بررسی ابعاد پیاز رطوبتی در اراضی شیب‌دار

عادل محمدی[۱*]، محمد حسن بیگلویی[۱]، محمد رضا خالدیان[۱] و علیرضا مریدنژاد[۲] و جلال رجبی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۹/۱۲)

چکیده

به منظور بررسی اثر شیب و مدت زمان آبیاری روی ابعاد پیاز رطوبتی، آزمایشاتی با قطره‌چکانی دارای دبی ثابت ۴ لیتر در ساعت در مدت زمان‌های آبیاری ۲، ۴ و ۶ ساعت در اراضی با شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد با بافت خاک لوم‌سیلتی در منطقه فتحعلی دشت مغان در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش شیب زمین، مساحت و حجم پیاز رطوبتی در مدت زمان آبیاری ثابت افزایش یافت. عمق نفوذ در راستای محور قطره چکان با افزایش شیب زمین دارای کاهش اندکی بود که درصد این کاهش معنی دار نبود. جزء بالادست و پایین دست پیاز رطوبتی در شیب صفر درصد متقارن ولی در اراضی شیب‌دار نامتقارن بود در نتیجه جهت استفاده بهینه از رطوبت ذخیره شده در خاک فاصله بین بوته گیاه و محل استقرار قطره چکان بسته به شیب زمین بایستی ۱۰ الی ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شود. بررسی توزیع رطوبت در پیاز رطوبتی نشان داد که در اراضی شیب‌دار بر خلاف اراضی مسطح قسمت عمده توزیع رطوبت به ویژه هسته رطوبتی در پایین‌دست قطره‌چکان واقع شده و پیاز رطوبتی در این اراضی نسبت به اراضی مسطح بزرگ‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، اراضی شیب‌دار، پیاز رطوبتی، هسته رطوبتی

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲. مهندسی آبیاری و زه‌کشی، مدیر عامل شرکت مهندسین مشاور سامان آبراه

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: adel_m23@yahoo.com

مقدمه

بیشتر زمین‌های کشاورزی تحت کشت در اکثر مناطق دنیا دارای شیب بیش از ۵ درصد می‌باشند (۱۰). در کشور ایران بیش از ۸۰ درصد آب در بخش کشاورزی به مصرف می‌رسد (۳)، از این‌رو انتخاب شیوه صحیح و مطلوب آبیاری و افزایش راندمان آن با اعمال مدیریت صحیح از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از اقدامات مؤثر در استفاده بهینه از منابع آب می‌تواند جایگزینی سیستم‌های آبیاری نوین اصلاح‌شده بجای سیستم‌های سنتی دارای راندمان کم باشد (۸). آبیاری قطره‌ای به دلیل امکان کاربرد در اراضی شیب‌دار و با دارا بودن بالاترین راندمان یکی از مناسب‌ترین سیستم‌های نوین آبیاری می‌باشد. این روش برای مناطقی که دارای منابع آب محدود هستند گزینه مناسبی محسوب شده و گاه در اراضی شیب‌دار تنها روش آبیاری مقرون به صرفه قابل اجراست. در آبیاری قطره‌ای، مساحت خیس‌شده یکی از اجزای مؤثر در طراحی این سیستم می‌باشد.

شناخت الگوی خیس شده نسبت به یک منبع نقطه ای که اصطلاحاً به آن پیاز رطوبتی می‌گویند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و در محاسبه مقدار آب آبیاری مؤثر است. تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که توپوگرافی و شیب زمین روی خصوصیات هیدرولیکی خاک از قبیل توزیع رطوبت، شدت نفوذ و هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع تأثیر دارد (۱۴،۱۰، ۱۸،۱۶،۱۵و۱۹). به طوری که مقدار نفوذ آب در خاک با افزایش شیب زمین کاهش می‌یابد (۱۳). در آبیاری قطره‌ای مطمئن‌ترین راه تعیین مساحت خیس شده خاک بررسی ساده مزرعه‌ای است (۴،۱و۷). شریف نیا و همکاران (۶)، به بررسی پیاز رطوبتی در آبیاری قطره‌ای در اراضی شیب‌دار در خاک‌های لومی رسی سیلتی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که اصلاح ابعاد خیس شده در استفاده از جداول مربوط به اراضی مسطح، برای زمین‌های شیب دار اجتناب ناپذیر است. هوور (۱۲) با بررسی توزیع رطوبت در اراضی شیب‌دار، متوجه شد که در دامنه‌های شیب‌دار در هنگام آبیاری مؤلفه افقی جریان که به صورت سطحی یا زیرسطحی حادث می‌شود، غالب بوده و مؤلفه عمودی با افزایش شیب کاهش می‌یابد. تیشه زن و موسوی (۲) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که از عوامل کشیده شدن الگوی خیس شده در جهت شیب، تجمیع نیروی ثقل و مویینه در پایین دست قطره‌چکان و بازدارنده بودن نیروی ثقل در بالادست آن می‌باشد. فلچر آرمسترانگ و ویلسون (۱۱) بیان کردند که شکل و اندازه پیاز رطوبتی بیش از آن که تابع دبی قطره‌چکان باشد تحت تأثیر حجم آب به کار رفته توسط قطره چکان است. فیلیپ و نایت (۱۷) در روابط تحلیلی خود برای جریان پایدار در مرزهای شیب دار از یک منبع نقطه ای فرض کردند که گسترش رطوبت در جهت نیروی ثقل صورت می‌پذیرد. مصطفی زاده و همکاران (۸) در ۴ بافت خاک در اراضی شیب دار به بررسی و مقایسه مساحت و حجم خیس شده و ابعاد پیاز رطوبتی در شیب‌های مختلف پرداخته و نتیجه گرفتند که در خاک‌های با بافت سنگین نسبت به خاک‌های با بافت سبک سطح خیس شده افزایش یافته و جبهه رطوبتی از عمق کمتری برخوردار بود. این تحقیق با هدف بررسی ابعاد پیاز رطوبتی در اراضی شیب دار و مقایسه آن با اراضی مسطح به منظور بررسی تأثیر شیب زمین بر نحوه شکل‌گیری پیاز رطوبتی حاصل از یک منبع نقطه‌ای صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در اراضی منطقه فتحعلی دشت مغان واقع در قسمت شمالی استان اردبیل با موقعیت جغرافیایی '۳۲ ۴۷ طول شرقی و '۲۴ ۳۹ عرض شمالی انجام شد. اراضی دارای شیب صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد برای انجام آزمایش‌ها انتخاب شد. برای انجام آزمایش‌های زمینی به ابعاد ۴/۵ × ۴/۵ متر انتخاب و به ۹ قسمت مساوی به ابعاد ۱/۵ × ۱/۵ متر تقسیم شد. بافت خاک لومی‌سیلتی بود که به روش هیدرومتری تعیین شد. چگالی ظاهری خاک به طور متوسط ۱/۳۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب با روش نمونه‌برداری

