Archive of SID

مجله پژوهش آب ایران
سال سوم/ شماره پنجم/ پاییز و زمستان ۱۳۸۸ (۹-۱۶)

عوامل مؤثر بر شکل خیس‌شدگی خاک در آبیاری قطره‌ای و اصلاح موقعیت قطره‌چکان در اراضی شیب‌دار

رضوان السادات شریف‌نیا[۱]*، فرهاد میرزایی[۲] و عبدالمجید لیاقت[۳]

چکیده

در طراحی بهینه آبیاری قطره‌ای، محاسبه موقعیت جبهه رطوبتی نسبت به منبع تغذیه و یا به عبارتی شکل پیاز رطوبتی حائز اهمیت است. الگوی خیس‌شده به دبی قطره‌چکان، حجم آب خروجی، بافت، ساختمان و شیب زمین بستگی دارد. در این تحقیق اثر شیب زمین، دبی قطره‌چکان و مدت زمان آبیاری در مطالعه‌ای مزرعه‌ای شامل چهار شیب صفر، ۵، ۱۵و ۲۵ درصد با سه دبی قطره‌چکان ۲، ۴ و ۸ لیتر در ساعت و در زمان‌های ۱، ۲ و ۴ ساعت در خاک لوم رسی سیلتی بررسی شد. ابعاد خیس‌شدگی به طور مستقیم و با حفر بخش خیس شده خاک پس از گذشت ۲۴ ساعت از شروع آبیاری و با تهیه مقاطع موازی با سطح اولیه خاک اندازه‌گیری شد. همچنین، رطوبت خاک نیز در این مقاطع بررسی شد. با توجه به تغییرات الگوی خیس شده در اراضی شیب‌دار مشاهده شد که در اکثر موارد، در اثر شیب، پیاز رطوبتی به سمت پایین‌دست منحرف و کشیده‌تر شده است. برای مثال تا ۵۳٪ کشیدگی در پیاز رطوبتی با دبی ۸ لیتر و زمان آبیاری ۲ ساعت در شیب ۱۵٪ رخ داده است. با اندازه‌گیری ابعاد خیس‌شدگی در خاک و همچنین اندازه‌گیری رطوبت، دو رابطه تجربی برای تخمین فاصله مناسب قطره‌چکان نسبت به گیاه ارائه شده است. در رابطه نخست R^2=۰/۷۴ و میانگین خطای نسبی۰/۲۳ و در رابطه دوم R^2=۰/۸۳ و AE=۰/۳۱ است.

واژه‌های کلیدی: جبهه رطوبتی، رطوبت، سطح شیب‌دار و منبع تغذیه نقطه‌ای.

ارجاع: شریف‌نیا ر. میرزایی ف. و لیاقت ع. ۱۳۸۸. عوامل مؤثر بر شکل خیس‌شدگی در آبیاری قطره‌ای و اصلاح موقعیت قطره‌چکان در اراضی شیب‌دار. مجله پژوهش آب ایران. ۳(۵):۹-۱۶.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران و کارشناس ارشد مرکز تحقیقات منابع آب دانشگاه شهرکرد
۲- استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۳- استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
* نویسنده مسئول: rez.sharif@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۶/۱۵

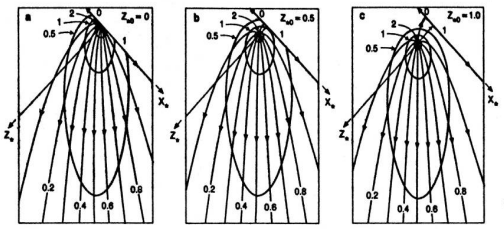
www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آبیاری قطره‌ای به‌دلیل بازده بالا، روش مناسب آبیاری در بسیاری از مناطق دارای منابع آبی کم و با کیفیت پایین است و گاه در اراضی شیب‌دار، تنها روش آبیاری مقرون به صرفه قابل اجرا است. رسیدن به حداکثر بازده در آبیاری قطره‌ای مانند هر روش آبیاری دیگری مستلزم شناخت و تخمین مناسب تمامی خصوصیات و عوامل مؤثر آن است. پیاز رطوبتی یا الگوی خیس شدن پروفیل خاک توسط یک منبع نقطه‌ای سهم به‌سزایی در طراحی آبیاری قطره‌ای دارد. از پارامترهای مهم در طراحی مناسب، تعیین و اندازه‌گیری جبهه رطوبتی در پروفیل خاک است. شکل پیاز رطوبتی به عوامل مختلفی نظیر بافت، لایه‌بندی، ساختمان خاک، دبی قطره‌چکان، رطوبت اولیه خاک و شیب زمین بستگی دارد. بررسی‌های گسترده‌ای برای تخمین ابعاد خیس شده در آبیاری قطره‌ای انجام شده است. فیلیپ (۱۹۸۴) با حل معادله ریچارد روابطی تحلیلی برای ابعاد جبهه رطوبتی ارائه داد. چوو (۱۹۹۴) با استفاده از مدل سه بعدی گرین آمپت و دبی ثابت که برابر با متوسط نفوذپذیری خاک است، رابطه‌ای برای به دست آوردن عمق و قطر خیس شده خاک، ارائه داده است که تابع شعاع خیس شده و شعاع ناحیه اشباع در سطح و همچنین زمان نفوذ است.

