Research Paper

Laboratory Study of Moisture Distribution in Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems

Sogand Arab[1], Javad Mozaffari[2*], Mohammad Javad Nahvinia[3]

[1] MSc student, Water Science & engineering department, Faculty of Agriculture & Environment, Arak University, Iran
[2] Associate professor, Water Science & engineering department, Faculty of Agriculture & Environment, Arak University Iran
[3] Assistant professor, Water Science & engineering department, Faculty of Agriculture & Environment, Arak University, Arak, Iran

10.22125/IWE.2021.235978.1374

Received:
June 20, 2020
Accepted:
April 5, 2021
Available online:
October 5, 2022

Keywords:
Wet area, Moisture redistribution, Horizontal distribution, Vertical distribution

Abstract

Soil moisture distribution is affected by various factors such as discharge and the type of irrigation systems. In this study, it is tried to compare the horizontal and vertical distribution of moisture, redistribution of moisture in the soil and the wetting area at the end of irrigation in two surface and subsurface drip irrigation systems. For this purpose, an experiment in the form of a glass physical model with dimensions of 1 × 0.5×1.20 m, two installation depths (0 and 30 cm) and three discharges (Q_1=2, Q_2=4 and Q_3=8 liters/hour) for sandy soil texture was performed during six hours of irrigation as factorial and in a completely randomized design. Irrigation moisture redistribution was investigated after 68 hr. The results showed that in the subsurface drip system with doubling and quadrupling the discharge, the wetting area increased to three and five times, but in the surface system it changed to two and four times, respectively. Also, changes in moisture redistribution in the subsurface drip system have been more than the surface drip system, because in the surface drip system, water moves more freely in the soil and most changes in the moisture front were made before redistribution. Considering the moisture redistribution is very important for the design of irrigation systems because it leads to better management of moisture distribution and prevention of deep losses.

1. Introduction

The transport of solutes in the soil is influenced by many factors such as the amount of water and fertilizer used, the time and method of fertilizer use, the physical characteristics of the soil, climatic

* **Corresponding Author:** Javad Mozaffari
Address: Water Science & engineering department, Faculty of Agriculture & Environment, Arak University, Arak, Iran
Email: J-mozafari@araku.ac.ir
Tel: 08632623520

conditions and irrigation method (Ranjabr et al., 2015). Freeman et al. (2003) showed that the wetted radius and depth, in the case where the source is on the soil surface (surface droplet) is always greater than the case where the source is below the soil surface (subsurface droplet). Gonçalves et al. (2019) evaluated three surface, rain and subsurface drip irrigation systems. The results showed that in the subsurface drip irrigation system, there is the highest amount of water and fertilizer savings compared to other methods. The purpose of this research is to estimate the soil moisture distribution pattern in two surface and subsurface drip irrigation systems and to select the best method.

2. Materials and Methods

The experiment was carried out in a physical model consisting of transparent glass with dimensions of 1.20 x 0.5 x 1 m and sandy loam texture. The investigated treatments included two lateral installation depths of 30 and 0 cm and drippers with a discharge of 2, 4 and 8 L/H. The mentioned model was irrigated for six hours and all the tests were performed at a constant pressure and a constant temperature of 200 C. During the irrigation time, the front of water advances at times 1, 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 300 and 360 minutes on the glass plate of the model was marked. After six hours of irrigation and interruption of the flow, due to the redistribution of the advancing water front, the marking continued until 68 hours after that. Sampling of the model was done in order to measure the volumetric moisture content, and the samples were immediately transferred to the laboratory (Fig. 1).

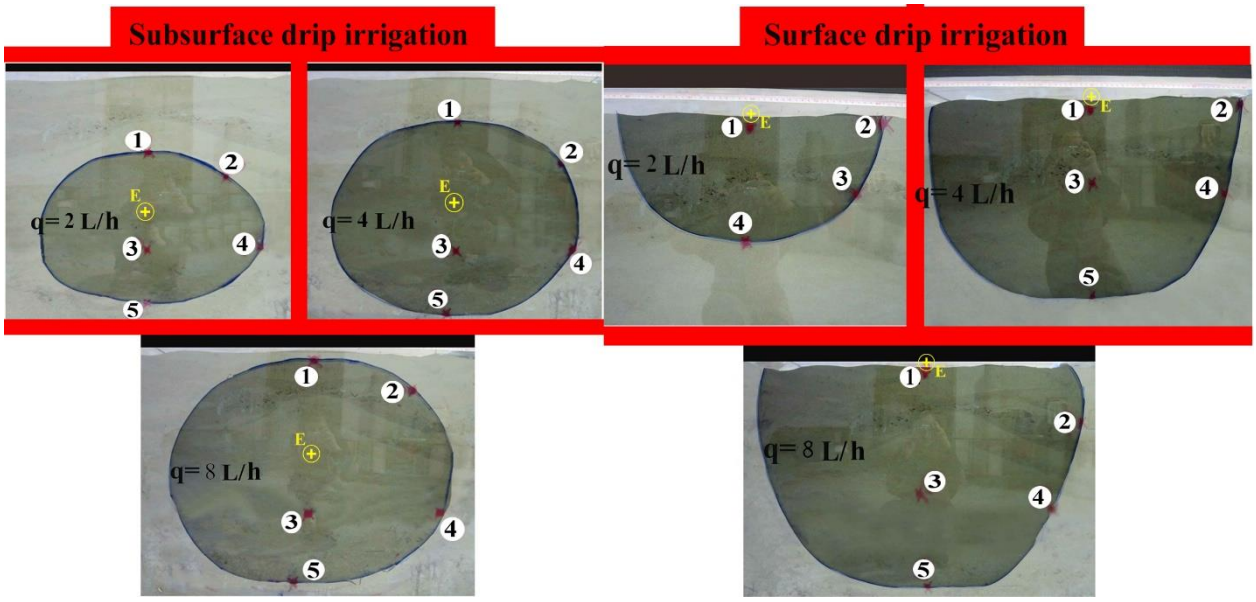


Figure 1. Sampling points for different discharges in surface and subsurface drip irrigation systems

3. Results

From the comparison of moisture distribution, it can be seen that in the subsurface system, due to the presence of a dripper under the soil surface and the pressure caused by it, the moisture front has a slower trend than the surface system. Meanwhile, in the surface drip irrigation system, water moves freely on the soil due to the force of gravity. Also, in the subsurface system, because a percentage of moisture is used to wet the dry area above the dropper, the progress of vertical distribution is less than in the surface system. After six hours of irrigation and then cutting off the flow, moisture redistribution takes place. The results of moisture redistribution in 68 hours after the end of irrigation showed that in the subsurface drip system, the amount of water redistribution is higher in high discharge than in low discharge. The reason for this is that in high flows, water does not get the necessary opportunity to penetrate during irrigation, and part of this water is distributed after irrigation. Also, the progress of moisture redistribution in the subsurface system is greater in the horizontal state than in the vertical state. In the surface drip irrigation system, redistribution values for low discharge are higher than high discharge, which is consistent with Karimi et al. (2013) results. The maximum wetted area in the subsurface drip

system is doubled and quadrupled, respectively, by changing the discharge from two to four and eight L/H. Also, this increase in surface drip system is 1.32 and 2.96, respectively. Therefore, the wetted area in the surface drip system is more than the subsurface drip system (at the same flow rate).

