

## The effect of saline water and type of irrigation on soil moisture and physico-chemical properties

Mansour Jahantigh<sup>1\*</sup>, Moien Jahantigh<sup>2</sup>

1- Department Soil Conservation and Water Management, Sistan Agriculture and edition Natural Resources Research Center, AREEO, Zabol, Iran.

2- Watershed Management Department, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Gorgan, Gorgan, Iran.

\* Corresponding author: mjahantigh2000@yahoo.com

(Received: 25 January 2023

Revise: 17 February 2023

Accepted: 06 March 2023)

### Extended Abstract

**Introduction:** With rapid population growth and increasing demand for food, water shortage is one of the challenges of development in countries, because more than 98% of the water on the earth is salt water. In addition, the use of some fresh water sources is also limited. Such a situation will worsen with time. This limitation is more in dry and desert areas that have little rainfall and their distribution is not suitable. The country of Iran, which is located on a dry belt and its rainfall is less than a third of the global amount, is one of those areas that is facing a lot of water stress. Due to the lack of rainfall in the country and, on the other hand, the lack of scientific use of the country's natural and agricultural areas, the ground has been laid for the destruction of natural ecosystems. Accordingly, due to the limited supply of fresh water for agricultural purposes in the world, especially in dry areas, saline water is widely used to irrigate crops to provide the water needed by plants. Due to the use of saline water with a high concentration of salt, especially sodium salt in the soil, it causes a decrease in production efficiency and destruction of the physical and chemical properties of the soil. Since most of the water resources are consumed in the agricultural sector, an appropriate irrigation pattern should be used to prevent soil degradation and erosion in addition to increasing crop yields. Clay pot irrigation is one of the methods that has a better performance than other irrigation methods such as surface and drip type. This type of irrigation is suitable in dry areas that have high evaporation and transpiration and are associated with water crisis.

**Materials and methods:** In order to carry out this research, first, 36 holes with a depth of 60 cm and a diameter of 50 cm were dug, and in 18 holes, a clay pot was placed with a height of 40 cm and a diameter of 5 cm, and 18 holes were selected as control and without clay pot. Three soil samples were taken from a depth of 50 cm at the beginning and at the end of the research period. Soil changes were made by irrigation with saline water and the characteristics of pH, EC, Na, SAR, organic matter, P, K, Ca, Mg and soil texture were measured. Considering that three types of water with different salinity (1200, 2200 and 3200 umho/cm) were used, three sources of water each with a volume of 200 liters were placed beside the location of implementation. By using the variety of saline water that existed in this area, bringing the EC of water to the level required for the research was done in the laboratory and stored in the relevant water sources. Cultivation of two plants, *Rosa damascena* and *Hibiscus sabdariffa*, was tested. Soil moisture (by weight) was measured monthly at a depth of 60 cm.

**Results and Discussion:** Examining the pH of the soil samples shows that there is not much difference in the value of this characteristic of the soil of the research area, such that the range of this characteristic varied between 8-8.4. Changes in the EC of the investigated area at the beginning of the project fluctuated between 4.4 and 5.2 mg/liter. After the implementation of the saline water plan, it has been affected, such that the range of this feature has been varying between 16.5-9.7 mg/liter. Measuring the amount of Na at the time of starting the work showed that the range of changes fluctuated between 43.3-43.85 mg/liter. Total Ca and K were measured as 19.7-24.2 mg/liter, while the amount of this feature changed between 26.5-18.4 mg/liter after the completion of the project.

The amount of SAR of soil samples at the beginning of the implementation of the project was between 13-3-17, but after the implementation of the project, this range changed between 12-7-18-4. The range of total cations of the soil samples collected at the beginning of the research varied between 43.5-43.5 mg/liter. But after the end of the project, this range changed to 103.5-72.8 mg/liter. Examining the texture of the soil samples at the start of the project showed that the range of clay changes varied between 14-15%, but after the completion of the research, it changed between 10-14%.

The amount of silt in the soil samples at the time of starting the project was 43-47%, while this value changed to 44-48% in the samples after the end of the plan. Examining the amount of sand in the soil samples at the beginning of the research showed that the range of changes was between 42-39%, which did not change at the end of the project.

**Conclusions:** In this research, the effect of two irrigation methods with saline water on soil moisture and physical and chemical properties was investigated. The results showed that compared to the average of all characteristics, clay pot irrigation performance was better. The work process in this irrigation method is such that the clay pot plays the role of a filter and suitable water is provided for the plant. In this type of irrigation, the transfer of water is limited to the area of the plant's roots, which causes an increase in soil moisture in this area, and improves the plant's performance. In other words, the distribution of moisture in the soil during percolation clay irrigation is such that the water enters the root area of the plant uniformly, which, in addition to meeting the water requirement, also reduces the temperature of the soil. But in drip irrigation, moisture is placed on the soil surface, after which the moisture spreads horizontally on the soil surface and the water does not penetrate deep into the soil. This situation causes evaporation and transpiration to increase and plant roots face water stress. Also, soil solutes cause the soil to become salty through evaporation. In addition, water salinity also increases the intensity of soil salinity, which leads to soil degradation and erosion. Therefore, for the continuation of exploitation in dry and desert areas, it is necessary to use the appropriate method of irrigation in order to sustainably exploit the land without harming its ecosystem components, including the soil. Therefore, according to the existing methods of irrigation, the clay pot type is more important than other types of methods. It can thus be concluded that due to the lack of fresh water resources in Sistan and the limited flow of water from Afghanistan and the existence of subsurface saline water sources, it is necessary to use them, that the use of clay irrigation method has a positive effect on the vegetation and the improvement of the environmental situation and the continuation of exploitation.

**Keywords:** Clay pot irrigation, drip irrigation, soil properties.

Citation: Jahantigh, M., & Jahantigh, M. (2023). The effect of saline water and type of irrigation on soil moisture and physico-chemical properties. *Integrated Watershed Management*, 2 (4), 67-78. doi: 10.22034/iwm.2023.1988382.1059

### Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





## تأثیر آب شور و نوع آبیاری بر رطوبت و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک

منصور جهان تیغ<sup>۱\*</sup>، معین جهان تیغ<sup>۲</sup>

۱- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران

۲- گروه آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گرگان، گرگان، ایران

\*نویسنده مسئول: mjahantigh2000@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۵

