

## Evaluation of Wetting Pattern in Deep Subsurface Irrigation Method Using PVC Pipes in Desert Areas

Golnoosh Savartondrow<sup>ID</sup> | Salman Zare\*<sup>ID</sup> | Khaled Ahmadauli<sup>ID</sup> | Mohammad Jafari<sup>ID</sup>

Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran  
Email: [zaresalman@ut.ac.ir](mailto:zaresalman@ut.ac.ir)

### Article Info

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received: 01 Apr. 2023

Revised: 31 May. 2023

Accepted: 12 Jul. 2023

Published online: 19 Feb. 2024

#### Keywords:

*Deep Subsurface Irrigation,*  
*Desert,*  
*PVC pipe,*  
*Water Shortage,*  
*Wetting Pattern.*

### Abstract

In arid regions like the deserts of Iran, where water scarcity and high evaporation rates pose significant challenges to vegetation establishment and irrigation, adopting innovative and environmentally friendly approaches is imperative for sustainable development. This study focuses on the application of deep subsurface irrigation using PVC pipes as a potential solution to mitigate these challenges. The experimental setup involved excavating a pit with a depth and diameter of 50 cm, where two PVC pipes were strategically placed on either side of the pit with a 20 cm spacing. The pipes were then filled with soil, and the study examined the wetting patterns in eight distinct treatments. Parameters such as the location of water exit holes, pipe diameter, the number of holes in the upper and lower sections, and hole diameter were systematically varied. The findings revealed that PVC pipes with a diameter of 12.5 cm and a height of 55 cm, featuring five double rows of 6 mm holes in the upper half spaced 3 cm apart, along with two holes in the lower half spaced 10 cm apart, yielded the most effective wetting pattern. This outcome holds crucial implications for water use efficiency, emphasizing the importance of achieving optimal wetting depths around plant roots. The depth of the wetting pattern is a key determinant for water resource management and encourages deep root development in plants. As a practical recommendation for irrigating seedlings in dry and desert areas, employing the specified treatment methodology is highly advisable, promising enhanced water utilization efficiency and sustainable plant growth.

**Cite this article:** Savartondrow, G., Zare, S., Ahmadauli, Kh., Jafari, M. (2024). Evaluation of Wetting Pattern in Deep Subsurface Irrigation Method Using PVC Pipes in Desert Areas. *Journal of Range & Watershed Management*, 76 (4), 335-349. DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2023.357266.1699>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

## ارزیابی پیاز رطوبتی خاک در شیوه آبیاری عمیق با استفاده از لوله‌های PVC در اراضی بیابانی

گلنوش سوارتندرو\*<sup>ID</sup> | سلمان زارع\*<sup>ID</sup> | خالد احمدآلی<sup>ID</sup> | محمد جعفری<sup>ID</sup>

گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران  
 رایانامه: [zaresalman@ut.ac.ir](mailto:zaresalman@ut.ac.ir)

### چکیده

### اطلاعات مقاله

با توجه به کمبود آب در بیابان‌های ایران و بالابودن میزان تبخیر استقرار پوشش گیاهی و آبیاری آن‌ها با مشکلات زیادی همراه است؛ لذا در برنامه‌های مدیریتی توسعه پایدار مناطق خشک و بیابانی استفاده از روش‌های نوین، سازگار با محیط زیست که در ترجیحاً آب کمتری مصرف گردد، را بسیار ضروری نموده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به آبیاری زیرسطحی عمقی با استفاده از لوله‌های PVC اشاره کرد. در این پژوهش چاله‌ای به عمق و قطر ۵۰ سانتی‌متر حفر شد و سپس دو لوله به طور متقابل به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر در دو طرف گودال قرار داده شد. پس از قرارگیری لوله‌ها، گودال با خاک عرصه پر شد. الگوی پیاز رطوبتی در هشت تیمار از نظر قرارگیری سوراخ‌های خروج آب، قطر لوله، تعداد سوراخ‌ها در نیمه بالایی و پایینی لوله و همچنین قطر سوراخ‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که لوله‌ها با قطر ۱۲/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۵ سانتی‌متر، با پنج ردیف دوتایی سوراخ ۶ میلی‌متری در نیمه بالایی لوله به فاصله ۳ سانتی‌متر از هم و دو سوراخ در نیمه پایینی لوله با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر، بهترین عمق پیاز رطوبتی را ایجاد می‌نمایند. عمق پیاز رطوبتی ایجاد شده در خاک در اطراف ریشه گیاه به عنوان نماینده راندمان کاربرد آب، در مدیریت و استفاده صحیح از منابع آبی و همچنین تشویق گیاه به ریشه‌دوانی عمقی بسیار مهم است. لذا در صورت استفاده از این شیوه برای آبیاری نهال‌ها در مناطق خشک و بیابانی، تیمار مذکور توصیه می‌گردد.

### نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰

### کلیدواژه‌ها:

آبیاری زیرسطحی عمقی،

بیابان،

پیاز رطوبتی،

کمبود آب،

لوله PVC.

**استناد:** سوارتندرو، گلنوش؛ زارع، سلمان؛ احمدآلی، خالد؛ جعفری، محمد (۱۴۰۲). ارزیابی پیاز رطوبتی خاک در شیوه آبیاری عمیق با استفاده از لوله‌های PVC در اراضی بیابانی. نشریه مرتع و آبخیزداری، ۷۶(۴)، ۳۳۵-۳۴۹.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2023.357266.1699>



© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

## ۱. مقدمه

با توجه به روند مصرف و محدودیت منابع آب، بیشتر کشورهای جهان به نوعی با بحران آب مواجه خواهند شد (مکونن و هوکسترا<sup>۱</sup>، ۲۰۱۶). نیمی از بزرگترین شهرهای جهان، کم آبی را تجربه می‌کنند (هی و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۲۱)، به طوری که دو سوم جمعیت جهان (چهار میلیارد نفر)، حداقل یک ماه از سال را در شرایط کم آبی شدید به سر می‌برند و حدود پانصد میلیون نفر در جهان، در تمام طول سال با کم آبی شدید مواجه هستند (بلوار<sup>۳</sup>، ۲۰۲۰). در صورت ادامه روند فعلی، انتظار می‌رود که در سال ۲۰۳۰، تقاضا، چهل درصد بیش از منابع شود (بورتی و رزا<sup>۴</sup>، ۲۰۱۹). عدم تطابق جغرافیایی (محسن‌زاده و فکوهی، ۲۰۱۸؛ اورن و همکاران<sup>۵</sup>، ۱۹۹۹)، همچنین افزایش جمعیت جهان، ارتقا و بهبود استانداردهای زندگی، تغییر الگوهای مصرف، و توسعه آبیاری کشاورزی اصلی ترین دلایل افزایش جهانی تقاضای آب است (وروسماری و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۰۰). مهمترین مسأله در مواجهه با بحران آب و کم آبی، مدیریت این منبع ارزشمند است (برخندان و برخندان، ۲۰۱۸). محصور شدن بخش اعظم فلات ایران در حصارهای کوهستانی نسبتاً مرتفع از یکسو و قرار گرفتن آن در محدوده‌های کمربند بیابانی دنیا به همراه تکتونیک آن سبب شده است که پدیده خشکی به عنوان ویژگی بارز، دو سوم مساحت ایران به شمار آید (احمدی، ۲۰۱۳). با توجه به اینکه بالاترین مقدار مصرف آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران متعلق به بخش کشاورزی است، هر بهبود اندکی که در بهره‌وری آب در این بخش صورت گیرد آثار بزرگی را به دنبال خواهد داشت. در سال‌های اخیر مباحث بهسازی و بازسازی شبکه‌های آبیاری به طور جدی مطرح شده است و علم آبیاری از لحاظ سخت‌افزاری و نرم‌افزاری پیشرفت‌های چشمگیری داشته است. به طور ایده‌آل یک سیستم آبیاری باید این قابلیت را داشته باشد که آب مورد نیاز را در زمان مورد نظر برای گیاه تامین نماید. به عبارت دیگر سیستم آبیاری باید اولاً از نظر حجم آب مورد نیاز و ثانیاً از نظر زمان تحویل آن، پاسخگوی نیازهای گیاه باشد. آبیاری زیر سطحی یکی از شیوه‌های آبیاری می‌باشد که در سال‌های اخیر در بسیاری از کشورهای پیشرفته به کار گرفته شده است (محسن‌زاده و فکوهی، ۲۰۱۸). از روش‌های آبیاری زیرسطحی می‌توان به روش آبیاری زیرسطحی عمقی با استفاده از لوله‌های PVC اشاره کرد. این روش جزو روش‌هایی است که در مسیر انتقال آب به ناحیه ریشه، سطح خاک را دور می‌زند و مستقیماً آب را به ناحیه ریشه می‌رساند و با کم کردن تلفات تبخیر سبب صرفه‌جویی در مصرف آب می‌گردد (هی و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۲۱). روش‌های آبیاری زیر سطحی از فناوری‌های جدیدی هستند که دارای مزایای متعدد و منحصر به فرد از نظر مسائل زراعی، حفظ منابع آب و خاک و اقتصادی مانند افزایش بهره‌وری در مصرف آب، کنترل رشد علف‌های هرز، کاهش در مصرف انرژی، حفظ ساختمان خاک و حفاظت بیشتر از محیط زیست می‌باشند و راه‌حل مناسبی برای خشکسالی‌ها و بحران کمبود آب جهت اراضی قاریاب به شمار می‌آیند (زراعی، ۲۰۲۱). حاجبی و مفتاح حلقی (۲۰۱۳) بیان کردند که، استفاده از لوله‌های عمیق و لوله‌های PVC متخلخل هزینه و نیاز آبی بسیار کمتری دارد و در مقابل، محیط ریشه را بهتر مرطوب می‌نماید که این باعث رشد و بقای گیاه می‌شود. مارتینز و رسا<sup>۸</sup> (۲۰۱۴)، بیان کردند استفاده از روش آبیاری زیرسطحی عمقی با کاربرد لوله‌های عمودی به طول ۵۰ و قطر ۱۱ سانتی‌متر در سه سطح آبیاری در درختان زیتون اسپانیا نشان داد آبیاری زیرسطحی عمقی همراه با آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی بهترین نتیجه را در افزایش میزان محصول و کارایی مصرف آب دارد. گلابی و آخوندعلی (۲۰۰۷) بیان کردند، استفاده از لوله تراوا به شکل عمودی جهت آبیاری نشان داد این لوله‌ها کارایی خوبی در توزیع مناسب رطوبت در خاک دارند. مقبلی دامنه و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهشی بروی آبیاری زیر سطحی به روش عمقی و آبیاری زیرسطحی و سطحی به روش قطره‌ای بیان کردند، آبیاری زیرسطحی عمقی با افزایش ۲۰ درصدی حجم تاج پوشش و ۲۱

1. Mekonnen and Hoekstra
2. He et al
3. Bellware
4. Boretti and Rosa
5. Oren et al
6. Vörösmarty et al
7. He et al
8. Martinez and Reza

درصدی عملکرد نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی توانست کارایی خود را ثابت کند. صداقتی و همکاران (۱۹۳۱)، در تحقیقی چهارساله، دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی (با دو عمق نصب ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر) با سه تیمار آبیاری (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی) بررسی نمودند. تیمار آبیاری زیرسطحی با عمق نصب ۳۰ سانتی‌متر و میزان ۶۰ درصد نیاز آبی با کارایی مصرف آب ۰/۲۹ کیلوگرم محصول خشک در هر متر مکعب آب مصرفی، بهترین تیمار شناخته شد. بختیار و نظری فریبا (۲۰۱۸)، بیان کردند در روش آبیاری زیر سطحی الگوی پیاز رطوبتی به عنوان یک فاکتور مهم در طراحی و مدیریت مورد توجه است. پیاز رطوبتی به بافت و ساختمان خاک، حجم آب آبیاری، دبی قطره چکان (سوراخ‌ها)، شیب زمین و... بستگی دارد (محمدی، ۲۰۱۸). سهرابی و گزری (۲۰۱۵)، در پژوهشی برای ارزیابی کارایی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را با لوله نشان دادند که شعاع توسعه پیاز رطوبتی بستگی به ویژگی‌های فیزیکی خاک و شرایط هیدرولیکی سیستم دارد. برای تعیین دقیق‌تر سطح مقطع و اندازه حجمی پیاز رطوبتی، باید مولفه‌های حداکثر عمق خیس شده و حداکثر عرض خیس شده در نیمرخ خاک، و شعاع خیس شده در سطح خاک که در هر زمان در طول آبیاری رخ می‌دهد، در نظر گرفته شود (کلیک، ۲۰۲۰). هدف از انجام این تحقیق بررسی عمق پیاز رطوبتی خاک در آبیاری زیرسطحی عمقی با استفاده از لوله‌های PVC در راستای مدیریت آب در مناطق بیابانی می‌باشد.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱-۲. آبیاری زیر سطحی عمقی با استفاده از لوله پولیکا (PVC)

