

بررسی و مقایسه توزیع مجدد رطوبت در آبیاری قطره‌ای با جریان پالسی و جریان پیوسته

آرش محمد بیگی^{۱*}، فرهاد میرزایی^۲ و نگین اشرف^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

۲. دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۰/۲۲)

چکیده

آبیاری پالسی از یک فاز آبیاری و یک فاز استراحت تشکیل می‌شود. کاربرد متناوب آب در آبیاری قطره‌ای باعث می‌شود که پیشروی با آب کمتری نسبت به جریان پیوسته تکمیل شود که بر روی الگوی رطوبتی خاک تأثیر می‌گذارد. توزیع رطوبت در خاک پس از قطع آبیاری توزیع مجدد گفته می‌شود. توزیع مجدد رطوبت به اندازه‌ای قابل توجه است که لازم است در طراحی لحاظ شود. هدف از تحقیق حاضر ارزیابی توزیع مجدد آب در خاک در آبیاری قطره‌ای برای دو حالت جریان پالسی و پیوسته است. برای این منظور از قطره‌چکان‌هایی با دبی‌های ۲/۴ و ۸ لیتر بر ساعت برای سه بافت خاک در یک مدل فیزیکی استفاده شد. نتایج نشان داد که توزیع مجدد رطوبتی در خاک رسی برای دبی ۲/۴ لیتر بر ساعت (در حالت عمودی) قابل توجه بود و به ۲۳ درصد هم رسید. نتایج نشان داد که مقدار توزیع مجدد در جهت افقی در خاک شنی نسبت به خاک رسی برای دبی کمتر (۲/۴ لیتر بر ساعت) در آبیاری پیوسته ۷ درصد بیشتر است و برای آبیاری پالسی این مقدار ۵ درصد می‌باشد. همچنین مقدار توزیع مجدد در جهت قائم در خاک رسی نسبت به شنی برای دبی کمتر در آبیاری پیوسته ۶ درصد و برای آبیاری پالسی ۴ درصد بیشتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوی خیس شدگی، پیشروی افقی، پیشروی عمودی، فاز استراحت، آبیاری پالسی

مقدمه

در دهه‌های اخیر آبیاری قطره‌ای به جهت کاهش آب کاربردی، افزایش در عملکرد گیاه و توزیع بهتر کود مورد توجه قرار گرفته است. کاهش آب کاربردی به این دلیل است که در آبیاری قطره‌ای به جای همه سطح زمین فقط خاک محدوده ریشه گیاه مرطوب می‌شود. برای اطمینان از مرطوب شدن مناسب خاک محدوده توسعه ریشه گیاه توسط قطره‌چکان نیازمند مشخص بودن الگوی خیس شدگی خاک می‌باشد. الگوی خیس شدگی خاک اطراف ریشه گیاه به عواملی نظیر کل حجم آب کاربردی، دبی قطره‌چکان‌ها، خصوصیات فیزیکی خاک، فعالیت ریشه و مدیریت آبیاری بستگی دارد (Elmaloglou and Diamantopolous, 2009). از خصوصیات مهم آبیاری قطره‌ای کاربرد حجم پایینی از آب می‌باشد که می‌تواند رابطه بهینه آب، خاک و گیاه را به همراه داشته باشد (Mostaghimi and Mitchell, 1983). آبیاری قطره‌ای پالسی یا متناوب از جدیدترین روش‌های آبیاری است که کاربرد حجم پایین آب را به همراه دارد. آبیاری پالسی

مجموعه‌ای از چرخه‌ها معرفی شده است که هر کدام از چرخه‌ها از یک فاز آبیاری و یک فاز استراحت تشکیل می‌شود (Karmeli and Peri, 1974). کاربرد متناوب آب در آبیاری قطره‌ای باعث می‌شود که جبهه پیشروی با آب کمتری نسبت به جریان مداوم تکمیل گردد. این نوع کاربرد آب کاهش نفوذپذیری بخش مرطوب شده قبلی را باعث می‌شود. آبیاری قطره‌ای پالسی با مدیریت خوب، پتانسیل زیادی در بهبود توزیع یکنواختی آب در خاک و در نهایت افزایش جذب به وسیله ریشه گیاه را به صورت توأمان به همراه دارد. این روش در خاک‌هایی با نفوذپذیری نسبتاً زیاد تأثیر بیشتری دارد. در آبیاری قطره‌ای پالسی به جای اینکه از ابتدا تا انتهای آبیاری جریان پیوسته‌ای از آب در داخل خاک برقرار باشد، جریان آب به دفعات متناوب قطع و وصل می‌شود. هر دوره زمانی دارای یک زمان وصل جریان (مدت زمانی که آب در خاک جریان دارد) و زمان قطع (مدت زمان بین پایان جریان ارسالی و شروع دوره زمانی جریان بعدی) می‌باشد که می‌تواند به صورت ثابت و یا متغیر باشد؛ بنابراین دوره زمانی هر جریان آب، برابر با مجموع زمان قطع و وصل می‌باشد. زمانی که جریان آب وصل می‌شود، جریان با سرعت بیشتری در داخل

