بررسی تأثیر بافت خاک و دبی آب آبیاری بر الگوی نفوذ آب از یک منبع نقطه‌ای

کامران پروانک بروجنی[1]، روح‌الله فتاحی نافچی[2] و سیدفرهاد موسوی[3]

چکیده

طراحی آبیاری قطره‌ای و مدیریت این سیستم برای کاهش خسارت‌ها و استفاده درست از آب و مواد مغذی خاک توسط گیاهان نیازمند آگاهی از چگونگی پخش رطوبت خاک در زیر محل تخلیه قطره‌چکان‌ها می‌باشد. شکل (قطر و عمق خاک خیس خورده) و روند پیش‌روی جبهه رطوبتی در خاک در محل تخلیه قطره‌چکان‌ها تابعی از نوع خاک (بافت، ساختمان و هدایت هیدرولیکی خاک)، شدت و مدت زمان کاربرد آب می‌باشد. در این تحقیق، با ساخت یک مدل فیزیکی اثر سه بافت رسی شنی، لوم رسی شنی و شنی لومی، چهار دبی کاربردی ۱/۵، ۳، ۶ و ۹ لیتر در ساعت برای حجم آب آبیاری ۶۰ لیتر بر شکل و روند پیش روی جبهه‌ی رطوبتی در خاک تحت آبیاری قطره‌ای مطالعه شده است. نتایج حاصل از اجرای این تحقیق نشان داد که با افزایش دبی قطره‌چکان سطح خیس شده‌ی جبهه رطوبتی افزایش پیدا می‌کند و روند افزایش بسته به بافت خاک متفاوت خواهد بود. بدین معنی که در خاک با بافت رسی شنی با افزایش دبی سطح خیس شده افزایش بیش‌تری نسبت به دو خاک دیگر نشان داد که این امر سبب می‌شد جبهه رطوبتی در این خاک سطحی‌تر شود. ولی در خاک با بافت شنی لومی جبهه رطوبتی عمقی‌تر (باریک و کشیده‌تر) می‌شد. الگوی پیش‌روی جبهه رطوبتی، در خاک‌های با بافت رسی شنی، لوم رسی شنی و شنی لومی، به ترتیب برای تمام تیمارهای دبی کاربردی نزدیک به شکل نیم‌بیضی، سهمی و پیاز رطوبتی باریک و کشیده مشاهده گردید. با توجه به این‌که با افزایش دبی، سطح خیس شده‌ی جبهه رطوبتی افزایش پیدا می‌کند، در یک حجم مساوی آب آبیاری، در دبی‌های پایین عمق جبهه خیس شده بیش‌تر بود و با افزایش دبی، عمق جبهه خیس شده کم‌تر می‌شد و جبهه رطوبتی سطحی‌تر می‌شد. هم‌چنین نتایج نشان دادکه با افزایش دبی تغییرات مساحت خیس شده کاهش پیدا می‌کند. برای دبی بیش‌تر از ۶ لیتر در ساعت دیده شد که با افزایش دبی مساحت خیس شده افزایش قابل توجهی نداشته است. پس توصیه می‌شود که در طرح‌های آبیاری قطره‌ای از قطره‌چکان‌های با دبی بیشتر از ۶ لیتر در ساعت استفاده نشود.

کلمه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای - جبهه رطوبتی- دبی قطره‌چکان.

۱- استادیار خاک‌شناسی گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری

۲- استادیار گروه آبیاری دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۳- استاد گروه آبیاری داشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت : تابستان ۸۶ تاریخ پذیرش : زمستان ۸۶

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

با وجود اینکه بیش از ۸۰ درصد مصرف آب شیرین دنیا در بخش کشاورزی است، هنوز متوسط بازده آبیاری سطحی و سنتی در دنیا از ۳۴ درصد تجاوز نمی‌کند. از آنجایی که بالاترین مصرف آب دنیا در بخش کشاورزی است اگر تنها ۱۰ درصد بازده آبیاری افزایش یابد بدون سرمایه گذاری در توسعه منابع جدید آب قادر خواهیم بود تمام آب مورد نیاز شرب و صنعت دنیا را تأمین کنیم. هرچند در طی انتقال نیز بخشی از آب هدر می‌رود اما با تمهیداتی که زارعین به کار می‌برند بازده انتقال آب در سطح دنیا معمولاً بیش از ۷۵ درصد است. لذا آنچه باعث کاهش بازده آب آبیاری است مسائل و مشکلات داخل مزرعه و در ارتباط با روابط آب، خاک و گیاه است که مسئولیت آن تنها متوجه زارع نبوده بلکه متخصصان آبیاری و کشاورزی، طراحان سیستم‌های آبیاری و حتی مدیران مزارع و کشاورزی نیز در این امر مسئولیت دارند (علیزاده ۱۳۷۲). پذیرش شیوه‌های جدیدی آبیاری و استفاده از فن‌آوری‌های مناسب برای پیاده کردن این روش‌ها از جمله راه‌های افزایش بازده آب آبیاری و کارایی مصرف آب است. خرد آبیاری یا آبیاری موضعی که به نام آبیاری قطره‌ای معروف است و در آن آب فقط در اختیار گیاه قرار گرفته و از آبیاری بخشی از زمین که فاقد گیاه است خودداری می‌شود از جمله روش‌هایی است که در سال‌های اخیر جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی پیدا کرده است. به نظر می‌رسد این روش بتواند در آینده تا اندازه‌ای پاسخگوی مسآله کم آبی در زراعت باشد. به خصوص این که، در روش مذکور انتقال و جابجایی آب در داخل مزرعه توسط لوله صورت می‌گیرد و از هدرروی آب نیز جلوگیری به عمل می‌آید (Braester,1983 - Jensen,1987). طراحی آبیاری قطره‌ای و مدیریت این سیستم به منظور کاهش تلفات و استفاده مطلوب از آب و مواد مغذی خاک مستلزم آگاهی از چگونگی توزیع رطوبت خاک در زیر محل قطره‌چکان‌ها می‌باشد. در واقع اولین گام برای تضمین عمل آبیاری، تعیین و اندازه‌گیری جبهه رطوبتی است. شکل (قطر و عمق خاک خیس خورده) و سرعت پیش‌روی جبهه رطوبتی در خاک در محل تخلیه قطره‌چکان‌ها تابعی از نوع خاک (بافت، ساختمان و هدایت هیدرولیکی خاک)، شدت و مدت زمان کاربرد آب می‌باشد. جبهه رطوبتی، در محیط‌های همگن و خاک‌های با بافت سنگین به صورت افقی و عمودی و تقریباً با یک سرعت حرکت می‌کند. در خاک‌های با بافت سبک و همگن، حرکت آب بیشتر در جهت عمودی است تا در جهت افقی، که می‌تواند منجر به فرو نشست عمقی گردد. بررسی ساده مزرعه‌ای، مطمئن‌ترین راه تعیین سطح خاک خیس شده در طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای، می‌باشد(Braester,1983 - Cindy,1996 - Zur ,1996).

