Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment
Online ISSN: 2981-0280
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

Effect of perforated pipe layout with geotextile padding on the soil wetting pattern

Marzieh Paknejad[1], Sayyed Hassan Tabatabaei [2*], Mahdi Ghobadinia[3], Reyhaneh Mousavizadeh

[1]Department of Water Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
[2]Department of Water Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
[3] Department of Water Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
[4]Department of Water Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 06 January 2024
Revised 15 January 2025
Accepted 13 February 2025
Published online 28 June 2025

Keywords:
Capillary rise
Geotextile
Subsurface drip irrigation
Perforated pipe
Wetting depth

ABSTRACT

Objective: This research aims to investigate the effect of the water outlet direction from lateral tubes on the moisture distribution pattern in subsurface drip irrigation under geotextile conditions. To this end, the impact of the arrangement of holes in the water-discharging tubes on the moisture distribution profile has been tested. In recent decades, subsurface irrigation systems have gained attention due to their potential for reducing water consumption and increasing efficiency.

Material and Methods: One of the innovative methods for subsurface irrigation involves the use of geotextile mats. The mats consist of two layers of geotextile with a pipe placed at specific intervals between the two layers. To investigate this method, an experiment was conducted in a completely randomized design with four treatments and three replications. The experimental treatments included the orientation of the holes on the water delivery pipe: facing upward (Pu), downward (Pd), surrounding (Pr), and both upward and downward (Pud) in the soil.

Results: The results showed the layout of the rows perforated had a significant effect on the depth of wetting and the capillary rise, and in general, on the distribution of moisture. The results showed that the maximum wetting depth of treatment Pu (perforated tube upwards) after 15 minutes of irrigation was 16.7% less than the control (perforated around pipes). Moreover, the maximum capillary rise related to treatment Pu was 22.6 percent more than the control.

Conclusion: using discharge tubes perforated upwards and covered with geotextile can be a successful approach for improving the distribution of soil moisture at the soil; thus, it is recommended.

*Corresponding author**,** E-mail: Tabatabaei@sku.ac.ir

Cite this article: Paknejad, M., Tabatabaei, S.H., Ghobadinia, M., & Mousavizadeh, R. (2024). Effect of perforated pipe layout with geotextile padding on the soil wetting pattern. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, http//doi.org/10.22034/nawee.2025.498103.1127

© The Author(s).
Publisher: Gonbad Kavous University.
DOI: http//doi.org/10.22034/nawee.2025.498103.1127

رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست
شاپا الکترونیکی: ۰۲۸۰-۲۹۸۱
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

تاثیر جهت خروج آب از لوله های لاترال بر الگوی توزیع رطوبت در آبیاری قطره¬ای زیرسطحی در شرایط استفاده از ژئوتکستایل

مرضیه پاک‌نژاد [۱]، سید حسن طباطبائی [۲*]، مهدی قبادی نیا [۳] ، ریحانه السادات موسوی زاده [۴]

[۱] گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد ایران
[۲] گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد ایران
[۳] گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد ایران
[۵] گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۷

کلیدواژه‌ها:
آبیاری قطره‌ای زیرسطحی
ژئوتکستایل
صعود مویینگی
لوله آبده
عمق خیس شدگی خاک

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی تاثیر جهت خروج آب از لوله های لاترال بر الگوی توزیع رطوبت در آبیاری قطره ای زیرسطحی در شرایط کاربرئ ژئوتکستایل است. بدین منظور، در این پژوهش تاثیر نحوه آرایش سوراخ‌ها روی لوله آبده بر پروفیل توزیع رطوبتی مورد آزمون قرار گرفته است. در دهه‌های اخیر سامانه‌های آبیاری زیرسطحی با توجه به کاهش مصرف آب و افزایش راندمان مورد توجه قرارگرفته‌اند. یکی از روش‌های جدید آبیاری زیرسطحی استفاده از تشک (بالشتک)های ژئوتکستایل است. این بالشتک‌ها از دو ورقه ژئوتکستایل و لوله‌ای که با فواصل خاص میان دو ورقه قرار می‌گیرد تشکیل شده است.

مواد و روشها: بدین منظور آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل نحوه‌ی قرارگیری سوراخ روی لوله آبده به طرف بالا (Pu)، پایین (Pd)، دورتادور (Pr) و بالاوپایین (Pud) در خاک بودند.

نتایج: نتایج نشان داد که نحوه آرایش ردیف سوراخ‌ها تأثیر معنی‌داری بر عمق خیس شده و صعود مویینگی و به‌طور کلی الگوری توزیع رطوبت دارد. نتایج نشان داد که حداکثر عمق خیس‌شدگی در تیمار Pu (سوراخ لوله به سمت بالا) پس از ۱۵ دقیقه از شروع آبیاری، ۱۶/۷ درصد کمتر از تیمار شاهد (سوراخ دور تا دور لوله) می‌باشد، همچنین حداکثر صعود مویینگی مربوط به تیمار Pu ۲۲/۶ درصد بیشتر از تیمار شاهد می‌باشد.

نتیجه‌گیری : ازاین‌جهت استفاده از لوله‌های آبده با سوراخ رو به بالا به همراه پوشش ژئوتکستایل می‌تواند به‌عنوان یک روش موفقیت‌آمیز برای بهبود الگوی توزیع رطوبت به طرف سطح خاک در خاک توصیه گردد.

[*] **نویسنده مسئول**، Email: Tabatabaei@sku.a.ir

استناد: پاک نژاد، مرضیه؛ طباطبائی، سید حسن؛ قبادی نیا، مهدی؛ و موسوی زاده، ریحانه السادات. (۱۴۰۴). تاثیر جهت خروج آب از لوله های لاترال بر الگوی توزیع رطوبت در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در شرایط استفاده از ژئوتکستایل. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*،
http//doi.org/ nawee.2025.498103.1127
ناشر: دانشگاه گنبد کاووس.

© نویسندگان.

