

Effects of irrigation methods of subsurface, clay pot and drop on Mulberry growth in dry land region (Case study: Sistan area)

Mansour Jahantigh^{1*} 

¹Associate Professor, Department of Soil Conservation and Water Management, Sistan Agriculture, Education and Extension Natural Resources Research Center, AREEO, Zabol, Iran

Abstract

Introduction

Rapid population growth and increasing demand for food supply are the main problems facing the world. These problems in the dry areas are important due to climatic constraints. Such challenges are serious in Iran that most of its extent is located in arid areas. In these areas, due to the over-exploitation of natural resources, the vegetation cover of watersheds has been degraded. The outcomes of these activities are heavy floods, the occurrence of sandstorms, and the intensification of desertification and dust, especially in arid areas such as Sistan and many other parts of the country. One of the most important causes of the water crisis is the lack of proper management and improper exploitation of agriculture and natural resources. So that about 80 and 92% of water consumption in the world and Iran is consumed by the agricultural sector, respectively. Therefore, if the irrigation efficiency is increased by only 10%, without investing in the development of new water resources, all the water needed for drinking and industry in the world can be provided. However, considering the change of irrigation methods in agricultural lands, water transfer efficiency has increased slightly. However, due to the low efficiency of irrigation in the agricultural sector, it is necessary to provide a proper consumption pattern in order to solve the water crisis using the appropriate water consumption method. Mulberry is one of the plants that are compatible with dry areas. A little research has been done on the irrigation of mulberry seedlings using different methods in arid and special areas of Sistan. In the past, there were suitable climatic conditions for the establishment of mulberry trees in Sistan. If mulberry orchards are revived in the area, in addition to fruit production and the prosperity of the breeding industry, it will also play an effective role in controlling erosion and improving the environment. Due to the harmful effects of water shortage and lack of proper efficient methods used in the agricultural sector of the country, it is necessary to study and use new methods. These methods should have practical aspects and their implementation will play a decisive role in reducing water consumption and its losses, as well as improving people's livelihood. This research, which is carried out in the Helmand watershed, examines the establishment of fruitful mulberry seedlings with three methods of subsurface irrigation, pottery, and drip irrigation in this watershed. By establishing vegetation while saving limited water consumption in the region, along with its economic aspects for the stakeholders, should also be effective as windbreaks and improvement of the environment for the development of the region.

Materials and Methods

This research was carried out to evaluate the Mulberry growth using three methods including subsurface irrigation, clay pot, and drop irrigation in dryland regions. Therefore, after preparing hold digs, three soil samples has collected from depth 50 cm of each treatment, and soil characteristics were analyzed. Six-month-old mulberry seedlings were planted in the pits. This research was randomly

tested the clay pot irrigation, drop and surface irrigation on mulberry with three treatments and four iterations. Tree high, branch number, diameter, and canopy have been measured. Also, soil moisture was measured at a depth of 60 cm before irrigation. The data were analyzed using SPSS software.

Results and Discussion

According to the climatic conditions of the region during the research period, a total of 700 L of water (average monthly 26.7 L) was given to each seedling. The results of this experiment showed that the average moisture content of subsurface irrigation treatment was higher than other treatments. Moisture content in subsurface irrigation, pottery, and surface drops were 18, 14.25, and 13.4%, respectively. The moisture content of subsurface irrigation treatment was 20.8% and 25.5% higher than the moisture content of clay irrigation treatment and drip type, respectively. The mean values have been compared based on the Duncan test and showed the amount of moisture in subsurface irrigation classified in one group and in clay type and surface drops in another group. Statistical analysis showed that there was a significant difference between the moisture content of the three treatments ($\alpha < 0.01$). Also, significant differences were observed between the mean of plants height of the subsurface (78.5 cm), clay pot (45.5 cm), and drop (59.7 cm) irrigation methods. But, there was no significant difference between canopy, diameter, and branch number. According to the results, the plant water needs are better provided in the surface irrigation method, and more water is available compared with clay pot and drop irrigation.

Conclusion

The results of this experiment showed that the subsurface irrigation treatment had a better condition in all characteristics than the pottery and drip irrigation methods. Because it provides more moisture to the plant. This situation is due to the lack of high evaporation in subsurface irrigation, water enters the root zone directly through gravity. Therefore, it is concluded that the subsurface irrigation method is more suitable for plant growth than pottery and drip irrigation which reduces the water loss from the soil surface and better moisture distribution.

Keywords: Vegetation Cover, Root of Plant, Clay Pot Irrigation, Subsurface Irrigation.

Article Type: Research Article

Citation: 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 Modeling*, 1(2), 28-39.

*Corresponding Author, E-mail: mjahantigh2000@yahoo.com

Water and Soil Management and Modeling, 2021, Vol. 1, No. 2, 28-39

DOI: [10.22098/mmws.2021.8691](https://doi.org/10.22098/mmws.2021.8691)

Received: 16 April 2021; Accepted: 05 July 2021

© Authors





اثرات روش های آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره ای بر رشد نهال توت در مناطق خشک (مطالعه موردی: منطقه سیستان)

منصور جهان تیغ^{*۱}

دانشیار، مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سیستان و بلوچستان

چکیده

رشد جمعیت و به دنبال آن افزایش مصرف آب، به دلیل ارتقای شاخص های بهداشت و رفاه از یک سو و توسعه بخش های اقتصادی و کشاورزی و به کارگیری روش های آبیاری سنتی، از سوی دیگر، افزایش تقاضای آب را در پی داشته است، در حالی که منابع آبی شیرین محدود است. بخش کشاورزی قسمت عمده ای از آب شیرین را مصرف می کند، لذا استفاده بهینه از منابع آب موجود یکی از راهکارهای مقابله با محدودیت منابع آبی است که علاوه بر افزایش تولید در واحد سطح، وسعت اراضی کشاورزی تحت کشت را نیز افزایش می دهد. در همین راستا، این پژوهش به منظور ارزیابی رشد نهال توت با سه روش آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره ای در مناطق خشک انجام شد. سه تیمار آبیاری سفالی، قطره ای و زیرسطحی با چهار تکرار روی گیاه توت در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۳۹۴ مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا چاله هایی حفر و سه نمونه خاک از عمق ۵۰ سانتی متری هر تیمار برداشت و برخی از ویژگی های آن اندازه گیری شد و نهال توت ریشه دار شش ماهه در چاله ها کاشته شد. سپس، ارتفاع درخت، تعداد شاخه، قطر و تاج پوشش در طول فصل رشد و رطوبت خاک در عمق ۶۰ سانتی متری قبل از آبیاری اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری میانگین یافته ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. نتایج نشان داد بین مقادیر مربوط به افزایش ارتفاع نهال ها در آبیاری های زیرسطحی (۷۸/۵ سانتی متر)، سفالی (۴۵/۵ سانتی متر) و قطره ای (۵۹/۷ سانتی متر) در سطح پنج درصد و مقادیر رطوبت خاک مربوط به سه تیمار آبیاری (به ترتیب ۱۸، ۱۴/۲۵ و ۱۳/۴ درصد) در سطح یک درصد اختلاف معنی داری وجود داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که در روش آبیاری زیرسطحی نیاز آبی گیاه بهتر تامین می شود و آب زیادتری در دسترس نهال قرار می گیرد؛ بنابراین، نسبت به آبیاری سفالی و قطره ای عملکرد بهتری دارد.