زور (۱۹۹۶) برای زمین مسطح، با انطباق حجم خاک مرطوب شده در زیر قطره‌چکان به یکی از اشکال هندسی تعریف شده در ریاضی، مدلی را ارائه داده است. وی حجم خاک مرطوب شده حاصل از یک قطره‌چکان را پس از گذشت ۲۴ ساعت از آبیاری، برابر با حجم حاصل از دوران بیضی سربریده[1] حول قطر بزرگ آن (عمق خاک مرطوب شده حاصل از حجم مشخص آب) فرض کرد و معادله‌ای برای حجم بیضی‌گون ارائه داد. سپاسخواه و چیت‌ساز (۱۳۸۳) ابعاد خیس‌شده خاک را با استفاده از آنالیز سه بعدی گرین آمپت برای ۶ نوع خاک به دست آورده‌اند. رابطه ارائه شده، تابع هدایت هیدرولیکی اشباع، دبی قطره‌چکان، اختلاف رطوبت در خاک و زمان است. همچنین از شکل کره سربریده برای شبیه‌سازی بخش خیس شده خاک، بلافاصله بعد از آبیاری، استفاده کرده‌اند. فلچر و ویلسون (۱۹۹۳) بیان می‌کنند که شکل و اندازه پیاز رطوبتی بیش از آن که تابع دبی قطره‌چکان باشد، تحت تأثیر حجم آب به‌کار رفته است. توربرن و همکاران (۲۰۰۳) به ذکر این نکته پرداختند که حرکت رو به بالای آب در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، موجب کاهش عمق و قطر خیس‌شده در پیاز رطوبتی می‌شود. در زمینه ابعاد خیس‌شدگی در اراضی شیب‌دار تحقیقات زیادی صورت نگرفته است. هوور (۱۹۸۵) با بررسی توزیع رطوبت در اراضی شیب‌دار، متوجه شد که در دامنه‌های شیب‌دار در هنگام آبیاری، مؤلفه افقی جریان که به‌صورت سطحی یا زیرسطحی حادث می‌شود، غالب بوده، مؤلفه عمودی با افزایش شیب کاهش می‌یابد. فیلیپ و نایت (۱۹۹۷) روابطی تحلیلی برای جریان پایدار در مرزهای شیب‌دار ارائه دادند. در روابطی که برای منبع نقطه‌ای درسطح و زیر سطح خاک ارائه داده شده است، فرض شده که گسترش رطوبت در جهت نیروی ثقل صورت می‌پذیرد (شکل۱).



شکل۱- نمایی از جبهه رطوبتی درسطح شیب‌دار برای منبع نقطه‌ای در سطح و زیر سطح (فیلیپ و نایت ۱۹۹۷)

شریف بیان‌الحق (۱۳۷۶) در تحقیق در ۴ بافت خاک با شیب‌های صفر،۲، ۵ و ۱۰ درصد و به‌کار بردن سه دبی ۴، ۸ و ۱۲ لیتر در ساعت در این مزارع به اندازه‌گیری انحراف بخش مرطوب شده در اثر شیب پرداخت. همچنین اثر بافت بر عمق و قطر خیس‌شده خاک بررسی شد. تیشه‌زن و موسوی (۱۳۸۵) به بررسی پیشروی جبهه رطوبتی تحت منبع نقطه‌ای در خاکهای مطابق با سطوح شیب‌دار پرداختند.

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر شیب بر شکل پیاز رطوبتی، قطعه زمینی با خاک لوم رسی سیلتی به چهار کرت در ابعاد ۵ در ۵ متر تقسیم و شیب قطعات صفر، ۵، ۱۵و ۲۵ درصد (شمال-جنوب) طراحی شد. شیب کلی زمین به‌وسیله دوربین نیوو و شیب دقیق با ترازی که شیب را نشان می‌داد، تنظیم شد. سعی شد که خاک قطعات تا حد امکان یکسان، یکنواخت و همگن باشد به همین علت بعد از اتمام شیب‌بندی کرتها، برای تطبیق شرایط خاک با حالت طبیعی، کرتها به وسیله

1- Truncated Ellipsoid

www.SID.ir

Archive of SID

آبپاش آبیاری شدند. برای آبیاری از قطره‌چکانهای روی خط و تنظیم شونده خودکار (NETAFIM-PCJ Dripper)، روی سطح زمین استفاده شد. قطره‌چکانها دارای دبی‌های ۲، ۴، و ۸ لیتر بر ساعت بودند. شش آزمایش به شرح جدول ۱ در هر شیب انجام شد.