### چکیده

یکی از چالش‌های زیست‌محیطی منطقه سیستان، کمبود منابع آب شیرین است. با توجه به این که آب این منطقه وابسته به کشور افغانستان است، استفاده از منابع آب شور برای بهبود وضعیت منطقه ضروری است. استفاده از آب شور شاید اثراتی منفی بر روی خاک داشته باشد که نیاز به بررسی و استفاده از روش آبیاری مناسب دارد. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تأثیر آب شور و نوع آبیاری بر رطوبت و ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک بود. به همین منظور ۳۶ چاله به عمق ۶۰ و قطر ۵۰ سانتی‌متر حفر و در ۱۸ چاله سفال‌هایی به ترتیب به ارتفاع و قطر ۴۰ و ۵ سانتی‌متر داخل آن‌ها گذاشته شد و ۱۸ چاله نیز به‌عنوان شاهد انتخاب شد. سه نمونه خاک از عمق ۵۰ سانتی‌متری در ابتدا و پایان پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر آبیاری با آب شور بر روی خاک، برداشت و ویژگی‌هایی مانند اسیدیته، شوری، سدیم، نسبت جذب سدیم، مواد آلی، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و بافت خاک اندازه‌گیری شد. برای آبیاری از آبی با سه دامنه شوری استفاده شد. برای رسیدن به هریک از درجات شوری، در آزمایشگاه درصد مورد نیاز مشخص و در سه منبع ذخیره شد. در این پژوهش کشت دو گیاه گل محمدی و چای ترش با دو روش آبیاری قطره‌ای و سفالی آزمایش شد. گیاهان به‌طور ماهانه آبیاری شدند. رطوبت خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متر به‌طور ماهانه اندازه‌گیری شد. این پژوهش با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار و به روش فاکتوریل انجام شد. نتایج نشان داد که بین ویژگی‌های شوری، کربن آلی، سدیم و مجموع کاتیون‌های نمونه‌های خاک از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت ولی بر سایر ویژگی‌ها بی‌اثر بود. همچنین روش‌های آبیاری در سطح یک درصد بر تغییرات رطوبت خاک اثر معنی‌داری داشت. نتیجه‌گیری می‌شود مدیریت آبیاری سفالی با توجه به اینکه سفال‌ها نمک‌های محلول در آب را جذب می‌نمایند، قادرند میزان شوری آب در خاک را تعدیل نمایند.

واژه‌های کلیدی: آب شور، آبیاری سفالی، رطوبت خاک، ویژگی‌های خاک.

استناد: جهان تیغ، م؛ جهان تیغ، م. (۱۴۰۱). تأثیر آب شور و نوع آبیاری بر رطوبت و ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی خاک. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۲(۴)، ۶۷-۷۸.

### حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

## مقدمه

با رشد سریع جمعیت و افزایش تقاضا برای مواد غذایی، کمبود آب یکی از چالش‌های توسعه کشورها است زیرا بیش از ۹۸ درصد از آب موجود روی کره زمین را آب دریا تشکیل می‌دهد (Hanafiah et al., 2011; Greenlee et al., 2009). علاوه بر آن به‌کارگیری برخی از منابع آب‌های شیرین نیز با محدودیت همراه است. چنین وضعیتی با گذشت زمان نیز حادث‌تر خواهد شد. این محدودیت در مناطق خشک و بیابانی که از بارندگی کمی برخوردار بوده و پراکنش آن‌ها نیز مناسب نیست، حادث‌تر است. کشور ایران که در کمربند خشکی قرار گرفته، بارندگی آن نیز کمتر از یک‌سوم مقدار جهانی است، یکی از این نواحی است که با تنش آبی فراوانی روبرو است. با توجه به کمبود بارندگی در کشور و از سویی عدم مدیریت علمی در خصوص استفاده صحیح از عرصه‌های طبیعی و کشاورزی کشور، زمینه تخریب زیست‌بوم‌های طبیعی فراهم شده است؛ بنابراین با توجه به کاهش منابع آب شیرین کشور، استفاده از آب‌های شور ضروری است. بر این اساس با توجه به محدودیت تأمین آب شیرین برای مصارف کشاورزی در دنیا به‌ویژه مناطق خشک، از آب شور به‌طور گسترده‌ای برای آبیاری محصولات زراعی برای تأمین آب موردنیاز گیاهان استفاده می‌شود (Wei et al., 2019). استفاده از آب شور با غلظت بالای نمک به‌ویژه نمک سدیم در خاک سبب کاهش بازده تولید و تخریب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیز می‌شود (Haj-Amor et al., 2018; Khamidov et al., 2022). از آنجایی که بخش عمده‌ای از منابع آبی در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، باید از الگوی آبیاری مناسبی استفاده شود تا علاوه بر افزایش عملکرد محصول، از تخریب و فرسایش خاک نیز جلوگیری شود (Mansouri, 2011). آبیاری سفالی یکی از روش‌هایی است که عملکرد بهتری نسبت به روش‌های دیگر آبیاری از جمله نوع سطحی و قطره‌ای دارد (Jahantigh et al., 2021; Jahantigh et al., 2020). این نوع آبیاری در مناطق خشک که تبخیر و تعرق بالایی دارد و با بحران آب همراه می‌باشند، مناسب است (Bainbridge et al., 2001). در پژوهشی در خصوص تأثیر آبیاری سفالی با آب شور بر روی رطوبت خاک مشاهده شد که با افزایش سطح شوری آب، پیشروی رطوبت در خاک کاهش یافت. همچنین کمینه غلظت نمک خاک در نزدیکی سفال و بیشینه آن در سطح خاک و حاشیه منطقه مرطوب بود (Naik et al., 2013). در حالی که آبیاری با آب شور در روش سنتی بر روی ویژگی‌های خاک تأثیر منفی دارد (Dayana et al., 2022). Cheraghi و Dehghanisani (۲۰۱۷) گزارش کردند آبیاری قطره‌ای با آب شور در مقایسه با سایر روش‌ها عملکرد متفاوتی دارد. به‌طوری‌که در این نوع آبیاری تحمل به شوری گیاه افزایش یافته و راندمان تولید آن ارتقاء می‌یابد. در این نوع آبیاری، شوری خاک در منطقه ریشه کمتر شده و با فاصله از قطره‌چکان رابطه مستقیمی دارد. آن‌ها بیان نمودند که این تغییرات به دلیل آبخوبی خاک شور به‌وسیله قطره‌چکان‌ها است که چنین وضعیتی باعث بهبود عملکرد محصول می‌شود. مطالعات متعددی در خصوص استفاده از آب شور برای آبیاری گیاهان مناطق خشک و بیابانی صورت گرفته است. در همین خصوص Li و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که آبیاری با آب شور زیرزمینی به روش قطره‌ای در مناطق خشک و بیابانی مناسب‌ترین آب در این نواحی با توجه به محدودیت آب شیرین است. در مطالعه دیگری Ataee و همکاران (۲۰۱۹) عملکرد دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در ارتباط با رطوبت و شوری خاک را مورد پژوهش قرار دادند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که با توجه به افزایش میزان تبخیر و تعرق پتانسیل در سطح زمین، مقدار رطوبت عمق خاک محدوده‌ای که با روش قطره‌ای سطحی آبیاری شده بود کمتر از نوع دیگر بود. همچنین از