مغزه(Core Sampler) و هدایت هیدرولیکی آن با روش بار افتان بین ۲۶/۶۷ تا ۳۲/۸ سانتی متر بر روز اندازه‌گیری شد. اراضی مورد مطالعه تا عمق ۶۰ سانتی متری همگن و دارای لایه‌بندی یکسان بود (جدول ۱). آزمایش‌ها با دبی ۴ لیتر بر ساعت با استفاده از قطره‌چکان‌های تنظیم شونده دستی در سه تکرار با سه زمان آبیاری ۲، ۴ و ۶ ساعت انجام شد. قبل از شروع آزمایشات قطره‌چکان‌ها به صورت هم زمان برای این دبی کالیبره شدند. قرائت ابعاد خیس شده به فاصله عمقی و طولی ۵ سانتی متر، ۲۴ ساعت پس از اتمام آبیاری با حفاری خاک در مقاطع موازی با شیب زمین در پیاز رطوبتی انجام شد. اندازه‌گیری رطوبت با دستگاه رطوبت سنج WETKIT مدل ΔT، حجم و مساحت پیاز رطوبتی با نرم افزار AutoCAD، ترسیم نمودارها و تعیین ضرایب همبستگی با نرم افزار Excel، مقایسات و تحلیل‌های آماری با آزمون LSD و طبقه‌بندی داده‌ها با آزمون Duncan با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت.

نتایج و بحث

۱- تأثیر شیب زمین بر مساحت پیاز رطوبتی

نتایج مربوط به تأثیر شیب زمین بر مساحت پیاز رطوبتی در مدت زمان آبیاری ۲، ۴ و ۶ ساعت در جدول ۲ حاکی از افزایش مساحت پیاز رطوبتی در مدت زمان آبیاری یکسان با افزایش شیب زمین بود. در مدت زمان آبیاری ۲ ساعت در شیب‌های صفر و ۲۵ درصد مساحت پیاز رطوبتی از ۵۸۰ سانتی‌متر مربع به ۹۳۰ سانتی‌متر مربع و در مدت زمان آبیاری ۶ ساعت از ۱۴۹۰ سانتی‌متر مربع به ۱۷۹۰ سانتی‌متر مربع افزایش یافت که درصد افزایش مساحت پیاز رطوبتی در مدت زمان آبیاری کم (۲ ساعت) بیشتر از مدت زمان آبیاری زیاد (۶ ساعت) بود. مساحت پیاز رطوبتی با اعمال مقادیر آب آبیاری در مدت زمان ۲ ساعت در شیب صفر نسبت به شیب‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد بر اساس آزمون آماری LSD تفاوت معنی‌داری داشت، اما در مدت زمان آبیاری ۴ و ۶ ساعت، شیب صفر نسبت به شیب‌های ۵ و ۱۵ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت و تنها با شیب ۲۵ درصد معنی دار بود (جدول ۳). دلیل این موضوع می‌تواند ناشی از اختلاف تأثیر زیاد نیروی مکش خاک نسبت به نیروی ثقل در اوایل نفوذ در مدت زمان آبیاری کم باشد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که مساحت پیاز رطوبتی در مدت زمان آبیاری یکسان در شیب‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نیست.

۲- تأثیر شیب زمین بر حجم پیاز رطوبتی

نمای شماتیک از حجم پیاز رطوبتی در مدت زمان آبیاری ۶ ساعت در شیب‌های صفر و ۲۵ درصد در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود پیاز رطوبتی از نظر حجم در اراضی شیب‌دار در مقایسه با اراضی مسطح (بدون شیب) متفاوت بود. در اراضی مسطح پیاز رطوبتی دارای حجم هندسی منظم و سهمی شکل بود اما در اراضی شیب‌دار به دلیل کشیدگی قسمت پایین‌دست آن به سمت شیب زمین از شکل هندسی منظمی برخوردار نبود و بیشتر شبیه نیم تخم‌مرغی بود. بنابراین از معادلات ارائه شده برای برآورد حجم پیاز رطوبتی در اراضی مسطح نمی‌توان برای اراضی شیب‌دار استفاده کرد.

با افزایش شیب زمین حجم پیاز رطوبتی در مدت زمان آبیاری ثابت افزایش یافت. در مدت زمان آبیاری ۴ ساعت، افزایش شیب تا حد ۱۵ درصد موجب اختلاف معنی دار شیب صفر با سایر شیب‌ها شد اما در مدت زمان آبیاری ۶ ساعت حجم پیاز رطوبتی شیب صفر فقط با شیب ۲۵ درصد دارای اختلاف معنی داری بود (جدول ۴).

شریف بیان‌الحق (۵) علت افزایش اندک حجم پیاز رطوبتی با افزایش مدت زمان آبیاری را به دلیل کاهش گستردگی الگوی خیس شده در نتیجه کاهش شیب هیدرولیکی با افزایش مدت زمان آبیاری دانسته است.

