

## بررسی ابعاد پیاز رطوبتی آبیاری قطره‌ای- نواری در اراضی شیبدار

احسان اسماعیلی<sup>۱\*</sup>، امیر سلطانی محمدی<sup>۲</sup> و سعید برومندنسب<sup>۳</sup>

<sup>۱\*</sup>- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

<sup>۲</sup>- استادیار دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

<sup>۳</sup>- استاد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۳۰

### چکیده

به منظور بررسی اثر شیب روی ابعاد پیاز رطوبتی از یک منبع تغذیه خطی در اراضی شیبدار، تحقیقی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تیمار و سه تکرار در پاییز ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، در خاکی با بافت سیلتی لوم با دو دبی شش و نه لیتر در ساعت در واحد طول نوار و به ازای سه شیب صفر، دو و پنج درصد انجام شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت از پایان زمان آبیاری، با ایجاد یک برش به صورت عمودی ابعاد پیاز رطوبتی اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری نشان داد 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 زمین مسطح اختلاف معنی‌دار داشت. افزایش عرض خیس شده برای دبی شش و نه لیتر در ساعت در زمین با شیب دو درصد نسبت به زمین مسطح به ترتیب ۱۰ و سه درصد و برای شیب پنج درصد، ۲۰ و ۱۳ درصد بود. افزایش عمق خیس شده برای دبی شش و نه لیتر در ساعت در زمین با شیب دو درصد نسبت به زمین مسطح، ۱۲/۵ و ۱۷ درصد و برای شیب پنج درصد ۲۵ و ۳۵ درصد بود. افزایش مساحت برای دبی شش و نه لیتر در ساعت در زمین با شیب دو درصد نسبت به زمین مسطح، ۲۴ و ۲۸ درصد و برای شیب پنج درصد، ۵۶ و ۴۵ درصد بود.

**کلید واژه‌ها:** آبیاری قطره‌ای- نواری، اراضی شیبدار، پیاز رطوبتی.

## Investigation of Wetting Pattern Dimensions in T-Tape Drip Irrigation on Sloping Lands

E. Esmaili<sup>1\*</sup>, A. Soltani Mohamadi<sup>2</sup> and S. Boroomand-Nasab<sup>3</sup>

Received: 19 April 2015

Accepted: 7 July 2015

### Abstract

In order to evaluate the effect of slope on wetting pattern using a linear water supply a study has been taken in research field during the fall of 2014, at Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. In this research two flow rates 6 and 9 liters per hour per unit length, three slopes, including 0, 2 and 5 percent with three replications at the randomized block design were used. The soil texture was silt loam. The results of statistical analysis showed that with increasing discharge and slope, width and depth, area and volume soaked increases. The results showed these differences are significant in 1% level for 2 and 5 percent slopes compared to 0. Increase width soaked in for the rate of 6 liters per hour in slope of 2% with compared to a 0, 10 percent and for slope 5%, was 20 percent. Also the increase for width in the rate of 9 liters per hour respectively was 3 and 13 percent. Increase depth soaked in for the rate of 6 liters per hour in slope of 2% with compared to 0, 12.5 percent and the slope of 5%, was 25 percent. Also the increase for depth in the rate of 9 liters per hour respectively was 17 and 35 percent. Increase area in for the rate of 6 liters per hour in slope of 2% with compared to a 0, 24 percent and for slope 5%, was 56 percent and for flow rate of 9 liters per hour the increase for area, respectively was 28 and 45 percent.

**Keywords:** T-tape drip irrigation, Sloping lands, Wetting pattern.

## مقدمه

در کشور ایران بیش از ۸۰ درصد آب در بخش کشاورزی مصرف می‌شود از این رو، 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 اصلاح شده به جای سیستم‌های سنتی دارای راندمان کم باشد. آبیاری قطره‌ای به دلیل امکان کاربرد در اراضی شیبدار و با دارا بودن بالاترین راندمان یکی از سیستم‌های نوین آبیاری می‌باشد. این روش برای مناطقی که دارای منابع آب محدود بوده، گزینه مناسبی محسوب شده و گاه در اراضی شیبدار تنها روش مقرون به صرفه قابل اجراست (علیزاده، ۱۳۸۵؛ خانجانی و دلیر حسن‌نیا، ۱۳۹۳).

روش آبیاری قطره‌ای - نواری، روش بهبود و ارتقاء یافته آبیاری قطره‌ای است که امکان به‌کارگیری آن علاوه بر درختان، برای گیاهان دیگر به خصوص محصولات ردیفی به خوبی وجود دارد. در این روش آبیاری، ردیف‌ها با استفاده از نوارها آبیاری می‌شوند و با حذف تلفات عمقی که در آبیاری شیاری وجود دارد، راندمان مصرف آب در مزرعه به مقدار زیادی بهبود می‌یابد. رسیدن به راندمان مطلوب در این روش نیز مشابه بقیه روش‌ها نیاز به طراحی دقیق و اجرای درست سیستم دارد. مدیریت آبیاری نیازمند تعیین یا پیش‌بینی دقیق ابعاد خاک خیس شده اطراف گیاه است. برای طراحی صحیح سیستم، شناخت کافی از توزیع آب در خاک امری ضروری به نظر می‌رسد. ابعاد پیاز رطوبتی تأثیر به‌سزایی در کمیت و کیفیت عملکرد گیاهان زراعی دارد به طوری که اگر ابعاد پیاز رطوبتی کمتر از حد مورد نیاز گیاه باشد، گیاه نمی‌تواند آب کافی را جذب نماید که منجر به کاهش عملکرد گیاه خواهد شد. در عین حال با اصلاح ابعاد پیاز رطوبتی در اراضی شیبدار نسبت به اراضی مسطح می‌توان راندمان کاربرد آب را افزایش داد. بر این اساس فاصله نوارها از یکدیگر باید به نحوی انتخاب شود که نوار پیوسته‌ای از خاک مرطوب در امتداد ردیف کشت ایجاد شود. در واقع اولین گام برای تضمین عمل آبیاری، اندازه‌گیری پیاز رطوبتی است که تأثیر به‌سزایی در طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری داشته و در محاسبه عمق آب آبیاری مؤثر است (وجدانی و همکاران، ۱۳۸۷؛ میرزایی و همکاران، ۱۳۸۴؛ پروانک بروجنی و همکاران، ۱۳۸۶).