4. Discussion and Conclusion

In this research, which was carried out in the form of a physical model, the horizontal and vertical distribution of moisture, redistribution of moisture and maximum wetted area for surface and subsurface drip irrigation system in sandy loam soil were investigated. In both types of surface and subsurface drip irrigation, the moisture distribution values increase with the increase of output flow from the dripper. Of course, this increase is greater in the surface drop system due to the free movement of water in the horizontal direction. The vertical distribution of water in surface drip irrigation treatments is more than the corresponding subsurface treatments, because in subsurface treatments, some water is used to dry the dry area above the drip. The amount of redistribution of water in surface drip irrigation system, redistribution values for low flows are more than high flows. But in the subsurface drip system, it is more in high discharge than in low discharge. The reason for this problem is that in high discharges, water does not get the necessary opportunity to penetrate during irrigation, and part of this extra water is distributed after irrigation. Also, the final wetted area in the surface drip system is much more than the subsurface drip system, which will help in the optimal management of water consumption by considering this issue in the design of surface and subsurface drip irrigation systems.

5. Six important references

1. Freeman, J. Cook., Peter, J. Thorburn., Peter, F and Keith, L. Bristow. 2003. Software tool to display approximate wetting patterns from drippers. Journal of Irrigation Science, 22: 129-134.

2. Gonçalves, I Z., Barbosa, E A. A., Santos, L .N. S., Nazario, A. A., Feitosa, D.R.C., Tuta, N.F., Matsura, E.E. 2019. Nutritional balance and production of sugarcane irrigated with treated wastewater through subsurface drip. Journal of Irrigation Science, 37:207-217.

3. Hussein, M., Ghobari, Al., Ahmed, Z., Dewidar .2018. Integrating deficit irrigation into surface and subsurface drip irrigation as a strategy to save water in arid region,. Journal of Agricultural Water Management, 209: 55-61.

4. Karimi, B., Mirzaei, F., Sohrabi, T. 2013. Evaluation of Moisture Front Redistribution in Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems. Water and Soil Science Journal, 23(3):183-192.

5. Ranjbar, A., Rahimi Khoob, A., Varavipour, M., Ebrahimian-Taleshi, H. 2017. Distribution of nitrate and ammonium under furrow and ridge and nitrogen uptake by maize in Different Rates of Urea Fertilizer. Iranian Journal of Soil and Water Research, 48(4): 891-904.

6. Zhenjie, Qiu., Jiusheng, Li And Weixia, Zhao. 2017. Effects of lateral depth and irrigation level on nitrate and Escherichia coli leaching in the North China Plain for subsurface drip irrigation applying sewage effluent. Journal of Irrigation Science, 35(6): 469-482.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

This research was carried out under the contract 10297/97 with the Research Vice-Chancellor of Arak University, which is appreciated.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره چهل و نه . پاییز۱۴۰۱

بررسی آزمایشگاهی توزیع رطوبت در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی

سوگند عرب[۱]، جواد مظفری[۲]*، محمدجواد نحوی‌نیا[۳]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۳/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۱۶

مقاله پژوهشی

چکیده

توزیع رطوبت در خاک تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله دبی و نوع سیستم‌های آبیاری می‌باشد. در این پژوهش سعی براین است که توزیع افقی و عمودی رطوبت، توزیع مجدد رطوبت در خاک و مساحت خیس شده در پایان آبیاری در دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی مقایسه گردد. بدین منظور آزمایشی در قالب یک مدل فیزیکی شیشه با ابعاد ۱ ×۰/۵× ۱/۲۰ متر، دو عمق نصب (۰ و ۳۰ سانتی‌متری) و سه دبی(Q_1=۲، Q_2=۴ و Q_3=۸ لیتر بر ساعت) به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در طی شش ساعت آبیاری برای بافت خاک شنی انجام گردید. توزیع مجدد رطوبت آبیاری پس از ۶۸ ساعت، بررسی شد. نتایج نشان داد در سیستم قطره‌ای زیرسطحی با دو برابر و چهار برابر شدن دبی، مساحت خیس‌شده به ترتیب به سه و پنج برابر افزایش یافته ولی درسیستم سطحی به ترتیب به دو و چهار برابر تغییر یافته است. همچنین تغییرات توزیع مجدد رطوبت در سیستم قطره‌ای زیرسطحی بیشتر از سطحی بوده است، زیرا در سیستم قطره‌ای سطحی آب به‌صورت آزادانه‌تری در خاک حرکت می‌کند و بیشترین تغییرات در جبهه رطوبتی در آن، پیش از توزیع مجدد انجام شده است. در نظرگیری تغییرات مجدد الگوی رطوبتی برای طراحی سیستم‌های آبیاری بسیار حائز اهمیت است چراکه باعث مدیریت بهتر توزیع رطوبت و جلوگیری از تلفات عمقی ناشی از آن می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: مساحت خیس شده، توزیع مجدد رطوبت، توزیع افقی، توزیع عمودی

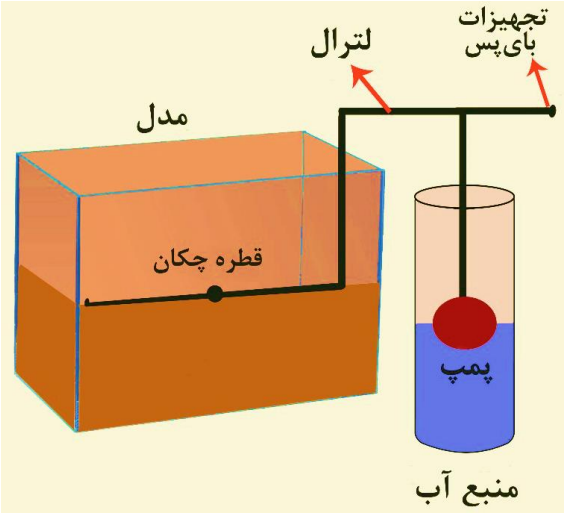
[۱] دانشجوی گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران Email: sogandab740@gmail.com
[۲] (مسوول مقاله) دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی ومحیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران Email: Javad_370@yahoo.com
[۳] استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران Email: javad.nahvinia@gmail.com

مقدمه

انتقال املاح در خاک تحت تأثیر فاکتورهای زیادی مانند مقدار آب و کود مصرفی، زمان و نحوه مصرف کود، ویژگی‌های فیزیکی و لایه‌بندی خاک، شرایط اقلیمی و روش آبیاری است (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۵). هر روش آبیاری که بتواند نیاز آبی گیاه را برطرف کند در حالی که باعث نفوذ عمقی و غیر قابل دسترس گیاه نشود، مطمئنا بهینه‌ترین شرایط رطوبتی را در منطقه ریشه ایجاد می‌کند (Hu et al., 2009). Freeman و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که شعاع و عمق خیس شده در حالتی که منبع روی سطح خاک (قطره‌ای سطحی) باشد، همواره بیشتر از حالتی است که منبع زیر سطح خاک (قطره‌ای زیر سطحی) باشد و این به علت حرکت رو به بالای در حالت دوم است که باعث می‌شود بخشی از آب به سمت بالا حرکت کرده و در نتیجه از عمق و عرض خیس شده بکاهد. Oron و همکاران (۱۹۹۹) آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری را مورد آزمایش قرار دادند و به این نتیجه رسید که در آبیاری قطره‌ای سطحی یک توزیع رطوبتی باریک به دلیل تجمع آب بر روی سطح خاک زیر قطره‌چکان به وجود می‌آمد، در حالی‌که توزیع رطوبتی در اطراف قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌صورت بیضی شکل است. همچنین توزیع رطوبت در عمق ۳۰ سانتی‌متری عریض‌تر و دارای گستردگی بیشتری در منطقه فعال ریشه نسبت به عمق ۶۰ سانتی‌متری می‌باشد. Cote و همکاران (۲۰۰۳) تاثیر دبی را در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که در خاک‌های سنگین‌تر با افزایش دبی قطره‌چکان حرکت رو به بالای آب و خیس‌شدگی خاک بیشتر خواهد شد و در نتیجه مقدار تبخیر از سطح خاک افزایش خواهد یافت. Zhenjie و همکاران (۲۰۱۷) با تحقیق روی کشت ذرت تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی پی بردند که سطح آبیاری و عمق لترال بیشتر می‌تواند نفوذ عمقی بیشتری را ایجاد کند. Hussein و همکاران (۲۰۱۸) پس از تحلیل آماری با مقایسه دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان راندمان محصول، کمترین حجم آب مصرفی و تنش گیاهی مربوط به یک کشت است که توسط سیستم قطره ای زیرسطحی آبیاری شده است. Gonçalves و همکاران (۲۰۱۹) در برزیل میزان بهره‌وری محصولی در سه سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، بارانی و زیرسطحی را تحت آبیاری دو منبع آب سطحی و فاضلاب تصفیه شده مورد ارزیابی قراردادند. نتایج بیانگر آن بود که در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیشترین میزان صرفه‌جویی آب و کود نسبت به سایر روش‌ها داشته‌است و این سیستم به عنوان سیستم آبیاری مناسب برای افزایش بهره‌وری محصول نیشکر شناخته شد. بر همین اساس بررسی نحوه توزیع رطوبت در خاک در سیستم های آبیاری قطره ای سطحی و زیرسطحی می تواند در انتخاب بهینه پارامتر های طراحی و در نهایت افزایش راندمان این سیستم ها موثر باشد. هدف از انجام این پژوهش تخمین الگوی توزیع رطوبت در خاک در دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی و گزینش بهترین روش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۷ در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اراک در یک مدل فیزیکی متشکل از شیشه شفاف با ابعاد ۱×۰/۵×۱/۲۰ متر و بافت خاک لوم شنی طراحی گردید (شکل۱) و مشخصات خاک مورد استفاده در جدول۱ قابل مشاهده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل دو عمق نصب لترال ۳۰ (H_1) و ۰ (H2) سانتی‌متری و قطره‌چکان با دبی ۲ (Q_1)، ۴ (Q2) و۸ (Q_3) لیتر بر ساعت بود.