* نویسنده مسئول: a.mohammadbeigi@ut.ac.ir

پدیده پسماند باعث کاهش تلفات آب به صورت نفوذ عمقی شده و این تأثیر در قطره چکان‌هایی با دبی بیشتر بیش از تأثیر در قطره چکان‌هایی با دبی کمتر است (Elmaloglou and Diamantopolous, 2009). در تحقیقی توزیع مجدد جبهه پیشروی آب در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و برای سه نوع خاک مورد بررسی مقادیر توزیع مجدد در جهت افقی و عمودی برای دبی‌های کم بیشتر از دبی‌های زیاد می‌باشد؛ اما در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مقادیر توزیع مجدد آب در جهت افقی و عمودی در دبی‌های زیاد بیشتر از دبی‌های کم می‌باشد (Karimi et al, 2013).

یک جمع‌بندی از مطالعات فوق نشان می‌دهد که علی‌رغم اینکه توزیع رطوبت در شرایط مختلف مدیریتی در حین آبیاری برای روش پالسی و پیوسته مورد بررسی قرار گرفته است ولی مطالعات ناچیزی در زمینه توزیع مجدد رطوبت پس از قطع آبیاری صورت گرفته است. نکته مهمی که در طراحی سامانه آبیاری قطره‌ای بایستی در نظر گرفته شود توزیع مجدد آب پس از قطع آبیاری است. از موارد کاربردی لحاظ توزیع مجدد آب در طراحی آبیاری قطره‌ای می‌توان کاربرد حجم کمتر آب آبیاری و نیز کاهش زمان آبیاری را برشمرد. بسته به میزان دبی خروجی از قطره چکان‌ها و موقعیت نصب لاترال‌ها از سطح زمین و نوع مدیریت آبیاری مقادیر توزیع مجدد آب در جهت عمودی و افقی قابل بررسی می‌باشد (Karimi et al., 2013)؛ بنابراین هدف از انجام این تحقیق ارزیابی توزیع مجدد آب در سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی برای دو حالت پالسی و پیوسته و به کارگیری نتایج آن در مدیریت بهتر آبیاری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه تحقیقات آب گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران انجام شد. در این تحقیق از یک مدل فیزیکی با ابعاد (متر ۱/۲۲×متر ۰/۵×متر ۳) برای شبیه‌سازی حالت آبیاری قطره‌ای در مزرعه استفاده شد (شکل ۱). مدل محفظه شفاف است که به سه قسمت مجزا تفکیک شده است تا امکان انجام هم‌زمان سه آزمایش برای هر سه بافت خاک فراهم باشد. طراحی مدل آزمایشگاهی نیز به گونه‌ای است که هر قسمت مربوط به یک نوع بافت خاک است. با توجه به اینکه توزیع افقی آب در خاک‌های سنگین بیشتر می‌باشد، محفظه با بیشترین طول (۱/۲ متر) به خاک با بافت سنگین اختصاص داده شد و برای خاک‌های با بافت سبک و متوسط هر کدام محفظه با طول ۰/۹ در نظر گرفته شد. همچنین با آغشته کردن دیواره داخلی

خاک پیشروی می‌نماید. دلیل این امر آن است که آب در دوره قبلی پیشروی، خاک را مرطوب کرده و باعث کاهش نفوذپذیری در این مناطق شده است؛ بنابراین جریان زیادتری جهت پیشروی به سمت خاک خشک پیش رو قابل دسترس می‌باشد. در پژوهشی کاهش تلفات نفوذ را در آبیاری تناوبی گزارش کردند و همچنین نشان دادند که الگوی خیس شدگی برای هر دو روش پالسی و پیوسته در دبی‌های پایین توسط منبع نقطه‌ای تقریباً یکسان بود (Levin et al, 1977). محققان بیان کردند در آبیاری قطره‌ای پالسی نسبت به روش پیوسته کاهش مشخصی از تلفات آب زیر منطقه توسعه ریشه مشهود است و پخش جانبی آب در خاک را افزایش می‌دهد (Mostaghimi and Mitchell, 1983). محققان در ادامه با اعمال دو تیمار فرکانس آبیاری (سه بار در روز و یک بار در روز) به این نتیجه رسیدند که فرکانس آبیاری تأثیری روی عملکرد گوجه‌فرنگی ندارد اما تراکم طولی ریشه در عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری را تحت تأثیر قرار می‌دهد همچنین در تیمار با فرکانس بیشتر تراکم طولی ریشه کمتر می‌شود (Pitts, 1991). در پژوهشی دیگر گزارش کردند شعاع و عمق خاک مرطوب در روش آبیاری پالسی نسبت به روش آبیاری پیوسته بیشتر افزایش می‌یابد (Cote et al, 1992). در تحقیقی یک محدودیت آبیاری پالسی افزایش نمک‌های محلول در خاک عنوان شد. برای رفع این مشکل، مقدار کمی کود به صورت محلول که از حرکت سریع نمک به میانه‌های خاک جلوگیری می‌کند پیشنهاد شد و همچنین این روش نیاز آشویی را کاهش می‌دهد (Dole, 1993). در تحقیقی عنوان شد گیاهان آبیاری شده به روش پالسی، تنش آبی کمتری خواهند داشت که منجر به رشد سریع گیاه و سالم‌تر بودن آن می‌شود. از مزایای دیگر روش پالسی، پیشگیری از بیماری‌های گیاهی مطرح کردند (Beeson et al, 2003). محققان یک راهکار مدیریتی به منظور افزایش توزیع مجدد آب در نزدیکی سطح زمین پیشنهاد دادند و آن استفاده از موانع نفوذناپذیر پلاستیکی در زیر لاترالها در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌باشد که این موانع به عنوان یک لایه نفوذناپذیر، باعث ایجاد یک سطح آب در زیر لاترال شده و باعث حرکت آب به سمت افقی و بالا شده و همچنین به عنوان یک لایه نفوذناپذیر از تلفات نفوذ عمقی جلوگیری می‌کند. تلاش‌های زیادی به منظور تجاری کردن این اهداف انجام گردید اما هنوز مشخص نیست که آیا هزینه اضافی این موانع و همچنین هزینه نصب آن‌ها با توجه مزایای بالا، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است (Lamm et al, 2007). مؤلفه عمودی جبهه رطوبتی در روش پالسی بیشتر از روش پیوسته می‌باشد. وجود