بدین منظور لازم است مهندسین طراح ابعاد خیس شده خاک را قبل از طراحی به خوبی تخمین زده و با یک پیش فرض صحیح، از چگونگی حرکت آب در خاک اطلاع داشته باشد. ابعاد پیاز رطوبتی تحت آبیاری قطره‌ای - نواری در خاک تحت تأثیر پارامترهای متعددی است که بافت خاک، دبی و حجم آب خروجی از واحد طول نوار و شیب زمین از جمله مهم‌ترین پارامترها می‌باشند. در طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری مطمئن‌ترین راه تعیین درصد خاک خیس شده بررسی ساده مزرعه‌ای است (مصطفی زاده و همکاران، ۱۳۷۷).

در یک مزرعه خاص، بافت خاک و شیب زمین از جمله پارامترهایی هستند که تأثیر آن‌ها در شکل پیاز رطوبتی خاک قابل کنترل نیست اما دبی قطره‌چکان و حجم آب آبیاری پارامترهایی هستند که طراح می‌تواند با تغییر دادن آن‌ها به ابعاد خیس شده دلخواه برسد (خرمی و همکاران، ۱۳۹۲).

تحقیقات اندکی در مورد بررسی ابعاد پیاز رطوبتی در اراضی شیبدار نسبت به اراضی مسطح در زمینه آبیاری قطره‌ای - نواری صورت گرفته است. محمدی و همکاران (۱۳۹۲)، در بررسی ابعاد پیاز رطوبتی در اراضی شیبدار نشان دادند که در اراضی شیبدار بر خلاف اراضی مسطح قسمت عمده توزیع رطوبت به‌ویژه هسته رطوبتی در پایین دست قطره‌چکان واقع شده و پیاز رطوبتی در این اراضی نسبت به اراضی مسطح بزرگ‌تر می‌باشد.

خرمی و همکاران (۱۳۹۲)، در ارزیابی روش‌های مختلف برآورد ابعاد پیاز رطوبتی در یک خاک لومی تحت آبیاری قطره‌ای، به این نتیجه رسیدند که در بافت متوسط شیب سطح خاک اثر معنی‌دار روی عمق پیاز رطوبتی ندارد و به‌طور کلی اثر شیب سطح خاک را بر شکل پیاز رطوبتی، باید توأم با بافت خاک بررسی کرد.

نصیری و همکاران (۱۳۹۰)، در تعیین معادله‌های تجربی برآورد ابعاد پیاز رطوبتی تحت آبیاری قطره‌ای در خاک متوسط - شنی به این نتیجه رسیدند که به ازای یک حجم ثابت آب، با افزایش دبی قطره‌چکان شعاع خیس شده افزایش و عمق خیس شده کاهش می‌یابد. هم‌چنین با افزایش زمان آبیاری به ازای مقادیر گوناگون دبی قطره‌چکان‌ها، عمق و شعاع خیس شده خاک افزایش پیدا می‌کند.

شریف‌نیا و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی پیاز رطوبتی در آبیاری قطره‌ای در اراضی شیبدار در خاک‌های لومی، رسی و سیلتی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که اصلاح ابعاد خیس شده در استفاده از جداول مربوط به اراضی مسطح، برای زمین‌های شیبدار اجتناب‌ناپذیر است.

شریف‌نیا و همکاران (۱۳۸۸)، با بررسی عوامل مؤثر بر شکل پیاز رطوبتی در آبیاری قطره‌ای به اصلاح موقعیت قطره‌چکان‌ها نسبت به بوته در اراضی شیبدار پرداخته و با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق رابطه‌ای اصلاحی برای آرایش قطره‌چکان در اراضی شیبدار به صورت زیر توصیه کردند:

$$L = R_{S0} \times \sin 2\alpha \quad (1)$$

L: انحراف مرکز بیضی از محور قطره‌چکان در راستای شیب

$R_{S0}$ : شعاع خیس شدگی در سطح در شیب صفر

$\alpha$ : زاویه سطح شیبدار با افق

وجدانی و همکاران (۱۳۸۷)، با اندازه‌گیری ابعاد افقی و عمودی پیشروی پیاز رطوبتی در اطراف قطره‌چکان در دشت هارکله لالی در استان خوزستان، به این نتیجه رسیدند که فاصله بین قطره‌چکان‌ها معادل ۰/۷۵ متر و متوسط درصد مساحت خیس شده در اطراف گیاه معادل ۴۵ درصد نتایج بهتری را می‌دهد.

قطره‌چکان، شدت جریان، مشخصات رطوبتی خاک و زمان آبیاری هم‌خوانی مناسب وجود داشته باشد. بررسی پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که تعیین دقیق پیاز رطوبتی در آبیاری قطره‌ای - نواری موجب مصرف بهینه آب، انرژی و افزایش بهره‌وری آب از طریق کاهش تلفات آب می‌شود. لذا هدف از انجام این تحقیق بررسی ابعاد پیاز رطوبتی در اراضی شیبدار و مقایسه آن با اراضی مسطح به منظور بررسی تأثیر شیب زمین بر نحوه شکل‌گیری پیاز رطوبتی حاصل از یک منبع تغذیه خطی است.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر شیب روی ابعاد پیاز رطوبتی از یک منبع تغذیه خطی در اراضی شیبدار، تحقیقی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تیمار و با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی شماره یک دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز تحت آبیاری قطره‌ای - نواری در پاییز ۱۳۹۳ انجام شد (شکل ۱). خاک محل آزمایش تا عمق ۴۰ سانتی‌متری برای از بین بردن لایه‌ها و ایجاد یکنواختی بیشتر، شخم زده شد. بافت خاک مزرعه سیلتی لوم بود که به روش هیدرومتری به دست آمد. نتایج مربوط به آزمایش خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در جدول (۱) ارائه شده است. برای ایجاد شیب در مزرعه، از دوربین ترازیب و شاخص استفاده شد و سه قطعه زمین با شیب صفر، دو و پنج درصد ایجاد شد. در این تحقیق از روش آبیاری قطره‌ای - نواری با دو نوع نوار آبد، با دبی شش و نه لیتر در ساعت در هر متر نوار استفاده شد. قبل انجام آزمایش، دبی نوارها در آزمایشگاه و تحت فشار ۰/۵ بار اندازه‌گیری شد و سپس آزمایش‌های مزرعه‌ای برای به دست آوردن الگوی پیاز رطوبتی در قالب دو آزمایش جداگانه یک‌بار با دبی شش و بار دیگر با دبی نه لیتر در ساعت با سه نوبت آبیاری اجرا گردید (شکل ۲). به منظور تعیین زمان کارکرد نوارهای آبیاری، نیاز آبی برای خاک بدون کشت و براساس تبخیر صورت گرفته از تشت تبخیر (مبنای محاسبات میانگین ۱۰ ساله تبخیر بود) محاسبه، قطر و عمق خیس شده توسط نوارها اندازه‌گیری شد. بدیهی است پس از قطع آبیاری، نفوذ و توزیع مجدد آب در خاک ادامه دارد، لذا پس از گذشت ۲۴ ساعت از زمان آبیاری، پروفیلی از خاک در یک متر ابتدا، وسط و انتهای نوارها حفر شد و میزان پیشروی عمودی و افقی پیاز رطوبتی در این نقاط به صورت مختصات دوبعدی ثبت شد و برای انجام محاسبات و مراحل بعدی تحقیق انتخاب گردید (شکل ۳). در پایان برای ترسیم نمودارها و تعیین ضرایب همبستگی از نرم‌افزار اکسل، برای محاسبه مساحت و حجم خیس شده از نرم‌افزار Matlab و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

