

## بررسی اثر دبی قطره‌چکان و نوع بستر کشت بر الگوی توزیع رطوبت در بسترهای کشت بدون خاک

سیده افسانه احمدی فروشانی<sup>۱</sup>، مهدی قبادی‌نیا<sup>۱</sup>، رحیم برزگر<sup>۲</sup> و روح‌الله فتاحی نافچی<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۱)

### چکیده

تعیین الگوی توزیع رطوبت برای طراحی مناسب سامانه‌های آبیاری قطره‌ای ضروری است. شناسایی الگوی توزیع رطوبت موجب افزایش کارایی سیستم آبیاری و مصرف آب می‌شود. این پژوهش به منظور بررسی الگوی توزیع رطوبت ناشی از یک منبع نقطه‌ای و مقایسه آن در بسترهای مختلف کشت بدون خاک به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول نوع بستر کشت شامل ۹ تیمار با ترکیب ژئولیت، پرلیت و کوکوپیت و فاکتور دوم دبی قطره‌چکان شامل سه دبی ۲، ۳ و ۴ لیتر بر ساعت بود. بر اساس نتایج اثر بستر و برهم‌کنش بستر × دبی بر همه کمیت‌های اندازه‌گیری شده (حجم آب آبیاری، قطر خیس شده در لایه ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر از سطح، بیش‌ترین سطح خیس شده و حجم خیس شده) معنی‌دار شد. اثر دبی بر تمام کمیت‌ها به جز بیش‌ترین سطح خیس شده، معنی‌دار شدند. افزودن ۱۰ درصد کوکوپیت به پرلیت آثار مطلوبی بر گسترده‌گی الگوی توزیع رطوبت داشت و در دبی ۳ لیتر بر ساعت، حجم خیس‌شدگی را به میزان ۷۹ درصد افزایش داد، ولی ژئولیت نسبت به کوکوپیت عملکرد مناسبی نداشت و ۳۰ درصد حجم خیس‌شدگی را کاهش داد. همچنین به طور کلی دبی مناسب در تمامی بسترهای کشت دبی ۳ لیتر بر ساعت بود. با توجه به نتایج این پژوهش، دبی‌های ۲ تا ۳ لیتر دبی مناسب و بستر کوکوپیت-پرلیت با درصد ترکیب ۲۰-۸۰ بستر مناسبی از نظر گسترده‌گی جبهه رطوبتی است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، الگوی توزیع رطوبت، بستر کشت بدون خاک، ژئولیت، کوکوپیت

### مقدمه

خاک‌زی به علت ضدعفونی بودن اکثر بسترها، صرفه‌جویی در مصرف آب و تنظیم مواد غذایی مورد نیاز گیاه در هر مرحله از رشد است. در این روش ریشه گیاه می‌تواند تنها در محلول غذایی به‌گونه‌ای قرار گرفته و به رشد خود ادامه دهد و یا ریشه گیاه در بستر مناسبی که متخلخل است مستقر شده و محلول غذایی به مرور در اختیار آن قرار گیرد (۶). در ابداع روش‌های

سیستم‌های کشت بدون خاک یکی از روش‌های نوین و مدرن در کشاورزی است که در سال‌های اخیر استفاده از این سیستم، در دنیا و از جمله ایران در حال توسعه است. از جمله مزایای استفاده از سیستم بدون خاک، صرفه‌جویی در هزینه‌های مصرفی به دلیل مکانیزه‌شدن بیشتر کارها، کمتر بودن بیماری‌های

۱. گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد

۲. گروه باغبانی، دانشگاه شهرکرد

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: afsane.ahmadi70@gmail.com

نوین آبیاری آنچه که مدنظر است، این است که آب به اندازه مورد نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد و تنها حجم معینی از خاک مرطوب شود و از آبیاری بخش‌هایی از خاک که خارج از محدوده رشد گیاه است، جلوگیری شود. یکی از این روش‌های آبیاری، آبیاری قطره‌ای است. با توجه به انتخاب روش آبیاری قطره‌ای به عنوان یک راه‌حل در بهره‌برداری بهینه از منابع آب، باید به کارایی بهره‌برداری این گونه سیستم‌ها همراه با به‌کارگیری سایر فناوری‌ها نیز توجه خاصی شود تا از خطا مصون و از تکرار اشتباه پرهیز شود (۱).

الگوی خیس‌شدگی نیم‌رخ خاک یا به اصطلاح پیاز رطوبتی در هر خاک از ویژگی‌های مهم است که در هنگام طراحی سیستم آبیاری باید توجه شود و لازم است که پیاز رطوبتی یا حجم خاک خیس‌شده برای هر نوع خاک و بستری که قرار است با روش قطره‌ای آبیاری شود از پیش مشخص شود. اسماعیلی (۴) به منظور ارزیابی اثر دبی‌های مختلف بر پیاز رطوبتی سیستم آبیاری قطره‌ای- نواری (T-Tape) در زمین‌های شیب‌دار، پژوهشی با سه تیمار شیب (زمین مسطح، زمین با شیب ۲ و ۵ درصد) روی خاک با بافت لوم سیلتی با دو دبی ۶ و ۹ لیتر بر ساعت در واحد طول نوار انجام دادند. آن‌ها نشان دادند، با افزایش دبی و شیب، عرض و عمق، مساحت و حجم خیس‌شده خاک افزایش می‌یابد. اقبال و همکاران (۶) پژوهشی برای شناسایی الگوی خیس‌شده خاک در بافت‌های مختلف و دبی‌های مختلف قطره‌چکان انجام دادند. در هر آزمایش حجم ثابتی از آب تأمین شد. نتایج نشان داد برای خاک لوم شنی دبی ۴ لیتر بر ساعت و برای خاک‌های رسی، لوم رسی و لومی دبی ۳ لیتر بر ساعت منجر به بیش‌ترین کارایی سامانه آبیاری می‌شود. حیدری و همکاران (۵) با بررسی اثر چهار دبی ۲، ۴، ۶ و ۸ لیتر بر ساعت بر الگوی خیس‌شده خاک لوم رسی سیلتی با آبیاری قطره‌ای سطحی دریافتند که، با افزایش دبی از گسترده‌گی رطوبت در عمق کاسته شده و گسترده‌گی جانبی در سطح افزایش می‌یابد.

ترکیب‌های مختلف بستر می‌تواند الگوی پیاز رطوبتی را

تغییر دهد. امین‌الرعایای یمینی (۲) اثر استفاده از سوپرچاذب (A200) و ژئولیت آنزیمیت بر بهبود الگوی توزیع رطوبت در آبیاری قطره‌ای در دو نوع بافت خاک رس سیلتی و شنی را بررسی کرد. نتایج نشان داد که استفاده از سوپرچاذب در کلیه زمان‌ها بر عمق و عرض خیس‌شده بیشینه (ابعاد پیاز رطوبتی) در هر دو بافت خاک مؤثر است. استفاده از ژئولیت آنزیمیت در کلیه زمان‌ها به‌جز زمان ۲۰ دقیقه بر عمق خیس‌شده بیشینه در هر دو بافت خاک مؤثر بود. با آنکه افزودن هر دو مواد جاذب رطوبت، آثار مثبتی بر ویژگی‌های نگهداشت آب و توسعه پیاز رطوبتی داشت ولی تأثیر ژئولیت بر تغییرات آب قابل استفاده به‌مراتب کمتر از سوپرچاذب بود. به‌منظور بررسی تأثیر پلیمر سوپرچاذب (هربوزورب) و ماده آلی کوکوپیت بر ابعاد پیاز رطوبتی و افزایش فواصل آبیاری، آزمایشی در گلخانه انجام شد (۲). نتایج نشان داد که افزایش میزان ماده سوپرچاذب به خاک باعث افزایش عرض و کاهش عمق خیس‌شدگی شد، اما کاربرد کوکوپیت هم باعث افزایش عرض و هم افزایش عمق خیس‌شدگی شد. افزایش درصد حجمی رطوبت خاک در مقایسه با رطوبت اولیه در پی افزایش ماده سوپرچاذب و کوکوپیت به خاک پس از ۲۴ ساعت، نشان داد که با افزودن مواد جاذب رطوبت به خاک منطقه ریشه گیاه، می‌توان از هدرروی آب در آبیاری قطره‌ای از طریق نفوذ عمقی جلوگیری کرد و با ذخیره آب در منطقه ریشه، کارایی مصرف آب را افزایش داد (۲). برای برآورد دقیق و مناسب الگوی رطوبت در بسترهای کشت بدون خاک، ۳۶ آزمایش انجام شد که تیمارها توسط آبیاری قطره‌ای آبیاری شدند (۱۱). نفوذ و توزیع آب در چهار بستر کشت شامل بستر اول (T1) پس‌ماند سرکه (Vinegar)، (۱۰۰ درصد)، بستر دوم (T2) پس‌ماند سرکه (۷۵ درصد) و پیت (۲۵ درصد)، بستر سوم (T3) پس‌ماند سرکه (۵۰ درصد) و پیت (۵۰ درصد) و بستر چهارم (T4) شامل پس‌ماند سرکه (۵۰ درصد)، پیت (۲۵ درصد) و ورمیکولیت (۲۵ درصد)، با آبیاری قطره‌ای با سه دبی مختلف (۰/۱۵، ۰/۳۵ و ۰/۵ لیتر بر ساعت)، حجم آبیاری مختلف و سه رطوبت اولیه بستر (۰/۱۶، ۰/۲۳ و ۰/۲۸ cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>)