این روش جزو روش‌هایی است که آب را مستقیماً به ریشه گیاه می‌رساند. لوله‌های کاشته شده در اطراف ریشه، به صورت دستی و یا از طریق سیستم آبیاری موضعی نصب شده در عرصه پر می‌شود. خاک در حالی مرطوب می‌شود که آب در زیر لوله PVC و سوراخ‌های حفر شده در طرفین تخلیه می‌شود (شکل ۱). مهم‌ترین مزیت این روش آبیاری، کاهش مصرف آب به دلیل کاهش تبخیر و نیز نفوذ آب فقط در محدوده ریشه گیاه می‌باشد و همچنین مواردی مانند ترک ترک شدن سطح خاک، ماندابی شدن، ایجاد رواناب در سطح خاک و فرسایش آن تقریباً از بین می‌رود. به علاوه این لوله‌ها کارایی بهتر استفاده از آب و کنترل علف‌های هرز را فراهم می‌کنند و در دامنه‌های شیب‌دار امکان استفاده سریع و کارآمد و بدون هدر رفتن آب را فراهم می‌کنند. این روش حجم ریشه بسیار بیشتری نسبت به سایر اشکال آبیاری ایجاد می‌کند (کلیک، ۲۰۲۰). میزان آب تخلیه شده به خاک بستگی به اندازه لوله (قطر و عمق آن) دارد که اندازه لوله با توجه به نوع گونه گیاهی، نوع خاک و اقلیمی که گیاه در آن کشت شده فرق دارد. در این شیوه آبیاری معمولاً بعد از گذشت حدود یک سال و استقرار کامل نهال، لوله‌ها خارج شده و می‌تواند برای مکان دیگری مورد استفاده قرار گیرد (بینبرج و رمیرز الموریل، ۲۰۰۷).

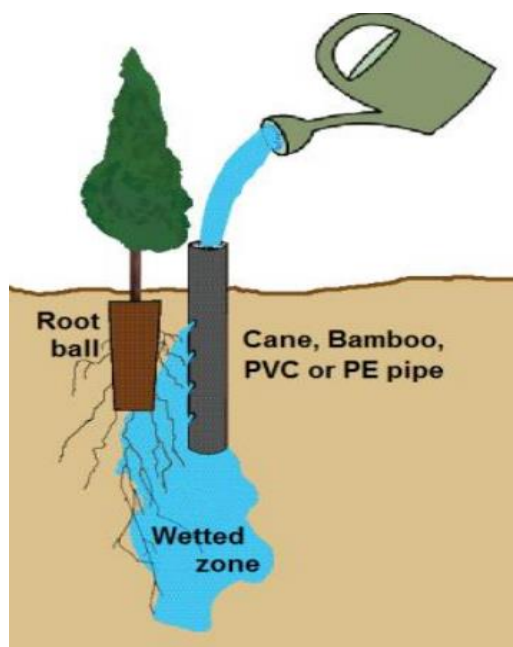
در این روش چاله‌ای به عمق و قطر ۵۰ سانتی‌متر حفر شد و سپس دو لوله در دو طرف گودال به فاصله حدوداً ۲۰ سانتی‌متر از یک دیگر قرار می‌گیرد و چاله با خاک عرصه پر می‌شود. برای تعیین بهترین تعداد ردیف سوراخ خروج آب و همچنین طرز قرارگیری آن بروی لوله PVC چندین آزمایش انجام شد تا از این طریق بتوان لوله‌ای را انتخاب کرد که بهترین عملکرد در رساندن آب به ریشه گیاه و بیشترین عمق پیاز رطوبتی را فراهم می‌کند. این تحقیق در هشت تیمار با در نظر گرفتن قطر لوله، تعداد سوراخ‌ها در نیمه بالایی و پایین لوله و همچنین قطر سوراخ‌ها به شرح زیر در محوطه دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران اجرا شد:

- ۱) لوله به قطر ۱۲/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۵ سانتی‌متر با سه ردیف دو تایی سوراخ در بالا و سه سوراخ در پایین.
- ۲) لوله به قطر ۱۲/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۵ سانتی‌متر با پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و سه سوراخ در پایین.
- ۳) لوله به قطر ۱۲/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۵ سانتی‌متر با پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین.
- ۴) لوله به قطر ۱۲/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۵ سانتی‌متر با شش ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین.

1. Kilic

2. Bainbridge and Ramirez Almoril

- (۵) لوله به قطر ۱۲/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۵ سانتی‌متر با شش ردیف دو تایی سوراخ در بالا و یک سوراخ در پایین.
- (۶) لوله به قطر ۱۲/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۵ سانتی‌متر با پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و یک سوراخ در پایین.
- (۷) لوله به قطر ۱۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر با سه ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ یکی ۶ و دیگری ۴ میلی‌متر در پایین.
- (۸) لوله به قطر ۱۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر با سه ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین.
- شایان ذکر است که به منظور انتقال آب به بخش بالایی که ریشه نهال‌های تازه در آنجا قرار دارد، انتهای لوله‌ها بسته شدند. در این محوطه آزمایشات صورت گرفته بروی خاکی با بافت رسی ماسه‌ای (Sandy Clay) در اسفند و اردیبهشت ماه اجرا شده است، میانگین تبخیر در این دو ماه بین ۰ تا ۳۶۵/۷ میلی‌متر متغیر بوده است این در حالیست که میانگین رطوبت نسبی بین ۲۵/۱۱ تا ۷۰/۰۸ و متوسط درجه حرارت بین ۱ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد بوده است. جدول ۱ آنالیز خاک منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. آبیاری زیر سطحی عمقی با استفاده از لوله پولیکا (مارتینز د آزگرا پاردس و همکاران، ۲۰۲۲)

جدول ۱. تجزیه و تحلیل خاک محوطه مورد آزمایش در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

نمونه خاک	بافت	ماده آلی (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm <sup>3</sup> )	pH	EC (dS/m)	کلسیم (meq/lit)	منیزیم (meq/lit)	کربنات (meq/lit)	بی کربنات (meq/lit)	کلر (meq/lit)	آهک (درصد)	گچ (درصد)
۱	Sandy Clay	۱/۰۳	۱/۲۵	۷/۵	۱/۳	۸/۲	۴/۴	۰	۱۲/۴	۴	۱۷/۲	۰/۰۷

هر لوله PVC به قطر ۱۲/۵ سانتی متر و ارتفاع ۵۵ سانتی متر و قطر ۱۶ سانتی متر و ارتفاع ۳۵ سانتی متر گنجایش ننگه داشت ۷/۵ لیتر آب را دارد (شکل ۲). در این پژوهش به دلیل استفاده از دو لوله پولیکا به طور کلی ۱۵ لیتر آب برای هر تیمار مورد استفاده قرار گرفت؛ سپس بعد از گذشت ۲۴ ساعت، پروفیل خاک حفر شد (شکل ۳) و ابعاد پیاز رطوبتی (عمق و طول خیسی) با استفاده از خط کش مطابق شکل ۴ اندازه گیری گردید و سپس نمودارهای پیاز رطوبتی آن با استفاده از نرم افزار اکسل ترسیم شد.