واژه های کلیدی: رطوبت خاک، ارتفاع نهال توت، تاج پوشش، کاهش مصرف آب.

نوع مقاله: پژوهشی

استناد: جهان تیغ، م. (۱۴۰۰). اثرات روش های آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره ای بر رشد نهال توت در مناطق خشک (مطالعه موردی: منطقه سیستان). *مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، ۱(۲)، ۲۸-۳۹.

*مستول مکاتبات، پست الکترونیکی: mjahantigh2000@yahoo.com

مدل سازی و مدیریت آب و خاک، ۱۴۰۰، دوره ۱، شماره ۲، ۲۸-۳۹.

DOI: [10.22098/mmws.2021.8691](https://doi.org/10.22098/mmws.2021.8691)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۳۱

© نویسندگان



۱- مقدمه

رشد سریع جمعیت و به دنبال آن افزایش تقاضا برای تأمین مواد غذایی از جمله مشکلاتی است که دنیا با آن مواجه است، که این مشکلات در نواحی خشک به دلیل محدودیت‌های اقلیمی بیش‌تر است (Paterson, 2002; Yensen, 2006). این چالش‌ها در کشور ایران که قسمت اعظم آن در نواحی خشک قرار دارد، زیاده‌تر دیده می‌شود. در مناطق خشک ایران، به دلیل بهره‌برداری نامعقول از منابع طبیعی، پوشش گیاهی حوزه‌های آبخیز تخریب شده است. برون‌داد نهایی این چالش‌ها وقوع سیلاب‌های مخرب و بروز طوفان‌های سهمگین شنی و تشدید پدیده بیابان‌زایی و گرد و غبار به‌ویژه در مناطق خشکی مانند سیستان و بخش زیادی از نقاط دیگر کشور است. از مهم‌ترین عوامل بحران آب، عدم مدیریت مناسب و بهره‌برداری بی‌رویه آب در بخش کشاورزی و منابع طبیعی است. به طوری که حدود ۸۰ و ۹۲ درصد مصرف آب دنیا و ایران مربوط به بخش کشاورزی است (Asadi et al., 2013). بنابراین، اگر کارایی آبیاری تنها ۱۰ درصد افزایش یابد، بدون سرمایه‌گذاری در توسعه منابع آبی جدید، می‌توان تمام آب مورد نیاز شرب و صنعت دنیا را تأمین نمود. هر چند با تغییر روش‌های آبیاری در اراضی کشاورزی در سطح جهان، بازده انتقال آب کمی افزایش یافته است (Alizadeh, 1997). ولی با توجه به کارایی پایین آبیاری در بخش کشاورزی، نیاز به ارائه الگوی مصرف مناسبی دارد تا بتوان با به‌کارگیری روش کارآمد مصرف آب، بحران آب را برطرف کرد (Al-Omran, 2004; Pelangi and Akhondali, 2008). علاوه بر آن برنامه‌های آبیاری اهمیت زیادی در مصرف آب ایفاء می‌نماید، به طوری که سیستم‌های نوین آبیاری نمی‌توانند به تنهایی کاهش مصرف آب را به‌همراه داشته باشند (Perry and Steduto, 2017).

آبیاری سفالی یکی از روش‌های مناسب آبیاری به‌ویژه در مناطق خشک دارای تبخیر و تعرق بالا به‌شمار می‌رود. این روش آبیاری در جاهایی که به اندازه کافی آب برای کشاورزی نیست خاک زیاد است و یا مناطقی که مشکل شوری دارند، برای کشاورزی در مقیاس کوچک، می‌تواند کارایی داشته باشد (Siyal et al., 2015; Bainbridge, 2002). مطالعات متعددی در مورد استفاده از آب شور با روش آبیاری سفالی صورت گرفته است که بیان‌گر کارایی مناسب این روش هستند (Greacen and Oh, 1995; Mondal, 1978-1992; Okalebo et al., 1986). نمکی که در آبیاری سطحی در منطقه ریشه تمرکز دارد، در آبیاری سفالی به سطح زمین حرکت کرده و در آنجا تمرکز می‌یابد (Kurian et al., 1995; Macduff et al., 2006; Vasudaven et al., 2011).

پژوهش (Reddy and Rao, 1980) نشان داده است که وزن خشک بذر محصولات کشاورزی که به‌وسیله سفال آبیاری شده‌اند فقط ۱۳ درصد بذوری بود که به شیوه غرقابی آبیاری شدند. همچنین پژوهش دیگری در کشور هندوستان نشان داد که تمرکز نمک در خاک با افزایش فاصله از سفال افزایش یافته، اما در عمق کاهش می‌یابد. این پژوهش اثبات کرده است که رطوبت خروجی سفال نسبت به ورودی آن شوری کم‌تری دارد. بر اساس این پژوهش آبیاری سفالی در مناطق بحرانی (راجستان هندوستان) سبب احیاء پوشش گیاهی شده است (Bainbridge, 2002). در آزمایشی کشت گونه‌های مقاوم به خشکی با سه روش آبیاری لوله‌ای، سفالی و سطحی مورد مقایسه قرار گرفت. بر اساس نتایج این پژوهش، درصد زنده‌مانی در هر یک از روش‌های فوق به ترتیب ۷۱، ۵۲ و ۲۳ درصد به دست آمد (Bainbridge et al., 2001). آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از سال ۱۹۵۹ در کالیفرنیا آمریکا به کار گرفته شد و به تدریج به سایر نقاط دنیا بسط و گسترش یافت (Camp et al., 1989). این روش آبیاری ۴۶ درصد کارایی بالاتری نسبت به نوع قطره‌ای دارد. در مطالعه‌ای، مقایسه کارایی دو نوع آبیاری قطره‌ای و نوع زیرسطحی نشان داد که کارایی آبیاری زیرسطحی نسبت به قطره‌ای بیش‌تر است (Sakellariou et al., 2002). در این روش آبیاری با آب کم نسبت به سایر روش‌های آبیاری محصول بهتری از لحاظ کمی و کیفی تولید می‌شود (Abou Seeda et al., 2020). همچنین پژوهش در شمال کشور چین نشان داده است که آبیاری زیرسطحی سبب بهبود رشد گیاه نسبت به آبیاری بارانی شده است (Fu et al., 2020).