جدول ۱. ترکیب بسترهای کشت مورد بررسی.

Table 1. The composition of the growth media examined.

نسبت‌های وزنی	نسبت‌های حجمی	بستر
Weight ratio	Volumetric ratio	Growth media
100%	100%	پرلیت (perlite)
5%-95%	10%-90%	پرلیت-کوکوپیت (cocopeat-perlite)
10%-90%	20%-80%	پرلیت-کوکوپیت (cocopeat-perlite)
15%-85%	30%-70%	پرلیت-کوکوپیت (cocopeat-perlite)
20%-80%	40%-60%	پرلیت-کوکوپیت (cocopeat-perlite)
2.5%-97.5%	5%-95%	پرلیت-کوکوپیت (cocopeat-perlite)
5%-95%	10%-90%	پرلیت-زئولیت (zeolite-perlite)
7.5%-92.5%	15%-85%	پرلیت-زئولیت (zeolite-perlite)
10%-90%	20%-80%	پرلیت-زئولیت (zeolite-perlite)

بررسی شد و یک مدل تجربی برای پیش‌بینی الگوی کامل رطوبت بستر در زمان‌های مختلف کاربرد برای چهار بستر پیشنهاد شد. نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی به‌خوبی در پیش‌بینی الگوی کامل رطوبتی عمل می‌کند و می‌تواند برای راه‌اندازی و مدیریت سیستم آبیاری استفاده شود (۱۱).

شکل و ابعاد پیاز رطوبتی می‌تواند طراحان را در انتخاب تعداد، نوع قطره‌چکان، آرایش قطره‌چکان‌ها و لوله‌ها و عمق کاشت راهنمایی کند. همچنین مقدار محصول تولیدی از مزرعه به مساحت خیس شده خاک وابسته است، به‌گونه‌ای که با بهینه سازی آن مقدار محصول تولیدی نیز افزایش می‌یابد؛ بنابراین تعیین الگوی توزیع رطوبت بسیار ضروری است. با توجه به کمبود پژوهش‌های انجام‌شده در بسترهای رایج کشت‌های بدون خاک این پژوهش به بررسی اثر دبی قطره‌چکان و نوع ترکیب بستر کشت، بر الگوی پیاز رطوبتی در بسترهای کشت بدون خاک می‌پردازد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه آبیاری دانشگاه شهرکرد به منظور بررسی جبهه رطوبتی ناشی از یک منبع نقطه‌ای و مقایسه آن در بسترهای مختلف کشت بدون خاک و دبی‌های مختلف آبیاری

انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول بستر کشت شامل ۹ تیمار با ترکیب زئولیت، پرلیت و کوکوپیت و فاکتور دوم دبی قطره‌چکان شامل سه دبی ۲، ۳ و ۴ لیتر بر ساعت بود و در مجموع ۸۱ آزمایش انجام شد. با توجه به اینکه بستر کاشت در بسترهای کشت بدون خاک باید حداقل تبادل کاتیونی را با محیط اطراف داشته باشد و تغییر در میزان گنجایش تبادل کاتیونی می‌تواند بر رشد و توسعه ریشه مؤثر باشد (۱)، لذا برای اینکه بتوان بین بسترهای مختلف کشت شرایط تقریباً یکسان ایجاد نمود، مقدار زئولیت متناظر با کوکوپیت به گونه‌ای انتخاب شد که گنجایش تبادل کاتیونی (CEC) در بسترهای مختلف تقریباً یکسان باشد. با توجه به نتایج اندازه‌گیری CEC بسترها، میانگین CEC زئولیت ( $30/13 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) دو برابر کوکوپیت ( $14/79 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) بود؛ بنابراین مقدار مورد استفاده زئولیت حدود نصف کوکوپیت در نظر گرفته شد. ترکیب بستر بر اساس نسبت وزنی انتخاب شد و بسترهای کشت با ترکیب زئولیت، پرلیت و کوکوپیت به شرح جدول (۱) ساخته شدند.

جدول (۲) تیمارهای مختلف طرح، علامت‌ها و پارامترهای معرف آنها را نشان می‌دهد. در این طرح قطره‌چکان‌ها به‌صورت کاملاً افقی روی سطح خاک نصب شدند.

جدول ۲. نام‌گذاری تیمارهای آزمایشی.

Table 2. Nomination of experimental treatments.

4	3	2	شاخص معرف Index	دبی قطره‌چکان (لیتر بر ساعت) Dripper discharge (liter per hour)	بستر کشت Growth media
Q4	Q3	Q2			
P100Q4	P100Q3	P100Q2	P100		پرلیت (perlite)
P95C05Q4	P95C05Q3	P95C05Q2	P95C05		پرلیت-کوکوپیت (cocopeat-perlite)
P90C10Q4	P90C10Q3	P90C10Q2	P90C10		پرلیت-کوکوپیت (cocopeat-perlite)
P85C15Q4	P85C15Q3	P85C15Q2	P85C15		پرلیت-کوکوپیت (cocopeat-perlite)
P80C20Q4	P80C20Q3	P80C20Q2	P80C20		پرلیت-کوکوپیت (cocopeat-perlite)
P97.5Z2.5Q4	P97.5Z2.5Q3	P97.5Z2.5Q2	P97.5Z2.5		پرلیت-زنولیت (zeolite-perlite)
P95Z05Q4	P95Z05Q3	P95Z05Q2	P95Z05		پرلیت-زنولیت (zeolite-perlite)
P92.5Z7.5Q4	P92.5Z7.5Q3	P92.5Z7.5Q2	P92.5Z7.5		پرلیت-زنولیت (zeolite-perlite)
P90Z10Q4	P90Z10Q3	P90Z10Q2	P90Z10		پرلیت-زنولیت (zeolite-perlite)

حروف P, Z, C و Q به ترتیب بیان‌کننده پرلیت، زنولیت، کوکوپیت و دبی و اعداد بیان‌کننده میزان درصد وزنی مواد در بستر است.

P, Z, C and Q indicate perlite, zeolite, cocopeat and discharge, respectively, and the numerals indicate the weight percentages of the materials in the substrate.



شکل ۱. نمای کلی سیستم آبیاری قطره‌ای مورد استفاده.

Fig. 1. An overview of the used drip irrigation system.