تیشه‌زن و موسوی (۱۳۸۵)، عامل کشیده شدن الگوی خیس شده را به سمت شیب، جمع شدن نیروی ثقل و مؤینه در پایین دست قطره‌چکان و بازدارنده بودن نیروی ثقل در بالادست آن عنوان نمودند.

مصطفی‌زاده و همکاران (۱۳۷۷)، در تحقیقی در چهار بافت خاک با شیب صفر، دو، پنج و ۱۰ درصد و به کاربردن سه دبی چهار، هشت و ۱۲ لیتر در ساعت به بررسی و مقایسه ابعاد پیاز رطوبتی، مساحت و حجم خیس شده در شیب‌های مختلف پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش دبی قطره‌چکان سطح خیس شده افزایش پیدا می‌کند که در یک حجم مساوی آب آبیاری در دبی‌های کم، عمق خیس شده بیشتر می‌شود. حجم آب آبیاری تأثیر مستقیمی بر حجم جبهه خیس شده دارد و با افزایش حجم آب آبیاری، حجم خاک خیس شده افزایش پیدا می‌کند. با افزایش شیب زمین سطح خیس شده و انحراف پیاز رطوبتی در جهت شیب افزایش می‌یابد که این افزایش، تحت تأثیر نفوذپذیری خاک، دبی قطره‌چکان و حجم آب آبیاری قرار دارد.

پاتل و راجپوت<sup>۱</sup> (۲۰۰۹)، رئوف و همکاران (۲۰۰۹) و بدهینایک و ژائو<sup>۲</sup> (۲۰۰۴)، نشان دادند که توپوگرافی و شیب زمین روی خصوصیات هیدرولیکی خاک از قبیل توزیع رطوبت، شدت نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع تأثیر دارد.

پاتل و راجپوت (۲۰۰۹b)، اثر آبیاری زیرسطحی را در محصول پیاز مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که در خاک لومی شنی، نفوذ عمقی آب بیشتر است چرا که اثر نیروی ثقل از نیروی مکش بیشتر می‌شود.

تابت و زایانی<sup>۳</sup> (۲۰۰۸)، تأثیر دبی قطره‌چکان‌ها را روی الگوی رطوبتی و توزیع رطوبت در خاک متوسط - شنی مورد مطالعه قرار دادند و روابطی را برای تعیین میزان پیشروی پیاز رطوبتی به دست آوردند.

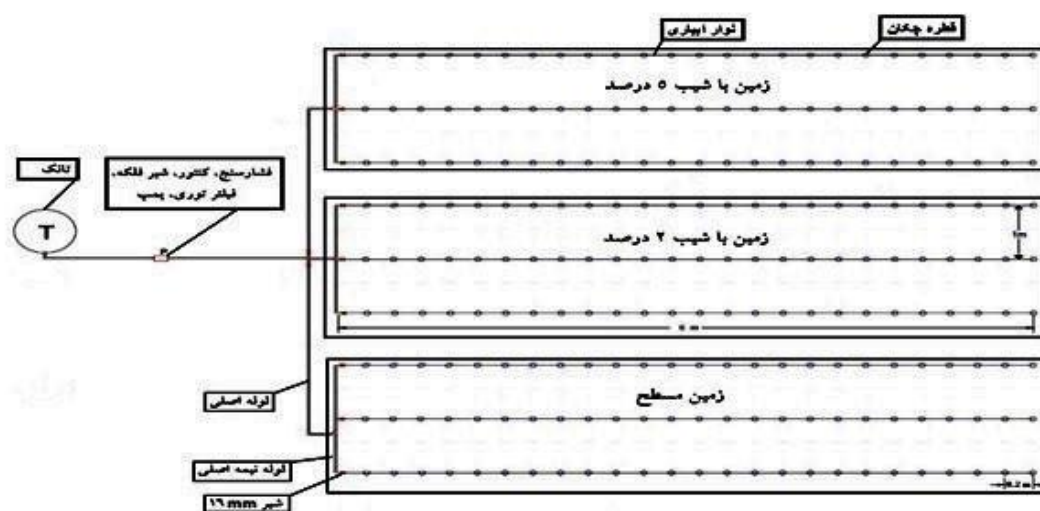
هوات و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۶) و هاگارد و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۵)، نشان دادند که مقدار نفوذ آب در خاک با افزایش شیب زمین کاهش می‌یابد.

لی و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۴)، آزمایش‌های خود را در مورد دو خاک شنی و متوسط انجام دادند و در طول آزمایش موقعیت جابجایی پیاز رطوبتی را روی سطح خاک و در سطح عمودی در چندین زمان ثبت کردند و به این نتیجه رسیدند که الگوهای رطوبتی از راه شعاع و عمق خیس شده مشخص می‌شوند.

توربون و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۰۳)، نشان دادند که برای بهبود بازده مصرف آب و مواد مغذی در آبیاری قطره‌ای بایستی بین فاصله

- 1- Patel and Rajput
- 2- Bodhinayake and Xiao
- 3- Thabet and Zayani
- 4- Huat *et al.*
- 5- Haggard *et al.*
- 6- Li *et al.*
- 7- Thorburn *et al.*

اسماعیلی و همکاران: بررسی ابعاد پیاز رطوبتی آبیاری قطره‌ای - نواری...



