

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

Mansour Jahantigh¹ 

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

Abstract

Introduction

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. This research examines the establishment of fruitful mulberry seedlings with three methods of subsurface irrigation, pottery, and drip irrigation in the Helmand 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, a total of 700 L of water was given to each seedling. 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. The plant water needs are better provided in the surface irrigation method, and more water is available compared with clay pot and drip 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

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

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), 25-35.

DOI: 10.22098/mmws.2021.8691

DOR: 20.1001.1.27832546.1400.1.2.3.3

Received: 16 April 2021, Accepted: 05 July 2021

Water and Soil Management and Modeling, Year 2021, Vol. 1, No. 2, pp. 25-35

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





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، زابل، ایران.

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 معناداری 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

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

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، (۲)، ۲۵-۳۵.

DOI: 10.22098/mmws.2021.8691

DOR: 20.1001.1.27832546.1400.1.2.3.3

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

مدل سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۰، دوره ۱، شماره ۲، صفحه ۲۵-۳۵

© نویسنده گان

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی



۱- مقدمه

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

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).

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 ناحیه‌ای بیابانی شده است. نبود موانع طبیعی، پوشش گیاهی ضعیف و شیب ملایم، سیستان را به یکی از کانون‌های 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 میلی‌متر 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 می‌گیرد. فقر پوشش گیاهی به دلیل کمبود رطوبت از چالش‌های اصلی منطقه به‌شمار می‌رود. بخش عمده‌ای از پوشش گیاهی را انواع گیاهان شورپسند تشکیل می‌دهد. بادهای ۱۲۰ روزه از ویژگی‌های 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. چاله‌هایی حفر و سه نمونه خاک از عمق ۵۰ سانتی‌متری هر تکرار برداشت و برخی از ویژگی‌های آن اندازه‌گیری شد. به خاک هر چاله، نیم کیلو کود حیوانی اضافه شد. سپس، نهال توت ریشه‌دار شش ماهه

پسته نشان داد که ۴۰ درصد صرفه‌جویی 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 قطره‌ای صرفه‌جویی به‌همراه 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). روش‌های 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 قطره‌ای میزان تولید گندم و بهره‌وری افزایش یافت (Mokari, 2021). بررسی منابع داخلی و خارجی نشان داد که تحقیقات زیادی در خصوص آبیاری نهال توت با استفاده از روش‌های مختلف در مناطق خشک و به‌خصوص 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 نوغان‌داری، نقش مؤثری نیز در کنترل فرسایش و بهبود محیط زیست خواهد داشت. با توجه به اثرات مخرب کمبود آب به‌همراه عدم کارایی مناسب روش‌های مورد استفاده در بخش اجرایی کشور، لزوم بررسی و ارائه روش‌های نوین در مطالعات آبیاری و استفاده از آن‌ها را ضروری ساخته است. این روش‌ها باید دارای جنبه‌های کاربردی بوده و اجرای آن نقش تعیین‌کننده‌ای 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 قطره‌ای در این حوزه آبخیز بوده است. با استقرار پوشش گیاهی و صرفه‌جویی در مصرف آب محدود منطقه، علاوه بر جنبه‌های اقتصادی آن برای بهره‌برداران، در زمینه نقش بادشکن و بهبود محیط زیست نیز برای توسعه منطقه مؤثر خواهد بود.

۲- مواد و روش‌ها

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 پلی اتیلین 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 منطقه 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 اگر 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 (میلی‌اکیوالان / گرم‌الیترا)	نسبت جذب سدیم (میلی‌گرم بر لیتر)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر لیتر)	پتاسیم قابل جذب (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	47 37 16
2	8.5	3.3	0.2	24	22.4	46.5	6.5	5.8	105	34 59 7

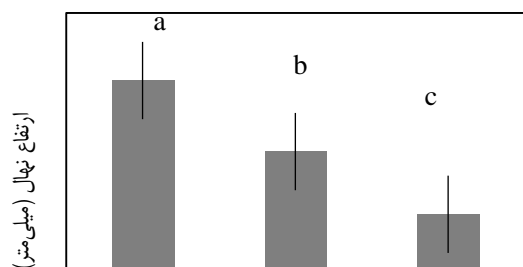
یافته‌های این آزمایش نشان داد که متوسط رطوبت تیمار آبیاری زیرسطحی قبل از آبیاری بیش از سایر تیمارها بود. میزان رطوبت در آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره‌ای سطحی قبل از آبیاری

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 به‌طور متوسط ۲۶/۷ لیتر) داده شد.