و فشار متصل شد که با باز و بسته کردن شیر فلکه و تغییر دبی، مقدار فشار کنترل و ثابت نگه‌داشته شد. سپس قطره‌چکان‌ها در مسیر قرار داشتند و انتهای لوله دوباره به مخزن بر می‌گشت. در انتهای لوله نیز یک شیر فلکه انتهایی برای تخلیه آب لوله‌ها در صورت نیاز و تنظیم نهایی دبی و فشار قرار داده شده بود. شکل (۱) شمایی کلی از سیستم آبیاری را نشان می‌دهد.

با قرار دادن یک خروجی آب در مرکز هر بستر و روشن کردن پمپ آزمایش شروع شد و آبیاری تا زمانی ادامه داشت

برای اجرای آبیاری قطره‌ای و تعیین پیاز رطوبتی در خاک از یک مدل فیزیکی از جنس یونولیت (جعبه‌های متداول مورد استفاده در گلخانه‌های بدون خاک) به شکل مکعب مستطیل به عرض ۴۰، طول ۵۰ و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر استفاده شد. برای آبیاری یک سیستم گردش طراحی شد، که این سیستم شامل یک مخزن ۱۸۰ لیتری، یک پمپ آب، فشارسنج، قطره‌چکان‌ها و شیرهای تنظیم جریان بود. مخزن به وسیله یک لوله ۱۶ میلی‌متری به پمپ وصل شد و خروجی پمپ به یک شیرفلکه و فشارسنج برای تنظیم دبی



شکل ۲. نمایی از دایره خیس شده در سطح بستر کشت.

Fig. 2. Plan of the wetting circle on the surface of the growth medium.

جدول ۳. تجزیه واریانس کمیت‌های اندازه‌گیری شده.

Table 3. Variance analysis of the measured quantities.

میانگین مربعات Mean squared					درجه آزادی DF	منابع تغییرات Sum of squares
$V_{wet}$	$MS_w$	$MD_{w20}$	$MD_{w10}$	$V_{water}$		
275.36**	988180.3**	454.82**	349.92**	33.62**	8	بستر (Substrate)
35.31**	53115.14 <sup>ns</sup>	178.58**	204.6**	18.05**	2	دبی (Discharge)
28.70**	120364.9**	33.24**	37.5**	4.40**	16	بستر × دبی (Substrate × Discharge)
4.37	19023.50	12.66	9.61	1.08	54	خطای آزمایش (Error)
17.54	18.27	11.31	10.9	23.45		ضریب تغییرات (Coefficient of variation)

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیرمعنی داری و معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد بر اساس آزمون Tukey؛  $V_{water}$  = حجم آب آبیاری مورد استفاده در طول آزمایش (لیتر)،  $MD_{w10}$  = قطر خیس شده در لایه ۱۰ سانتی متر از سطح (سانتی متر)،  $MD_{w20}$  = قطر خیس شده در لایه ۲۰ سانتی متر از سطح (سانتی متر)،  $MS_w$  = بیشترین سطح خیس شده نیاز رطوبتی (سانتی متر مربع)،  $V_{wet}$  = حجم خیس شده (لیتر)

Non-significant and significant at the 5 and 1 % probability levels, respectively, based on the Tukey test.  $V_{water}$  = volume of irrigation water (liter),  $MD_{w10}$  = wetting diameter in layer 10 cm from the surface (cm),  $MD_{w20}$  = wetting diameter in layer 20 from the surface (cm),  $MS_w$  = maximum wetting area (cm<sup>2</sup>),  $V_{wet}$  = wetting volume (liter)

با انتقال تصاویر الگوی توزیع رطوبت در عمق‌های مشخص، به نرم‌افزار گرافر (Grapher)، مختصات جبهه رطوبتی در عمق‌های مختلف مشخص شد. سپس به منظور تعیین ابعاد جبهه رطوبتی، مساحت و حجم خیس‌شدگی از نرم‌افزار اتوکد (AutoCAD Civil 3D 2013) استفاده شد. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول (۳) و مقایسه میانگین کمیت‌ها نیز در جدول (۴) درج شده است. نتایج نشان داد که

که زه‌آب از انتهای بستر خارج شد. با استفاده از میزان دبی خروجی و زمان کارکرد سیستم در هر آزمایش، حجم آب ورودی به بسترها به دست آمد. پس از اتمام آبیاری، مواد بستر از سطح به صورت لایه‌های با ضخامت ۵ سانتی متر برداشت شد و بیش‌ترین عرض خیس‌شدگی در هر لایه با خط‌کش اندازه‌گیری شده و توسط دوربین تصویربرداری شد. هر مدل شامل ۶ لایه تا کف بستر با ارتفاع ۳۰ سانتی متر (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی متر از سطح) بود.

با توجه به اینکه بسترهای پرلیت و زئولیت سفید رنگ بودند برای تشخیص جبهه رطوبتی، به آب ماده رنگی خوراکی افزوده شد. شکل (۲) نمونه‌ای از دایره خیس شده لایه سطحی توسط ماده رنگی را نشان می‌دهد.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر کمیت‌های اندازه‌گیری‌شده.

Table 4. Mean comparisons of the measured quantities as affected by the experiment treatments.

میانگین‌ها Means					تیمارها Treatments
$V_{wet}$	$MS_w$	$MD_{w20}$	$MD_{w10}$	$V_{water}$	
10.06 <sup>c</sup>	704.35 <sup>c</sup>	31.83 <sup>b</sup>	27.56 <sup>b</sup>	3.35 <sup>c</sup>	P100
14.58 <sup>b</sup>	947.18 <sup>b</sup>	38.28 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	5.17 <sup>b</sup>	P95C05
16.42 <sup>ab</sup>	1006.69 <sup>ab</sup>	37.42 <sup>a</sup>	34.11 <sup>a</sup>	5.74 <sup>b</sup>	P90C10
19.57 <sup>a</sup>	1228.91 <sup>a</sup>	40.17 <sup>a</sup>	35.78 <sup>a</sup>	7.26 <sup>a</sup>	P85C15
18.85 <sup>a</sup>	1122.26 <sup>ab</sup>	38 <sup>a</sup>	35.89 <sup>a</sup>	7.55 <sup>a</sup>	P80C20
8.01 <sup>cd</sup>	496.2 <sup>cd</sup>	25.39 <sup>c</sup>	24 <sup>bc</sup>	2.99 <sup>c</sup>	P97.5Z2.5
5.94 <sup>d</sup>	386.35 <sup>d</sup>	24.06 <sup>c</sup>	21.44 <sup>c</sup>	2.52 <sup>c</sup>	P95Z05
6.47 <sup>d</sup>	424.27 <sup>d</sup>	23.44 <sup>c</sup>	21.61 <sup>c</sup>	2.58 <sup>c</sup>	P92.5Z7.5
7.07 <sup>cd</sup>	452.87 <sup>d</sup>	24.56 <sup>c</sup>	22.72 <sup>c</sup>	2.9 <sup>c</sup>	P90Z10
11.82 <sup>ab</sup>	739.7 <sup>a</sup>	32.73 <sup>a</sup>	29.61 <sup>a</sup>	4.58 <sup>a</sup>	Q2
13.07 <sup>a</sup>	802.25 <sup>a</sup>	33.15 <sup>a</sup>	30.44 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	Q3
10.78 <sup>b</sup>	714.41 <sup>a</sup>	28.5 <sup>b</sup>	25.31 <sup>b</sup>	3.52 <sup>b</sup>	Q4

$V_{water}$  = حجم آب آبیاری مورد استفاده در طول آزمایش (لیتر)،  $MD_{w10}$  = قطر خیس شده در لایه ۱۰ سانتی‌متر از سطح (سانتی‌متر)،  $MD_{w20}$  = قطر خیس شده در لایه ۲۰ سانتی‌متر از سطح (سانتی‌متر)،  $MS_w$  = بیشترین سطح خیس شده پیاز رطوبتی (سانتی‌متر مربع)،  $V_{wet}$  = حجم خیس شده (لیتر)؛ ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون Tukey در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

$V_{water}$  = volume of irrigation water (liter),  $MD_{w10}$  = wetting diameter in layer 10 cm from the surface (cm),  $MD_{w20}$  = wetting diameter in layer 20 from the surface (cm),  $MS_w$  = maximum wetting area (cm<sup>2</sup>),  $V_{wet}$  = wetting volume (liter); Bars with similar letters are not significantly different (Tukey,  $p < 0.05$ ).