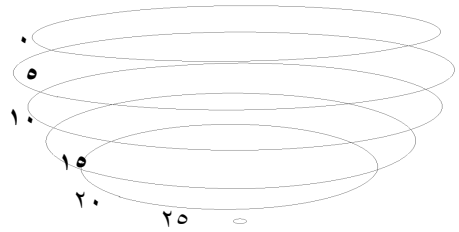
جدول ۱- معرفی تیمارها

دبی litr/hr	۱ ساعت	۲ ساعت	۴ ساعت
۲			S%Q2T4
۴		S%Q4T2	S%Q4T4
۸	S%Q8T1	S%Q8T2	S%Q8T4

در جدول ۱ نامگذاری با سه حرف S، Q و T انجام شده که به ترتیب بیان کننده درصد شیب، دبی برحسب لیتر در ساعت و زمان آبیاری برحسب ساعت هستند. با نصب سه راهی و شیر قطع و وصل، امکان قطع جریان آب در زمان دلخواه فراهم شد (شکل۲).

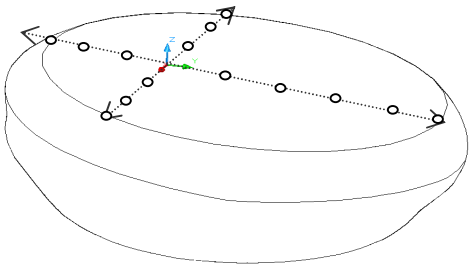
شکل۲- نحوه اتصال لوله آبده، سه‌راهی و قطره‌چکان

قرائت ابعاد خیس شده ۲۴ ساعت پس از آبیاری و بعد از تثبیت شکل پیاز رطوبتی انجام شد. جبهه رطوبتی با حفر خاک در مقاطع موازی با شیب و اندازه‌گیری سطح خیس شده با فواصل عمقی ۵ سانتی‌متر برداشت شد. در شکل ۳ تصویر پیاز رطوبتی با تهیه مقاطع موازی سطح نشان داده شده است.



شکل۳- شمای سه بعدی مقاطع درفواصل عمقی ۵cm

اندازه‌گیری رطوبت حجمی به‌وسیله دستگاه رطوبت‌سنج (Theta Probe) و واسنجی آن انجام شد. متوسط درصد خطا در استفاده از این دستگاه، ۸٪ محاسبه شد. رطوبت‌سنج دارای ۴ میله حسگر (Probe) به طول ۱۰ سانتی‌متر بود. بنابراین قرائت رطوبت در مقاطع ۱۰ سانتی‌متری انجام شد. اندازه‌گیری رطوبت از عمق ۵ سانتی‌متر آغاز شد. در هر مقطع رطوبت در ۴ جهت (شرق، غرب، شمال و جنوب) با فواصل ۱۰سانتی‌متری، از محل قطره چکان تا جبهه رطوبتی قرائت شد. شکل ۴ نقاط قرائت رطوبت را در مقطع نشان می‌دهد. خطوط هم‌رطوبت با استفاده از نرم‌افزار SURFER و به‌روش Kriging ترسیم شد.



شکل۴- مقاطع عمقی با فاصله ۱۰cm و قرائت رطوبت در ۴ جهت در هر مقطع

نتایج و بحث

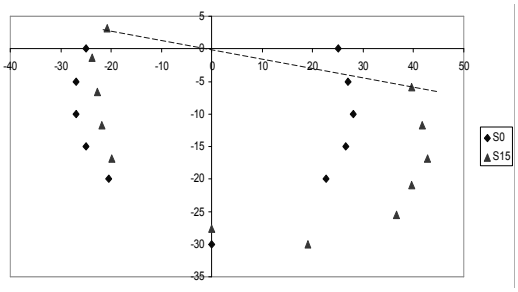
۱- تأثیر شیب زمین بر گسترش پیاز رطوبتی

شکل‌های ۵ و۶ نشان می‌دهد که گستردگی رطوبت در برابر نیروی ثقل (محور قطره‌چکان) نیست. در شکل ۵ محل خط‌کش، محل قرارگیری قطره‌چکان و امتداد قائم در آن محل (محور قطره‌چکان) نشان داده می‌شود. شکل ۶ نیز مقایسه خیس‌شدگی در دو شیب صفر و ۱۵٪ را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۵- مقطع عمودی در تیمار S25Q4T2



