نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۱، ص. ۴۱۳-۴۰۴

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 2, May-Jun 2012, p. 404-413

# تعیین آرایش مناسب قطره‌چکان‌ها در اراضی شیب‌دار دشت فتحعلی مغان

عادل محمدی[1*]- محمدحسن بیگلویی[2]- محمدرضا خالدیان[3]- علیرضا مریدنژاد[4]- هما پورحاج شکر[5]

تاریخ دریافت:۹۰/۴/۱۸
تاریخ پذیرش:۹۰/۱۰/۲۵

## چکیده

آبیاری قطره‌ای به دلیل کارآیی بالا در اراضی شیب‌دار، سیستم آبیاری مناسب در اکثر نقاط جهان و کشور ایران است. در طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای شناخت الگوی خیس‌شده نسبت به یک منبع نقطه‌ای که اصطلاحاً به آن پیاز رطوبتی می‌گویند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. الگوی خیس-شده به بافت و ساختمان خاک، حجم آب خروجی، دبی قطره‌چکان و شیب زمین بستگی دارد. هدف از این تحقیق بررسی اثر شیب و مدت زمان آبیاری بر روی پیاز رطوبتی با دبی ثابت ۴ لیتر در ساعت بود. آزمایشات در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد در خاک با بافت لومی‌سیلتی در سه زمان آبیاری ۲، ۴ و ۶ ساعت در ۳ تکرار انجام شد. با توجه به نتایج آزمایشات و اندازه‌گیری‌های انجام یافته جداول ۶ و ۷ به‌منظور طراحی آبیاری قطره‌ای در خاک‌های لومی‌سیلتی در این مقاله در زمین‌های شیب‌دار ارائه گردیدند. با توجه به نتایج جدول ۶ در زمین‌های شیب‌دار در خاک‌های لومی‌سیلتی، کاربرد زمان آبیاری ۶ ساعت و قرار دادن قطره‌چکان‌ها در فواصل ۵۶ تا ۶۵ سانتی‌متر از نظر هم‌پوشانی سطوح خیس‌شده و کاهش هزینه‌های اولیه دارای نتیجه مناسبی بود. مشاهدهٔ درصد خیس‌شدگی برای انواع آرایش قطره‌چکان‌ها در جدول ۷ نشان داد در اراضی شیب‌دار استفاده از آرایش دو ردیفهٔ لاترال‌ها به‌جای سایر آرایش قطره‌چکان‌ها به‌دلیل درصد خیس‌شدگی بالاتر دارای نتیجهٔ بهتری بود. در صورت استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای برای آبیاری گیاهان زراعی در اراضی شیب‌دار در شیب‌های بین ۵ تا ۲۵ درصد، بایستی محل کاشت بوته در فاصلهٔ ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متری پایین‌تر از محل استقرار قطره‌چکان باشد.

**واژه های کلیدی**: آرایش قطره‌چکان‌ها، اراضی شیب‌دار، پیاز رطوبتی

## مقدمه

کشور ایران با دارا بودن سابقه طولانی در بخش کشاورزی با متوسط بارندگی سالانه به میزان ۲۴۰ میلیمتر در سال (ثلث متوسط جهانی)، از نظر جغرافیایی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌گردد و از این‌رو استفاده بهینه از منابع آب به‌خصوص در بخش کشاورزی ضروری می‌باشد (۳). قسمت اعظم زمین‌های کشاورزی تحت کشت در اکثر مناطق دنیا مسطح یا دارای شیب ملایم نبوده بلکه دارای شیب‌های بیش از ۵درصد می باشند (۱۰). آبیاری قطره‌ای با دارا بودن بالاترین راندمان (۸۵ تا ۹۵ درصد) در بین سیستم‌های آبیاری نوین از مناسب‌ترین سیستم‌ها است (۴ و ۷). 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 است. شناخت الگوی خیس‌شده خاک توسط یک منبع نقطه‌ای که اصطلاحاً به آن پیاز رطوبتی گفته می‌شود، نقش بسزائی در طراحی آبیاری قطره‌ای داشته و بر محاسبه عمق آب آبیاری مؤثر است. در واقع اولین گام برای تضمین عمل آبیاری، اندازه‌گیری جبهه رطوبتی است (۴). درصد مساحت خیس‌شده به بافت و ساختمان خاک، حجم آب خروجی، دبی قطره‌چکان، فاصلهٔ لوله فرعی از یکدیگر و شیب زمین بستگی دارد (۷). در این روش آبیاری، ابعاد پیاز رطوبتی تأثیر بسزایی در کمیت و کیفیت عملکرد گیاهان زراعی دارد به‌طوری‌که اگر ابعاد پیاز رطوبتی کمتر از حد مورد نیاز باشد گیاه نمی‌تواند آب کافی جذب نماید که منجر به کاهش عملکرد گیاه خواهدشد. در عین حال با اصلاح فاصلهٔ قطره‌چکان‌ها در اراضی شیب‌دار نسبت به اراضی مسطح می‌توان راندمان کاربرد آب را افزایش داد. بر این اساس فاصلهٔ بین قطره‌چکان‌ها باید به نحوی

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان
(*- نویسنده مسئول: (Email: adel_m23@yahoo.com
۴- کارشناس ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، مدیرعامل شرکت مهندسین مشاور سامان آبراه
۵- کارشناس ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، اداره جهادکشاورزی شهرستان پارس آباد

