[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.25.3]

[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.287]

توسعه و ارزیابی مدل‌های تخمین عرض خیس شده قطره‌چکان در خاک سنگریزه‌ای

فهیمه محمدزاده، مهدی قیصری* و اسماعیل لندی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۵/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۲۶)

چکیده:

هدف از این تحقیق بررسی عرض خیس شده در خاک سنگریزه‌ای تحت تأثیر دبی قطره‌چکان و مدت‌زمان آبیاری و ارزیابی مدل‌های توسعه داده‌شده تخمین عرض خیس شده در پژوهش‌های پیشین می‌باشد. تیمارهای آزمایشی شامل سه زمان آبیاری ۴ و ۸ و ۱۲ ساعت (به‌ترتیب T_4، T_8 و T_{12}) و سه دبی قطره‌چکان ۲، ۴ و ۸ لیتر بر ساعت (به‌ترتیب q_2، q_4 و q_8) با سه تکرار بود. پس از گذشت ۲۴ ساعت از آبیاری عرض خیس شده ایجاد شده توسط هر قطره‌چکان اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین عرض خیس شده به‌ترتیب برابر ۱۵۹/۸ سانتی‌متر در تیمار $T_{12}q_8$ و ۶۳/۵ سانتی‌متر در تیمار T_4q_2 مشاهده شد. مدلی دو متغیره خطی تابعی از دبی قطره‌چکان و مدت زمان آبیاری برای محاسبه عرض خیس شده در خاک‌های سنگریزه‌ای با بافت لوم شنی توسعه داده شد. ارزیابی مدل‌های تعیین عرض خیس شده پیشنهادی پژوهش‌های پیشین برای خاک مورد مطالعه نشان‌داد، از بین شش مدل ارزیابی‌شده فقط یک مدل دقت کافی برای تخمین عرض خیس شده را دارا بود. بنابر نتایج شرایط خاک سنگریزه‌ای در عمق و عرض حداکثر عرض پیاز رطوبتی نقش زیادی دارد، بنابراین اندازه‌گیری عمق و عرض خیس شده در مزرعه ضروری است.

کلمات کلیدی: پیاز رطوبتی، مدل، آبیاری قطره‌ای، گسیلنده

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: gheysari@cc.iut.ac.ir

مقدمه

با توجه به بحران کمبود آب، آبیاری قطره‌ای می‌تواند روش مناسبی برای حفظ و توسعه باغات کشور و فضای سبز شهر باشد. سیستم آبیاری قطره‌ای با محدود نمودن سطح خیس شده، تلفات ناشی از تبخیر را کاهش می‌دهد. سطح خیس شده برای هر درخت تابع اندازه‌ی تاج پوشش گیاه می‌باشد (۱۴). پروفیل خیس شده به‌عنوان محل تأمین مواد مغذی گیاه و فراهم آوردن شرایط رشد و توسعه ریشه برای جذب مواد مغذی و کمک به پایداری درخت اهمیت دارد (۱). علاوه‌بر تعداد قطره‌چکان و خصوصیات خاک، دبی قطره‌چکان (۱۱ ،۲، ۵) زمان آبیاری (۱) و شیب زمین (۳) بر توسعه پیاز رطوبتی مؤثر می‌باشند.

همچنین نوع گسیلنده (منبع نقطه‌ای یا نوار آبیاری) الگوی خیس شده و نفوذ عمقی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۹). تغییرات عرض خیس شده با تغییر دبی قطره‌چکان توسط محققان قبلی بررسی و اثر دبی بر عرض خیس شده گزارش شده‌است (۷ و ۹). مطالعات زیادی عرض خیس شده قطره‌چکان در خاک‌های مختلف را مورد بررسی قرارداده که برخی از آنها منجر به توسعه مدل‌هایی برای پیش‌بینی گسترش عرض خیس شده، گردیده‌است (۱، ۲ و ۶). رابطه خطی تعیین عرض خیس شده به‌صورت تابعی از دبی قطره‌چکان و یک رابطه‌توانی برای تعیین شعاع و عمق خیس شده به‌صورت تابعی از زمان آبیاری و دبی قطره‌چکان توسعه داده شده است (۱۹). همچنین برای پیش‌بینی جبهه رطوبتی روابط تجربی (۷) و نیمه‌تجربی (۱) ارائه شده است. نتایج تحقیقات نشان داده است که افزایش دبی قطره‌چکان در یک حجم ثابت آب کاربردی، شعاع جبهه رطوبتی در بافت خاک متوسط- شنی را افزایش و عمق پیاز رطوبتی را کاهش داده است (۶).

در اراضی شیب‌دار، تاکنون بررسی‌هایی در رابطه با بهترین محل کاشت بوته تحت تأثیر جبهه رطوبتی سیستم آبیاری قطره‌ای (۵)، توسعه جبهه رطوبتی (۲) و فاصله قطره‌چکان ها از یکدیگر (برای شیب بیش از ۱۰ درصد) (۳) انجام شده است. همچنین مدل‌هایی برای تخمین فاصله قطره‌چکان توسعه داده شده است (۳ و ۴). نرم‌افزار Wetup برای شبیه‌سازی الگوی خیس‌شدگی (۱۱) و مدلی برای شبیه‌سازی ابعاد خیس‌شدگی آبیاری قطره‌ای سطحی (۱۲) و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ارائه شده است (۱۷).

