نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۴ / شماره ۱/ ۱۳۹۹
Archive of SID

تعیین الگوی جبهه رطوبتی در اراضی شیب‌دار در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی

بختیار کریمی[1]*و فریبا علی نظری

استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

bakhtiar.karimi@gmail.com

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

an.fariba@gmail.com

چکیده

تخمین ابعاد جبهه رطوبتی موجب افزایش راندمان کاربرد و استفاده بهینه از آب می‌گردد. با توجه به این‌که بیش‌تر زمین‌های کشاورزی تحت کشت در اکثر مناطق دنیا نامسطح است، شناخت الگوی نسبتاً مناسب جبهه‌ی رطوبتی در اراضی شیب‌دار برای مدیریت و بهره‌برداری صحیح از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای ضروری می‌باشد. در این پژوهش، برای اندازه‌گیری جبهه پیشروی رطوبت در خاک دو مدل فیزیکی به شکل مکعب مستطیل ساخته شد. از مدل کوچکتر برای انجام آزمایش با دبی کمتر و از مدل بزرگتر برای آزمایش با دبی بیشتر استفاده شد. آزمایش‌ها برای چهار شیب مختلف (۰٪، ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪)، سه نوع خاک با بافت‌های مختلف (سبک، متوسط، سنگین)، با سه دبی قطره‌چکان (۲، ۴ و ۶ لیتر در ساعت) به انجام رسید. نتایج نشان داد که گسترش پیاز رطوبتی در اراضی شیبدار در قسمت پایین دست و بالادست قطره‌چکان (برای دبی‌ها و خاک‌های مختلف) متفاوت می‌باشد، بنابراین، طراحی در ارتباط با موقعیت قرارگیری قطره‌چکان و گیاه در اراضی شیب‌دار بایستی متفاوت از اراضی مسطح باشد و با توجه به ماهیت اراضی شیب‌دار و موقعیت گیاه به سمت پایین قطره‌چکان تغییر مکان داده شود که مقادیر دقیق آن و موقعیت دقیق قرارگیری قطره‌چکان‌ها برای سناریوهای مختلف (برای دبی‌ها، شیب‌ها و خاک‌های مختلف) در این تحقیق ارائه شده است. نتایج نشان داد که درصد شعاع خیس شده پایین دست قطره‌چکان در اراضی شیبدار برای سه نوع خاک سنگین، متوسط و سبک به ترتیب بین ۸۱/۵-۴۹/۲٪، ۷۶-۴۹/۲٪ و ۷۰/۷-۴۸/۳٪ متغییر می‌باشد و این مقادیر برای درصد شعاع خیس شده بالادست قطره‌چکان به ترتیب بین ۵۰/۸-۵/۵٪، ۱۸، ۵۰/۸-۲۴٪ و ۴۹/۷-۲۹/۳٪ متغییر می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان یک راهنمای کلی در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در اراضی شیبدار استفاده گردد و موقعیت گیاه و قطره‌چکان را به صورت نسبتاً دقیقی مشخص کند.

واژه‌های کلیدی: پیاز رطوبتی، قطر خیس‌شده، مساحت خیس‌شده،توزیع افقی و عمودی رطوبت

---

[1]- آدرس نویسنده مسئول: سنندج، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

*- دریافت: اسفند ۱۳۹۸ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آبیاری قطره‌ای روشی کارآمد و مؤثر برای رساندن مستقیم آب به خاک درگیاهان ردیفی و درختان می‌باشد. از جمله مزایای این روش صرفه‌جویی در مصرف آب، انجام آسان‌تر عملیات کشاورزی، امکان استفاده از آب شور و امکان استفاده در اراضی شیب‌دار است (کلر و بلینسر ۱۹۹۰). الگوی خیس‌شدگی خاک **در یک** سیستم آبیاری قطره‌ای نقش مهمی در طراحی آبیاری قطره‌ای دارد. الگوی خیس‌شدگی به عوامل مختلفی نظیر بافت خاک، ساختمان خاک، دبی قطره‌چکان، هدایت هیدرولیکی، حجم آب کاربردی و شیب زمین بستگی دارد. سیستم آبیاری قطره‌ای را می‌توان طوری طراحی کرد که در هر نوع توپوگرافی به نحو مؤثری قابل استفاده باشد. در اراضی با شیب زیاد، حتی اگر فاصله بین درختان نامنظم و اندازه آنها متفاوت باشد، می‌توان آبیاری قطره‌ای را به نحو مطلوب به کار گرفت، زیرا آب نزدیک به هر درخت پخش می‌شود (ضیاء تبار احمدی،۱۳۷۱). با توجه به این‌که ابعاد پیاز رطوبتی یا جبهه-ی رطوبتی در اراضی مسطح و شیب‌دار با هم متفاوت هستند و با توجه به اینکه مطالعات زیادی در زمینه اراضی مسطح انجام شده است (کریمی و علی‌نظری ۱۳۹۸، خان-محمدی و بشارت ۱۳۹۵، نایب‌لویی و همکاران ۱۳۹۴، سلیم و همکاران ۲۰۱۸، زین العابدین و همکاران ۲۰۱۵، صمدیان‌فرد و همکاران ۲۰۱۲)، این ضرورت وجود دارد که در زمینه اراضی شیب‌دار تحقیقات بیشتری صورت پذیرد، لذا در این تحقیق بیشتر به آبیاری در اراضی شیب‌دار نسبت به مسطح پرداخته شده است.

نوروزیان و همکاران (۱۳۹۵) توزیع رطوبت خاک تحت آبیاری با قطره‌چکان‌های زیر سطحی در خاک دو لایه و در دو حالت زمین مسطح و شیب‌دار ازطریق انجام آزمایشهای مزرعه‌ای را بررسی و اثرات شرایط شیب زمین و لایه‌ای بودن خاک به‌طور منفرد و توام را بر الگوی خیس‌شدگی خاک بررسی کردند. آنها با مقایسه بین نیمرخ‌های رطوبتی مشاهداتی در خاک‌های مسطح و شیب-دار، به این نتیجه رسیدند که با افزایش مدت زمان آبیاری، نیمرخ رطوبتی ایجاد شده در خاک‌های شیب‌دار با نیمرخ حاصل در خاک‌های مسطح تطابق بیشتری می‌یابد.

کریمی و همکاران (۱۳۹۵) به کمک قضیه π باکینگهام (قضیه π باکینگهام بیان می‌کند که در یک مسئله فیزیکی شامل n کمیت که دارای m بعد اصلی هستند، می-توان $n-m$ پارامتر بی‌بعد مستقل، ایجاد کرد) و با استفاده از آنالیز ابعادی و با در نظر گرفتن سه متغیر هدایت هیدرولیکی اشباع، دبی خروجی از قطره‌چکان و زمان آبیاری، روابطی را برای پیش‌بینی سطح خیس شده خاک بالا و پایین قطره‌چکان در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی برای عمق نصب ۱۵ ، ۳۰ و ۴۵ سانتیمتری ارائه دادند. نتایج ارزیابی این مدل نشان داد که این معادلات با دقت بالایی سطح خیس شده را پیش‌بینی می‌کنند. اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی اثر شیب روی ابعاد پیاز رطوبتی از یک منبع تغذیه خطی در اراضی شیب‌دار درخاکی با بافت سیلتی لوم با دو دبی شش و نه لیتر در ساعت در واحدطول نوار، به‌ازای سه شیب (صفر، دو وپنج درصد) پرداختند. آن‌ها نشان دادند که با افزایش دبی و شیب، عرض و عمق، مساحت و حجم خیس شده افزایش پیدا می‌کنند که این افزایش در سطح آماری یک درصد در اراضی با شیب دو و پنج درصد نسبت به اراضی مسطح اختلاف معنی‌دار داشت. حیدری و همکاران (۱۳۹۴) که به بررسی اثر شیب بر الگوی خیس شدگی خاک تحت آبیاری قطره‌ای سطحی و شبیه‌سازی با مدل هایدروس دوبعدی پرداختند، نشان دادند که در اراضی شیب‌دار رطوبت در جهت شیب به سمت پایین دست گسترده شده است و از مساحت الگوی خیس شده در بالادست شیب کاسته شده و شکل الگوی رطوبت تقریباً به شکل بیضی می‌باشد.