شکل ۱- جانمایی طرح پژوهشی

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و هیدرولیکی خاک تا عمق ۳۰ سانتی متری

هدایت هیدرولیکی اشباع (سانتی متر در روز)	رطوبت حجمی در مکش ۱۵ اتمسفر (درصد)	رطوبت حجمی در مکش ۰/۳ اتمسفر (درصد)	جرم مخصوص ظاهری (گرم در سانتی متر مکعب)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	رس (درصد)	بافت
۱۵	۱۷	۳۲	۱/۴	۵۲/۱	۲۲/۳	۲۵/۶	سیلتی لوم



شکل ۲- آبیاری قطره‌ای - نواری در حال کار



شکل ۳- پیشروی پیاز رطوبتی پس از ۲۴ ساعت

جدول ۲- میانگین عرض خیس شده (سانتی متر)

شیب	نوار با دبی شش لیتر در ساعت			نوار با دبی نه لیتر در ساعت		
	ابتدا	وسط	انتهای	ابتدا	وسط	انتهای
مسطح	۲۲/۴۴	۲۲/۴۴	۲۳/۳۴	۲۸/۰۰	۲۶/۴۴	۲۷/۱۰
شیب دو درصد	۲۵/۱۰	۲۵/۳۴	۲۴/۸۸	۲۹/۱۰	۲۹/۴۴	۲۹/۶۶
شیب پنج درصد	۲۷/۶۶	۲۶/۹۸	۲۶/۲۴	۳۰/۸۸	۳۰/۶۶	۳۱/۷۸

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس

دبی	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
			عرض خیس شده	عمق خیس شده	مساحت
	بلوک	۲	۰/۳۵	۰/۰۱	۳۸/۰۸
	تیمار	۲	۵۲/۰۶*	۳۶/۶۰*	۵۴۹۱۰/۵۰*
شش لیتر در ساعت	خطای آزمایشی	۴	۰/۴۸	۰/۰۰	۱۰۵/۱۶
	کل	۸			
نه لیتر در ساعت	بلوک	۲	۰/۰۷	۰/۰۷	۵۰/۰۴
	تیمار	۲	۳۲/۲۱*	۸۰/۰۵*	۶۷۰۵۹/۵۵*
خطای آزمایشی	خطای	۴	۰/۴۱	۰/۰۹	۱۹۵/۰۹
	کل	۸			

\* معنی دار در سطح یک درصد

میانگین عرض خیس شده زمین مسطح، شیب دو درصد و شیب پنج درصد به ترتیب برابر بود با ۲۷/۳۲، ۲۸/۱۴ و ۳۱/۱۰ سانتی متر (شکل ۴). افزایش عرض برای دبی شش لیتر در ساعت در زمین با شیب دو درصد نسبت به زمین مسطح ۱۰ درصد و برای شیب پنج درصد، ۲۰ درصد بود. برای دبی نه لیتر در ساعت این افزایش عرض به ترتیب سه و ۱۳ درصد بوده است. در دبی های کم چون زمان آبیاری افزایش پیدا می کند میزان گسترش افقی پیاز رطوبتی بیشتر شده و در نتیجه میزان درصد افزایش عرض خیس شده در نوار با دبی شش لیتر در ساعت نسبت به نوار با دبی نه لیتر در

### نتایج و بحث

#### تأثیر شیب زمین بر عرض خیس شده پیاز رطوبتی

نتایج مربوط به تأثیر شیب زمین بر عرض خیس شده پیاز رطوبتی در جدول (۲) حاکی از این است که در مدت زمان آبیاری یکسان با افزایش شیب، عرض خیس شده افزایش پیدا می کند. برای نوار آبیاری شش لیتر در ساعت میانگین عرض خیس شده در زمین مسطح، ۲۲/۷۴ سانتی متر می باشد که در زمین با شیب دو درصد، ۲۵/۱۰ سانتی متر و در زمین با شیب پنج درصد، ۲۷/۲۸ سانتی متر است. همچنین برای نوار آبیاری با دبی نه لیتر در ساعت

اسماعیلی و همکاران: بررسی ابعاد پیاز رطوبتی آبیاری قطره‌ای - نواری...

در زمین با شیب پنج درصد، ۲۰ سانتی‌متر است. همچنین برای نوار آبیاری با دبی نه لیتر در ساعت حداکثر عمق خیس شده زمین مسطح، دو درصد شیب و پنج درصد شیب به ترتیب برابر بود با ۱۷، ۲۰ و ۲۳ در سانتی‌متر (شکل ۴). افزایش عمق برای دبی شش لیتر در ساعت زمین با شیب دو درصد نسبت به زمین مسطح ۱۲/۵ درصد و برای شیب پنج درصد، ۲۵ درصد بود. همچنین برای نوار آبیاری با دبی نه لیتر در ساعت این افزایش عمق به ترتیب ۱۷ و ۳۵ درصد بوده است. بنابراین با افزایش شیب برای حجم آب آبیاری ثابت، میزان عمق خیس شده افزایش پیدا می‌کند. عمق خیس شده با اعمال مقادیر آب آبیاری برای دبی شش و نه لیتر در ساعت در هر متر نوار در زمین با شیب‌های دو و پنج درصد نسبت به زمین مسطح براساس آزمون آماری حداقل تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد داشت (جدول ۳ و ۴). این افزایش عمق می‌تواند ناشی از تأثیر مضاعف مؤلفه نیروی ثقل باشد که با افزایش شیب زمین افزایش پیدا می‌کند. مورد ملاحظه قرار دادن نتایج حاصله از مطالعات محمدی و همکاران (۱۳۹۲)، نصیری و همکاران (۱۳۹۰)، شریف‌نیا و همکاران (۱۳۸۹)، تیشه‌زن و موسوی (۱۳۸۵)، مصطفی‌زاده و همکاران (۱۳۷۷) و نتایج مطالعه حاضر (۲۰۰۹b) و نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد شیب زمین بر روی عمق خیس شده پیاز رطوبتی تأثیر قابل توجهی دارد.