شکل۶- مقایسه وگسترش پیاز رطوبتی در دو شیب صفر و ٪۱۵

مکش خاک در بالادست و پایین‌دست قطره‌چکان موجب گسترش پیاز رطوبتی می‌شود اما نیروی ثقل در پایین‌دست موجب افزایش و در بالادست موجب کاهش گستردگی رطوبت می‌شود. با توجه به نظر توربرن و همکاران (۲۰۰۳)، می‌توان نتیجه گرفت که وقتی قطره‌چکان روی سطح شیب‌دار قرار می‌گیرد، علاوه بر اثر بازدارنده ثقل، حرکت رو به بالای آب در اثر مکش خاک نیز از گستردگی افقی رطوبت در این ناحیه می‌کاهد. جدول ۲ متوسط درصد افزایش خیس‌شدگی در بالادست و پایین‌دست قطره‌چکان را نشان می‌دهد. در هر مقطع (با فاصله عمقی ۵ سانتیمتر)، فاصله جبهه رطوبتی از محور قطره‌چکان اندازه‌گیری شد و درصد افزایش آن نسبت به شعاع خیس‌شده در شیب صفر محاسبه شد. سپس میانگین درصد تغییرات نسبی بالادست و پایین‌دست به دست آمد. علامت منفی، کاهش خیس‌شدگی و علامت مثبت، افزایش خیس‌شدگی نسبت به شیب صفر را نشان می‌دهد.

جدول ۲- متوسط درصد افزایش خیس‌شدگی در بالادست و پایین‌دست قطره‌چکان نسبت به موقعیت آن در سطح صاف

	S5%	S15%	S25%	وضعیت
Q2T4	-٪۶	-٪۱۷	-٪۲۴	بالا دست
	٪۳۱	٪۶۱	٪۴	پایین دست
Q4T2	-٪۱۲	-٪۱۷	-٪۲۹	بالا دست
	٪۱۳	٪۳۲	٪۱۲	پایین دست
Q4T4	-٪۱۲	-٪۳۲	-٪۴۴	بالا دست
	٪۱۱	٪۳۰	٪۴۳	پایین دست
Q8T1	-٪۱۹	-٪۳۴	-٪۵۹	بالا دست
	٪۲	٪۶۶	٪۱۰۷	پایین دست
Q8T2	٪۱۴	-٪۱۳	-٪۳۹	بالا دست
	٪۳۵	٪۶۵	٪۷۴	پایین دست
Q8T4	-٪۸	-٪۱	-٪۵۹	بالا دست
	٪۱۵	٪۵۶	٪۶۴	پایین دست

جدول ۲ نشان می‌دهد که عموماً با افزایش شیب، افزایش نسبی خیس‌شدگی در پایین‌دست و کاهش در بالادست اتفاق افتاده است (به‌جز دو مورد از درصد افزایش در پایین‌دست و یک مورد در بالادست). اندازه‌گیری رطوبت نشان داد که عدم تقارن رطوبت در دو طرف قطره‌چکان، عمود بر جهت شیب، موجب شده که روند افزایش خیس‌شدگی در پایین‌دست و کاهش آن در بالادست، در اثر شیب مطابق انتظار نباشد. این امر می‌تواند به‌علت به‌وجود آمدن جریان ترجیحی از منافذ درشت خاک باشد. جدول ۳ حاصل جمع درصد گسترش جبهه بالادست و پایین‌دست را در هر آزمایش نشان می‌دهد. علامت حاصل از جمع جبری نسبت‌ها در بالادست و پایین‌دست نشان می‌دهد که آیا با افزایش خیس‌شدگی در پایین دست قطره‌چکان، به همان اندازه کاهش خیس‌شدگی در بالادست وجود دارد یا خیر. در صورت برابری، حاصل جمع صفر خواهد بود، اگر افزایش خیس‌شدگی در پایین‌دست بیشتر از کاهش خیس‌شدگی در بالادست باشد علامت عدد مثبت و در غیر این‌صورت منفی خواهد بود. جدول ۳ نشان می‌دهد که به‌جز سه مورد (S25Q2T4، S25Q4T2 و S5Q8T2) در سایر آزمایش‌ها گسترش خیس‌شدگی در جهت شیب بیشتر یا مساوی کاهش خیس‌شدگی در جبهه بالادست است. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت که در اکثر موارد، در اثر شیب، پیاز رطوبتی به سمت پایین‌دست منحرف شده، یا به سمت پایین‌دست کشیده‌تر شده است. بنابر آنچه ذکر شد، نمی‌توان از روابط فیلیپ (۱۹۹۴) در این آزمایش استفاده کرد چرا که شکل پیاز رطوبتی در اراضی شیب‌دار