Archive of SID
www.SID.ir

انتخاب شود که نوار پیوسته‌ای از خاک مرطوب در امتداد ردیف کشت ایجاد شود (۹). تحقیقات مختلف نشان داده است که توپوگرافی و شیب زمین روی خصوصیات هیدرولیکی خاک از قبیل توزیع رطوبت، شدت نفوذ و هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع تأثیر دارد (۱۰، ۱۸، ۲۱، ۲۳، ۲۴، ۲۶ و ۲۷) به‌طوری‌که مقدار نفوذ آب در خاک با افزایش شیب زمین کاهش می‌یابد (۱۵ و ۱۷). در آبیاری قطره‌ای مطمئن‌ترین راه تعیین درصد مساحت خیس شده، بررسی ساده مزرعه‌ای است (۱، ۳ و ۶). تحقیقات اندکی در مورد الگوی پیاز رطوبتی در اراضی شیب‌دار نسبت به اراضی مسطح در زمینه آبیاری قطره‌ای صورت گرفته است. شریف‌نیا و همکاران (۴) با بررسی عوامل مؤثر بر شکل پیاز رطوبتی در آبیاری قطره‌ای به اصلاح موقعیت قطره‌چکان نسبت به بوته در اراضی شیبدار پرداخته و با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق روابط اصلاحی برای آرایش قطره‌چکان در اراضی شیب‌دار توصیه کردند. مصطفی زاده و همکاران (۸) در تحقیقی در ۴ بافت خاک با شیب‌های صفر، ۲، ۵ و ۱۰ درصد و به کار بردن سه دبی ۴، ۸ و ۱۲ لیتر در ساعت به بررسی و مقایسه ابعاد پیاز رطوبتی و مساحت و حجم خیس‌شده در شیب‌های مختلف پرداختند. وجدانی و همکاران (۹) با اندازه‌گیری ابعاد افقی و عمودی پیشروی جبهه رطوبتی در اطراف قطره‌چکان در دشت هارکله لالی در استان خوزستان، به این نتیجه رسیدند که فاصلهٔ بین قطره‌چکان‌ها معادل ۰/۷۵ متر و متوسط درصد مساحت خیس‌شده اطراف گیاه ($P_w$) معادل ۴۵ درصد، نتایج بهتری را می‌دهد. شریف‌نیا و همکاران (۵)، به بررسی پیاز رطوبتی در آبیاری قطره‌ای در اراضی شیب‌دار در خاک‌های لومی‌رسی‌سیلتی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که اصلاح ابعاد خیس‌شده در استفاده از جداول مربوط به اراضی مسطح، برای زمین‌های شیب‌دار اجتناب ناپذیر است. پاتل و راج پوت (۲۰) اثر آبیاری زیرسطحی در محصول پیاز را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که در خاک لومی‌شنی، نفوذ عمقی آب بیشتر است؛ چرا که اثر نیروی ثقل از نیروی کاپیلاری بیشتر می‌باشد. تیشه‌زن و موسوی (۲) عامل کشیده شدن الگوی خیس‌شده به سمت شیب را جمع شدن نیروی ثقل و مؤیینه در پایین دست قطره‌چکان و بازدارنده بودن نیروی ثقل در بالادست آن عنوان نمودند. هوور[1] (۱۶) با بررسی توزیع رطوبت در اراضی شیب‌دار، متوجه شد که در دامنه‌های شیب‌دار در هنگام آبیاری مؤلفهٔ افقی جریان که به صورت سطحی یا زیرسطحی حادث می‌شود، غالب بوده و مؤلفهٔ عمودی با افزایش شیب کاهش می‌یابد. فلچر آرمسترانگ و ویلسون (۱۳) بیان می‌کنند که شکل و اندازه پیاز رطوبتی بیش از آن که تابع دبی قطره‌چکان باشد تحت تأثیر حجم آب به‌کار رفته توسط قطره‌چکان است. فیلیپ و نایت[2] (۲۱) در روابط تحلیلی خود برای جریان پایدار در مرزهای شیب‌دار برای منبع نقطه‌ای فرض کردند که گسترش رطوبت در جهت نیروی ثقل صورت می‌پذیرد. شوارتزمن و زور (۲۵) هندسه پیاز رطوبتی را وابسته به نوع خاک، دبی قطره‌چکان و مقدار آب به‌کار رفته دانستند و تأثیر نوع خاک در پیاز رطوبتی را با هدایت هیدرولیکی بیان کردند. زور (۲۸) حجم خاک مرطوب شده توسط یک قطره‌چکان را برابر با حجم حاصل از دوران بیضی سربریده فرض کرد و معادله‌ای برای حجم بیضی‌گون ارائه داد. چوو (۱۱) با استفاده از مدل سه بعدی گرین-آمپت و دبی ثابت که برابر با متوسط نفوذپذیری خاک است، رابطه‌ای برای به‌دست آوردن عمق و قطر خیس‌شده خاک ارائه داد که تابع شعاع خیس‌شده پیاز رطوبتی در سطح خاک و هدایت هیدرولیکی اشباع و همچنین زمان است. هاشوم (۱۴) در مطالعه خود در اراضی شیب‌دار مشخص کرد که الگوی خیس‌شدگی برای یک منبع نقطه‌ای در هر زمان می‌تواند به شکل بیضی باشد. این تحقیق با هدف بررسی الگوی پیاز رطوبتی در اراضی شیب‌دار و مقایسه آن در اراضی مسطح از طریق تعیین فاصلهٔ مناسب قطره چکان‌ها و نوع آرایش آن‌ها، فاصلهٔ بهینهٔ لاترال‌ها و مدت زمان آبیاری مناسب جهت افزایش راندمان آبیاری و استفاده بهینه از منابع آب آبیاری منطقه فتحعلی دشت مغان انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

محدودهٔ مورد مطالعه در منطقهٔ فتحعلی واقع در شهرستان پارس-آباد مغان در قسمت شمالی استان اردبیل با مساحتی معادل ۴۸۰۰ هکتار قرار دارد. موقعیت جغرافیایی طرح بین '۳۲ °۴۷ طول شرقی و '۲۴ °۳۹ عرض شمالی واقع گردیده است. در این تحقیق آزمایشات در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد در خاک‌های دست نخورده انجام گرفت. محل‌های انتخاب گردیده در شیب‌های مورد نظر از نظر بافت خاک مورد بررسی قرار گرفت که بافت لومی‌سیلتی به‌علت تعدد آن در اکثر نقاط دشت برای انجام آزمایشات انتخاب گردید. آزمایشات زمانی انجام شد که رطوبت اولیه خاک به‌طور متوسط ۱۴ درصد حجمی بود. بافت خاک پس از نمونه برداری از خاک هر کدام از شیب‌های مورد نظر از عمق‌های صفر تا ۲۰، ۲۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متری به روش هیدرومتری تعیین شد. محل انجام آزمایشات در قسمت شرقی دشت و در شیب‌های به‌هم پیوسته بود که طبق بررسی‌های به‌عمل آمده خاک مورد آزمایش تا عمق ۶۰ سانتی‌متری همگن و دارای لایه‌بندی یکسان بود. جدول ۱ درصد ذرات، چگالی ظاهری و هدایت هیدرولیکی خاک در شیب‌های مختلف را نشان می‌دهد.

آزمایشات 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

1- Truncated ellipsoid
2- 9 Green & Ampt

Archive of SID

www.SID.ir

(حجم‌های آبیاری ۸، ۱۲ و ۲۴ لیتر) انجام شد. برای تأمین آب مورد نیاز تحقیق از یک مخزن ۲۲۰ لیتری استوانه‌ای استفاده گردید. به‌منظور به حداقل رسانیدن نوسانات دبی، مخزن به صورت افقی بر روی پایهٔ استقرار قرار گرفت و با استفاده از یک ظرف مدرج پس از گذشت هر ساعت به میزان ۱۲ لیتر آب به مخزن اضافه می‌گردید. تأمین فشار کارکرد قطره‌چکان‌ها با قرار دادن مخزن در ارتفاع ۱/۲ متری بر روی پایهٔ چوبی انجام شد. با این کار تغییرات عمق آب در مخزن ۴ سانتی‌متر و تغییرات دبی ناشی از آن در حد ۱/۵ درصد بود که این تغییرات در محدودهٔ مجاز و درصد خطای ناشی از آن قابل اغماض بود. زمین مورد نیاز در هر شیب برای انجام آزمایشات به ابعاد ۴/۵ × ۴/۵ متر انتخاب و به ۹ قسمت مساوی با ابعاد ۱/۵×۱/۵ متر (برای هر قطره‌چکان) در هر شیب قطعه‌بندی گردید. قبل از شروع آزمایشات قطره‌چکان‌ها به‌صورت هم‌زمان با دبی ۴ لیتر در ساعت برای ۳ لاترال در حال کار که از هر لاترال یک قطره‌چکان منشعب می‌گردید، کالیبره شدند.

