

## The effect of changes in salinity and irrigation method on the growth of *Rose* and *Hibiscus sabdariffa* crops in the Sistan plain

Mansour Jahantigh<sup>1\*</sup>, Moien Jahantigh<sup>2</sup>, Khodadad Dhemardhe<sup>3</sup>, Reza Bayat<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Department, Sistan Agriculture and Edition Natural Resources Research Centre, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Zabol, Iran

<sup>2</sup>Graduated Ph.D. Student, Department of Watershed Management, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

<sup>3</sup>Researcher, Soil and Water Department, Sistan Agriculture and Edition Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Zabol, Iran

<sup>4</sup>Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

### Abstract

#### Introduction

Today, water security is one of the important limitations of development, especially in dry and desert areas. Because these areas not only have low rainfall, but also this low rainfall is not properly distributed. Despite the increase in irrigation efficiency in some agricultural methods, the limitation of freshwater resources in some areas makes it necessary to use salt water in agriculture. However, the use of these water sources has negative effects on the soil and the environment. So the salinity of soil and irrigation water reduces crop yield and puts soil resources at serious risk. It is possible to increase the crop yield and control soil erosion by using the appropriate irrigation method. The problem of salinity in plants is due to the accumulation of excessive amounts of sodium chloride, which is widely spread in coastal areas, soils of dry areas, and fertile lands. Studies have shown that the use of saline water, especially in conditions of equal fertilization between treatments, often reduces the absorption of important nutrients such as nitrogen due to the existence of a significant relationship between the absorption of water and nutrients. Research in the north of Golestan province showed that salinity causes a significant decrease in plant biomass. The effect of salinity stress on the accumulation of sodium, potassium, and chlorine in the plant was significant and the highest amount of ions was accumulated in the leaves. The plant's root system is selective in absorbing and transferring sodium to its aerial parts.

#### Materials and Methods

To do this research, first, by selecting 36 experimental units, holes with a diameter of 50 cm and a depth of 60 cm were dug in the center of each one, and then the treatments were prepared. This research is in the form of treatments consisting of irrigation factor (clay and drip irrigation method), salinity level (salinity up to 1200, salinity up to 2200, and salinity up to 3200  $\mu\text{mhos cm}^{-2}$ ), and plant (*Rose* and *Hibiscus sabdariffa*) in three repetitions and it was done factorial randomized complete blocks design. Three water sources each with a capacity of 200 liters were placed at a height of less than two meters from the ground. *Rose* plant was prepared in the form of potted seedlings and *Hibiscus sabdariffa* seeds were planted in the greenhouse and after about two weeks in March, it was transferred to the field. The growth height of the plants, as well as the crown, the diameter of the plant stem, and the number of their branches in the growing season were measured. Also, three soil samples were collected and their characteristics of salinity, acidity, and texture were measured. In order to analyze the data, the statistical method of analysis of variance (ANOVA) and the least significant difference (LSD) test were used to compare the average of the studied indicators using MSTAT-C software and SPSS software.

#### Results and Discussion

The results of variance analysis of some growth traits of the studied species showed that seedling height and stem diameter were affected by different levels of salinity and the values of this plant characteristic showed a statistically significant difference. The reason for the decrease in plant growth in a plant that is irrigated with more salinity is that the presence of salt in the soil exceeds the tolerance threshold of the plant, and as a result, the accumulation of excess salt in the root zone is a limiting factor for plant growth. According to the results of

the effect of irrigation methods, as well as the interaction effect of salinity and irrigation method on the aforementioned indicators, there was no statistically significant difference. The interaction effect of plant and water salinity levels on the values of these variables was significant. The comparison of the average data showed that the height of the studied species was significantly increased by using the clay irrigation method. The maximum diameter of the stem was also measured in the clay irrigation method, which was associated with an increase of 1.7\% compared to the drip irrigation method. Also, the results show that the highest values of the studied variables are related to the rose flower plant, which is 1.7 and 3 times more than the sour tea plant, respectively. Clay irrigation causes water to be transferred to the root area of the plant, which improves the performance and growth of the plant by providing the required moisture around the root. In other words, the way to distribution soil moisture in clay irrigation takes place in the form of percolation and uniformly around the root of the plant, which causes the moisture to be placed directly around the root area and thus affects the growth of the plant. In addition, the canopy data and the number of branches showed that there is no significant difference between them.

### Conclusion

This research tested the effect of different levels of water salinity and clay and drip irrigation on the establishment of plants in the Sistan plain, considering the existence of a water shortage crisis in the region, in order to use saline water on two plants, *rose* and *Hibiscus sabdariffa*. The results showed that clay irrigation performance was better than drip irrigation at all salinity levels. Because in the drip irrigation method, with the occurrence of drought stress, it reduces plant growth compared to the clay irrigation method. In addition, in the drip irrigation method, water is placed on the soil surface and deep penetration is limited, and as a result, the increase in humidity in the subsurface layers is less. In the clay irrigation method, due to deep penetration and uniform distribution of moisture in the soil profile, the amount of moisture stored in the soil increases.

**Keyword:** Clay pot irrigation, Moisture storage, Plant root, Saline water, Soil evaporation

### Article Type: Case Study

\*Corresponding Author, E-mail: Mjahantigh2000@yahoo.com

**Citation:** Jahantigh, M., Jahantigh, M., Dhemardhe, D., & Bayat, R. (2023). The effect of changes in salinity and irrigation method on the growth of *Rose* and *Hibiscus sabdariffa* crops in the Sistan plain. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(4), 181-191.

DOI:10.22098/mmws.2023.12061.1199

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.4.12.6

Received: 07 January 2023, Received in revised form: 19 January 2023, Accepted: 19 January 2023, Published online: 19 January 2023

*Water and Soil Management and Modeling*, Year 2023, Vol. 3, No. 4, pp. 181-191

Publisher: University of Mohaghegh Ardabil

© Author(s)





## تأثیر تغییرات شوری و روش آبیاری بر رشد محصولات گل محمدی و چای ترش در دشت سیستان

منصور جهان تیغ<sup>۱\*</sup>، معین جهان تیغ<sup>۲</sup>، خداداد دهمرده<sup>۳</sup>، رضا بیات<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار، حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران  
<sup>۲</sup> دانش آموخته دکتری، گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه گرگان، گرگان، ایران  
<sup>۳</sup> محقق، بخش آب و خاک، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران  
<sup>۴</sup> استادیار، گروه مهندسی حفاظت آب و خاک، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