#### عمق حداکثر گسترش افقی پیاز رطوبتی

نتایج مربوط به مقادیر عمق حداکثر گسترش افقی پیاز رطوبتی در شیب‌های صفر، دو و پنج درصد در جدول (۶) نشان داده شده است. این عمق در خاک مورد تحقیق در فاصله ۳ تا ۶ سانتی‌متری نسبت به سطح زمین ایجاد گردیده که به‌طور متوسط مقدار آن ۴/۵ سانتی‌متر می‌باشد. این پدیده دلیل اطلاق نام پیاز رطوبتی به الگوی خیس شدن خاک در راستای محور عمقی می‌باشد که باعث شکل یافتن الگوی خیس شده به شکل یک پیاز وارونه در خاک می‌باشد. محمدی و همکاران (۱۳۹۲) عمق حداکثر گسترش افقی پیاز رطوبتی را در اراضی شیب‌دار تحت آبیاری قطره‌ای ۵ تا ۸ سانتی‌متر تعیین و متوسط آن را ۶/۵ سانتی‌متر گزارش کردند.

#### تأثیر شیب زمین بر مساحت پیاز رطوبتی

نتایج مربوط به تأثیر شیب زمین بر مساحت پیاز رطوبتی در جدول (۷) حاکی از این است که در مدت زمان آبیاری یکسان با افزایش شیب، مساحت پیاز رطوبتی افزایش پیدا می‌کند. برای نوار آبیاری شش لیتر در ساعت میانگین مساحت از ۲۸۱/۴۷ سانتی‌مترمربع برای زمین مسطح به ۳۴۷/۶۳ سانتی‌مترمربع برای شیب دو درصد و ۴۴۱/۵۴ سانتی‌مترمربع برای شیب پنج درصد افزایش یافت که درصد افزایش مساحت پیاز رطوبتی در شیب پنج درصد بیشتر از درصد افزایش مساحت در شیب دو درصد نسبت به

ساعت بیشتر است. لذا مشاهده می‌شود که به ازای حجم آب آبیاری ثابت در هر نوار آبیاری، با افزایش شیب میزان عرض خیس شده افزایش پیدا می‌کند. عرض خیس شده با اعمال مقادیر آب آبیاری برای دبی شش و نه لیتر در ساعت در هر متر نوار در زمین با شیب‌های دو و پنج درصد نسبت به زمین مسطح براساس آزمون آماری حداقل تفاوت معنی‌دار<sup>۱</sup>، تفاوت معنی‌دار در سطح از تأثیر اختلاف زیاد نیروی مکش خاک نسبت به نیروی ثقل در اوایل نفوذ باشد زیرا با افزایش شیب اثر مؤلفه افقی نیروی ثقل افزایش می‌یابد. یکی از پارامترهای مهم در آبیاری قطره‌ای - نواری حداکثر عرض خیس شده است، به این دلیل که هرچه آب در عرض گسترش پیدا کند از گسترش آن در عمق جلوگیری می‌شود در نتیجه تلفات عمقی آن کاهش می‌یابد به همین دلیل این پارامتر مهم در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. مورد ملاحظه قرار دادن نتایج حاصله از مطالعات محمدی و همکاران (۱۳۹۲)، نصیری و همکاران (۱۳۹۰)، شریف‌نیا و همکاران (۱۳۸۹)، تیشه‌زن و موسوی (۱۳۸۵)، مصطفی‌زاده و همکاران (۱۳۷۷) و نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد شیب زمین بر روی عرض خیس شده پیاز رطوبتی تأثیر قابل توجهی دارد.

#### تأثیر شیب زمین بر عمق خیس شده پیاز رطوبتی

نتایج مربوط به تأثیر شیب زمین بر گسترش عمقی پیاز رطوبتی در جدول (۵) حاکی از این است که در مدت زمان آبیاری یکسان با افزایش شیب، عمق خیس شده افزایش پیدا می‌کند که با توجه به ثابت بودن میزان شیب در طول نوار برای نقاط مختلف یک درصد داشت (جدول ۳ و ۴). دلیل این موضوع می‌تواند ناشی از تأثیر اختلاف زیاد نیروی مکش خاک نسبت به نیروی ثقل در اوایل نفوذ باشد زیرا با افزایش شیب اثر مؤلفه افقی نیروی ثقل افزایش می‌یابد. یکی از پارامترهای مهم در آبیاری قطره‌ای - نواری حداکثر عرض خیس شده است، به این دلیل که هرچه آب در عرض گسترش پیدا کند از گسترش آن در عمق جلوگیری می‌شود در نتیجه تلفات عمقی آن کاهش می‌یابد به همین دلیل این پارامتر مهم در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. مورد ملاحظه قرار دادن نتایج حاصله از مطالعات محمدی و همکاران (۱۳۹۲)، نصیری و همکاران (۱۳۹۰)، شریف‌نیا و همکاران (۱۳۸۹)، تیشه‌زن و موسوی (۱۳۸۵)، مصطفی‌زاده و همکاران (۱۳۷۷) و نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد شیب زمین بر روی عرض خیس شده پیاز رطوبتی تأثیر قابل توجهی دارد. (ابتدا، وسط و انتهای نوار) عمق تغییر محسوس نداشت است. در این پژوهش مشاهده شد که با افزایش شیب برای هر نوار آبیاری این میزان عمق خیس شده در نقاط مختلف افزایش یافت. عمق خیس شده برای نوار آبیاری با دبی شش لیتر در ساعت در زمین مسطح، ۱۶ سانتی‌متر می‌باشد که در زمین با شیب دو درصد، ۱۸ سانتی‌متر و

1- Least significant difference (LSD)