با رشد سریع جمعیت و افزایش تقاضا برای مواد غذایی، کمبود آب یکی از چالش‌های توسعه کشورها است زیرا بیش از ۹۸ درصد از آب موجود روی کره زمین را آب دریا تشکیل می‌دهد (Hanafiah et al., 2011; Greenlee et al., 2009). علاوه بر آن به‌کارگیری برخی از منابع آب‌های شیرین نیز با محدودیت همراه است. چنین وضعیتی با گذشت زمان نیز حادث‌تر خواهد شد. این محدودیت در مناطق خشک و بیابانی که از بارندگی کمی برخوردار بوده و پراکنش آن‌ها نیز مناسب نیست، حادث‌تر است. کشور ایران که در کمربند خشکی قرار گرفته، بارندگی آن نیز کمتر از یک‌سوم مقدار جهانی است، یکی از این نواحی است که با تنش آبی فراوانی روبرو است. با توجه به کمبود بارندگی در کشور و از سویی عدم مدیریت علمی در خصوص استفاده صحیح از عرصه‌های طبیعی و کشاورزی کشور، زمینه تخریب زیست‌بوم‌های طبیعی فراهم شده است؛ بنابراین با توجه به کاهش منابع آب شیرین کشور، استفاده از آب‌های شور ضروری است. بر این اساس با توجه به محدودیت تأمین آب شیرین برای مصارف کشاورزی در دنیا به‌ویژه مناطق خشک، از آب شور به‌طور گسترده‌ای برای آبیاری محصولات زراعی برای تأمین آب موردنیاز گیاهان استفاده می‌شود (Wei et al., 2019). استفاده از آب شور با غلظت بالای نمک به‌ویژه نمک سدیم در خاک سبب کاهش بازده تولید و تخریب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیز می‌شود (Haj-Amor et al., 2018; Khamidov et al., 2022). از آنجایی که بخش عمده‌ای از منابع آبی در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، باید از الگوی آبیاری مناسبی استفاده شود تا علاوه بر افزایش عملکرد محصول، از تخریب و فرسایش خاک نیز جلوگیری شود (Mansouri, 2011). آبیاری سفالی یکی از روش‌هایی است که عملکرد بهتری نسبت به روش‌های دیگر آبیاری از جمله نوع سطحی و قطره‌ای دارد (Jahantigh et al., 2021; Jahantigh et al., 2020). این نوع آبیاری در مناطق خشک که تبخیر و تعرق بالایی دارد و با بحران آب همراه می‌باشند، مناسب است (Bainbridge et al., 2001). در پژوهشی در خصوص تأثیر آبیاری سفالی با آب شور بر روی رطوبت خاک مشاهده شد که با افزایش سطح شوری آب، پیشروی رطوبت در خاک کاهش یافت. همچنین کمینه غلظت نمک خاک در نزدیکی سفال و بیشینه آن در سطح خاک و حاشیه منطقه مرطوب بود (Naik et al., 2013). در حالی که آبیاری با آب شور در روش سنتی بر روی ویژگی‌های خاک تأثیر منفی دارد (Dayana et al., 2022). Cheraghi و Dehghanisani (۲۰۱۷) گزارش کردند آبیاری قطره‌ای با آب شور در مقایسه با سایر روش‌ها عملکرد متفاوتی دارد. به‌طوری‌که در این نوع آبیاری تحمل به شوری گیاه افزایش یافته و راندمان تولید آن ارتقاء می‌یابد. در این نوع آبیاری، شوری خاک در منطقه ریشه کمتر شده و با فاصله از قطره‌چکان رابطه مستقیمی دارد. آن‌ها بیان نمودند که این تغییرات به دلیل آبخوبی خاک شور به‌وسیله قطره‌چکان‌ها است که چنین وضعیتی باعث بهبود عملکرد محصول می‌شود. مطالعات متعددی در خصوص استفاده از آب شور برای آبیاری گیاهان مناطق خشک و بیابانی صورت گرفته است. در همین خصوص Li و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که آبیاری با آب شور زیرزمینی به روش قطره‌ای در مناطق خشک و بیابانی مناسب‌ترین آب در این نواحی با توجه به محدودیت آب شیرین است. در مطالعه دیگری Ataee و همکاران (۲۰۱۹) عملکرد دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در ارتباط با رطوبت و شوری خاک را مورد پژوهش قرار دادند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که با توجه به افزایش میزان تبخیر و تعرق پتانسیل در سطح زمین، مقدار رطوبت عمق خاک محدوده‌ای که با روش قطره‌ای سطحی آبیاری شده بود کمتر از نوع دیگر بود. همچنین از

نیز می‌رسد که اثرات زینباری بر زیست‌بوم این منطقه دارد. منطقه مورد بررسی فاقد سفره آب زیرزمینی است ولی دارای آب زیرسطحی شور است. خاک منطقه ماحصل رسوباتی است که از کشور افغانستان به وسیله رودخانه هیرمند انتقال یافته است. پوشش گیاهی منطقه شامل انواع گونه‌های شور پسندی است که دامنه بردباری زیادی نسبت به شوری دارند.

### روش پژوهش

برای اجرای این پژوهش، ابتدا ۳۶ چاله به عمق ۶۰ و قطر ۵۰ سانتیمتر حفر و در ۱۸ چاله سفال‌هایی به ترتیب به ارتفاع و قطر ۴۰ و ۵ سانتی‌متر قرار داده شد و ۱۸ چاله نیز به‌عنوان شاهد و بدون سفال انتخاب شد. سه نمونه خاک از عمق ۵۰ سانتی‌متری در ابتدای زمان پژوهش به‌منظور بررسی تغییرات خاک با آبیاری با آب شور برداشت و ویژگی‌های pH، شوری، سدیم، نسبت جذب سدیم، مواد آلی، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و بافت خاک اندازه‌گیری شد که این کار در انتهای پژوهش نیز انجام شد. با توجه به اینکه از سه نوع آب با شوری متفاوت (۱۲۰۰، ۲۲۰۰ و ۳۲۰۰ میکرو موس بر سانتی‌متر) استفاده شد، سه منبع آب هر یک با حجم ۲۰۰ لیتر در کنار محل اجرای طرح قرار داده شد. با استفاده از تنوع آب شوری که در این محدوده وجود داشت، رساندن مقدار هدایت الکتریکی آب به میزان مورد نیاز پژوهش در آزمایشگاه انجام گرفت و در منابع آبی مربوطه ذخیره شد. کشت دو گیاه گل محمدی و چای ترش با توجه به سازگاری با این زیست‌بوم مورد آزمایش قرار گرفت. نهال گل محمدی به‌صورت گلدانی تهیه شد و بذر چای ترش در سینی کشت در گلخانه کاشته شد و پس از حدود دو هفته به عرصه انتقال یافت. آبیاری گیاهان به‌صورت ماهانه انجام شد. رطوبت خاک (به‌صورت وزنی) در عمق ۶۰ سانتی‌متر به‌طور ماهانه اندازه‌گیری شد. این پژوهش با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار و به روش فاکتوریل اجرا شد. تجزیه و تحلیل یافته‌ها با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس

لحاظ شوری نیز عملکرد نوع زیرسطحی از کارایی بالاتری برخوردار بود. علاوه بر آن Shen و Zhang (۲۰۲۲) گزارش کردند که آبیاری با آب شور علی‌رغم این که رطوبت خاک را تأمین می‌کند، سبب شور شدن خاک نیز می‌شود. بررسی سابقه تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از آب شور یکی از نیازهای اساسی پایداری محیط‌زیست نواحی خشک و بیابانی است. از این رو، با توجه به کمبود منابع آب شیرین در سیستان و به دنبال آن محدودیت دریافت حق‌آبه از افغانستان، یکی از چالش‌های زیست‌محیطی این منطقه کمبود آب است. از سوی دیگر، در این ناحیه منابع آب شور زیرسطحی وجود دارد که استفاده از آن‌ها برای بهبود این زیست‌بوم ضروری است. از این رو، این پژوهش در پی آن است که اثرات این آب‌های شور بر روی خاک را مورد آزمایش قرار دهد.

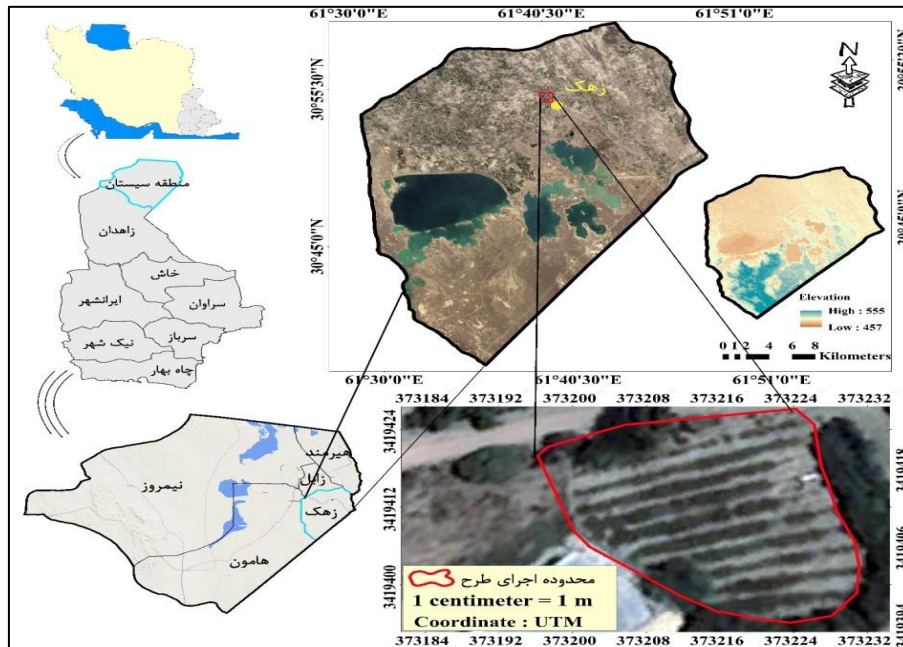
### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد پژوهش در شمال استان سیستان و بلوچستان از توابع شهرستان زهک با مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 40' 61''$  تا  $39^{\circ} 40' 61''$  طول شرقی و  $08^{\circ} 54' 30''$  تا  $06^{\circ} 54' 30''$  درجه عرض شمالی و در ارتفاع حدود ۴۸۰ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). این محدوده فاقد ناهمواری و در نزدیک رودخانه هیرمند قرار دارد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه حدود ۵۰ میلی‌متر است که عمدتاً در فصل زمستان ریزش می‌نماید. تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه منطقه حدود ۵۰۰۰ میلی‌متر است که عمدتاً در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد اتفاق می‌افتد. کمینه و بیشینه درجه حرارت این منطقه به ترتیب برابر ۸ و ۳۶ درجه سانتی‌گراد است (Jahantigh et al., 2022). میزان رطوبت نسبی منطقه کم و حدود ۲۷ درصد است. بادهای ۱۲۰ روزه سیستان از ویژگی‌های اقلیمی منطقه محسوب می‌شود. به‌طوری‌که سرعت وزش آن در برخی از ایام سال به بیش از ۱۲۰ کیلومتر در ساعت

مورد بررسی نرم‌افزار MSTAT-C و SPSS به کار گرفته شد.

(ANOVA) و آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) و همچنین برای مقایسه میانگین ویژگی‌های



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور، استان و شهرستان  
Figure 1- Study area in the country, province and city

## نتایج

بررسی میزان اسیدیته نمونه‌های خاک نشان‌دهنده آن است که مقدار این ویژگی خاک در محدوده پژوهش اختلاف زیادی وجود ندارد، به طوری که دامنه این خصوصیت بین  $۸/۴ - ۸$  متغیر بوده است. پس از اجرای طرح دامنه تغییرات آن بین  $۸/۱ - ۸$  در نوسان بوده است؛ بنابراین با استفاده از آب شور تغییری در اسیدیته خاک صورت نگرفته است. دامنه تغییرات میزان هدایت الکتریکی خاک محدوده مورد بررسی در شروع طرح بین  $۴/۴$  و  $۵/۲$  میلی‌گرم در لیتر در نوسان بوده است. پس از اجرای طرح آب شور بر آن تأثیر گذاشته، به طوری که دامنه این ویژگی بین  $۱۶/۵ - ۹/۷$  میلی‌گرم در لیتر متغیر بوده است که از لحاظ آماری در سطح  $۰/۰۵ (P < 0.05)$  معنی‌دار بوده است (جدول ۱).

قابل ذکر است که در شوری خاک اطراف سفال‌ها تغییر کمتری صورت گرفته است. بررسی میزان کربن آلی نمونه‌های خاک دو زمان مورد پژوهش نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح  $۰/۰۵ (P < 0.05)$  بین آن‌ها وجود دارد. قابل ذکر است به علت فقر کربن آلی نمونه‌ها، خاک‌های منطقه شدیداً نیاز به تقویت این ویژگی را دارد. بررسی فسفر قابل جذب نشان داد که مقدار آن در زمان اجرای طرح  $۷/۹ - ۷/۵$  میلی‌گرم در لیتر در نوسان بوده است که این مقدار پس از اتمام طرح  $۸/۱ - ۷/۶$  میلی‌گرم در لیتر تغییر داشته است. پتاسیم قابل جذب در زمان شروع طرح بین  $۱۶۸ - ۱۶۳$  میلی‌گرم در لیتر قرار داشت، ولی بعد از اتمام این پژوهش به  $۱۷۸ - ۱۶۵$  میلی‌گرم در لیتر تغییر یافت.