مقدمه

از مجموع آب‌های مصرفی جهان در حدود ۷۰ درصد به مصرف آبیاری کشاورزی می‌رسد که عمده نیاز آبی گیاهان از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌گردد. جلوگیری از افت روزافزون سطح آب‌های زیرزمینی و کاهش کیفیت آب از مهم‌ترین اولویت‌های مدیریت آب و برنامه‌ریزی در کشاورزی است (افشار و همکاران، ۱۳۸۶). به‌همین‌منظور در مناطق مختلف از روش‌های متفاوتی استفاده می‌شود. سیستم آبیاری زیرسطحی روشی است که سال‌ها است در کشورهای پیشرفته مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (Singh et al., 2005). کمبود، پراکندگی نامناسب و کیفیت نامطلوب آب، پستی‌وبلندی زمین و نبود دسترسی به نیروی کارگر ازجمله عواملی هستند که در پیدایش روش‌هایی نظیر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI[1]) مؤثر بوده‌اند و به‌دنبال موفقیت‌های اجرایی آن در سال ۱۹۸۰ به‌عنوان یکی از روش‌های آبیاری با بازدهی زیاد پذیرفته شده است؛ به‌طوری‌که امروزه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی یکی از مهم‌ترین سامانه‌های آبیاری فضای سبز و مزارع است (Najafi and Tabatabaei, 2010). سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی منجر به افزایش بازده، کاهش آب، بهبود کیفیت محصول، کاهش هزینه‌های کود شیمیایی، کنترل رشد علف‌های هرز، کنترل بیشتر آفت‌ها و تسهیل در عملیات کشاورزی می‌شود (Ayras et al. 2015).

رخساره شاهین (۱۳۸۵) گزارش کرد که عملکرد محصول تحت شرایط آبیاری زیرسطحی بیشتر از آبیاری سطحی است؛ حتی با مصرف آب کمتر عملکرد مشابه عملکرد آبیاری سطحی به‌دست‌می‌آید. همچنین در اوایل فصل، یعنی در زمانی که پوشش زمین هنوز کامل نیست، این روش باعث می‌شود که تبخیر از سطح خاک محدود شود و منجر به نوسانات دمایی اندکی در خاک می‌شود. برای بعضی گیاهان نظیر پنبه، این مسأله می‌تواند تأثیر مثبتی بر رشد سریع‌تر ریشه، گسترش بهتر و عملکرد بالاتر محصول گردد. صداقتی و همکاران (۱۳۹۱) سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی را بر عملکرد باروری پسته مقایسه کردند. نتایج نشان داد که سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۳۰ سانتی‌متر باعث افزایش ۲۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود. کریمی و همکاران (۱۳۹۳) عملکرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی را با درنظرگرفتن توزیع رطوبت و جبهه پیشروی آب برای سه نوع خاک با بافت‌های مختلف همگن (سبک، متوسط و سنگین) ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که در تیمارهای آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی با افزایش دبی خروجی از قطره‌چکان‌ها مقدار توزیع افقی آب بیش‌تر می‌شود. همچنین مشخص شد که در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی به‌ازای یک حجم ثابت از آب، توزیع عمودی در دبی‌های پایین بیش‌تر است؛ ولی در سیستم‌های زیرسطحی، مقدار توزیع عمودی در دبی‌های زیاد (به ازای یک حجم آب به‌کاررفته یکسان) بیش‌تر است. نتایج حاصل از خیز سطح آب در سیستم آبیاری زیرسطحی نشان‌داد که افزایش دبی خروجی از قطره‌چکان‌ها باعث افزایش خیز سطح ایستایی می‌شود؛ ولی مقادیر خیز سطح ایستایی به‌ازای یک حجم آب، در تیمارهایی با دبی کم‌تر، افزایش می‌یابد.

از طرفی استفاده از مواد ژئوسنتتیک از دهه ۱۹۵۰ آغاز گردید؛ اما از ۱۹۷۰ به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفتند (رحیمی و همکاران ۱۳۸۶). کاربرد گسترده مواد ژئوتکستایل در رابطه با مسلح کردن خاک، زهکشی، جداسازی انواع لایه‌های خاک و فیلتراسیون و غیره است (ساکت، ۱۳۸۵). لنجابی (۱۳۸۷) آزمایشی در خاک با بافت لوم رسی سیلتی با استفاده از

[1] Subsurface Drip Irrigation

پوشش ژئوتکستایل در اطراف قطره‌چکان برای بررسی توزیع رطوبتی انجام داد. نتایج نشان داد که استفاده از پوشش ژئوتکستایل باعث کم‌شدن مساحت خیس‌شده است. همچنین استفاده از هر دو پوشش، باعث کم‌شدن حداکثر عمق خیس‌شده نیز شد؛ ولی تأثیر فیلتر نبافته بیشتر از نوع بافته‌شده بود. حداکثر عرض خیس‌شده نیز با ژئوتکستایل نبافته افزایش یافت و تا حد زیادی نیز این نوع پوشش از صعود مویینگی جلوگیری کرد. ابراهیمی (۱۳۹۱) برای جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از پوشش‌های ژئوتکستایل و PLM به دور قطره‌چکان‌ها استفاده کرد. نتایج نشان داد، روند توزیع الگوی پیاز رطوبتی با کاربرد پوشش به دور قطره‌چکان‌ها وابسته به ویژگی‌های ژئوتکستایل و فیزیکی خاک است. همچنین استفاده از پوشش در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث کاهش مساحت و افزایش حداکثر عرض خیس‌شده می‌گردد و استفاده از پوشش به دور قطره‌چکان تا حدی از صعود مویینگی جلوگیری می‌کند. در تحقیقی Mehanna و همکاران (۲۰۱۳) اثر قرار دادن پوشش ژئوتکستایل در زیر سطح خاک در دو عمق نصب ۲۵ و ۳۷/۵ سانتی‌متر را بر توزیع کودآبیاری در پروفیل خاک در یک آزمایش میدانی روی درختان پرتقال تحت سیستم آبیاری قطره‌ای در خاک شنی بررسی کردند. نتایج نشان‌داد پوشش ژئوتکستایل در عمق ۲۵ سانتی‌متری غلظت شوری را در لایه‌های بالا افزایش می‌دهد و کاربرد پوشش در این عمق برای تولید سبزیجاتی که ریشه‌های کوتاه دارند، مناسب‌تر است. کاربرد پوشش ژئوتکستایل در عمق ۳۷/۵ سانتی‌متری سبب توزیع بهتر ریشه شده و باعث افزایش ۲۰ درصدی عملکرد درختان نسبت به گروه شاهد و دخیره آب و کود در منطقه توزیع ریشه گردیده است. Dabach و همکاران (۲۰۱۵) به‌منظور تعیین محل بهینه سنسورها برای مدیریت آب آبیاری در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در خاک ناهمگون با پوشش ژئوتکستایل پژوهشی انجام دادند که در آن از ترکیب روش تجربی و مدل‌سازی استفاده کردند. در بخش تجربی از اثر پوشش ژئوتکستایل پیچیده‌شده در اطراف قطره‌چکان‌ها برای ارزیابی الگوی رشد ریشه‌ها استفاده کردند. در بخش مدل‌سازی از نرم‌افزار Hydrus 2D/3D استفاده کردند. نتایج حاکی از آن بود که به سبب یکنواختی توزیع بهتر آب، الگوی رشد ریشه‌ها در بالای قطره‌چکان‌ها با پوشش ژئوتکستایل متراکم‌تر و از نظم بیشتری برخوردار است و به‌طورکلی، نتایج نشان‌داد که اندازه‌گیری وضعیت آب در خاک در سطحی نزدیک به قطره‌چکان‌های همراه با پوشش ژئوتکستایل سبب بهبود کنترل سیستم آبیاری و بهره‌وری بیشتر آب و کاهش حجم آب در این زمینه گردیده است.