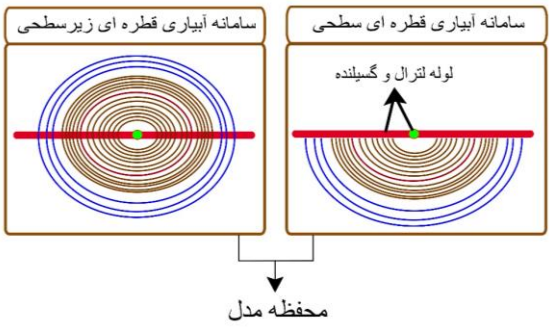


رطوبت اشباع (درصد وزنی)	چگالی حقیقی (g/cm^3)	چگالی ظاهری (g/cm^3)	بافت خاک	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن
۵۲/۵	۲/۶	۱/۴۵	شنی	۸/۴	۱۰	۸۱/۶

شکل(۱): نمایی از مدل همراه با تجهیزات

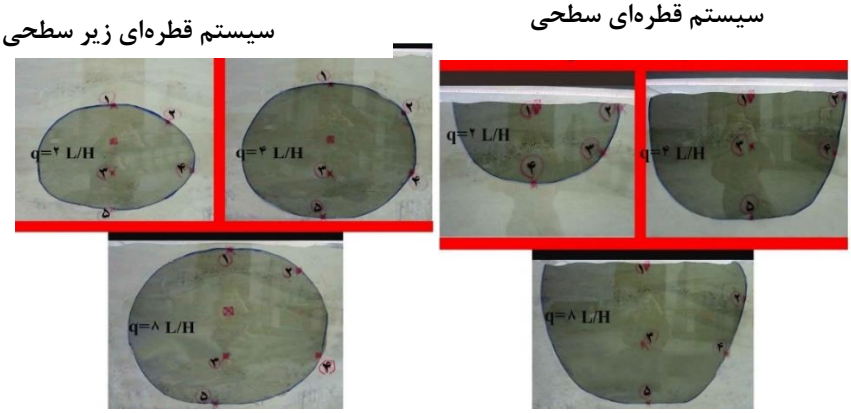
جدول(۱): خصوصیات فیزیکی خاک مورد بررسی

مدل مذکور به مدت شش ساعت آبیاری شد، بدین صورت که آب از یک منبع به وسیله پمپ و از طریق لوله‌های پلی‌اتیلن (لوله اصلی به قطر ۲۰میلی‌متر و لاترال ۱۶ میلی‌متر) وارد محفظه مدل می‌گردد. در مسیر انتقال آب یک مجموعه بای‌پس به‌منظور کاهش فشار وارد بر سیستم طراحی گردید و کلیه آزمایش‌ها، در فشار ثابت دو بار و دمای ثابت ۲۰ درجه سانتی‌گراد اجرا شد. در طی زمان آبیاری، جبهه پیشروی آب در زمان‌های ۱، ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ دقیقه (در ساعت‌های اولیه اختلاف زمان کمتر و باقی زمان‌ها اختلاف بیشتر) برروی صفحه شیشه‌ای مدل علامت‌گذاری شده و در جهات مختلف (طولی، عرضی و قائم رو به بالا) به وسیله مدرج بندی مدل، ارزیابی گردید (شکل ۲). لذا پس از شش ساعت آبیاری و قطع جریان، به دلیل توزیع مجدد جبهه پیشروی آب تا ۶۸ ساعت پس از آن نیز علامت‌گذاری ادامه یافت. قبل از انجام آزمایش خاک موردنظر توسط الک دو میلی‌متری سرند شده و همچنین بدنه داخلی مدل شیشه‌ای با چسب و شن پوشیده شد تا از ایجاد جریان ترجیحی در حین آزمایش و بروز خطا جلوگیری شود.



شکل(۲):نمایی شماتیک از جبهه پیشروی رطوبتی آب در نمونه‌ای از آزمایشات سطحی و زیرسطحی

نمونه‌برداری از مدل به منظور اندازه‌گیری میزان رطوبت حجمی، بر اساس آخرین علامت‌گذاری جبهه پیشروی رطوبت و از نقاط مشخص در اطراف قطره‌چکان توسط بیلچه برداشت و داخل ظروف مخصوص منتقل گردید (شکل ۳) و نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل وتوسط آون به‌صورت وزنی اندازه‌گیری شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش، برای تجزیه واریانس، از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و برای مقایسه میانگین صفات از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد استفاده شد.



شکل(۳): نقاط نمونه‌گیری در آزمایش در دبی‌های مختلف در سیستم قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی

نتایج و بحث

در این تحقیق پس از طراحی یک مدل فیزیکی آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی و جمع‌آوری رطوبت خاک در زمان‌های مختلف، سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی مورد مقایسه قرار گرفت.

مقایسه توزیع رطوبت در سیستم‌های قطره‌ای سطحی و زیرسطحی:

نتایج تجزیه واریانس توزیع توزیع افقی[1] (HD) و قائم[2] (VD) در زمان‌های یک، دو، سه، چهار، پنج و شش ساعت آبیاری بررسی و در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است. همانطور که جدول ۲ و ۳ نشان می‌دهد، اثر نوع سیستم آبیاری و دبی، برای توزیع افقی و قائم رطوبت در زمان‌های مختلف در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. هم‌چنین برهم‌کنش اثر دبی × سیستم آبیاری برای توزیع افقی و قائم رطوبت در زمان‌های مختلف در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲ و ۳).

[1] Horizontal Distribution

[2] Vertical Distribution

جدول (۲): نتایج تجزیه واریانس توزیع افقی رطوبت در زمان‌های مختلف

منابع تغییر	درجه‌آزادی	HD60	HD120	HD180	HD240	HD300	HD360
سیستم	۱	۲۶/۸۸	۱۸/۳۷	۲۵/۴۶	۴۰/۰۴	۴۰/۰۴	۴۰/۰۴
دبی	۲	۵۰/۴۸	۱۲۰/۲۹	۱۲۸/۲۳	۱۳۲/۰۴	۱۵۲/۲۳	۱۷۱/۱۳
تکرار	۲	۴۱/۲۲	۳۸/۴۱	۴۰/۱۴	۳۶/۷۴	۲۳/۷۵	۳۱/۵۵
دبی× سیستم	۳	۱۱/۶۸	۱۸/۸۷	۲۰/۷۱	۱۵/۷۹	۱۳/۲۷	۱۴/۲۹
خطای آزمایش	۲	۲۸/۲۳	۲۷/۱۰	۲۴/۱۸	۲۵/۱۶	۲۶/۳۲	۳۵/۴۲
ضریب تغییرات	-	۱۱/۴۰	۱۳/۸۱	۱۲/۲۳	۱۲/۱۸	۶/۵۱	۱۰/۲۵

ns، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح کمتر از ۵ درصد، ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

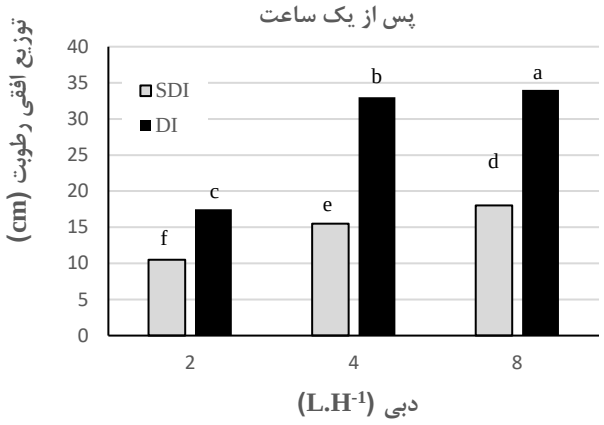
جدول (۳): نتایج تجزیه واریانس توزیع عمودی رطوبت در زمان‌های مختلف

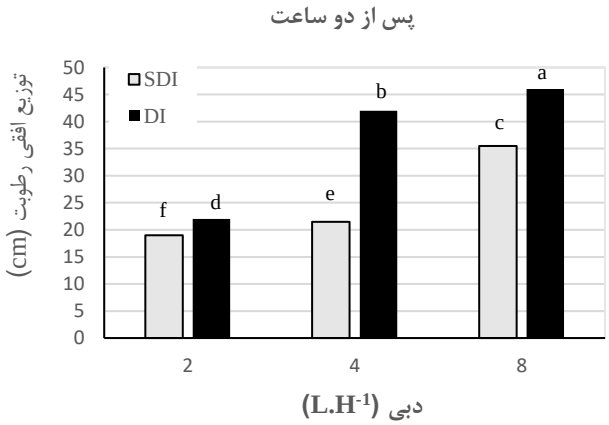
منابع تغییر	درجه‌آزادی	VD60	VD120	VD180	VD240	VD300	VD360
سیستم	۱	۱/۵۰	۸/۴۰	۱۱/۲۰	۱۵/۰۴	۲۶/۲۰	۳۸/۰۰
دبی	۲	۱۶/۲۸	۴۳/۷۸	۴۳/۷۱	۸۷/۸۷	۱۱۲/۱۳	۱۳۱/۵۳
تکرار	۲	۲۳/۱۲	۲۸/۱۴	۲۸/۲۴	۲۶/۵۴	۲۰/۳۵	۲۳/۳۵
دبی× سیستم	۳	۱/۱۸	۵/۰۸	۱۱/۳۴	۱۳/۵۴	۱۸/۲۰	۲۱/۲۰
خطای آزمایش	۲	۱۲/۲۳	۱۳/۱۰	۱۴/۱۱	۱۵/۲۵	۱۶/۱۲	۲۵/۱۲
ضریب تغییرات	-	۱۰/۵۰	۱۱/۵۸	۱۰/۲۳	۹/۵۸	۸/۵۶	۱۲/۱۵

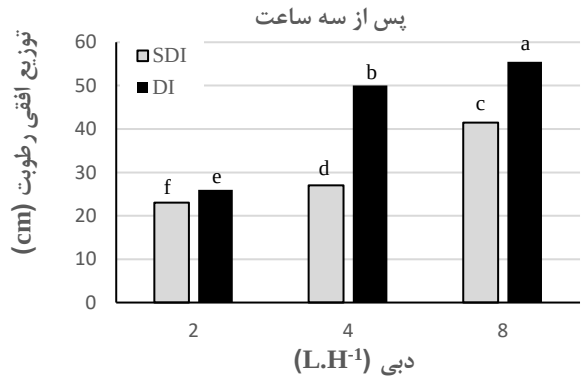
ns، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح کمتر از ۵ درصد، ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

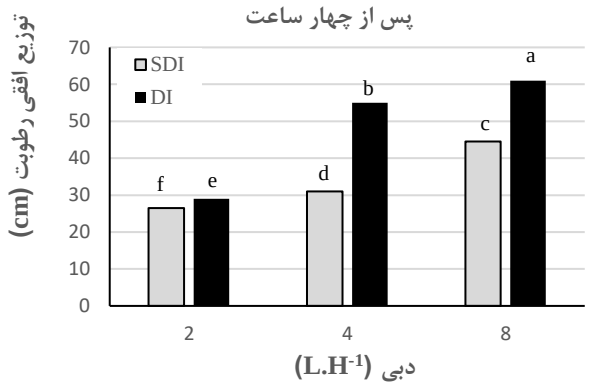
نتایج مربوط به مقایسه میانگین توزیع افقی (شکل ۴) و عمودی (شکل ۵) رطوبت در دبی‌های مختلف نشان می‌دهد که اختلاف بین توزیع افقی و عمودی رطوبت در دبی‌های مختلف در سیستم‌های سطحی و زیر سطحی از لحاظ آماری در سطح یک درصد معنی‌دار است. با مقایسه میزان توزیع افقی و عمودی در دبی‌های مختلف هر دو سیستم (شکل ۴ و ۵) می‌توان گفت توزیع افقی رطوبت در دبی L/H ۲ در سیستم سطحی نسبت به زیرسطحی به میزان ۵۰٪ افزایش داشته است و این میزان برای زمان پایان آبیاری به ۱۰٪ اختلاف می‌رسد (شکل ۵). این مقادیر در دبی L/H ۴ در سیستم سطحی نسبت به زیرسطحی برابر ۸۹٪ و در پایان آزمایش به مقدار ۶۷٪ افزایش داشته است. این درصدها بیانگر تفاوت بیشتر جبهه رطوبتی در دو سیستم آبیاری می‌باشد که به دلیل دو برابر شدن دبی و یکنواختی کمتر بین دو سیستم بوجود آمده است. همچنین در دبی L/H ۸ این میزان توزیع به ترتیب به میزان ۸۴٪ در سیستم سطحی نسبت به زیرسطحی افزایش و در پایان زمان آبیاری به مقدار ۴۰٪ بوده است که نسبت به دبی L/H ۴ تا حدودی کاهش نشان می‌دهد. دلیل کاهش اختلاف این است که سرعت پیشروی رطوبت در خاک با افزایش دبی به L/H ۸ نمی‌تواند افزایش سریعی داشته باشد. بنابراین افزایش سرعت پیشروی در سیستم سطحی تا حدودی کندتر شده و به سیستم زیرسطحی نزدیک می‌شود. در مقایسه بین سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی مشاهده می‌گردد که توزیع افقی در سیستم‌های سطحی بیشتر از سیستم‌های زیرسطحی می‌باشد، چون در سیستم‌های سطحی آب در اثر گرادیان ثقلی و به صورت آزادانه توزیع می‌گردد. همچنین در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی در خاک شنی، بیشترین توزیع افقی آب مربوط به دبی‌های زیاد است و در سیستم آبیاری قطرهای سطحی بیشترین توزیع افقی آب مربوط به قطره چکان‌های با بیشترین دبی (L/H ۸) است. همچنین در تیمارهای زیر سطحی مشاهده شد که بیشترین توزیع افقی رطوبت مربوط به قطره‌چکان‌های با دبی L/H ۸ است.