Angelakis & all,(1993) پخش آب در نیم‌رخ خاک را در دو نوع خاک لوم رسی و شنی تحت یک منبع قطره‌ای مطالعه کردند و اثر شدت جریان و نوع خاک بر وضعیت جبهه رطوبتی و توزیع آب در خاک را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که گسترش افقی جبهه رطوبتی پیش‌بینی شده با

Archive of SID

www.SID.ir

رقم‌های اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌دار داشت. *Hacham,(1996)* اثر نوع خاک و شدت کاربرد آب از یک منبع قطره‌ای خطی را با فرض حرکت دو بعدی آب مطالعه کرده و نتیجه گرفت که در یک حجم مساوی از آب کاربردی افزایش شدت جریان باعث افزایش گسترش افقی و کاهش گسترش عمودی جبهه رطوبتی خاک می‌شود. نام برده هم‌چنین نتیجه‌گیری کرد که حجم خاک خیس خورده برای یک منبع قطره‌ای در هر زمان را می‌توان به شکل حجم حاصل از دوران یک نیم بیضی حول قطر بزرگ آن دانست. Roth & all, *(1974)* پخش رطوبت و الگوی خیس شدگی را با انجام آزمایش صحرایی در خاک شنی در دوره‌های مختلف آبیاری و شدت‌های متفاوت مورد مطالعه قرار داد و نتیجه گرفت که حجم کل خاک خیس شده بیش‌تر تابع مقدار آب به کار برده شده است تا زمان کاربرد آب. Koo & all,*(1975)* آزمایش‌های متعددی را برای مقایسه میزان رطوبت خاک از یک منبع خطی در خاک‌های با بافت مختلف انجام دادند. همین افراد نتیجه گرفتند که در خاک‌های ریز بافت حرکت افقی نسبت به خاک‌های درشت بافت بیش‌تر است و بیش‌ترین گسترش افقی پیاز رطوبتی بین ۰/۶ تا ۱/۵ متر به ترتیب برای خاک‌های سبک و سنگین قابل تغییر است. Rahimzadegan, *(1977)* طبق بررسی‌ها در مورد حرکت آب در خاک از یک منبع نقطه‌ای چنین نتیجه گرفت که به هنگام شروع جریان الگوی خیس شدگی توسط نیروی موئینگی کنترل می‌شود ولی با افزایش عمق خیس شده اثر گذاری نیروی ثقل بیش‌تر می‌شود. Levin & all, (1979) شکل هندسی بیضی سر بریده را برای مقطع خیس خورده خاک از یک منبع نقطه‌ای پیشنهاد کردند. Schwartzman & all,(1986) در تحقیقی برای مشخص کردن فاصله بهینه خروجی‌ها و حجم خاک خیس خورده در زیر هر قطره چکان، عمق خاک خیس شده و بیش‌ترین عرض ناحیه خیس خورده را تابعی از حجم آب کابردی، دبی قطره چکان و هدایت هیدرولیکی خاک بیان کرد و یک رابطه تجربی برای این منظور ارائه داده‌اند. Alikhan & all, (1996) پخش آب در نیم‌رخ خاک را تحت یک منبع نقطه‌ای مطالعه کرده و اثر شدت جریان، حجم و غلظت املاح آب آبیاری را بر وضعیت جبهه رطوبتی و توزیع آب در خاک مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها از سه دبی ۱/۵، ۲ و ۲/۵ لیتر در ساعت، سه حجم ۱۵، ۲۰ و ۲۵ لیتر و سه غلظت املاح ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند حجم خیس شده با افزایش دبی قطره چکان و حجم آب آبیاری افزایش می یابد. در دبی‌های کمتر حجم خیس شده از عمق بیش‌تری برخوردار بوده ولی در دبی‌های بیش‌تر، پیش‌روی افقی افزایش یافته و از عمق خیس شده کاسته می‌شود ولی در مجموع در دبی‌های کم‌تر حجم خیس شده افزایش پیدا می‌کند. هم‌چنین دریافتند غلظت املاح در خاک با افزایش غلظت املاح آب آبیاری افزایش می‌یابد.Or & all,(1996), Coelho & all,(1997) با بررسی جریان غیر ماندگار از یک منبع نقطه‌ای در شرایط مزرعه و آزمایشگاه، به وابستگی مستقیم حجم خیس شده خاک و حجم آب مصرفی

Archive of SID

www.SID.ir

پی‌برد. آن‌ها الگوی خیس شدن خاک را هم در شرایطی کـه منبـع قطـره‌ای روی سـطح زمـین و هـم در شرایطی که منبع قطره‌ای در زیر سطح زمین واقع بود، مورد بررسی قرار دادند. در شرایط منبـع سـطحی، در بافت‌های سبک الگوی خیس شدن خاک دارای مقطع نیم بیضی و در بافت‌های سنگین سـهمی شـکل، مشابه پیاز خوراکی می‌باشد. در شرایط منبع زیر سطحی الگوی خـیس‌شـدگی خـاک دارای مقطـع کمـی دایـره‌ای بـا مرکزیـت منبـع آب اسـت. مطالعـات فـوق و سـایر مطالعـات انجـام شـده(مـصطفی زاده و همکاران،۱۳۷۷- Cindy & all,1996 - Braester, 1983 - Zur , 1996) در ایـن زمینـه نـشان دهنده‌ی اهمیت بررسی چگونگی پیش‌روی جبهه رطوبتی از یک منبع نقطه‌ای در سیستم آبیاری قطره‌ای است تا بتوان این سیستم را با توجه به شرایط مزرعه به نحوی طراحی نمود که در حالی که کمبود رطوبت ناحیه ریشه گیاه تأمین می‌شود حداقل هدر روی و حداکثر بازده آب آبیاری حاصل شود. بنابراین توجه بـه موارد فوق الذکر، هدف اصلی تحقیق حاضر بررسی تأثیر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک و الگـوی کـاربرد آب (شدت و حجم آب آبیاری) تحت آبیاری قطره‌ای بر وضعیت پیش‌روی جبهه رطوبتی در خاک می‌باشد.