### چکیده

سیستان به دلیل نداشتن سفره آب زیرزمینی و وابستگی به آب رودخانه هیرمند در افغانستان با بحران بی آبی همراه است. ولی دارای آب زیرسطحی شور است که استفاده از آن در بهبود وضعیت منطقه مؤثر است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر تغییرات شوری و روش آبیاری بر رشد محصولات گل محمدی و چای ترش بوده است. با انتخاب ۳۶ واحد آزمایشی و در مرکز هر یک، چاله‌هایی به قطر ۵۰ و عمق ۶۰ سانتی‌متر حفر شد. تیمارهای پژوهش شامل روش آبیاری (سفالی و قطره‌ای)، سطح شوری (شوری تا ۱۲۰۰، شوری تا ۲۲۰۰ و شوری تا ۳۲۰۰ میکرو موس بر سانتی‌متر مربع) و نوع گیاه (گل محمدی و چای ترش) است. این پژوهش در غالب طرح بلوک تصادفی با سه تکرار در ایستگاه کشاورزی زهک اجرا شد. گیاه گل محمدی به صورت نهال گلدانی و بذر چای ترش در گلخانه کاشته شد. در ابتدا، ماهانه ۱۰ لیتر آب در اختیار گیاه قرار گرفت. ارتفاع رشد، تاج پوشش، قطر ساقه و تعداد شاخه گیاهان در فصل رشد اندازه‌گیری شد. سه نمونه خاک برداشت و برخی ویژگی‌های آن‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس صفات رشدی گیاهان نشان داد که ارتفاع نهال و قطر ساقه تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار گرفته، به طوری که با کاربرد روش آبیاری سفالی ارتفاع و قطر نهال‌ها به ترتیب ۱۳ و ۱/۷ درصد بیش‌تر از روش آبیاری قطره‌ای بود که از لحاظ آماری در سطح یک درصد معنادار ( $P \leq 0.01$ ) بود. هم‌چنین، یافته‌ها نشان داد که گیاه گل محمدی نسبت به شوری آب، عملکرد رشدی بیش‌تری نسبت به چای ترش دارد. علاوه بر آن داده‌های تاج پوشش و تعداد شاخه‌ها نشان داد هر چند با هم اختلاف دارند ولی از لحاظ آماری اختلاف معناداری بین آن‌ها وجود ندارد. نتیجه‌گیری می‌شود که در آبیاری سفالی به دلیل نفوذ عمقی و توزیع یکسان رطوبت در خاک، از تبخیر آب جلوگیری می‌شود که این عمل سبب افزایش رطوبت اطراف ریشه گیاه شده و تراوش آب از کوزه به اطراف کاهش درجه حرارت اطراف گیاه را نیز به همراه دارد که این خود رشد مناسب آن را در پی داشته است.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری سفالی، آب شور، ریشه گیاه، تبخیر خاک، ذخیره رطوبت

نوع مقاله: مطالعه موردی

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Mjahanigh2000@yahoo.com

**استناد:** جهان تیغ، منصور، جهان تیغ، معین، دهمرده، خداداد، و بیات، رضا (۱۴۰۲). تأثیر تغییرات شوری و روش آبیاری بر رشد محصولات گل محمدی و چای ترش در دشت سیستان. *مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۴)، ۱۸۱-۱۹۱.  
DOI: 10.22098/mmws.2023.12061.1199  
DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.4.12.6



تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۷، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۲۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۹، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۰/۲۹  
*مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، سال ۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۴، صفحه ۱۸۱ تا ۱۹۱  
ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی © نویسندگان

## ۱- مقدمه

یکی از محدودیت‌های مهم توسعه در دنیای کنونی به‌ویژه نواحی خشک و بیابانی، کمبود آب است؛ زیرا این مناطق نه تنها از بارش کمی برخوردار هستند، بلکه این بارندگی ناچیز پراکنش مناسبی نیز ندارد. به دلیل افزایش نیاز غذایی و تلاش برای رفع آن، در حال حاضر آب یکی از مهم‌ترین مسائل نواحی خشک و نیمه‌خشک از جمله کشور ایران است. با وجود افزایش راندمان آبیاری در بعضی از روش‌های کشاورزی و محدودیت منابع آب شیرین در برخی از مناطق، استفاده از آب شور در کشاورزی را ضروری می‌نماید. ولی استفاده از این منابع آبی اثرات منفی بر روی خاک و محیط‌زیست برجای می‌گذارد (Yeo et al., 1980; Reddy and Rao, 1980; Batchelor et al., 1996). به طوری که شوری خاک و آب آبیاری باعث کاهش عملکرد محصول شده و منابع خاک را در معرض خطر جدی قرار می‌دهد. با اعمال مدیریت‌های مناسب آبیاری می‌توان میزان عملکرد محصول را ارتقاء داد و روند تخریب خاک را کنترل کرد (Mansouri, 2011; Mondal, 1978; Tedeschi and Aquila, 2005).

میزان جذب عناصر غذایی مهم مانند نیتروژن، پتاسیم و فسفر یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های تعیین‌کننده کمیت و کیفیت محصول بوده که تحت تأثیر کیفیت آب ورودی قرار دارد. عمده مشکل شوری در گیاهان عالی به دلیل تجمع مقادیر بیش از حد کلرید سدیم است که به طور گسترده در مناطق ساحلی، خاک‌های مناطق خشک و زمین‌های فاریاب پخش شده است (Munns, 2002). بررسی‌ها نشان می‌دهد که استفاده از آب شور به‌ویژه در شرایط کوددهی مساوی بین تیمارها، غالباً با کاهش جذب عناصر غذایی مهم از قبیل نیتروژن (Hati et al., 2007; Heydari, 2000) به دلیل وجود ارتباط معنادار بین میزان جذب آب و مواد غذایی (Sharifabadi, 2000; Wan et al., 2009; Gheysari et al., 2010) همراه بوده است. مصرف آب با شوری حدود ۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر همراه با عملیات کوددهی و ماسه‌دهی به ترتیب به مقدار ۳۰ و ۳۰۰ تن در هکتار به‌طور میانگین در دو سال حدود ۴۵ درصد افزایش عملکرد تولید محصول داشته است (Rajabi, 2010). در این راستا، Salehi et al. (2011) به منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر میزان تجمع یون‌ها و عکس‌العمل کوشیا برای تحمل شوری، آزمایشی در هفت سطح شوری با استفاده از آب زهکش با سه تکرار در طرح بلوک‌های کامل تصادفی در اراضی شمال استان گلستان انجام دادند. نتایج نشان داد که شوری موجب کاهش معنادار در میزان زیست‌توده گیاه شده است. تأثیر تنش شوری بر تجمع سدیم، پتاسیم و کلر در گیاه معنادار و بیش‌ترین میزان یون‌ها در برگ تجمع یافت.