جهت کالیبره نمودن قطره‌چکان‌ها با دبی ۴ لیتر در ساعت از بشر مدرج و کرنومتر استفاده شد. بشرها طوری در خاک قرار گرفتند که دارای اختلاف ارتفاع با سطح خاک نباشند و با باز و بستن شیر تنظیم، هر قطره‌چکان برای دبی مورد نظر کالیبره شد. قرائت ابعاد خیس‌شده ۲۴ ساعت پس از آبیاری از طریق حفاری خاک در مقاطع موازی با شیب زمین، به فاصلهٔ عمقی و طولی ۵ سانتی‌متر انجام شد. قرائت میزان رطوبت نیز با دستگاه رطوبت‌سنج Wettkit (مدل ΔT) در شبکه‌ای با قطعات ۵×۵ سانتی‌متر انجام گردید. کارهای ترسیمی حجم و مساحت در نرم‌افزار Auto CAD ، ترسیم نمودارها و ضرایب همبستگی در نرم‌افزار Excel و انجام مقایسات و تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار SPSS، با استفاده از آزمون LSD و T-Test با ضریب اطمینان ۹۵٪ و طبقه‌بندی داده‌ها با آزمون Duncan انجام گرفت.

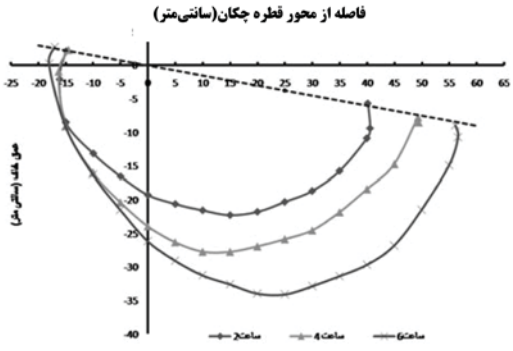
## نتایج و بحث

### تأثیر زمان آبیاری بر ابعاد پیاز رطوبتی

پیشروی جبهه رطوبتی حاصل از یک منبع نقطه‌ای در مدت زمان آبیاری ۲، ۴ و ۶ ساعت در شیب‌های صفر و ۱۵ درصد در اشکال ۱ و ۲ نشان داده شده است. همان‌طوری‌که از اشکال مشاهده می‌شود با افزایش مدت زمان آبیاری پیشروی جبهه رطوبتی افزایش یافته و در نتیجه ابعاد پیاز رطوبتی بزرگتر گردید. در واقع افزایش پیشروی جبهه رطوبتی به موازات افزایش مدت زمان آبیاری ناشی از افزایش تأثیر نیروی مکش و ثقل در اثر اشباع بیشتر منافذ خاک بود. همچنین افزایش ابعاد پیاز رطوبتی در اراضی شیب‌دار بیشتر از اراضی مسطح بود. در اراضی شیب‌دار نیروی ثقل دارای دو مؤلفهٔ عمودی و افقی است که هر چه شیب بیشتر گردد، تأثیر مؤلفهٔ افقی نیروی ثقل بیشتر می‌گردد به همین دلیل در اراضی شیب‌دار نسبت به اراضی مسطح، درصد افزایش ابعاد پیاز رطوبتی با افزایش مدت زمان آبیاری بیشتر گردید. درصد افزایش مساحت پیاز رطوبتی در مدت زمان‌های آبیاری ۴ و ۶ ساعت نسبت به مدت زمان آبیاری ۲ ساعت در شیب‌های مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است.

**جدول ۱- درصد ذرات، چگالی ظاهری و هدایت هیدرولیکی خاک در شیب‌های مورد نظر**

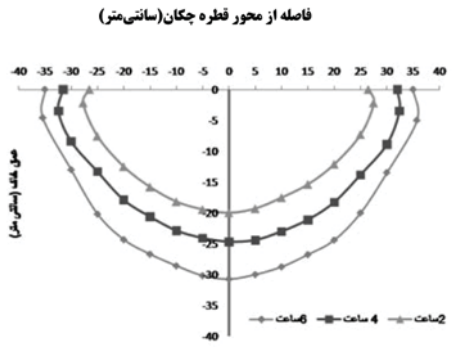
| شیب | درصد ذرات | | | بافت خاک | هدایت هیدرولیکی | چگالی ظاهری | متوسط چگالی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (درصد) | رس | سیلت | شن | | (سانتی‌متر بر روز) | (گرم بر سانتی‌متر مکعب) | ظاهری |
| ۰ | ۱۷ | ۶۳ | ۲۰ | لومی‌سیلتی | ۲۶/۶۷ | ۱/۳۵ | |
| ۵ | ۱۸ | ۶۷ | ۱۵ | لومی‌سیلتی | ۲۶/۸۳ | ۱/۳۵ | ۱/۳۶ |
| ۱۵ | ۲۰ | ۶۳ | ۱۷ | لومی‌سیلتی | ۲۳/۲ | ۱/۳۶ | |
| ۲۵ | ۲۰ | ۶۵ | ۱۵ | لومی‌سیلتی | ۲۲/۸ | ۱/۳۷ | |




**شکل ۱- پیشروی جبهه رطوبتی در شیب ۱۵درصد**

Archive of SID

www.SID.ir




**شکل ۲- پیشروی جبهه رطوبتی در شیب صفردرصد**

**جدول ۲- درصد افزایش مساحت پیاز رطوبتی در مدت زمان‌های ٤ و ٦ ساعت نسبت به ۲ ساعت در شیب‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد**

| مدت زمان آبیاری (ساعت) | شیب زمین (درصد) | | |
|---|---|---|---|
| | ۵ | ۱۵ | ۲۵ |
| | درصد افزایش مساحت پیاز رطوبتی نسبت به مدت زمان آبیاری ۲ ساعت | | |
| ۴ | ۳۳ | ۳۵ | ۵۷ |
| ۶ | ۸۴ | ۸۷ | ۹۳ |

مصطفی‌زاده و همکاران (۸) و شریف‌نیا و همکاران (۴) مشابه این نتیجه را در پژوهش‌های خود به‌دست آوردند. با افزایش مدت زمان آبیاری کلیه اجزاء پیاز رطوبتی شامل مساحت، محیط، حجم، پیشروی طولی، عرضی و عمقی جبهه رطوبتی افزایش یافت. نتایج تحلیل‌های آماری نشان داد که با افزایش مدت زمان آبیاری اجزاء پیاز رطوبتی در سطح احتمال ۵٪ افزایش یافت (جدول ۳). همچنین درصد افزایش این پارامترها با افزایش شیب بیشتر شد به‌طوری‌که با افزایش درصد شیب و با تداوم مدت زمان آبیاری اختلاف اجزاء پیاز رطوبتی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید. با افزایش مدت زمان آبیاری پیشروی جبهه رطوبتی افزایش یافت و در نتیجه ابعاد پیاز رطوبتی بزرگتر گردید. در واقع افزایش پیشروی جبهه رطوبتی به موازات افزایش مدت زمان آبیاری ناشی از افزایش تأثیر نیروی مکش و ثقل در اثر اشباع بیشتر منافذ خاک بود.