آبیاری، یک ساعت استراحت یا قطع آبیاری اعمال شد. در خصوص حجم آب مصرفی نیز زمان آبیاری در دبی ۸ لیتر بر ساعت طوری تنظیم شد که حجم آب مصرفی با دبی ۲ لیتر بر ساعت یکسان باشد. با مدرج نمودن مدل آزمایشگاهی و ترسیم جبهه رطوبتی بر روی صفحه آن، توزیع مجدد جبهه رطوبتی در جهات افقی و عمودی در زمان‌های ذکر شده مورد ارزیابی قرار گرفت. برای هر قطره‌چکان پس از قطع آبیاری تا ۴۸ ساعت بعد جبهه پیشروی رطوبت بر روی دیواره شفاف مدل ترسیم و اندازه‌گیری‌های لازم انجام شد. سپس از هر جبهه رطوبتی عکسی تهیه شد و با استفاده از عکس‌ها و نرم‌افزار گرافر^۲ مختصات تمامی نقاط جبهه رطوبتی به دست آمد و در نهایت مقادیر توزیع مجدد رطوبت در زمان‌های مختلف برای دو روش آبیاری پیوسته و پالسی محاسبه گردید.

نتایج و بحث

الف- توزیع مجدد رطوبت در جهت افقی

درصد توزیع مجدد رطوبت به کل رطوبت در جهت افقی در بافت‌های مختلف خاک برای دو دبی مورد آزمایش در شکل (۲) ارائه گردیده است. بطوریکه ملاحظه می‌شود توزیع مجدد رطوبت با سبک شدن بافت خاک افزایش می‌یابد. دلیل آن این است که در خاک‌های سنگین مقدار زیادی از رطوبت در مرحله حین آبیاری در جهت افقی توزیع شده است (به دلیل محدودیت در ظرفیت نفوذ دهی عمودی خاک) و مقدار کمی برای توزیع باقی مانده است. مثلاً مقدار رطوبت توزیع شده در خاک شنی نسبت به خاک رسی برای دبی کمتر (Q_1) و برای آبیاری پیوسته حدود هفت درصد و برای آبیاری پالسی این مقدار حدود پنج درصد بیشتر به دست آمد.

ب- توزیع مجدد رطوبت در جهت عمودی

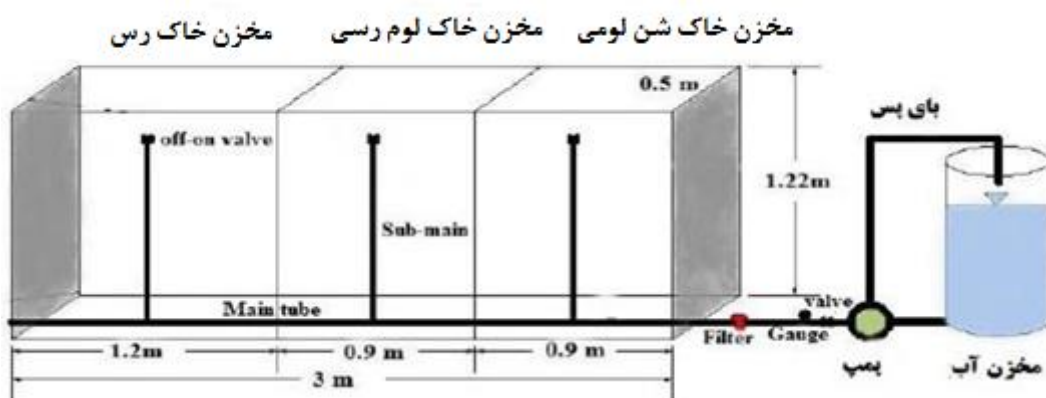
در جهت عمودی درصد توزیع مجدد رطوبت به کل رطوبت در خاک‌های سنگین برای هر دو روش پالسی و پیوسته و در هر دو دبی نسبت به خاک‌های سبک بیشتر است. بطوریکه در خاک رسی و برای دبی Q_1 تا مقدار ۲۳ درصد نیز رسید (شکل ۳). دلیل هم این است که در خاک‌های سنگین در مرحله حین آبیاری نفوذ کمی در جهت قائم صورت گرفته است و بخش زیادی از مقدار آب برای توزیع مجدد در خاک وجود دارد. مقدار افزایش در خاک رسی نسبت به شنی برای دبی کمتر (Q_1) و برای آبیاری پیوسته حدود شش درصد و برای آبیاری پالسی حدود چهار درصد است.