Ben-Gal و همکاران (۲۰۰۴) تأثیر بافت خاک را بر توزیع رطوبت در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بررسی کردند. در این سیستم قطره‌چکان‌ها معمولاً در گودالی قرار گرفته بودند که جریان در آن‌ها به صورت آزاد انجام می‌گرفت. نفوذ آب به کار رفته در این روش به خواص هیدرولیکی خاک و توسعه فشار مثبت بستگی دارد. با افزایش فشار خروجی، از دبی قطره‌چکان کاسته می‌شود که کاهش جزئی در فشار موجب کاهش قابل توجهی در دبی قطره‌چکان‌ها می‌شود.

برای بهبودبخشیدن الگوی توزیع رطوبت و به‌کارگیری سیستم آبیاری زیرسطحی، انجام این مطالعه حایز اهمیت است. به‌منظور بررسی توزیع رطوبت و تعیین بهینه آرایش ردیف‌های سوراخ لوله‌های آبده در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی این مطالعه صورت پذیرفت؛ لذا هدف از این پژوهش بررسی تأثیر آرایش ردیف‌های سوراخ لوله‌های آبده بالشتک ژئوتکستایل بر حداکثر عمق خیس‌شده، ارتفاع صعود مویینگی و قطر خیس‌شده پیاز رطوبتی است.

مواد و روش‌ها

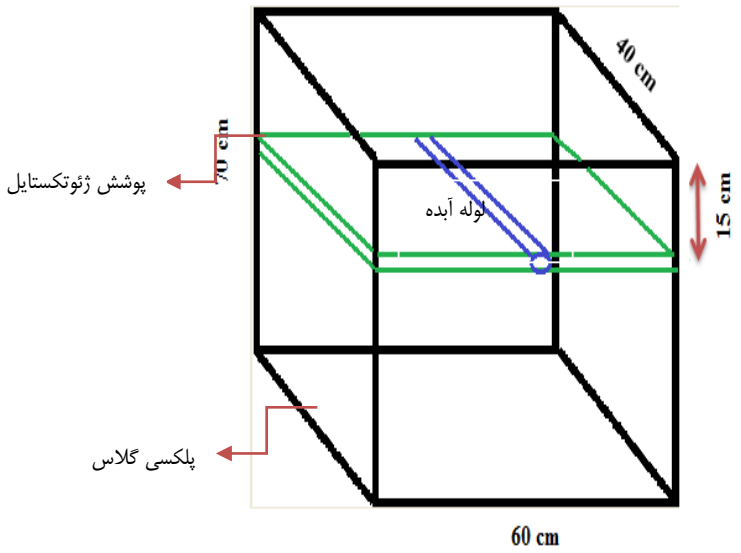
منطقهٔ مورد مطالعه

این پژوهش در آزمایشگاه آبیاری دانشگاه شهرکرد و در داخل باکس آزمایشی انجام گردید. به‌منظور بررسی تأثیر آرایش سوراخ‌های لوله آبده بالشتک ژئوتکستایل در آبیاری زیرسطحی، چهار تیمار آزمایشی شامل ۱- سوراخ لوله به‌طرف بالا، ۲- سوراخ لوله به طرف پایین، ۳- سوراخ لوله دورتادور و ۴- سوراخ لوله در بالاوپایین، در خاک رسی سیلتی در نظر گرفته شد. جدول ۱ مشخصات تیمارهای آزمایشی و نامگذاری آنها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- معرفی تیمارهای آزمایش با حروف اختصار

ردیف	تیمار	زاویه سوراخ‌ها با افق (درجه)	تعداد سوراخ در هر لوله	قطر هر سوراخ(mm)	نام اختصاری
۱	سوراخ لوله به سمت‌بالا	۲۷۰	۱۰	۲	Pu
۲	سوراخ لوله به سمت پایین	۱۸۰	۱۰	۲	Pd
۳	سوراخ دور تا دور لوله	صفر، ۹۰، ۱۸۰، ۲۷۰	۱۰	۲	Pr
۴	سوراخ لوله به سمت بالاو پایین	۹۰، ۲۷۰	۱۰	۲	Pud