شکل ۲. نحوه پر کردن لوله پولیکا با آب جهت بررسی پیاز رطوبتی



شکل ۴. شیوه اندازه گیری پیاز رطوبتی با استفاده از خط کش



شکل ۳. نمایی از حفر پروفیل خاک و پیاز رطوبتی

### ۳. یافته‌های پژوهش

به طور کلی تیمارهای بیان شده در دو لوله با قطرهای ۱۶ و ۱۲/۵ سانتی متر با تعداد سوراخ‌های متفاوت در نیمه بالایی و پایینی لوله بوده است. اکثر سوراخ‌ها به قطر ۶ میلی متر و در یک مورد به قطر ۴ میلی متر می‌باشد و سپس طول خیسی برحسب سانتی متر در تمامی تیمارها اندازه گیری و به صورت جدول نشان داده شد (جدول ۲). همچنین هر کدام از آزمایشات انجام شده در شکل‌های ۵ تا ۱۲ به طور مجزا نمایش داده شده است.

جدول ۲. قرارگیری انواع سوراخ‌ها بروی لوله PVC و طول پیاز رطوبتی ایجاد شده در خاک در عمق‌های مختلف لوله

نیمه بالایی لوله	لوله به قطر ۱۶ سانتی‌متر						لوله به قطر ۱۲/۵ سانتی‌متر	
	۳ ردیف ۲ تایی سوراخ	۵ ردیف ۲ تایی سوراخ			۶ ردیف ۲ تایی سوراخ		۳ ردیف ۲ تایی سوراخ	
نیمه پایینی لوله	۳ سوراخ	۱ سوراخ	۲ سوراخ	۳ سوراخ	۱ سوراخ	۲ سوراخ	۲ سوراخ ۶ و ۴ میلی‌متری	۲ سوراخ
شکل شماتیک لوله‌ها								
عمق لوله PVC (سانتی‌متر)	طول خیزی (سانتی‌متر)							
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵	۳
۱۰	۲	۰	۰	۵	۰	۰	۸	۵
۱۵	۴	۵	۲	۶	۷	۴	۱۱	۷
۲۰	۶	۹	۸	۷	۸/۵	۵	۱۵	۱۰
۲۵	۷	۹	۱۵	۷	۱۴	۶	۲۰	۱۷
۳۰	۷	۸	۱۵	۸	۱۴	۷	۲۳	۱۸
۳۵	۸/۵	۰	۱۶	۹	۱۴	۹	۲۶	۲۰
۴۰	۱۲/۵	۱۷	۱۷	۱۲	۱۱/۵	۱۳		
۴۵	۱۸/۵	۱۸	۱۸	۱۷	۱۵	۱۸		
۵۰	۲۲	۲۰	۱۸	۱۷	۲۰	۲۰		
۵۵	۲۲	۲۵	۲۰	۱۷	۲۰	۲۲		
مدت زمان نگهداری آب (دقیقه)	۲۹	۱۴۷	۱۲۵	۲۰	۹۵	۵۷	۳۱	۲۲

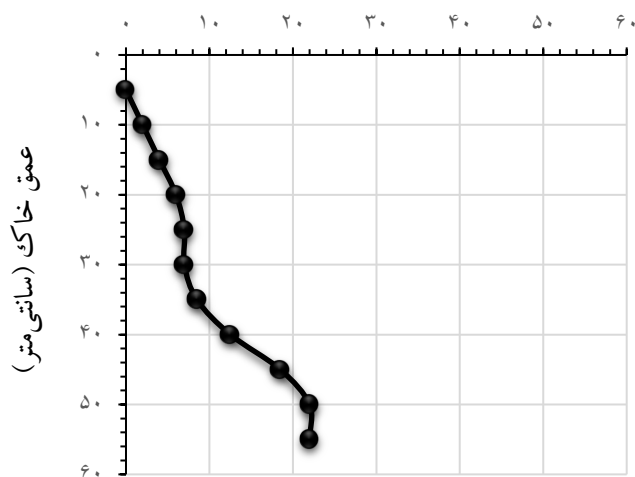
همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است تیمار لوله‌ی پولیکا با سه ردیف دو تایی سوراخ در بالا و سه سوراخ در پایین مشخص شده است. در این نمودار پیاز رطوبتی تا عمق ۵۵ سانتی‌متری ادامه داشت و حداکثر طول خیزی ۲۲ سانتی‌متر در عمق ۵۰ و ۵۵ سانتی‌متری بوده و همچنین مدت زمان نگهداشت آب در این تیمار ۲۹ دقیقه می‌باشد.

در تیمار لوله‌ی پولیکا با پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و سه سوراخ در پایین (شکل ۶)، رطوبت تا عمق ۵۵ سانتی‌متری نفوذ کرده است و نمودار زیر حداکثر طول خیزی ۱۷ سانتی‌متر در عمق ۴۵ تا ۵۵ سانتی‌متری را نشان می‌دهد. همچنین مدت زمان نگهداشت آب در این تیمار ۱۴۷ دقیقه می‌باشد.

شکل ۷، تیمار لوله‌ی پولیکا با پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین را نشان داده است. بررسی پیاز رطوبتی خاک تا عمق ۵۵ سانتی‌متری نشان داد که حداکثر طول خیزی ۲۰ سانتی‌متر در عمق ۵۵ سانتی‌متری بوده و همچنین مدت زمان نگهداشت آب در این تیمار ۱۲۵ دقیقه می‌باشد.

