناب سطحی و کنترل نفوذ عمقی آب باعث افزایش کارایی مصرف آب در آبیاری فیتیلای نسبت به روش شیاری می‌گردد. به همین سبب، یکی از روش‌های افزایش کارایی مصرف آب، انتخاب و اجرای روش آبیاری مناسب است.

جدول ۴- کارایی مصرف آب در دو سامانه آبیاری فیتیلای و

آبیاری سطحی

Table 4 Water use efficiency for Wick and Furrow irrigation systems

Irrigation System	Dry yield (kg/ha)	amount of irrigation water (m ³ /ha)	WUE (kg/m ³)
Wick	27115	6358	4.26
Furrow	15923	9316	1.71

۴- نتیجه‌گیری

با بررسی اثر بخشی روش آبیاری فیتیلای بر عملکرد و کارایی مصرف آب برای کشت ذرت در نواحی نیمه‌خشک، نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش قابل توجه است:

۱- در روش آبیاری فیتیلای، تلفات تبخیر و نفوذ عمقی به صفر می‌رسد که منجر به افزایش عملکرد گیاه و کارایی مصرف آب می‌شود.

۲- حجم آب مصرفی در سامانه آبیاری فیتیلای به‌طور میانگین حدود ۳۰٪ نسبت به آبیاری سطحی کاهش پیدا کرد.

۳- عملکرد و خشک تیمار آبیاری فیتیلای نسبت به تیمار آبیاری سطحی به‌ترتیب حدود ۱/۴ و ۱/۷ برابر افزایش داشت.

- Heidari, N. (2012). Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmers management in Iran. *Water and Irrigation Management*, 1(2), 43-57 [In Persian].
- Hemphill, L. F., (1968). Capillary subterranean irrigation system. United States Patent. Patent No.: 3,408,818.
- Howell, T. A. (2006). Challenges in increasing water use efficiency in irrigated agriculture. *Proc. 2006, Int. Conf. on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture*, Turkey.
- Jompot, M. (2016). Role of localization and indigenous knowledge in sustainable rural development. *Indigen. Knowledge*, 1(2), 50-79 [In Persian]. DOI:10.22054/qjik.2016.1564.
- Maleki-Nejad, H. (2003). Water use efficiency and crop yield under pot and furrow irrigation systems. *J. Agri. Sci. Nat. Resour.*, 10(1), 27-37 [In Persian].
- Martínez de Azagra Paredes, A. and Del Río San José, J. (2019). Pitcher irrigation: some theoretical and practical aspects. *Irrig. Drain.*, 68(3), 542-550.
- Murray, E. S. A., (1998). Capillary root zone irrigation system. United States Patent. Patent No.: 5,839,659.
- Nalliah, V. and Ranjan, S. R. (2010). Evaluation of a capillary-irrigation system for better yield and quality of hot pepper (*Capsicum annuum*). *Appl. Eng. Agri.*, 26(5), 807-816.
- Sohrabi, T. and Gazori, N. (1997). Subsurface irrigation with porous pipe. *Iran. J. Agri. Sci.*, 28(3), 145-156 [In Persian].
- Whitcomb, C. E., (1991). Capillary irrigation system. United States Patent. Patent No.: 5,036,619.
- Zarei, Z. and Heidari, H. (2017). Investigating water use efficiency in sunflower under furrow and wick irrigation methods. *Environ. Stress. Crop Sci.*, 10(4), 521-530 [In Persian]. DOI: 10.22077/escs.2017.56.1014