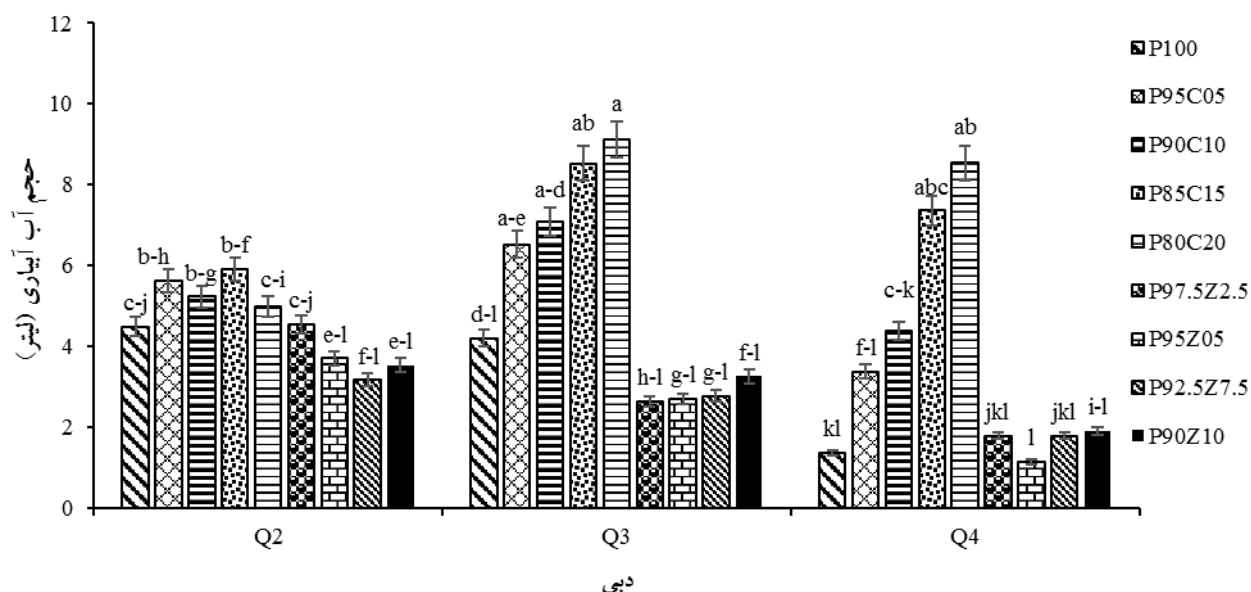
دبی ۲ لیتر بر ساعت، تغییری در حجم آب آبیاری مورد استفاده ایجاد نمی‌شود و بین بسترهای حاوی ژئولیت و کوکوپیت تفاوت معناداری وجود ندارد. در شرایط دبی ۳ لیتر بر ساعت بیش‌ترین حجم آب مربوط به بسترهای حاوی کوکوپیت بود و تفاوت معنی‌داری بین درصدهای مختلف کوکوپیت وجود نداشت. در شرایط دبی ۴ لیتر بر ساعت نیز با افزایش میزان کوکوپیت، حجم آب افزایش یافت و بیش‌ترین میزان حجم آب برای دو بستر P80C20 و P85C15 به‌دست آمد. این نتایج می‌تواند به این دلیل باشد که با افزودن کوکوپیت گنجایش نگهداشت آب و نفوذپذیری آبی بستر افزایش می‌یابد؛ در نتیجه حرکت عمودی آب به تأخیر می‌افتد و زمان بیشتری برای تکمیل پروفیل رطوبتی و خروج آب از زهکش لازم دارد (شکل ۴) و در نتیجه حجم آب آبیاری افزایش می‌یابد. بسترهای حاوی ژئولیت و پرلیت خالص نیز کم‌ترین میزان حجم آب را با دبی‌های ۳ و ۴ لیتر بر ساعت داشتند که با نتایج مصلحی (۸) هم‌خوانی داشت.

اثر بستر بر همه صفات اندازه‌گیری‌شده و اثر دبی به‌جز برای بیش‌ترین سطح خیس‌شده در بین لایه‌ها، بر بقیه کمیت‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. همچنین اثر برهم‌کنش بستر × دبی بر همه کمیت‌ها معنی‌دار شد، که نشان می‌دهد بسترها در دبی‌های مختلف به‌طور متفاوت عمل می‌کنند.

### تغییرات حجم آب آبیاری

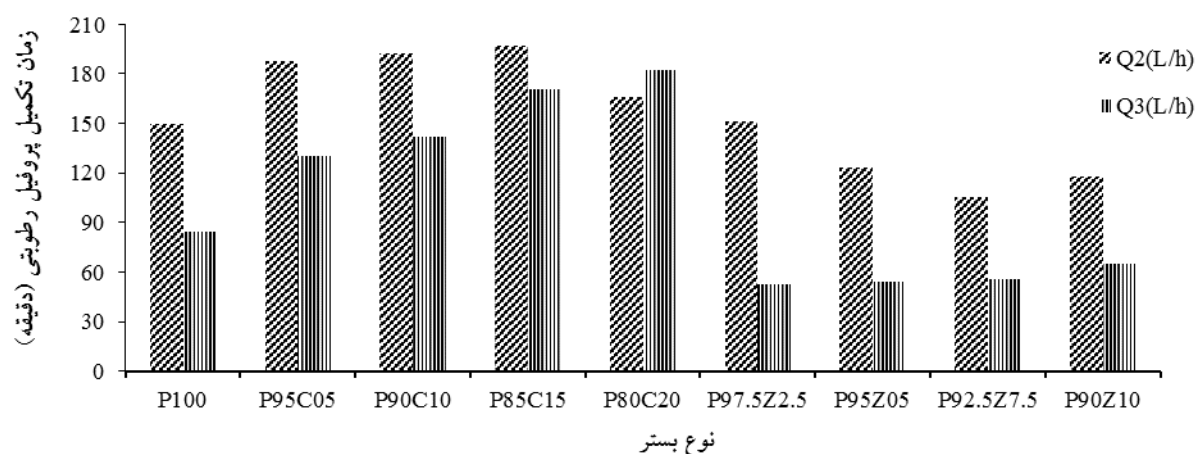
همان‌گونه که بیان شد با استفاده از دبی خروجی قطره‌چکان و مدت زمان آبیاری، حجم آب آبیاری تا زمان قطع جریان که در واقع زمان خروج اولین قطره از زهکش است، به‌دست می‌آید. هر چه حجم آب مصرفی کمتر باشد در عین حال که بتواند جبهه رطوبتی مناسبی ایجاد کند، با توجه به کارایی مصرف آب مطلوب‌تر است.

مقایسه اثر برهم‌کنش نوع بستر و دبی قطره‌چکان بر حجم آب آبیاری در شکل (۳) ارائه شده است. نتایج نشان داد که با



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش نوع بستر کشت × دبی قطره‌چکان بر حجم آب آبیاری؛ ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون Tukey در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Fig. 3. Mean comparison of the interaction effect of the growth medium type × emitter discharge on the irrigation water volume; bars with similar letters are not significantly different (Tukey,  $p < 0.05$ ).