محمدی و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که با افزایش شیب زمین، مساحت و حجم پیاز رطوبتی در مدت زمان آبیاری ثابت افزایش می‌یابد. توزیع جبهه پیشروی در بالادست و پایین‌دست پیاز رطوبتی در شیب صفر درصد متقارن ولی در اراضی شیب‌دار نامتقارن بود.

www.SID.ir

Archive of SID

نصیری و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی اثر دبی قطره‌چکان و دیرپایی آبیاری به ازای حجم آب کاربردی مشخص بر ابعاد پیاز رطوبتی از یک منبع نقطه‌ای (قطره‌چکان) پرداختند. مطالعات آن‌ها در خاکی با بافت متوسط-شنی با سه دبی ۴، ۸ و ۲۴ لیتر بر ساعت انجام شده است. نتایج مطالعات آن‌ها نشان دادکه به ازای یک حجم ثابت آب، با افزایش دبی قطره‌چکان، شعاع حجم خیس‌شده افزایش و عمق خیس‌شده‌ی پیاز رطوبتی کاهش می‌یابد و با افزایش دیرپایی آبیاری به ازای مقادیر گوناگون دبی قطره‌چکان‌ها، عمق و شعاع خیس‌شده‌ی خاک افزایش می‌یابد.

مانسف و خمایس (۲۰۱۶) با رویکردی تحلیلی به محاسبه‌ی حجم خیس شده خاک حاصل از یک قطره چکان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که شکل حجم خیس شده خاک به صورت یک نیم بیضی می‌باشد. در این پژوهش همچنین با استفاده از روش‌های تحلیلی روابطی برای تخمین حجم خیس‌شدگی ارائه شد.

ال اگیدی (۲۰۱۶) معادله ای را پیشنهاد دادند که با ارائه یک مدل تجربی با استفاده از هشت پارامتر ورودی و به روش رگرسیون، توزیع افقی و عمودی در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی را شبیه سازی نمود. مزیت این رابطه این است که بر خلاف روابط تجربی قبلی، متغیرهای ورودی مختلفی برای پیش‌بینی استفاده کرده است (ازجمله چگالی ظاهری، درصد شن، سیلت و رس) که با داشتن این پارامترها مدل می‌تواند شناخت بهتری از محیط پیچیده خاک داشته باشد.

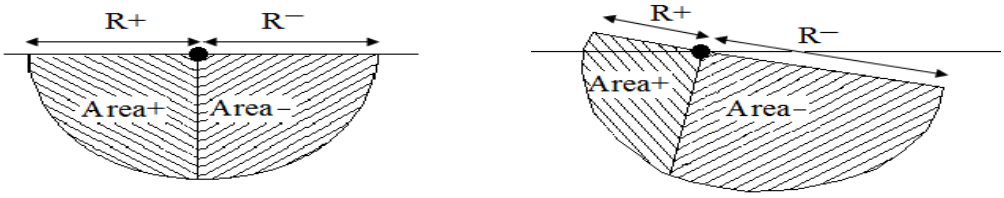
ملک و پیتر (۲۰۱۱) مدلی تجربی برای شبیه-سازی ابعاد پیاز رطوبتی تحت منبع نقطه‌ای قطره‌ای ارائه دادند. آنها برای این کار از داده‌های آزمایش صحرایی در مزرعه استفاده نمودند. برای ارزیابی، از مدل نیمه تجربی زور و شوارتزمن و همچنین امین و اخماج استفاده نمودند. ضرایب معادلات را با دو روش بهینه‌سازی با حداقل مربعات خطا و رگرسیون غیرخطی مورد بازیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که پیش‌بینی مدل‌ها در مقایسه با داده‌های مشاهده شده از داده‌های صحرایی از دقت مناسبی برخوردار بودند، همچنین نتایج نشان می‌دهند که مدل‌های ارائه شده از دقت مناسبی برای دبی‌ها و خاک‌های مختلف برخوردار می‌باشند. پاتل و راجپوت (۲۰۰۹) نشان دادندکه توپوگرافی و شیب زمین روی خصوصیات هیدرولیکی خاک از قبیل توزیع رطوبت، شدت نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی اشباع اثر دارد. آن‌ها همچنین نشان دادند که در خاک لومی شنی، به دلیل بیش‌تر بودن اثر نیروی ثقل نسبت به نیروی مکش نفوذ عمقی بیش‌تر می‌باشد.

هات و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی اثر شیب بر میزان نفوذ و مقدار رواناب سطحی نشان دادند که با افزایش شیب زمین مقدار نفوذ آب در خاک کاهش می‌یابد. به طور کلی اهداف این پژوهش بررسی تأثیر بافت خاک، دبی قطره‌چکان و همچنین شیب زمین بر روی ابعاد و مساحت جبهه‌ی رطوبتی در آبیاری قطره‌ای سطحی در اراضی مسطح و شیب‌دار می‌باشد.

مطابق با مطالعات صورت گرفته نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که تحقیقات اندکی در زمینه توزیع پیاز رطوبتی در اراضی شیب‌دار صورت گرفته است اما هنوز تحقیق جامع و کاملی در این زمینه که در بر گیرنده سناریوهای مختلف (برای خاک، دبی و شیب‌های مختلف) باشد، صورت نگرفته است. همچنین پارامترهای مهم طراحی که در شکل ۱ به آن اشاره شده است (بخصوص مساحت) تاکنون به صورت جامع ارائه نشده است. پس هدف اصلی این تحقیق ارزیابی این پارامترها برای تیمارهای مختلف آبیاری و ارائه یک دستورالعمل کلی برای طراحی و اجرای بهینه سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی در اراضی شیبدار می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- پارامترهای مهم طراحی پیاز رطوبتی در اراضی شیب‌دار و مسطح

نمادهای استفاده شده برای ابعاد جبهه‌ی رطوبتی: R^-: درصد شعاع جبهه‌ی رطوبتی در سمت راست قطره‌چکان در حالت مسطح و درصد شعاع جبهه‌ی رطوبتی در پایین‌دست قطره‌چکان در حالت شیب‌دار، R^+: درصد شعاع جبهه‌ی رطوبتی در سمت چپ قطره‌چکان در حالت مسطح و درصد شعاع جبهه‌ی رطوبتی در بالادست قطره‌چکان در حالت شیب‌دار، R: قطر جبهه‌ی رطوبتی، $Area^-$: مساحت جبهه‌ی رطوبتی در سمت راست قطره‌چکان در حالت مسطح و مساحت جبهه‌ی رطوبتی درپایین‌دست قطره‌چکان در حالت شیب‌دار، $Area^+$: مساحت جبهه‌ی رطوبتی در سمت چپ قطره‌چکان در حالت مسطح و مساحت جبهه‌ی رطوبتی دربالادست قطره‌چکان در حالت شیب‌دار، $Area$: مساحت کل جبهه‌ی رطوبتی