مدل به چسب و پراکندن شن بر روی آن یک دیواره تقریباً زبری ایجاد شد تا بتوان از پیدا شدن جریانات ترجیحی در حین انجام آزمایش جلوگیری کرد. هدف از شفاف بودن محفظه برای دیدن جبهه پیشروی رطوبت است. این تحقیق و آزمایش‌ها به‌گونه‌ای طرح شد که تا حدود بسیاری بتواند شرایط واقعی یک سامانه آبیاری قطره‌ای در مزرعه را شبیه‌سازی کند. بدین منظور آب به‌وسیله پمپ و از طریق لوله‌های پلی‌اتیلن (لوله اصلی با قطر ۵۰ میلی‌متر و نیمه اصلی و لاترال به ترتیب با قطرهای ۲۰ و ۱۶ میلی‌متر) از یک مخزن به حجم ۲۵۰ لیتری به قطره‌چکان‌ها منتقل گردید و در داخل مخزن به‌منظور ثابت نگه‌داشتن آب از یک شناور استفاده می‌شد. همچنین به‌منظور هدایت درست جریان آب در مسیر انتقال آب از شیرفلکه و یک شیر قطع و وصل جریان برای کنترل جریان به داخل هر محفظه استفاده شد. فشار سنجی بر روی سامانه تعبیه شد تا در تمامی آزمایش‌ها فشار ثابت نگه داشته شود. در این تحقیق از سه تیمار بافت خاک سنگین، متوسط و سبک، دو تیمار دبی قطره‌چکان ۲/۴ و ۸ لیتر بر ساعت (به ترتیب Q_1 و Q_2) و دو روش آبیاری قطره‌ای پالسی و پیوسته استفاده شد. مشخصات فیزیکی خاک مورد آزمایش در جدول (۱) ارائه گردیده است. توضیح اینکه در خصوص انتخاب بافت خاک سعی شد که با انتخاب سه بافت سنگین و متوسط و سبک بتوان نتایج تحقیق را به همه بافت‌ها تا حد امکان تعمیم داد و در خصوص انتخاب دبی قطره‌چکان‌ها از آنجایی که دبی‌های معمول ۲، ۴ و ۸ لیتر بر ساعت است، یک دبی کم و یک دبی زیاد انتخاب شد ولی در عمل اندازه‌گیری‌ها نشان داد که دبی قطره‌چکان ۲ لیتر بر ساعت، ۲/۴ لیتر بر ساعت می‌باشد که البته چون منظور از اعمال دبی قطره‌چکان مقایسه تأثیر دبی در بافت خاک می‌باشد این اهداف نیز تحقق پیدا کرد. در خصوص نحوه انجام آزمایش‌ها به این صورت بود که پس از اتمام هر آزمایش خاک هر محفظه بیرون آورده می‌شد تا در معرض نور خورشید قرار گرفته سپس خشک شود و برای آزمایش بعدی مهیا شود. در نهایت وقتی خاک‌ها به‌طور کامل خشک می‌شدند به‌صورت لایه‌لایه به محفظه متناظر اضافه و به‌اندازه مناسب متراکم می‌شدند. با توجه به اینکه مقدار دبی خروجی قطره‌چکان کم بود به‌منظور کاهش فشار وارده به سامانه یک مجموعه لوله برگشت جریان مازاد^۱ نیز طراحی گردید.