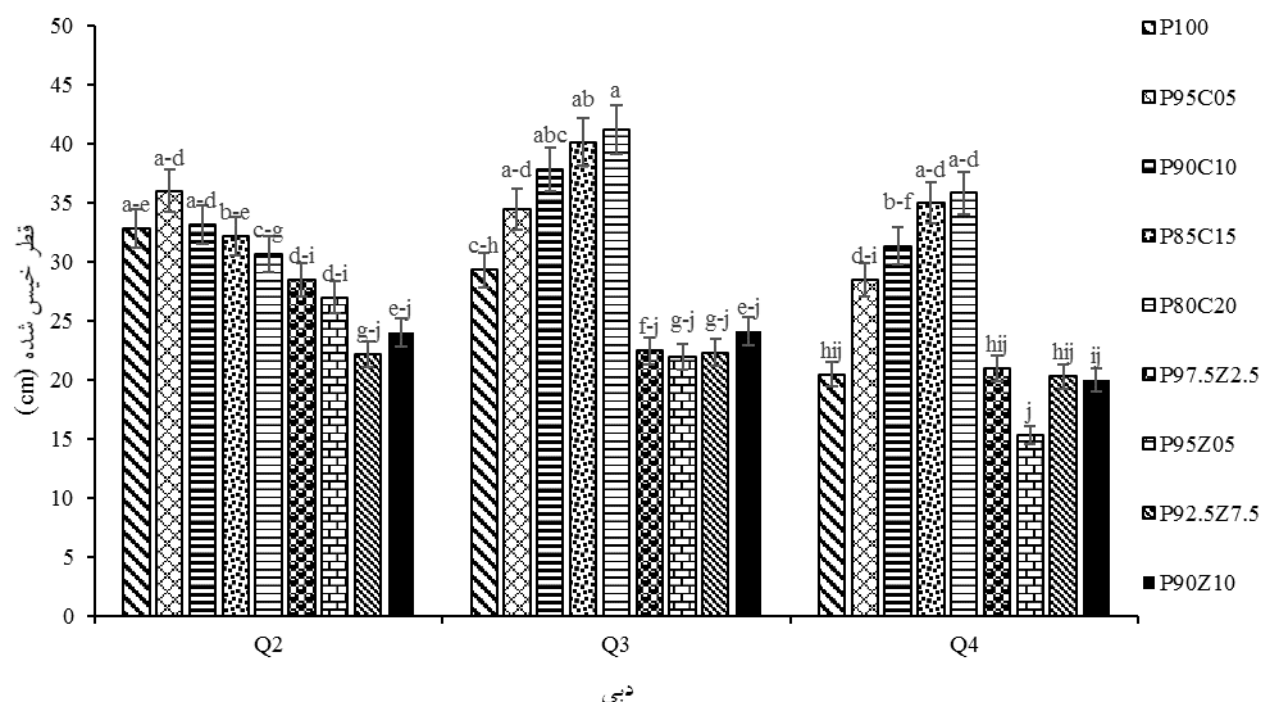
شکل ۴. زمان آبیاری در تیمارهای مختلف.

Fig. 4. Irrigation time in different treatments.

آب را دارند، برای گسترده‌گی سطح خیس‌شده بررسی شدند. نتایج ارائه‌شده در جداول (۳) و (۴) نشان می‌دهد که قطر خیس‌شده در لایه ۱۰ سانتی‌متری با افزودن کوکوپیت به پرلیت بستر افزایش می‌یابد، اما افزایش میزان درصد کوکوپیت تأثیری در روند افزایش قطر خیس‌شده ندارد و با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. قطر خیس‌شده در عمق ۱۰ سانتی‌متری برای

تأثیر دبی و ترکیب بستر کشت بر قطر خیس‌شده در لایه ۱۰ سانتی‌متری از سطح

این پژوهش برای بسترهای کشت مورد استفاده در کشت‌های بدون خاک گلخانه‌ای که دارای دو عمق ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متر هستند، انجام گرفت. بنابراین در آزمایش دو عمق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر به عنوان عمق‌هایی که بیش‌ترین حجم ریشه و جذب



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش نوع بستر × دبی قطره‌چکان بر قطر خیس شده در لایه ۱۰ سانتی‌متری؛ ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون Tukey در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

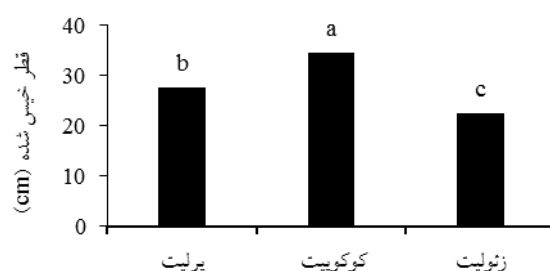
Fig. 5. Mean comparison of interaction effect of type of growth medium × emitter discharge on wetting diameter in layer 10 cm; Bars with similar letters are not significantly different (Tukey,  $p < 0.05$ ).

نوع بستر و دبی قطره‌چکان بر بیش‌ترین قطر خیس شده در لایه ۱۰ سانتی‌متر در شکل (۵) ارائه شده است. به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد افزودن کوکوپیت زئولیت به‌ترتیب باعث افزایش و کاهش قطر خیس شده می‌شود. همچنین افزایش درصد کوکوپیت در بستر تأثیری بر افزایش قطر خیس شده ندارد ولی افزایش درصد زئولیت باعث کاهش قطر خیس شده می‌شود. بیش‌ترین و کم‌ترین قطر خیس شده در این لایه به‌ترتیب در تیمارهای ترکیبی بستر P80C20 با دبی ۳ لیتر بر ساعت و بستر P95Z05 با دبی ۴ لیتر بر ساعت رخ داده است (شکل ۶).

نتایج مقایسه گروهی در شکل (۷) نشان می‌دهد که قطر خیس شده در بستر حاوی پرلیت خالص نسبت به بستر دارای زئولیت به‌طور معنی‌داری بیشتر و نسبت به کوکوپیت کمتر بود که این نتایج نشان‌گر اثر منفی زئولیت در کاهش قطر خیس‌شدگی است.

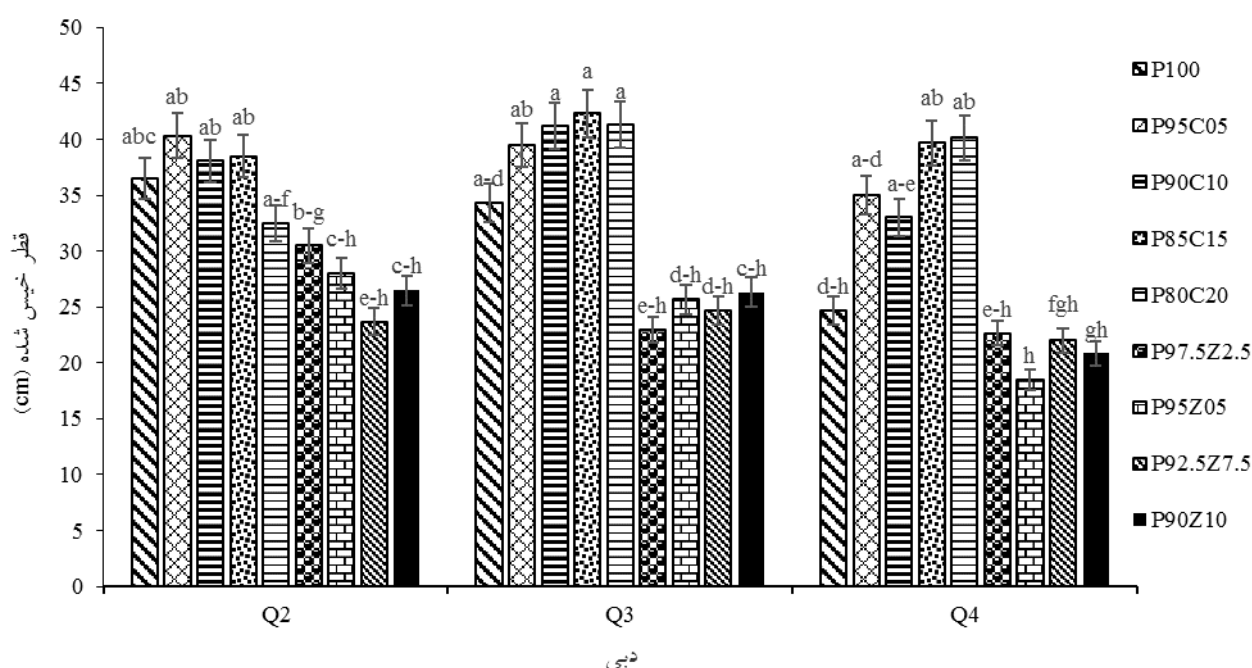
تیمارهای دارای کوکوپیت بیش از ۷۰ درصد طول جعبه کشت (۴۶ سانتی‌متر) را تحت پوشش قرار داده است. این یافته بدان مفهوم است که در کشت‌های تک‌ردیفه حتی در بستر کشت‌های کم عمق (با عمق ۲۰ سانتی‌متر) یک ردیف قطره‌چکان یا نوار تیپ می‌تواند سطح خیس شده مناسبی را ایجاد کند و برای آبیاری کفایت می‌کند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که افزودن بین ۵ تا ۱۰ درصد کوکوپیت برای گسترش سطح خیس شده در بستر کشت کافی است. ولی نتایج جداول (۳) و (۴) برای زئولیت نشان می‌دهد که افزایش زئولیت باعث کاهش قطر خیس شده در عمق ۱۰ سانتی‌متری شده است. قطر خیس شده در عمق ۱۰ سانتی‌متری برای تیمارهای دارای زئولیت در حدود ۵۰ درصد طول جعبه کشت را تحت پوشش قرار داده است. این نتیجه بدان مفهوم است یک ردیف قطره‌چکان یا نوار تیپ در بستر کشت دارای ترکیب زئولیت، کافی نیست و دو ردیف قطره‌چکان یا نوار را لازم دارد. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش





شکل ۶. مقایسه گروهی میانگین بسترهای کشت مختلف برای قطر خیس شده در لایه ۱۰ سانتی متری؛ ستون‌های با حروف متفاوت بر اساس آزمون Tukey در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار دارند.

Fig. 6. Group mean comparison of different growth media for the wetting diameter in the 10 cm layer; bars with different letters are significantly different (Tukey,  $p < 0.05$ ).



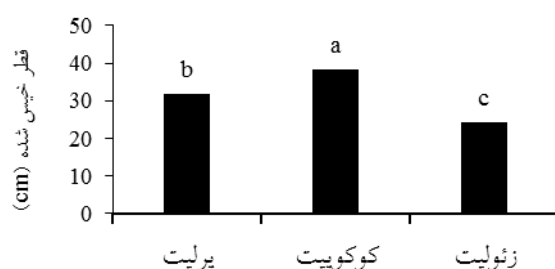
شکل ۷. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش نوع بستر کشت × دبی قطره‌چکان بر قطر خیس شده در لایه ۲۰ سانتی متری؛ ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون Tukey در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند.

Fig. 7. Mean comparison of the interaction effect of the growth medium type × emitter discharge on the wetting diameter in the 20 cm layer; bars with similar letters are not significantly different (Tukey,  $p < 0.05$ ).

در همین لایه بود. نتایج ارائه شده در جداول (۳) و (۴) نشان می‌دهد که قطر خیس شده در لایه ۲۰ سانتی متری نیز مانند لایه ۱۰ سانتی متری با افزودن کوکوپیت به پرلیت بستر افزایش می‌یابد، اما افزایش درصد کوکوپیت تأثیری بر روند افزایش قطر خیس شده ندارد. قطر خیس شده در عمق ۲۰ سانتی متری برای تیمارهای دارای کوکوپیت بیش از ۸۰ درصد سطح جعبه کشت

### تأثیر دبی و ترکیب بستر کشت بر قطر خیس شده در لایه ۲۰ سانتی متری از سطح

در تمامی آزمایش‌ها کف بستر (لایه ۲۵ سانتی متر) تقریباً کامل خیس شده بود، به همین دلیل در اندازه‌گیری قطر خیس شده، این لایه حذف شد و لایه بالاتر آن (یعنی ۲۰ سانتی متر) در نظر گرفته شد که بیش‌ترین قطر خیس شده هم در تمامی آزمایش‌ها



شکل ۸. مقایسه گروهی میانگین بسترهای کشت مختلف برای قطر خیس شده در لایه ۲۰ سانتی متری؛ ستون‌های با حروف متفاوت بر اساس آزمون Tukey در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار دارند.

Fig. 8. Group mean comparison of different growth media for the wetting diameter in the 20 cm layer; bars with different letters are significantly different (Tukey,  $p < 0.05$ ).

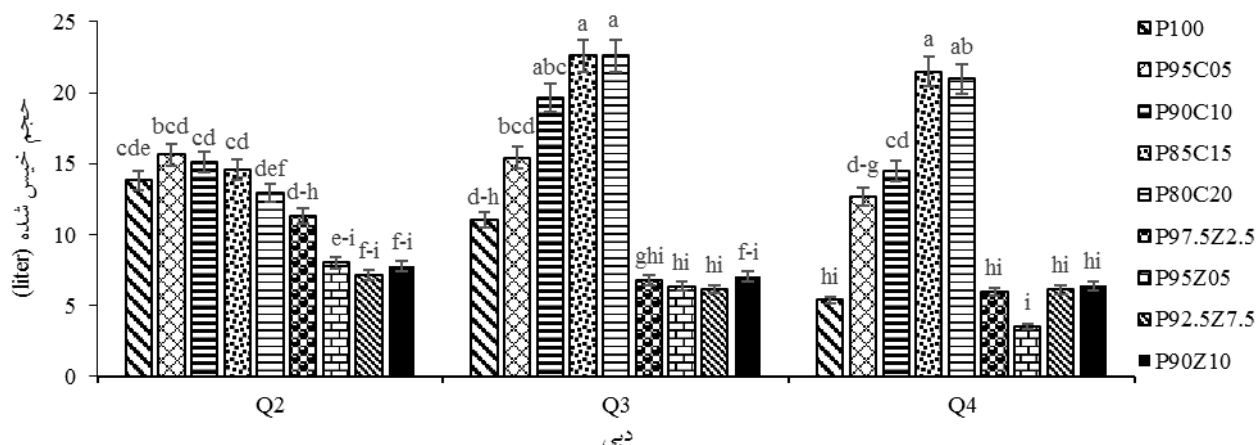
نتایج مقایسه گروهی نیز نشان داد که مشابه عمق ۱۰ سانتی متر قطر خیس شده در بستر حاوی پرلیت خالص نسبت به بسترهای حاوی زئولیت به طور معنی داری بیشتر و نسبت به کوکوپیت کمتر بود. این یافته نشان می‌دهد که افزودن زئولیت برعکس کوکوپیت نمی‌تواند باعث افزایش قطر خیس شده و در نتیجه ایجاد اثر مطلوبی شود (شکل ۸). با افزایش کوکوپیت به پرلیت قابلیت نگهداری آب و مدت زمان نگهداری آب بستر افزایش می‌یابد و در نتیجه عرض خیس شدگی افزایش یافت که با نتایج اسدی و همکاران (۳) همخوانی داشت.

#### تأثیر دبی و ترکیب بستر کشت بر حجم خیس شده پروفیل رطوبتی

با توجه به جداول (۳) و (۴)، نتایج اثر اصلی نوع بستر نشان داد که حجم پروفیل رطوبتی با افزودن کوکوپیت به پرلیت افزایش یافت و بیشترین حجم‌ها مربوط به تیمارهای دارای کوکوپیت بود که حدود ۵۰ درصد حجم جعبه کشت (۳۶ × ۴۶ × ۲۵ سانتی متر) را تحت پوشش قرار داده است، این در حالی است که افزایش زئولیت باعث کاهش حجم پروفیل رطوبتی شده و در حدود ۲۰ درصد حجم جعبه کشت را خیس کرده است. به طور کلی هرچه حجم پروفیل رطوبتی در یک بستر بیشتر باشد، آن بستر برای رشد ریشه گیاه در کشت‌های بدون خاک گلخانه‌ای مناسب‌تر است.