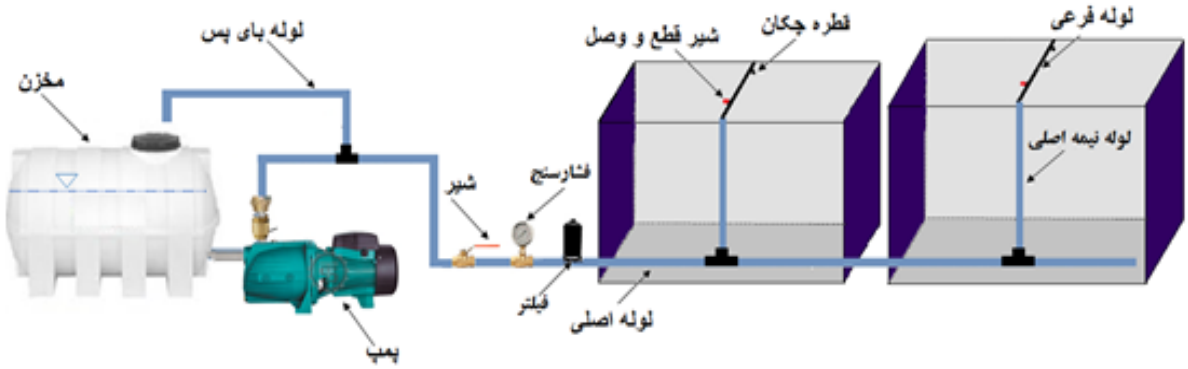
مواد و روش‌ها

به منظور بررسی و اندازه‌گیری ابعاد پیاز رطوبتی در جهات مختلف و تاثیر پارامترهای مختلف (اثر دبی‌های مختلف، بافت خاک و همچنین شیب زمین) بر روی آن، یک مدل آبیاری قطره‌ای در شرایط آزمایشگاهی فراهم گردید. این پژوهش در محوطه آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان صورت پذیرفت. در این تحقیق، برای شبیه‌سازی جبهه پیشروی رطوبت در خاک در آبیاری قطره‌ای سطحی در اراضی شیب‌دار دو مدل فیزیکی به شکل مکعب مستطیل یکی به ابعاد ۱/۲۰×۱/۲۰×۰/۶ متر (به ترتیب عرض، طول و ارتفاع) و دیگری به ابعاد ۱/۲۰×۱/۴۰×۰/۷ متر ساخته شد. از مدل کوچک‌تر برای انجام آزمایش ها با دبی کمتر و از مدل بزرگ‌تر برای آزمایش ها با دبی بیشتر استفاده شد. به منظور مشاهده و اندازه‌گیری جبهه پیشروی رطوبت در خاک، صفحه جلویی مدل ها از جنس پلی‌کربنات شفاف و سایر قسمت‌های آنها از جنس فلز ساخته شد. برای محاسبه جبهه پیشروی رطوبت در جهات مختلف، قسمت جلویی مدل‌ها به وسیله متر درجه‌بندی گردید. به منظور جلوگیری از جریانات ترجیحی در حین آزمایش، با استفاده از مالیدن جلا رنگ بر روی سطح پلی‌کربنات و سپس پاشیدن شن-های زبر بر روی آن یک سطح نسبتاً زبر ایجاد گردید.. با توجه به این‌که وزن خاک داخل این محفظه زیاد بود، به منظور جلوگیری از ایجاد انحنا در پلی‌کربنات، صفحه جلویی مدل‌ها با استفاده از پروفیل فلزی مهار شدند. برای طراحی سیستم آبیاری، آب از یک مخزن ۲۰۰ لیتری به وسیله پمپ منتقل و از لوله پلی‌اتیلن ۳۲ میلی‌متری به عنوان لوله اصلی، ۲۰ میلی‌متری برای نیمه اصلی و ۱۶ میلی‌متری برای لوله‌های فرعی استفاده گردید. در مسیر انتقال آب از شیر فلکه، فشارسنج (برای تنظیم فشار در محدوده فشار کارکرد قطره‌چکان) و شیر قطع و وصل جریان استفاده شد. همچنین به منظورکم‌کردن فشار وارده بر سیستم، یک لوله بای‌پس نصب گردید. کلیه آزمایش ها در فشار ثابت دو بار انجام شد. با توجه به این‌که قطره‌چکان رایج در منطقه، قطره‌چکان نتافیم می‌باشد و عمومیت بیش‌تری دارد، از این نوع قطره‌چکان استفاده شد. در شکل ۲ نمایی شماتیک از مدل و اتصالات آن نشان داده شده است. دراین تحقیق از سه نوع خاک با بافت‌های مختلف (بافت سبک، متوسط و سنگین) استفاده گردید. پر کردن مدل‌ها از خاک به صورت لایه لایه و متناسب با وزن مخصوص ظاهری خاک صورت گرفت. پس از اتمام هر آزمایش با تخلیه‌ی خاک خیس شده از مدل‌ها و خشک کردن آن در هوای آزاد، شرایط برای

www.SID.ir

Archive of SID

انجام آزمایش بعدی مهیا گردید. توزیع اندازه ذرات خاک-های مورد مطالعه در این پژوهش با روش هیدرومتری به دست آمد. در شکل ۲ بافت خاک‌های استفاده شده بر روی مثلث بافت خاک نشان داده شده است. هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با استفاده از برنامه رزتا تخمین زده شد. با توجه به آزمایش‌های انجام شده خصوصیات فیزیکی خاک‌های مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. همچنین در این تحقیق آزمایش‌ها برای چهار شیب مختلف (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) و برای سه نوع دبی قطره‌چکان (دو، چهار و شش لیتر در ساعت) به انجام رسید و مدت زمان آبیاری در این تحقیق سه ساعت بود. همچنین در زمان‌های مختلف آبیاری (۱، ۳، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ دقیقه) جبهه پیشروی رطوبت ترسیم گردید. بعد از انجام هرآزمایش، از مدل عکس‌هایی تهیه شد و به کمک آن‌ها و با استفاده از نرم‌افزارگرافر، مختصات کلیه نقاط جبهه پیشروی استخراج گردید. سپس با در اختیار داشتن مختصات نقاط و همچنین با استفاده از نرم‌افزار اتوکد، توزیع جبهه پیشروی رطوبت در جهات مختلف محاسبه گردید.