مواد و روش ها

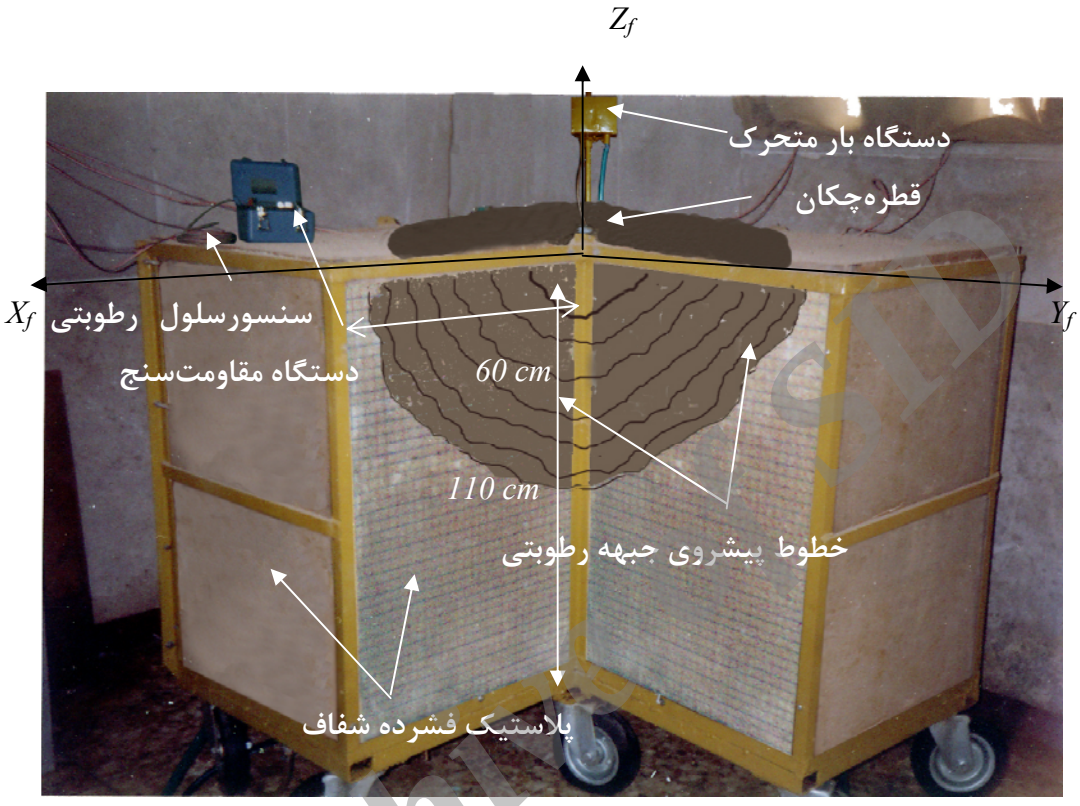
برای مشاهده مستقیم، اندازه‌گیری و ثبت روند پیش روی جبهه رطوبتی در خاک تحت آبیاری قطره‌ای، از ورقه‌هایی از جنس پلاستیک فشرده شفاف استفاده شد. بنابراین پس از تهیه ورقه‌های پلاکسی گـلاس، ورقه‌ها به ابعاد نشان داده شده در شکل (۱) برش داده شدند و به یکدیگر وصل شدند و یک مدل فیزیکـی شبیه شکل (۱) ساخته شد. ابعاد انتخاب شده مدل فیزیکی با توجه به فاصله‌های قطره‌چکان‌ها در شـرایط عادی و عمق ریشه گیاهان معمولی انتخاب شده‌اند. هم‌چنین برای مشاهده و اندازه‌گیری موقعیـت جبهـه پیش‌روی رطوبت در امتداد محورهای سه گانه X_f ، Y_f و Z_f لازم است که از دو ضلع مـدل فیزیکـی از هر کدام یک قطعه به ابعاد ۹۰×۶۰ سانتی‌متری جدا شود. به عبارتی $\frac{1}{4}$ مدل (باکس) تهیه شده حذف شد.

برای بررسی اثر بافت خاک بر وضعیت پیش‌روی جبهه رطوبتی از یک منبع نقطه‌ای، سه نوع خـاک بـا بافت رسی شنی، لوم رسی شنی و شنی لومی از اراضی زراعی دشت شهرری انتخاب شد. از اراضـی زراعـی این دشت نمونه‌برداری از اعماق ۰ تا ۵۰ سانتی‌متری خاک در ۱۲ نقطه انجام شد و حدود ۲۰۰۰ کیلوگرم خاک از هر بافت خاک تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های هر رده بافت خاک پس از خشک کـردن در مجاورت هوا، به آرامی کوبیده و برای جمع‌آوری خاک‌دانه‌هـای پایـدار (خـاک‌دانـه‌هـای دارای قطـر ۸ میلی‌متر) از الک ۸ میلی‌متری عبور داده شد. تجزیه‌های فیزیکی بر روی نمونه‌های خاک عبور داده شـده

Archive of SID

www.SID.ir

از الک ۲ میلی‌متری برای هر رده بافت خاک بر طبق روش‌های استاندارد انجام شد (*Page, 1992*) که نتایج آن در جدول(۱) آمده است.



شکل۱- نمای مدل فیزیکی طراحی شده و موقعیت پیش‌روی جبهه‌ی رطوبتی تحت آبیاری قطره‌ای

یکی از فاکتورهای مؤثر بر وضعیت پیشروی جبهه رطوبتی تشکیل شده از یک منبع نقطه‌ای، دبی قطره‌چکان‌ها می‌باشد. در این تحقیق تأثیر چهار دبی ۱/۵، ۳، ۶ و ۹ لیتر در ساعت مورد بررسی قرار گرفت. قطره‌چکان مورد استفاده از نوع تنظیم شونده انتخاب شد. دبی قطره‌چکان به روش حجمی با استفاده از یک استوانه مدرج و کرنومتر تنظیم شد.

آزمایش‌ها به شرح زیر انجام گرفت.

ابتدا کف مدل فیزیکی ساخته شده منافذی برای فراهم شدن امکان زهکشی آزاد خاک تعبیه و با لایه‌ای به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر از شن مخلوط پوشانده شد. برای هر نوع خاک یک بار به میزان گنجایش مدل، خاک عبور داده شده از الک ۸ میلی‌متری به صورت دستی و کم‌کم به داخل محفظه مدل ریخته شد و به صورت یکنواخت در داخل آن پخش شد. در ریختن خاک به داخل مدل نهایت دقت در ایجاد

Archive of SID
www.SID.ir

یکنواختی و تراکم صورت گرفت و سعی شد که وزن مخصوص ظاهری خاک در تمام نقاط داخل مدل ثابت بماند. برای این کار پس از ریختن مقداری خاک درداخل مدل، به کمک یک غلتک دستی به وزن ۸ کیلوگرم، خاک را چندین بار در جهات مختلف غلتک زده تا یکنواختی تراکم ایجاد شود. عملیات فوق تا پر شدن کامل مدل ادامه داشت. هم‌چنین برای بازگشت ساختمان، خاک درون مدل یک بار با وارد نمودن آب از کف اشباع گردید و مدت یک هفته در هوای آزاد قرارداده شد تا رطوبت خود را از دست بدهد.