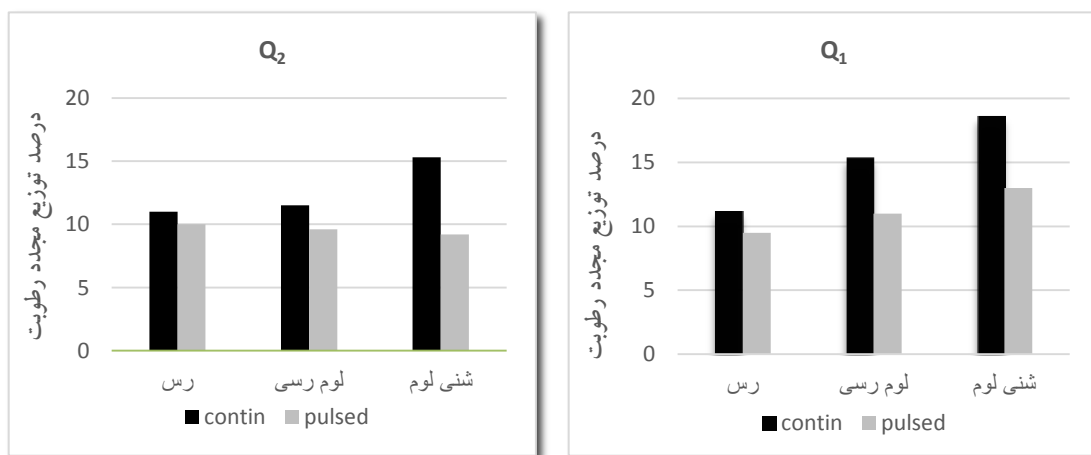
در این آزمایش قطره‌چکان‌ها بر روی سطح خاک قرار گرفتند. برای هر دو روش مدت‌زمان آبیاری، برای دبی‌های همانم یکسان بود. برای روش پالسی پس از هر یک ساعت

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی خاک‌های مورد استفاده

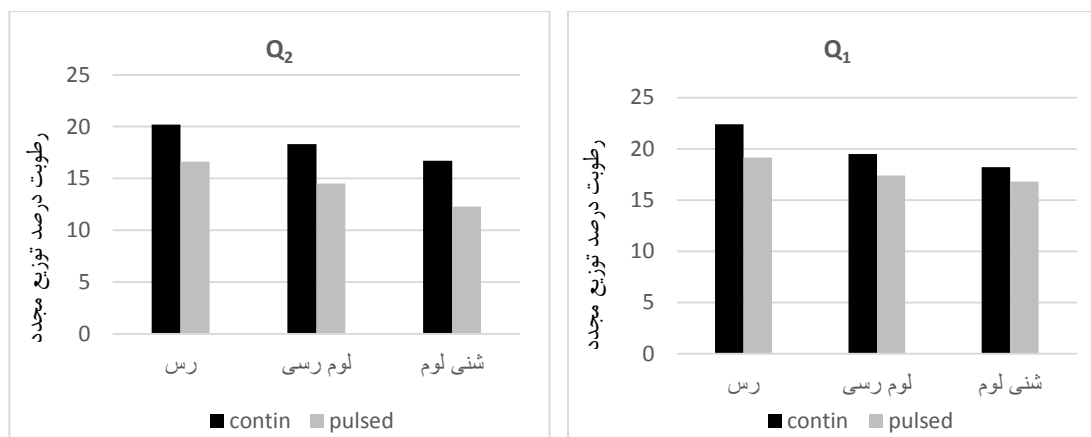
نوع بافت	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک	درصد وزنی رطوبت ظرفیت زراعی
سبک	۷۶/۶۹	۴/۸۶	۱۸/۴۵	شنی لوم	۲۰/۴
متوسط	۳۰/۶۸	۳۲/۸۶	۳۶/۴۶	لوم رسی	۲۳/۲۱
سنگین	۳۰/۵۴	۲۷/۸۶	۴۱/۶	رسی	۲۳/۸۳