www.SID.ir

Archive of SID

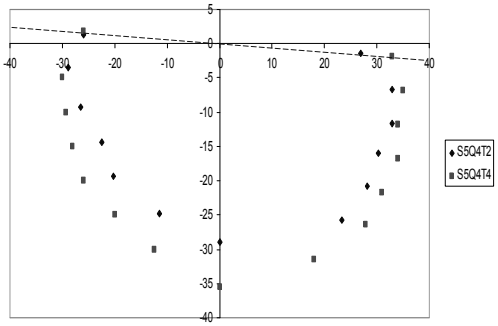
تغییر می‌کند. شریف (۱۳۷۶) نیز افزایش گستردگی خیس‌شدگی در پایین دست و کاهش در بالادست قطره‌چکان را گزارش کرده است.

جدول۳- برآیند درصد افزایش خیس‌شدگی در بالادست و پایین دست قطره‌چکان در سطوح شیب‌دار

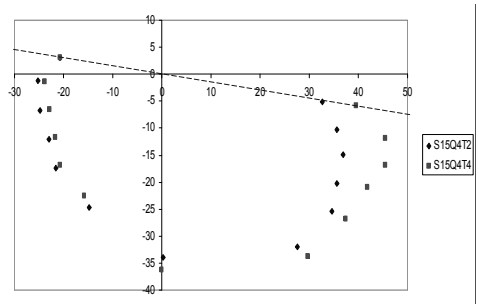
	5%	15%	25%
Q2T4	٪۲۴	٪۵۴	-٪۱۹
Q4T2	٪۲	٪۱۵	-٪۱۷
Q4T4	٪۰	٪۰	٪۰
Q8T1	-٪۱۷	٪۳۲	٪۴۸
Q8T2	٪۴۹	٪۵۳	٪۳۶
Q8T4	٪۷	٪۵۶	٪۵

۲- تأثیر زمان آبیاری بر گسترش پیاز رطوبتی

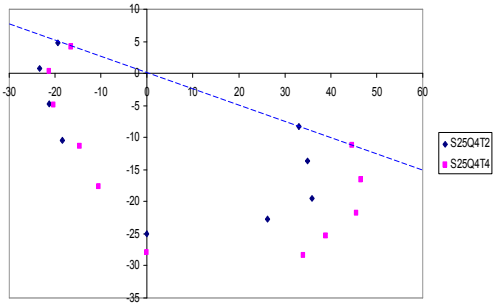
شکل‌های ۷ تا ۹ نشان می‌دهد که با افزایش زمان استفاده از آب، از سرعت گسترش رطوبت کاسته می‌شود. که با نتایج به دست آمده به‌وسیله شریف‌بیان‌الحق (۱۳۷۶) مطابقت دارد. وی همچنین گفته است که روند گستردگی پیاز رطوبتی با افزایش زمان، به‌علت کاهش شیب هیدرولیکی، سیر نزولی دارد. در تحقیق حاضر در کلیه آزمایش‌ها افزایش قطر خیس شده در دو ساعت دوم آبیاری کمتر از ٪۵۰ گستردگی در دو ساعت اول آبیاری بوده است.



شکل ۷- اثر افزایش زمان از ۲ به ۴ ساعت در پیاز رطوبتی Q=4lit/hr و شیب S=5%



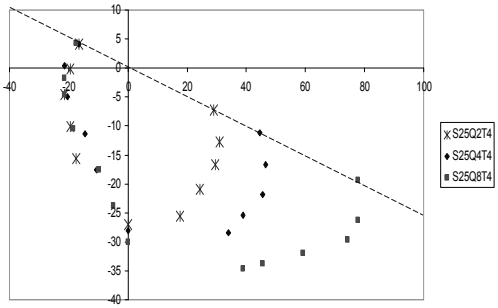
شکل ۸- اثر افزایش زمان از ۲ به ۴ ساعت در پیاز رطوبتی Q=4lit/hr و شیب S=15%



شکل۹- اثر افزایش زمان از ۲ به ۴ ساعت در پیاز رطوبتی Q=4lit/hr و شیب S=25%

۳- تأثیر دبی قطره‌چکان درگسترش پیاز رطوبتی

افزایش دبی باعث گستردگی پیاز رطوبتی می‌شود و با افزایش شیب این گستردگی بیشتر درجهت شیب خواهد بود. همان‌گونه که در شکل۱۰ مشاهده می‌شود، روند گسترش جبهه رطوبتی تنها در پایین‌دست قطره‌چکان اتفاق افتاده، در بالادست تغییری ایجاد نشده است.