**جدول ۳- تحلیل آماری مساحت پیاز رطوبتی با آزمون LSD در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد**

| مقایسه | | شیب زمین (درصد) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | صفر | | ۵ | | ۱۵ | | ۲۵ | |
| مدت زمان آبیاری (ساعت) | مدت زمان آبیاری (ساعت) | میانگین تفاوت‌ها | احتمال (Sig.) | میانگین تفاوت‌ها | احتمال (Sig.) | میانگین تفاوت‌ها | احتمال (Sig.) | میانگین تفاوت‌ها | احتمال (Sig.) |
| ۲ | ۴ | -۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۹ | -۰/۰۲۹ | ۰/۰۱۹ | -۰/۰۵۳ | ۰/۰۰۰ | -۰/۰۳۱ | ۰/۰۰۰ |
| | ۶ | -۰/۰۹۱ | ۰/۰۰۲ | -۰/۰۷۳ | ۰/۰۰۰ | -۰/۰۸۶ | ۰/۰۰۰ | -۰/۰۷۹ | ۰/۰۰۰ |
| ۴ | ۲ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۹ | ۰/۰۲۹ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۵۲ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۰۰ |
| | ۶ | -۰/۰۴۸ | ۰/۰۳۴ | -۰/۰۴۴ | ۰/۰۰۲ | -۰/۰۳۳ | ۰/۰۰۲ | -۰/۰۴۸ | ۰/۰۰۰ |
| ۶ | ۲ | ۰/۰۹۱ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۷۳ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۷۹ | ۰/۰۰۰ |
| | ۴ | ۰/۰۴۸ | ۰/۰۳۴ | ۰/۰۴۴ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۳۳ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۴۸ | ۰/۰۰۰ |

Archive of SID

www.SID.ir

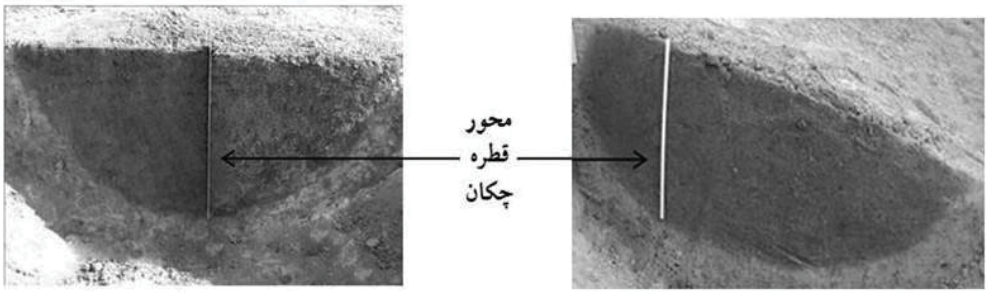
**مقایسه پیاز رطوبتی در اراضی مسطح و شیب‌دار**

نتایج مربوط به درصد مساحت پیاز رطوبتی در قسمت بالادست و پایین‌دست قطره‌چکان نسبت به کل آن در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طوری‌که در جدول مذکور مشاهده می‌شود در اراضی مسطح پیاز رطوبتی در قسمت بالادست و پایین‌دست محل استقرار قطره‌چکان دارای تقارن بالایی است. مشاهدهٔ اشکال ۳ و ۴ و آنالیز آماری انجام شده با آزمون T-Test (جدول ۵) نشان داد برخلاف اراضی مسطح، در اراضی شیب‌دار اجزاء پیاز رطوبتی در قسمت‌های بالادست و پایین‌دست دارای تفاوت معنی‌داری هستند که در احجام آبیاری مساوی با بیشتر شدن شیب درصد بیشتری از پیاز رطوبتی در قسمت پایین دست قرار گرفت.

دلیل این امر ناشی از تأثیر مضاعف مؤلفهٔ افقی نیروی ثقل و مکش (موئینگی) با افزایش شیب بر گسترش پیاز رطوبتی در قسمت پایین‌دست و بازدارندگی نیروی ثقل بر پیشروی رطوبت در بالادست قطره‌چکان بود. این نتیجه با نتایج به‌دست آماده توسط تیشه‌زن و موسوی (۲)، پاتل و راجپوت (۲۰) هوور (۱۶) مطابقت دارد.

**تشابه الگوی خیس‌شده در سطح خاک با اشکال هندسی**

نتایج اندازه‌گیری‌ها نشان داد که الگوی خیس‌شده در سطح خاک از نظر شکل هندسی در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد متفاوت بود. الگوی خیس‌شده در سطح خاک در اراضی مسطح از الگوی دایره‌ای و در اراضی شیب‌دار از الگوی بیضی تبعیت کرد (شکل ۶). در اراضی شیب‌دار هر چه شیب بیشتر شد تشابه الگوی خیس‌شده در سطح خاک با الگوی بیضی افزایش یافت و به اصطلاح الگوی خیس-شده در سطح خاک بیضوی‌تر گردید.




**شکل ۳- پیاز رطوبتی در شیب ۲۵درصد در مدت زمان ۲ ساعت** **شکل ٤- پیاز رطوبتی در شیب صفر درصد درمدت زمان ۲ ساعت**

**جدول ٤- درصد مساحت پیاز رطوبتی در قسمت بالادست و پایین‌دست محل استقرار قطره‌چکان**

| مدت زمان آبیاری (ساعت) | شیب زمین (درصد) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | صفر | | ۵ | | ۱۵ | | ۲۵ | |
| | درصد مساحت پیاز رطوبتی | | | | | | | |
| | پایین‌دست | بالادست | پایین‌دست | بالادست | پایین‌دست | بالادست | پایین‌دست | بالادست |
| ۲ | ۵۰/۳۲ | ۴۹/۶۸ | ۷۳/۸۸ | ۲۶/۱۲ | ۷۵/۲۴ | ۲۴/۷۶ | ۷۹/۵۰ | ۲۰/۵۰ |
| ۴ | ۴۹/۸۶ | ۵۰/۱۴ | ۷۱/۲۱ | ۲۸/۷۹ | ۷۶/۹۴ | ۲۳/۰۶ | ۸۱/۰۱ | ۱۸/۹۹ |
| ۶ | ۴۸/۴۸ | ۵۱/۵۲ | ۶۸/۰۳ | ۳۱/۹۷ | ۷۶/۱۲ | ۲۳/۸۸ | ۷۹/۸۰ | ۲۰/۲۰ |