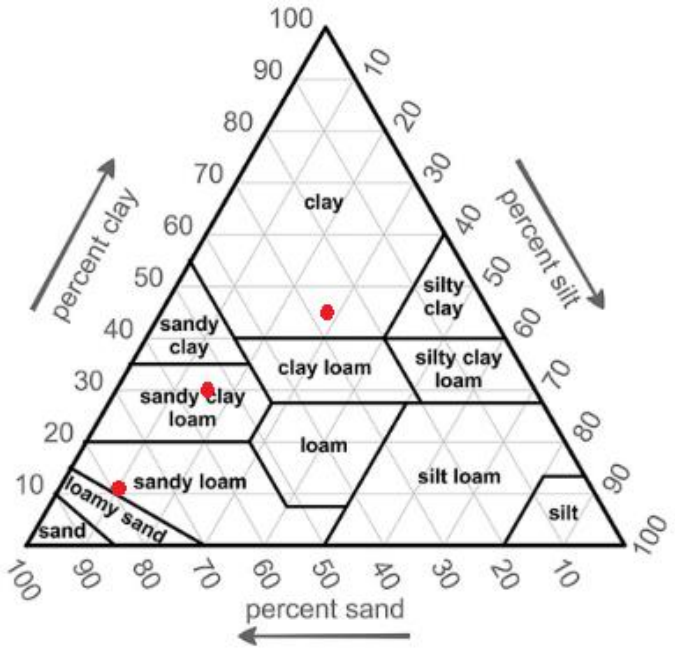
شکل ۲- نمایی از مدل و اتصالات مربوطه برای انجام آزمایش

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک‌های مورد مطالعه

نمونه خاک	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک	$K_S(\frac{cm}{hr})$	$\rho_b(\frac{gr}{cm^3})$
سنگین	۴۵	۲۸	۲۷	رسی	۰/۷	۱/۳۴
متوسط	۳۰	۱۵	۵۵	لوم رسی شنی	۱/۰۴	۱/۴
سبک	۱۱	۱۰	۷۹	لوم شنی	۳/۳۵	۱/۵۲

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲ - مثلث بافت خاک و تعیین بافت خاک‌های مورد مطالعه

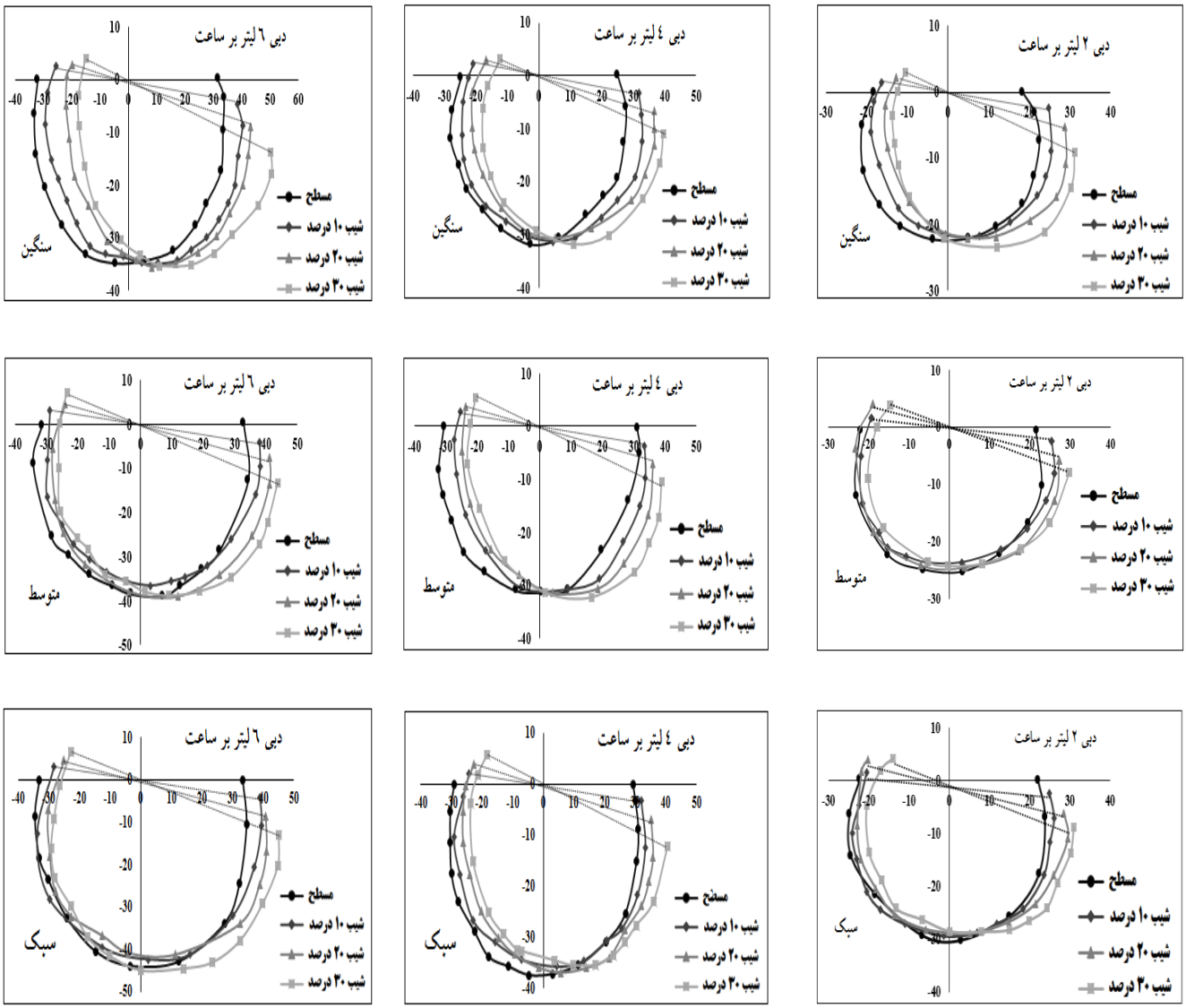
نتایج و بحث

تاثیر شیب بر توزیع الگوی رطوبت

در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای الگوی پیاز رطوبتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است در شکل ۳ الگوی پیاز رطوبتی برای اراضی مسطح و شیبدار برای سناریوهای مختلف دبی و نوع خاک ارائه شده است. نتایج شکل ۳ نشان می‌دهد که گسترش رطوبت در اراضی شیب‌دار بر خلاف اراضی مسطح، در جهت نیروی ثقل (محور قطره‌چکان) نیست. شریف بیان الحق (۱۳۷۶) شیب زمین را عامل گسترش جبهه‌ی رطوبتی در قسمت پایین دست و عامل بازدارندگی آن در قسمت بالادست قطره‌چکان دانسته است. در اراضی مسطح، نیروی مکش موجب گستردگی رطوبت در جهت افقی و نیروی ثقل این رطوبت را به سمت پایین هدایت می‌کند ولی در سطح شیب‌دار گسترش رطوبت در جهت بالادست تحت تأثیر نیروی مکش ونیروی ثقل بوده که نیروی مکش رطوبت را به سمت بالادست کشانده اما نیروی ثقل مانع حرکت به سمت بالادست می‌شود. همچنین به علت عدم غلبه‌ی نیروی مکش بر نیروی ثقل در حرکت رو به بالا، پیشروی جبهه‌ی رطوبتی در بالادست در سطوح شیب‌دار کمتر از سطوح مسطح است (محمدی و همکاران،۱۳۹۲). نتایج این تحقیق نشان داد که تقریباً به همان اندازه که جبهه‌ی رطوبتی به سمت پایین‌دست کشیده شد، به همان اندازه از پیشروی در جبهه‌ی بالا دست کم شد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که در بافت سنگین که با افزایش شیب زمین، اختلاف بین جبهه رطوبتی پایین و بالادست شدیدتر می‌گردد و تأثیر آن در دبی شش لیتر در ساعت نمایان‌تر می‌باشد اما در خاک‌های با بافت سبک و متوسط این اختلاف به مراتب کمتر می‌باشد و جبهه پیشروی رطوبت به سمت بالادست در خاک‌های متوسط و سبک به مراتب بیشتر از خاک‌های رسی می‌باشد. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق تیشه‌زن و همکاران (۱۳۸۵) مطابقت دارد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- مقادیر اندازه‌گیری شده جبهه رطوبتی برای تیمارهای مختلف در اراضی مسطح و شیبدار