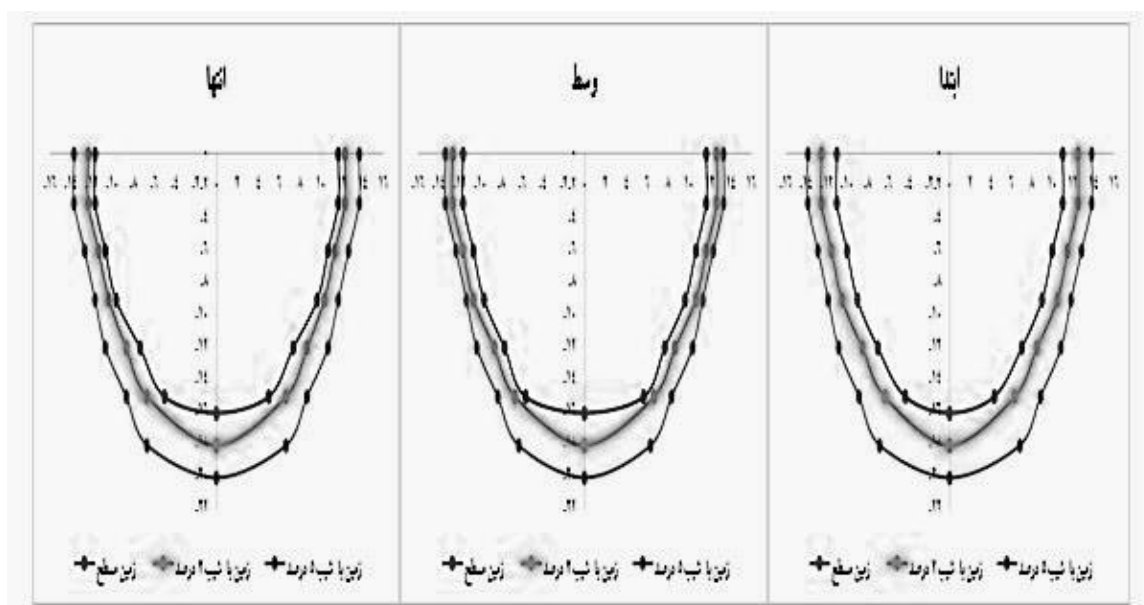
مسطح براساس آزمون آماری حداقل تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد داشت (جدول ۳ و ۴). نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شیب زمین مساحت پیاز رطوبتی با مدت زمان آبیاری یکسان افزایش می‌یابد. نتایج این مطالعه با نتایج حاصله از مطالعات محمدی و همکاران (۱۳۹۲)، نصیری و همکاران (۱۳۹۰)، شریف‌نیا و همکاران (۱۳۸۹)، تیشه‌زن و موسوی (۱۳۸۵)، مصطفی‌زاده و همکاران (۱۳۷۷)، پاتل و راجپوت (۲۰۰۹a و b)، رئوف و همکاران (۲۰۰۹) و بدیهینیک و ژائو (۲۰۰۴) مطابقت دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت شیب زمین بر روی مساحت خیس شده پیاز رطوبتی تأثیر قابل توجهی دارد.

زمین مسطح بود که این درصد افزایش برای شیب پنج درصد حدود ۵۶ درصد و برای شیب دو درصد حدود ۲۴ درصد است. همچنین برای نوار آبیاری نه لیتر در ساعت میانگین مساحت از ۳۷۳/۸۳ سانتی‌مترمربع برای زمین مسطح به ۴۸۰/۶۱ سانتی‌مترمربع برای شیب دو درصد و ۵۴۴/۲۳ سانتی‌مترمربع برای شیب پنج درصد افزایش یافت که درصد افزایش مساحت پیاز رطوبتی شیب پنج درصد بیشتر از درصد افزایش مساحت در شیب دو درصد نسبت به زمین مسطح بود و افزایش مساحت در شیب پنج درصد حدود ۴۵ درصد و در شیب دو درصد حدود ۲۸ درصد بود. مساحت پیاز رطوبتی برای دبی شش و نه لیتر در ساعت در هر متر نوار در زمین با شیب‌های دو و پنج درصد نسبت به زمین

جدول ۴- مقایسه میانگین ابعاد پیاز رطوبتی در اراضی شیب‌دار با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار

میانگین تفاوت‌ها				تیمارهای آزمایشی	دبی
حجم (cm <sup>3</sup> )	مساحت (cm <sup>2</sup> )	عمق خیس شده (cm)	عرض خیس شده (cm)		
-۷۰۲۵۹/۱*	-۶۱/۱۶۲۹۷۸*	-۲/۰۳۳۳*	-۲/۲۹۳۳*	۲	۰
-۳۷۵۵۴۹/۵*	-۱۵۵/۰۷۱۷۲*	-۴/۰۳۳۳*	-۴/۸۰۸۹*	۵	
۷۰/۱*	۶۱/۱۶۲۹۷۸*	۲/۰۳۳۳*	۲/۲۹۳۳*	۰	۲
-۳۰۵۲۹۰/۳*	-۹۳/۹۰۸۷۴۴*	-۲/۰۰۰۰*	-۲/۵۱۵۶*	۵	
۳۷۵۵۴۹/۵*	۱۵۵/۰۷۱۷۲*	۴/۰۳۳۳*	۴/۸۰۸۹*	۰	۵
۳۰۵۲۹۰/۳*	۹۳/۹۰۸۷۴۴*	۲/۰۰۰۰*	۲/۵۱۵۶*	۲	
-۲۰۲۵۸۳/۶*	-۱۰۹/۲۲۶۶۹*	-۳/۲۶۶۷*	-۲/۰۷۳۳*	۲	۰
-۲۶۶۲۵۶/۸*	-۱۷۰/۰۶۱۴۱*	-۵/۹۵۵۶*	-۳/۷۷۷۸*	۵	
۲۰۲۵۸۳/۶*	۱۰۹/۲۲۶۶۹*	۳/۲۶۶۷*	۲/۰۷۳۳*	۰	۲
-۶۳۶۷۳/۱*	-۶۰/۸۳۴۷۲۲*	-۲/۶۸۸۹*	-۱/۷۰۴۴*	۵	
۲۶۶۲۵۶/۸*	۱۷۰/۰۶۱۴۱*	۵/۹۵۵۶*	۳/۷۷۷۸*	۰	۵
۶۳۶۷۳/۱*	۶۰/۸۳۴۷۲۲*	۲/۶۸۸۹*	۱/۷۰۴۴*	۲	

\*: معنی‌دار در سطح یک درصد



شکل ۴- سطح پیاز رطوبتی

اسماعیلی و همکاران: بررسی ابعاد پیاز رطوبتی آبیاری قطره‌ای - نواری...