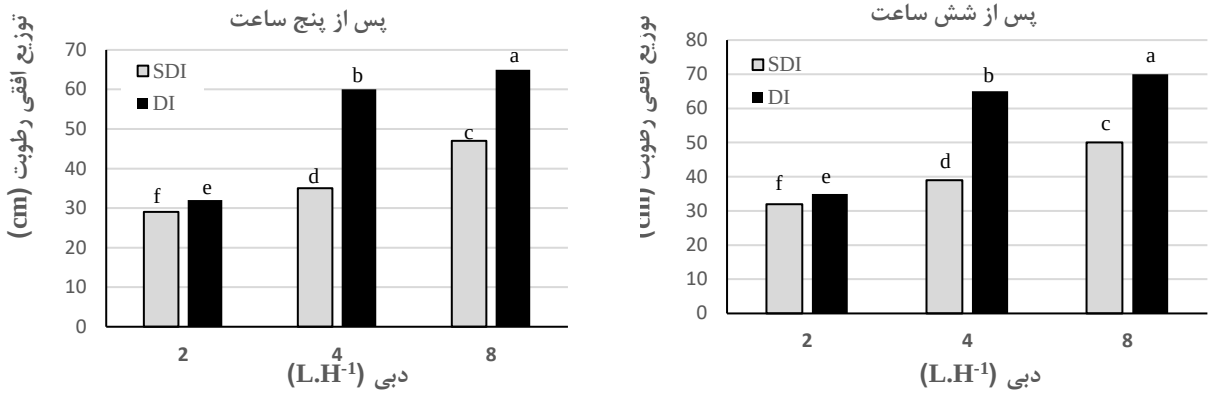
همچنین در مقایسه بین سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی، نتایج شکل (۵) نشان می‌دهد که، توزیع عمودی آب در تیمارهای آبیاری قطره‌ای سطحی بیشتر از تیمارهای متناظر زیر سطحی می‌باشد. با توجه به شکل (۶) توزیع عمودی حرکت آب در خاک در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی (در دبی‌های L/H ۴ و L/H ۸) نسبت به تیمارهای زیر سطحی بیشتر است و این به این دلیل می‌باشد که در تیمارهای زیر سطحی مقداری از آب صرف خشک کردن ناحیه خشک بالای قطره‌چکان می‌گردد و می‌توان این نتیجه کلی را در نظر گرفت که در سیستم زیر سطحی جبهه حرکت عمودی آب نسبت به سیستم سطحی، کمتر می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی توزیع عمودی جبهه حرکت آب در قطره چکان‌های با دبی L/H ۲، بیشتر می‌باشد. همچنین در تیمارهای زیر سطحی، توزیع عمودی جبهه حرکت آب در قطره چکان‌های با دبی L/H ۲ نسبت به دبی‌های L/H ۴ و L/H ۸ بیشتر می‌باشد. از مقایسه توزیع افقی و عمودی رطوبت می‌توان دریافت که در سیستم زیرسطحی به دلیل وجود قطره‌چکان در زیر سطح خاک و فشار ناشی از آن، جبهه رطوبتی روند کندتری نسبت به سیستم سطحی داشته‌است. همچنین در سیستم زیرسطحی به دلیل اینکه درصدی از رطوبت صرف خیس کردن ناحیه خشک بالای قطره‌چکان می‌گردد، پیشروی توزیع عمودی نسبت به سیستم سطحی کمتر است. علاوه بر آن می‌توان نتیجه گرفت کارایی سیستم‌های آبیاری زیرسطحی در دبی‌هایی با خروجی کمتر به دلیل یکنواختی جبهه پیشروی، بیشتر بوده است که باعث پخش یکنواخت رطوبت در ناحیه توسعه ریشه و افزایش ضریب یکنواختی توزیع آب در پروفیل خاک می‌شود.