شکل ۱- مدل آزمایشگاهی و اتصالات مربوط برای تحقیق



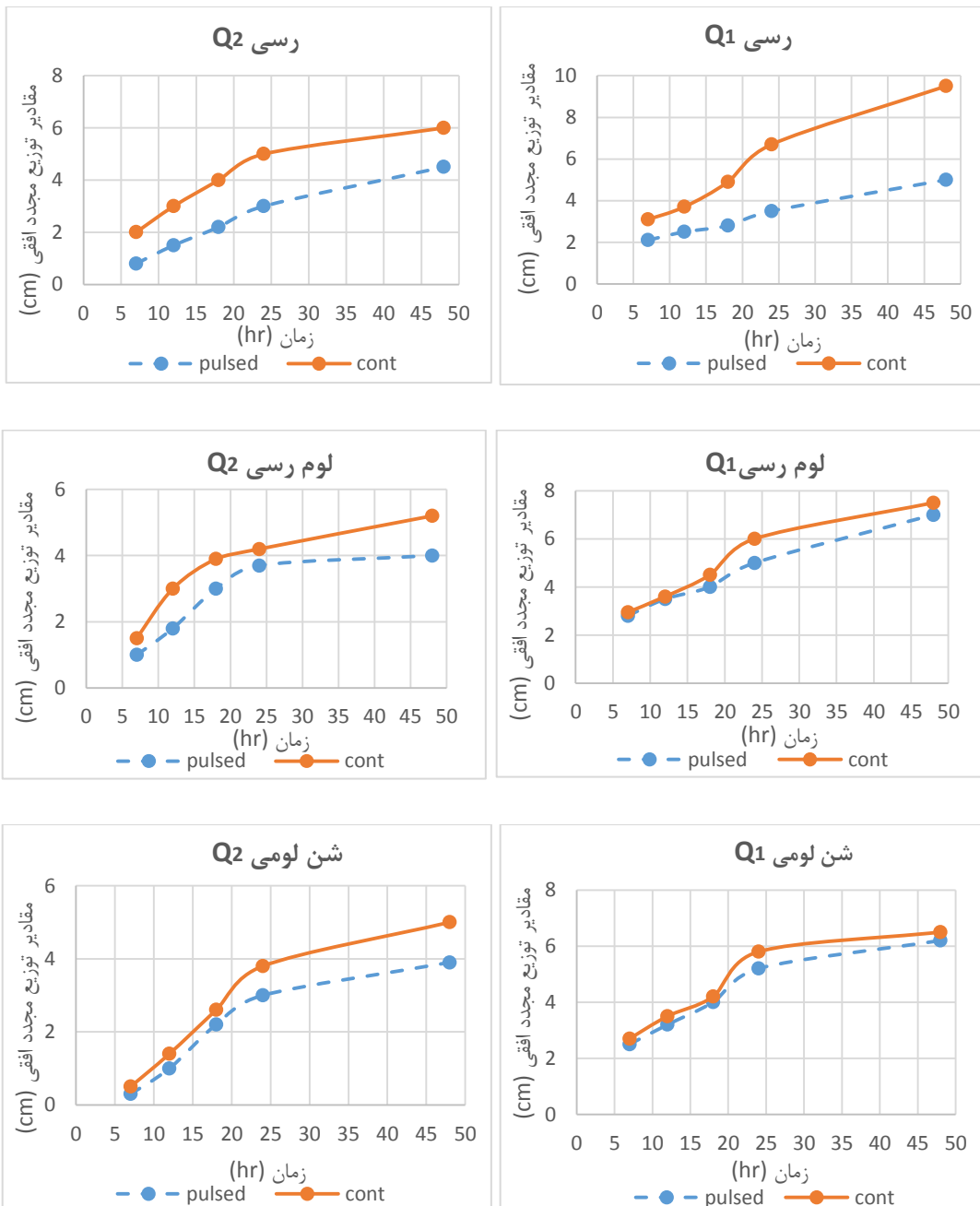
شکل ۲- درصد توزیع مجدد رطوبت به کل جبهه پیشروی آب در جهت افقی در بافت‌های مختلف برای آبیاری پیوسته و پالسی



شکل ۳- درصد توزیع مجدد رطوبت به کل جبهه پیشروی آب در جهت عمودی در بافت‌های مختلف برای آبیاری پیوسته و پالسی

نشان داد که در سیستم آبیاری قطره‌ای و برای هر دو روش پیوسته و پالسی و برای هر سه نوع بافت خاک مورد بررسی (رسی، لومی و شنی) مقادیر توزیع مجدد در جهت افقی (شکل ۴) و عمودی (شکل ۵) برای دبی کمتر (Q_1) بیشتر است. چون در این تحقیق نسبت توزیع مجدد رطوبت به کل توزیع رطوبت در نظر گرفته شده است ($\frac{\text{توزیع مجدد رطوبت}}{\text{توزیع کل رطوبت}}$) و از آنجایی که در دبی‌های زیاد توزیع کل رطوبت در زمان آبیاری بیشتر است، در نتیجه مخرج این کسر عدد بزرگ‌تری را نسبت به دبی‌های کمتر نشان می‌دهد و در نهایت حاصل کسر عدد کمتری را نشان می‌دهد

در آبیاری پیوسته مدت هفت ساعت (زمان آبیاری) توزیع آب در خاک صورت گرفته است و پس از قطع آبیاری توزیع رطوبت به حساب توزیع مجدد محسوب شده است؛ اما در آبیاری پالسی پس از هر یک ساعت آبیاری، یک ساعت زمان قطع آبیاری در نظر گرفته شد در نتیجه رطوبت خاک توزیع مجدد خود را در زمان قطع آبیاری انجام می‌دهد و در فاز آبیاری بعدی جزئی از توزیع رطوبت در حین آبیاری می‌شود که برای هفت ساعت آبیاری مشابه با حالت پیوسته، ۱۴ ساعت زمان طی شده است. لذا به‌وضوح می‌توان گفت که توزیع رطوبت در آبیاری پیوسته از پالسی کمتر بوده ولی توزیع مجدد آن در هر دو جهت افقی و عمودی از آبیاری پالسی بیشتر است. همچنین نتایج این تحقیق



شکل ۴- مقادیر توزیع مجدد آب در جهت افقی در زمان‌های مورد بررسی برای آبیاری قطره‌ای پیوسته و پالسی