قبل از آبیاری، میزان رطوبت خاک داخل مدل با استفاده از سنسورهای حساس به رطوبت اندازه‌گیری شد. برای کار سنسورهایی را در سه گوشه مدل و در عمق‌های ۱۵، ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری طوری جاسازی کرده که هر سنسور به طور کامل با خاک درتماس باشد. البته سنسورها قبل از نصب واسنجی می‌شدند.

هنگامی که متوسط مقاومت الکتریکی خوانده شده توسط سنسورهای جاسازی شده در عمق‌هایی که در بالا گفته شد، معادل ۵۰ درصد آب قابل استفاده برای هر کلاس بافت خاک را نشان می‌داد، با استفاده از لوله پلاستیکی و دستگاه بار متحرک شدت جریان‌های ۱/۵، ۳، ۶ و ۹ لیتر بر ساعت تنظیم و به کار برده شد. آبیاری برای هر کدام از شدت جریان‌هایی که در بالا گفته شد برای حجم ۶۰ لیتردر سه تکرار انجام شد. لازم به ذکر است قطره‌چکان در مرکز مدل قرار داده شد. در طی آبیاری، موقعیت پیش‌روی جبهه رطوبتی که با تغییر رنگ خاک همراه است، از پشت دیواره پلاکسی گلاس شفاف قابل دیدن بود. شکل (۱) نمایی از پیش‌روی جبهه رطوبتی را در حین آزمایش نشان می‌دهد. وضعیت پیش‌روی جبهه‌ی رطوبتی در امتداد محورهای سه گانه X_f، Y_f و Z_f در زمان‌های مختلف، از زمان شروع تا پایان زمان آبیاری، با ماژیک بر روی ورقه‌های پلاکسی گلاس علامت‌گذاری می‌گردید. ۲۴ ساعت پس از قطع آبیاری با چسباندن کاغذ کالک شبکه‌بندی شده با شبکه‌های ۰/۵×۰/۵ سانتی‌متر بر روی صفحه‌ی پلاکسی گلاس، خط‌های جبهه‌های پیش‌روی رطوبت به طور مستقیم به صفحه کاغذ کالک منتقل شد. سپس از روی کاغذ کالک، برای هر کدام از خط های جبهه‌ی پیش‌روی رطوبت که در زمان‌های مختلف از شروع آبیاری رسم شده‌اند، قطر مقطع مرطوب شده (X_f) و عمق در نظر گرفته شده با آن مقطع اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است، چون آزمایش‌های فوق الذکر برای اعمال هر دبی در محیط آزمایشگاه و در زمان کوتاهی انجام می‌شد لذا به دلیل ناچیز بودن میزان تبخیر و تعرق، از این پارامتر صرف نظر شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج

۱- ویژگی‌های فیزیکی خاک‌های مورد مطالعه

نتایج تجزیه‌های فیزیکی خاک‌های مورد مطالعه در جدول(۱) درج گردیده است. به طوری که ملاحظه می‌شود، بافت خاک‌های مورد مطالعه به ترتیب به نسبت سنگین (رسی شنی)، متوسط (لوم رسی شنی) و به نسبت سبک (شنی لومی) می‌باشد. وزن مخصوص ظاهری برای خاک‌های فوق به ترتیب ۱/۳۴، ۱/۵۸ و ۱/۷۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب اندازه‌گیری شده است. ضریب آب‌گذری اشباع در خاک رسی شنی، لوم رسی شنی و شنی لومی به ترتیب ۰/۷۸، ۱/۹۵ و ۲/۷۸ سانتی‌متر در ساعت می‌باشد.

جدول ۱ – ویژگی‌های فیزیکی خاک‌های مورد مطالعه

بافت خاک	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3)	تخلخل (٪)	ضریب آبگذری اشباع (cm/hr)	رطوبت وزنی(٪)	
							حد ظرفیت مزرعه (FC)	حد پژمردگی دائم (PWP)
شنی رسی	۴۵	۱۷	۳۸	۱/۳۴	۴۲/۵	۰/۷۸	۳۲	۱۷
لوم رسی شنی	۵۵	۱۵	۳۰	۱/۵۸	۳۹	۱/۹۵	۲۲	۱۳
شنی لومی	۷۶	۱۶	۸	۱/۷۲	۳۱/۵	۲/۸۷	۱۷	۸

۲- تأثیر دبی قطره چکان و بافت خاک بر وضعیت پیش‌روی جبهه رطوبتی

برای دیدن تأثیر دبی قطره‌چکان بر وضعیت پیش‌روی جبهه رطوبتی در خاک‌های مورد مطالعه، شکل‌های (۲الف) تا (۲ج) تهیه شده است. هم‌چنین شکل‌های (۳الف) تا (۳د) که تغییرات پیش‌روی جبهه رطوبتی را تحت تیمارهای مختلف دبی کاربردی (۱/۵، ۳، ۶ و ۹ لیتر در ساعت) و برای حجم آب آبیاری ۶۰ لیتر نشان می‌دهد تهیه شد. در ادامه بحث اثر پارامترهای مختلف بر وضعیت پیش‌روی جبهه رطوبتی بررسی می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