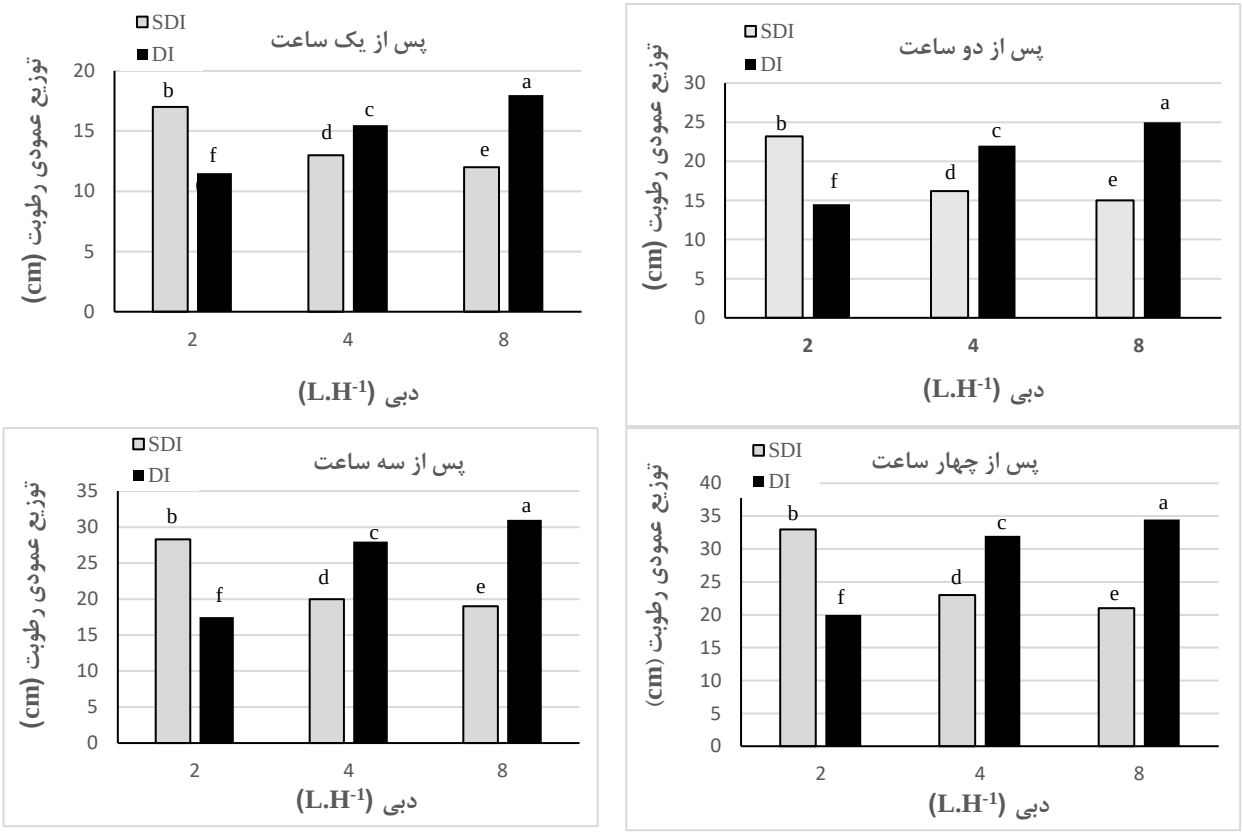


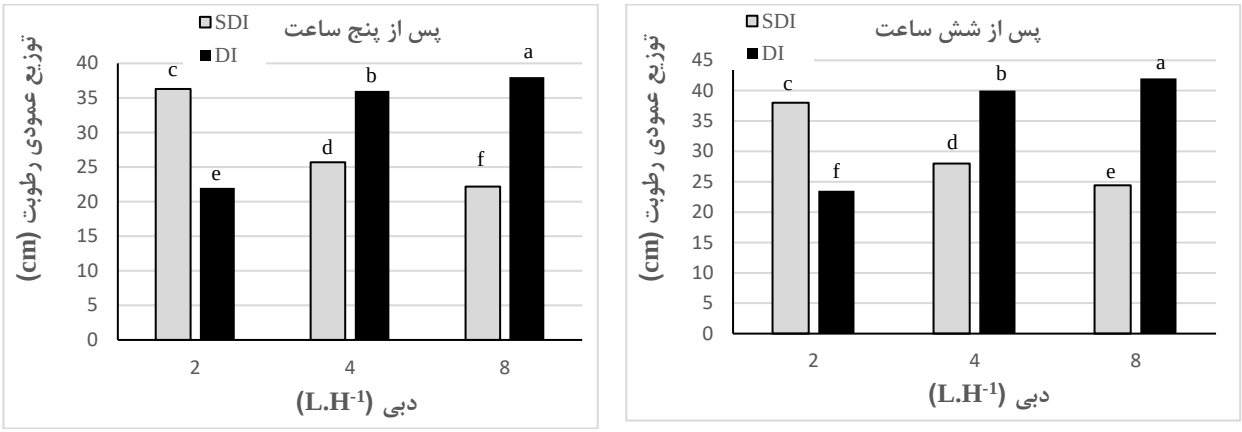






شکل (۴): توزیع افقی رطوبت در در سیستم آبیاری سطحی و زیرسطحی





شکل (۵): توزیع عمودی رطوبت در در سیستم آبیاری سطحی و زیرسطحی

توزیع مجدد رطوبت در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی: پس از شش ساعت آبیاری و سپس قطع جریان، توزیع مجدد رطوبت اتفاق می‌افتد که نتایج، در دو زمان پس از پایان آبیاری (۶ ساعت) و آخرین زمان پیشروی جبهه رطوبت (۶۸ ساعت پس از پایان آبیاری) بررسی گردید. نتایج تجزیه واریانس توزیع مجدد افقی (HRD)[1] و عمودی (VRD)[2] در جدول (۴) ارائه شده است. همانطور که جدول (۴) نشان می‌دهد، اثر نوع سیستم آبیاری و دبی، برای توزیع مجدد افقی و عمودی رطوبت در در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. هم‌چنین برهم‌کنش اثر دبی × سیستم آبیاری برای توزیع مجدد افقی و قائم رطوبت در در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴).

جدول (۴): نتایج تجزیه واریانس توزیع مجدد افقی و قائم رطوبت

منابع تغییر	درجه‌آزادی	HRD	VRD
سیستم	۱	۴۰۰/۱۶	۳۷۶/۰۴
دبی	۲	۳۶۹/۵۰	۳۷۵/۲۸
تکرار	۲	۱۴/۱۲	۱۳/۲۶
دبی× سیستم	۳	۷۱/۱۶	۱۴/۲۹
خطای آزمایش	۲	۲۵/۳۶	۲۴/۲۱
ضریب تغییرات	-	۸/۲۱	۹/۲۳

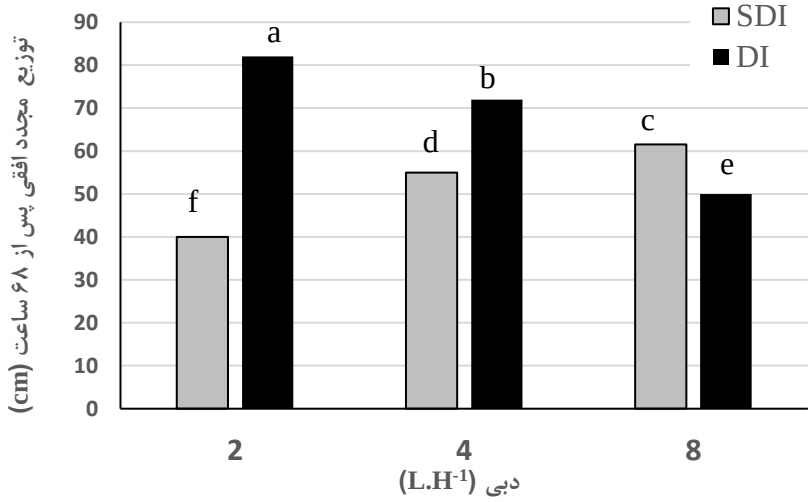
ns، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح کمتر از ۵ درصد، ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

نتایج مربوط به مقایسه میانگین توزیع مجدد افقی (شکل ۶) و عمودی (شکل ۷) رطوبت در ۶۸ ساعت پس از اتمام آبیاری در تیمارهای مختلف نشان داد که در سیستم زیرسطحی، بیشترین و کمترین مقدار توزیع مجدد افقی رطوبت به‌ترتیب در تیمار دبی ۸ L/H و ۲ L/H مشاهده گردید و اختلاف بین تیمارهای مختلف در سطح یک درصد معنی‌دار بود (شکل۶). در سیستم سطحی، اختلاف مقادیر توزیع مجدد در حالت افقی در دبی ۲ L/H، به میزان ۴۳٪، در دبی ۴ L/H به‌میزان ۱۰٪ و نهایتا در دبی ۸ L/H به مقدار ۱۷٪ افزایش می‌یابد (شکل ۷). دلیل کاهش توزیع افقی مجدد در دبی ۴ L/H این است که مدت زمان آبیاری و دبی خروجی از قطره‌چکان (دو برابر شده) متناسب با یکدیگر بوده و آب توانسته است پیشروی لازم را در طی آبیاری داشته باشد و در زمان توزیع مجدد نسبت به دبی ۲ L/H کاهش داشته است. اما این مدت زمان برای دبی ۸ L/H کافی نبوده و توانایی پیشروی حداکثری در طی زمان آبیاری را نداشته است و این کمبود را در توزیع مجدد نسبت به دبی ۴ L/H جبران نموده است. میزان توزیع