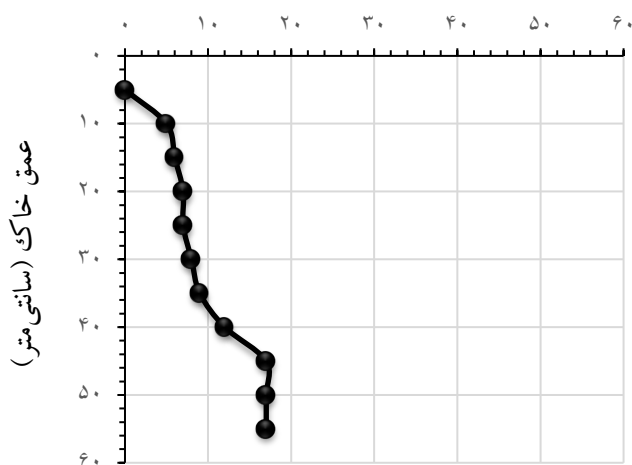


فاصله از مرکز لوله (سانتی متر)



شکل ۵. لوله PVC به قطر ۱۲/۵ سانتی متر با سه ردیف دو تایی سوراخ در بالا و سه سوراخ در پایین با ته بسته

فاصله از مرکز لوله (سانتی متر)

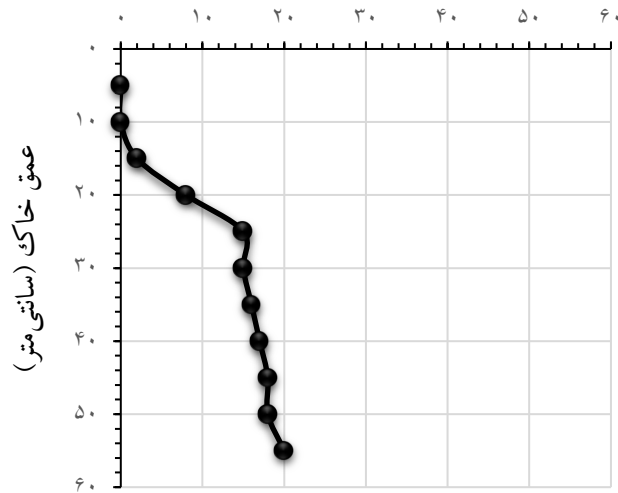


شکل ۶. لوله PVC به قطر ۱۲/۵ سانتی متر با پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و سه سوراخ در پایین با ته بسته

تیمار لوله‌ی پولیکا با شش ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین در شکل ۸ نمایش داده شده است. نتایج بدست آمده از نمودار زیر حاکی از آن است که حداکثر طول خیسی ۲۲ سانتی متر در عمق ۵۵ سانتی متری بوده و همچنین مدت زمان نگهداشت آب در این تیمار ۵۷ دقیقه می‌باشد.

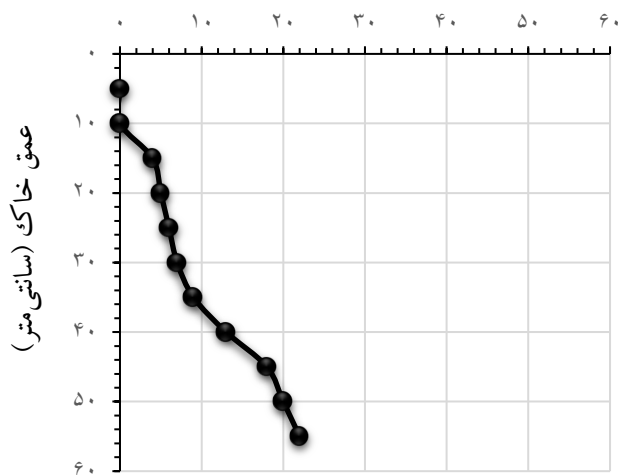


فاصله از مرکز لوله (سانتی متر)



شکل ۷. لوله PVC به قطر ۱۲/۵ سانتی متر با پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین با ته بسته

فاصله از مرکز لوله (سانتی متر)



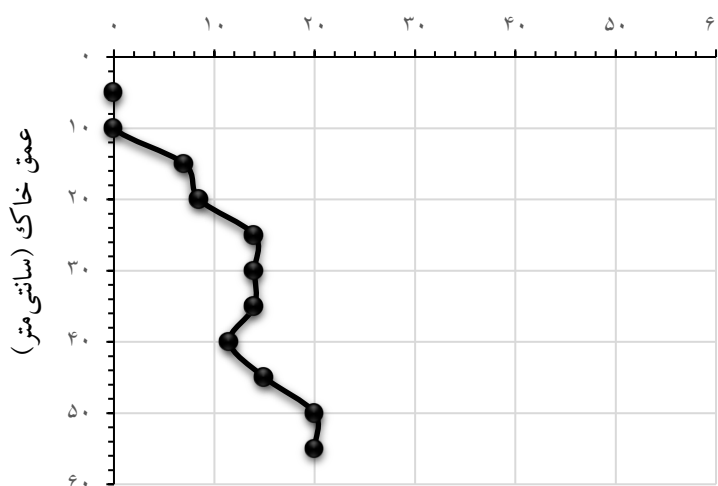
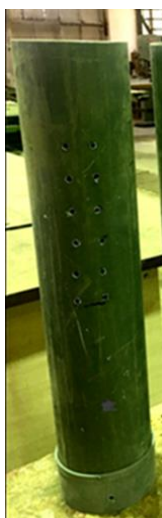
شکل ۸. لوله PVC به قطر ۱۲/۵ سانتی متر با شش ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین با ته بسته

شکل ۹، تیمار لوله‌ی پولیکا با شش ردیف دو تایی سوراخ در بالا و یک سوراخ در پایین را نشان داده است. در این شکل حداکثر طول خیزی ۲۰ سانتی متر در عمق ۵۰ و ۵۵ سانتی متری می‌باشد. همچنین مدت زمان نگهداشت آب در این تیمار ۹۵ دقیقه می‌باشد. همانطور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است تیمار لوله‌ی پولیکا با پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و یک سوراخ در پایین تا عمق ۵۵ سانتی متری بررسی شد که حداکثر طول خیزی ۲۵ سانتی متر در عمق ۵۵ سانتی متری بوده و همچنین مدت زمان نگهداشت آب در

این تیمار ۱۴۷ دقیقه می‌باشد.

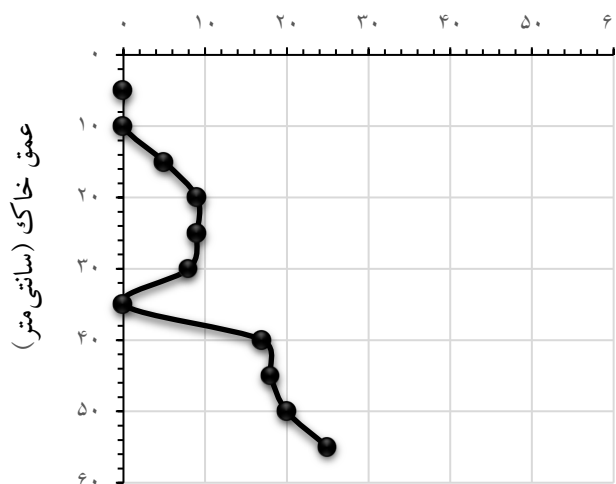
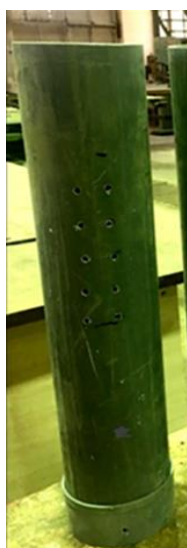
تیمار لوله‌ی پولیکا با سه ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ ۶ و ۴ میلی‌متری در پایین (شکل ۱۱) نشان داد که حداکثر طول خیزی ۲۶ سانتی‌متر در عمق ۳۵ سانتی‌متری بوده است. به علاوه مدت زمان نگهداشت آب در این تیمار ۳۱ دقیقه می‌باشد.