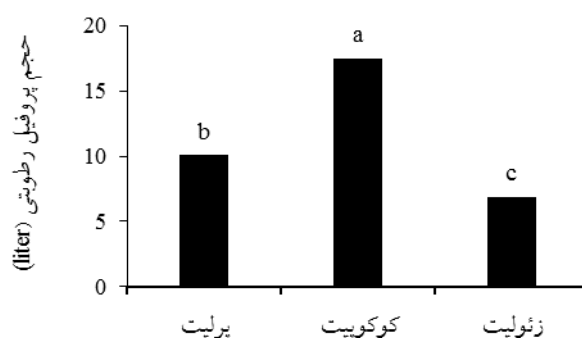
را تحت پوشش قرار داده است. این بدان مفهوم است که در کشت‌های تک‌ردیفه حتی در بستر کشت‌های کم عمق (با عمق ۲۰ سانتی متر) یک ردیف قطره‌چکان یا نوار تیپ می‌تواند سطح خیس شده مناسبی را ایجاد کند و برای آبیاری کفایت می‌کند. در برابر نتایج ارائه شده جداول (۳) و (۴) برای زئولیت نشان می‌دهد که افزایش زئولیت باعث کاهش قطر خیس شده در عمق ۲۰ سانتی متری شده است. قطر خیس شده در عمق ۲۰ سانتی متری برای تیمارهای دارای زئولیت در حدود ۵۰ درصد طول جعبه کشت را تحت پوشش قرار داده است، این بدان مفهوم است که یک ردیف قطره‌چکان یا نوار تیپ در بستر کشتی که زئولیت به کار رفته کافی نیست و دو ردیف قطره‌چکان یا نوار را لازم دارد.

مقایسه اثر برهم‌کنش نوع بستر × دبی قطره‌چکان بر بیشترین قطر خیس شده در لایه ۲۰ سانتی متر در شکل (۷) ارائه شده است. نتایج این عمق، روندی مشابه عمق ۱۰ سانتی متری دارد. یعنی افزودن کوکوپیت به پرلیت باعث افزایش قطر خیس شده می‌شود اما افزایش میزان درصد کوکوپیت تأثیری در افزایش قطر خیس شده ندارد و تفاوت معنی داری بین درصدهای مختلف کوکوپیت وجود ندارد. در مورد زئولیت نیز افزودن آن باعث کاهش قطر خیس شده می‌شود. کمترین میزان قطر خیس شدگی نیز در تیمارهای حاوی زئولیت مشاهده شد. همچنین نتایج مقایسه میانگین دبی‌های مختلف برای هر بستر نشان داد که در بستر حاوی پرلیت بیشترین میزان قطر خیس شده در لایه ۲۰ سانتی متر در دبی ۲ و ۳ لیتر بر ساعت و کمترین آن در دبی ۴ لیتر بر ساعت حاصل شد.



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش نوع بستر × دبی قطره‌چکان بر حجم پروفیل رطوبتی؛ ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون Tukey در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Fig. 9. Mean comparison of interaction effect of type of growth medium  $e \times$  emitter discharge on wetting volume; Bars with similar letters are not significantly different (Tukey,  $p < 0.05$ ).



شکل ۱۰. مقایسه گروهی میانگین بسترهای مختلف برای حجم پروفیل رطوبتی؛ ستون‌های با حروف متفاوت بر اساس آزمون Tukey در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

Fig. 10. Group mean comparison of different substrates for wetting volume; Bars with different letters are significantly different (Tukey,  $p < 0.05$ ).

خیس‌شده در دبی ۲ و ۳ لیتر بر ساعت و کم‌ترین آن در دبی ۴ لیتر بر ساعت حاصل شد. برای بسترهای حاوی ۱۵ و ۲۰ درصد کوکوپیت، بیش‌ترین حجم خیس‌شدگی با دبی‌های ۳ و ۴ لیتر بر ساعت و کم‌ترین میزان آن با دبی ۲ لیتر بر ساعت به‌دست آمد که نشان می‌دهد دبی‌های بیشتر برای این بستر اثر مطلوبی بر افزایش حجم خیس‌شدگی داشته است. نتایج برای بقیه بسترها حاکی از غیرمعنی‌داری تفاوت بین دبی‌ها بود (شکل ۹).

نتایج مقایسه گروهی در شکل (۱۰) نیز نشان داد که حجم خیس‌شده در بستر پرلیت خالص به‌طور معنی‌داری بیشتر از

مقایسه اثر برهم‌کنش نوع بستر × دبی قطره‌چکان بر بیش‌ترین حجم خیس‌شده در شکل (۹) ارائه شده است. نتایج نشان داد در دبی‌های ۳ و ۴ لیتر بر ساعت، افزودن کوکوپیت به پرلیت باعث افزایش حجم خیس‌شده می‌شود درحالی‌که در دبی ۲ لیتر بر ساعت تفاوت معناداری نداشته است. در برابر افزودن زئولیت باعث کاهش حجم خیس‌شده و در دبی‌های بیشتر حجم خیس‌شدگی با افزایش زئولیت بیشتر کاهش می‌یابد.

همچنین نتایج مقایسه میانگین دبی‌های مختلف برای هر بستر نشان داد که در بستر حاوی پرلیت خالص بیش‌ترین حجم

بر اساس نتایج به دست آمده پروفیل رطوبتی در بسترهای حاوی کوکوپیت از نظر قطر و عمق نسبت به سایر بسترها شرایط مناسب تری برای توزیع و نگهداشت آب در ناحیه ریشه داشتند. به طور کلی در بسترهای حاوی کوکوپیت، ۱۰ درصد از این ماده توانسته بیشترین تأثیر بر گسترده‌گی پیاز رطوبتی در مقایسه با سایر تیمارها ایجاد کند، که به نظر می‌رسد با توجه به هزینه‌ها گزینه مناسبی برای بسترهای بدون خاک باشد. در برابر بسترهای حاوی زئولیت عملکرد مناسبی نداشته و به نظر می‌رسد بستر ترکیبی پرلیت-زئولیت از نظر گسترش جبهه رطوبتی در بسترهای کشت بدون خاک گزینه مناسبی نیست.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد دبی بین ۲ تا ۳ لیتر بر ساعت الگوی پیاز رطوبتی مناسب‌تری تشکیل می‌دهند و مقدار مناسبی برای قطره‌چکان‌های استفاده شده در بسترها مورد بررسی هستند. به نظر می‌رسد دبی‌های بیش‌تر تلفات زه‌آب بیشتری ایجاد کند. همچنین برای بسترهای پرلیت-کوکوپیت در بسترهای یونولیتی با عرض ۴۰ سانتی‌متر برای کشت‌های بدون خاک، یک ردیف لوله آبیاری تیپ یا یک ردیف لوله قطره‌چکان‌دار با فواصل ۲۰ سانتی‌متری بین قطره‌چکان‌ها، برای تشکیل پیاز رطوبتی در کل بستر مناسب باشد.

بسترهای حاوی زئولیت بود به دلیل اینکه زئولیت آب را برای مدت زیادی داخل شبکه بلورین و متخلخل خود نگه می‌دارد و مانع از گسترده‌گی آن در سطح بستر کشت می‌شود. این نتیجه با نتایج پژوهش پلات و همکاران (۹) همخوانی دارد. همچنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین حجم خیس شده در بسترهای حاوی کوکوپیت به طور معنی‌داری بیشتر از بسترهای حاوی زئولیت و پرلیت بود که این نتایج اثر مطلوب کوکوپیت در افزایش حجم پیاز رطوبتی را بر خلاف زئولیت نشان می‌دهد. با توجه به حجم آب مصرفی بیش‌تر در بسترهای حاوی کوکوپیت، این یافته نیز با نتایج شریف بیان‌الحق (۱۰) همخوانی داشت.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر سه دبی قطره‌چکان در بسترهای کشت ترکیبی از پرلیت، کوکوپیت و زئولیت بر الگوی توزیع رطوبت بررسی شد. بستر مناسب در دبی مشخص، بستری است که دارای بیش‌ترین قطر خیس شده در دو لایه ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری، بیش‌ترین حجم خیس شده در کم‌ترین آب مصرف شده برای تکمیل الگوی توزیع رطوبت و بستری شامل کمترین مواد مصرفی وارداتی گران‌قیمت باشد.