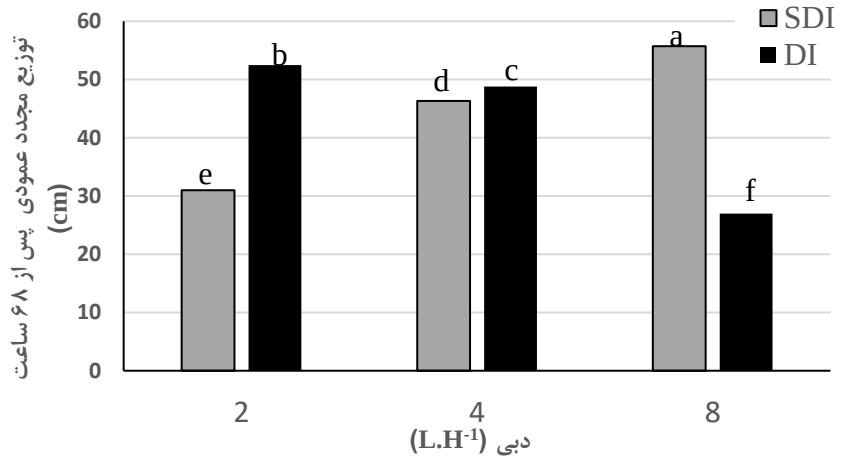
[1] Horizontal Redistribution

[2] Vertical Redistribution

مجدد عمودی در پایان ۶۸ ساعت نسبت به پایان آبیاری، در دبی ۲ L/H، ۴ L/H و ۸ L/H به ترتیب برابر ۲۶٪، ۶۵٪ و ۴۷٪ می‌باشد (شکل۷). بنابراین مشاهده می‌شود که در سیستم قطره‌ای زیر سطحی، میزان توزیع مجدد آب در دو جهت افقی و عمودی، در دبی‌های بالا بیشتر از دبی‌های پایین است. دلیل افزایش توزیع مجدد در دبی‌های بالا نسبت به دبی پایین در سیستم زیر سطحی این است که در دبی‌های زیاد، آب در زمان آبیاری فرصت لازم برای نفوذ را پیدا نمی‌کند و بخشی از این آب اضافی بعد از زمان آبیاری توزیع می‌شود، در حالی که در دبی‌های کم بیشتر آب در زمان آبیاری نفوذ پیدا کرده و مقدار آبی که در خاک که بعد از آبیاری توزیع می‌شود کمتر است. همچنین این نتایج برای توزیع مجدد آب در در جهت عمودی نیز صادق می‌باشد بطور کلی با توجه به نتایج توزیع افقی و عمودی در سیستم زیر سطحی می‌توان گفت میزان پیشروی توزیع مجدد رطوبتی در سیستم زیرسطحی، در حالت افقی بیشتر از عمودی است. نتایج نشان می‌دهد که در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و برای خاک مورد بررسی مقادیر توزیع مجدد در جهت افقی (شکل ۶) و عمودی (شکل ۷) برای دبی‌های کم بیشتر از دبی‌های زیاد می‌باشد. کریمی و همکاران (۱۳۹۲) در ارزیابی توزیع مجدد جبهه پیشروی آب در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی نشان دادند که در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و برای سه نوع خاک با بافت متوسط، سبک و سنگین، مقادیر توزیع مجدد در جهت افقی و عمودی برای دبی‌های کم اندکی بیشتر از دبی‌های زیاد می‌باشد. Elmaloglou و Diamantopoulos (۲۰۰۹) توزیع مجدد رطوبت را در سیستم آبیاری قطرهای سطحی با در نظر گرفتن وجود پدیده هیسترزیس و برای دو روش مختلف آبیاری (پیوسته و متناوب) و در شرایط آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که وجود پدیده هیسترزیس باعث کاهش تلفات آب بصورت نفوذ عمقی شده و تاثیر آن در قطره‌چکان‌هایی با دبی بیشتر بیش از قطره‌چکان‌هایی با دبی کم است.



شکل(۶): توزیع مجدد افقی رطوبت در سیستم‌های آبیاری سطحی و زیرسطحی



شکل(۷): توزیع مجدد عمودی رطوبت در سیستم‌های آبیاری سطحی و زیرسطحی

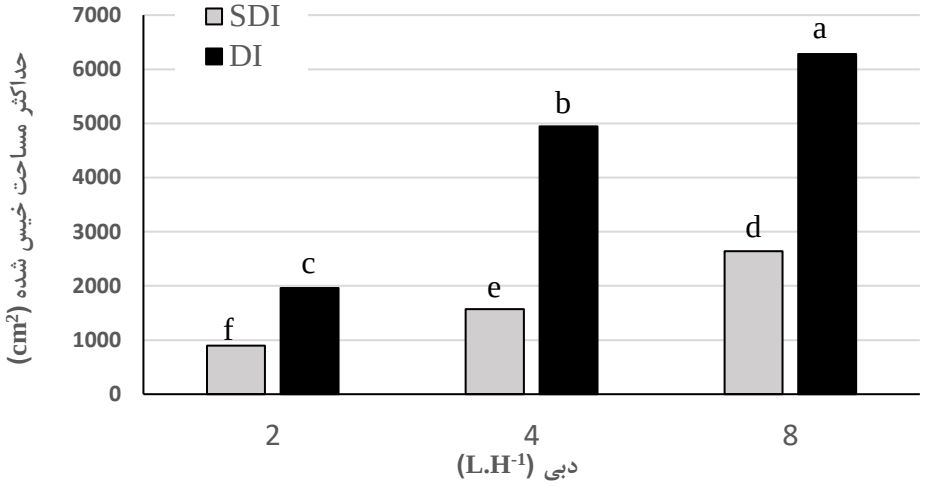
مقایسه حداکثر مساحت خیس‌شده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی: پارامتر موثر دیگر در مدیریت توزیع رطوبت، اطلاع از حداکثر مساحت جبهه خیس‌شده توسط قطره‌چکان است. از آنجا که جبهه خیس‌شده به‌شکل بیضی و نیم‌بیضی می‌باشد، لذا با در نظرگیری حداکثر شعاع خیس‌شدگی در پروفیل افقی و عمودی، مساحت جبهه محاسبه می‌گردد. نتایج تجزیه واریانس حداکثر مساحت جبهه خیس‌شده توسط قطره‌چکان در جدول (۵) ارائه شده است. همانطور که جدول (۵) نشان می‌دهد، اثر دبی، نوع سیستم آبیاری، برای صفت حداکثر مساحت جبهه خیس‌شده در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. هم‌چنین برهم‌کنش اثر دبی × نوع سیستم آبیاری برای حداکثر مساحت خیس شده در سطح ۱ درصد معنی‌دار شدند.

جدول (۵): نتایج تجزیه واریانس حداکثر مساحت خیس شده در طی آبیاری

منابع تغییر	درجه‌آزادی	حداکثر مساحت خیس شده
سیستم	۱	۱۰۸۸۳۷۶۰/۱۷**
دبی	۲	۹۲۹۶۱۷۳/۰۰ **
تکرار	۲	۹۲۹۶۱۷۳/۰۰*
دبی× سیستم	۳	۲۰۱۱۹۹۴/۳۳ **
خطای آزمایش	۲	۵۸/۶۹
ضریب تغییرات	-	۹/۷۴

نتایج مربوط به مقایسه میانگین مقادیر متوسط مربوط به حداکثر مساحت خیس شده در تیمارهای مختلف در شکل (۸) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۸)، مشاهده می‌شود که اختلاف بین مقادیر حداکثر مساحت خیس شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی نسبت به مقادیر این پارامتر در سیستم زیر سطحی از نظر آماری معنی‌دار است، به‌طوری‌که حداکثر مساحت خیس‌شده در سیستم قطره‌ای زیرسطحی با تغییر دبی از دو به چهار و هشت لیتر در ساعت، به‌ترتیب دو و چهار برابر افزایش یافته است. همچنین این افزایش در سیستم قطره‌ای سطحی به ترتیب ۱/۳۲ و ۲/۹۶ برابر است. در مقایسه‌ای دیگر می‌توان گفت حداکثر مساحت خیس‌شده در دبی L/H ۲ در سیستم قطره‌ای سطحی نسبت به زیرسطحی در حدود ٪۱۲۷، در دبی L/H ۴، ٪۷۵ و در دبی L/H ۸ به میزان

۸۰٪ افزایش داشته است که می‌توان نتیجه گرفت، در خاک سبک، مساحت خیس‌شده در سیستم قطره‌ای سطحی با اختلاف زیادی از سیستم قطره‌ای زیرسطحی (در دبی یکسان) بیشتر می‌باشد و دلیل آن این است که در سیستم زیرسطحی به دلیل وجود قطره‌چکان در زیرسطح خاک در اوایل آبیاری آب از قطره‌چکان وارد خاک می‌شود ولی پس از مدتی روند خروجی تغییر می‌کند. به‌طوری که مقداری از آب درون خاک به دلیل اختلاف گرادیان بین آب داخل لترال و خاک، به داخل قطره‌چکان برمی‌گردد و روندی عکس را طی می‌کند. این تغییر روند می‌تواند اختلاف مساحت بین دو سیستم را در پی داشته باشد. نتایج تحقیق کریمی و کریمی (۱۳۹۸) نیز نشان داد که در سیستم قطره‌ای سطحی و زیرسطحی با جریان پیوسته و پالسی به ازای یک حجم آب مساوی، در انتهای آبیاری در بافت سبک بیشترین مساحت خیس‌شده پایین قطره‌چکان مربوط به دبی زیاد (شش لیتر در ساعت) می‌باشد.