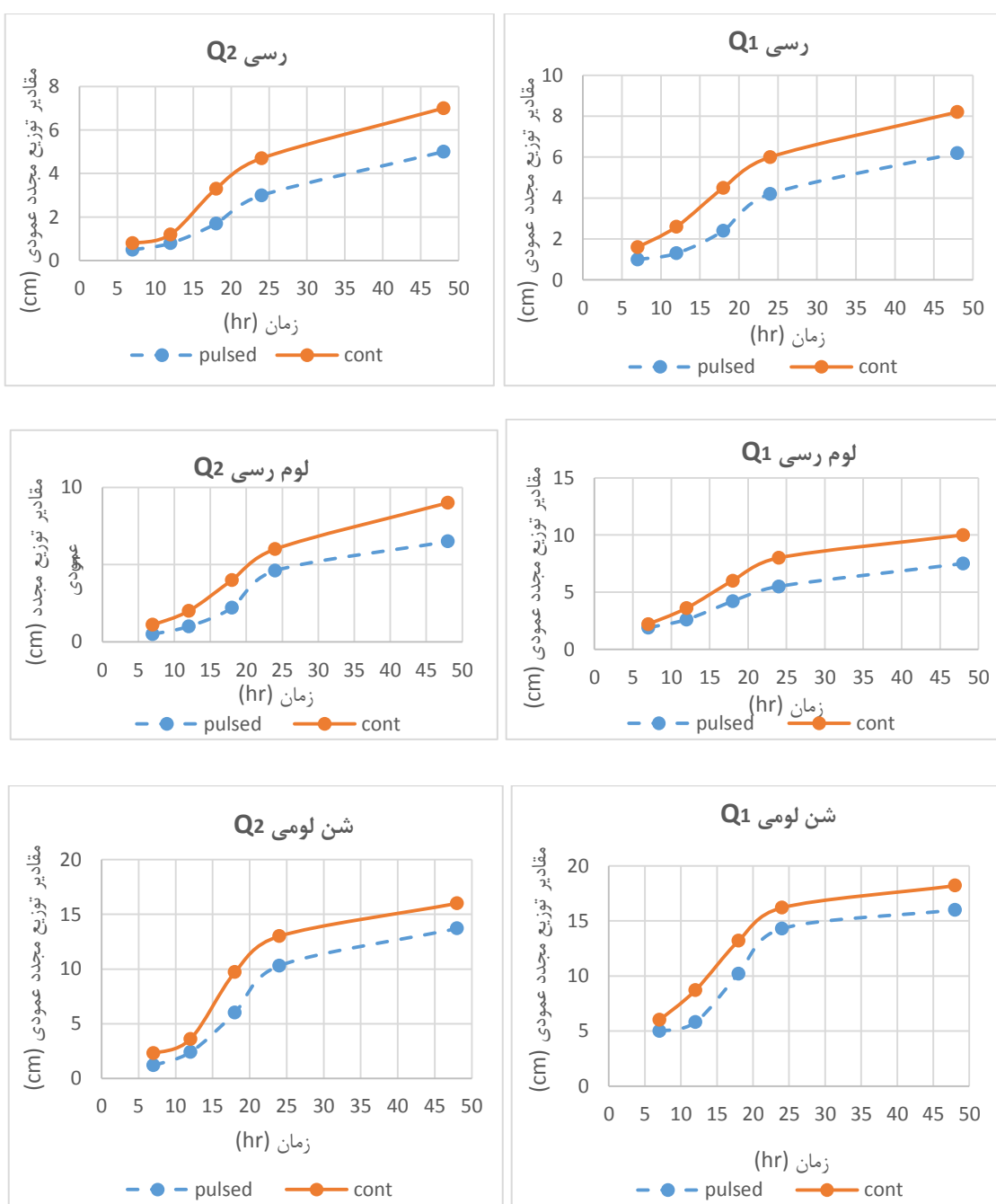
مرحله توزیع مجدد اتفاق افتاده است. همچنین قابل ذکر است که در خاک رسی مقدار آن بیشتر از خاک لومی و شنی است.

د- توزیع مجدد نسبت به زمان در جهت عمودی

به طور مشابه، مقدار توزیع مجدد در جهت عمودی نیز در شکل (۵) نشان داده است. ولی مقدار آن بیشتر از حالت افقی می باشد. بطوریکه در خاک شنی تا حدود ۱۰ تا ۱۲ سانتیمتر برای روش پیوسته و حدود ۸ تا ۹ سانتیمتر برای روش پالسی است. همچنین برعکس حالت توزیع افقی، توزیع مجدد رطوبت در جهت عمودی در خاک شنی بیشتر از خاک رسی می باشد.