در پژوهش‌های مختلف، عمق نصب لوله‌ها در خاک متفاوت عنوان شده است، ولی اکثر پژوهش‌گران عمق مناسب لوله‌های آبیاری زیرسطحی را حدود ۰/۳۵ متر پیشنهاد کرده‌اند (El-Gindy et al., 2016). با وجود این، راندمان آبیاری قطره‌ای سطحی نسبت به سایر روش‌ها از جمله روش جوی و پشته بیش‌تر است. به طوری که نتایج پژوهشی در آمریکا نشان داده است که عملکرد محصول پیاز در آبیاری زیرسطحی در مقایسه با روش جوی و پشته ۹۳ درصد بازده بالاتری دارد (Enciso et al., 2015). استفاده از آب شور در مناطق خشک با روش آبیاری زیرسطحی نسبت به آبیاری قطره‌ای کارایی بالاتری دارد. نتایج پژوهش با آب شور (۷ دسی‌زیمنس بر متر) با دو روش آبیاری زیرسطحی و قطره‌ای در کشور تونس نشان داد که میزان رطوبت در تیمار آبیاری زیرسطحی نسبت به آبیاری قطره‌ای بیش‌تر بود (Mokhi et al., 2014). عملکرد این نوع آبیاری در برخی از نقاط کشور نیز مورد آزمایش قرار گرفته است. نتایج مقایسه عملکرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر درختان

۱۲° ۳۰' ۶۱" تا ۳۱° ۰۸' ۶۱" طول شرقی و ۱۸° ۹' ۳۱" تا ۲۲° ۱۰' ۳۱" عرض شمالی قرار داد (شکل ۱). متوسط ارتفاع این محدوده از سطح دریا ۴۸۰ متر بوده که فاقد توپوگرافی و عارضه طبیعی و عمدتاً مسطح و هموار است. منطقه سیستان به دلیل کاهش نزولات جوی و تغییرپذیری بالای آن، دارای درجه حرارت بالا و تبخیر و تعرق شدید است، به همین دلیل منطقه دارای نیاز آبی بالا و پوشش گیاهی ضعیف است که باعث تغییر چهره منطقه به ناحیه ای بیابانی شده است. نبود موانع طبیعی، پوشش گیاهی ضعیف و شیب ملایم، سیستان را به یکی از کانون های بحرانی محیط زیستی ایران و حتی جهان تبدیل کرده است. بر اساس اطلاعات آمار هواشناسی، متوسط بارندگی سالیانه منطقه در دهه ۶۰-۱۳۵۰، معادل ۶۰ میلی متر بوده، ولی در دهه اخیر کاهش یافته است. تبخیر و تعرق منطقه حدود پنج متر است که بخش زیادی از آن در فصل تابستان صورت می گیرد. فقر پوشش گیاهی به دلیل کمبود رطوبت از چالش های اصلی منطقه به شمار می رود. بخش عمده ای از پوشش گیاهی را انواع گیاهان شورپسند تشکیل می دهد. بادهای ۱۲۰ روزه از ویژگی های دیگر منطقه سیستان است که نقش زیادی در تخریب محیط زیست منطقه دارد.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد بررسی در ایران و استان سیستان و بلوچستان

Figure 1- Location of the study area in Sistan and Baluchestan Province, Iran

برای انجام این آزمایش، در ابتدا بستر آن فراهم شد. چاله هایی حفر و سه نمونه خاک از عمق ۵۰ سانتی متری هر تکرار برداشت و برخی از ویژگی های آن اندازه گیری شد. به خاک هر چاله، نیم کیلو کود حیوانی اضافه شد. سپس، نهال توت ریشه دار شش ماهه

پسته نشان داد که ۴۰ درصد صرفه جویی در آبیاری زیرسطحی صورت گرفته است (Sedaghati et al., 2012). همچنین آبیاری زیرسطحی تأثیر زیادی بر عملکرد پنبه در استان کرمان داشته است، به طوری که این آبیاری ۳/۸ درصد نسبت به نوع قطره ای صرفه جویی به همراه داشته است (Asadi et al., 2013). تولید درخت توت به میزان رطوبت و مواد غذایی قابل دسترس گیاه وابسته بوده و هر دو مکمل یکدیگر هستند، به طوری که با آبیاری مناسب بازده برگ توت ۶۸ درصد افزایش یافته است (Kumar Pankaj and Rathor, 2015). روش های آبیاری نقش مؤثری در افزایش راندمان آبیاری و محصول دارد. به طوری که نتایج پژوهش در منطقه کاشمر نشان داد که با تغییر نوع آبیاری از نواری به قطره ای میزان تولید گندم و بهره وری افزایش یافت (Mokari, 2021). بررسی منابع داخلی و خارجی نشان داد که تحقیقات زیادی در خصوص آبیاری نهال توت با استفاده از روش های مختلف در مناطق خشک و به خصوص سیستان صورت نگرفته است. در گذشته شرایط آب و هوایی مناسبی برای استقرار درخت توت در سیستان وجود داشت، در دهه اخیر با تغییر اقلیم میزان درجه حرارت و تبخیر افزایش یافته، ولی میزان بارندگی و رطوبت نسبی کاهش یافته است. در صورت احیاء باغات توت در منطقه علاوه بر تولید میوه و رونق صنعت نوغان داری، نقش مؤثری نیز در کنترل فرسایش و بهبود محیط زیست خواهد داشت. با توجه به اثرات مخرب کمبود آب به همراه عدم کارایی مناسب روش های مورد استفاده در بخش اجرایی کشور، لزوم بررسی و ارائه روش های نوین در مطالعات آبیاری و استفاده از آن ها را ضروری ساخته است. این روش ها باید دارای جنبه های کاربردی بوده و اجرای آن نقش تعیین کننده ای در کاهش مصرف آب و تلفات آن و همچنین بهبود زندگی مردم داشته باشد. این پژوهش که در حوزه آبخیز هیرمند انجام گرفته است، در پی بررسی استقرار نهال توت با سه روش آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره ای در این حوزه آبخیز بوده است. با استقرار پوشش گیاهی و صرفه جویی در مصرف آب محدود منطقه، علاوه بر جنبه های اقتصادی آن برای بهره برداران، در زمینه نقش بادشکن و بهبود محیط زیست نیز برای توسعه منطقه مؤثر خواهد بود.

۲- مواد و روش ها

۱-۲- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در شمال استان سیستان و بلوچستان و در حدود ۲۵ کیلومتری شمال شهر زابل، در حاشیه جنوبی دریاچه هامون (نزدیک مرز ایران و افغانستان) با مختصات جغرافیایی "

در این روش از لوله‌های پلی‌اتیلین ۱/۲ استفاده شد و نوع قطره‌چکان‌ها (مدل JS8) به گونه‌ای انتخاب شد که هر ساعت چهار لیتر آب در اختیار گیاه (برای هر نهال یک قطره چکان) قرار گرفت. منبع آب در ارتفاع حدود دو متری قرار گرفت و آب به وسیلهٔ دینام از جوی آب در زمانی که آب کشاورزی در منطقه وجود داشت به داخل آن پمپاژ شده و زمان نبود آب کشاورزی از آب چاه استفاده شد. در این پژوهش میزان آبیاری با توجه به وضعیت رطوبتی خاک در منطقهٔ ریشه، زمانی که آستانه رطوبتی از حد آب سهل‌الوصول گیاه خارج شد، اقدام به آبیاری می‌شد. به منظور جلوگیری از تبخیر، آبیاری در عصرها انجام شد. منابع ذخیرهٔ آب مشخص برای هر یک از این روش‌ها تأمین و مقدار آب داده شده به هر گیاه با ظروف مدرج اندازه‌گیری شد. در این پژوهش زنده‌مانی و رشد گیاه (ارتفاع درخت، تعداد شاخه، قطر و تاج‌پوشش) در فصل رشد به‌طور ماهانه اندازه‌گیری شد. هم‌چنین رطوبت خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متری قبل از آبیاری به روش وزنی اندازه‌گیری شد. آبیاری در شش ماههٔ اول هر ۱۵ روز یک بار و در شش ماههٔ دوم ماهانه آب داده شد (Jahantigh, 2014). تحلیل نتایج بر اساس میانگین رطوبت و میانگین رشد گیاه انجام گرفت و با توجه به آن بهترین روش کاهش مصرف آب و میزان بهره‌وری بیش‌تر آب مشخص شد. تجزیه و تحلیل آماری میانگین یافته‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