سامانه ریشه‌ای این گیاه در جذب و انتقال سدیم به اندام هوایی انتخابی عمل می‌کند. علاوه بر آن با افزایش میزان سدیم در محیط توسعه ریشه گیاه، جذب انتخابی برای پتاسیم افزایش یافته و می‌تواند نسبت سدیم به پتاسیم را حفظ کند. هم‌چنین، نتایج نشان داد این گیاه تحمل بالایی نسبت به تجمع کلر در برگ‌ها دارد و در واقع یک گیاه خارج‌کننده نمک محسوب می‌شود؛ زیرا شورزیست‌ها راه‌کارهای متفاوتی برای مقابله با شوری دارند. این راهکارها شامل کاهش میزان تجمع سدیم و کلر در سیتوپلاسم نسبت به محلول خاک است که باعث می‌شود فعالیت‌های بیوشیمیایی سیتوپلاسم تحت تأثیر نمک قرار نگیرد (Stoery et al., 1983). راه‌کار دیگر کاهش میزان پتانسیل محلول سلول نسبت به محیط خاک است (Martorano et al., 2018; Thingujam et al., 2017). از این‌رو، برای کاهش اثرات آبیاری با آب شور استفاده از فن‌آوری مناسب به‌منظور استفاده از منابع آبی غیرمترعارف از جمله آب‌های شور ضروری است.

یکی از روش‌های مناسب آبیاری با آب شور، نوع سفالی است که اثرات مثبتی بر روی پوشش گیاهی دارد (Bainbridge et al., 2021; Ghorbani Vaghei and Bahrami, 2001). در این روش نهال به‌طور سریع زندگی مستقلی پیدا نموده و ریشه‌های عمیق دریافت آب را تسهیل و سازگاری گیاهان را در فصل خشک بهبود می‌بخشد. این روش برای منطقه ریشه مفید و با آب کم کیفیت کارایی مناسبی دارد. هزینه این نوع آبیاری از لحاظ نیروی کار نسبت به سایر روش‌ها پایین و علف‌های هرز را کنترل و راندمان آن حتی بر شیب‌های بالا و روانابی نیز ایجاد نمی‌شود (Bainbridge et al., 1998). بهترین سفال مناسب آبیاری زمانی است که سوراخ در پایین آن قرار داشته باشد. این روش آبیاری در جاهایی که آب به اندازه کافی برای انجام امور کشاورزی خصوصاً در مناطق خشک وجود ندارد (Bainbridge et al., 2001) و یا نقاطی که آب شیرین کم دارد و یا در جاهایی که میزان نفوذپذیری آن زیاد و یا مشکل شوری دارد (Bainbridge et al., 2002; Adams et al., 1992) کشاورزی در مقیاس کوچک کارآمد است. مطالعات متعددی بر روی استفاده از آب شور با روش آبیاری سفالی صورت گرفته است که نشان می‌دهد کارآمدی مناسبی برای تولید محصول دارد (Gupta, 2002; Mondal et al., 1992; Mohammed and Ansari et al., 2014; Al-Mohammed, 2012). نمک که در آبیاری سطحی در منطقه ریشه تمرکز دارد در آبیاری سفالی به سطح زمین حرکت و در آنجا تمرکز می‌نماید (Mondal, 1987; Vasudaven et al., 2011; Adhikary and Pal, 2020).

<sup>1</sup> Buried clay pot

اقدامات حفاظتی با هدف استفاده بهینه از منابع آب و خاک با کاهش تبخیر و استقرار پوشش گیاهی به منظور ارائه راهکارهای کاربردی و سازگار با شرایط اقلیمی منطقه سیستان با استفاده از سه نوع روش آبیاری از جمله نوع سفالی بر روی گیاه هندوانه ابوجهل و چای ترش را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج کار آنان نشان داد که آبیاری سفالی کارایی بالایی دارد. با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام گرفته در داخل و خارج از کشور، سفال از کارایی مناسبی در کاهش مصرف آب و نتیجه مطلوب در استفاده از آب شور برخوردار است. از این رو، با توجه به وضعیت بحرانی منطقه سیستان و وجود منابع آبی شور و عدم انجام پژوهش در این خصوص، هدف پژوهش حاضر بررسی عملکرد این روش آبیاری در منطقه است تا در صورت داشتن کارایی با شرایط این منطقه، برای توسعه آن برنامه‌ریزی شود.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال استان سیستان و بلوچستان از توابع شهرستان زهک با مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 40' 61''$  تا  $39^{\circ} 40' 61''$  عرض شمالی و  $08^{\circ} 54' 30''$  تا  $06^{\circ} 54' 30''$  عرض شمالی و در ارتفاع حدود ۴۸۰ متر از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱). این محدوده مسطح و در فاصله حدود ۴۰۰ متری از رودخانه هیرمند قرار دارد. متوسط بارندگی ۵۰ و تبخیر سالانه منطقه ۵۰۰۰ میلی‌متر است که به‌طور عمده در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد صورت می‌گیرد. میانگین سالانه درجه حرارت بیشینه و کمینه این منطقه ۸ و ۳۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط رطوبت نسبی حدود ۲۷ درصد دارد. وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان از خصوصیات بارز منطقه به حساب می‌آید. به‌طوری‌که سرعت وزش آن فصل تابستان و حتی در سایر ایام سال به بیش از ۱۲۰ کیلومتر در ساعت نیز می‌رسد که باعث ایجاد فرسایش شده و خسارات مادی زیادی بر زیست‌بوم منطقه تحمیل می‌نماید. بنابراین، وزش طوفان‌های شنی یکی از دلایل عدم توسعه یافتگی منطقه سیستان محسوب می‌شود که اثر سویی در توسعه آن ایفاء می‌نماید. سیستان فاقد سفره آب زیرزمینی بوده و آب آن وابسته به خارج از مرزها است. ولی دارای آب زیرسطحی شور است. خاک منطقه حاصل رسوبات انتقال یافته از کشور افغانستان به‌وسیله رودخانه هیرمند است که دارای بافت سنگینی می‌باشد. پوشش گیاهی سیستان را انواع گونه‌های هالوفیت که از لحاظ تحمل به شوری و خشکی دامنه بردباری زیادی دارند، تشکیل می‌دهد.