۴۳/۵ میلی‌گرم در لیتر متغیر بوده است، ولی پس از خاتمه طرح این دامنه به ۱۰۳/۵ - ۷۲/۸ میلی‌گرم در لیتر تغییر یافت که از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۵ (P<0.05) اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود است. درحالی‌که بین ویژگی‌های اسیدیته خاک، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، درصد سدیم محلول، مجموع کلسیم و پتاسیم، نسبت جذب سدیم، رس، سیلت و شن نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده اختلاف وجود دارد، ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بررسی بافت نمونه‌های خاک در زمان شروع طرح نشان داد که دامنه تغییرات رس بین ۱۵-۱۴ درصد متغیر بوده است ولی پس از اتمام پژوهش بین ۱۴-۱۰ درصد تغییر یافته است. میزان دامنه سیلت نمونه‌های خاک در زمان شروع طرح ۴۷-۴۳ درصد بوده است. درحالی‌که این مقدار در نمونه‌های پس از خاتمه طرح به ۴۸-۴۴ درصد تغییر یافت. بررسی میزان شن نمونه‌های خاک در ابتدای پژوهش نشان داد که دامنه تغییرات آن بین ۳۹-۴۲ درصد بوده است که این مقدار در زمان پایان طرح نیز تغییری نداشته است.

اندازه‌گیری میزان سدیم در زمان شروع کار نشان داد که دامنه تغییرات بین ۴۳/۳-۸۵/۵ میلی‌گرم در لیتر در نوسان بوده است. این مقدار پس از اتمام طرح بین ۳/۶-۹۹/۱۱۱ میلی‌گرم در لیتر تغییر یافت. درصد سدیم محلول در نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده در زمان شروع طرح بین ۷۰-۴۲ در نوسان بوده است، ولی در زمان خاتمه طرح به دامنه ۹۰-۷۷ تغییر یافته است ولی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. در زمان شروع طرح دامنه تغییرات مجموع کلسیم و پتاسیم ۱۹/۲۴-۷/۲ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. درحالی‌که مقدار این ویژگی پس از اتمام طرح بین ۲۶/۵-۱۸/۴ میلی‌گرم در لیتر تغییر یافت. آبیاری با آب شور سبب افزایش میزان سدیم شده است که از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۱ (P<0.01) معنی‌دار بود. مقدار نسبت جذب سدیم نمونه‌های خاک در ابتدای اجرای طرح بین ۱۷-۱۳/۳ بوده است، ولی پس از اجرای طرح این دامنه بین ۱۸/۴-۱۲/۷ تغییر یافته است. دامنه مجموع کاتیون‌های نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده در ابتدای انجام پژوهش بین ۸۰/۶-

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین ویژگی‌های خاک زمان شروع و خاتمه طرح

Table 1- Variance analysis of average soil characteristics at the start and end of the project

Sig	t	زمان پایان طرح	زمان شروع طرح	ویژگی خاک
ns 0.270	1.512	8.1	8.3	میانگین pH
*0.048	3.154	11	6.8	میانگین شوری
*0.015	-8.000	0.57	0.54	کربن آلی
**0.000	8.588	110.5	59.5	سدیم
ns 0.667	0.500	7.8	7.7	فسفر قابل جذب
ns 0.222	-1.750	170	166	پتاسیم قابل جذب
ns 0.105	-2.831	81.66	0.33	درصد سدیم محلول
ns 0.522	0.770	19.8	22	کلسیم + پتاسیم
ns 0.901	-0.141	15.2	14.9	نسبت جذب سدیم
*0.026	-6.078	91.3	65.96	جمع کاتیون‌ها
ns 0.423	-1.000	12.6	14.3	رس
ns 0.423	-1.000	46.3	44.6	سیلت
-	-	41	41	شن

ns و \*، \*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری

وضعیت رطوبت تیمار  $I_1P_2W_2$  نشان داد که دامنه رطوبتی آن در سال اول بین  $۱۳/۶-۱۵/۱$  و متوسط  $۱۴/۲$  درصد بوده است در حالی که در سال دوم مقدار آن به  $۱۳/۲-۱۲$  و متوسط  $۱۲/۶$  درصد تغییر کرده است. اندازه‌گیری رطوبت خاک  $I_1P_2W_1$  نشان داد که میزان رطوبت این تیمار در زمان‌های مختلف با دامنه تغییراتی  $۱۳/۷-۱۵/۱$  و متوسط  $۱۴/۴$  درصد همراه بوده است. این ویژگی در سال دوم به دامنه  $۱۳/۱-۱۱/۸$  و متوسط  $۱۲/۴$  درصد تغییر یافته است. دامنه تغییرات رطوبتی تیمار  $I_1P_1W_3$  در سال اول بین  $۱۴/۶-۱۲/۹$  و متوسط  $۱۳/۹$  درصد در نوسان بوده است. در سال دوم میزان رطوبت این تیمار بین  $۱۳/۲$  تا  $۱۱/۸$  و متوسط  $۱۲/۵$  درصد متغیر بوده است. بررسی میزان رطوبت تیمار  $I_1P_1W_2$  نشان داد که دامنه تغییرات رطوبتی این تیمار در سال اول بین  $۱۳/۱-۱۴/۷$  درصد متغیر و همچنین متوسط رطوبت این تیمار نیز  $۱۳/۹$  درصد بوده است. در سال دوم دامنه رطوبتی این تیمار بین  $۱۳/۲-۱۲$  متغیر و متوسط  $۱۲/۵$  درصد بوده است. بررسی وضعیت رطوبت تیمار  $I_1P_1W_1$  نشان داد که این ویژگی آن بین  $۱۳/۲-۱۴/۷$  و متوسط  $۱۴$  درصد متغیر بوده است. همچنین میزان رطوبت این تیمار در سال دوم بین  $۱۲/۷-۱۱/۹$  و متوسط  $۱۲/۴$  تغییر داشته است. بر اساس نتایج تأثیر روش‌های آبیاری در سطح یک درصد بر تغییرات رطوبت خاک معنی‌دار بود ( $p \leq 0.01$ ). در حالی که اثر نوع گیاه، سطح شوری آب، اثرات متقابل نوع روش آبیاری و سطح شوری و همچنین اثرات متقابل نوع روش آبیاری و گیاه معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد روش‌های آبیاری سفالی باعث افزایش  $۱۹$  درصدی رطوبت خاک نسبت به روش آبیاری قطره‌ای شده است که به لحاظ آماری در سطح  $۵$  درصد دارای اختلاف آماری است (شکل ۲). در بررسی اثر متقابل روش آبیاری، سطح شوری و نوع گیاه، یافته‌ها بیانگر آن است که مقادیر رطوبت خاک در همه تیمارهای