جدول ۱. درصد ذرات، چگالی ظاهری و ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در شیب‌های مورد نظر

شیب (درصد)	درصد ذرات			بافت خاک	ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع (سانتی‌متر بر روز)	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	متوسط چگالی ظاهری
	رس	سیلت	شن				
۰	۱۷	۶۳	۲۰	لومی‌سیلتی	۲۶/۶	۱/۳	۱/۳
۵	۱۸	۶۷	۱۵	لومی‌سیلتی	۲۶/۸	۱/۳	
۱۵	۲۰	۶۳	۱۷	لومی‌سیلتی	۲۳/۲	۱/۳	
۲۵	۲۰	۶۵	۱۵	لومی‌سیلتی	۲۲/۸	۱/۳	

جدول ۲. میانگین مساحت پیاز رطوبتی در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد و مدت زمان‌های آبیاری ۲، ۴ و ۶ ساعت

مدت زمان آبیاری (ساعت)	شیب زمین (درصد)			
	۰	۵	۱۵	۲۵
	میانگین مساحت پیاز رطوبتی (متر مربع)			
۲	۰/۰۵۸	۰/۰۸۷	۰/۰۹۱	۰/۰۹۳
۴	۰/۱۰۱	۰/۱۱۶	۰/۱۲۲	۰/۱۴۵
۶	۰/۱۴۹	۰/۱۶۱	۰/۱۷۰	۰/۱۷۹

۳- عمق پیاز رطوبتی

گسترش عمقی جبهه رطوبتی روی محور قطره چکان

نتایج مربوط به گسترش عمقی جبهه رطوبتی روی محور قطره‌چکان در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد در مدت زمان‌های آبیاری ۲، ۴ و ۶ ساعت در جدول ۵ نشان داده شده است. همان طوری که در جدول ۵ دیده می‌شود با افزایش مدت زمان آبیاری در اراضی مسطح، عمق نفوذ در روی محور قطره‌چکان افزایش یافت ولی در مدت زمان آبیاری یکسان افزایش شیب تأثیر معنی داری در کاهش یا افزایش عمق نفوذ روی محور قطره‌چکان نداشت. با افزایش شیب عمق نفوذ روی محور قطره‌چکان کاهش اندکی داشت.

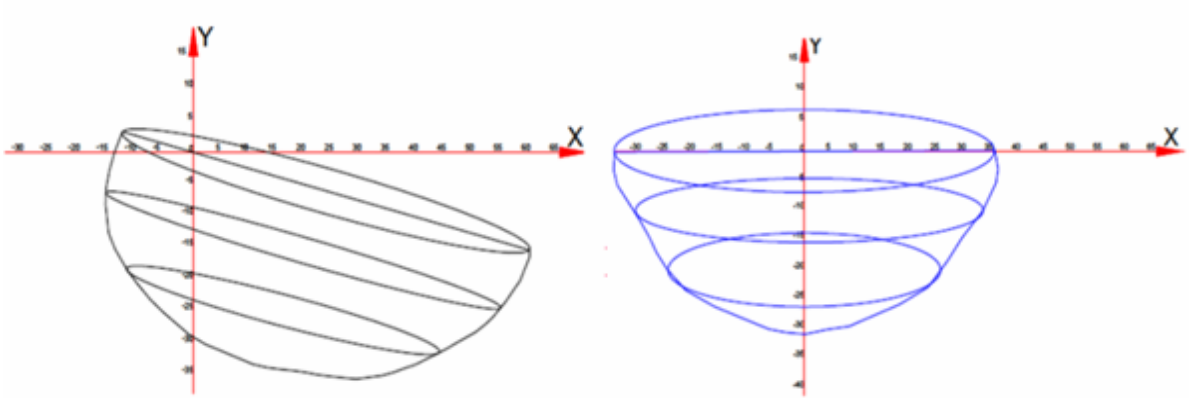
انحراف حداکثر عمق نفوذ در پیاز رطوبتی در اراضی شیب‌دار

نتایج مربوط به اندازه گیری انحراف حداکثر عمق نفوذ در پیاز رطوبتی در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد و مدت زمان‌های آبیاری ۲، ۴ و ۶ ساعت در جدول ۶ نشان داده شده است. مشاهده نتایج جدول نشان داد که در شیب صفر درصد حداکثر عمق نفوذ بر روی محور قطره‌چکان منطبق بود اما در اراضی شیب‌دار این عمق در روی محور قطره‌چکان نبود و با توجه به تغییرات شیب مورد نظر در فاصله ۱۰ تا ۲۵ سانتی متری پایین دست محور قطره‌چکان قرار داشت.

در مدت زمان آبیاری یکسان با افزایش شیب، فاصله محور حداکثر عمق نفوذ در پیاز رطوبتی از محور قطره‌چکان بیشتر شد که این موضوع می‌تواند ناشی از تأثیر مضاعف مؤلفه نیروی ثقل بر گسترش پیاز رطوبتی در قسمت پایین دست قطره‌چکان با افزایش شیب زمین باشد که همین عامل افزایش پیشروی طولی جبهه رطوبتی نسبت به پیشروی عرضی با بیشتر شدن شیب زمین نیز می‌باشد. نتایج اندازه‌گیری‌های مربوط به حداکثر عمق نفوذ در پیاز رطوبتی در شیب‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد در جدول ۷ نشان داده شده است. در مدت زمان آبیاری ۶ ساعت در شیب‌های ۵ و ۲۵ درصد حداکثر عمق نفوذ از ۳۲/۸ سانتی‌متر به ۲۸/۹ سانتی‌متر و در مدت زمان

جدول ۳. مقایسه مساحت پیاز رطوبتی خاک نسبت به شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد در مدت زمان‌های آبیاری ۲، ۴ و ۶ ساعت با آزمون LSD

شیب زمین (درصد)	مدت زمان آبیاری (ساعت)					
	۶		۴		۲	
	میانگین تفاوت‌ها (Mean Difference) (متر مربع)	احتمال (Significant)	میانگین تفاوت‌ها (Mean Difference) (متر مربع)	احتمال (Significant)	میانگین تفاوت‌ها (Mean Difference) (متر مربع)	احتمال (Significant)
۰	−۰/۰۱۹	۰/۳۶۰	−۰/۰۲۳	۰/۱۰۷	−۰/۰۱۲	۰/۰۴۶
۵	−۰/۰۲۳	۰/۲۷۲	−۰/۰۲۶	۰/۰۷۱	−۰/۰۲۱	۰/۰۲۳
۱۵	−۰/۰۲۵	۰/۰۳۶	−۰/۰۵۴	۰/۰۰۳	−۰/۰۳	۰/۰۱۶
۰	۰/۰۱۹	۰/۳۶۰	۰/۰۲۳	۰/۱۰۷	۰/۰۱۲	۰/۰۴۶
۵	−۰/۰۰۳۷	۰/۸۳۹	−۰/۰۰۳	۰/۸۰۲	−۰/۰۰۹	۰/۶۷۲
۱۵	−۰/۰۰۵۷	۰/۱۶۲	−۰/۰۳	۰/۰۴۴	−۰/۰۰۱۸	۰/۵۱۷
۰	۰/۰۲۳	۰/۲۷۲	۰/۰۲۶	۰/۰۷۱	۰/۰۲۱	۰/۰۲۳
۵	۰/۰۰۳۷	۰/۸۳۹	۰/۰۰۳	۰/۸۰۲	۰/۰۰۹	۰/۶۷۲
۱۵	−۰/۰۰۲	۰/۲۱۹	۰/۰۳	۰/۰۶۶	−۰/۰۰۹	۰/۸۱۷
۰	۰/۰۲۵	۰/۰۳۶	۰/۰۵۴	۰/۰۰۳	۰/۰۳	۰/۰۱۶
۵	۰/۰۰۵۷	۰/۱۶۲	۰/۰۳	۰/۰۴۴	۰/۰۰۱۸	۰/۵۱۷
۱۵	۰/۰۰۲	۰/۲۱۹	−۰/۰۳	۰/۰۶۶	۰/۰۰۹	۰/۸۱۷