فاصله از مرکز لوله (سانتی متر)



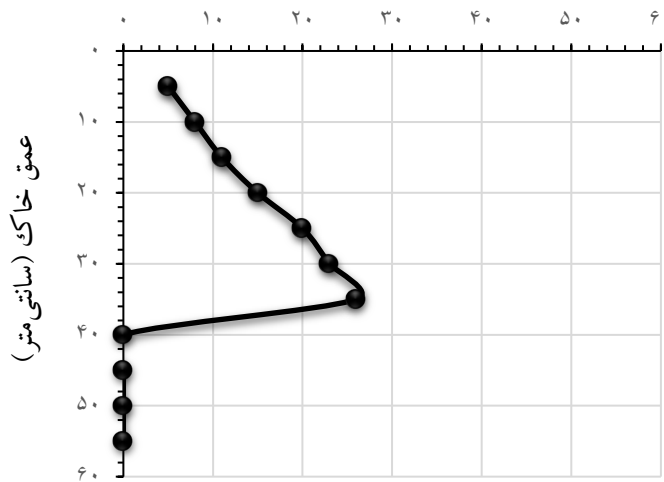
شکل ۹. لوله PVC به قطر ۱۲/۵ سانتی‌متر با شش ردیف دو تایی سوراخ در بالا و یک سوراخ در پایین با ته بسته

فاصله از مرکز لوله (سانتی متر)



شکل ۱۰. لوله PVC به قطر ۱۲/۵ سانتی‌متر با پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و یک سوراخ در پایین با ته بسته

فاصله از مرکز لوله (سانتی متر)

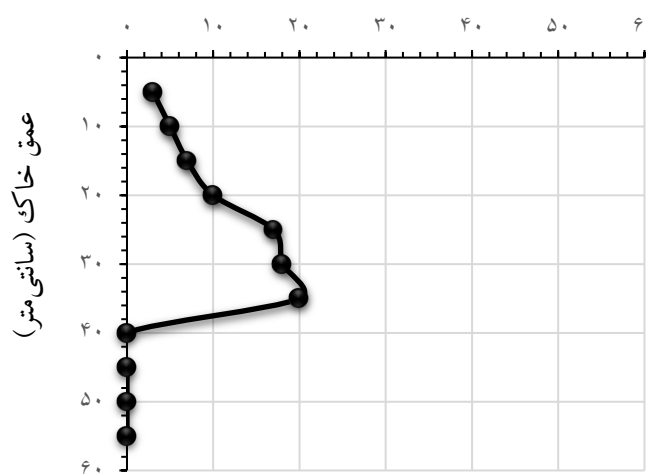


شکل ۱۱. لوله PVC به قطر ۱۶ سانتی متر با سه ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ ۶ و ۴ میلی متری در پایین با ته بسته

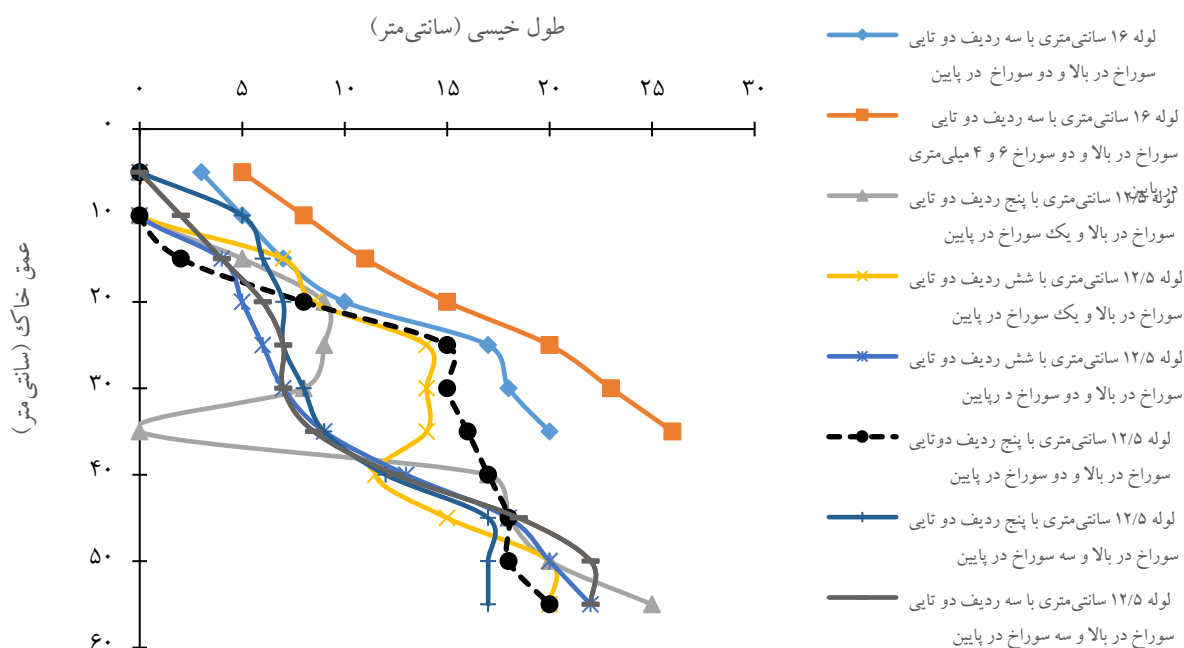
شکل ۱۲، تیمار لوله‌ی پولیکا با سه ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین را نشان داده است. در این نمودار پیاز رطوبتی تا عمق ۵۵ سانتی متری بررسی شد که حداکثر طول خیسی ۲۰ سانتی متر در عمق ۳۵ سانتی متری بوده است. شایان ذکر است مدت زمان نگهداشت آب در این تیمار ۲۲ دقیقه می‌باشد.

پیازهای رطوبتی خاک آزمایش شده در ۸ تیمار مختلف در لوله‌های ذکر شده در جدول ۲ در شکل زیر به صورت کلی نشان داده شده است (شکل ۱۳).