۱- تأثیر دبی قطره‌چکان بر وضعیت پیش‌روی جبهه رطوبتی

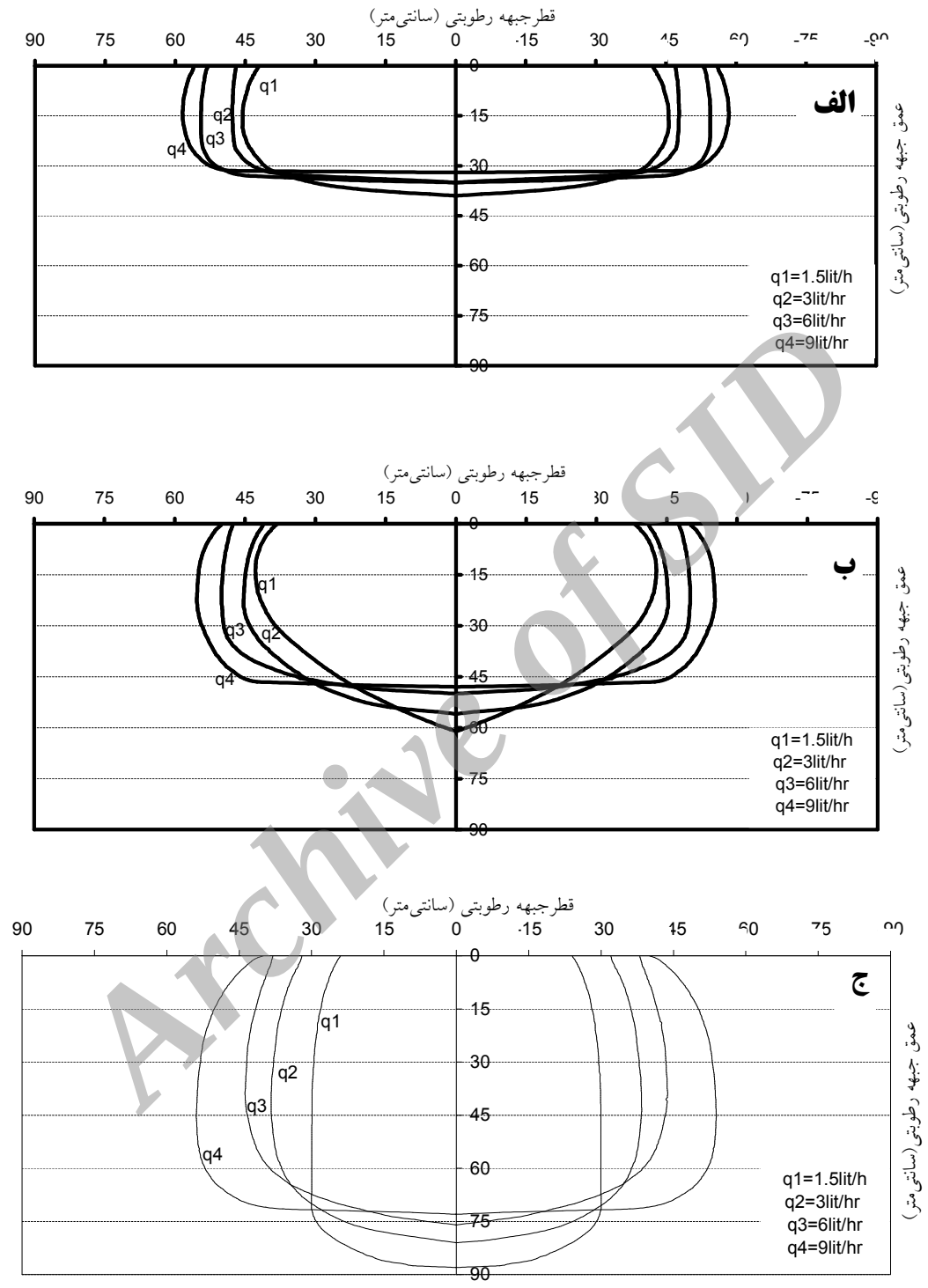
شکل‌های (۲الف) تا (۲ج) تغییرات الگوی خیس شدن (وضعیت پیشروی) جبهه رطوبتی را تحت تیمارهای مختلف دبی کاربردی (۱/۵ ، ۳ ، ۶ و ۹ لیتر در ساعت) و برای حجم آب آبیاری ۶۰ لیتر نشان می‌دهند. از تفسیر این شکل‌ها نکات زیر حاصل می‌شود که عبارتند از:

۱ـ با افزایش دبی، در هر سه کلاس بافت خاک، متوسط مقدار مساحت خیس شده در همه تیمارها افزایش می‌یابد به نحوی که کم‌ترین مساحت خیس شده مربوط به دبی ۱/۵ لیتر در ساعت و بیش‌ترین مساحت خیس شده مربوط به دبی ۹ لیتر در ساعت می‌باشد. با توجه به اینکه پتانسیل نفوذ آب در خاک مقدار مشخصی است وقتی که دبی خروجی از قطره‌چکان کم است تمام یا بخش اعظم آب داده شده به خاک به صورت عمودی نفوذ می‌کند و عامل افقی جبهه رطوبتی از اهمیت کم‌تری برخوردار است. با افزایش دبی، آب رها شده در سطح و یا لایه سطحی خاک افزایش پیدا می‌کند و باعث افزایش سطح خیس شده افقی می‌شود. با توجه به ثابت بودن حجم آب آبیاری، با افزایش مساحت خیس شده عمق نفوذ یافته آب کاهش یافته و جبهه رطوبتی از عمق کمتری برخوردار خواهد بود. پس می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش دبی مساحت خیس افزایش یافته، عمق نفوذ آب کاهش یافته و جبهه رطوبتی سطحی‌تر خواهد شد.

بر اساس مطالعات *Rahimzadegan, (1977)* بر روی حرکت آب در خاک تحت یک منبع نقطه‌ای، نشان داد که جبهه خیس شده با دبی‌های کم به نسبت عمیق‌تر و با دبی‌های بیش‌تر، سطحی‌تر خواهد بود. در مطالعه *Hacham,(1996)* که تأثیر حجم مساوی آب آبیاری بر روی جبهه رطوبتی ناشی از منبع نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت، دیده شد که افزایش شدت جریان، طول خیس شده افقی را افزایش داده و عمق خیس شده خاک را کاهش می‌دهد و الگوی خیس شدگی برای یک منبع قطره‌ای، در هر زمان می‌تواند نزدیک به نیم بیضی باشد. همچنین بر اساس مطالعات . *(1974 ,Roth &t all* برای دوره‌های مختلف آبیاری و شدت جریان‌های متفاوت، مقدار رطوبت برای شدت جریان‌های بزرگ‌تر در مقایسه با شدت جریان‌های کوچک‌تر، کمی بیش‌تر بوده و حجم خاک خیس شده بیش‌تر تابع مقدار آب به کار رفته است تا زمان کاربرد آب. نتایج هر سه تحقیق فوق *(Hacham, Rahimzadegan, 1977 - 1996 -Roth & all, 1974)* به دلیل شباهت با نتایج این مطالعه تأکیدی است بر نتایج به دست آمدن از این بررسی.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- تأثیر دبی قطره‌چکان بر وضعیت پیش‌روی جبهه رطوبتی در خاک
الف) رسی شنی، ب) لوم رسی شنی و ج) شنی لومی با حجم آب آبیاری ۶۰ لیتر