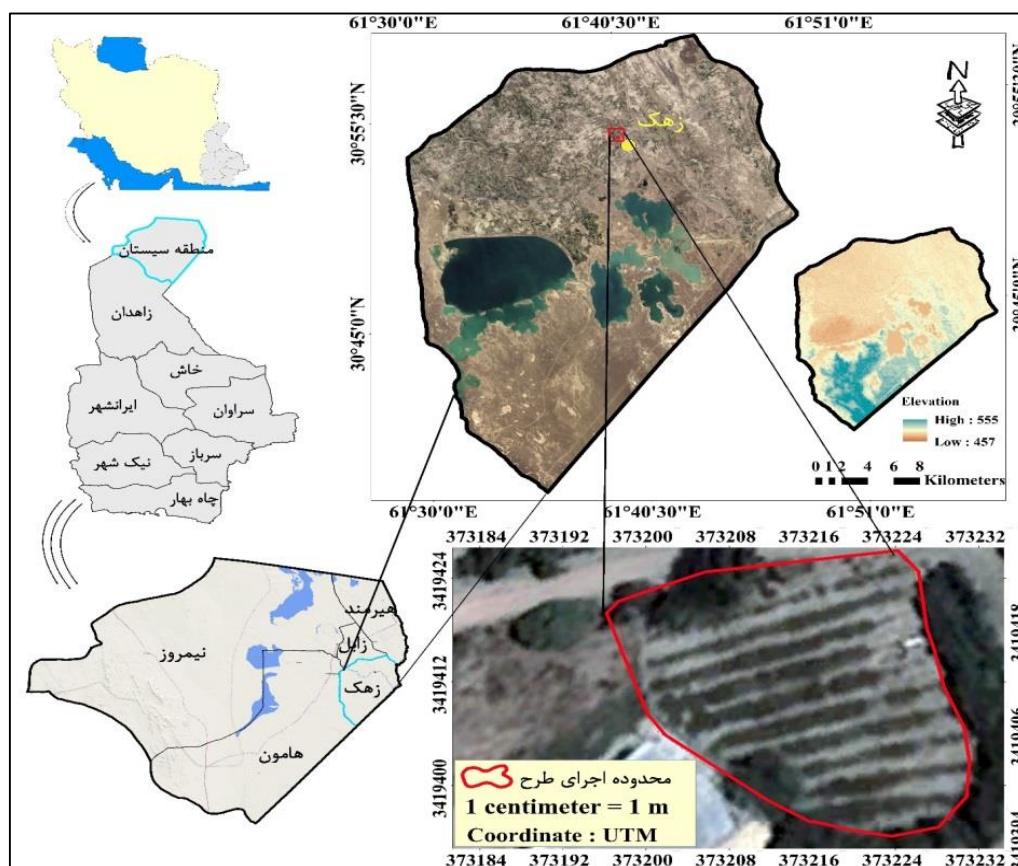
### ۲-۲- روش پژوهش

مناطق از کشور پاکستان با ۲۰ میلی‌متر بارندگی درخت آکاسیا کاشته شده است که عملکرد مناسبی داشته است. بررسی نشان می‌دهد درختانی که با سفال آبیاری شده‌اند زنده‌مانی گیاه ۶۵ تا ۹۶/۵ درصد افزایش می‌یابد (Kurian, et al., 1983). در پژوهشی، Kurian et al. (1983) گزارش کردند درختان *prosopis spp.* که با روش سفالی آبیاری شده‌اند سه برابر و ۷۰ درصد مرتفع‌تر از نهال‌هایی بوده‌اند که به‌ترتیب فقط از آب باران استفاده نموده‌اند و آبیاری به‌طور سطحی انجام پذیرفته است. مطالعات متعددی بر روی استفاده از آب شور با روش آبیاری سفالی صورت گرفته است که نشان می‌دهد کارآمد مناسبی برای تولید محصول دارد (Gupta, 2002; Mondal et al, 1992; Okalebo et al., 1995). نمک که در آبیاری سطحی در منطقه ریشه تمرکز دارد در آبیاری سفالی به سطح زمین حرکت و در آن جا تمرکز می‌نماید (Vasudaven et al., 2011). نتایج پژوهش Siyal et al. (2015) در کشور پاکستان با دو روش آبیاری سفالی و سطحی نشان داد که در روش سفالی بین ۸۴-۸۲ درصد در مناطق با تبخیر بالا صرفه‌جویی آب صورت گرفته است. علاوه بر این در آبیاری سفالی میزان شوری خاک ۱۳/۷ درصد کاهش یافته است. همچنین، Jahantigh (2021) عملکرد آبیاری سفالی نسبت به نوع قطره‌ای و زیرسطحی را در منطقه سیستان مورد آزمایش قرار داد. نتایج کار وی نشان داد که کارایی این روش آبیاری نسبت به نوع زیرسطحی کم‌تر ولی از قطره‌ای بیشتر است. از مهم‌ترین مزایای دیگر سفال ارزش فوق‌العاده آن در خاک‌های شور یا در جاهایی که فقط آب شور در دسترس است و در نقاطی که آب ارزش داشته و با محدودیت همراه و زهکشی سریع انجام می‌پذیرد، است.

افزایش محصولات کشاورزی نسبت به سایر روش‌ها، کاهش نفوذ، کنترل علف‌های هرز، عدم تأثیر منفی بر اکوسیستم، کاهش مصرف کود از مزایای دیگر این نوع آبیاری به‌شمار می‌آید. گل محمدی سازگاری زیادی به شرایط خشکی دارد. به‌طوری‌که در مناطقی مانند کاشان که با بارندگی ۲۰۰-۱۵۰ میلی‌متر، عملکرد بالایی دارند (Emad et al., 2011). همچنین، در خصوص عملکرد چای ترش در منطقه سیستان Forouzandeh et al. (2017) بررسی تأثیر آبیاری با نسبت‌های مختلف اختلاط زه‌آب با آب شیرین و محلول‌پاشی کود کامل بر عملکرد و اجزای عملکرد چای ترش را مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنان نشان داد که بیش‌ترین عملکرد کاسبرگ این گیاه را تیمار آبیاری با آب شیرین داشت. آنان گزارش کردند برای دستیابی به ویژگی‌های کمی و کیفی مطلوب در چای ترش، استفاده از تیمار آبیاری با آب شیرین در تمام مراحل رشد و کود کامل را توصیه نموده‌اند. در پژوهش دیگری، Jahantigh et al. (2022)

آبی ذخیره شد. گیاه گل محمدی به صورت نهال گلدانی تهیه و برای تهیه چای ترش بذر آن در سبد کشت گلخانه، کشت و پس از حدود دو هفته در اسفند ماه به مزرعه انتقال یافت. با توجه به پژوهش‌های قبلی در منطقه، ابتدا ماهانه ۱۰ لیتر آب در اختیار گیاه قرار گرفت. ارتفاع رشد گیاهان، تاج پوشش، قطر ساقه گیاه و تعداد شاخه آن‌ها در فصل رشد اندازه‌گیری شد. همچنین، سه نمونه خاک برداشت و ویژگی‌های شوری، اسیدیته و بافت آن‌ها اندازه‌گیری شد. به منظور تحلیل داده‌ها از روش آماری تحلیل واریانس (ANOVA) یا Analysis of variance و آزمون حداقل تفاوت معناداری (LSD) برای مقایسه میانگین شاخص‌های مورد مطالعه که با استفاده نرم‌افزار MSTAT-C و SPSS انجام شده بود، استفاده شد.