**جدول ۵- نتایج حاصل از آنالیز آماری جزء بالادست و پایین‌دست با آزمون T-Testدر شیب‌های ۰، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد**

| شیب (درصد) | مقایسه | میانگین | انحراف معیار | خطای استاندارد | ضریب اطمینان ۹۵٪ | | df | احتمال (Sig.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | حد پایین (Lower) | حد بالا (Upper) | | |
| صفر | ب- پ | ۰/۰۰۱۸۸۹ | ۰/۰۰۳۹۵۱ | ۰/۰۰۱۳۱۷ | -۰/۰۰۴۹۲۶ | ۰/۰۰۱۱۴۸ | ۸ | ۰/۱۸۹ |
| ۵ | ب- پ | -۰/۰۴۹۳۳۳ | ۰/۰۱۳۹۲۸ | ۰/۰۰۴۶۴۳ | -۰/۰۰۰۶۰۰۴۰ | -۰/۰۳۸۶۲۷ | ۸ | ۰/۰۰۰ |
| ۱۵ | ب- پ | -۰/۰۶۷۷۷۸ | ۰/۰۲۸۳۱۹ | ۰/۰۰۹۴۴۰ | -۰/۰۸۹۵۴۵ | -۰/۰۴۶۰۱۰ | ۸ | ۰/۰۰۰ |
| ۲۵ | ب- پ | -۰/۰۷۳۵۵۶ | ۰/۰۱۹۲۳۶ | ۰/۰۰۶۴۱۲ | -۰/۰۸۸۳۴۲ | -۰/۰۵۸۷۶۹ | ۸ | ۰/۰۰۰ |

ب: بالادست و پ: پائین دست

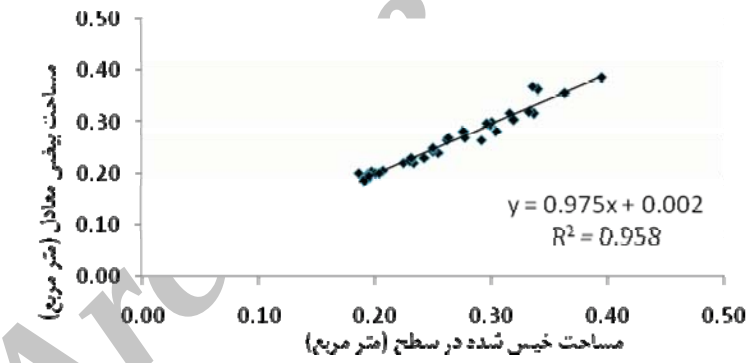
Archive of SID

www.SID.ir

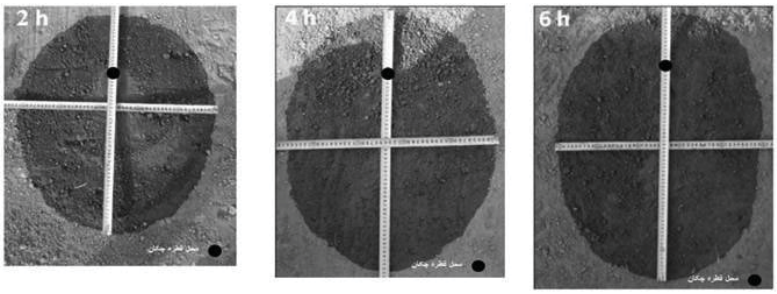
نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج تحقیقات کلودیر (۱۲)، وجدانی و همکاران (۹) و شریف‌نیا و همکاران (۴) از نظر تشابه الگوی خیس‌شده در سطح خاک با الگوی بیضوی شکل مطابقت می‌کند. مقایسه الگوی خیس‌شده در سطح خاک در مقادیر آب آبیاری ثابت، نشان داد که با افزایش شیب زمین مساحت خیس‌شدگی رو به کاهش گذاشت. الگوی خیس‌شدگی در اراضی شیب‌دار بیضوی شکل بود که قطر بزرگ بیضی مساوی طول پیشروی و قطر کوچک آن معادل عرض پیشروی در نظر گرفته شد. با توجه به شکل ۵ به دلیل ضریب تبیین بالای به‌دست آمده از این مقایسه ($R^2$ =۰/۹۵۸)، استفاده از معادله بیضی برای تعیین مساحت الگوی خیس‌شده در سطوح شیب‌دار تخمین مناسبی داد. با مقایسه الگوی خیس‌شده در سطح با بیضی معادل آن بر روی شیب‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد به ترتیب ضرایب رگرسیونی ۰/۹۷۲، ۰/۹۷۶ و ۰/۹۹ به‌دست آمد. همان‌طوری‌که مشاهده می‌شود در شیب ۲۵ درصد ضریب همبستگی تقریباً برابر ۱ شده است. پس هر چه شیب زمین بیشتر شود الگوی خیس‌شده در سطح بیشتر با بیضی تشابه پیدا می‌کند. بر این اساس برای تعیین آرایش قطره‌چکان‌ها در اراضی شیب‌دار از الگوی بیضوی به‌جای الگوی دایره‌ای شکل استفاده گردید.

## آرایش قطره‌چکان‌ها در اراضی شیب‌دار

نتایج مربوط به بررسی وضعیت هم‌پوشانی الگوی خیس‌شده در سطح خاک در شرایط یکسان در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد نشان داد که با افزایش شیب میزان هم‌پوشانی افزایش یافت. در این شرایط جهت استفاده بهینه از منابع آب باید فاصلهٔ قطره‌چکان‌ها در شیب‌های ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد به ترتیب ۰/۸، ۰/۸۲ و ۰/۸۳ طول پیشروی در روی هر شیب باشد. علیزاده (۷) فاصلهٔ بین قطره‌چکان‌ها را در شیب صفر درصد برابر ۰/۸ طول پیشروی عنوان کرده است. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق و تحقیقات شریف‌نیا و همکاران (۴) اصلاح ابعاد پیاز رطوبتی در جداول مربوط به زمین‌های مسطح برای کاربرد در زمین‌های شیب‌دار اجتناب‌ناپذیر است. لذا با توجه به نتایج آزمایشات و اندازه‌گیری‌های انجام یافته جدول ۶ به‌منظور تخمین عرض خیس‌شده (W) و فاصلهٔ قطره‌چکان ($S_e$) در طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای در خاک‌های لومی‌سیلتی در زمین‌های شیب‌دار ارائه گردید. استفاده از داده‌های جدول ۷ به‌جای جدول مشابه ارائه گردیده برای اراضی مسطح توسط کلر و کارملی (۱۹) از نظر هم‌پوشانی سطوح خیس‌شده دارای نتیجهٔ مناسبی بود.