تأثیر شیب زمین بر شعاع جبهه رطوبتی

نتایج مربوط به تأثیر شیب زمین برشعاع جبهه‌ی رطوبتی در سه نوع بافت خاک (سبک، متوسط و سنگین)، شیب‌های ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد، دبی‌های ۲، ۴ و ۶ لیتر بر ساعت و برای حجم آب آبیاری ثابت در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در هر سه نوع بافت خاک در زمین شیب‌دار، شعاع جبهه‌ی رطوبتی به طرف پایین دست قطره‌چکان بیشتراز شعاع جبهه‌ی رطوبتی در قسمت بالادست آن می‌باشد، همچنین نتایج حاکی از افزایش شعاع جبهه‌ی رطوبتی در قسمت پایین دست جبهه برای حجم آب آبیاری یکسان با افزایش شیب زمین می‌باشد. این نتایج با نتایج به دست آمده توسط محمدی و همکاران (۱۳۹۲)، تیشه‌زن و موسوی (۱۳۸۵)، پاتل و راج پوت (۲۰۰۹) مطابقت دارد. مطابق با جدول ۲ مقادیر درصد R^- در بافت سنگین بین ۴۹/۲ تا ۸۱/۵ درصد و مقادیر درصد R^+ بین ۱۸/۵ تا ۵۰/۸ درصد بوده است. این مقادیر برای بافت متوسط به ترتیب از ۴۹/۲ تا ۷۶ درصد و ۲۴ تا ۵۰/۸ متغیر و برای بافت سبک به ترتیب از ۴۸/۳ تا ۷۰/۷ درصد و ۲۹/۳ تا ۴۹/۷ متغیر بوده است. بنابر داده‌های جداول مذکور می‌توان نتیجه گرفت که با شیب‌دار شدن زمین، شعاع جبهه‌ی رطوبتی به سمت پایین‌دست قطره‌چکان کشیده می‌شود که با افزایش شیب زمین این گستردگی به سمت پایین‌دست بیش‌تر شده است. به عنوان نمونه در بافت سنگین در دبی دو لیتر بر ساعت در شیب صفر، شعاع جبهه‌ی رطوبتی در

www.SID.ir

Archive of SID

سمت راست قطره‌چکان ۵۰/۷ درصد می‌باشد که این مقدار در شیب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب به مقادیر ۵۹، ۶۸/۸ و ۷۳/۷ رسیده است و در بافت متوسط در دبی چهار لیتر بر ساعت در شیب صفر، شعاع جبهه‌ی رطوبتی در سمت راست قطره‌چکان ۴۹/۲ درصد می‌باشد که این مقدار در شیب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب به مقادیر ۵۷/۶، ۶۳/۶ و ۷۲/۱ رسیده است و همچنین در بافت سبک در دبی شش لیتر بر ساعت در شیب صفر، شعاع جبهه‌ی رطوبتی در سمت راست قطره‌چکان ۵۱/۷ درصد می‌باشد که این مقدار در شیب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب به مقادیر ۵۸/۶، ۶۷/۶ و ۷۰/۷ رسیده است. به صورت کلی نتایج این تحقیق نشان داد که در اراضی مسطح جبهه پیشروی آب به سمت بالا و پایین تقریباً یکسان (جبهه متقارن) می‌باشد پس موقعیت قرار گیری گیاه در کنار قطره‌چکان می‌باشد اما با شیبدار شدن زمین اختلاف شعاع جبهه رطوبتی در قسمت بالادست و پایین دست به مراتب زیادتر می‌باشد (در بعضی تیمارها ۸۰ درصد قطر خیس شده به سمت پایین دست قطره‌چکان منتقل می‌گردد) و یقیناً موقعیت قرارگیری گیاه در اراضی شیبدار بایستی به سمت پایین دست قطره‌چکان باشد تا ریشه گیاه استفاده بهنیه از آب را داشته باشد. پس نتایج جدول ۲ (برای سناریوهای مختلف از نوع خاک، دبی و شیب) می‌تواند به عنوان دستور العمل کلی در طراحی و اجرا سیستم‌های آبیاری قطره‌ای استفاده گردد تا تلفات آب در این سیستم به حداقل برسد و راندمان بهره‌وری آب به حداکثر برسد.

جدول ۲- درصد شعاع جبهه‌ی رطوبتی در قسمت پایین‌دست و بالا دست قطره‌چکان در تیمارهای مختلف مورد بررسی

		شیب زمین (درصد)							
		۰		۱۰		۲۰		۳۰	
		شعاع جبهه‌ی رطوبتی (درصد)							
بافت خاک	دبی (lit/h)	R^-	R^+	R^-	R^+	R^-	R^+	R^-	R^+
سنگین	۲	۵۰/۷	۴۹/۳	۵۹	۴۱	۶۸/۸	۳۱/۲	۷۳/۷	۲۶/۳
	۴	۴۹/۲	۵۰/۸	۵۹/۹	۴۰/۱	۷۰	۳۰	۷۷/۸	۲۲/۲
	۶	۵۰/۴	۴۹/۶	۶۳/۸	۳۲/۲	۷۱/۷	۲۸/۳	۸۱/۵	۱۸/۵
متوسط	۲	۴۹/۸	۵۰/۲	۵۴/۸	۴۵/۲	۵۹/۳	۴۰/۷	۶۸/۲	۳۱/۸
	۴	۴۹/۲	۵۰/۸	۵۷/۶	۴۲/۴	۶۳/۶	۳۶/۴	۷۲/۱	۲۷/۹
	۶	۴۹/۷	۵۰/۳	۶۰/۸	۳۹/۲	۶۹	۳۱	۷۶	۲۴
سبک	۲	۵۰/۳	۴۹/۷	۵۶/۷	۴۳/۳	۵۸/۷	۴۱/۳	۶۶/۳	۳۳/۷
	۴	۵۰/۸	۴۹/۲	۶۱/۵	۳۸/۵	۶۲/۷	۳۷/۳	۶۸/۲	۳۱/۸
	۶	۵۱/۷	۴۸/۳	۵۸/۶	۴۱/۴	۶۷/۶	۳۲/۴	۷۰/۷	۲۹/۳