برای تهیه بستر آزمایش از چهار واحد آزمایشی، به‌صورت جعبه‌های مکعبی‌شکل که سه طرف آن محدود به دیوار آجری و طرف مقابل آن توسط پلاکسی گلاس شفاف بود، استفاده گردید. جعبه‌ها دارای طول ۶۰ سانتی‌متر، عرض ۳۰ سانتی‌متر و عمق ۶۰ سانتی‌متر بود که ۱۰ سانتی‌متر کف آن جهت زهکشی با شن درشت پر شد. برای پرکردن جعبه‌ها ابتدا خاک (به قطر ۱۰ میلی‌متر) سرند گردید و به‌صورت لایه‌به‌لایه کوبیده‌شد (پاکنژاد و همکاران، ۱۴۰۳). برای ساخت بالشتک از دو لایه ژئوتکستایل نبافته انعطاف‌پذیر با ابعاد ۶۰ در ۳۰ سانتی‌متر استفاده و لوله آبده سوراخ‌دار به طول ۳۰ سانتی متر و قطر ۲۵ میلی‌متر در بین تشک قرار داده شد و در عمق ۱۵ سانتی‌متری واحدهای آزمایشی مستقر شد(شکل ۱).



شکل ۱- شماتیک واحد آزمایش

تعداد سوراخ‌ها روی لوله آبده در تمامی تیمارها یکسان، اما نحوه‌ی قرارگیری آن‌ها متفاوت در نظر گرفته شد. برای تأمین آب از دو منبع استفاده شد که منبع اول به عنوان منبع ذخیره و منبع دوم به عنوان منبع اصلی در نظر گرفته شد، که دبی خروجی برابر با ۱۰ لیتر بر ساعت اندازه‌گیری شد. برای ثابت ماندن فشار در منبع اصلی توسط یک شناور ارتفاع آب کنترل و ثابت نگه‌داشته شد که این کار با استفاده از بار ثابت ارتفاعی و بدون نیاز به پمپ انجام شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بافت خاک مورد استفاده در جدول ۲ آمده است، همچنین مشخصات کیفی آب مورد استفاده در جدول ۳ آمده است.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

pH	EC (dS/m)	Pb (g.cm)	Calcium carbonate	Organic carbon (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	*بافت خاک*
۷/۲	۰/۴۷	۱/۲	۲۶	۰/۳۲	۱۶/۹	۴۱/۲	۴۱/۹	Silty clay

جدول ۳ - برخی ویژگی‌های شیمیایی آب مورداستفاده

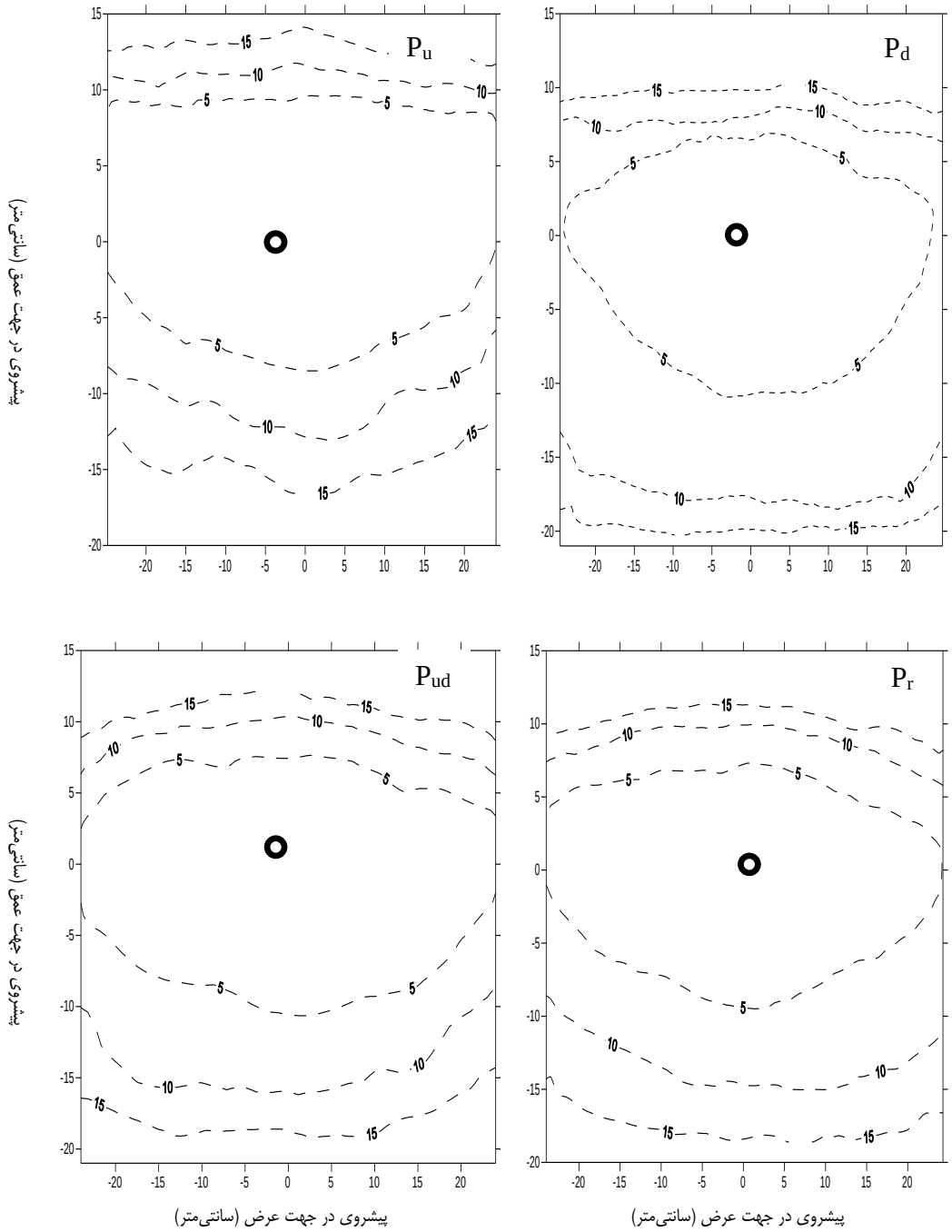
SAR	pH	EC (dS/m)	SO_4^{-2} (meq/lit)	Cl^- (meq/lit)	HCO_3^- (meq/lit)	K^+ (meq/lit)	Na^+ (meq/lit)	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$ (meq/lit)
۰/۷	۷/۸	۰/۳۱	۰/۶	۰/۴	۱/۶	۰/۱	۰/۷	۲