۳- نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل نمونه‌های خاک نشان داد که خاک منطقه فقیر بوده و تفاوت زیادی بین ویژگی‌های آن‌ها وجود ندارد. بافت خاک منطقه عموماً سنگین و درصد شن آن‌ها کم‌تر از ۱۶ درصد بوده است (جدول ۱).

در چاله‌ها کاشته شد. این پژوهش از طریق طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تیمار آبیاری سفالی، زیرسطحی لوله‌های پلاستیکی و قطره‌ای سطحی روی گیاه توت و چهار تکرار (در هر تکرار سه نهال) به مدت یک سال به اجرا درآمد.

۲-۲- آبیاری سفالی

در این روش ابتدا با آگر دو اینچ گودلهایی به عمق ۴۰ سانتی‌متر حفر شد و سفال‌هایی (برای هر تیمار چهار سفال) به ارتفاع حدود ۴۰ سانتی‌متر و قطر پنج سانتی‌متر که از کارگاه تولید شده سفالگری طبس تهیه شده بود در داخل آنها قرار گرفت. در سر هر یک از آن‌ها سه راه ۱/۲ قرار گرفت و دور آن‌ها با چسب محکم شد و پس از خشک شدن از طریق لوله ۱/۲ به منابع آب ۲۰ لیتری فلزی وصل شدند. سپس نهال‌ها در پای سفال‌ها کاشته شد و آبیاری آن‌ها از طریق پر کردن سفال انجام شد.

۲-۳- آبیاری زیرسطحی

در تیمار آبیاری زیرسطحی، لوله‌های پلاستیکی به قطر ۷/۵ سانتی‌متر در عمق ۵۰ سانتی‌متر به صورت تراز در زیر خاک قرار گرفت. در پای نهال‌هایی که از طریق این لوله آبیاری می‌شدند، روزنه‌ای به قطر دو میلی‌متر باز شد، به طوری که آب به مقدار مساوی در پای نهال‌های این تیمار آبیاری قرار می‌گرفت. یک سر این لوله در بند ثابت زده شد و سر دیگر آن جهت ریختن آب نیم متر بالاتر از سطح خاک قرار گرفت و برای جلوگیری از ورود حیوانات خزنده و هم‌چنین تبخیر آب درپوش موقت روی آن گذاشته شد. داخل این لوله در زمان آبیاری با گالن مدرج آب ریخته می‌شد.

۲-۴- آبیاری قطره‌ای

جدول ۱- ویژگی‌های خاک منطقه مورد مطالعه

Table 1- Soil characteristics of the study area

شماره نمونه	اسیدیته	شوری (دسی‌زیمنس/ متر)	کربن (درصد)	Ca ²⁺ Mg ²⁺ (میلی‌گرم بر لیتر)	Na ⁺ (میلی‌گرم بر لیتر)	مجموع کاتیون‌ها (میلی‌گرم اکیوالان گرم/لیتر)	نسبت جذب سدیم (میلی‌گرم بر لیتر)	فسفر قابل (میلی‌گرم بر لیتر)	پتاسیم قابل (میلی‌گرم بر لیتر)	ذرات خاک (درصد)	شن	سیلت	رس
1	8.4	1.8	0.10	16	12.5	28.5	4.4	4	80	37	47	16	
2	8.5	3.3	0.2	24	22.4	46.5	6.5	5.8	105	59	34	7	

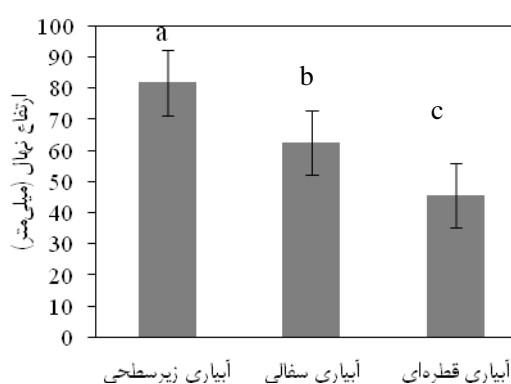
زیرسطحی قبل از آبیاری بیش از سایر تیمارها بود. میزان رطوبت در آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره‌ای سطحی قبل از آبیاری به ترتیب برابر ۱۸، ۱۴/۲۵ و ۱۳/۴ درصد بود. به طوری که مقدار رطوبت تیمار آبیاری زیرسطحی به ترتیب ۲۰/۸ و ۲۵/۵

با توجه به اندازه‌گیری‌های صورت گرفته در طول دوره پژوهش و بر اساس شرایط اقلیمی منطقه در مجموع به هر نهال ۷۰۰ لیتر آب (ماهانه به طور متوسط ۲۶/۷ لیتر) داده شد. یافته‌های این آزمایش نشان داد که متوسط رطوبت تیمار آبیاری

که متوسط میانگین قطر نهال‌هایی که با روش زیرسطحی، قطره‌ای و سفالی آبیاری شده است به ترتیب ۱۱، ۱۰ و ۱۰ میلی‌متر افزایش رشد داشته است (شکل ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس تیمارهای مختلف از لحاظ ارتفاع
Table 3- Analysis of variance of different treatments in terms of height

منبع تغییرات	Df	SS	MS	F	Sig
بین گروهی	9	142	15.788	15.556	0.031
درون گروهی	2	1	0.500		
کل	11	143			



شکل ۳- مقایسه رشد میزان ارتفاع نهال تیمارهای مختلف با استفاده از واریانس یک طرفه (آزمون دانکن) در سطح اطمینان ۹۵ درصد

Figure 3- Comparison of moisture content of different treatments using one-way varians (Duncan test) at 95% confidence level

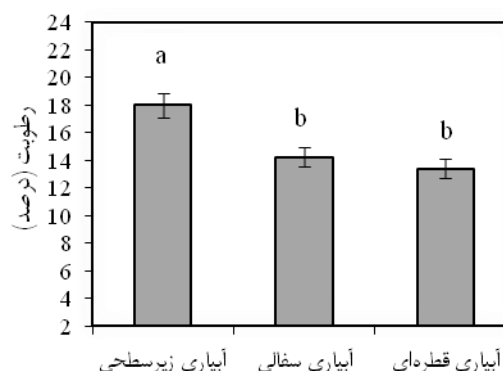
هر چند قطر نهال‌های تیمار آبیاری زیرسطحی رشد بیشتری را نشان داد، ولی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین میانگین یافته‌های آن‌ها وجود نداشت. در سه روش آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره‌ای به ترتیب میانگین میزان تاج‌پوشش گیاهی نهال‌های آبیاری شده آن‌ها ۰/۱۷، ۰/۰۶ و ۰/۱۳ متر مربع بود هر چند مقدار عددی تاج‌پوشش گیاهی در روش آبیاری زیرسطحی بیش‌تر بود، ولی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین میانگین داده‌های آن‌ها مشاهده نشد (شکل ۵).