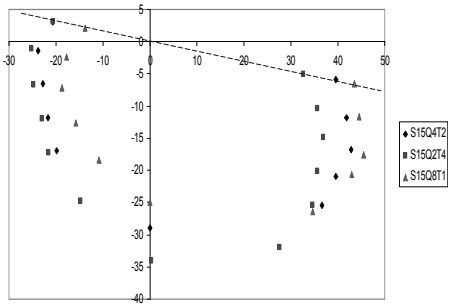
شکل۱۰- اثر افزایش دبی از۲ به ۴ وlit/hr ۸ در شیب ۲۵ درصد و زمان ۴ ساعت

www.SID.ir

Archive of SID

۴- تأثیر دبی قطره‌چکان و زمان آبیاری با شیب ثابت و حجم آب کاربردی یکسان در گسترش رطوبت

درحجم آب کاربردی یکسان با افزایش دبی، آب فرصت کمتری برای نفوذ پیدا کرده، در نتیجه گستردگی بیشتری در سطح خاک پیدا می‌کند بنابراین خیس‌شدگی در جهت افق افزایش می‌یابد و از عمق خیس‌شده کاسته می‌شود. به‌عنوان مثال شکل۱۱ مقایسه در حجم آب کاربردی ۸ لیتر را نشان می‌دهد.



شکل۱۱ - اثر تغییر دبی و زمان آبیاری در شیب ۱۵ درصد و حجم آب کاربردی ۸ لیتر

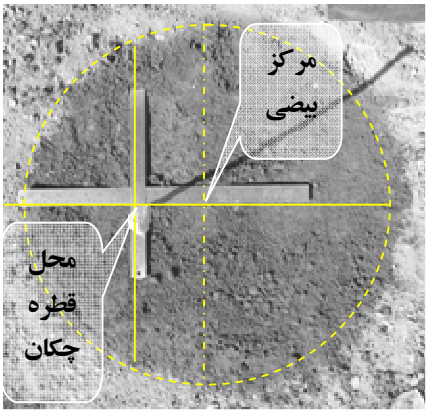
نتایج مقایسه آزمایش‌ها با دو حجم آب کاربردی ۸ و ۱۶ lit، در ۴ شیب، نشان می‌دهد که در اغلب موارد در سطوح شیب‌دار نیز مانند سطح صاف افزایش دبی موجب افزایش سطح خیس شده در حجم آب کاربردی یکسان شده است. عمق خیس‌شده نیز مورد بررسی قرارگرفت در اغلب موارد در سطوح شیب‌دار نیز مانند سطح صاف افزایش دبی باعث کاهش عمق خیس‌شده در حجم ثابت آب کابردی می‌شود.

۵- انحراف محور پیاز رطوبتی از محور قطره‌چکان در زمین شیب‌دار

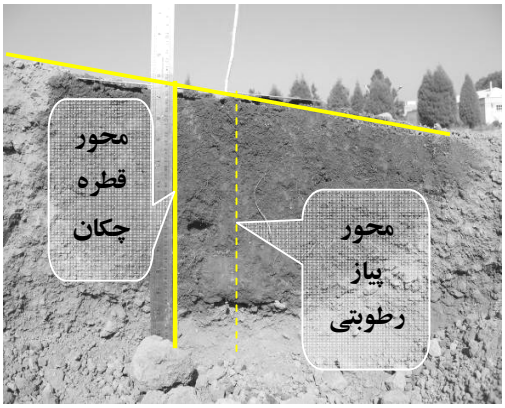
مقطع پیاز رطوبتی در جهت شیب، در زمین شیب‌دار از حالت دایره به بیضی تبدیل می‌شود. مرکز این بیضی با افزایش شیب از محل قطره‌چکان فاصله می‌گیرد (شکل۱۲). انحراف محور پیاز رطوبتی از محور قطره‌چکان در شکل۱۳ مشخص است. مقدار این فاصله (موازی با سطح) از معادله ۱ و با میانگین‌گیری وزنی محاسبه می‌شود.

$$L = \frac{\sum (L_i \times a_i)}{\sum a_i} \qquad (۱)$$

که در آن: L: انحراف مرکز بیضی از محور قطره‌چکان در راستای شیب (cm)، L_i: فاصله محور قطره‌چکان تا مرکز بیضی در هر مقطع (cm). a_i: قطر بزرگ بیضی (در مقطع موازی شیب) (cm) است.



شکل۱۲- مقطع سطح خیس شده موازی شیب



شکل ۱۳- انحراف محور پیاز رطوبتی از محور قطره‌چکان در زمین شیب‌دار

علت استفاده از میانگین وزنی، درنظر گرفتن اندازه قطر خیس‌شده در هر مقطع، در محاسبه L است.