برای انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای طی عملیات میدانی، در ابتدا با تعیین ۳۶ واحد آزمایشی و در مرکز هر یک، چاله‌هایی به قطر ۵۰ و عمق ۶۰ سانتی‌متر حفر شد. در ادامه اقدام به آماده‌سازی تیمارها شد. این پژوهش در قالب تیمارهایی متشکل از عامل آبیاری (روش آبیاری سفالی و قطره‌ای)، سطح شوری (شوری ۱۰۰۰-۱۲۰۰، ۱۲۰۰-۲۲۰۰ و ۲۲۰۰-۳۲۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر مربع) و گیاه (گل محمدی و چای ترش) در سه تکرار و به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. سه منبع آب هر یک به گنجایش ۲۰۰ لیتر در ارتفاع کم‌تر از دو متری از سطح زمین قرار گرفت. برای رساندن میزان شوری آب به درصدهای مربوطه در ابتدا درصد اختلاط میزان آب شور در آزمایشگاه تعیین و پس از رساندن به حجم مورد نظر، در منابع



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد پژوهش در شهرستان زهک، استان سیستان و بلوچستان و کشور ایران

Figure 1- Location of the research area in Zahak city, Sistan and Baluchistan province and Iran

### ۳- نتایج و بحث

مورد مطالعه نشان داد که ارتفاع نهال و قطر ساقه تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار گرفته و مقادیر این ویژگی گیاه به لحاظ آماری اختلاف معنادار را نشان می‌دهد (جدول ۱). علت کاهش رشد گیاه در گیاهی که با شوری بیشتری آبیاری شده این است که وجود نمک در خاک بیش از حد آستانه تحمل گیاه

اندازه‌گیری خصوصیات خاک نشان داد که متوسط اسیدیته خاک محدوده مورد پژوهش برابر ۸/۲ بود. مقدار شوری خاک نیز ۶/۲ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. همچنین، مقدار ذرات رس، سیلت و شن به ترتیب برابر ۱۵، ۴۲ و ۴۳ درصد اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس برخی صفات رشدی گونه‌های

(1990)، Singh et al. (2011) و Ashmawi (2019) که اعلام کردند رشد گیاهان با آبیاری تیماری که شوری کمتری داشت، بهتر بود و با نتایج پژوهش Kurukshetra et al. (2011)، Hussain et al. (2016) و Abrar et al. (2022) که نشان دادند شوری آب سبب کاهش رشد گیاه می‌شود، مطابقت دارد.

در نتیجه تجمع نمک اضافی در منطقه ریشه به‌عنوان عاملی جدی برای رشد گیاه محسوب شود. در پژوهشی، Seilsepour (2008) and Rashid (2020) و Dhikary et al. هم گزارش کرده بودند که تجمع نمک در منطقه ریشه سبب ایجاد پتانسیل اُسمزی زیاد در این ناحیه شده که چنین وضعیتی باعث کاهش توانمندی گیاهان برای جذب آب می‌شود. یافته‌های این پژوهش با نتایج سایر پژوهش‌گران مانند Lovell et al.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر ارتفاع و قطر ساقه گیاه

Table 1- Variance analysis of the effect of treatments on the height and diameter of the plant stem

میانگین مربعات	ارتفاع گیاه	درجه آزادی	منبع تغییر
قطر ساقه			
0.202 <sup>ns</sup>	1.38 <sup>ns</sup>	2	تکرار
0.07 <sup>ns</sup>	448,048 <sup>ns</sup>	1	I
3.26*	*11667.85	1	P
0.17*	**1060.42	2	W
0.23 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	1	I × P
0.12*	240.57**	2	P × W
0.02 <sup>ns</sup>	47.47 <sup>ns</sup>	2	I × W
0.14**	119.04**	2	I × P × W
0.07	131.4	72	خطا

\* و \*\* به ترتیب معناداری در سطح احتمال یک و پنج درصد و <sup>ns</sup> غیرمعناداری است. W؛ شوری، I؛ آبیاری و P؛ گیاه است.

قطره‌ای همراه بوده است. همچنین، نتایج گویای این است که بیشترین مقادیر متغیرهای مورد مطالعه مربوط به گیاه گل محمدی است که به ترتیب ۱/۷ و سه برابر بیش‌تر از گیاه چای ترش است. در بررسی اثر نوع تیمار نیز یافته‌ها بیان‌گر آن است که بیش‌ترین ارتفاع نهال و قطر ساقه به ترتیب برابر با ۷۲/۱۴ سانتی‌متر و ۷۱ میلی‌متر است که مربوط به تیمار I<sub>1</sub>P<sub>1</sub>W<sub>1</sub> که با کاربرد روش آبیاری سفالی و سطح شوری ۱۲۰۰ EC و کشت گیاه گل محمدی حاصل شده است. در مقابل کم‌ترین مقادیر این متغیرها با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای و میزان شوری ۳۲۰۰ EC و کشت گیاه چای ترش (تیمار I<sub>2</sub>P<sub>2</sub>W<sub>3</sub>) است که به ترتیب با کاهش ۱/۷ و ۲/۷ برابری نسبت به تیمار فوق‌الذکر همراه بوده است (شکل ۳).

علاوه بر آن یافته‌ها بیان‌گر آن است که اثر نوع گیاه نیز بر مقادیر این متغیرها در سطح یک درصد از لحاظ آماری معنادار است. با توجه به نتایج اثر روش‌های آبیاری و اثر متقابل شوری و روش آبیاری بر شاخص‌های فوق‌الذکر به لحاظ آماری اختلاف معناداری نداشت. درحالی‌که اثر متقابل گیاه و سطح شوری آب بر مقادیر این متغیرها معنادار شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با کاربرد روش آبیاری سفالی به‌طور معنادار بر ارتفاع گونه‌های مورد مطالعه افزوده شد که ۱۳ درصد بیش‌تر از روش آبیاری قطره‌ای است (جدول ۲ و شکل ۲). داده‌های تاج پوشش و تعداد شاخه گیاهان نشان داد که اختلاف معناداری بین آن‌ها در دو روش آبیاری وجود ندارد.