به ترتیب در گروه های a، b و c قرار گرفته است (شکل ۳). مقایسه یافته های قطر نهال های سه تیمار مورد مطالعه نشان داد که متوسط میانگین قطر نهال هایی که با روش زیرسطحی، قطره ای و سفالی آبیاری شده است به ترتیب ۱۱، ۱۰ و ۱۰ میلی متر 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

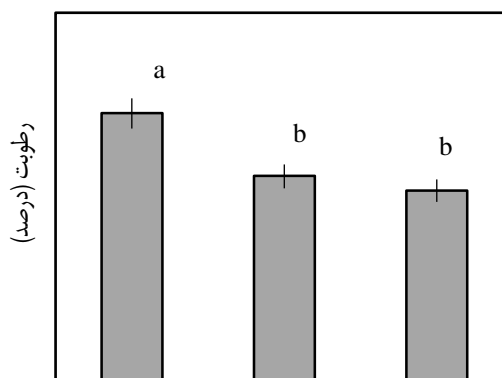
هر چند قطر نهال های تیمار آبیاری زیرسطحی رشد بیشتری را نشان داد، ولی از لحاظ آماری اختلاف معناداری بین میانگین یافته های آن ها وجود نداشت. در سه روش آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره ای به ترتیب میانگین میزان تاج پوشش گیاهی نهال های آبیاری شده آن ها ۰/۱۷، ۰/۰۶ و ۰/۱۳ متر مربع بود هر چند مقدار عددی تاج پوشش گیاهی در روش آبیاری زیرسطحی بیشتر بود، ولی از لحاظ آماری اختلاف معناداری بین میانگین داده های آن ها مشاهده نشد (شکل ۵).

در نهال های تیمارهای آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره ای به طور میانگین به ترتیب ۱۵، ۱۳/۵ و ۱۴ شاخه ایجاد شد. هر چند میانگین تعداد شاخه های تیمار آبیاری زیرسطحی بیشتر بود، ولی

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 درصد بیش تر از رطوبت تیمار آبیاری سفالی و نوع قطره ای بود. مقایسه میانگین ها بر طبق آزمون دانکن نشان داد که میزان رطوبت قبل از آبیاری در آبیاری زیرسطحی در یک گروه و مقدار رطوبت نوع سفالی و قطره ای سطحی در گروه دیگری قرار دارد (شکل ۲). تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که بین مقدار رطوبت سه تیمار مورد بررسی در سطح یک درصد اختلاف معناداری 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	Df	SS		F	Sig.
		مجموع مربعات	میانگین مربعات		
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

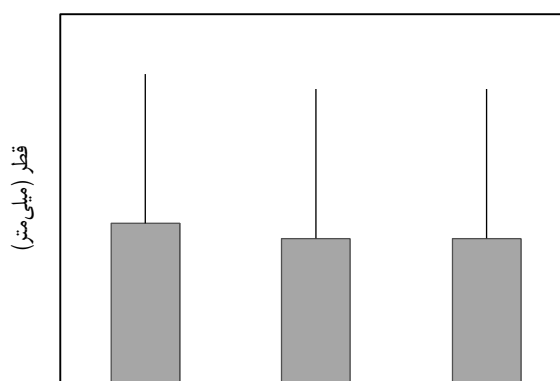
Figure 2- Comparison of moisture content of different treatments using one-way varians (Duncan test) at 95% confidence level

بررسی میزان رشد نهال ها نشان داد که متوسط رشد ارتفاع نهال های هر یک از تیمارهای آبیاری زیرسطحی، قطره ای و سفالی به ترتیب برابر ۲۸/۵، ۴۵/۵ و ۵۹/۷ سانتی متر بود (جدول ۳). مقایسه میانگین ها نشان داد که از لحاظ آماری در سطح پنج درصد اختلاف معناداری بین آن ها وجود دارد. مقایسه میانگین های ارتفاع بر اساس آزمون دانکن نشان داد که میزان ارتفاع در آبیاری زیرسطحی، سفالی، و قطره ای سطحی هر یک

Taylor and Klepper دلیل چنین وضعیتی این است که ریشه‌های عمیق‌تر جوان‌تر بوده، تراکم کم‌تری دارند و اغلب در جاهای مرطوب‌تر با هدایت آبی وارد 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.