شیب صفر درصد و مدت زمان آبیاری ۶ ساعت — شیب ۲۵ درصد و مدت زمان آبیاری ۶ ساعت

شکل ۱. نمایی شماتیک از حجم خیس شده خاک در زیر قطره‌چکان در سطح صاف و شیب دار

جدول ۴. مقایسه حجم پیاز رطوبتی خاک نسبت به شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد در مدت زمان‌های آبیاری ۲، ۴ و ۶ ساعت با آزمون LSD

شیب زمین(درصد)		مدت زمان آبیاری(ساعت)			
		۴		۶	
		میانگین تفاوت‌ها (Mean Difference) (سانتی‌متر مکعب)	احتمال (Significant)	میانگین تفاوت‌ها (Mean Difference) (سانتی‌متر مکعب)	احتمال (Significant)
۰	۵	۱۶۹۳	۰/۱۵۳	۲۶۹۵	۰/۳۸۱
	۱۵	۳۴۵۴	۰/۰۱۲	۵۲۰۲	۰/۱۱۱
	۲۵	۵۲۸۵	۰/۰۰۱	۷۶۹۸	۰/۰۲۹
۵	۰	۱۶۹۳	۰/۱۵۳	۲۶۹۵	۰/۳۸۱
	۱۵	۱۷۶۱	۰/۱۴	۲۵۰۶	۰/۴۱۳
	۲۵	۳۵۹۲	۰/۰۱۰	۵۰۰۳	۰/۱۲۳
۱۵	۰	۳۴۵۴	۰/۰۱۲	۵۲۰۲	۰/۱۱۱
	۵	۱۷۶۱	۰/۱۴	۲۵۰۶	۰/۴۱۳
	۲۵	۱۸۳۱	۰/۱۲۶	۲۴۹۶	۰/۴۱۵
۲۵	۰	۵۲۸۵	۰/۰۰۱	۷۶۹۸	۰/۰۲۹
	۵	۳۵۹۲	۰/۰۱۰	۵۰۰۳	۰/۱۲۳
	۱۵	۱۸۳۱	۰/۱۲۶	۲۴۹۶	۰/۴۱۵

جدول ۵. گسترش عمقی جبهه رطوبتی روی محور قطره چکان در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد و مدت زمان‌های آبیاری ۲، ۴ و ۶ ساعت

مدت زمان آبیاری (ساعت)	شیب زمین (درصد)			
	۰	۵	۱۵	۲۵
	میانگین عمق محور پیاز رطوبتی (متر)			
۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱
۴	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
۶	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۲

آبیاری ۲ ساعت از ۲۴/۶ سانتی‌متر به ۲۰/۲ سانتی‌متر کاهش یافت. با توجه به نتایج جدول ۷ افزایش شیب زمین موجب کاهش حداکثر عمق آب نفوذ یافته در پیاز رطوبتی شد. نتایج آنالیز آماری نشان داد که افزایش شیب حداقل به میزان ۲۰ درصد (۱۱ درجه)، موجب ایجاد تفاوت معنی‌دار در کاهش حداکثر عمق آب نفوذ یافته پیاز رطوبتی گردید (جدول ۸).کاهش عمق آب نفوذ یافته با افزایش شیب زمین در مدت زمان آبیاری ثابت مشابه نتایج هوور (۱۲) بود.

عمق حداکثر گسترش افقی پیاز رطوبتی

نتایج مربوط به مقادیر عمق حداکثر گسترش افقی پیاز رطوبتی در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد در جدول ۹ نشان داده

جدول ۶. انحراف محور حداکثر عمق نفوذ در پیاز رطوبتی از محور قطره‌چکان در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد

مدت زمان آبیاری (ساعت)	شیب زمین (درصد)			
	۰	۵	۱۵	۲۵
	میانگین فاصله حداکثر عمق نفوذ از محور قطره‌چکان (سانتی متر)			
۲	۰	۱۰/۲	۱۵	۲۰
۴	۰	۱۲/۷	۱۵/۴	۲۲/۶
۶	۰	۱۴/۷	۲۲/۷	۲۵

جدول ۷. حداکثر عمق نفوذ در پیاز رطوبتی در شیب‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد

مدت زمان آبیاری (ساعت)	شیب زمین (درصد)		
	۵	۱۵	۲۵
	میانگین حداکثر عمق نفوذ در پیاز رطوبتی (سانتی‌متر)		
۲	۲۴/۶	۲۲/۲	۲۰/۲
۴	۲۷/۴	۲۶/۲	۲۶
۶	۳۲/۸	۳۱/۳	۲۸/۹

جدول ۸. مقایسه حداکثر عمق نفوذ در پیاز رطوبتی در شیب‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد با آزمون LSD