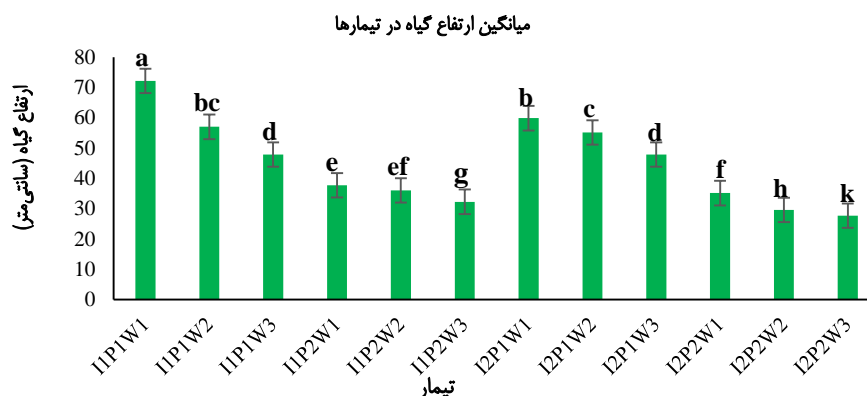
بیش‌ترین مقدار قطر ساقه نیز در روش آبیاری سفالی اندازه‌گیری شد که با افزایش ۱/۷ درصدی نسبت به روش آبیاری

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر روش‌های آبیاری و شوری بر ارتفاع و قطر ساقه گیاه در تیمارها

Table 2- Comparison of the average effect of irrigation methods and salinity on the height and Diameter of the plant stem in the treatments

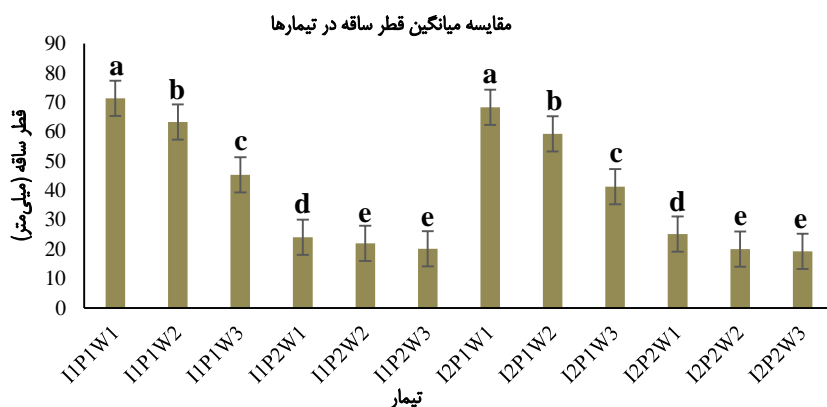
قطر ساقه (میلی‌متر)	ارتفاع نهال (سانتی‌متر)	تیمار
40.18 <sup>a</sup>	47.4 <sup>a</sup>	I <sub>1</sub>
39.05 <sup>b</sup>	42.16 <sup>b</sup>	I <sub>2</sub>
60.02 <sup>a</sup>	56.65 <sup>a</sup>	P <sub>1</sub>
20.01 <sup>b</sup>	33.07 <sup>b</sup>	P <sub>2</sub>
67.8 <sup>a</sup>	51.2 <sup>a</sup>	W <sub>1</sub>
42.01 <sup>b</sup>	44.42 <sup>b</sup>	W <sub>2</sub>
32.1 <sup>c</sup>	38.9 <sup>c</sup>	W <sub>3</sub>

I<sub>1</sub>: آبیاری سفالی، I<sub>2</sub>: آبیاری قطره‌ای، P<sub>1</sub>: گیاه گل محمدی، P<sub>2</sub>: چای ترش، W<sub>1</sub>: شوری تا ۱۲۰۰، W<sub>2</sub>: شوری تا ۳۲۰۰، W<sub>3</sub>: شوری تا ۲۲۰۰



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های آبیاری، سطح شوری و نوع گیاه بر ارتفاع گیاه در تیمارها (میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری بر اساس آزمون LSD تفاوت معناداری دارند)

Figure 2- Comparison of the average interaction effect of irrigation methods, salinity level, and plant type on plant height in treatments (means with similar letters in Each column is a statistically significant difference based on the LSD test)



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های آبیاری، سطح شوری و نوع گیاه بر قطر ساقه در تیمارها (میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری بر اساس آزمون LSD تفاوت معناداری دارند)

Figure 3- Comparison of the average interaction effect of irrigation methods, salinity level, and plant type on stem diameter in treatments (averages with the same letters in each column are statistically significant differences based on the LSD test).

می‌گیرد که این فرآیند باعث کاهش جذب رطوبت در خاک اطراف ناحیه ریشه گیاه می‌شود.

#### ۴- نتیجه‌گیری

این پژوهش تأثیر سطوح مختلف شوری آب و آبیاری سفالی و قطره‌ای بر استقرار گیاهان در دشت سیستان با توجه به وجود بحران بی‌آبی در منطقه را به‌منظور استفاده از آب‌های شور و نامتعارف بر روی دو گیاه گل‌محمدی و چای‌ترش را مورد آزمایش قرار داد. نتایج نشان داد که عملکرد آبیاری سفالی در تمام سطوح شوری نسبت به آبیاری قطره‌ای عملکرد بهتری داشت؛ زیرا در روش آبیاری قطره‌ای با بروز تنش خشکی، باعث کاهش رشد گیاه در مقایسه با روش آبیاری سفالی می‌شود. علاوه‌بر آن در روش آبیاری قطره‌ای آب بر روی سطح خاک قرار

آبیاری سفالی باعث انتقال آب به ناحیه ریشه گیاه می‌شود که با تأمین رطوبت مورد نیاز در اطراف ریشه باعث بهبود عملکرد و رشد گیاه می‌شود. به‌عبارت دیگر نحوه توزیع رطوبت خاک در آبیاری سفالی که به‌صورت تراوشی و به‌طور یکسان در اطراف ریشه گیاه صورت می‌گیرد، باعث می‌شود رطوبت به‌طور مستقیم در اطراف ناحیه ریشه قرار گرفته و در نتیجه رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Lucieta et al., 2018). بر این اساس رشد گیاه تحت تأثیر عملکرد توزیع رطوبت خاک در روش آبیاری سفالی قرار گرفته و با رشد بیشتری همراه است. به‌طوری‌که نتایج نشان داد بیش‌ترین رشد ارتفاعی و قطر ساقه در تیمارهای آبیاری شده با استفاده از سفال حاصل شده است که اختلاف معنادار را نسبت به روش آبیاری قطره‌ای نیز نشان داده است. از طرفی در روش آبیاری قطره‌ای توزیع رطوبت در سطح خاک صورت



برخی از نقاط آن نبود برنامه برای استفاده از آن‌ها در چرخه تولید محصولات کشاورزی و سایر مصارف، معضلاتی را به همراه داشته است. بنابراین، با توجه به کارایی مناسب آبیاری سفالی و وجود حجم زیادی آب غیرمتعارف و بروز بحران بی‌آبی در کشور، از جمله منطقه سیستان، پیشنهاد می‌شود به‌کارگیری روش آبیاری سفالی مورد توجه قرار داده شود تا علاوه بر رفع مشکلات زیست محیطی ناشی از وجود آب‌های نامتعارف و کمک به خودکفایی کشور در تأمین مواد غذایی، سطح اقتصادی بهره‌برداران منطقه با فعالیت در زمینه تولید سفال ارتقاء یابد و زمینه مناسب اشتغال ساکنان آن فراهم شود.

### سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از همکاری و مساعدت کارکنان ایستگاه کشاورزی شهرستان زهک که در انجام این پژوهش ما را یاری کردند قدرانی کنند. قابل ذکر است که پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور تأمین‌کننده مالی این پژوهش بوده است.

گرفته و نفوذ عمقی با محدودیت همراه بوده و در نتیجه افزایش رطوبت در لایه‌های زیرسطحی کم‌تر اتفاق افتاده است. درحالی‌که در روش آبیاری سفالی به دلیل نفوذ عمقی و توزیع یکسان رطوبت در پروفیل خاک، میزان رطوبت ذخیره شده در خاک افزایش می‌یابد و به آسانی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. به‌کارگیری روش آبیاری سفالی سبب ممانعت از تبخیر سطحی شده و باعث افزایش بهره‌برداری آب می‌شود. زیرا سفال‌ها تأثیر زیادی در تقلیل هدررفت آب مصرفی دارند که فرآیند نهایی آن ایجاد بستر مناسبی برای رشد گیاهان می‌باشد. همچنین، در این روش با توجه به این‌که آبی روی زمین ریخته نمی‌شود، سطح خاک خشک مانده و تمام آب در اختیار گیاه است. علاوه بر آن رویش علف‌های هرز که بخش زیادی از رطوبت داخل خاک را استفاده می‌کنند، با توجه به نبود رطوبت در سطح خاک، قادر به رویش نیستند. علاوه بر آن تراوش آب از جداره کوزه‌های سفالی سبب خنک کردن آب می‌شود. زمانی‌که این آب به منطقه ریشه گیاه وارد می‌شود باعث کاهش حرارت خاک و بهبود درجه حرارت این محدوده به‌ویژه در فصل گرما می‌شود که چنین وضعیتی زمینه رشد مناسب گیاه را فراهم می‌کند.

با توجه به این‌که کشور با بحران آبی شدید روبه‌رو است. از طرفی آب غیرمتعارف زیادی در کشور وجود دارد که حتی در

### منابع

- انصاری، حسین، نادریان فر، محمد، رضانی، حمید، و جلینی، محمد (۱۳۹۲). مقایسه و ارزیابی برخی شاخص‌های رشد گونه‌های غالب فضای سبز شهری در سامانه‌های آبیاری زیرسطحی سفالی، قطره‌ای و سطحی. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۴۰۲-۴۱۲، (۲).
- جهان‌تیغ، منصور (۱۴۰۰). اثرات روش‌های آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره‌ای بر رشد نهال توت در مناطق خشک (مطالعه موردی: منطقه سیستان، مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، (۲)، ۲۵-۳۵. doi:10.22098/mmws.2021.8691.35
- جهان‌تیغ، معین، نجفی‌نژاد، علی، جهان‌تیغ، منصور، و حسینعلی‌زاده، محسن (۱۴۰۱). تأثیر خاک‌پوش ماسه‌بادی و نانو ذرات رس در آبیاری سفالی بر تغییرات رطوبت، دما و پایداری خاکدانه در مناطق خشک، منطقه مورد مطالعه: شهرستان نیمروز. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۱۴(۲)، ۲۶۰-۲۸۱. doi:10.22092/ijwmse.2021.354750.1901
- حیدری شریف‌آبادی، حسین (۱۳۸۰). گیاه و شوری. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، ۱۹۹ صفحه.
- رجبی، مرتضی (۱۳۹۰). آبیاری با آب شور و مدیریت مصرف آب‌های شور در باغات پسته. یازدهمین هم‌اندیشی سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر.
- فروزنده، محمد، میرشکاری، سمیه، و بیدر نامنی، فاطمه (۱۳۹۶). بررسی تأثیر آبیاری با نسبت‌های مختلف اختلاط زه آب با آب شیرین و محلول‌پاشی کود کامل بر عملکرد و اجزای عملکرد چای ترش. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۱(۲۴)، ۱۷-۳۱.
- قربانی واقعی، حجت، و بهرامی، حسین‌علی (۱۴۰۰). بهینه‌سازی مصرف آب در مرکبات با استفاده از تکنیک کپسول رسی متخلخل. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۱(۳)، ۱۵-۲۴. doi: 10.22098/mmws.2021.9140.1024
- عماد، مهدی، غیبی، فریبرز، رسولی، سیدمحسن، خانجانباده، رسول، و محمدی جوزانی، سعید (۱۳۹۱). گیاهان دارویی- صنعتی گل محمدی، انتشارات پونه، ۸۰ صفحه.
- صالحی، معصومه، کافی، محمد، و صادقی‌پور، حمیدرضا (۱۳۹۱). اثر استفاده از آب آبیاری شور بر تولید زیست‌توده و میزان تجمع یون‌ها در گیاه کوشیا. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۴(۱)، ۶۵-۷۵. doi:10.22077/escs.2011.99
- منصوری، حامد (۱۳۹۰). روش‌های مدیریتی استفاده از آب شور در کشاورزی پایدار. دومین اجلاس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، زنجان، شرکت آب منطقه‌ای زنجان.