**شکل ۵- رگرسیون خطی مساحت خیس‌شده سطح با بیضی‌های معادل**




**شکل ٦- الگوی خیس‌شده در سطح برای شیب ۲۵**

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- مقادیر عرض خیس‌شده (W) و فاصلهٔ قطره‌چکان ($S_e$) برحسب سانتی‌متر در شیب‌های ۵، ۱۵و ۲۵

| شیب | | $W\times S_e$ (سانتی‌متر) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ۵ % | ۱۵ % | ۲۵ % |
| مدت زمان آبیاری | ۲ ساعت | ۴۵×۵۰ | ۴۸×۴۲ | ۴۸×۴۲ |
| | ۴ ساعت | ۵۰×۵۶ | ۵۲×۴۵ | ۵۶×۴۴ |
| | ۶ ساعت | ۵۶×۵۷ | ۶۲×۵۱ | ۶۵×۵۰ |

با توجه به نتایج به‌دست آمده بهتر است در طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای در اراضی شیب‌دار، از مدت زمان آبیاری ۶ ساعت و بالاتر و دورهای آبیاری طولانی‌تر جهت آبیاری استفاده شود. در این شرایط قطره چکان های کمتری برای هر درخت مورد استفاده قرار گرفته و همچنین با طولانی گرفتن دور آبیاری‌ها در مصرف انرژی نیز صرفه-جویی به‌عمل خواهد آمد. منتهی این دور نباید به‌حدی طولانی باشد که منطقهٔ توسعهٔ ریشه‌ها بیش از حد مجاز خشک شده و به گیاه آسیب برساند.

## درصد خیس‌شدگی ($P_w$) در آرایش‌های مختلف قطره‌چکان‌ها

براساس نتایج جدول ۶، درصد مساحت خیس‌شده ($\rho_w$) برای آرایش‌های یک ردیفه، زیگزاگ، دو ردیفه و حلقوی قطره‌چکان‌ها در فواصل مختلف ردیف‌های کاشت در زمین‌های شیب‌دار و خاک‌های لومی‌سیلتی محاسبه شد (جدول ۷). به‌کارگیری نتایج جدول ۷ به جای جدول کلر و کارملی (۱۹) می‌تواند موجب افزایش کارایی مصرف آب در اراضی شیب‌دار گردد. همان‌طوری‌که از جدول ۷ مشاهده می‌شود با زیادتر شدن فواصل ردیف‌های گیاهی، درصد مساحت خیس‌شده در آرایش‌های مختلف کاهش یافت. حال آن‌که طبق تحقیقات کلر و کارملی (۱۹) بهتر است درصد مساحت خیس-شده کمتر از ۳۳ درصد نباشد. با توجه به نتایج جدول ۷ کاهش عرض الگوی خیس‌شده در اراضی شیب‌دار نسبت به اراضی مسطح آرایش دو ردیفه لاترال‌ها، به‌دلیل درصد خیس‌شدگی ($P_w$) مطلوب به‌جای سایر نحوهٔ آرایش قطره‌چکان‌ها توصیه می‌گردد. این امر باعث توسعهٔ مناسب ریشه‌ها و در نتیجه افزایش راندمان کاربرد آب و عملکرد محصول به ازای هر واحد آب مصرفی خواهد گردید.

## تعیین فاصلهٔ مناسب کشت گیاهان زراعی نسبت به منبع نقطه‌ای در اراضی شیب‌دار

با توجه به این‌که در سیستم آبیاری قطره‌ای آب در پای بوته در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، گیاهان زراعی سایه‌انداز را نیز با این سیستم می‌توان در اراضی شیب‌دار کشت نمود.

جدول ۷- درصد خاک خیس‌شده (Pw) در آرایش‌های مختلف قطره‌چکان برای عمق ٤٠ میلی‌متر در هر دور آبیاری

| نوع آرایش قطره چکان‌ها | یک ردیفه | | | | | | زیگزاگ | | | | | | دو ردیفه | | | | | | حلقوی | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شیب زمین | ۵% | | ۱۵% | | ۲۵% | | ۵% | | ۱۵% | | ۲۵% | | ۵% | | ۱۵% | | ۲۵% | | ۵% | | ۱۵% | | ۲۵% | |
| فواصل ردیف ها (متر) | فواصل قابل توصیه برای قطره‌چکان‌ها (Se) و عرض خیس‌شدگی (W) در خاک‌های لومی‌سیلتی (متر) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Se | w | Se | w | Se | w | Se | w | Se | w | Se | w | Se | w | Se | w | Se | w | Se | w | Se | w | Se | w |
| | ۰/۵٦ | ۰/۵۷ | ۰/٦۲ | ۰/۵۱ | ۰/٦۵ | ۰/۵ | ۰/۵٦ | ۰/۵۷ | ۰/٦۲ | ۰/۵۱ | ۰/٦۵ | ۰/۵ | ۰/۵٦ | ۰/۵۷ | ۰/٦۲ | ۰/۵۱ | ۰/٦۵ | ۰/۵ | ۰/۵٦ | ۰/۵۷ | ۰/٦۲ | ۰/۵۱ | ۰/٦۵ | ۰/۵ |
| ۰/۸ | ۷۱ | ٦٤ | ٦۳ | ٦٤ | ۷۱ | ۷۱ | ۷۱ | ۷۱ | ۷۲ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۷۱ | ٦۳ | ٦٤ | ٦٤ | ۷۱ | ٦۳ | ٦٤ | ٦۳ |
| ۱ | ۵۷ | ۵۱ | ۵۰ | ۵۱ | ۵۷ | ۵۰ | ۵۷ | ۵۷ | ۵۸ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۵۷ | ۵۰ | ۵۱ | ۵۱ | ۵۷ | ۵۰ | ۵۱ | ۵۰ |
| ۱/۲ | ٤۸ | ٤۳ | ٤۲ | ٤۳ | ٤۸ | ٤۲ | ٤۷ | ٤۷ | ٤۸ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ٤۸ | ٤۲ | ٤۳ | ٤۳ | ٤۸ | ٤۲ | ٤۳ | ٤۲ |
| ۱/۵ | ۳۸ | ۳٤ | ۳۳ | ۳٤ | ۳۸ | ۳۳ | ۳۸ | ۳۸ | ۳۸ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۳۸ | ۳۳ | ۳٤ | ۳٤ | ۳۸ | ۳۳ | ۳٤ | ۳۳ |
| ۲ | ۲۹ | ۲٦ | ۲۵ | ۲٦ | ۲۸ | ۲۵ | ۲۸ | ۲۸ | ۲۹ | ۹۷ | ۹٤ | ۹۵ | ۹۵ | ۹۷ | ۹٤ | ۹۵ | ۲۹ | ۲۵ | ۲٦ | ۲٦ | ۲۹ | ۲۵ | ۲٦ | ۲۵ |
| ۲/۵ | ۲۳ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۳ | ۲۰ | ۲۳ | ۲۳ | ۲۳ | ۷۷ | ۷۵ | ۷٦ | ۷٦ | ۷۷ | ۷۵ | ۷٦ | ۲۳ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۳ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ |
| ۳ | ۱۹ | ۱۷ | ۱۷ | ۱۷ | ۱۹ | ۱۷ | ۱۹ | ۱۹ | ۱۹ | ۵۸ | ۵٦ | ۵۷ | ۵۷ | ۵۸ | ۵٦ | ۵۷ | ۱۹ | ۱۷ | ۱۷ | ۱۷ | ۱۹ | ۱۷ | ۱۷ | ۱۷ |
| ۳/۵ | ۱٦ | ۱۵ | ۱٤ | ۱۵ | ۱٦ | ۱٤ | ۱٦ | ۱٦ | ۱٦ | ٤٦ | ٤۵ | ٤٦ | ٤٦ | ٤٦ | ٤۵ | ٤٦ | ۱٦ | ۱٤ | ۱۵ | ۱۵ | ۱٦ | ۱٤ | ۱۵ | ۱٤ |
| ٤ | ۱٤ | ۱۳ | ۱۳ | ۱۳ | ۱٤ | ۱۳ | ۱٤ | ۱٤ | ۱٤ | ۳۸ | ۳۸ | ۳۸ | ۳۸ | ۳۸ | ۳۸ | ۳۸ | ۱٤ | ۱۳ | ۱۳ | ۱۳ | ۱٤ | ۱۳ | ۱۳ | ۱۳ |
| ٤/۵ | ۱۳ | ۱۱ | ۱۱ | ۱۱ | ۱۳ | ۱۱ | ۱۳ | ۱۳ | ۱۳ | ۳۲ | ۳۲ | ۳۳ | ۳۳ | ۳۲ | ۳۲ | ۳۳ | ۱۳ | ۱۱ | ۱۱ | ۱۱ | ۱۳ | ۱۱ | ۱۱ | ۱۱ |
| ۵ | ۱۱ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۱ | ۱۲ | ۲۸ | ۲۵ | ۲۹ | ۲۹ | ۲۸ | ۲۵ | ۲۹ | ۱۱ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ |
| ٦ | ۱۰ | ۹ | ۸ | ۹ | ۹ | ۸ | ۹ | ۹ | ۱۰ | ۲٦ | ۲۵ | ۲۵ | ۲۵ | ۲٦ | ۲۵ | ۲۵ | ۹ | ۸ | ۹ | ۹ | ۱۰ | ۸ | ۹ | ۸ |