شیب (درصد)		ضریب اطمینان ۹۵ درصد		میانگین تفاوت‌ها (متر)	احتمال
		حد بالا	حد پایین		
۵	۱۵	۰/۰۴۵	-۰/۰۱۴۸	۰/۰۱۵	۰/۲۶۵
	۲۵	۰/۰۶۹	۰/۰۰۰۹	۰/۰۳۹	۰/۰۱۸
۱۵	۵	۰/۰۱۴	-۰/۰۴۴	-۰/۰۱۵	۰/۲۶۵
	۲۵	۰/۰۵۴	-۰/۰۰۵۶	۰/۰۲۴	۰/۰۹۳
۲۵	۵	-۰/۰۰۹۴	-۰/۰۶۹	-۰/۰۳۹	۰/۰۱۸
	۱۵	-۰/۰۰۰۵۵	-۰/۰۵۴	-۰/۰۲۴	۰/۰۹۳

جدول ۹. عمق حداکثر گسترش افقی پیاز رطوبتی در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد

مدت زمان آبیاری (ساعت)	شیب زمین (درصد)			
	۰	۵	۱۵	۲۵
	عمق حداکثر گسترش افقی پیاز رطوبتی (سانتی متر)			
۲	۵/۲	۵	۷	۵
۴	۶/۵	۵/۵	۷	۶
۶	۷	۶	۷/۵	۸

شده است. این عمق در خاک مورد تحقیق در فاصله بین ۵ تا ۸ سانتی متری نسبت به سطح زمین ایجاد گردید که به طور متوسط مقدار آن ۶/۵ سانتی متر بود. این پدیده دلیل اطلاق نام پیاز رطوبتی به الگوی خیس شدن خاک در راستای محور عمقی قطره‌چکان می‌باشد که باعث شکل یافتن الگوی خیس شده به شکل یک پیاز وارونه در عمق خاک می‌گردد. نمایی از حداکثر گسترش افقی پیاز رطوبتی در شیب صفر و ۲۵ درصد در شکل ۲ نشان داده شده است.

مقایسه جزء بالادست و پایین دست محور قطره چکان

نتایج مربوط به درصد مساحت پیاز رطوبتی در قسمت بالا دست و پایین دست قطره‌چکان نسبت به کل آن در جدول ۱۰ نشان داده شده است. با توجه به نتایج جدول مساحت پیاز رطوبتی در بالادست و پایین دست محور قطره چکان در شیب صفر درصد تقریباً مساوی ولی در شیب ۲۵ درصد بسیار نامتقارن بود که کمترین مقدار آن ۱۸/۹۹ درصد در بالادست و بیشترین آن ۸۱/۰۱ در پایین دست به‌دست آمد. دلیل این موضوع می‌تواند ناشی از تأثیر مضاعف مؤلفه نیروی ثقل و مکش (موبینگی) با افزایش شیب بر گسترش پیاز رطوبتی در قسمت پایین دست و بازدارندگی نیروی ثقل بر گسترش پیشروی رطوبت در بالادست قطره‌چکان باشد. این نتیجه با نتایج بدست آماده توسط تیشه زن و موسوی (۲)، پاتل و راج پوت (۱۵) و هوور (۱۲) تطابق دارد.

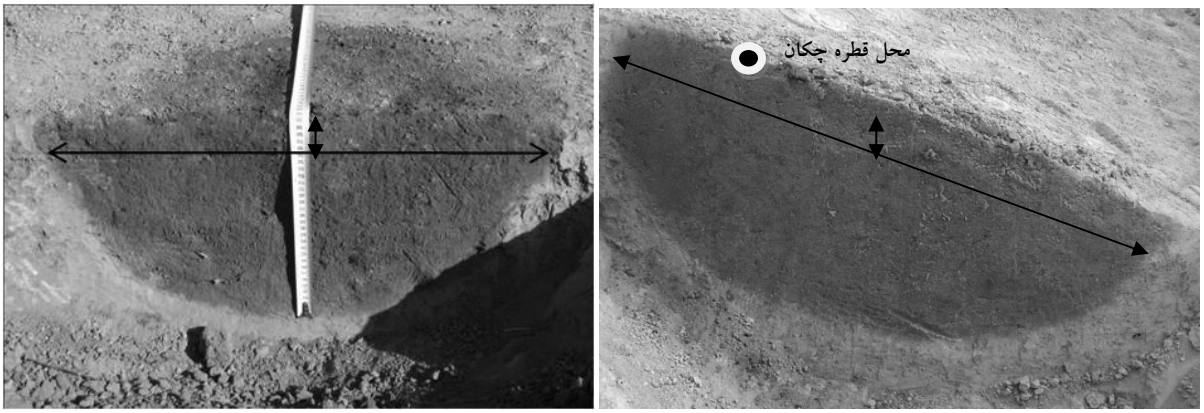
با افزایش شیب اثر نیروی موازی سطح نسبت به نیروی عمودی افزایش می‌یابد (۱۲). در زمین مسطح مؤلفه افقی که باعث گسترش رطوبت می‌شود، نیروی مکش خاک است ولی در سطح شیب‌دار گسترش رطوبت خاک در جهت بالادست تحت تأثیر نیروی مکش خاک و نیروی ثقل قرار می‌گیرد به طوری که نیروی مکش خاک رطوبت را به سمت بالادست می‌کشاند اما نیروی ثقل مانع از حرکت جبهه رطوبتی به سمت بالادست می‌شود. چرا که منطقه بالا دست قطره‌چکان در ارتفاع بالاتری قرار دارد و با دور شدن از منبع رطوبت، به علت ثابت بودن مکش و افزایش فاصله بین منبع نقطه‌ای و جبهه رطوبتی، شیب هیدرولیکی که نسبت اختلاف رطوبت به فاصله می‌باشد، کم می‌شود.

هم‌چنین به علت افزایش ارتفاع و حرکت جبهه رطوبتی به سمت بالادست منبع نقطه‌ای، غلبه بر نیروی ثقل دشوارتر خواهد شد. شریف (۵) شیب زمین را عامل گسترش پیاز رطوبتی در قسمت پایین دست و عامل بازدارندگی آن در قسمت بالادست قطره‌چکان دانسته است.

بنابراین علت کمتر بودن پیشروی جبهه رطوبتی در بالا دست قطره‌چکان نسبت به اندازه‌ای که می‌توانست در سطح بدون شیب ایجاد شود، عدم غلبه کامل نیروی مکش بر نیروی ثقل در حرکت رو به بالا است. اثر تغییر شیب در پیاز رطوبتی حاصل از دبی ۴ لیتر در ساعت و مدت زمان آبیاری ٦ ساعت در شکل ۳ نشان داده شده است. مقایسه ابعاد سطح خیس شده نشان داد که در شیب ۵ درصد، ۳۱/۹۷ درصد از مساحت خیس شده در قسمت بالادست قطره‌چکان قرار گرفت در حالی که این اندازه در شیب‌های ۱۵ و ۲۵ درصد کمتر و به ترتیب به ۲۳/۸۸ و ۲۰/۲۰ درصد رسید.