## References

- Abrar, M.M., Sohail, M., Saqib, M., Akhtar, J., Abbas, Gh., Abdul Wahab, H., Zahid Mumtaz, M., Mehmood, Kh., Suleman Memon, M., Sun, N., & Xu, M. (2022). Interactive salinity and water stress severely reduced the growth, stress tolerance, and physiological responses of guava (*Psidium Guajava* L.). *Scientific Reports*, 12, 1-14. doi:10.1038/s41598-022-22602-5
- Adams, P., Thomas, J.C., Vernon, D.M., Bohnert, H.J., & Jensen, R.G. (1992). Distinct cellular and organistic response to salt stress. *Plant Cell Environment*, 33, 1215-1223. doi:10.1093/oxfordjournals.pcp.a078376
- Adhikary, R., & Pal, A. (2020). Clay pot irrigation-a review study. *Asian Plant Research Journal*, 5(1), 37-42. doi:10.9734/aprj/2020/v5i130099
- Adhikary, R., Pal, A., Bera, M., & De, S.K. (2020). Pitcher irrigation in salinity management for production of brinjal crop in coastal soil of West Bengal, India. *Ecology, Environment and Conservation*. 26, 179-183.
- Ansari, H., Naderianfar, M., ramazani, H., & Joleini, M. (2014). Comparison and evaluation some of growth indices of the Dominant Species of Urban Green spaces in the jar subsurface, drip and surface irrigation systems. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 8(2), 402-412. [In Persian]
- Ashmawi, A.E. (2019). Effect of irrigation with saline water on growth and chemical composition of celery. *Al-Azhar Journal of Agricultural Research*, 44(2), 165-171. doi:10.21608/ajar.2019.102834
- 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.
- Bainbridge, D.A., Steen, W., & Steen, A.S. (1998). Super efficient Irrigation with Buried Clay Pots. USIU Environmental Studies Program/Canelo Project. United States International University, San Diego, CA 5 p.
- Bainbridge, D.A. (2002.) Alternate irrigation systems for Arid Land Restoration. *Ecological Restoration*, 20(1), 23-29.
- Batchelor C., Lovell C., & Murata, M. (1996). Simple microirrigation techniques for improving irrigation efficiency on vegetable gardens. *Agricultural Water Management*, 32(1), 37-48. doi:10.1016/S0378-3774(96)01257-7
- Emad, M., Ghaibi, F., Rasouli Seyed, M., Khanjanzadeh, R., & Mohammadi Jozani, S. (2011). *Rosa medicinal- Industrial Plants*, Pune Publications, 80 pages. [In Persian]
- Forouzandeh, M., Mirshekar, S., & Namy, N. (2017). Effect of irrigation with the different ratios of drainage water with fresh water and foliar fertilizer application on yield and yield components of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Plant Production Research*, 24(1), 17-31. [In Persian]
- Gheysari, M., Mirlatifi, S.M., Homae, M., Asadi, M.E., & Hoogenboom, G. (2009). Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. *Agricultural Water Management*, 96(6), 946-954. doi:10.1016/j.agwat.2009.01.005
- Ghorbani Vaghei, H., & Bahrami, H.A. (2021). Application of water porous clay capsule technique in optimizing consumption of citrus orchard. *Water and Soil Management and Modelling*, 1(3), 15-24. doi:10.22098/mmws.2021.9140.1024 [In Persian]
- Gupta, S.K. (2002). Meeting challenge of the water shortage: Rainwater conservation in land reclamation programs. 12th ISCO Conference, Beijing, China, Pp. 446-451.
- Hati, K.M., Biswas, A.K., Bandyopadhyay, K., & Misra, A.K. (2007). Soil properties and crop yields on a vertisol in India with a plication of distillery effluent. *Soil and Tillage Research*, 92, 60-68. doi:10.1016/j.still.2006.01.011
- Heydari Sharifabadi, H. (2000). Plant and salt. Publications of Forestry and Rangeland Research Institute, Tehran, 199 pages. [In Persian]
- 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. doi:10.4067/S0718-95162016005000031
- 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. doi:10.22098/mmws.2021.8691 [In Persian]
- Jahantigh, 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. doi:10.22092/ijwmse.2021.354750.1901 [In Persian]
- Kurian, T., Zodape, S.T., & Rathod, R.D. (1983). Propagation of *Prosopis juliflora* by air-layering. *Trans. Isdt. & Ucds.*, 8, 104-108.
- Kuruksheeta, B., Srivastava, R.K., & Tandon, M. (2011). Buried clay pot irrigation using saline

- water. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 70(8), 653-655.
- Lovell, C.J., Batchelor, C.H., & Murata, M. (1990). Development of small-scale irrigation using limited groundwater resources. Second Interim Report, report ODA, Institute of Hydrology Wallingford, Oxon, U.K.
- 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 IrrigaPot Technology.
- 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]
- Martorano, L.G., Berhe, A.A., Moraes, J.R., Lima, A.R., Cavalcante Costa, D., Barbosa, A.M., & Marques, M.C. (2018). Water Replenishment in Agricultural Soils. In (Ed.): *Dissemination of the IrrigaPot Technology*, Soil Moisture, IntechOpen.
- Mohammed, F., & Al- Mohammed, M. (2012). The effect of pot volume on the performance of pot irrigation system. *Journal of Techniques*, 25(3), 88-98.
- Mondal, R.C. (1978). Pitcher farming is economical. *World Crops*, 303, 124-127.
- Mondal, R.C., Dubey, S.K., & Gupta, S.K. (1992). Use pitchers when water for irrigation is saline. *Indian Agricultural*, 36, 13-15.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment*, 25, 239-250. doi: 10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x
- Okalebo, J.A., Home, P.G., & Lenga, F.K. (1995). Pitcher irrigation, a new technique to curb the effect of salinization. Engineering the Economy Proceedings 7th Annual Conference Kenya society of Agriculture Engineers, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Kenya, Pp.15-21.
- Rajabi, M. (2010). Irrigation with saline water and management of saline water consumption in pistachio orchards. 11th National Seminar on Irrigation and Evaporation Reduction, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran. [In Persian]
- Reddy, S.E., & Rao, S.N. (1980). Comparative study of pitcher and surface irrigation methods on snake gourd, Indian. *Journal of Horticulture*, Bangalore, 37(1), 77-81.
- Salehi, M., Kafi, M., & Sadeghipour, H.R. (2011). Effect Of using saline irrigation water on biomass production and ions accumulation in kochia (*Kochia scoparia*). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 4(1), 65-75. doi:10.22077/escs.2011.99 [In Persian]
- Seilsepour, M., & Rashidi, M. (2008). Modeling of soil sodium adsorption ratio based on soil electrical conductivity. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 3(5), 27-31.
- Singh, P.J., Pukh, R.V., Padma Sen, P., & Jangir, R.P. (2011). Buried clay pot Irrigation for horticulture in arid zones: A case study. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 70, 709-712.
- Siyal, A.A., Soomro, S.A., & Siyal, A.G. (2015). Performance of Pitcher Irrigation with Saline Water under High Evapotranspiration Rates. *Journal of Chinese Soil and Water Conservation*, 46(1), 61-69. doi:10.29417/JCSWC.201503\_46(1).0007
- Stoery, R., Pitman, M.G., Stelzer, R., & Carter, C. (1983). X-Ray micro-analyses of cells and cell compartments of atriplex spongiosa. *Journal of Experimental Botany*, 34, 778-794.
- 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. doi:10.1016/j.agwat.2004.09.036
- Thingujam, U., Adhikary, R., Senjam, P., Pal, A., & Kumar, H.K. (2017). Effects of Pitcher Pot Irrigation on Chilli Production. *International Journal of Engineering, Science and Mathematics*, 6, 1140-1146.
- Vasudaven, P.K., Bhumija, S., Tandon, R.K., Mamta, S., & Sen, P.K. (2011). Buried clay pot irrigation using saline water. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 70(8), 653-655.
- Wan, S., Kang, Y., Wang, D., & Liu, S. (2010). Effect of saline water on cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield and water use under drip irrigation in North China. *Agricultural Water Management*, 98, 105-113. doi:10.1016/j.agwat.2010.08.003
- Yeo, A., & Flowers, T.J. (1980). Salt tolerance in the halophyte *Suaeda maritima* L. Dum: evaluation of the effect of salinity upon growth. *Journal Experimental Botany*, 31, 1171-1183. doi:10.1093/jxb/31.4.1171