در ابتدای شروع طرح و قبل از آبیاری اقدام به اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک چاله‌ها در عمق  $۶۰$  سانتی-متری زمین شد. داده‌ها نشان داد که دامنه میزان رطوبت خاک تیمار  $I_2P_2W_3$  در سال اول اجرای طرح بین  $۱۳/۱-۱۱/۹$  و میانگین آن  $۱۲/۶$  درصد بوده است، ولی در سال دوم اجرای طرح میانگین آن به  $۱۱/۸$  درصد رسیده است. میزان رطوبت تیمار  $I_2P_2W_2$  بین  $۱۳/۴-۱۱/۸$  درصد در نوسان بوده است. نتایج حاصل از بررسی تجزیه واریانس داده‌های اندازه‌گیری رطوبت خاک در تیمارهای مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. میزان متوسط رطوبت این تیمار در سال اول نیز  $۱۲/۸$  درصد بوده است ولی در سال دوم این مقدار به ترتیب به  $۱۲/۳-۱۱/۱$  و  $۱۱/۸$  درصد تغییر یافته است. بررسی رطوبت تیمار  $I_2P_2W_1$  نشان داد که دامنه تغییرات آن در سال اول بین  $۱۲/۳-۱۳/۴$  با میزان متوسط  $۱۳$  درصد متغیر بوده است. در حالی که در سال دوم دامنه نوسانی آن تنزل یافته و به  $۱۲/۷-۱۰/۸$  و متوسط  $۱۱/۹$  درصد رسیده است. بررسی وضعیت رطوبت تیمار  $I_2P_1W_3$  نشان داد که دامنه تغییرات رطوبتی این تیمار در سال اول بین  $۱۳/۳-۱۲/۱$  با متوسط  $۱۲/۷$  درصد متغیر بوده است و این میزان در سال دوم به ترتیب به  $۱۲/۴-۱۰/۸$  درصد و متوسط  $۱۱/۷$  درصد تغییر یافته است. اندازه‌گیری میزان رطوبت تیمار  $I_2P_1W_2$  حاکی از آن است که در سال اول مقدار رطوبت بین  $۱۳/۴-۱۲/۵$  و متوسط  $۱۲/۹$  درصد در نوسان بوده است. در سال دوم این رطوبت به  $۱۲/۹-۱۰/۷$  و  $۱۲/۴$  درصد تغییر یافته است. میزان رطوبت تیمار  $I_2P_1W_1$  در سال اول در دامنه  $۱۳/۷-۱۲/۳$  درصد و متوسط  $۱۲/۹$  درصد قرار داشت ولی در سال دوم به دامنه بین  $۱۲/۷-۱۰/۸$  و متوسط  $۱۱/۸$  درصد تغییر یافت. بررسی وضعیت رطوبت تیمار  $I_1P_2W_3$  نشان داد که میزان آن بین  $۱۵/۹-۱۲$  و متوسط  $۱۳/۸$  درصد در نوسان بوده است ولی در سال دوم مقدار آن به دامنه  $۱۳/۹-۱۱/۹$  و متوسط  $۱۲/۶$  درصد تغییر داشته است. بررسی

آبیاری شده با استفاده از سفالی به‌طور معنی‌دار بیشتر از روش آبیاری قطره‌ای است ( $p \leq 0.05$ ). مقایسه میانگین اثر روش‌های آبیاری و سطح شوری آب بر میزان رطوبت خاک تیمارها در جدول در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر میزان رطوبت خاک تیمارها

Table 2- Variance analysis of the effects of treatments on soil moisture content of the treatments

میانگین مربعات	درجه آزادی	منبع تغییر
رطوبت خاک		
ns 1.99	2	تکرار
*21.2	1	I
ns 0.15	1	P
ns 0.22	2	W
ns 0.48	1	P × I
ns 0.054	2	W × P
ns 0.026	2	W × I
ns 0.015	2	W × P × I
0.48	72	خطا

\* معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ns غیر معنی‌دار است  
 شوری = W آبیاری = I گیاه = P

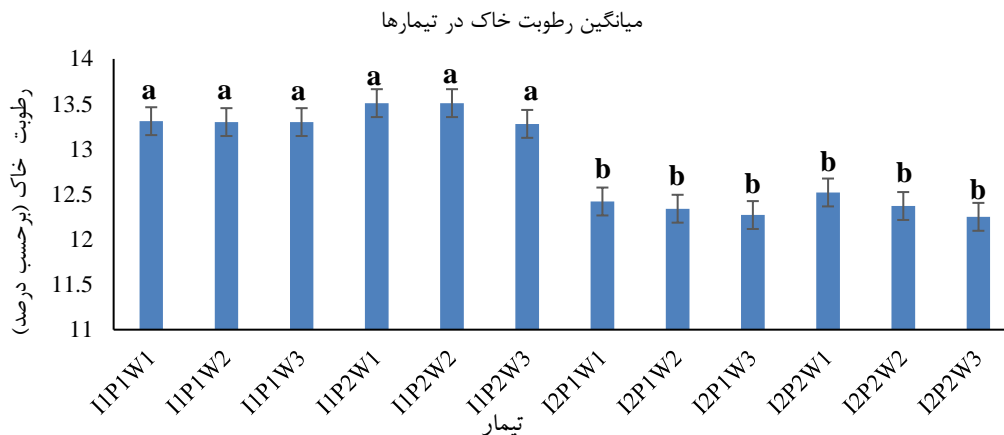
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر روش‌های آبیاری و سطح شوری آب بر میزان رطوبت خاک در تیمارها

Table 3- Compare Means of irrigation methods and water salinity level effects on soil moisture of treatments

رطوبت خاک (درصد)	تیمار
a 13.37	I <sub>1</sub>
b 11.16	I <sub>2</sub>
b 12.82	P <sub>1</sub>
a 12.91	P <sub>2</sub>
a 12.81	W <sub>1</sub>
a 12.76	W <sub>2</sub>
a 12.75	W <sub>3</sub>

شوری تا 1200 = W<sub>1</sub> آبیاری سفالی = I<sub>1</sub> آبیاری قطره‌ای = I<sub>2</sub> گیاه گل محمدی = P<sub>1</sub> چای ترش = P<sub>2</sub>  
 شوری تا 2200 = W<sub>2</sub> شوری تا 2200 = W<sub>3</sub> میکرو موس بر سانتی‌متر مربع =





شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های آبیاری، سطح شوری و نوع گیاه بر میزان رطوبت خاک تیمارها (میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری). (روش آبیاری = I؛ سفالی = I<sub>1</sub>، قطره‌ای = I<sub>2</sub>، گیاه = P، گل محمدی = P<sub>1</sub>، چای ترش = P<sub>2</sub>، سطح شوری = W، شوری ۱۲۰۰ EC = W<sub>1</sub>، شوری ۲۲۰۰ EC = W<sub>2</sub>، شوری ۳۲۰۰ EC = W<sub>۳</sub>).