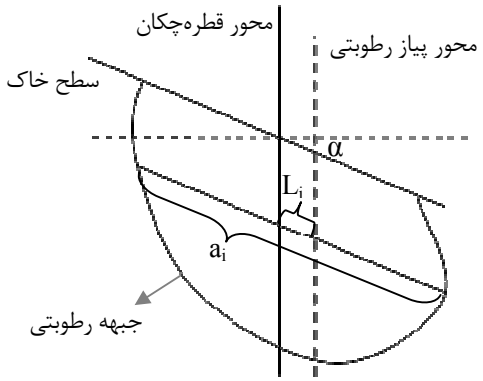
شکل ۱۴ عوامل مورد استفاده در معادله ۱ را نشان می‌دهد. با بررسی داده‌ها به‌روش آزمون- خطا، بهترین تخمین برای انحراف از محور قطره‌چکان از معادله تجربی زیر به دست می‌آید.

$$L = R_{S0} \times \sin 2\alpha \qquad (۲)$$

www.SID.ir

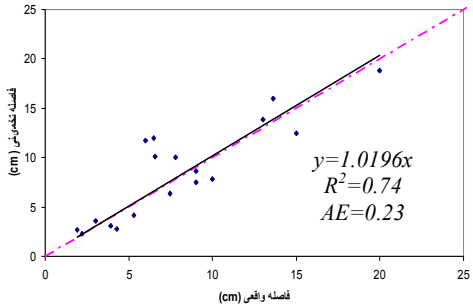
Archive of SID

که در آن L انحراف مرکز بیضی از محور قطره‌چکان (در راستای شیب)، R_{S0} شعاع خیس‌شدگی در سطح در شیب صفر، α زاویه سطح شیب‌دار با افق $(\alpha = \arctan(s))$



شکل ۱۴- شمای مقطع خیس‌شده و اجزای معادله ۱

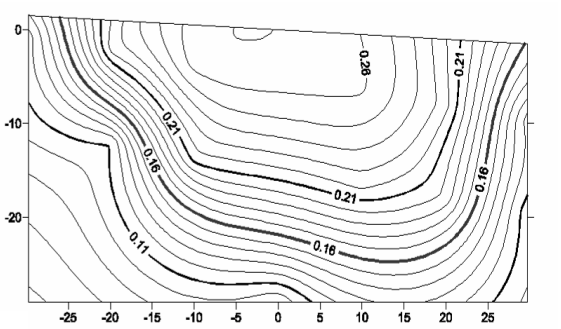
در شکل ۱۵ مقادیر تخمین زده شده L نسبت به میانگین وزنی این فاصله درکلیه آزمایش‌ها نشان داده شده است. در رگرسیون خطی بدون عرض از مبداء شیب خط ۱/۰۲ و ضریب رگرسیون ۰/۷۴ است. همچنین میانگین نسبی خطا (AE)، ۰/۲۳ به دست آمد.



شکل ۱۵- مقایسه مقدار تخمین‌زده شده و اندازه‌گیری شده انحراف محور خیس‌شدگی از محور قطره‌چکان

مزیت ارائه رابطه‌ای بر اساس R_{S0} آن است که اثر دبی و زمان در آن لحاظ شده است و در رابطه L، تنها اثر شیب بررسی می‌شود.

برای بررسی دقیق‌تر، به‌جای استفاده از جبهه رطوبتی از خطوط هم رطوبت استفاده شد. مرز جبهه رطوبتی تقریباً در رطوبت پژمردگی (۱۱٪ حجمی) قرار داشت. رطوبت حد ظرفیت زراعی در این خاک ۲۱٪ حجمی اندازه‌گیری شد. اگر تخلیه مجاز رطوبتی (MAD) ۵۰٪ در نظر گرفته شود، حداقل رطوبت مطلوب گیاه ۱۶٪ حجمی خواهد بود. بنابراین خط هم‌رطوبت ۱۶٪ به‌عنوان مرز در نظر گرفته شد و میانگین‌گیری وزنی به‌طریق فوق تکرار شد. در شکل ۱۶ تصویری از خطوط هم‌رطوبت نشان داده شده است.