برای ارزیابی تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش، شاخص‌های زیر اندازه‌گیری شدند. الف- حداکثر عمق خیس‌شده پس از زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه. (تا رسیدن جبهه به کف جعبه) ب- حداکثر صعود مویینگی خاک پس از زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه. (تا رسیدن جبهه به سطح خاک). بعد از انجام آبیاری الگوی توزیع رطوبت توسط دوربین عکس‌برداری شد و به نرم‌افزار Grapher v.5 منتقل گردید؛ پس از تعیین مختصات برای عکس‌ها نقاط مدنظر توسط نرم‌افزار فوق تعیین شد و سپس توسط نرم‌افزار surfer v.8 الگوی توزیع رطوبت در زمان‌های مختلف ترسیم شد. سپس داده‌های با استفاده از نرم‌افزار SAS v.9 بر اساس طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند و با روش آماری LSD در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

مقایسه منحنی‌های پیشروی رطوبت در زمان‌های مختلف

شکل ۲ منحنی‌های پیشروی رطوبت را برای تیمارهای مختلف در زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه نشان می‌دهد در این شکل محورهای افقی و عمودی نشانگر فاصله افقی و عمودی از محل نصب لوله و منحنی‌ها نشانگر جبهه پیشروی در زمان اندازه‌گیری (اعداد روی محور) است. همان‌طورکه در این شکل‌ها ملاحظه می‌شود، در تمامی تیمارها به جز تیمار Pu میزان صعود مویینگی نسبت به عمق خیس‌شدگی کمتر است و با گذشت زمان این تفاوت بیشتر به چشم می‌خورد. تیمار Pr به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شده است و درصد اختلاف حداکثر عمق خیس‌شدگی و صعود مویینگی سایر تیمارها با آن مقایسه گردیده است. نتایج نشان داد که حداکثر عمق خیس‌شدگی در تیمار Pu پس از ۱۵ دقیقه از شروع آبیاری، ۱۶/۷ درصد کمتر از تیمار شاهد است؛ این در حالی است که در همین زمان تیمار Pud با ۵/۷ درصد اختلاف کمترین عمق خیس‌شدگی را به خود اختصاص داده است.



شکل۲- منحنی‌های پیشروی رطوبت برای زمان‌های مختلف با آرایش ردیف‌های سوراخ (نقطه مختصات ۰و ۰ محل قرار گیری لوله سورخ‌دار را نشان میدهد)

مطابق شکل ۲ حداکثر صعود مویینگی مربوط به تیمار Pu پس از ۱۵ دقیقه از شروع آبیاری، ۲۲/۶ درصد بیشتر از تیمار شاهد است؛ این در حالی است که در همین زمان تیمار Pud با ۷/۳ درصد اختلاف کمترین صعود مویینگی را به خود اختصاص داده است. شکل ۲ نشان می‌دهد با سوراخ کردن لوله به سمت بالا میزان صعود مویینه نسبت به سایر تیمارها بیشتر شده باشد و درنتیجه مقدار آبی که به سمت پایین حرکت می‌کند، کمترخواهد شد. ابراهیمی (۱۳۹۱) نشان داد، ویژگی‌های ژئوتکستایل و فیزیکی خاک بر روند توزیع الگوی پیاز رطوبتی موثر است. در این تحقیق با توجه به قرارگیری ژئوتکستایل بصورت بالشتک در زیر و روی لوله عملا ارتباط خاک و آب بطور مستقیم قطع شده است؛ لیکن جهت جریان آب به‌سمت بالا سبب شده است که بالشتک بالایی مدام اشباع باشد و آب را جذب نماید و در عرض نیز پخش کند و سپس از طریق مکش ماتریک آب به‌سمت بالا حرکت کرده است. مازاد آبی که توسط تشک بالایی جذب نشده است، بر روی تشک زیرین رها شده و سبب حرکت آب به سمت پایین گردیده است؛ لذا مقدار غالب آب به‌سمت بالا حرکت کرده است. در صورت افزایش دبی می‌توان انتظار داشت که حرکت در سمت پایین افزایش پیدا کند که این موضوع با یافته‌های کریمی و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت دارد؛ نتایج آنها نشان داد که افزایش دبی خروجی از قطره‌چکان‌ها باعث افزایش خیز سطح ایستایی می‌شود؛ ولی مقادیر خیز سطح ایستایی به ازای یک حجم آب، در تیمارهایی با دبی کم‌تر، افزایش می‌یابد.