Figure 2- Compare Means of interaction effect of irrigation methods, salinity level and plant type on the soil moisture level of the treatments (averages with the same letters in each column are statistically significant differences based on the LSD test). (Irrigation method = I; clay = I<sub>1</sub>, drip = I<sub>2</sub>, plant = P, *Rosa damascena* = P<sub>1</sub>, *Hibiscus sabdariffa* = P<sub>2</sub>, salinity level = W, salinity 1200 EC = 1 W, salinity 2200 EC = 2 W, salinity 3200 EC = 3W).

## بحث

سفال شوری کمتری دارد. نتایج این پژوهش با یافته‌های Vasudaven و همکاران (۲۰۱۱) که اعلام کردند سفال شوری را در دیواره‌های خود نگه می‌دارد، همخوانی دارد. آبیاری با آب شور سبب افزایش میزان سدیم شده است که از لحاظ آماری نیز معنی‌دار بود. یافته‌های این پژوهش با نتایج کار Taghizadehghasab و همکاران (۲۰۱۹) و Khademolhosseini و همکاران (۲۰۲۱) که گزارش دادند آبیاری با آب شور سبب افزایش سدیم خاک می‌شود مطابقت دارد. میزان درصد سدیم خاک در دو زمان اندازه‌گیری متفاوت بود که دلیل آن تأثیر آب شور روی این ویژگی خاک بوده است که با یافته‌های Varjavand و همکاران (۲۰۲۲) که گزارش دادند که کاربرد آب شور برای آبیاری موجب شور شدن خاک می‌شود و علاوه بر آن خاک مزرعه را به سمت سدیمی تغییر می‌دهد، مطابقت دارد. بین مجموع کاتیون‌ها اختلاف معنی‌دار بوده است که این وضعیت به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم می‌تواند بر

در این پژوهش تأثیر سطوح مختلف شوری آب و آبیاری سفالی بر ویژگی‌های خاک و استقرار گیاهان در دشت سیستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که دامنه تغییرات میزان هدایت الکتریکی خاک محدوده مورد بررسی در شروع طرح و پس از اجرای آن با هم اختلاف معنی‌داری داشته است. چنین تغییری به این دلیل است که آبیاری با آب شور سبب افزایش میزان شوری خاک می‌گردد که با نتایج پژوهش محققانی مانند Choudhary و همکاران (۲۰۰۶)، Hati و همکاران (۲۰۰۷)، (۲۰۰۵) Tedeschi & Aquila و همچنین Afzali & Kamali Maskooni (۲۰۱۹) که اعلام کردند آبیاری با آب شور باعث افزایش مقدار شوری خاک می‌گردد، مطابقت دارد. تیماری‌های آبیاری سفالی در شوری خاک تغییرات کمتری ایجاد کردند. علت آن است که دیواره‌های سفال تا حدی نمک را در خود نگه می‌دارد که نشان می‌دهد آبی که به داخل خاک می‌ریزد در مقایسه با آب مصرفی داخل

می‌شود که این عمل علاوه بر تأمین نیاز آبی باعث کاهش درجه دمای خاک نیز می‌گردد؛ اما در آبیاری نوع قطره‌ای رطوبت در سطح خاک قرار می‌گیرد که به دنبال آن رطوبت به صورت افقی در سطح خاک پخش می‌شود و آب در عمق خاک نفوذ نمی‌نماید. ریشه گیاه نیز در سطح خاک مستقر می‌شود. این وضعیت باعث می‌شود تبخیر و تعرق افزایش یابد و ریشه گیاه با تنش آبی روبرو شود. همچنین املاح خاک نیز با انجام عمل تبخیر سبب شور شدن خاک می‌شود. علاوه بر آن شوری آب نیز بر شدت شوری خاک می‌افزاید که این فرآیند تخریب و فرسایش خاک را به همراه دارد؛ بنابراین برای تداوم بهره‌برداری در نواحی خشک و بیابانی نیاز به استفاده از روش مناسب آبیاری به منظور بهره‌برداری پایدار از اراضی بدون صدمه به اجزای زیست‌بوم آن از جمله خاک ضروری می‌شود. از این رو با توجه به روش‌های موجود آبیاری، نوع سفالی نسبت به انواع دیگر روش‌ها، از اهمیت بیشتری برخوردار است؛ بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود با توجه به کمبود منابع آب شیرین در سیستان و محدودیت جریان آب از افغانستان و وجود منابع آب شور زیرسطحی استفاده از آن‌ها ضروری است که به کارگیری روش آبیاری سفالی عملکرد مثبتی بر روی پوشش گیاهی و بهبود وضعیت زیست‌محیطی و استمرار بهره‌برداری از اراضی کشاورزی منطقه خواهد داشت.

## References

- Ataee, A., Akbari, M., Neyshabouri, M. R., Zarehagi, D. & Onnabi Milani, A. (2019). Pistachio response to water and salinity distribution in surface and subsurface drip irrigation systems. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 13(1), 115-128.
- Bainbridge, D.A., Tiszler, J., McAller, R. & Allen, M.F. (2001). Irrigation and surface mulch effects on transplant establishment. *Native Plants Journal*, 2(1), 25-29.
- Cheraghi, A. M. & Dehghanisanij, H. (2017). Drip Irrigation under Saline Water Use.

کاهش کیفیت خاک کشاورزی تأثیر داشته باشد که با نتایج یافته‌های Hussain و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد. بررسی اثر آبیاری بر روی خاک اختلاف معنی‌دار بود. در روش آبیاری سفالی روند انتقال آب محدود به ناحیه ریشه گیاه است که با تأمین رطوبت مورد نیاز در اطراف ریشه باعث بهبود عملکرد و رشد گیاه می‌شود. به عبارتی دیگر نحوه توزیع رطوبت خاک در آبیاری سفالی که به صورت تراوشی و به طور یکسان در اطراف ریشه گیاه صورت می‌گیرد باعث می‌شود رطوبت به طور مستقیم در اطراف ناحیه ریشه قرار گرفته و در نتیجه رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Lucieta و همکاران، ۲۰۱۸).