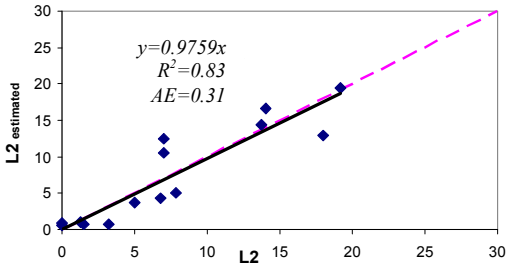


شکل ۱۶- خطوط هم رطوبت در آزمایش S15Q2T4 بعد از گذشت ۲۴ ساعت از اتمام آبیاری

با بررسی L به دست آمده از روش فوق، این فاصله را می‌توان با معادله تجربی زیر به دست آورد:

$$L = R_{S0} \times \sin(\alpha/2) \qquad (۳)$$

که پارامترهای آن مانند معادله ۲ معرفی شده است. شکل ۱۷ میزان مطابقت داده‌های به دست آمده را با مقدار تخمینی نشان می‌دهد. که در آن L2 مقدار به دست آمده از میانگین‌گیری در مقاطع و $L2_{estimated}$ مقدار تخمین از معادله ۳ است.



شکل ۱۷- مقایسه مقدار تخمین زده شده و اندازه‌گیری شده انحراف محور خیس‌شدگی از محور قطره‌چکان

در رگرسیون خطی بدون عرض از مبدأ شیب خط ۰/۹۸ و ضریب تبیین (R^2) ۰/۸۳ است. همچنین میانگین نسبی خطا (AE)، ۰/۳۱ به دست آمد.

www.SID.ir

Archive of SID

اگـر تقـارن بـرای پیـاز رطـوبتی مـورد توجـه باشـد و مـرز خیس‌شده (رطوبت پژمردگی) لحاظ باشد از معادله ۲ و اگـر تقارن حد مجاز رطوبت مناسب برای گیاه مورد نظر باشـد، از معادله ۳ می‌توان استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

۱- به‌طورکلی در اثر شیب، پیاز رطوبتی به‌سمت پایین دست منحرف و یا کشیده‌تر می‌شود. در سطح شیب‌دار، خیس‌شدگی به طور کامل در امتداد ثقل نیست

۲- برای خاک مورد آزمایش در این بررسی (لوم رسی سیلتی، Silty Clay Loam)، در اراضی شیب‌دار توصیه می‌شود قطره‌چکان در فاصله‌ای بالاتر از بوته گیاه قرار بگیرد (از قرار دادن آن در پای گیاه خودداری شود). در روابط ارائه شده برای تخمین این فاصله (L)، ضریب α (۲ و ۰/۵) مقادیر تجربی برای همین خاک است و در مناطق دیگر باید مورد بررسی قرار گیرد.

۳- به‌علت توزیع رطوبت خاک به‌صورت غیر یکنواخت خطا در روش اندازه‌گیری و تخمین انحراف محور خیس‌شدگی بیشتر است. میانگین خطای نسبی به‌ترتیب ۰/۲۳ و۰/۳۱ است. همچنین، اندازه‌گیری ابعاد جبهه رطوبتی آسانتر از ارزیابی رطوبت است. به‌همین دلیل توصیه می‌شود که در تحقیقات آتی از روش اول استفاده شود.

منابع

۱- تیشه‌زن پ. و موسـوی س.ف. ۱۳۸۵. بررسـی پیـشروی جبهه رطوبتی تحت منبع نقطه‌ای در خاک‌های منطبـق با سطوح شیب‌دار. اولین همایش ملی شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- شریف‌بیان‌الحـق م.ح. ۱۳۷۶. توزیـع رطوبـت در پروفیـل خـاک از منبـع نقطـه‌ای درسـطوح شـیب‌دار. پایـان‌نامـه کارشناسی ارشد. دانـشکده کـشاورزی. دانـشگاه صـنعتی اصفهان.

3- Chu S.T. 1994. Green-Ampt analysis of wetting patterns for surface emitter. J. of Irrig. And Drain. Eng.120(2):414-421

4- Feltcher A.C. and Wilson T.V. 1983. Computer model for moisture distribution in stratified soil boundaries. Water Resources Res. 33 (8):1833-1841

5- Hoover J. 1985. Evaluation of flow pathway in a sloping soil cross section. Trans. of the ASAE, 28(5):1471-1475.

6- Philip J.R. 1984. Travel time for buried and surface infiltration point source. Water Resources Res. 20(7): 990-994

7- Philip J.R. and Knight J.K. 1997. Steady infiltration flow with sloping boundaries. Water Resources Res. 33(8):1833-1841.

8- Sepaskhah A.R. and Chitsaz H. 2004. Validating the Green-Ampt analysis of wetted radius and depth in trickle irrigation. Biosystems Engineering 89 (2):231–236

9- Thorburn P.J. Cook F.J. and Bristow K.L. 2003. Soil-dependent wetting from trickle emitters: implication for system design and management. Irrig. Sci. 22:121-127.

10- Zur B. 1996. Wetted soil volume as a design objective in trickle irrigation. Irrig Sci. 16:101–105.

www.SID.ir