Archive of SID

www.SID.ir

در صورت استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای برای کشت این گیاهان بهتر است بوته در مرکز پیاز رطوبتی کشت گردد تا ریشهٔ گیاه هم در جهت افقی و هم در جهت عمودی بتواند توسعه مناسب داشته و حداکثر استفاده را از الگوی رطوبتی خاک بنماید. فاصله مرکز پیاز رطوبتی تشکیل‌شده نسبت به محور قطره‌چکان در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد در جدول ۸ نشان داده شده است. طبق نتایج این جدول در صورت استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای برای کشت گیاهان زراعی در اراضی شیب دار در خاک‌های لومی‌سیلتی، بایستی بوته در فاصلهٔ ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متری پایین‌تر از محل استقرار قطره‌چکان کاشته شود. ضمناً برای سایر شیب‌های بین صفر تا ۲۵ درصد می‌توان از طریق میان‌یابی بین مقادیر ذکر گردیده، فاصلهٔ مناسب کشت را به‌دست آورد. مصطفی‌زاده و همکاران (۸) در سال ۱۳۷۷ در تحقیقات خود در اراضی شیب‌دار این فاصله را جهت استقرار قطره‌چکان‌ها در خاک‌های لومی‌رسی بین ۱۰ تا ۸۰ سانتی‌متر بالاتر از پای بوته برآورد نموده‌اند.

## نتیجه‌گیری

۱- با افزایش زمان آبیاری کلیه اجزای پیاز رطوبتی شامل مساحت، حجم، طول، عرض و عمق پیاز رطوبتی افزایش معنی‌داری یافت که درصد افزایش هر کدام از این پارامترها در شیب‌های بالاتر بیشتر بود.

۲- در اراضی شیب‌دار جزء پایین‌دست پیاز رطوبتی با بالادست آن دارای اختلاف معنی‌داری بود به‌طوری‌که با افزایش شیب زمین درصد بیشتری از پیاز رطوبتی در قسمت پایین‌دست قطره‌چکان قرار گرفت.

۳- الگوی خیس‌شده در سطح خاک در زمین‌های مسطح از الگوی دایره و در زمین‌های شیب دار از الگوی بیضی تبعیت کرد. لذا در این تحقیق، از الگوی بیضی (بیضی هم‌قطر با الگوی خیس‌شده) به‌جای الگوی دایره برای تخمین آرایش قطره‌چکان‌ها در اراضی شیب‌دار استفاده گردید.

۴- در طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای در خاک‌های لومی‌سیلتی به‌جای جداول ارائه گردیده برای اراضی مسطح، استفاده از جدول ارائه شده در این مقاله (جدول ۶ و ۷) نتیجه بهتری دارد.

۵- با توجه به نتایج جداول ۶ و ۷ در زمین‌های شیب‌دار بهتر است از زمان آبیاری ۶ ساعت یا بالاتر و آرایش دو ردیفه لاترال‌ها به علت درصد خیس‌شدگی مناسب و کاهش هزینه‌های اولیه استفاده گردد.

۶- در صورت کاشت گیاهان زراعی سایه‌انداز در زمین‌های شیب‌دار برای خاک‌های لومی‌سیلتی بایستی قطره‌چکان در فواصل ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متر بالاتر از محل بوته قرار گیرد.

**جدول ۸- فاصله مرکز پیاز رطوبتی از محور قطره‌چکان در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد**

| مدت زمان آبیاری (ساعت) | شیب زمین (درصد) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | صفر | ۵ | ۱۵ | ۲۵ |
| | فاصله مرکز پیاز رطوبتی (محل کاشت بوته) از محور قطره‌چکان (سانتی‌متر) | | | |
| ۲ | ۰ | ۱۰/۲ | ۱۵ | ۲۰ |
| ۴ | ۰ | ۱۲/۷ | ۱۵/۴ | ۲۲/۶ |
| ۶ | ۰ | ۱۴/۷ | ۲۲/۷ | ۲۵ |
| میانگین | ۰ | ۱۲/۵ | ۱۷/۷ | ۲۲/۵ |

## منابع


۱- اکرام‌نیا ف. ۱۳۷۵. ارزیابی انواع قطره‌چکان‌ها و ارائه قطره‌چکان بهینه از لحاظ اقتصادی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران. ۱۵۱ صفحه.

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

۳- حقیقتی ب. ۱۳۷۵. اثر پارامترهای آبیاری برروی درصد سطح خیس‌شده در آبیاری قطره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۱۸ صفحه.