تأثیر شیب زمین بر عمق جبهه رطوبتی

نتایج مربوط به گسترش عمقی جبهه رطوبتی روی محور عمود بر سطح شیب‌دار در سه نوع بافت خاک (سبک، متوسط و سنگین)، شیب‌های ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد، دبی‌های دو، چهار و شش لیتر بر ساعت و در حجم آبیاری ثابت در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طوری که در جداول مذکور دیده می‌شود، با افزایش شیب، عمق جبهه‌ی رطوبتی کاهش اندکی پیدا می‌کند که این نتیجه با نتایج محمدی و همکاران (۱۳۹۲) و خرمی و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد. همچنین نتایج این جدول نشان می‌دهند که در دبی دو لیتر بر ساعت عمق خیس شده بیش‌تر از عمق خیس‌شده در دبی‌های چهار و شش لیتر بر ساعت می‌باشد، دلیل این امر این است که چون در دبی کمتر شدت آب خارج شده از منبع نقطه‌ای (قطره‌چکان) کم‌تر از شدت آن در دبی‌های بیش‌تر می‌باشد، مقدار رواناب تولید شده در سطح خاک کم‌تر و نفوذ آب به داخل خاک بیش‌تر می‌باشد که این نتیجه با نتایج شریف‌نیا و همکاران (۱۳۸۸)، مصطفی‌زاده و همکاران (۱۳۷۷) مطابقت دارد. عمق جبهه‌ی

www.SID.ir

Archive of SID

رطوبتی در بافت سنگین در دبی دو لیتر بر ساعت از ۲۷/۲۳ سانتی‌متر در شیب صفر درصد به ۱۹/۶۶ سانتی‌متر در شیب ۳۰ درصد، در دبی چهار لیتر بر ساعت از ۲۳/۴ سانتی‌متر در شیب صفر درصد به ۱۸/۵۲ سانتی‌متر در شیب ۳۰ درصد و در دبی شش لیتر بر ساعت از ۲۳/۰۳ سانتی‌متر در شیب صفر درصد به ۱۷/۳۹ سانتی‌متر در شیب ۳۰ درصد رسیده است و در بافت متوسط در دبی دو لیتر بر ساعت از ۲۴/۶۲ سانتی‌متر در شیب صفر درصد به ۲۲/۴۵ سانتی‌متر در شیب ۳۰ درصد، در دبی ۴ لیتر بر ساعت از ۲۲/۷۱ سانتی‌متر در شیب صفر درصد به ۲۰/۹۷ سانتی‌متر در شیب ۳۰ درصد و در دبی شش لیتر بر ساعت از ۲۴/۰۷ سانتی‌متر در شیب صفر درصد به ۱۹/۹۷ سانتی‌متر در شیب ۳۰ درصد رسیده است و همچنین در بافت سبک در دبی دو لیتر بر ساعت از ۲۹/۹ سانتی‌متر در شیب صفر درصد به ۲۷ سانتی‌متر در شیب ۳۰ درصد، در دبی چهار لیتر بر ساعت از ۲۹/۱ سانتی‌متر در شیب صفر درصد به ۲۶/۲ سانتی‌متر در شیب ۳۰ درصد و در دبی شش لیتر بر ساعت از ۲۸/۲ سانتی‌متر در شیب صفر درصد به ۲۵/۳ سانتی‌متر در شیب ۳۰ درصد رسیده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که عمق خیس شده در اراضی شیبدار به مراتب کمتر از اراضی مسطح می‌باشد و این مهم باعث می‌گردد که توسعه عمودی ریشه گیاه به حداقل خود برسد و گیاه مقاومت کافی در برابر شدت باد نداشته باشد (به عنوانیکی از مشکلات کشاورزی در اراضی شیبدار). مطابق با نتایج این جدول (و برای تیمارهای مختلف) می‌توان مقدار بهینه دبی را انتخاب نمود که این مشکل به حداقل برسد. استفاده از نتایج این جدول می‌تواند کمک قابل توجهی به طراحی و اجرای درست سیستم‌های آبیاری قطره‌ای (در راستای استفاده بهنیه از آب، کاهش تلفات و استقرار مناسب گیاه) ایفا کند.

جدول ۳- عمق جبهه‌ی رطوبتی در دبی‌ها و شیب‌های مختلف در بافت سنگین

		شیب زمین (درصد)			
بافت خاک	دبی (lit/hr)	۰	۱۰	۲۰	۳۰
		عمق جبهه‌ی رطوبتی (سانتیمتر)			
سنگین	۲	۲۳/۲۷	۲۲/۳۳	۲۰/۵	۱۹/۶۶
	۴	۲۳/۴	۲۲/۰۳	۲۰/۲	۱۸/۵۲
	۶	۲۳/۰۳	۲۱/۷۴	۱۹/۷	۱۷/۳۹
متوسط	۲	۲۴/۶۲	۲۳/۶۹	۲۲/۶۸	۲۲/۴۵
	۴	۲۲/۷۱	۲۲/۱۵	۲۱	۲۰/۹۷
	۶	۲۴/۰۷	۲۲	۲۱/۲۴	۱۹/۹۷
سبک	۲	۲۹/۹	۲۹/۱	۲۸/۸	۲۷
	۴	۲۹/۱	۲۸/۹	۲۸	۲۶/۲
	۶	۲۸/۲	۲۸/۶	۲۷/۱	۲۵/۳

تأثیر شیب زمین بر عمق حداکثر شعاع جبهه رطوبتی

با توجه به اینکه عمق مربوط به حداکثر شعاع خیس شده یکی از معیارهای طراحی می‌باشد زیرا در طراحی فاصله بین قطره‌چکان‌ها حداکثر قطر خیس شده ملاک ارزیابی می‌باشد و اینکه این حداکثر شعاع خیس شده در چه عمقی اتفاق می‌افتد، برای طراحی حائز اهمیت می‌باشد. پس نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که با تغییر شیب، عمق مربوط به حداکثر شعاع خیس شده نیز تغییر می‌کند. این نتایج برای دبی‌های دو، چهار و شش لیتر بر ساعت و در شیب‌های ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد نشان داده شده است. این عمق برای خاک سنگین در فاصله‌ی بین ۳/۰۴ تا ۷/۳۹ سانتی‌متری، برای خاک متوسط در فاصله‌ی بین ۴/۰۹ تا ۸/۸۷ سانتی‌متری و برای خاک سبک در فاصله‌ی بین ۴/۴۷ تا ۸/۰۸ سانتی‌متری نسبت به سطح زمین بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- عمق مربوط به حداکثر شعاع جبهه‌ی رطوبتی در تیمارهای مختلف آزمایش

		شیب زمین (درصد)			
		۰	۱۰	۲۰	۳۰
بافت خاک	دبی (lit/hr)	عمق حداکثر شعاع جبهه‌ی رطوبتی (سانتیمتر)			
سنگین	۲	۷/۳۹	۶/۹۲	۵/۵۰	۵/۶۳
	۴	۶/۴۳	۵/۵۴	۵/۱۰	۴/۳۳
	۶	۵/۴۷	۴/۳۵	۴/۳۵	۳/۰۴
متوسط	۲	۸/۸۷	۵/۵۰	۷/۶۱	۸
	۴	۴/۰۹	۷/۸۷	۸/۱۰	۶/۶۳
	۶	۴/۶۲	۴/۴۵	۴/۱۲	۵/۵۳
سبک	۲	۶/۳۲	۴/۷۶	۵/۰۹	۴/۴۷
	۴	۸/۰۸	۷/۹۰	۶/۰۴	۷/۲۹
	۶	۵/۱۷	۵/۳۶	۶/۰۲	۵/۱۵