### جدول ۵- حداکثر عمق خیس شده (سانتی متر)

شیب	نوار با دبی شش لیتر در ساعت			نوار با دبی نه لیتر در ساعت		
	ابتدا	وسط	انتهای	ابتدا	وسط	انتهای
سطح	۱۶	۱۶	۱۶	۱۷	۱۷	۱۷
شیب دو درصد	۱۸	۱۸	۱۸	۲۰	۲۰	۲۰
شیب پنج درصد	۲۰	۲۰	۲۰	۲۳	۲۳	۲۳

### جدول ۶- عمق حداکثر گسترش افقی پیاز رطوبتی (سانتی متر)

شیب	نوار با دبی شش لیتر در ساعت			نوار با دبی نه لیتر در ساعت		
	ابتدا	وسط	انتهای	ابتدا	وسط	انتهای
سطح	۳	۳	۳	۴	۴	۴
شیب دو درصد	۴	۴	۴	۵	۵	۵
شیب پنج درصد	۵	۵	۵	۶	۶	۶

### جدول ۷- متوسط مساحت پیاز رطوبتی دبی شش و نه لیتر در ساعت برای شیب صفر، دو و پنج درصد (سانتی متر مربع)

شیب	نوار با دبی شش لیتر در ساعت			نوار با دبی پنج لیتر در ساعت		
	ابتدا	وسط	انتهای	ابتدا	وسط	انتهای
سطح	۲۸۱/۶۰	۲۸۱/۵۰	۲۸۱/۳۱	۳۸۴/۷۲	۳۶۴/۳۵	۳۷۲/۴۱
شیب دو درصد	۳۴۴/۳۰	۳۵۳/۳۹	۳۴۵/۱۹	۴۷۶/۴۵	۴۸۳/۸۰	۴۸۱/۵۸
شیب پنج درصد	۴۴۹/۱۴	۴۳۴/۴۰	۴۴۱/۰۸	۵۳۸/۵۶	۵۳۳/۰۱	۵۶۱/۱۱

### تأثیر شیب زمین بر حجم پیاز رطوبتی

همان‌طور که در جدول (۸) مشاهده می‌شود پیاز رطوبتی از نظر حجم در اراضی شیبدار در مقایسه با اراضی مسطح متفاوت است. در اراضی مسطح پیاز رطوبتی دارای حجم هندسی منظم بوده اما در اراضی شیبدار به دلیل کشیدگی قسمت پایین دست آن به سمت شیب زمین از شکل هندسی منظمی برخوردار نمی‌باشد. با افزایش شیب زمین حجم پیاز رطوبتی در مدت زمان آبیاری یکسان افزایش یافت. میانگین حجم پیاز رطوبتی برای دبی شش لیتر در ساعت در هر متر نوار در زمین مسطح، ۲۸۱۴۷/۳۸ سانتی‌مترمکعب، زمین با شیب دو درصد، ۹۸۹۰۶/۱۲ سانتی‌مترمکعب و زمین با شیب پنج درصد، ۴۰۴۱۹۶/۴۴ سانتی‌مترمکعب می‌باشد. همچنین برای دبی نه لیتر در ساعت در هر متر نوار میانگین حجم پیاز رطوبتی برای زمین مسطح، ۳۷۳۸۳/۵۶ سانتی‌مترمکعب، زمین با شیب دو درصد، ۲۳۹۹۶۷/۱۸ سانتی‌مترمکعب و زمین با شیب پنج درصد، ۳۰۳۷۶۰/۷۶

سانتی‌مترمکعب می‌باشد. حجم پیاز رطوبتی برای دبی شش و نه لیتر در ساعت در هر متر نوار در زمین با شیب‌های دو و پنج درصد نسبت به زمین مسطح براساس آزمون آماری حداقل تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد داشت (جدول ۳ و ۴). نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شیب زمین حجم پیاز رطوبتی با مدت زمان آبیاری یکسان افزایش می‌یابد. نتایج این مطالعه با نتایج حاصله از مطالعات محمدی و همکاران (۱۳۹۲)، نصیری و همکاران (۱۳۹۰)، شریف‌نیا و همکاران (۱۳۸۹)، تیشه‌زن و موسوی (۱۳۸۵)، مصطفی‌زاده و همکاران (۱۳۷۷)، پاتل و راج‌پوت (a و b ۲۰۰۹)، رئوف و همکاران (۲۰۰۹) و بدهینایک و ژائو (۲۰۰۴) مطابقت دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت شیب زمین بر روی حجم خیس شده پیاز رطوبتی تأثیر قابل توجهی دارد.



### جدول ۸- متوسط حجم پیاز رطوبتی دبی شش و نه لیتر در ساعت برای شیب صفر، دو و پنج درصد (سانتی متر مکعب)

شیب	نوار با دبی شش لیتر در ساعت			نوار با دبی نه لیتر در ساعت		
	ابتدا	وسط	انتهای	ابتدا	وسط	انتهای
مسطح	۲۸۱۶۰/۷۶	۲۸۱۵۰/۰۱	۲۸۱۳۱/۳۷	۳۸۴۷۲/۹۸	۳۶۴۳۵/۸۵	۳۷۲۴۱/۸۵
شیب دو درصد	۹۷۶۳۷/۲۵	۹۸۳۹۹/۰۵	۱۰۰۶۸۲/۰۶	۲۵۰۰۹۳/۲۹	۲۴۴۱۷۰/۹۶	۲۲۵۶۳۷/۲۹
شیب پنج درصد	۴۲۵۲۸۶/۳۳	۳۶۴۳۸۱/۹۷	۴۱۲۸۲۱/۰۰	۳۰۵۵۳/۸۸	۲۹۷۶۸۱/۷۷	۳۱۳۰۴۶/۶۲

#### نتیجه گیری

افزایش شیب باعث افزایش پیشروی پیاز رطوبتی شده که این افزایش ناشی از تأثیر نیروی مکش و ثقل می‌باشد و افزایش ابعاد پیاز رطوبتی در اراضی شیبدار بیشتر از اراضی مسطح است. در اراضی شیبدار نیروی ثقل دارای دو مؤلفه عمودی و افقی است که هرچه شیب بیشتر گردد، تأثیر مؤلفه افقی نیروی ثقل بیشتر می‌گردد. به همین دلیل در اراضی شیبدار نسبت به اراضی مسطح، درصد افزایش ابعاد پیاز رطوبتی بیشتر می‌گردد. در زمین‌های مسطح نیروی مکش عامل گسترش پیاز رطوبتی می‌باشد. در این تحقیق مشاهده شد که افزایش شیب عرض خیس شده را برای نوارها نسبت به زمین مسطح به میزان ۲۰-۳ درصد افزایش داده است. میزان افزایش عمق خیس شده برای نوارها در اراضی عمق حداکثر گسترش افقی پیاز رطوبتی در فاصله ۳ تا ۶ سانتی متری نسبت به سطح زمین ایجاد گردیده که به‌طور متوسط مقدار آن ۴/۵ سانتی متر تعیین شد.