در نهال‌های تیمارهای آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره‌ای به‌طور میانگین به ترتیب ۱۵، ۱۳/۵ و ۱۴ شاخه ایجاد شد. هرچند میانگین تعداد شاخه‌های تیمار آبیاری زیرسطحی بیش‌تر بود، ولی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین داده‌های این سه تیمار وجود نداشت.

درصد بیش‌تر از رطوبت تیمار آبیاری سفالی و نوع قطره‌ای بود. مقایسه میانگین‌ها بر طبق آزمون دانکن نشان داد که میزان رطوبت قبل از آبیاری در آبیاری زیرسطحی در یک گروه و مقدار رطوبت نوع سفالی و قطره‌ای سطحی در گروه دیگری قرار دارد (شکل ۲). تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که بین مقدار رطوبت سه تیمار مورد بررسی در سطح یک‌درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس رطوبت خاک در تیمارهای مختلف
Table 2 - Analysis of variance of soil moisture in different treatments

منبع تغییرات	SS		MS	F	Sig.
	مجموع	میانگین			
درجه آزادی <td>مجموع</td> <td>میانگین</td> <td></td> <td></td> <td></td>	مجموع	میانگین			
بین گروهی	2	35.2	17.6	6.6	0.00
درون گروهی	105	278.2	2.65		
کل	107	313.4			



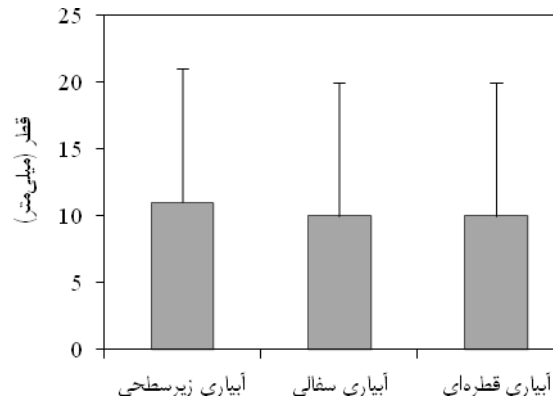
شکل ۲- مقایسه میزان رطوبت تیمارهای مختلف با استفاده از واریانس یک طرفه (آزمون دانکن) در سطح اطمینان ۹۵ درصد

Figure 2- Comparison of moisture content of different treatments using one-way varians (Duncan test) at 95% confidence level

بررسی میزان رشد نهال‌ها نشان داد که متوسط رشد ارتفاع نهال‌های هر یک از تیمارهای آبیاری زیرسطحی، قطره‌ای و سفالی به ترتیب برابر ۷/۸، ۵/۷۸ و ۷/۵۹ سانتی‌متر بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که از لحاظ آماری در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود دارد. مقایسه میانگین‌های ارتفاع بر اساس آزمون دانکن نشان داد که میزان ارتفاع در آبیاری زیرسطحی، سفالی، و قطره‌ای سطحی هر یک به ترتیب در گروه‌های a، b و c قرار گرفته است (شکل ۳). مقایسه یافته‌های قطر نهال‌های سه تیمار مورد مطالعه نشان داد

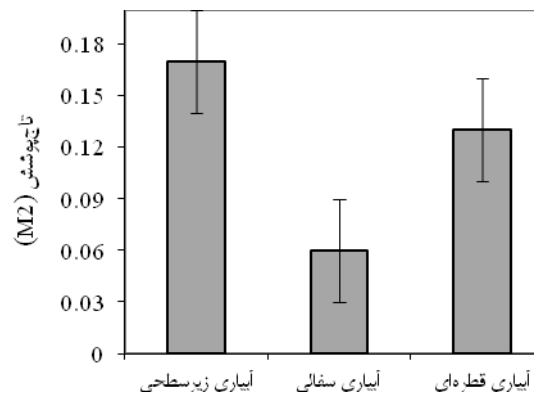
می‌شوند. در لایه‌های سطحی شدت جذب آب با کاهش پتانسیل آب خاک کم می‌شود، در حالی که در لایه‌های عمیق‌تر امکان دارد با کاهش پتانسیل آبی خاک شدت جذب آب افزایش یابد. در ریشه‌های دارای تنش رطوبتی تجمع املاح بیشتر شده تا تورژسانس تأمین و رشد ادامه یابد (Heydari, 2011). در این شرایط تجمع املاح افزایش یافته و هم‌چنین هدایت آبی ریشه کم شده و باعث افزایش مقاومت آن می‌شود. علاوه بر آن در آبیاری زیرسطحی آب با سرعت بیشتری نسبت به آبیاری قطره‌ای به پایین حرکت می‌نماید؛ بنابراین، ریشه گیاه نیز از رشد بیشتری برخوردار می‌شود. میزان تبخیر در آبیاری زیرسطحی و سفالی کم‌تر از نوع قطره‌ای است.

روش آبیاری زیرسطحی پتانسیل بالایی برای فراهم نمودن حداکثر کارایی آبیاری برای نگهداری رطوبت خاک در یک مدت معین برای رشد مناسب گیاه دارد. هم‌چنین آبیاری سفالی نیز در این خصوص کارایی بهتری نسبت به نوع قطره‌ای داشته است. علاوه بر آن در این دو روش بذور گیاهان وحشی یک‌ساله به شدت کاهش یافته و رقابتی با نهال‌ها در جذب رطوبت و مواد غذایی خاک نداشتند، چنین فرآیندی با نظرات Sun et al., (2016) که گفته است با آبیاری زیرسطحی و سفالی قدرت رقابت گیاهان وحشی با زراعی کاهش می‌یابد، مطابقت دارد. هم‌چنین این دو نوع آبیاری به دلیل روزانه بودن آبیاری و قرار دادن آب در زیرسطح زمین باعث نگه‌داشتن آب خاک در منطقه توسعه ریشه می‌شود که چنین وضعیتی از ایجاد تنش آبی که در آبیاری شیاری و سطحی روی می‌دهد ممانعت می‌نماید (Shiekh and Shah, 1983; Singh et al., 2011). بررسی میزان رشد نهال‌ها نشان داد که متوسط رشد ارتفاع نهال‌های هریک از تیمارهای آبیاری زیرسطحی، قطره‌ای و سفالی به- ترتیب برابر ۷۸/۵، ۴۵/۵ و ۵۹/۷ سانتی‌متر بوده که از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود دارد. در بحث کارایی مصرف آب نتایج نشان داد که در آبیاری زیرسطحی به دلیل کمی تلفات آب، راندمان آبیاری بهبود یافت. به طوری که به ازای هر متر مکعب آب مصرفی، ۱۲۳، ۷۱/۱ و ۹۳/۳ سانتی‌متر به ترتیب با روش آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره‌ای رشد گیاه افزایش داشته است. طبق نتایج سایر پژوهش‌هایی نیز مشخص شد که در آبیاری زیرسطحی با کاهش میزان تبخیر، ریشه به سهولت به رطوبت دست می‌یابد که چنین فرآیندی بهبود شرایط رشد طولی گیاه را فراهم می‌سازد (Dastorani et al., 2008; Elmaloglou and Diamantopoulos, 2009). علاوه بر آن بر اساس پژوهش‌های دیگری نیز اعلام شده است که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به دلیل وجود مداوم آب در پای گیاه و مرطوب بودن