فاصله از مرکز لوله (سانتی متر)



شکل ۱۲. لوله PVC به قطر ۱۶۰ میلی متر با سه ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین با ته بسته



شکل ۱۳. پیاز رطوبتی خاک در لوله‌ها با سوراخ‌های متفاوت

در شکل بالا، تیمار نشان داده شده با خط چین مشکی (لوله PVC به قطر ۱۲/۵ سانتی متر با پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین با ته بسته) نسبت به ۷ تیمار دیگر با توجه به عمق خاک طول خیزی یکنواخت‌تری داشته است. از آنجایی که نتایج جدول ۲ حاکی از آن بود که در تیمار سه ردیف دو تایی سوراخ در بالا و سه سوراخ در پایین آب در طی ۲۹ دقیقه تخلیه شد در تیمار پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و سه سوراخ در پایین در ۲۰ دقیقه و در تیمار پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین در ۱۲۵ دقیقه و در تیمار شش ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین در ۵۷ دقیقه و در تیمار شش ردیف دو تایی سوراخ در بالا و یک سوراخ در پایین در ۹۵ دقیقه و در تیمار پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و یک سوراخ در پایین در ۱۴۷ دقیقه و در تیمار لوله پولیکا به قطر ۱۶ سانتی متر در سه ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ ۴ و ۶ میلی متری در پایین در ۳۱ دقیقه و در تیمار سه ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین در ۲۲ دقیقه تخلیه صورت گرفت. با توجه به هدف این پژوهش که یافتن پیاز رطوبتی بود که در اعماق بیشتری نفوذ کرده باشد و باعث تشویق گیاه به ریشه‌زنی عمقی شود، و همچنین به علت بالا بودن درجه حرارت و تبخیر از سطح لوله باید لوله‌ای انتخاب می‌شد که مدت زمان نگهداشت آب در آن نه آنقدر زیاد باشد که سبب تبخیر شود و نه آنقدر کم باشد که گیاه فرصت استفاده از آب را نداشته باشد به همین منظور لوله‌ای با پنج ردیف دو تایی سوراخ در بالا و دو سوراخ در پایین بهترین عملکرد را از خود نشان داد.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از آن است که با در نظر گرفتن میزان عمق خیزی بیشتر خاک و همچنین مدت زمان مناسب نگهداری آب در لوله (نه زمان آنقدر طولانی که تبخیر صورت گیرد، نه زمان کوتاه که گیاه فرصت کافی برای جذب آب نداشته باشد)، تیماری با پنج ردیف دو تایی سوراخ در نیمه بالایی لوله و دو سوراخ در نیمه پایینی با انتهای بسته بهترین عمق خیس شدگی را داشته

است. در زمینه عمق خیس شدگی در روش آبیاری زیرسطحی عمقی با استفاده از لوله PVC تحقیقاتی صورت نگرفته است. تیشه‌زن و موسوی (۲۰۱۵)، گسترش پیاز رطوبتی را تحت منبع نقطه‌ای در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در خاک دو لایه شامل شن و رس انجام دادند و مشاهده نمودند قرار گیری لایه رسی در بالای لایه شنی باعث گسترش افقی پیاز رطوبتی می‌شود. این موضوع در مناطق بیابانی غبارخیز نیز صادق است. به دلیل بافت سنگین خاک، نفوذ عمقی آب اندک بوده و پیاز رطوبتی عریض خواهد بود. ماندگاری آب در سطح و خیزی بیشتر سطح خاک و عدم گسترش عمقی رطوبت منجر به تلفات آب از طریق تبخیر خواهد شد. در این راستا اکرام‌نیا (۱۹۹۶)، در بررسی انواع قطره چکان، نشان داد که نفوذ پذیری در خاک‌های شنی به گونه‌ی عمده تابع نیروی ثقل است، حال آن که در خاک‌های رسی، عامل اصلی تعیین کننده‌ی شکل پیاز رطوبتی خاک، نیروی موئینگی است. این بدان معنی است که در خاک‌های شنی، پیاز رطوبتی به صورت عمودی و باریک، ولی در خاک‌های رسی به صورت نیمکره‌ی کوچک یا بزرگی است که مرکز آن در زیر قطره چکان قرار دارد که این نتایج با نتیجه بدست آمده از این پژوهش که در خاکی با بافت رسی شنی پیازهای رطوبتی به صورت نیم کره در می‌آید مطابقت دارد. اورن و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۹۹) نیز نشان دادند که پیاز رطوبتی در سیستم آبیاری قطره‌ای زیر سطحی به صورت کروی می‌باشد، در صورتی که در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی به صورت نیم کره است. شریف‌نیا و میرزایی (۲۰۰۹) اثر شیب زمین، دبی قطره‌چکان و مدت زمان آبیاری را در مزرعه‌ای شامل چهار شیب صفر، ۵ و ۱۵ و ۲۵ درصد با سه دبی قطره‌چکان ۲ و ۴ و ۸ لیتر بر ساعت و زمان‌های آبیاری ۱ و ۲ و ۴ ساعت در خاک متوسط رسی لومی سیلتی بررسی کرده و ابعاد خیس شدگی به طور مستقیم با حفر بخش خیس شده پس از گذشت ۲۴ ساعت از شروع آبیاری و با تهیه مقاطع موازی با سطح اولیه خاک اندازه گیری کردند. با توجه به تغییرات الگوی خیس شده مشاهده نمودند که در بیشتر موارد، پیاز رطوبتی به سمت پایین دست منحرف و کشیده‌تر شده است و در سطح شیب‌دار، خیس شدگی به طور کامل در امتداد ثقل نیست. در پژوهش حاضر پس از مدت ۲۴ ساعت که پروفیل رطوبتی برای بررسی پیاز رطوبتی در خاکی با بافت رسی شنی حفر شد، مشاهده شد که به دلیل انتقال آب به عمق به واسطه استفاده از لوله‌های PVC پیاز رطوبتی به سمت عمق پایین‌تر کشیده شده است که این نتیجه با نتایج شریف‌نیا و میرزایی (۲۰۰۹) مطابقت دارد. همچنین در تحقیقی مصطفی‌زاده و همکاران (۱۹۹۸)، اثر شیب زمین، دبی قطره چکان، حجم آب آبیاری و بافت خاک را بر جبهه‌ی رطوبتی و خیس شدگی سطحی خاک از یک منبع نقطه‌ای مطالعه و به این نتایج دست یافتند، حجم آب آبیاری تأثیری مستقیم بر حجم جبهه‌ی رطوبتی داشته و با افزایش آن حجم جبهه‌ی خیس شده افزایش یافت که نتایج این تحقیق با فیلیچر و ویلسون<sup>۲</sup> (۱۹۸۳) مطابقت دارد، آن‌ها بیان می‌کنند که اندازه پیاز رطوبتی بیش از آن که تابع دبی قطره چکان باشد، تحت تأثیر میزان آب به کار رفته است. آبیاری عمیق با استفاده از لوله PVC که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت، با کاهش سطح خیس شدگی خاک، منجر به کاهش تلفات تبخیر می‌گردد. در این روش حجم مرطوب شده ریشه حداکثر و تلفات آب حداقل می‌باشد. الگوی خیس شدگی یکی از پارامترهای اصلی در بهینه کردن ابعاد و تعداد سوراخ‌های خروج آب و فاصله آنها از یکدیگر می‌باشد (المالوگوس<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷)؛ بنابراین برای طراحی مناسب آبیاری عمیق با استفاده از لوله PVC، ابعاد خیس شدگی (عمق و عرض خیس شدگی) بایستی به دقت تعیین شود. در این تحقیق هشت تیمار مختلف که از نظر ابعاد و تعداد سوراخ‌های خروج آب تفاوت داشتند مورد بررسی قرار گرفت و نهایتاً روش آبیاری عمقی با استفاده از لوله PVC با ارتفاع ۵۵ سانتی‌متر و قطر ۱۲/۵ سانتی‌متر، با پنج ردیف دوتایی سوراخ در نیمه بالایی و دو سوراخ در نیمه پایینی بهترین عملکرد را داشته به طوری که طول خیزی به حدی بوده است که آب و رطوبت به گیاه رسیده و از ایجاد تنش جلوگیری می‌کند. لذا پیشنهاد می‌گردد این تیمار در عرصه‌ای بیابانی جهت بررسی دقیق‌تر عملکرد آن و همچنین بررسی وضعیت رویش و استقرار گیاهان بیابانی مورد بررسی قرار گیرد.