حداکثر عمق خیس‌شدگی در زمان‌های مختلف

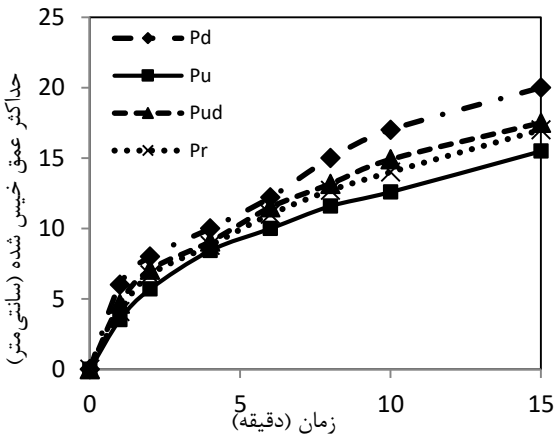
حداکثر عمق خیس‌شده نسبت به زمان برای تیمارهای مختلف در شکل ۳ ملاحظه می‌شود. مطابق شکل حداکثر عمق خیس‌شدگی مربوط به تیمار Pd و حداقل عمق خیس‌شدگی به‌ترتیب مربوط به تیمارهای Pu ، Pr و Pud است. جدول(۴) نتایج تجزیه واریانس عمق خیس‌شدگی را پس از زمان‌های مختلف (۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه) بر چهار نوع نحوه قرارگیری سوراخ بر لوله آبده نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که نحوه قرارگیری سوراخ‌ها بر روی حداکثر عمق خیس‌شدگی پس از زمان‌های ذکرشده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. پوشش ژئوتکستایل در زیر لوله آبده به‌دلیل بالاتر بودن ضریب آبگذری نسبت به خاک، عملا سبب کاهش حرکت عمقی آب و افزایش توزیع عرضی رطوبت می‌گردد تحقیق Mehanna و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که پوشش ژئوتکستایل در عمق ۲۵ سانتی‌متری غلظت شوری را در لایه‌های بالا افزایش می‌دهد و کاربرد پوشش در این عمق برای تولید سبزیجات که ریشه‌های کوتاه‌تر دارند، مناسب‌تر است. شکل ۳ نشان می‌دهد که در جهت لوله‌های سوراخدار به‌سمت پایین (Pd)، افزایش عمق خیس‌شده مشاهده شده است و بالعکس. همچنین با توجه به روند شکل و محدودیت زمان ۱۵ دقیقه (به‌خاطر اندازه جعبه آزمایش)، می‌توان انتظار داشت این روند در زمانهای بعدی نیز ادامه یابد.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس حداکثر عمق خیس‌شده مربوط به زمان‌های مختلف

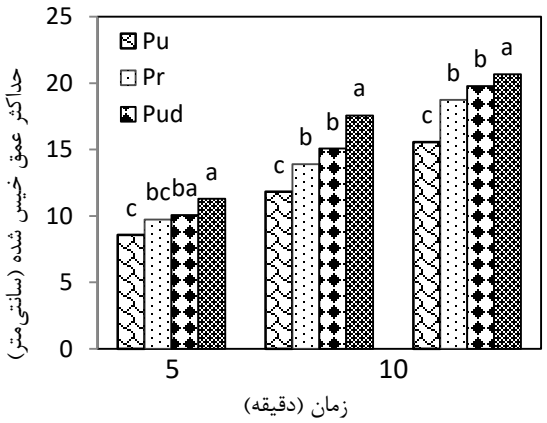
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات عمق خیس‌شده (سانتی‌متر مربع)		
		پس از ۵ دقیقه	پس از ۱۰دقیقه	پس از ۱۵ دقیقه
تیمار	۳	۳/۷۸**	۱۷/۰۷**	۲۴/۶۱**
خطا	۸	۰/۵۶	۱/۱۹	۱/۹۸
کل	۱۱	---	---	---
ضریب تغییرات(٪)	---	۷/۵۵	۷/۴۷	۷/۳۵

** در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار

تغییرات حداکثر عمق خیس‌شدگی نسبت به زمان برای تیمارهای مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به شکل در تمامی زمان‌ها بین تیمارهای Pr و Pud تفاوت معنی‌داری وجود ندارد؛ درحالی‌که بین تیمارهای Pu و Pd تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد مشاهده می‌شود. قرارگیری سوراخ‌ها بر روی لوله آبده به طرف بالا توانسته عمق خیس‌شدگی را نسبت به سایر تیمارها بیشتر کاهش دهد. به‌نظرمی‌رسد، با سوراخ‌کردن لوله به‌سمت بالا میزان صعود مویینگی نسبت به سایر تیمارها بیشتر می‌شود و درنتیجه مقدار آبی که به‌سمت پایین حرکت می‌کند، کمترخواهد شد. در تیمار Pd با توجه به اینکه لوله به‌سمت پایین سوراخ شده است، سطح تماس آب با خاک به‌سمت پایین بیشتر و نفوذ عمقی بیشتر از سایر تیمارها شده است. شایان ذکر است ازآنجاکه تاکنون تحقیق دیگری در این خصوص صورت نگرفته بود؛ لذا امکان مقایسه با نتایج دیگران وجود نداشت.



شکل ۳- حداکثر عمق خیس‌شده نسبت به زمان برای تیمارهای مختلف



شکل ۴- تغییرات حداکثر عمق خیس‌شده نسبت به زمان برای تیمارهای مختلف

حداکثر صعود مویینگی در زمان‌های مختلف

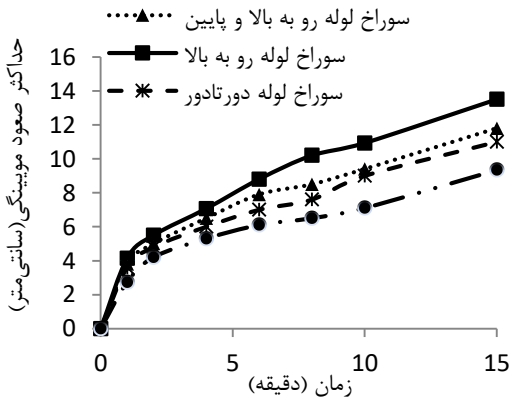
حداکثر صعود مویینگی نسبت به زمان برای تیمارهای مختلف در شکل ۵ ملاحظه می‌شود. مطابق شکل حداکثر صعود مویینگی مربوط به تیمار Pu و حداقل صعود مویینگی به ترتیب مربوط به تیمارهای Pd است. مشاهده می‌شود تیمار Pu که جهت خروجی آب به‌سمت بالا است، دارای بیشترین صعود مویینگی را داشته است که در بخش الگوی توزیع رطوبتی در مورد آن بحث شد و کمترین مقدار صعود مربوط به زمانی است که سوراخهای خروجی آب به‌سمت بالشتک پایین قرار دارد و درنتیجه ژئوتکستایل پایین موثر است. نتایج Mehanna و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد که موقعیت پوشش ژئوتکستایل می‌تواند در غلظت شوری و توزیع رطوبت موثر باشد.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس حداکثر صعود مویینگی مربوط به زمان‌های مختلف