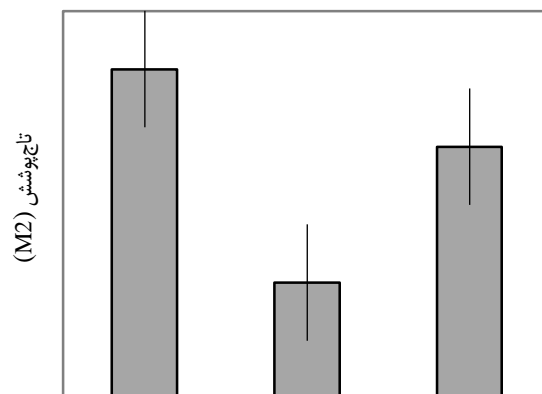
روش آبیاری زیرسطحی پتانسیل بالایی برای فراهم نمودن حداکثر کارایی آبیاری برای نگهداری رطوبت خاک در یک مدت معین برای رشد مناسب گیاه دارد. هم‌چنین آبیاری سفالی نیز در این خصوص کارایی بهتری نسبت به نوع قطره‌ای داشته است. علاوه بر آن در این دو روش بذور گیاهان وحشی یک‌ساله به‌شدت کاهش یافته و رقابتی با نهال‌ها 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 به‌دلیل روزانه بودن آبیاری و قرار دادن آب در زیرسطح زمین باعث نگهداشت 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 به‌ترتیب برابر ۷۸/۵، ۴۵/۵ و ۵۹/۷ سانتی‌متر بوده که از لحاظ آماری در سطح ۰/۰۵ اختلاف معناداری 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. به‌طوری‌که به ازای هر متر مکعب آب مصرفی، ۱۲۳، ۷۱/۱ و ۹۳/۳ سانتی‌متر به‌ترتیب 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 به‌سهولت 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

از لحاظ آماری اختلاف معناداری بین داده‌های این سه تیمار وجود نداشت.



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 (1971)

این اساس رشد در تیمار آبیاری زیرسطحی سهل‌تر 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

آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌دلیل وجود مداوم آب در پای گیاه و مرطوب بودن 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 et Bumgarner 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

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

بر رشد و عملکرد درختان بارور پسته، آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۶(۳)، ۵۷۵-۵۸۵.

عباس پلنگی، ج.، و آخوندعلی، م.ع. (۱۳۸۷). یک مدل نیمه‌تجربی به منظور تخمین ابعاد جبهه رطوبتی در آبیاری قطره‌ای، تحت منبع نقطه‌ای. علوم آب و خاک، ۱۱۲(۴۴)، ۸۵-۹۶.

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

کازمی‌نژاد، 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)، ۳۴(۴)، ۱۴۱-۱۵۸.

موسوی، س.، میرلطیفی، س.، و طباطبایی، س. (۱۳۹۴). اثر عمق و فاصله نصب لوله‌های آبدار 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)، ۱۳۸-۱۲۹.

References

- Abbas Pelangi, J., & Akhond Ali, A.M. (2008). A semi-experimental model in order to estimate the dimension of 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, Riyadh, Saudi Arabia.
- Asadi, R., Hassanpor, F., Tabatbaei, M., & Koochi, N. (2013). Effect of surface and subsurface drip systems on yield of cotton in orzouyeh, 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.

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

منابع

- 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.
- 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، ۱۱(۲)، ۴۳-۵۷.
- دستورانی، م.ت.، صادق‌زاده، م.ا.، 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.
- صداعتی، ن.، و حسینی‌فرد، س.ج.، و محمدی محمدآبادی، ا. (۱۳۹۱). مقایسه اثرات دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی
- 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 Scinces 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., & Vyrilas, 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.