### منابع مورد استفاده

- Altman, A., Freudenberg, D., 1983. Quality of *Pelargonium graveolens* cutting as affected by the rooting medium. *Scientia Horticulturae*. 19: 379-385.
- Aminaloayaei Yamini, A. 2015. Evaluation of Superabsorbent A200 and Zeolite on Improving Moisture Distribution Patterns in Drip Irrigation in Two Soil Textures. MSc Thesis, Shahrekord University. Shahrekord, Iran. (in Persian with English abstract)
- Asadi, Z., and N. Yazdan Panah. 2015. Modified wetting distribution and reducing used water by employing super absorbent Herbozorb and Cocopeat in drip irrigation. 2<sup>th</sup> National Conference on the Application of Science and New Ttechnology in Agriculture, Natural Resources and The Environment. Meybod, Iran. (in Persian).
- Esmaili, E. 2015. Evaluation of Effect of Different Discharges on Moisture Patterns usinng T-Tape Irrigation in Sloping Lands. MSc Thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz. Ahvaz, Iran. (in Persian with English abstract).
- Heidari, Z., Farasati, M., Ghobadian, R., 2018. Effect of discharge on water pattern distribution in surface drip irrigation and simulation it with HYDRUS-2D model. *Journal of Irrigation and Water Engineering*. 32: 132-144. (in Persian with English abstract)
- Iqbal, M., Ghumman, A.R., Hashmi, H.N., 2017. Study of wetting pattern under drip-emitter using sand box model and empirical equations. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 54: 699-709.
- Jensen, M., 2013. What is hydroponics. Controlled Environment Agriculture Center. Arizona Board of Regents, University of Arizona, Tucson.

8. Moslehi, M., 2014. Determining water consumption and the effect of saline water on lettuce characteristics in different soilless substrates. MSc Thesis, Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran.
9. Polat, E., Karaca, M., Demir, H., Onus, A.N., 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 12(1): 183–189.
10. Sharif Bayanolhagh, M.H., 1997. Wetting Front Advance from a Point Source in Sloping Lands. MSc Thesis, Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran. (in Persian with English abstract)
11. Zhigang, L., Qinchao, X., 2018. Wetting patterns estimation in cultivation substrates under drip irrigation. *Desalination and Water Treatment*. 112: 319–324.



## The Effect of Drinker Discharge and Growth Medium on Wetting Distribution Patterns in Soilless Growth Media

S.A. Ahmadi Foroushani<sup>1</sup>, M. Ghobadinia<sup>1\*</sup>, R. Barzegar<sup>2</sup> and R. Fattahi Nafchi<sup>1</sup>

(Received: 19 August 2020; Accepted: 10 January 2021)

### Abstract

Determining the wetting distribution pattern is essential for the proper design of drip irrigation systems. Identifying the pattern of wetting distribution enhances the efficiency of the irrigation system and water use. This study was conducted to determine the wetting distribution caused by a point source and compare it among different growth media as a factorial based on a completely randomized design with three replications. The first factor, the growth medium type, included 9 levels with a combination of zeolite, perlite and cocopeat; the second one consisted of the dripper discharge at three levels of 2, 3 and 4 liters per hour. The results showed that the effects of medium type and the interaction of the medium  $\times$  dripper discharge on all measured quantities (volume of irrigation water, wetting diameter in 10 and 20 cm layers from the surface, maximum wetting area and wetting volume) were significant. The effect of the dripper discharge on all quantities except the maximum wetting area was significant too. The addition of 10% cocopeat to perlite had a positive effect on the wetting distribution pattern and increased the wetting volume by 79% at a discharge of 3 liters per hour; however, zeolite did not perform well, as compared to cocopeat, reducing the wetting volume by 30%. In general, the appropriate dripper discharge in all growth media was 3 liters per hour. The discharges of 2 and 3 liters per hour are suitable and cocopeat-perlite medium with a composition percentage of 20-80 led to forming a suitable wetting distribution pattern.

**Keywords:** Drip Irrigation, Wetting distribution patterns, Soilless growth media, Zeolite, Cocopeat.

**Background and Objective:** Wetting distribution pattern is an important feature that should be considered when designing the irrigation system. Iqbal et al. (2) conducted a study to identify the wetting pattern in different soil textures and discharges. Based on the results, the optimal discharge was 4 liters per hour for a sandy loam soil and 3 liters per hour for the other three soils. The wetting distribution patterns can guide designers in choosing the number, arrangement of droppers and pipes, and planting depth. Besides, the crop yield depends on the wetting area of the soil; therefore, by optimizing it, the crop yield can also be increased. The results of a study showed that the application of cocopeat increased the width and depth of wetting (3). The objective of this study was to determine the wetting distribution caused by a point source and compare it among different growth media.

**Methods:** This experiment was conducted in a physical model as a factorial based on a completely randomized design with three replications. The first factor, the growth medium type, included 9 levels with a combination of zeolite, perlite and cocopeat; the second one consisted of the dripper discharge at three levels of 2, 3 and 4 liters per hour. In order to select the appropriate amount of zeolite, cation exchange capacity (CEC) was used in cocopeat-like media was invoked. This was such that the CEC should be the same for both growth media. The average CEC of zeolite was twice of that in cocopeat, so the amount of zeolite used was about half of cocopeat. A rectangular physical model made of polystyrene with width, length and height of 40, 50 and 35 cm was used. The depth of each model was divided to 6 layers of 5 cm

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University.

2. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahrekord University.

\* Corresponding Author, Email: mahdi.ghobadi@gmail.com

(zero, 5, 10, 15, 20 and 25 cm). A water outlet was placed in the center of each model. The irrigation was continued until the drain came out of the bottom of the media. After irrigation, the media material was removed layer by layer from the surface with a thickness of 5 cm and the maximum wetting width in each layer was measured.

**Results:** The results showed that with a discharge of 4 liters per hour, water volume was raised with increasing cocopeat; this was because with the addition of cocopeat, the water holding capacity of the media increased. Media containing zeolite and pure perlite had the lowest water volume with the discharges of 3 and 4 liters per hour, which was consistent with the findings of Moslehi (3). The results also showed that the addition of cocopeat and zeolite increased and decreased the wetting diameter in 10 and 20 cm layers and the volume of wetting distribution patterns, respectively. Addition of cocopeat to perlite increased the water holding capacity of the media; as a result, the wetting width was increased, which was consistent with the results obtained by Asadi et al. (1). The wetting volume in pure perlite medium was higher than the substrate containing zeolite, because zeolite retains water in its porous lattice thus preventing its spread on the surface of the medium, which was consistent with the results of Polat et al. (4).

**Conclusions:** An appropriate growth medium in a specific dripper discharge is one that led to forming a more suitable wetting distribution pattern with the most economical irrigation and importing used growth media. The wetting distribution pattern in the media containing cocopeat, in terms of wetting diameter and depth, as compared to other substrates, had better conditions. In contrast, the growth media containing zeolite did not perform well. The discharges of 2 and 3 liters per hour led to forming a more suitable wetting distribution pattern. For the perlite-cocopeat medium in the beds with a width of 40 cm, a row of drip tape or a row of dripper tubes with 20 cm intervals between drippers could be suitable for forming the wetting distribution pattern in the whole media.

#### References:

1. Asadi, Z., and N. Yazdan Panah. 2015. Modified wetting distribution and reducing used water by employing super absorbent Herbozorb and Coco peat in drip irrigation. 2<sup>th</sup> National Conference on the application of science and new technology in agriculture, natural resources and the environment. Meybod, Iran. (in Persian).
2. Iqbal, M., Ghumman, A.R., Hashmi, H.N., 2017. Study of wetting pattern under drip-emitter using sand box model and empirical equations. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 54: 699–709.
3. Moslehi, M., 2014. Determining water consumption and the effect of saline water on lettuce characteristics in different soilless substrates. MSc Thesis, Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran.
4. Polat, E., Karaca, M., Demir, H., Onus, A.N., 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 12(1): 183–189.