این در حالی بود که جبهه رطوبتی در سمت پایین دست قطره‌چکان رو به گسترش بود و درصد آن نسبت به محل قطره‌چکان در شیب‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد به ترتیب از ٦٨/٠٣ به ٧٦/١٢ و ۷۹/۸۰ درصد رسید. هم‌چنین مشاهده گردید که در اعماق مختلف تقریباً به همان اندازه که جبهه رطوبتی به پایین دست کشیده شد، به همان اندازه، پیش روی جبهه بالادست کم شد.

تلفیقی از نتایج به‌دست آمده نشان داد که افزایش شیب زمین موجب افزایش حجم جزء پایین دست پیاز رطوبتی در سیستم آبیاری قطره‌ای شد. بنابراین جهت استفاده بهینه از رطوبت ذخیره شده در خاک بسته به شیب زمین فاصله بین بوته گیاه و محل استقرار قطره چکان بایستی ۱۰ الی ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

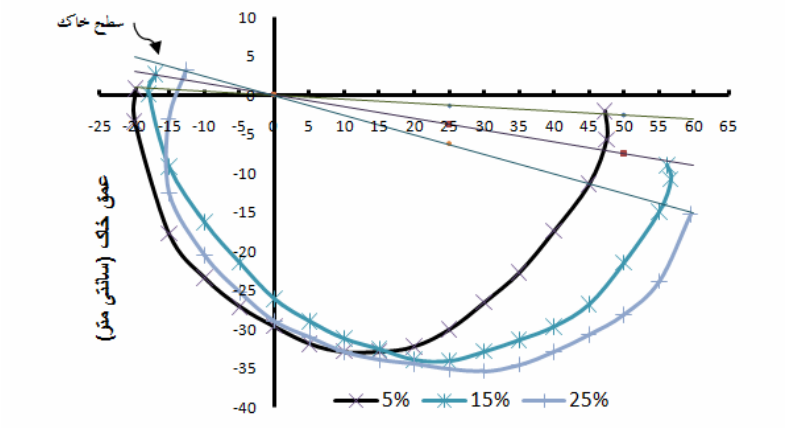


(ب) (الف)

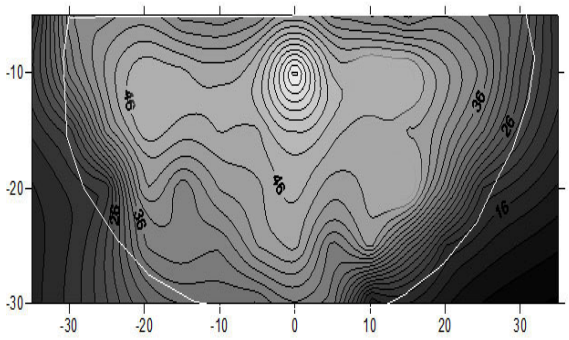
شکل ۲. نمایی از عمق حداکثر گسترش افقی پیاز رطوبتی در شیب ۲۵ (الف) و صفر (ب) درصد در مدت زمان آبیاری ۶ ساعت

جدول ۱۰. درصد مساحت پیاز رطوبتی در قسمت بالا دست و پایین دست محل استقرار قطره‌چکان نسبت به کل آن در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد

مدت زمان آبیاری (ساعت)	شیب زمین (درصد)							
	۰		۵		۱۵		۲۵	
	درصد مساحت پیاز رطوبتی							
	بالادست	پایین دست	بالادست	پایین دست	بالادست	پایین دست	بالادست	پایین دست
۲	۴۹/۶	۵۰/۳	۲۶/۱	۷۳/۸	۲۴/۷	۷۵/۲	۲۰/۵	۷۹/۵
۴	۵۰/۱	۴۹/۸	۲۸/۷	۷۱/۲	۲۳/۰	۷۶/۹	۱۸/۹	۸۰/۰
۶	۵۱/۵	۴۸/۴	۳۱/۹	۶۸/۰	۲۳/۸	۷۶/۱	۲۰/۲	۷۹/۸



شکل ۳. گسترش پیاز رطوبتی در مدت زمان آبیاری ۶ ساعت در شیب‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد



شکل۴. منحنی‌های هم رطوبت در شیب صفر درصد و مدت زمان آبیاری ۶ ساعت

جدول ۱۱. توزیع میزان رطوبت در پیاز رطوبتی در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد و در مدت زمان‌های مختلف آبیاری

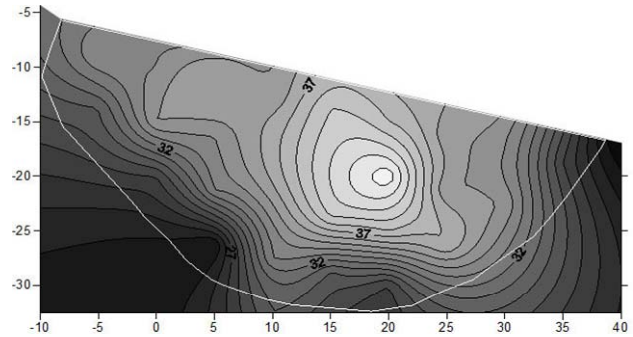
مدت زمان آبیاری (ساعت)	شیب زمین (درصد)							
	۲۵		۱۵		۵		۰	
	میزان رطوبت (درصد)							
	Fc< □ <PwP	Fc<□<S_e	Fc< □ <PwP	Fc<□<Se	Fc< □ <PwP	Fc<□<Se	Fc< □ <PwP	Fc<□<Se
۲	۸۵	۱۵	۸۴/۳	۱۵/۷	۸۰	۲۰	۷۸/۶	۲۱/۴
۴	۷۵	۲۵	۷۱/۸	۲۸/۲	۶۹/۶	۳۰/۴	۶۵	۳۵
۶	۶۵	۳۵	۵۸/۸	۴۱/۲	۵۶	۴۴	۵۱	۴۹
میانگین	۷۵	۲۵	۷۱/۶	۲۸/۴	۶۸/۵	۳۱/۵	۶۴/۹	۳۵/۱