شیب‌دار نسبت به زمین مسطح ۳۵-۱۲/۵ درصد است. افزایش شیب همچنین باعث افزایش مساحت پیاز رطوبتی اراضی شیب‌دار نسبت به زمین مسطح به میزان ۵۶-۲۴ درصد شده است. نتایج این مطالعه عبارتند از:  
با افزایش شیب کلیه اجزای پیاز رطوبتی شامل عرض، عمق، مساحت و حجم خیس شده خاک افزایش معنی‌دار یافت که درصد افزایش هر کدام از این پارامترها با افزایش شیب بیشتر بود. با افزایش شیب، گستردگی پیاز رطوبتی بیشتر تحت تأثیر مؤلفه افقی نیروی ثقل قرار گرفت.  
در اراضی مسطح پیاز رطوبتی دارای حجم هندسی منظم اما در اراضی شیب‌دار پیاز رطوبتی حجم هندسی نامنظمی داشت.

#### منابع

- ۱- پروانک بروجنی، ک.، فتاحی نافچی، ر. و س. ف. موسوی. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر بافت خاک و دبی آب آبیاری بر الگوی نفوذ آب از یک منبع نقطه‌ای. مجله علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم، ۱۰: ۱۰۱-۸۶.
- ۲- تیشه‌زن، پ. و س. ف. موسوی. ۱۳۸۵. بررسی پیشروی جبهه رطوبتی تحت منبع نقطه‌ای در خاک‌های مطبق با سطوح شیب‌دار. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۲ الی ۱۴ اردیبهشت ماه، اهواز.
- ۳- خانجانی، س. و ر. دلیر حسن‌نیا. ۱۳۹۳. بررسی گسترش جبهه رطوبتی در آبیاری قطره‌ای تحت منبع خطی در خاک دو لایه. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۲۸ (۲): ۴۲۹-۴۱۹.
- ۴- خرمی، م.، سیاسی‌ارانی، م.، علیزاده، ا. و ح. انصاری. ۱۳۹۲. ارزیابی روش‌های مختلف برآورد ابعاد پیاز رطوبتی در یک خاک لومی تحت آبیاری قطره‌ای. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۷ (۳): ۴۱۱-۴۰۴.
- ۵- شریف‌نیا، ر.، میرزایی، ف. و ع. م. لیاقت. ۱۳۸۹. بررسی سطح و حجم خاک خیس شده در آبیاری قطره‌ای در اراضی شیب‌دار. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴ (۲): ۱۹۲-۱۸۲.
- ۶- شریف‌نیا، ر.، میرزایی، ف. و ع. م. لیاقت. ۱۳۸۸. عوامل مؤثر بر شکل خیس شدگی در آبیاری قطره‌ای و اصلاح موقعیت قطره‌چکان در اراضی شیب‌دار. مجله پژوهشی آب ایران، ۳ (۵): ۱۶-۹.

اسماعیلی و همکاران: بررسی ابعاد پیاز رطوبتی آبیاری قطره‌ای - نواری...

- ۷- عزیزاده، ا. ۱۳۸۵. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار. جلد دوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.
- ۸- محمدی، ع.، بیگلویی، م. ح.، خالدیان، م. ر.، مریدنژاد، ع. ر. و ج. رجبی. ۱۳۹۲. بررسی ابعاد پیاز رطوبتی در اراضی شیبدار. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، (۱۷): ۶۶-۱۰۹-۱۲۱.
- ۹- مصطفی‌زاده، ب.، موسوی، س. ف. و م. ح. شریف‌بیان‌الحق. ۱۳۷۷. پیشروی جبهه رطوبتی از منبع نقطه‌ای در سطوح شیبدار. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، (۳): ۲۲-۱۳.
- ۱۰- میرزایی، ف.، لیاقت، ع. م.، سهرابی، ت. و م. ح. امید. ۱۳۸۴. نمون‌سازی جبهه رطوبتی خاک از منبع تغذیه خطی در آبیاری قطره‌ای - نواری. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، (۲۳): ۶۶-۵۳.
- ۱۱- نصیری، ش.، نشاط، ع. و م. کهنوجی. ۱۳۹۰. تعیین معادله‌های تجربی برآورد ابعاد پیاز رطوبتی تحت آبیاری قطره‌ای در خاک‌های متوسط - شنی (مطالعه موردی دشت قائم آباد، کرمان). مجله مهندسی منابع آب، (۹): ۹۸-۸۷.
- ۱۲- وجدانی، ن.، بناوند، ع.، مکوندی، ک. و ح. سخایی‌راد. ۱۳۸۷. تعیین فاصله بهینه بین قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای با استفاده از پیاز رطوبتی (مطالعه موردی شبکه آبیاری قطره‌ای دشت هارکله لالی در استان خوزستان). دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب، ۸ الی ۱۰ بهمن ماه ۱۳۸۷.
- 13-Bodhinayake, W. L. and B. C. Si. Xiao. 2004. New method for determining water- conducting macro and mesoporosity from tension in filtrometer. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 760-769.
- 14-Haggard, B. E., Moore, J. P. A. and K. R. Brye .2005. Effect of slope on runoff from a small variable – slope box. *Journal of Environmental Hydrology*, 13: 15-26.
- 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-Li, J., Zang, J. and M. Rao. 2004. Wetting patterns and nitrogen distributions as affected by fertigation strategies from a surface point source. *Agricultural Water Management*, 67: 89-104.
- 17-Patel, N. and T. B. S. Rajput. 2009a. Dynamics and modeling of soil water under subsurface drip irrigated onion. *Agricultural Water Management*, 95(12): 1335-1349.
- 18-Patel, N. and T. B. S. Rajput. 2009b. Effect of subsurface drip irrigation on onion yield. *Irrigation Science*, 27(2): 97-108.
- 19-Raof, M. S., Sadraddini, A. A., Nazem, A. H. and S. Marofi. 2009. Estimating saturated and unsaturated hydraulic conductivity and sorptivity coefficient in transient state in sloping lands. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7(3 and 4): 861-864.
- 20-Thabet, M. and Kh. Zayani. 2008. Wetting patterns under trickle source in a loamy sand soil of south Tunisia. *Journal Agriculture and Environment*, 3: 38-42.
- 21-Thorburn, P. J., Cook, F. J. and K. L. Bristow. 2003. Soil-dependent wetting from trikle emitters: implications for systemdesign and management. *Irrigation Science*, 22: 121-127.