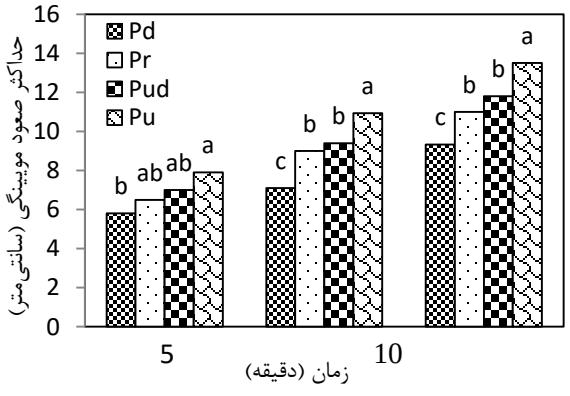
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات صعود مویینگی (سانتی‌متر مربع)		
		پس از ۵ دقیقه	پس از ۱۰دقیقه	پس از ۱۵ دقیقه
تیمار	۳	۲/۳۴**	۷/۴۶**	۹/۰۱**
خطا	۸	۰/۵۹	۰/۵۸	۶۰/۶۱
کل	۱۱	---	---	---
ضریب تغییرات(٪)	---	۱۰/۳۶	۸/۰۴	۶/۸۷

** در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار

تغییرات حداکثر صعود مویینگی نسبت به زمان برای تیمارهای مختلف در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به شکل در تمامی زمان‌ها بین تیمارهای Pr و Pud تفاوت معنی‌داری وجود ندارد؛ درحالی‌که بین تیمارهای Pu و Pd تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد مشاهده می‌شود. همچنین به‌نظرمی‌رسد، صعود مویینگی با قرارگیری سوراخ‌ها بر روی لوله آبده به طرف بالا نسبت به سایر تیمارها بیشتر افزایش یافته است.



شکل ۵- حداکثر صعودمویینگی نسبت به زمان برای تیمارهای مختلف

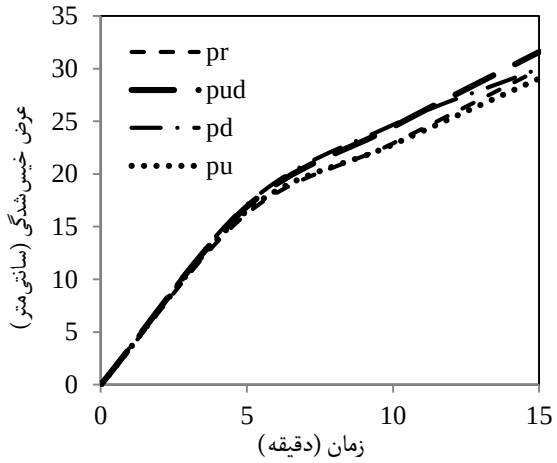


شکل ۶- حداکثر صعود مویینگی نسبت به زمان برای تیمارهای مختلف

در تیمارهای Pr و Pud این‌طور به‌نظرمی‌رسد که شرایط یکسانی از لحاظ گسترش رطوبت دارا هستند؛ در واقع سطح تماس آب با خاک اطراف خود تقریباً یکسان است. در تیمار Pd حداقل صعود مویینگی مشاهده می‌شود که این نوع نحوه قرارگیری آرایش لوله‌ها برای استفاده در مناطق گرم و خشک به‌منظور کاهش تبخیر سطحی مناسب است. شایان ذکر است که با توجه به نتایج مرحله اول، نتایج مرحله دوم انجام شد. در تیمارهای Pr و Pud این‌طور به‌نظرمی‌رسد که شرایط یکسانی از لحاظ گسترش رطوبت دارا هستند؛ درواقع سطح تماس آب با خاک اطراف خود تقریباً یکسان است. در تیمار Pd حداقل صعود مویینگی مشاهده می‌شود که این نوع نحوه قرارگیری آرایش لوله‌ها برای استفاده در مناطق گرم و خشک به‌منظورکاهش تبخیر سطحی مناسب است. آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به رفع تنش آبی گیاه و توانایی ذخیره آب و مواد غذایی در بیشتر قسمت‌های ناحیه فعال ریشه و کاهش مشکلات ناشی از تبخیر و تجمع شوری، کمک می‌کند (۱۵).

حداکثر عرض خیس شدگی در زمان‌های مختلف

عرض خیس‌شدگی نسبت به زمان برای تیمارهای مختلف در شکل ۷ نشان داده شده است. مطابق شکل تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین حداکثر قطر خیس‌شدگی برای تمامی تیمارها مشاهده نمی‌شود. البته باید در نظر گرفت که حداکثر عرض جعبه آزمایشی ۳۰ سانتیمتر از هر طرف بوده است (کلا ۶۰ سانتیمتر) و این محدودیت به‌طور قطع می‌تواند روی نتایج عرض خیس‌شده موثر باشد و آن را دچار خطا کند که در تحقیقات بعدی باید درنظر گرفته شود.



شکل ۷- قطر خیس‌شدگی نسبت به زمان برای تیمارهای مختلف

نتیجه‌گیری

به‌منظور بررسی اثر نحوه قرارگیری خروجی‌های لوله آبده روی الگوی جبهه رطوبتی آزمایش با ۴ نحوه قرارگیری خروجی روی لوله آبده تشک ژئوتکستایل انجام شد. نتایج نشان‌داد که در همه تیمارها قطر خیس‌شدگی اختلاف معناداری نداشتند؛ اما نحوه قرارگیری خروجی‌ها روی کشیدگی پیشروی در یک جهت اثر داشته است. قرارگرفتن سوراخ‌ها به طرف بالا جهت جبهه به طرف بالا بوده است و با تغییر جهت سوراخ‌ها به طرف پایین، کشیدگی جریان به طرف پایین شده است. به‌طورکلی نیروی ثقل مایل است آب را به سمت پایین بکشاند و نیروی ماتریک که یک نیروی نگه‌دارنده است، باعث توزیع بیشتر آب به طرفین می‌شود. با توجه به الگوی توزیع رطوبت در خاک نحوه‌ی آرایش ردیف سوراخ‌ها توانسته است تا حدودی بر عمق خیس شدگی و صعود مویینگی تأثیر گذارد. با توجه به بررسی نحوه قرارگیری سوراخ‌ها روی لوله‌های آبده می‌توان توصیه کرد که قرار گرفتن سوراخ‌ها به طرف بالا بیشترین تأثیر را بر صعود مویینگی داشته است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت مالی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد برای انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

ابراهیمی، م. ۱۳۹۱. *بررسی پیاز رطوبتی خاک در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با پوشش ژئوتکستال*. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه زنجان. ایران.