Se رطوبت خاک در حد درجه اشباع، Fc رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی و PWP رطوبت خاک در حد نقطه پژمردگی

بررسی توزیع رطوبت در نیم‌رخ پیاز رطوبتی

بررسی توزیع رطوبت در نیم‌رخ پیاز رطوبتی در شیب صفر درصد نشان داد که پس از گذشت ۲۴ ساعت قسمتی از پیاز رطوبتی که بیشترین میزان رطوبت در آن تجمع یافته بود، به صورت یک هسته در مرکز الگوی خیس شده نمود پیدا کرد. این منطقه دارای رطوبت بالاتر از ظرفیت زراعی (Field capacity) به صورت منحنی‌های هم رطوبت منظم در مرکز پیاز رطوبتی و روی محور قطره‌چکان قرار داشت (شکل ۴). توزیع رطوبت در پیاز رطوبتی نسبت به محور قطره‌چکان در شیب صفر تقریباً متقارن و یکنواختی نسبتاً مناسبی داشت. افزایش مدت زمان آبیاری موجب کاهش شیب منحنی‌های رطوبتی و یکنواختی توزیع شد. اختلاف پتانسیل آب بین نقاط مختلف پیاز رطوبتی خاک موجب حرکت آب به سمت مرز الگوی خیس شده گردید که منحنی‌های رطوبتی نزدیک به هم شکل گرفت.

نتایج مربوط به توزیع میزان رطوبت خاک در قسمت‌های مختلف پیاز رطوبتی در شیب‌ها و مدت زمان‌های آبیاری در جدول ۱۱ نشان داده شده است. همان طوری که در جدول مشاهده می‌شود با افزایش مدت زمان آبیاری رطوبت خاک بین ظرفیت زراعی و نقطه اشباع (Fc<ϴ<Se) افزایش یافت که درصد این افزایش در شیب صفر بیشتر از اراضی شیب‌دار بود به طوری که در شیب صفر این افزایش از ۲۱ به ۴۹ درصد و در شیب ۲۵ درصد از ۱۵ به ۳۵ درصد در بازه زمانی ۲ تا ۶ ساعت بود حال آن‌که پس از ۲۴ ساعت از اتمام آبیاری درصد



شکل۵. منحنی‌های هم رطوبت در شیب ۲۵ درصد و مدت زمان آبیاری ۶ ساعت

رطوبت خاک قابل استفاده برای گیاه ($Fc<\theta<pwp$) با افـزایش مدت زمان آبیاری کاهش یافت به طوری که در شیب صفر این کاهش از ۷۸/۶ به ۵۱ درصد و در شیب ۲۵ درصد از ۸۵ به ۶۵ درصد در بازه زمانی ۲ تا ۶ ساعت بود. بنابراین در زمـان‌هـای آبیاری ۶ ساعت و بالاتر بـه دوره زمـانی بیـشتر از ۲۴ سـاعت جهت رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی در کـل پیـاز رطوبتی مورد نیاز بود. هم‌چنین با افزایش شـیب زمـین درصـد رطوبت قابل استفاده برای گیاه افزایش یافت به طـوری کـه در بازه زمانی ۲ تا ۶ ساعت در شیب صفر به طـور میـانگین ۶۴/۹ درصد و در شیب ۲۵ درصد ۷۵ درصد بود. بنابراین دلیل اصلی افزایش ابعاد پیـاز رطـوبتی بـا افـزایش شـیب و توزیـع بیـشتر رطوبت در قسمت‌های مختلـف الگـوی خـیس شـده حاصـل حرکت رطوبت در جهت شیب زمین بود (شکل ۵).

نتیجه‌گیری

۱. نتایج مربوط به تأثیر شیب زمین بر مساحت و حجـم پیـاز رطوبتی در مدت زمان آبیاری یکسان نشان داد بـا افـزایش شیب زمین مساحت و حجم پیاز رطـوبتی افـزایش یافـت منتهی افزایش مساحت پیاز رطوبتی در اراضی دارای شیب ۵ تا ۲۵ درصد معنی دار نبود حال آنکه حجم پیاز رطوبتی در مدت زمان آبیاری ۴ ساعت، تا حد ۱۵ درصـد موجـب اختلاف معنی دار شیب صفر با سایر شیب‌هـا شـد امـا در مدت زمان آبیاری ٦ ساعت حجم پیاز رطوبتی شیب صـفر فقط با شیب ۲۵ درصد دارای اختلاف معنی داری بود.

۲. در اراضی مسطح پیاز رطوبتی دارای حجم هندسی منظم و سهمی شکل و در اراضی شیب‌دار بیـشتر شـبیه نـیم تخـم مرغی بود.

۳. عمق نفوذ در راستای محور قطره چکان بـا افـزایش شـیب زمین دارای کاهش اندکی بود که درصد این کـاهش معنـی دار نبود و حداکثر عمق نفوذ در شیب صفر بر روی محـور قطره‌چکان منطبق بود اما در اراضی شیب‌دار این عمـق بـا توجه به شیب زمین در فاصله ۱۰ تا ۲۵ سانتی متری پایین دست محور قطره‌چکان قرار داشت.

۴. عمق حداکثر گسترش افقی پیاز رطوبتی در فاصله بین ۵ تا ۸ سانتی متری نسبت به سطح زمین ایجـاد گردیـد کـه بـه طور متوسط مقدار آن ٦/۵ سانتی متر بود. این پدیده دلیـل اطلاق نام پیاز رطوبتی بـه الگـوی خـیس شـدن خـاک در راستای محور عمقی قطره‌چکان می‌باشد کـه باعـث شـکل یافتن الگوی خیس شده به شکل یک پیاز وارونه در عمـق خاک می‌گردد.

۵. جزء بالادست و پایین دست پیاز رطـوبتی در شـیب صـفر درصد متقارن ولـی در اراضـی شـیب‌دار نامتقـارن بـود در نتیجه جهت استفاده بهینه از رطوبت ذخیره شده در خـاک فاصله بین بوته گیاه و محل استقرار قطره چکـان بـسته بـه شیب زمین بایستی ۱۰ الی ۲۵ سـانتی متـر در نظـر گرفتـه شود.