تأثیر شیب زمین بر مساحت جبهه رطوبتی

علاوه بر ابعاد خیس شده (توزیع افقی و عمودی)، مساحت خیس شده پیاز رطوبتی نیز یکی از پارامترهای مهم طراحی در سیستم آبیاری قطره‌ای می‌باشد (کریمی و همکاران (۱۳۹۴)). نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که در سطوح مسطح جبهه‌ی رطوبتی به شکل دایره بوده اما در سطوح شیب‌دار به دلیل این‌که رطوبت در جهت شیب گسترده شده، شکل جبهه‌ی رطوبتی به شکل بیضی درآمده است که این نتیجه با نتایج حیدری (۱۳۹۴)، محمدی و همکاران (۱۳۹۱) و شریف‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) مطابقت دارد. هنگامی که جبهه‌ی رطوبتی به شکل بیضی درمی‌آید، مساحت خیس‌شده در پایین‌دست قطره‌چکان بیش‌تر از مساحت خیس‌شده در بالادست قطره‌چکان شده که با افزایش شیب، این تفاوت مساحت بیش‌تر شده است. در جدول ۵ درصد مساحت جبهه‌ی رطوبتی پایین‌دست و بالادست قطره‌چکان در شیب‌ها و دبی‌های مختلف آورده شده است. نتایج نشان می‌دهندکه در بافت سنگین با توجه به این‌که گسترش رطوبت به سمت پایین‌دست نسبت به خاک‌های متوسط و سبک بیش‌تر است، درصد مساحت پایین‌دست نسبت به بالادست در این بافت بیش‌تر از بافت متوسط و سبک است. به عنوان مثال با توجه به داده‌های جدول ۵ مساحت جبهه‌ی رطوبتی در قسمت پایین‌دست قطره‌چکان در بافت سنگین در دبی دو لیتر بر ساعت از ۵۱/۲ درصد درشیب صفر درصد به ۶۰/۱ درصد درشیب ۱۰ درصد، ۷۱/۶ درصد در شیب ۲۰ درصد و ۷۵/۶ درصد در شیب ۳۰ درصد رسیده است، در بافت متوسط در دبی ۴ لیتر بر ساعت از ۵۱/۱ درصد درشیب صفر درصد به ۵۶ درصد درشیب ۱۰ درصد، ۶۵/۴ درصد در شیب ۲۰ درصد و ۷۰/۹ درصد در شیب ۳۰ درصد رسیده است و در بافت سبک در دبی شش لیتر بر ساعت از ۵۰/۵ درصد درشیب صفر درصد به ۵۹/۴ درصد درشیب ۱۰ درصد، ۶۵/۷ درصد در شیب ۲۰ درصد و ۷۲/۹ درصد در شیب ۳۰ درصد رسیده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- درصد مساحت خیس شده پایین‌دست و بالا دست قطره‌چکان در دبی‌ها و شیب‌های مختلف در بافت‌های مختلف

بافت خاک	دبی (lit/h)	شیب زمین (درصد)							
		۰		۱۰		۲۰		۳۰	
		مساحت جبهه‌ی رطوبتی (درصد)							
		$Area^-$	$Area^+$	$Area^-$	$Area^+$	$Area^-$	$Area^+$	$Area^-$	$Area^+$
سنگین	۲	۵۱/۲	۴۸/۸	۶۰/۱	۳۹/۹	۷۱/۶	۲۸/۴	۷۵/۶	۲۴/۴
	۴	۵۰/۹	۴۹/۱	۶۱/۳	۳۹/۷	۷۲/۱	۲۷/۹	۸۰/۵	۱۹/۵
	۶	۵۰/۶	۴۹/۴	۶۴/۴	۳۵/۶	۷۲/۶	۲۷/۴	۸۴/۹	۱۵/۱
متوسط	۲	۴۹/۸	۵۰/۲	۵۳/۵	۴۶/۵	۵۷/۹	۴۲/۱	۶۵/۴	۳۴/۶
	۴	۵۱/۱	۴۸/۹	۵۶	۴۴	۶۵/۴	۳۸/۲	۷۰/۹	۲۹/۱
	۶	۵۱/۵	۴۸/۵	۵۸/۴	۴۱/۶	۶۶/۴۹	۴۳/۳	۷۶/۴	۲۳/۶
سبک	۲	۴۹/۴	۵۰/۶	۵۲/۸	۴۷/۲	۵۵/۱	۴۴/۹	۶۱/۲	۳۸/۸
	۴	۵۰/۳	۴۹/۷	۵۴/۱	۴۵/۹	۶۱/۸	۳۴/۶	۶۸/۸	۳۱/۲
	۶	۵۱/۵	۴۸/۵	۵۹/۴	۴۰/۶	۶۵/۷	۳۳/۵۱	۷۲/۹	۲۷/۱

نتیجه‌گیری

نتایج نشان دادندکه گسترش رطوبت در اراضی شیب‌دار بر خلاف اراضی مسطح، در جهت نیروی ثقل (محور قطره‌چکان) نیست. اثر شیب بر کشیدگی جبهه‌ی رطوبتی به سمت پایین دست قطره‌چکان در بافت سنگین نسبت به بافت سبک نمایان‌تر است. در هر سه نوع بافت خاک (سنگین، متوسط و سبک) در زمین شیب‌دار، شعاع جبهه‌ی رطوبتی به طرف پایین دست قطره‌چکان بیشتراز شعاع جبهه‌ی رطوبتی در قسمت بالا دست آن می‌باشد. همچنین نتایج حاکی از افزایش شعاع جبهه‌ی رطوبتی در قسمت پایین دست جبهه در حجم آبیاری یکسان با افزایش شیب زمین می‌باشد. در اراضی مسطح جبهه‌ی رطوبتی به شکل دایره بوده اما در سطوح شیب‌دار به دلیل این‌که رطوبت در جهت شیب گسترده شده، شکل جبهه‌ی رطوبتی به شکل بیضی درمی‌آید. هنگامی که جبهه‌ی رطوبتی به شکل بیضی درمی‌آید، مساحت خیس‌شده در پایین‌دست قطره‌چکان بیش‌تر از مساحت خیس‌شده در بالادست قطره‌چکان شده که با افزایش شیب، این تفاوت مساحت بیش‌تر شده است. در بافت سنگین با توجه به این‌که گسترش رطوبت به سمت پایین‌دست نسبت به خاک‌های متوسط و سبک بیش‌تر است، درصد مساحت پایین‌دست نسبت به بالادست در بافت سنگین بیش‌تر از بافت متوسط و سبک است با توجه به این‌که گسترش پیاز رطوبتی در اراضی شیب‌دار در قسمت پایین‌دست و بالادست قطره‌چکان با هم تفاوت دارد، پس طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای در اراضی مسطح و شیب‌دار متفاوت می‌باشد. در اراضی مسطح قطره‌چکان نزدیک به گیاه قرار می‌گیرد اما در راضی شیب‌دار چون گسترش پیاز رطوبتی در قسمت پایین دست قطره‌چکان بیش‌تر از قسمت بالادست آن می‌باشد، جهت استفاده بهینه از آب خارج شده از قطره‌چکان (بایستی گیاه در مرکز پیاز رطوبتی قرار بگیرد) لازم است که قطره چکان بالاتر از گیاه قرار داده شود که مقادیر دقیق آن برای سناریوهای مختلف (برای دبی‌ها، شیب‌ها و خاک‌های مختلف) در این تحقیق ارائه شده است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که برای شیب‌های زیاد توزیع افقی بیشتر شده و از توزیع عمودی کاسته می‌شود و این باعث گسترش افقی ریشه گیاه می‌شود و گیاه مقاومت کافی در برابر شدت باد ندارد پس توصیه می‌شود جهت استحکام بیشتر گیاه در خاک در شیب‌های زیاد از قطره‌چکانهایی با دبی کمتر استفاده شود. نتایج این تحقیق می‌تواند به عنوان یک راهنمای کلی در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در اراضی شیبدار

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده گردد و موقعیت گیاه و قطره‌چکان را به صورت
نسبتاً دقیقی مشخص کند.