۴- شریف‌نیا ر.، میرزایی ف.، لیاقت ع. و هورفر ع. ۱۳۸۶. بررسی پیاز رطوبتی در آبیاری قطره‌ای در اراضی شیب‌دار. سمینار علمی طرح ملی آبیاری


Archive of SID

www.SID.ir

تحت فشار و توسعه پایدار. اسفندماه. کرج (مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی).
۵- شریف‌نیا ر. میرزایی ف. و لیاقت ع. ۱۳۸۷. عوامل مؤثر بر شکل پیاز رطوبتی در آبیاری قطره‌ای و اصلاح موقعیت قطره‌چکان در اراضی شیب‌دار (بر اساس الگوی خیس‌شده و رطوبت). دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. ۸ تا ۱۰ بهمن ماه. اهواز (دانشگاه شهید چمران).
۶- ضیاء تبار احمدی م. ۱۳۷۱. آبیاری قطره‌ای (ترجمه). ا نتشارات دانشگاه مازندران. ۳۹۹ صفحه.
۷- علیزاده ا. ۱۳۷۶. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای. انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۴۱ صفحه.
۸- مصطفی‌زاده ب.، موسوی س.ف. و شریف بیان‌الحق م. ح. ۱۳۷۷. پیشروی جبهه رطوبتی از منبع نقطه‌ای در سطوح شیب‌دار. نشریه کشاورزی و منابع طبیعی. جلد دوم. شماره سوم. صفحه: ۲۲-۱۳.
۹- وجدانی ن. بناوند ع.، مکوندی ک. و سخائی‌راد ح. ۱۳۸۷. تعیین فاصلهٔ بهینه بین قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای با استفاده از اندازه‌گیری ابعاد 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 ۱۳۸۷.
10- Bodhinayake W.L., and Xiao B.C.Si. 2004. New method for determining water- conducting macro-and mesoporosity from tension in filtrometer. Soil Science Society of America Journal. 68: 760-769.
11- Chu S.T. 1994. Green-Ampt analysis of wetting patterns for surface emitter. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. pp 414-421.
12- Clothier B., Scotter D., and Harper E. 1985. Three-dimensional infiltration and trickle irrigation. Trans. American Society of Agricultural and Biological Engineers. pp 2017-2025.
13- Feltcher Armstrong C., and Wilson T.V. 1983. Computer model for moisture distribution in stratified soil under trickle irrigation. Trans. American Society of Agricultural and Biological Engineers. pp 1704-1709.
14- Hachum A.Y. 1973. Water movement in soil from trickle source. MSC Thesis Utah university. Logan. Utah. USA.
15- Haggard B.E., Moore Jr.P.A., and Brye K.R. 2005. Effect of slope on runoff from a small variable – slope box. Journal of Environmental Hydrology. Volume 13 Paper 25 November 2005.
16- Hovver J. 1985. Evalution of flow pathway in a sloping soil cross section. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 28(5): 1471-1475.
17- Huat Bujang B. K., Faisal HJ. Ali 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.
18- Jackson C.R. 1992. Hill slope infiltration and lateral down slope unsaturated flow. Water Resources Research. 28: 2533-2539 .
19- Keller J., and Karmeli D. 1975. Trickle Irrigation. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation. Glendora. California 91740. U. S. A Engineering.
20- Patel N., and Rajput T.B.S. 2009. Effect of subsurface drip irrigation on onion yield. Irrigation Science. 27(2): 97-108.
21- Phillip J.R. 1991. Hill slope infiltration: Planar slopes. Water Resources Research. 27: 109 – 117.
22- Philip J.R., and Knight J.K. 1997. Steady infiltration flow with sloping boundaries. Water Resources Research: 1833-1841.
23- Raoof M.S., Sadraddini A.A., Nazem A.H., and Marofi S. 2009a. Estimating saturated and unsaturated hydraulic conductivity and sorptivity coefficient in transient state in sloping lands. Journal of Food. Agriculture & Environment. 7(3 and 4): 861-864.
24- Raoof M.S., Sadraddini A.A., Nazem A.H., and Marofi S. 2009b. Estimating saturated and unsaturated hydraulic conductivity in steady state in sloping lands. 10th International Agriculture Engineering Conference. Bankok. Thailand. 7-10 December.
25- Schwaterzman M., and Zur B. 1986. Emitter spacing and geometry of wetted soil volume. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 112: 242-253.
26- Zebarth B.J., and De Jong E. 1989b. Water flow in a hommocky landscape in central Saskatchewan. Canada. III. Unsaturated flow in relation to topography and land use. Journal of Hydrology. 110: 199- 218.
27- Zebarth B.J., and De Jong E. 1989a. Water flow in a hommocky landscape in central Saskatchewan. Canada. i. Distribution of water and soils. Journal of Hydrology. 107: 309 – 327.
28- Zur B. 1996. Wetted soil volume as a design objective in trickle irrigation. Irrigation Science. 16 (1996). pp 101–105.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 2, May-Jun 2012, p. 404-413

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۱، ص. ۴۱۳-۴۰۴

# Determination of Appropriate Arrangement of Emitters on Sloping Lands of Mogan-Fatali Plain

**A. Mohammadi[1*]- M.H. Biglouei[2]- M.R. Khaledian[3]- A. Moridnejad[4]- H. Poorhajshokr[5]**

Received:9-7-2011
Accepted:15-1-2012

## Abstract

Drip irrigation, because of its high efficiency on sloping lands is a suitable irrigation system in most countries around the world. Wetting pattern recognition formed by a source point which is called "wetting pattern is very important in drip irrigation. The wetting pattern depends on the soil texture and structure, the volume of applied water, the discharge of emitters and the land slope. In this research the effects of slope and irrigation time on wetting pattern were assessed for constant discharge equal to 4 liters per hour. Experiments were performed on lands with 0, 5, 15 and 25 percent slopes with silt –loam soil texture in three irrigation times of 2, 4 and 6 hours, in 3 replications. So based on the results of experiments and the measurements, table 6 and 7 were presented for designing of drip irrigation system in silty-loam soils. According to results of table 6 on sloping lands in silty-loam soils, applying 6 hours of irrigation time and locating the emitters 56 to 65 centimeters apart from each other, from the point of view of wetted area overlapping gives an appropriate result. Table 7 results show that using the double row arrangement for laterals on sloping lands give high wetting area. If drip irrigation system is used for cultivating on sloping lands with the slope of 5 to 25 percent the place of planting should be done 10 to 25 centimeters below the place of emitter was achieved.

**Keywords:** Emitter's arrangements, Sloping lands, Wetting pattern

Archive of SID

1,2,3- MSc Student and Assistant Professors, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Respectively
(*- Corresponding Author Email: adel_m23@yahoo.com)
4- MSc Degree in Irrigation and Drainage, CEO Consulting Engineers Saman Abrah, Tahran, Iran.
5- MSc Degree in Irrigation and Drainage of Jahad and Agricultural Office, Pars Abad, Iran.

www.SID.ir