1. Oren et al  
2. Felcher and Wilson  
3. Elmaloglou

## References

- Ahmadi, H. (2013). Desert geomorphology 4th edition. University of Tehran Press. (In Persian)
- Bainbridge, D., & Ramirez Almoril, J. (2007). More efficient irrigation systems for desert and dryland restoration.
- Bakhtiar, K., & Nazari Fariba, A. (2018). Simulation of wetting pattern in subsurface drip irrigation system with non-linear regression model. Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. (In Persian)
- Barkhandan, A., & Barkhandan, A. (2018). Water crisis and agricultural development. In Regional Conference on Water Crisis and Drought, Rasht. (In Persian)
- Bellware, K. (2020). Global water shortage risk is worse than scientists thought. Huff Post. Retrieved from [insert URL]
- Boretti, A., & Rosa, L. (2019). Reassessing the projections of the World Water Development Report. *Clean Water*, 2(1), 1-6.
- Ekrannia, F. (1996). Evaluation of different types of droppers and providing the best dropper from an economic point of view (Master's thesis). Faculty of Agriculture, University of Tehran. (In Persian)
- Elmaloglou, S. (2007). Estimation of width and depth of the wetted soil volume under a surface emitter, considering root water-uptake and evaporation. *Water Resources Management*, [volume number](issue number), pages.
- Feltcher, A. C., & Wilson, T. V. (1983). Computer model for moisture distribution in stratified soil boundaries. *Water Resources Research*, 33(8), 1833-1841.
- Golabi, M., & Akhond Ali, A. M. (2007). Evaluation of increasing pressure head on water movement in dry soil by vertical installation of subsurface leaky pipe. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources*, 14, 216-225. (In Persian)
- Hajbi, F., & Miftah Halaghi, M. (2013). New methods of irrigation in dry and desert areas. In The First National Conference on Agriculture in Difficult Environmental Conditions. (In Persian)
- He, C., Liu, Z., Wu, J., Pan, X., Fang, Z., Li, J., & Bryan, A. (2021). Future global urban water scarcity and potential solutions. *Nature Communications*, 12(1), 4667.
- Kilic, M. (2020). A new analytical method for estimating the 3D volumetric wetting pattern under drip irrigation system.
- Martinez, J., & Reza, J. (2014). Water use efficiency of surface drip irrigation versus an alternative subsurface drip irrigation method. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 140(10), 301-309.
- Martínez de Azagra Paredes, A., Del Río San José, J., Reque Kilchenmann, J., Diez Hernández, J.M., & Sanz Ronda, F.J. (2022). Methods for watering seedlings in arid zones. *Forests*, 13(2), 351.
- Maqbeli Domain, A., Fatahi, R., Victim, B., Rabiei, G., & Esfandiari, P. (2017). Investigating the effect of water deficit under surface and subsurface irrigation conditions on vegetable growth and citrus fruit yield. *Journal of Plant Production Research*, 25(3).
- Mekonnen, M., & Hoekstra, Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity.
- Mohammadi, A. (2018). Investigation of wetting pattern of drip irrigation system in sloping lands and its comparison with flat lands in Fath Ali project (Dasht Moghan), Gilan University. (In Persian)
- Mohsenzadeh, R., & Fakuhi, N. (2018). Water crisis in the shadow of agriculture and deagriculture of the country: Explaining the relationship between the water crisis in the agricultural sector and dependence on oil in the country. *Local Development (Rural-Urban)*, 11(1), 267-292. doi: 10.22059/jrd.2019.74470. (In Persian)
- Mostafazade, B., Mosavi, F., & Sharif bayanolhagh, M. (1998). Advancing moisture front from a point source on sloping surfaces, 2(3), 13-23. (In Persian)
- Oren, G., Demalach, Y., Gillerman, L., David, I., & Raco, V. P. (1999). Improved saline water under subsurface drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 39(1), 19-33.

- Sedaqati, N., Hosseinifard, S. J., & Mohammadi Mohammadabadi, A. (1931). Comparison of the effects of two surface and subsurface drip irrigation systems on the growth and yield of pistachio trees. *Water and Soil Magazine*, [volume number], pages. (In Persian)
- Sharif Nia, R., & Mirzaei, F. (2009). Effective factors of overall soil wetting in drip irrigation and correction of drip irrigation in sloping lands. *Journal of Water Research, Iran*, 5, 9-16. (In Persian)
- Sohrabi, T., & Gazeri, N. (2015). Investigating the effectiveness of underground irrigation with permeable elastic pipes. In *The Second National Congress of Water Resources Issues in the Country*. (In Persian)
- Tishezen, P., & Mousavi, F. (2015). Investigating the progress of the wetting pattern under a point source in soils corresponding to sloping surfaces. In *National Irrigation and Drainage Conference*. (In Persian)
- Vörösmarty, J., Green, P., Salisbury, J., & Lammers, B. (2000). Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science*, 289(5477), 284-288.
- Zarai, Q. (2012). Clay subsurface irrigation is an effective solution for coexistence in pistachio orchards in Rafsanjan (Master's thesis). Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)