Archive of SID
www.SID.ir

۲ـ با توجه به شکل‌های (۲الف و۲ب) دیده می‌شود که برای خاک‌های رسی شنی و لوم رسی شنی وقتی دبی از ۱/۵ به ۶ لیتر در ساعت افزایش پیدا می‌کند مساحت خیس شده در سطح خاک و زیر سطح خاک نسبت به افزایش دبی از ۱/۵ به ۹ لیتر در ساعت افزایش بیش‌تری نشان داده است. هم‌چنین در خاک شنی لومی (شکل ۲ ج) دیده می‌شود وقتی دبی از ۱/۵ به ۶ لیتر در ساعت افزایش پیدا می‌کند مساحت خیس شده در سطح خاک و زیر سطح خاک نسبت به افزایش دبی از ۱/۵ به ۹ لیتر در ساعت افزایش بیش‌تری نشان داده است. پس می‌توان نتیجه گرفت که در هر سه کلاس بافت خاک با افزایش دبی تغییرهای مساحت خیس شده کاهش پیدا می‌کند زیرا با افزایش دبی قطر و سطح خیس شده بیش‌تر شده و نفوذ عمودی و پیش‌روی افقی از سطح بزرگ‌تری انجام می‌گیرد و با توجه به ثابت بودن حجم آب آبیاری با افزایش دبی تغییرات سطح خیس شده کاهش می‌یابد.

۳- با توجه به شکل (۲ ج) مشاهده می‌شود در خاک شنی لومی در دبی ۹ لیتر در ساعت مساحت خیس شده زیر سطح خاک نسبت به دبی‌های ۱/۵، ۳ و ۶ لیتر در ساعت افزایش بیش‌تری نشان داده است که به دلیل نفوذپذیری زیاد این خاک است. زیرا تا دبی ۶ لیتر در ساعت خاک عامل محدودکننده نفوذ عمودی نبوده و قسمت اعظم آب به صورت عمودی نفوذ کرده ولی برای دبی بیش‌تر از ۶ لیتر در ساعت آب بیش‌تری بر روی سطح خاک رها شده که بیشتر از پتانسیل نفوذ عمودی خاک بوده و باعث افزایش مساحت خیس شده می‌شود.

با توجه به موارد بالا می‌توان نتیجه گرفت که به طور کلی افزایش دبی باعث افزایش مساحت خیس شده در هر سه بافت خاک مورد مطالعه شده است. ولی با افزایش دبی تغییرات مساحت خیس شده کاهش می‌یابد. برای دبی بیش‌تر از ۶ لیتر در ساعت دیده می‌شود که با افزایش دبی مساخت خیس شده افزایش قابل توجهی نداشته است. پس توصیه می‌شود که در طرح‌های آبیاری قطره‌ای از قطره‌چکان‌های با دبی بیش‌تر از ۶ لیتر در ساعت استفاده نشود چون اول این که در دبی‌های بیشتر از ۶ لیتر در ساعت مقداری آب در سطح خاک جمع می‌شود و باعث افزایش تبخیر از سطح خاک می‌شود و باعث پایین آمدن راندمان آبیاری می‌شود. دوم اینکه باعث افزایش هزینه‌های اولیه طرح می‌شود.

۲- تأثیر بافت خاک بر وضعیت پیشروی جبهه رطوبتی

شکل‌های (۳ الف) تا (۳ د) تغییرات پیش روی جبهه رطوبتی را تحت تیمارهای مختلف دبی کاربردی (۱/۵، ۳، ۶ و ۹ لیتر در ساعت) و برای حجم آب آبیاری ۶۰ لیتر نشان می‌دهد. از بررسی این شکل‌ها نتایج زیر به دست می‌آید که عبارتند از:

Archive of SID

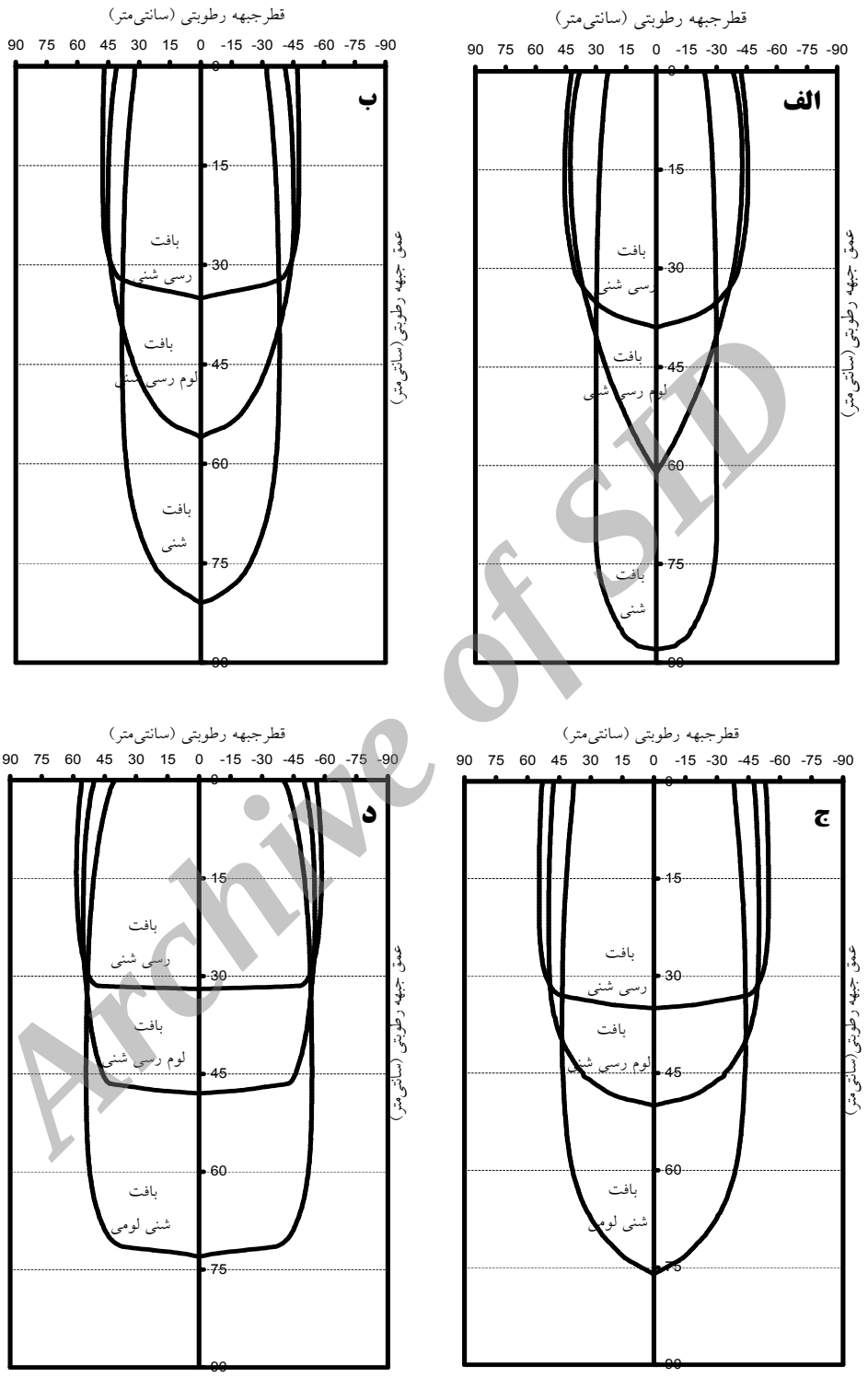
www.SID.ir

۱ـ همانطور که در شکل‌های (۳الف) تا (۳د) دیده می‌شود، میزان سطح خیس شده در سطح خاک در خاک با بافت رسی شنی بیش‌تر از خاک لوم رسی شنی و شنی لومی می‌باشد. در این خاک (رسی شنی) سرعت نفوذ افقی در سطح بیشتر از نفوذ عمودی است و یا به دلیل نفوذ کم عمودی، آب در سطح پخش می‌شود. چون خاک مذکور داری بافت ریز می‌باشد حرکت آب بیش‌تر تحت تأثیر نیرویی است که ذرات خاک به آن وارد می‌کنند و کم‌تر تحت تأثیر نیروی ثقل است. خاک به عنوان یک عامل محدود کننده حرکت عمودی آب عمل کرده و باعث افزایش نفوذ افقی در سطح خاک شده است. به طورکلی می‌توان گفت با سنگین شدن بافت خاک در کلیه دبی‌های کاربردی، اندازه قطر خیس شده افزایش می‌یابد لذا با توجه به محدود بودن حجم آب آبیاری می‌توان نتیجه گرفت با سنگین شدن بافت خاک سطح خیس شده افزایش یافته و جبهه رطوبتی از عمق کم‌تری برخوردار است. هم چنین الگوی پیش‌روی جبهه رطوبتی، در خاک با بافت رسی شنی برای تمام تیمارهای دبی کاربردی تقریباً به شکل نیم بیضی می‌باشد.

۲ـ در خاک با بافت لوم رسی شنی اختلاف کمی بین سطح خیس شده در سطح و در عمق خاک وجود دارد و با افزایش دبی کابردی این اختلاف کاهش می‌یابد(شکل‌های ۳الف تا ۳د). چون در ابتدا با توجه به اینکه سطحی که آب از آن نفوذ می‌کند کم است لذا شدت پخش آب بیش‌تر از سرعت نفوذ آب در خاک است و باعث افزایش سطح خیس شده افقی می‌شود ولی با گذشت زمان و نیز افزایش دبی کاربردی سطح خیس شده در سطح (سطحی که آب از آن نفوذ می‌کند) به قدر زیادی می‌شود که شدت پخش کمتر از مقدار نفوذ عمودی می‌شود و چون خاک هم از آب اشباع است حرکت آب بیش‌تر تحت تأثیر نیروی ثقل قرار می‌گیرد و حرکت در جهت افقی کاهش می‌یابد و قسمت اعظم آب به صورت عمودی نفوذ می‌کند که این باعث می‌شود که سطح خیس شده در عمق (گسترش عمودی جبهه رطوبتی) نسبت به سطح خاک تا حدودی افزایش پیدا کند. هم‌چنین الگوی پیش‌روی جبهه رطوبتی در این خاک (لوم رسی شنی) برای تمام تیمارهای دبی کاربردی تا حدی سهمی شکل می‌باشد (شکل‌های ۳ الف تا ۳ د).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۳- تأثیر بافت خاک بر وضعیت پیش‌روی جبهه رطوبتی در حجم آب آبیاری ۶۰ لیتر با دبی کاربردی الف) ۱/۵، ب)۳، ج)۶ و د) ۹ لیتر در ساعت.

Archive of SID
www.SID.ir

۳ـ با سبک شدن بافت خاک (خاک با بافت شنی لومی) در کلیه دبی‌های کاربردی، سطح خیس شده در سطح خاک کاهش یافته و جبهه رطوبتی از عمق بیش‌تری برخوردار است (شکل‌های ۳ الف تا ۳ د). در این خاک چون نفوذپذیری عمودی زیاد است ذرات خاک در مقابل حرکت عمودی مقاومت زیادی نشان نمی‌دهند و نیروی ثقل اثر بیش‌تری بر روی حرکت آب دارد و حرکت افقی آب کم‌تر است که این باعث کاهش مساحت خیس شده نسبت به دو خاک دیگر شده است. هم‌چنین علت کم بودن سطح خیس شده در سطح خاک این است که از سطح خاک به طرف پایین نفوذپذیری عمودی خاک‌ها کاهش پیدا می‌کند (در لایه‌های پایینی خاک فشرده‌تر است) بنابراین آبی که از لایه سطحی نفوذ می‌کند در لایه‌های زیر نمی‌تواند با آن شدت، حرکت عمودی داشته باشد. در نتیجه به صورت افقی حرکت می‌کند. هم‌چنین الگوی پیش‌روی جبهه رطوبتی در این خاک (شنی لومی) برای کلیه دبی‌های کاربری به شکل پیاز رطوبتی باریک و کشیده می‌باشد (شکل‌های ۳ الف تا ۳ د).

بر اساس مطالعات انجام شده (مصطفی‌زاده و همکاران۱۳۷۷، علیزاده ۱۳۷۲) با سنگین شدن بافت خاک قطر خیس شده‌ی جبهه رطوبتی افزایش می‌یابد و عمق جبهه رطوبتی کاهش می‌یابد. برعکس در خاک‌های سبک، حرکت جانبی آب نسبت به خاک‌های با بافت ریز کم‌تر است و جبهه‌ی رطوبتی از عمق بیش‌تر و قطر کم‌تری برخوردار است. هم‌چنین Or & all,(1996), Coelho & all,(1997) با بررسی جریان غیر ماندگار از یک منبع نقطه‌ای در شرایط مزرعه و آزمایشگاه، الگوی خیس شدن خاک را در شرایطی که منبع قطره‌ای روی سطح زمین واقع بود مورد بررسی قرار داد. او نتیجه گرفت در بافت‌های سنگین و متوسط، الگوی خیس شدن خاک به ترتیب دارای مقطع نیم بیضی و سهمی شکل می‌باشد و در بافت‌های سبک به صورت عمودی و باریک است. نتایج بررسی‌های بالا (مصطفی‌زاده و همکاران۱۳۷۷ - علیزاده۱۳۷۲-Or & all, 1996 - Coelho & all 1997) به دلیل شباهت با نتایج این مطالعه تأکیدی است بر نتایج حاصل از این تحقیق.