شکل (۸):مقایسه حداکثر مساحت خیس‌شده در سیستم قطره‌ای سطحی و زیرسطحی

نتیجه‌گیری

با توجه به کمبود منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک و اهمیت سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی در این مناطق، ارائه راهکارهای مدیریتی به منظور افزایش راندمان آبیاری و کاهش تلفات نفوذ عمقی امری ضروری به نظر می‌رسد. یکی از این راهکارهای مدیریتی در نظر گرفتن مقادیر توزیع افقی و عمودی، توزیع مجدد آب بعد از زمان آبیاری و حداکثر مساحت خیس شده می‌باشد. در این پژوهش که در قالب یک مدل فیزیکی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملا تصادفی انجام شد، توزیع افقی و عمودی، توزیع مجدد و حداکثر مساحت خیس شده پیاز رطوبتی برای سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در خاک لومی شنی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، در تیمارهای آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی با افزایش دبی خروجی از قطره‌چکان، مقادیر توزیع افقی رطوبت افزایش می‌یابد. به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که با تغییر مقدار دبی و روش کاربرد آبیاری (سطحی و زیر سطحی)، مقادیر مساحت خیس شده اطراف قطره‌چکان به طور معنی‌داری تغییر می‌کند. مساحت خیس‌شده در سیستم قطره‌ای سطحی با اختلاف زیادی از سیستم قطره‌ای زیرسطحی (در دبی یکسان) بیشتر می‌باشد. با توجه به اینکه مقادیر توزیع مجدد آب برای هر دو سیستم قطره‌ای سطحی و زیرسطحی قابل ملاحظه می‌باشد پس در نظر گرفتن آن در طراحی سیستم‌های آبیاری باعث کاهش زمان آبیاری و متناسب با آن باعث صرفه جویی در مصرف آب و انرژی می‌شود که به نوبه خود توجیهات اقتصادی را نیز به

دنبال دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که مقادیر توزیع مجدد آب در دو جهت (افقی و عمودی) قابل ملاحظه بوده و در نظر گرفتن این پارامترها در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی به مدیریت بهینه مصرف آب کمک شایانی خواهد نمود.

سپاسگزاری

این پژوهش طی قرارداد ۹۷/۱۰۲۹۷ با معاونت پژوهشی دانشگاه اراک انجام شده است که از معاونت مذکور قدردانی می‌گردد.

منابع

باقری، ر.، حسام، م.، کیانی، ع.، هزار جریبی، ا. ۱۳۹۳. ارزیابی فنی و هیدرولیکی عملکرد سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، جلد۲، شماره ۸، صفحه۴۱۳-۴۲۲.

رنجبر، آ.، رحیمی خوب، ع.، وراوی پور، م و ابراهیمیان طالشی، ح. ۱۳۹۵. بررسی توزیع نیترات و آمونیوم در زیرجویچه و پشته و جذب نیتروژن توسط ذرت در شرایط کاربرد مقادیر مختلف کود اوره. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، جلد۴۸، شماره ۴، صفحه۸۹۱-۹۰۴.

صداقتی، ن.، حسینی فرد، ج و محمدی محمد آبادی، ا. ۱۳۹۱. مقایسه اثرات دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی وزیرسطحی بر رشد و عملکرد درختان بارور پسته. نشریه آب و خاک(علوم و صنایع کشاورزی)، جلد۲۶، شماره ۳، صفحه ۵۷۵-۵۸۵.

کریمی، ب و کریمی، ن. ۱۳۹۸. ارزیابی مساحت خیس‌شدگی پیاز رطوبتی در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی با جریان پیوسته و پالسی. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۲۶، شماره ۵ صفحه‌های ۱۹-۱.

کریمی، ب.، میرزایی، ف. و سهرابی، ت. ۱۳۹۲. ارزیابی توزیع مجدد جبهه پیشروی آب در سیستم‌های آبیاری قطرهای سطحی و زیر سطحی. نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۳، شماره ۳ صفحه‌های ۱۹۲-۱۸۳.

Cote, C.M., Bristow, K. L., Charlesworth, P.B., Cook, F.J and Thorburn, P. J. 2003. Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. Journal of Irrigation Science, 22:143-156.

Elmaloglou S, Diamantopoulos E. 2009. Effects of hysteresis on redistribution of soil moisture and deep percolation at continuous and pulse drip irrigation. Journal of Agricultural Water Management 96: 533–538.

Freeman, J. Cook., Peter, J. Thorburn., Peter, F and Keith, L. Bristow. 2003. Software tool to display approximate wetting patterns from drippers. Journal of Irrigation Science, 22: 129-134.

Gonçalves, I Z., Barbosa, E A. A., Santos, L .N. S., Nazario, A. A., Feitosa, D.R.C., Tuta, N.F., Matsura, E.E. 2019. Nutritional balance and production of sugarcane irrigated with treated wastewater through subsurface drip. Journal of Irrigation Science, 37:207-217.

Hanson, B and May, D .2004. Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. Journal of Agricultural Water Management, 68(2004): 1–17.

Hu, T., Kang, Sh., Li, F and Zhang, J .2009. Effects of partial root-zone irrigation on the nitrogen absorption and utilization of maize. Journal of Agricultural Water Management, 96(2): 208-214.

Hussein, M., Ghobari, Al., Ahmed, Z., Dewidar .2018. Integrating deficit irrigation into surface and subsurface drip irrigation as a strategy to save water in arid regions. Journal of Agricultural Water Management, 209: 55-61.

Moldenfor, D. 2009. Creative direction, editing, and typesetting by Communications development DevelopmentIncorporated, Washington D.C: 23-38.

Oron, G D., Campos, C., Gillerman, L and Salgot, M .1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. Journal of Agricultural Water Management, 38(3): 223-234.

Zhenjie, Q., Jiusheng, L. And Weixia, Z. 2017. Effects of lateral depth and irrigation level on nitrate and Escherichia coli leaching in the North China Plain for subsurface drip irrigation applying sewage effluent. Journal of Irrigation Science, 35(6): 469-482.

Laboratory Study of Moisture Distribution in Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems

Sogand Arab[1], Javad Mozaffari[2], Mohammad Javad Nahvinia[3]

Abstract

Soil moisture distribution is affected by various factors such as discharge and the type of irrigation systems. In this study, it is tried to compare the horizontal and vertical distribution of moisture, redistribution of moisture in the soil and the wetting area at the end of irrigation in two surface and subsurface drip irrigation systems. For this purpose, an experiment in the form of a glass physical model with dimensions of 1 × 0.5×1.20 m, two installation depths (0 and 30 cm) and three discharges (Q1=2, Q2=4 and Q3=8 liters/hour) for sandy soil texture was performed during six hours of irrigation as factorial and in a completely randomized design. Irrigation moisture redistribution was investigated after 68 hr. The results showed that in the subsurface drip system with doubling and quadrupling the discharge, the wetting area increased to three and five times, but in the surface system it changed to two and four times, respectively. Also, changes in moisture redistribution in the subsurface drip system have been more than the surface drip system, because in the surface drip system, water moves more freely in the soil and most changes in the moisture front were made before redistribution. Considering the moisture redistribution is very important for the design of irrigation systems because it leads to better management of moisture distribution and prevention of deep losses.

Keywords: Wet area, Moisture redistribution, Horizontal distribution, Vertical distribution

[1] MSc student, Water Science & engineering department, Faculty of Agriculture & Environment, Arak University, Arak, Iran, Email: Sogandab740@gmail.com
[2] (Corresponding Author) Associate professor, Water Science & engineering department, Faculty of Agriculture & Environment, Arak University, Arak, Iran, Email: Javad_370@yahoo.com
[3] Assistant professor, Water Science & engineering department, Faculty of Agriculture & Environment, Arak University, Arak, Iran, Email: Javad.nahvinia@gmail.com