ج- توزیع مجدد نسبت به زمان در جهت افقی

توزیع مجدد رطوبت نسبت به زمان در شکل (۴) نشان داده شده است. به طوری که ملاحظه می گردد اولاً مقدار آن در روش آبیاری پیوسته و برای همه بافت های خاک و در هر دو دبی بیشتر از روش پالسی است. ثانیاً مقدار آن تا حدود ۲۴ ساعت با شیب بیشتری تغییر می کند. تفاوت مقدار توزیع رطوبت در روش پیوسته با پالسی پس از ۲۴ ساعت بیشتر می شود. در مجموع حدود پنج تا هفت سانتیمتر در روش پیوسته و چهار الی پنج سانتیمتر در روش پالسی افزایش جبهه رطوبتی در



شکل ۵- مقادیر توزیع مجدد آب در جهت عمودی در زمان های مورد بررسی برای آبیاری قطره ای پیوسته و پالسی

مصرف آب و انرژی می‌شود. در این تحقیق مقادیر توزیع مجدد رطوبت در سه نوع بافت خاک سبک، متوسط و سنگین با دو روش آبیاری قطره‌ای پالسی و پیوسته با اعمال دو دبی ۲/۴ و ۸ لیتر بر ساعت مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که درصد مقادیر توزیع مجدد رطوبت در جهت افقی و عمودی قابل‌ملاحظه می‌باشد و در خاک رسی و برای دبی Q₁ و برای حالت عمودی به ۲۳ درصد نیز می‌رسد. همچنین نتایج نشان داد که نسبت توزیع مجدد رطوبت به کل رطوبت، در جهت افقی با سبک شدن بافت خاک افزایش می‌یابد. ولی توزیع مجدد رطوبت در جهت عمودی در خاک‌های سنگین برای هر دو روش پالسی و پیوسته و در هر دو دبی نسبت به خاک‌های سبک بیشتر است. در کل می‌توان بیان کرد که توزیع رطوبت در آبیاری پیوسته از پالسی کمتر بوده ولی توزیع مجدد آن در هر دو جهت افقی و عمودی از آبیاری پالسی بیشتر است.

REFERENCES

- Beeson, R. C. (1992). Restricting overhead irrigation to dawn limits growth in container-grown woody ornamentals. *HortScience*, 27(9), 996-999.
- Cote, C. M., Bristow, K. L., Charlesworth, P. B., Cook, F. J., & Thorburn, P. J. (2003). Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. *Irrigation Science*, 22(3-4), 143-156.
- Dole, J. (1993). Water and fertilizer rate reduction. *Greenhouse Grower*. 11(13), 24-28.
- Elmaloglou, S., & Diamantopoulos, E. (2009). Effects of hysteresis on redistribution of soil moisture and deep percolation at continuous and pulse drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 96, 533-538.
- Karimi, B., Mirzaie, F., & Sohrabi, T. (2013). Evaluation of Moisture Front Redistribution in Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems. *water-soil science*. 23(3), 183-192.
- Karmeli, D., & Peri, G. (1974). Basic principles of pulse irrigation. *Irrigation and Drainage Division*, 100(3), 309-319.

در مقایسه با ارزشیابی نتایج ارائه‌شده در این تحقیق با نتایج Karimi et al. (2013) نتایج هم‌خوانی دارد؛ که عنوان کردند در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و برای سه نوع خاک مورد بررسی مقادیر توزیع مجدد در جهت افقی و عمودی برای دبی‌های کم بیشتر از دبی‌های زیاد می‌باشد؛ اما در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مقادیر توزیع مجدد آب در جهت افقی و عمودی برای دبی‌های زیاد بیشتر از دبی‌های کم می‌باشد

نتیجه‌گیری

یکی از این راهکارهای مدیریتی به‌منظور افزایش راندمان آبیاری قطره‌ای و کاهش تلفات نفوذ عمقی در نظر گرفتن مقادیر توزیع مجدد آب بعد از زمان آبیاری می‌باشد. با توجه به اینکه مقادیر توزیع مجدد آب برای این سیستم‌های آبیاری قابل‌ملاحظه می‌باشد پس در نظر گرفتن آن در طراحی سیستم‌های آبیاری باعث کاهش زمان آبیاری و متناسب با آن باعث صرفه‌جویی در

- Lamm FR, Ayars JE, Nakayama FS, 2007. Micro Irrigation for Crop Production (Design, Operation and Management). Publication of Elsevier Academic Press. USA
- Levin, I., & Van Rooyen, F. C. (1977). Soil water flow and distribution in horizontal and vertical directions as influenced by intermittent water application. *Soil Science*, 124(6), 355-365.
- Levin, I., Van Rooyen, P. C., & Van Rooyen, F. C. (1979). The effect of discharge rate and intermittent water application by point-source irrigation on the soil moisture distribution pattern. *Soil Science Society of America*. 43(1), 8-16.
- Mostaghimi, S., Mitchell, J.K., (1983). Pulsed trickling effect on soil moisture distribution. *Water Resour. Bull.* 19 (4), 605-612.
- Pitts D.J., Y.J. Tsai, T.A. Obreza and D.L. Myhre. (1991). Flooding and drip irrigation frequency effects on tomatoes in South Florida, *Trans. American Society of Agricultural Engineers*, 34 (3), 865-870.