٦. بررسی توزیع رطوبت در پیـاز رطـوبتی نـشان داد کـه در اراضی شیب‌دار بر خلاف اراضـی مـسطح قـسمت عمـده

توزیع رطوبت به ویژه هسته رطوبتی در پایین‌دست قطره‌چکان واقع گردید. پیاز رطوبتی در این اراضی نسبت به اراضی مسطح سریع‌تر رطوبت خود را از دست داده و به دلیل توزیع بیشتر رطوبت خاک در اراضی شیب‌دار نسبت به اراضی مسطح ابعاد پیاز رطوبتی در مدت زمان آبیاری یکسان در این اراضی بزرگ‌تر از اراضی مسطح بود.

منابع مورد استفاده

۱. اکرام نیا، ف. ۱۳۷۵. ارزیابی انواع قطره‌چکان‌ها و ارائه قطره‌چکان بهینه از لحاظ اقتصادی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ۱۵۱ صفحه.

۲. تیشه زن، پ. و س. ف. موسوی. ۱۳۸۵. بررسی پیشروی جبهه رطوبتی تحت منبع نقطه‌ای در خاک‌های مطبق با سطوح شیب‌دار. همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زه‌کشی، ۱۲-۱۴ اردیبهشت ۱۳۸۵. (دانشگاه شهید چمران).

۳. جهانی، ع. ۱۳۷۷. چالش‌های مدیریت آب در سال‌های دهه‌های آتی. کارگاه بحران آب، تهران.

۴. حقیقتی، ب. ۱۳۷۵. اثر پارامترهای آبیاری روی در صد سطح خیس شده در آبیاری قطره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵. شریف بیان الحق، م. ح. ۱۳۷۶. توزیع رطوبت در پروفیل خاک از منبع نقطه‌ای در سطوح شیب‌دار. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۶. شریف نیا، ر.، ف. میرزایی، ع. لیاقت و ع. هورفر. ۱۳۸۶. بررسی پیاز رطوبتی در آبیاری قطره‌ای در ارضی شیب‌دار. سمینار علمی طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی، کرج.

۷. ضیاء تبار احمدی، م. ۱۳۷۱. *آبیاری قطره‌ای*(ترجمه). انتشارات دانشگاه مازندران.

۸. علیزاده، ا. ۱۳۸۵. *اصول طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار*. جلد دوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

۹. مصطفی زاده، ب. س. ف. موسوی و م. ح. شریف بیان الحق. ۱۳۷۷. پیشروی جبهه رطوبتی از منبع نقطه‌ای در سطوح شیب‌دار. نشریه کشاورزی و منابع طبیعی ۲(۳): ۱۳-۲۲.

10. Bodhinayake, W. L. and B. C. Si. Xiao. 2004. New method for determining water- conducting macro- and mesoporosity from tension in filtrometer. Soil Sci. Soc. Amer. J. 68: 760-769.
11. Feltcher Armstrong, C. and Wilson. T. V. 1983. Computer model for moisture distribution in stratified soil under trickle irrigation. Trans. Amer. Soc. Agric. and Biol. Eng. 26(6): 1704-1709.
12. Hovver, J. 1985. Evalution of flow pathway in a sloping soil cross section. Amer. Soc. Agric. and Biol. Eng. 28(5) : 1471-1475.
13. Huat, B. B. K., F. H. J. Ali and T. H. Low. 2006. Water infiltration characteristics of unsaturated soil slope and its effect on suction and stability. Geotech. and Geol. Eng. 24: 1293-1306.
14. Jackson, C. R. 1992. Hill slope infiltration and lateral down slope unsaturated flow. Water Resour. Res. 28: 2533-2539.
15. Patel, N. and T. B. S. Rajput. 2009. Dynamics and modeling of soil water under subsurface drip irrigated onion. Agric. Water Manage. 95(12): 1335-1349.
16. Philip, J. R. 1984. Travel time for buried and surface infiltration point source. Water Resour. Res. 20: 990-994.
17. Philip, J. R. and J. K. Knight. 1997. Steady infiltration flow with sloping boundaries. Water Resour. Res. 33(8): 1833-1841.
18. Zebarth, B. J. and E. de Jong. 1989a. Water flow in a hommocky landscape in central Saskatchewan. Canada. Distribution of water and soils. J. Hydrol. 107: 309 – 327.
19. Zebarth, B. J. and E. de Jong. 1989b. Water flow in a hommocky landscape in central Saskatchewan. Canada. III. Unsaturated flow in relation to topography and land use. J. Hydrol. 110: 199- 218.

Investigation of Wetting Pattern Dimensions on Sloping Lands

A. Mohammadi[1]*, M. H. Biglouei[1], M. R. Khaledian[1], A. R. Moridnejadand[2] and J. Rajabi[1]

(Received : Feb. 6-2012 ; Accepted : Dec. 2-2012)

Abstract

To study the effects of irrigation durations and land slopes on wetting pattern dimensions, some experiments were performed using an emitter with constant discharge of 4 liters per hour by 2, 4, and 6 hours irrigation durations. Experiments were conducted on lands with the slopes of 0, 5, 15 an 25 percent, with silty loam soil texture in 3 replications in Fathali region, Mogan plain, Iran. Results showed that increasing the land slope caused an increment in wetting pattern dimensions and bulk, in constant irrigation durations. When slope increased, the depth of infiltrated water along the emitter had a little decrease which wasn't significant. The upstream and downstream components of wetting pattern were symmetrical on 0 percent slope but not on steep lands. So, optimizing the water use, which is saved in the soil, depends on the land slope and the crop should be planted 10 to 25 centimeters away from the dripper. The investigation of soil moisture distribution on wetting pattern in slope lands showed that contrary to the flat lands the main part of the moisture is accumulated in lower part of the emitter, and wetting pattern in these sloping lands was larger than in flat lands.

Keywords: Dripping irrigation, Steep lands, Wetting pattern.

1. Dept. of Water Eng., College of Agric., Guilan Univ., Rasht, Iran.
2. Dept. of Irrig. and Drain. CEP Consulting Eng. of Saman Abrah, Tehran, Iran.
*: Corresponding Author, Email: adel_m23@yahoo.com