افشار، ه.، اشرفی، ش. و حسن‌زاده مقدم، ه. ۱۳۸۶. کاربرد آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطوح مختلف آبیاری در زراعت ذرت دانه‌ای رقم کرج ۷۰۰ در منطقه مشهد. *سمینار علمی طرح ملی آبیاری تحت‌فشار و توسعه پایدار*، کرج.

پاکنژاد، م. قبادی نیا، م. طباطبائی، س.ح. (۱۴۰۳). بررسی بهبود پیاز رطوبتی درآبیاری زیرسطحی با لوله‌های روزنه‌دار و استفاده از تشک‌های ژئوتکستایل، پژوهش آب ایران، ۴۹:۵۳-۵۸.

ساکت، ع. (۱۳۸۵)، ژئوتکستایل و کاربرد آن. پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور. گروه زمین‌شناسی، تهران.

شاهین رخساره، پ. (۱۳۸۵). افزایش کارایی مصرف آب با استفاده از آبیاری زیرسطحی. *همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی ۱۲ الی ۱۴ اردیبهشت ماه ۱۳۸۵*. دانشگاه شهید چمران.

صداقتی، ن. حسینی فرد، ج و محمدی محمد آبادی، ا. ۱۳۹۱. مقایسه اثرات دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر رشد و عملکرد درختان بارور پسته. *نشریه آب و خاک شماره ۳* . صفحات ۵۷۵-۵۸۵.

رحیمی، ح.، قبادی‌نیا م. سهرابی، ت. ۱۳۸۶. کاربرد ژئوسنتتیک‌ها در آبیاری و زهکشی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی. چاپ اول . تهران- ایران

کریمی، ب. میرزایی، ف و سهرابی، ت. ۱۳۹۳. ار زیابی جبهه پیشروی توزیع رطوبت در سیستم‌های آبیاری قطرهای سطحی و زیرسطحی در شرایط آزمایشگاهی. *فصلنامه بین المللی پژوهشی تحلیلی منابع آب و توسعه*. شماره ۳. صفحات ۷۱-۷۸.

لنجابی، م. ۱۳۸۷. بررسی پروفیل رطوبتی خاک در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با پوشش ژئوتکستایل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهرکرد. ایران.

Afshar, H., Ashrafi, Sh., Hassanzadeh Moghadam, H. 2016. Application of subsurface drip irrigation and different levels of irrigation in the cultivation of grain corn variety Karaj 700 in Mashhad region. Scientific seminar on the national project of irrigation under pressure and sustainable development, Karaj (In Persian).

Ayars, J.E., Fulton, A., Taylor, B. 2015. Subsurface drip irrigation in California-Here to stay?. Journal of Agricultural Water Management. Elsevier 159: 151-162.

Ben-Gal, A., Lazorovitch, N., Shani, U. 2004. Subsurface Drip Irrigation in Gravel-Filled Cavities. Vadose Zone Journal 3:1047-1413.

Dabach, Sh., Shani, U., Lazarovitch, N. 2015. Optimal tensiometer placement for high-frequency subsurface drip irrigation management in heterogeneous soils. Journal of Agricultural Water Management. Elsevier, pp. 91-98.

Ebrahimi, M. 2012. Investigation of soil moisture level in subsurface drip irrigation with geotextile cover. Master thesis. University of Zanjan. Iran (In Persian).

Karimi, b. Mirzaei, F.,, Sohrabi, T. 2013. Evaluation of the moisture distribution front in surface and subsurface irrigation systems under laboratory conditions. International Quarterly Journal of Analytical Research on Water Resources and Development. Number 3. Pages 71-78.

Lenjabi, M. 2017. Investigating soil moisture profile in subsurface drip irrigation with geotextile cover. Master's thesis. Shahrekord University. Iran (In Persian).

Mehanna, H.M, Okasha, E.M., Abdou A.A. 2013. Optimization of Fertigation Porocess under Drip Irrigation System by Using Geotextile Sheets in Sandy soil. Journal of World Applied Sciences Research, 27(6): 688-693.

Najafi, P., Tabatabaei, H. 2010. Aplication of sand and geotextile envelope in subsurface drip irrigation. African Journal of Biotechnology, 9(32), 5147-5150 (In Persian).

Paknejad, M., Ghobadinia, M., Tabatabaei, S. H. 2024. Improving wetting pattern in subsurface irrigation with perforated pipes and using geotextile mattresses, *Iranian Water Researches Journal*, 18(2), pp. -. doi: 10.22034/iwrj.2024.14680.2582 (In Persian).

Rahimi, H., Ghobadinia M. Sohrabi, T. 2007. Application of geosynthetics in irrigation and drainage. IRNCID Publications. First Edition. Tehran- Iran (In Persian).

Saket, A. 2016. Geotextile and its application. National database of geosciences of the country. Department of Geology, Tehran (In Persian).

Sedaghati, N. Hosseinifard, J., Mohammadi Mohammadabadi, A. (2011). Comparing the effects of two surface and subsurface drip irrigation systems on the growth and yield of fertile pistachio trees. Water and soil Journal, 3:575-585 (In Persian).

Singh, D.K., Rajput, T.B.S., Singh, D.K. Sikarwar, H.S. Sahoo, R.N., Ahmad, T. 2005. Simulation of soil wetting pattern with subsurface drip irrigation from line source. Journal of Agricultural Water Management, 83, 130-134.

ShahinRokhsareh, P. 2006. Increasing water consumption efficiency using subsurface irrigation. National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management 12 to 14 May 2006. Shahid Chamran University (In Persian).