شکل ۴- مقایسه میزان رشد قطر نهال تیمارهای مختلف

Figure 4 - Comparison of diameter growth rate of different treatments



شکل ۵- مقایسه رشد تاج پوشش تیمارهای مختلف

Figure 5 - Comparison of canopy growth rate of different treatments

در تیمار آبیاری زیرسطحی کاهش تبخیر از سطح خاک، احتمالاً نبود رواناب سطحی و کاهش نفوذ عمقی آب سبب افزایش کارایی مصرف آب در این نوع آبیاری می‌شود که با نتایج پژوهش Al-Omran et al. (2004) در یک راستاست. زیرا تبخیر از سطح خاک منجر به کاهش درجه حرارت در منطقه مؤثر ریشه می‌شود. حرارت بالا سبب افزایش تعداد و انبساط ریشه و افزایش تراکم تارهای کشنده و کاهش ریشه‌های شعاعی می‌شود (Mondal, 1978). حرارت بر جذب فعال و غیرفعال و از طریق افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی و فعالیت متابولیکی تأثیر می‌گذارد (Mondal, 1978). هم‌چنین دمای خاک به مقدار زیادتری بر جذب مواد متابولیسم و تحلیل مواد غذایی از طریق متابولیسم‌های رشد به داخل گیاه تأثیرگذار است. علاوه بر آن، خاک ریشه‌های عمیق‌تر نسبت به ریشه‌های سطحی با کارایی بیشتری آب را جذب می‌نمایند. بر اساس گزارش‌های Taylor and Klepper (1971) دلیل چنین وضعیتی این است که ریشه‌های عمیق‌تر جوان‌تر بوده، تراکم کم‌تری دارند و اغلب در جاهای مرطوب‌تر با هدایت آبی وارد

زیرسطحی سهل تر انجام می‌گیرد. با توجه به این که تبخیر نقش به‌سزایی در از بین رفتن رطوبت مناطق خشک دارد، به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودیت برای رشد و نمو پوشش گیاهی عمل می‌کند. در مناطق خشکی مانند سیستان که دارای اقلیم خشک است و با گذشت زمان بر بحران آب آن افزوده می‌شود، ادامه چنین وضعیتی باعث پیچیده‌تر شدن شرایط این اکوسیستم می‌شود. از این رو، برای بالا بردن کارآمدی روش‌های مصرف آب، مقایسه‌ای بین سه روش آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره‌ای سطحی انجام گرفت. در تمام ویژگی‌ها شرایط نهال‌های تیمار آبیاری زیرسطحی نسبت به دو نوع دیگر مناسب‌تر بود. زیرا در این روش لوله‌ها در زیر زمین قرار داشته و آب در ناحیه ریشه در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. بنابراین، تأمین مناسب نیاز آبی زمینه رشد گیاه را فراهم می‌سازد. در شرایط خاص منطقه سیستان که شدیداً درگیر بحران آب است، تأثیر اقتصادی صرفه‌جویی مصرف آب بسیار ارزشمند است، هم‌چنین مقایسه دو روش نوع سفالی و قطره‌ای نشان داد که نوع سفالی بهتر از روش قطره‌ای است. این بدان دلیل است که در نوع قطره‌ای ابتدا گیاه به‌خوبی استقرار می‌یابد، ولی به‌دلیل این که آب فقط سطح را خیس نموده و به پایین حرکت نمی‌کند، ریشه در سطح گسترش می‌یابد. در چنین وضعیتی گیاه با تنش آبی روبه‌رو می‌شود. داده‌های این پژوهش با نتایج پژوهش Kazeminejad et al. (2006) همخوانی دارد.

۴- نتیجه‌گیری

این آزمایش ارزیابی رشد نهال توت با سه روش آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره‌ای در منطقه خشک سیستان را مورد بررسی قرار داد. یافته‌های این آزمایش نشان داد که تیمار آبیاری زیرسطحی در تمام ویژگی‌ها وضعیت بهتری نسبت به دو روش دیگر داشت. زیرا رطوبت بیش‌تری را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. این وضعیت به این دلیل است که در آبیاری زیرسطحی به علت نبود تبخیر آب مستقیماً از طریق نیروی ثقل وارد منطقه ریشه می‌شود. علاوه بر آن، علف هرز که برای دریافت مواد غذایی با گیاه رقابت می‌کند نیز در این روش آبیاری در کنار گیاه کاشته شده رویش نمی‌نماید. ولی در دو روش دیگر این گیاهان در اطراف نهال کاشته شده رویش نموده‌اند که نقش مؤثری در کاهش رطوبت این محدوده داشته‌اند. البته زمان و برنامه آبیاری نیز نقش زیادی در کارایی آبیاری و میزان مصرف آب دارد که عدم رعایت این برنامه منجر به ناکارآمدی سیستم‌های آبیاری خواهد داشت. بنابراین، نتیجه‌گیری می‌شود در شیوه آبیاری زیرسطحی نسبت به نوع سفالی و قطره‌ای به دلایل متعدد از