به طور کلی در خاک‌های با بافت سنگین پتانسیل نفوذ آب در خاک نسبت به خاک‌های با بافت سبک از مقدار کم تری برخوردار است. در خاک‌های با بافت سبک به دلیل وجود ذرات درشت‌تر و دارا بودن خلل و فرج و معابر بزرگ‌تر، آب به راحتی نفوذ کرده و تا اعماق خاک پیش‌روی می‌کند. در حالی که، در خاک‌های با بافت ریز، کوچک بودن ذرات خاک و همچنین خلل و فرج و معابر، یک نیروی مقاوم در مقابل نفوذ عمقی آب محسوب می‌شود. با توجه به اندازه ذرات و وضعیت خلل و فرج خاک، عامل تعیین‌کننده و مؤثر در حرکت و جابجایی آب در خاک‌های با بافت سنگین نیروی موئینگی و در خاک‌های با بافت سبک نیروی ثقل می‌باشد. این بدان معنی است که در خاک‌های شنی جبهه رطوبتی به صورت عمودی و باریک

Archive of SID

www.SID.ir

ولی در خاک‌های رسی به صورت نیم بیضی کوچک یا بزرگی است که مرکز آن در زیر قطره‌چکان قرار دارد. البته مرطوب شدن ناحیه ریشه به ندرت از این الگوها پیروی می‌کند.

پیشنهادها

با توجه به نتایج به دست آمده تحت شرایط حاکم بر انجام تحقیق حاضر، موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

۱- در مناطقی که خاک سنگین است و پتانسیل بالایی در ایجاد رواناب سطحی دارند، بهتر است از قطره‌چکان با دبی ۱/۵ یا ۳ لیتر در ساعت استفاده شود. قطره‌چکان با دبی ۶ لیتر در ساعت یا بیش‌تر در این خاک‌ها مناسب نیست.

۲- در مناطقی که بافت خاک سبک بوده و فرونشت آب و مواد غذایی از محیط توسعه ریشه مسئله آفرین است، بهتر است از قطره‌چکان با دبی ۶ لیتر در ساعت و یا بیش‌تر استفاده شود. زیرا کاربرد دبی‌های بزرگ‌تر باعث می‌شود جبهه رطوبتی پهن‌تر، سطحی‌تر و نفوذ عمقی کم‌تر شود. قطره‌چکان با دبی ۳ لیتر در ساعت در این خاک‌ها مناسب نیست.

۳- پیشنهاد می‌شود که داده‌های لازم و مؤثر بر وضعیت پیش‌روی جبهه رطوبتی خاک برای سایر بافت‌های خاک تهیه و جمع‌آوری شود. در این صورت می‌توان یک مدل جامع برای هر ۱۲ بافت موجود در مثلث بافت خاک طراحی نمود که قابل کاربرد در همه نقاط باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

- مصطفی زاده، ب، س. ف.، موسوی و م. ح شریف بیان الحق. ۱۳۷۷. پیش‌روی جبهه رطوبتی از منبع نقطه‌ای در سطوح شیب‌دار. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۲(۳): ۱۳-۲۴.
- علیزاده، ا. ۱۳۷۲. اصول طراحی و عملیات آبیاری قطره‌ای، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، ۵۳۹ صفحه.

- Alikhan, A., M. Yitayev, and W. Warrick. 1996. Field evaluation of water and solute distribution from a point source. J. Irrig. and Drain. Eng. ASCE, 122(4): 221-227.
- Angelakis, A.N., D.E. Rolston, T.N. Kadir, and V.H. Scott. 1993. Soil-water distribution under trickle sources. J. Irrig. and Drain. Eng. ASCE, 119(3): 484-500.
- Bresler, E. 1978. Analysis of trickle irrigation with application to design problems. Irrig. Sci. 1: 3-17.
- Braester, C. 1983. Moisture variation at the soil surface and the advance of the wetting front during infiltration at constant flux. Water Resour. Res. 9: 687-694.
- Cindy, S.K. and J.R. Hunt. 1996. Prediction of wetting front movement during one-dimensional infiltration into soils. Water Resour. Res. 32(1): 55–64.
- Coelho, E.F. and D. Or. 1997. Applicability of analytical solutions for flow from point sources to drip irrigation management. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 1331–1341.
- Fletcher, C. and T.V. Wilson. 1983. Computer model for moisture distribution in stratified soils under a trickle source. Trans. ASAE, 26(6): 1704-1709.
- Hacham, A.Y., J.F. Alfaro, and L.S. willardson: 1976. Water movement in Soil from trickle source. J. Irrig. and Drian. Eng. ASCE, 120(2): 179-192.
- Jensen, M.E. 1987. Design and operation of farm irrigation systems. Am. Soc.Agri. Eng. Press. pp. 121.
- Koo, R.C. J. and D.P.H. Tucker. 1975. Soil moisture distribution in citrus groves under drip irrigation. Citrus Industry. 56(5): 12-17.

Archive of SID

www.SID.ir

- Levin, I., P.C. Van Rooyan and F.C. Van Rooyan. 1979. The effect of discharge rate and intermittent water application by point source irrigation on the soil moisture distribution pattern, Soil Sci. Soc. AmerJ. 43(1): 16-28.
- Or, D. and E.F. Coelho. 1996. Soil water dynamics under drip irrigation: Transient flow and uptake models. Trans. ASAE, 39(6): 2017-2025.
- Page, A.L. 1992. Methods of soil Analysis. ASA and SSSA Publishers Madion WI.
- Rahimzadegan, R. 1977. Water movement in field soil from a point source. M.Sc. Thesis, Utah State Univ., Logan, Utah, USA.
- Roth, R.L. 1974. Soil moisture distribution and wetting front pattern from a point source. Proc. Second International Drip Irrigation Congress. pp. 246-251.
- Schwartzman, M. and B. Zur. 1986. Emitter spacing and geometry of wetted soil volume. J. Irrig. and Drain. Eng. ASCE, 112(3): 242-253.
- Zur, B. 1996. Wetted soil volume as a design objective in trickle irrigation. Irrig. Sci. 16: 101-105.

Archive of SID

www.SID.ir