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر دو روش آبیاری با آب شور بر روی رطوبت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در مقایسه میانگین تمام ویژگی‌ها، عملکرد آبیاری سفالی بهتر بود. روند کار در این روش آبیاری به گونه‌ای است که سفال - ها نقش فیلتر را ایفاء می‌نمایند و آب مناسبی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. در این نوع آبیاری، انتقال آب منحصر به محدوده ریشه گیاه است که سبب افزایش رطوبت خاک در این محل می‌شود که این فرآیند بهبود عملکرد گیاه را به همراه دارد. به بیانی دیگر، توزیع رطوبت در خاک در آبیاری سفالی تراوشی بوده، به طوری آب به طور یکسان به ناحیه ریشه گیاه وارد

*Water Management in Agriculture*, 4(1), 1-8.

- Choudhary, B. S., Ghuman, Josan, A.S. & Bajwa, M.S. (2006) Effect of alternating irrigation with sodic and non-sodic waters on soil properties and sunflower yield" *Journal of agricultural water management*, 85, 151-156.
- Dayana, P., Lakshmi, K., Manikandan, D., Leninraja, M. & Pushpam, K. (2022). Effect of Saline and Sodic Water Irrigation on Physico-Chemical Properties of Inceptisols. *Biological Forum, an International Journal*, 14(2a), 517-520.

- Hanafiah, M.M., Xenopoulos, M.A., Pfister, M., Leuven, R.S. & Huijbregts, M.A. (2011). Characterization factors for water consumption and greenhouse gas emissions based on freshwater fish species extinction. *Environ. Sci. Technol*, 45, 5272-5278.
- Haj-Amor, Z., Hashemi, H. & Bouri, S. (2018). The consequences of saline irrigation treatments on soil physicochemical characteristics. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 3(22), 1-12.
- Hussain, Z., Khattak, R. A., Irshad M., Mahmood, Q. & An. P. (2016). Effect of saline irrigation water on the leachability of salts, growth and chemical composition of wheat (*Triticum aestivum* L.) in saline-sodic soil supplemented with phosphorus and potassium, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16 (3), 604-620.
- Hati, K.M., Biswas, A.K., Bandyopadhyay, K. & Misra, A.K. (2007). Soil properties and crop yields on a vertisol in India with application of distillery effluent. *Soil and Tillage Research*. 92, 60-68.
- Greenlee, L.F., Lawler, D.F., Freeman, B.D., Marrot, B. & Moulin, P. (2009) Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. *Water Res*, 43, 2317-2348
- Jahantigh, M. (2021). Effects of irrigation methods of subsurface, clay pot and drop on Mulberry growth in dry land region (Case study: Sistan area). *Water and Soil Management and Modelling*, 1(2), 25-35. (In Persian)
- Jahanthigh, M., Najafinejad, A., jahantigh, M. & Hosseinalizadeh, M. (2022). Effect of sand mulch and nano-clay in buried clay pot irrigation on soil moisture, temperature and aggregate stability variations in arid region, case study: Nimroz City. *Watershed Engineering and Management*, 14(2), 260-281. (In Persian)
- Li, J.G., Qu, Z.Y., Chen, J., Wang, F. & Jin, Q. (2018). Effect of different thresholds of drip irrigation using saline water on soil salt transportation and maize yield. *Water*, 10, 1855.
- Lucieta, G., Martorano, A., Araya, A., Berhe, J., Cabral, S., Moraes, A., Rayanne, A., Lima, S., Costa, D.A., Michelle, A., Barbosa, S. & Marques, M.C. (2018). Water Replenishment in Agricultural Soils: Dissemination of the Irrigation Pot Technology, <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.80605>
- Khademolhosseini, Z., Jafarian, Z., Rowshan, V. & Ranjbar, G. (2021). The effect of salinity levels of irrigation water on some biochemical characteristics of medicinal plant of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *j.plant proc. func.* 10 (41), 97-113. (In Persian)
- Kamali Maskooni, E. & Afzali, S. F. (2019). Effect of irrigation with different salinities on some soil characteristics and salt concentration factor (Case study: Bighard, Khonj). *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(4), 141-152. doi: 10.22034/jest.2019.24499.3370
- Khamidov, M., Ishchanov, J., Hamidov, A., Donmez, C. & Djumaboev, K. (2022). Assessment of Soil Salinity Changes under the Climate Change in the Khorezm Region, Uzbekistan. *Int J Environ Res Public Health*, (14), 8794. doi: 10.3390/ijerph19148794. PMID: 35886646; PMCID: PMC9321814.
- Mansouri, H. (2011). *Management methods of using saline water in sustainable agriculture*, the second national conference of applied research on water resources of Iran, Zanjan, Zanjan Regional Water Company, Zanjan, Iran. (In Persian)
- Naik, B.S., Panda, R.K., Nayak. S.C., Sharma. S.D. & Sahu, A.P. (2013). Impact of pitcher material and salinity of water use donflowrate, wetting frontadvance, soil moisture and salt distribution in soil in pitcher irrigation. *Journal of irrigation and drainage*, 62, 687-694.
- Taghizadehghasab, A., Safadoust, A. & Mosaddeghi, M. R. (2019). Effects of Saline and Sodic Water on Hydraulic Properties of Clay Loam and Sandy Loam Soils. *Iranian Journal of Soil Research*, 33(1), 115-125. doi: 10.22092/ijsr.2019.119060. (In Persian)
- Tedeschi, A. & Dell'Aquila, D. (2005). Effects of irrigation with saline waters, at different concentrations, on soil physical and chemical characteristics. *Agricultural Water Management*, 77, 120-140.
- Wei, C.C., Li, F.H., Yang, P.L., Ren, S.M., Wang, S.J., Wang, Y., Xu, Z., Xu, Y., Wei, R. & Zhang, Y.X. (2019). Effects of Irrigation Water Salinity on Soil Properties,

- N<sub>2</sub>O Emission and Yield of Spring Maize under Mulched Drip Irrigation. *Water*. 11, 1548, doi: 10.3390/w11081548.
- Vafaei, G., Babazadeh, H., Ashrafi, S. & Pazira, E. (2022). The study of permeability of sub-surface irrigation porous clay pipes under water quality and soil texture point source. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 14(4), 1487-1498. (In Persian)
- Varjavand, P., Andarzian, S. B., Mokhtaran, A. & Mosadeghi, A. (2022). Investigation of irrigation by sugarcane drainage water on soil quality specifications and yield of 20 genotypes of wheat in south of Khuzestan. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(3), 719-730. doi: 10.22077/escs.2021.
- Vasudaven, P. Ka., Bhumija, S., Tandon, R.K., Mamta, S. & Sen, P. K. (2011). Buried clay pot irrigation using saline water. *Journal of Scientific and Industrial Research (JSIR) JSIR*, Vol.70.
- Zhang, P. & Shen, J. (2022). Effect of Brackish water irrigation on the movement of water and salt in salinized soil. *Open Geosciences*. 14(1), 404- 13. <https://doi.org/10.1515/>.