مداوم منطقه توسعه ریشه گیاه، کارایی بالاتری نسبت به شیوه‌های دیگر آبیاری دارد (El-Gindy et al., 2016; Enciso et al., 2015; Gupta, 2002). به‌طوری که با کاهش تبخیر از سطح خاک و آب و هم‌چنین ورود آب به منطقه ریشه، کارایی مصرف آب بهبود می‌یابد. مقایسه قطر نهال‌ها نشان داد آن‌هایی که با روش زیرسطحی آبیاری شده‌اند از قطر زیادتری برخوردار بودند. این بدان علت است که در آبیاری قطره‌ای و سفالی ریشه‌ها در سطح تجمع بیش‌تری دارند و با افزایش عمق از تراکم آن‌ها کاسته می‌شود. بنابراین، روش قطره‌ای و سفالی برای گیاهانی که ریشه عمیق دارند مناسب نیست. ولی آبیاری زیرسطحی عملکرد بهتری دارد و باعث نرم شدن خاک شده و سبب شسته شدن نیترات به اعماق پایین‌تر نیز می‌شود. این نیترات ممکن است در اثر جریان رو به بالای آب به قسمت‌های سطحی و جایی که ریشه در آنجا تراکمی ندارد منتقل شود. علاوه بر آن، این آبیاری احتمالاً فشار تورژانس و در نتیجه قابلیت نفوذ ریشه را افزایش می‌دهد. این نتایج با یافته‌های El-Gindy et al. (2016) که اعلام کردند آبیاری زیرسطحی باعث افزایش رشد تمام قسمت‌های گیاه به‌ویژه قطر تنه می‌شود، همخوانی دارد (Bainbridge, 2002). هم‌چنین با یافته‌های Bumgarner et al. (2008) نیز که اعلام کردند دسترسی دائمی به آب در روش آبیاری زیرسطحی می‌تواند از دلایل دیگر افزایش قطر ساقه در این روش آبیاری باشد، مطابقت دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده مقدار تاج‌پوشش گیاهی بین سه تیمار مورد بررسی محدودیت‌های شرایط آب و هوایی مانند بادهای شدید، دمای بالا تأثیر زیادی بر روی رشد این ویژگی نهال‌های مورد مطالعه دارد. در خصوص رشد بهتر این ویژگی در آبیاری زیرسطحی، مهیا بودن رطوبت از طریق این روش آبیاری بوده است که با یافته‌های Heydari (2001) و Mousavi et al. (2015) که اعلام کرد یکی از دلایل کارایی بیش‌تر مصرف آب در روش آبیاری زیرسطحی عدم خیس شدن سطح خاک و عدم ایجاد سله است که بخش مهمی از تلفات رطوبتی خاک کاسته می‌شود و از طرف دیگر بهبود رشد گیاه با دسترسی همیشگی به آب در روش آبیاری زیرسطحی است، همخوانی دارد. در آبیاری زیرسطحی به‌دلیل کاهش تلفات تبخیر آب از سطح خاک و توزیع بهتر رطوبت در خاک، نسبت به آبیاری قطره‌ای و سفالی تعداد بیش‌تر شاخه، منجر به داشتن سطح برگ بیش‌تری می‌شود. از این رو، با توجه به این که تعرق و فتوسنتز که نقش مؤثری در تولید محصول دارند، در برگ انجام می‌گیرد، سطح برگ بیش‌تر تأثیر به‌سزایی در عملکرد گیاهان ایفاء می‌نماید. بر این اساس رشد در تیمار آبیاری

استفاده بهینه از آب و خاک، پژوهش‌های تکمیلی‌تری در این خصوص صورت پذیرد.

جمله کاهش تلفات آب از سطح خاک و توزیع بهتر رطوبت برای رشد گیاه مناسب‌تر است. پیشنهاد می‌شود با توجه به اهمیت

منابع

عباس پلنگی، ج.، و آخوندعلی، ع.م. (۱۳۸۷). یک مدل نیمه‌تجربی به منظور تخمین ابعاد جبهه رطوبتی در آبیاری قطره‌ای، تحت منبع نقطه‌ای. *علوم آب و خاک*، ۱۲(۴۴)، ۸۵-۹۶.

علیزاده، ا. (۱۳۶۸). فرسایش و حفاظت خاک. آستان قدس رضوی، چاپ اول، ۲۵۸ صفحه.

کاشمی‌نژاد، ا.، باغستانی‌میبدی، ن.، و کریمی، ا. (۱۳۸۵). بررسی تاثیر روش‌های مختلف آبیاری بر استقرار گونه‌های درختی مثمر و غیرمثمر در مناطق بیابانی. *پژوهش و سازندگی*، ۱۹(۲)، ۸۹-۹۴.

مکاری، م. (۱۳۹۹). بررسی اثر روش آبیاری بر شاخص برداشت و بهره‌وری آب دو رقم گندم در شرایط استفاده از کود ازته. *علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)*، ۲۴(۴)، ۱۴۱-۱۵۸.

موسوی، س.، میرلطیفی، س.، و طباطبایی، س. (۱۳۹۴). اثر عمق و فاصله نصب لوله‌های آبیاری زیر سطحی روی رشد چمن در شرایط استفاده از پساب شهری. *علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)*، ۱۹(۷۱)، ۱۲۹-۱۳۸.

اسدی، ر.، حسن‌پور، ف.، طباطبائی، م.، و کوهی، ن. (۱۳۹۲). ارزیابی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر عملکرد پنبه در ارزوئیه استان کرمان. *نشریه علوم آب و خاک (مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)*، ۱(۶۳)، ۱۱-۲۱.

دستورانی، م.ت.، صادق‌زاده، ا.م.، و حشمتی، م. (۱۳۸۷). بررسی کارایی آبیاری زیرسطحی در میزان رشد و تولید درختان پسته. *نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۲۲(۱)، ۳۵-۴۷.

جهان‌تیغ، م. (۱۳۹۳). بررسی دور آبیاری مناسب به‌منظور کشت نهال در مناطق بیابانی (مطالعه موردی منطقه سیستان). *پژوهش‌های آبخیزداری*، ۲۷(۲)، ۸۳-۹۲.

حیدری، ن. (۱۳۹۰). تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان در کشور. *مدیریت آب و آبیاری*، ۱(۲)، ۴۳-۵۷.

صدیقتی، ن.، و حسینی‌فرد، س.ج.، و محمدی‌محمدآبادی، ا. (۱۳۹۱). مقایسه اثرات دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر رشد و عملکرد درختان بارور پسته. *آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۲۶(۳)، ۵۷۵-۵۸۵.

References

- Abbas Pelangi, J., & Akhond Ali, A.M. (2008). A semi-experimental model in order to estimate the dimension f wet barrier in the drip irrigation under point source. *Journal of Water and Soil Science*, 12(44), 85-96 (in Persian).
- Abou Seeda, M.A., Hammad, S.A., Yassen, A.A., & Abou El-Nour, E.A. (2020). Evaluation and optimization of subsurface irrigation (sdi) system: a review. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 10(3), 508-538.
- Alizadhe, A. (1997). Erosion and soil conservation. Astan Ghods Razavi Press, 258 pages (in Persian).
- Al-Omran, A.M., Falatah, A., Sheta, S., & Al-Harbi, A.R. (2004). The use of clay deposits in drip irrigation system for water conservation. *International Conference on Water Resources and Arid Environment, King Saud University*. 5-8 December 2004, 8 p.
- Asadi, R., Hassanpor, F., Tabatbaei, M., & Koohi, N. (2013). Effect of surface and subsurface drip systems on yield of cotton in orzoueyeh, Kerman Province. *Journal of Water and Soil Science*, 1 (63), 11-21 (in Persian).
- Babran, S., & Honarbakhsh, N. (2008). Water situation crisis in the world and Iran. *Center of Strategic Researches*, 16 (48), 193-212.
- Bainbridge, D.A., Steen, W., & Steen, A. (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., Tiszler, A., McAller, J.R., & Allen, M.F. (2001). Irrigation and surface mulch effects on transplant establishment. *Native Plants Journal*, 2(1), 25-29.
- Bainbridge, D.A. (2002). Alternate irrigation systems for arid land restoration. *Ecological Restoration*, 20(1), 23-29.
- Bumgarner, M.L., Salifu, K.F., & Jacobs, D.F. (2008). Subirrigation of *Quercus rubra* seedlings: nursery stock quality, media chemistry, and early field performance. *Horticulture Science*, 43, 2179-2185.
- Camp, C.R., Sadler, E.J., & Busscher, W.J. (1989). Subsurface and alternate middle micro irrigation for the Southeastern Coastal Plain. *Transactions - American Society of Agricultural Engineers*, 32(2), 451-456.
- Dastorani, M.T., Sadeghzadeh, M.A., & Heshmati, M. (2008). Evaluation of the efficiency of surface and subsurface irrigation on pistachio orchards growth. *Journal of Water and Soil*, 22(1), 35-47 (in Persian).