فهرست منابع

۱. اسماعیلی ا.، سلطانی محمدی ا. و برومندنسب س. ۱۳۹۴. بررسی ابعاد پیاز رطوبتی آبیاری قطره‌ای نواری در اراضی شیب‌دار. مجله علمی کشاورزی، علوم و مهندسی آبیاری، جلد ۳۹، شماره ۱، صفحات ۱۹۰- ۱۸۱.

۲. خان محمدی ن. و بشارت س. ۱۳۹۵. شبیه‌سازی تجربی ابعاد پیاز رطوبتی بافت‌های مختلف خاک. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، سال بیستم، شماره ۷۷، صفحات ۱۳-۲۳.

۳. شریف‌بیان الحق، م.ح. ۱۳۷۶. توزیع رطوبت در پروفیل خاکاز منبع نقطه‌ای در سطوح شیب‌دار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴. ضیاء تبار احمدی م. ۱۳۷۱. آبیاری قطره‌ای. چاپ اول، انتشارات دانشگاه مازندران، ۳۳۹ صفحه.

۵. علیزاده ا. ۱۳۹۰. اصول طراحی سیستمهای آبیاری تحت فشار. جلد دوم، چاپ پنجم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۶۷ صفحه.

۶. کریمی ب، میرزایی ف و سهرابی ت. ۱۳۹۴. بسط معادلاتی برای برآورد الگوی سطح خیس‌شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به روش تحلیل ابعادی. مجله دانش آب و خاک جلد ۲۵، شماره ۳، صفحه‌های ۲۴۱ تا ۲۵۲.

۷. کریمی ب. و عبدی چ. ۱۳۹۵. شبیه‌سازی الگوی توزیع رطوبت خاک در سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی به روش آنالیز ابعادی. فصلنامه محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۲، شماره ۱. صفحات ۳۷-۵۰.

۸. کریمی ب. و علی‌نظری ف. ۱۳۹۸. شبیه‌سازی پیاز رطوبتی در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با مدل رگرسیون غیرخطی. پژوهش آب در کشاورزی، ب، جلد ۳۳، شماره ۲، صفحات ۳۳۹-۳۲۷.

۹. مصطفی زاده ب.، موسوی ف. و شریف بیان الحق م.ح. ۱۳۷۷. پیشروی جبهه رطوبتی از منبع رطوبتی در سطوح شیب‌دار. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۲، شماره ۳، صفحات ۲۲-۱۳.

۱۰. نصیری ش.، نشاط ع. و کهنوجی، م. ۱۳۹۰. تعیین معادله‌های تجربی برآورد ابعاد پیاز رطوبتی تحت آبیاری قطره‌ای در خاک‌های متوسط – شنی (مطالعه‌ی موردی دشت قائم آباد، کرمان). مجله‌ی مهندسی منابع آب، دوره ۴، شماره ۹، صفحات ۷۸-۹۸.

۱۱. نایب‌لویی ف.، کوچک‌زاده م.، ابراهیمی ک.، همایی م. و عباسی ف. ۱۳۹۴. شبیه‌سازی توزیع دوبعدی رطوبت خاک طی آبیاری قطره‌ای زیر سطحی. تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۶، شماره ۲، صفحات ۲۲۱-۲۲۹.

۱۲. نوروزیان ز.، صدرالدینی ع.ا.، ناظمی ا.ح. و دلیرحسن نیا ر. ۱۳۹۵. بررسی تجربی و عددی توزیع رطوبت خاک در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در خاک‌های لایه‌ای و شیب‌دار. نشریه دانش آب و خاک ، جلد ۲۶، شماره ۴، بخش ۱، صفحات ۲۷- ۱۳.

13. *Al-Ogaidi A.A.M., Wayayok A., Rowshon M.K. and Abdullah, A.F. 2016. Wetting patterns estimation under drip irrigation systems using an enhanced empirical model. Agricultural Water Management, 176: 203–213.*

14. *Herts J., Krogh A. and Palmer R.G. 1990. Introduction to the theory of neural computation. New York. 321 P.*

www.SID.ir

Archive of SID

15. *Huat B.B.K., Ali F.H.J. and T.H. Low. 2006. Water infiltration characteristics of unsaturated soil slope and its effect on suction and stability. Geotechnical and Geological Engineering, 24: 1293-1306.*
16. *Keller J. and Bliesner R. 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation, Van Nostrand Reinhold, New York, 442 P.*
17. *Malek K. and Peters R. T. 2011. Wetting Pattern Models for Drip Irrigation: New Empirical Model. Irrigation and Drainage Engineering, 137(8) 530-536.*
18. *Moncef H .and Khemaies Z. 2016. An analytical approach to predict the moistened bulb volume beneath a surface point source. Agricultural Water Management, 166 :123–129.*
19. *Patel N. and Rajput T.B.S. 2009. Dynamics and modeling of soil water under subsurface drip irrigated onion. Agricultural Water Management, 95(12): 1335-1349.*
20. *Selim T., Bouksila F., Hamed Y., Berndtsson R., Bahri A. and Persson M. 2018. Field experiment and numerical simulation of point source irrigation with multiple tracers. Journal of Plos One. 2: 1-15. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190500.*
21. *Zin El-Abedin K.T., Mohamed A. Mattar. and Alazba A. A. 2015. Soil wetting pattern from subsurface drip irrigation as affected by application of a poly-acrylamide Layer. Irrigation and Drainage. 64: 609–618.*

www.SID.ir

Archive of SID

Assessing Different Wetting Front Patterns for Surface Drip Irrigation Systems in Sloping Lands

B. Karimi [1] *and F. Alinazari

Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
bakhtiar.karimi@gmail.com
MSc Student, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
an.fariba@gmail.com

Abstract

Estimation of wetting front dimensions enhances the water use efficiency and optimal use of water. Since, globally, most of the cultivated lands are not flat, full recognition of the moisture advance front is essential for proper management and operation of surface drip irrigation in these areas. In this study, two physical rectangular cubic models were constructed to measure the soil moisture advance front. The smaller model was used for experiments with lower discharge and the larger model was used for experiments with higher discharge. The experiments were carried out in four different slopes (0, 10%, 20%, and 30%), three soil types with different textures (light, medium, heavy), with three emitter discharges (2, 4 and 6 liters per hour). The results showed that the moisture distribution (for upstream and downstream of the emitter) was different in sloping lands (for different flow rates and different soil texture). Therefore, in relation to the position of the emitter and plant, drip system should be designed differently in the sloping land in comparison to flat lands. According to the nature of the sloping lands, the plant position was downwardly shifted and its exact positions are suggested for different scenarios (for different discharge rates, slopes, and soils) in this study. The results showed that the percent of downstream wetted radius in sloping lands for the three types of heavy, medium, and light textured soils were between 49.2-81.5%, 49.2-76%, and 48.3-70.7%, respectively. These values for the percent of the upstream wetted radius of the emitter ranged between 18.5-50.8%, 24-50.8%, and 29.3-49.7%, respectively. The results of this study can be used as a general guide in the design of drip irrigation systems in sloping land to determine the plant and emitter position relatively accurately.

Keywords: *Wet bulb, Horizontal and vertical moisture distribution, Wetted area, Wetted diameter*

[1] *- Corresponding author: Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan*
**-Received: March 2020 and Accepted: June 2020*

www.SID.ir