- Douh, B., & Boujelben, A. (2011). Effects of surface and subsurface drip irrigation on agronomic parameters of maize (*Zea mays* L.) under Tunisian climatic condition. *Journal of Natural Product and Plant Resources*, 1(3), 8-14.
- Earl, H.J., & Davi, R.F. (2003). Effect of drought stress on leaf and canopy whole radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal*, 95, 688 – 696.
- El-Gindy, A.M., Mahmoud, A.K., & Mohamed, A.H. (2016). Influence Using Different Water Quantities and Irrigation Systems on Some Forest Trees growth Parameters. *Life Scincese Journal*, 13(1), 72-81.
- Elmaloglou, S., & Diamantopoulos, E. (2009). Simulation of soil water dynamics under subsurface drip irrigation from line sources. *Agricultural Water Management*, 96, 1587-1595.
- Enciso, J., Jifon, J., Anciso, J., & Ribera, L.A. (2015). Productivity of onions using subsurface drip irrigation versus furrow irrigation systems with an internet based irrigation scheduling program. *International Journal of Agronomy*, 2015, 1-6.
- Fu, B., Li, Z., Goa, X., Wu, L., An, J., & Peng, W. (2020). Effects of subsurface drip irrigation on alfalfa (*Medicago sativa* L.) growth and soil microbial community structures in arid and semi-arid areas of northern China. *Applied Soil Ecology*, 159.
- Greacen, E.L., & Oh, J.S. (1986). Physics of root growth. *Nature London New Biology*, 235, 24–25.
- Gupta, S.K. (2002). Meeting challenge of the water shortage: Rainwater conservation in land reclamation programs. *12th ISCO Conference*, Beijing, China, 446-451.
- Heydari, N. (2011). Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmers' management in Iran. *Journal of Water and Irrigation Management*, 1(2), 43–57 (in Persian).
- Jahantigh, M. (2014). The study of the best Irrigation period to planting in desert regions (Case study Sistan region). *Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 27(2), 83-92 (in Persian).
- Kazeminejad, A.A., Baghestani, A., & Karimi, A.A. (2006). An investigation of affection of disparate irrigation methods on establishment of fruitful and unfruitful splees of tree in desert areas. *Pajouhesh and Sazandegi*, 19(2), 89-94 (in Persian).
- Kumar, P., & Rathor, R.S. (2015). Sprinkler irrigation brings cheer to farmers. *Indian Horticulture*, 60(2), 31.
- Kurian, T., Zodape, S.T., & Rathod, R.D. (1983). Propagation of *Prosopis juliflora* by air-layering. *Trans. Isdt and Ucds.*, 8, 104-108.
- Macduff, J., Wild, A., Hopper, M., & Dhanoa, M. (2006). Effects of temperature on parameters of root growth relevant to nutrient uptake: measurement on oilseed rape and barley grown in flown nutrient solution. *Plant and Soil*, 94, 321-332.
- Mokari, M. (2021). Investigation the effect of changing the irrigation method on the harvest index and water productivity of two wheat cultivars with the use of nitrogen fertilizer. *Journal of Water and Soil Science*, 24(4), 141-158 (in Persian).
- Mokhi, F.E., Nagazi, K., Masmoudi, M.M., & Mechlia, M. (2014). Effects of surface and subsurface drip irrigation regimes with saline water on yield and water use efficiency of potato in arid conditions of Tunisia. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 108 (2), 227-246.
- 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 Agricultur*, 36, 13-15.
- Mousavi, M., Myrlatifi, S.M., & Tabatabai, S.H. (2015). Effect of installation depth and distance of subsurface irrigation pipes on grass growth under municipal wastewater use. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Sciences*, 19(71), 129–138 (in Persian).
- 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, 15-21.
- Paterson, B. (2002). Food production, poverty alleviation and environmental challenges as influence by limited water resource and population growth. *Proceeding of 18th Congress on Irrigation and Drainage, General Reports*, C1, 1-23.
- Perry, C., & Steduto, P. (2017). Does improved irrigation technology save water? A review of the evidence. *Food And Agriculture Organization of the United Nations, CAIRO*, FAO. 57 Pages.
- 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.
- Sakellariou, M., Kalfountzos, D., & Vyrlas, P. (2002). Water saving and yield increase of

- sugar with subsurface drip irrigation. *Global Nest Journal*, 4(2-3), 85-91.
- Sedaghati, N., Hosseinifard, S.J., & Mohammadi, A. (2012). Comparing effects of surface and subsurface drip irrigation systems on growth and yield on mature pistachio trees. *Journal of Water and Soil*, 26(3), 575-585 (in Persian).
- Shiekh, M.T., & Shah, B.H. (1983). Establishment of vegetation with pitcher irrigation. *Pakistan Journal of Forestry*, 33(2), 75-81.
- Singh, P.J., Pukh, R.V., Padma Sen, P.K., & 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.
- Singh, D.K., & Rajput, T.B.S. (2007). Response of lateral placement depths of subsurface drip irrigation on okra (*Abelmoschus esculentus*). *International Journal of Plant Production*, 1(1), 73-84.
- 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.
- Sudhakar, P., Hanumantharayappa, S.K., Swamy Gowda, M.R., Kumar, J.S., & Sivaprasad, V. (2018). Impact of micro irrigation methods on mulberry (*Morus alba* L.) leaf quality and production. *International Journal of Pure & Applied Biosciences*, 6(3), 332-339.
- Sudhakar, P., Hanumantharayappa, S.K., Jalaja, S., & Sivaprasad, V.E. (2018). Valuation of affordable micro-irrigation technologies for quality mulberry leaf production. *Green Farming*, 9(1), 176-178.
- Sun, S.M., Yang, P.L., An, Q.X., Xu, R., Yao, B.L., Li, F.Y., & Zhang, X.X. (2016). Investigation into surface and subsurface drip irrigation for jujube trees grown in saline soil under extremely arid climate. *European Journal Horticultural Sciences*, 81(3), 165-174.
- Taylor, H.M., & Klepper, B. (1971). Water uptake by cotton roots during a drying cycle. *Journal of Biology Sciences*, 24, 853-859.
- 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, 653-555.
- Yensen, N.P. (2006). Halophyte uses for the twenty-first century. In: M.A. Khan, & D.J. Weber (eds), *Ecophysiology of high salinity tolerant plants*, Springer, Netherlands, 367-396.