میزان سنگریزه موجود در خاک در نگهداشت آب خاک و همچنین عرض خیس شده تأثیرگذار است، اگرچه رس باعث افزایش نگهداشت آب خاک می‌شوند اما وجود سنگریزه در خاک آن را کاهش می‌دهد (۱۰ و ۱۶). در اکثر تحقیقات انجام شده خاک فاقد سنگریزه بوده و یا اشاره‌ای به رفتار مدل‌ها و روابط در خاک‌های سنگریزه‌ای نشده است. با توجه به این‌که انجام آبیاری سنتی و سطحی در خاک‌های سنگریزه‌ای با قابلیت نگهداری پایین آب مشکل می‌باشد، کمبود منابع آب و ضرورت حفظ و نگهداری باغات قدیمی و عرصه‌ی فضای سبز در خاک‌های سنگریزه‌ای کشاورزان و مدیران را به استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای تشویق کرده است. برای دستیابی به آبیاری قطره‌ای کارآمد، ضرورت دارد که حداقل سطح خیس شده مورد نیاز برای درختان تعیین و تأمین شود. در این راستا آگاهی از سطح خیس شده تحت تأثیر دبی و زمان آبیاری در خاک ضرورت دارد. اگر چه مطالعات زیادی در خصوص تعیین عرض خیس شده در خاک‌های مختلف انجام شده است، اما تاکنون مطالعه جامعی برای بررسی گسترش جبهه رطوبتی در خاک‌های سنگریزه‌ای انجام نشده است. هدف از این مطالعه بررسی عرض خیس شده تحت تأثیر زمان و دبی قطره‌چکان و ارزیابی دقت توابع پیشنهادی برای تخمین عرض خیس شده در خاک سنگریزه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۱ در خاک لومی شنی با درصد سنگریزهٔ بالا در خاک دست نخورده در شرایط طبیعی مزرعه در دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. تعیین بافت خاک به‌روش هیدرومتری برای نمونه‌های تهیه شده از اعماق ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۸۰- ۶۰ سانتی‌متر صورت گرفت. بافت خاک تا

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-20]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.25.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.287]

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.25.3]

[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.287]

جدول۱. خصوصیات بافت خاک منطقه مورد آزمایش

عمق (cm)	بافت خاک	رس(٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	سنگ ریزه(٪)
۰-۲۰	لوم- لوم شنی	۱۷-۲۰	۲۰	۶۰-۶۳	۴۷-۷۲
۲۰-۴۰	لوم- لوم شنی	۱۷-۲۳	۱۰-۲۰	۵۷-۷۳	۶۷-۶۹
۴۰-۶۰	لوم – لوم شنی	۱۳-۲۴	۱۷-۲۳	۵۳-۷۰	۷۱-۷۲
۶۰-۸۰	لوم شنی- لوم رسی شنی	۱۷-۲۷	۱۰-۱۷	۵۶-۷۳	۵۸-۷۰

عمق ۸۰ سانتی‌متر لوم و لوم شنی بود و درصد سنگریزه بین ۴۷ تا ۷۲ درصد در عمق متغیر بود (جدول ۱).

قطره‌چکان نقطه‌ای روی خط تنظیم کننده فشار با دبی ثابت ساخت شرکت نتافیم استفاده شد و آب مورد نیاز از سیستم آب شرب دانشگاه تأمین گردید. با اندازه‌گیری دبی ۵۰ قطره‌چکان در فشار ثابت بااستفاده از رابطه کریستیانسن، مقدار ضریب تغییرات ساخت محاسبه گردید (۱۳ و ۱۴). مقدار ضریب تغییرات (CV) اندازه‌گیری شده برای قطره‌چکان‌ها ۰/۰۳۵ بود که تأییدی بر اطلاعات شرکت سازنده قطره‌چکان می‌باشد.

در این آزمایش سه ردیف لوله ۱۶ میلی‌متری با فاصله ۴ متر از یکدیگر روی سطح زمین قرار داده شد و در ابتدای هرکدام از آن‌ها شیرهای قطع و وصل جریان نصب شد. برای اطمینان از عدم تداخل پیاز رطوبتی ایجاد شده فاصله‌ی قطره‌چکان‌ها ۳ متر از یکدیگر در نظر گرفته شد. سپس سیستم آزمایشی برای مدت زمان ۴ ، ۸ و ۱۲ ساعت راه‌اندازی شد، به‌طوری که مسیر جریان تیمار T_4، T_8 و T_{12} به‌ترتیب پس از ۴، ۸ و ۱۲ ساعت مسدود گردید. این آزمایش برای ۳ تا ۵ تکرار (۳ تکرار برای قطره‌چکان ۴ و ۸ لیتر و ۵ تکرار برای قطره‌چکان ۲ لیتر بر ساعت) اجرا شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت از زمان قطع جریان، با حفر ترانشه زیر محل نصب قطره‌چکان در امتداد مسیر لوله لاترال، گسترش پیاز رطوبتی در راستای افقی و قائم به‌صورت لمسی و چشمی (۱ و ۸) بررسی شد. با توجه به زمان انجام آزمایش (تابستان) و خشک بودن خاک اطراف پیشروی جبهه رطوبتی به‌سادگی قابل تشخیص بود. برای تعیین جبهه رطوبتی در اعماق ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتی‌متر علامت‌گذاری و سپس با متر نواری با دقت سانتی‌متر گسترش جبهه رطوبتی اندازه‌گیری شد.

محل اجرای آزمایش به‌گونه‌ای انتخاب شد که با کمترین عملیات خاکی سطح زمین تراز شود. نفوذپذیری خاک با روش استوانه مضاعف (۱۸) در شرایط واقعی مزرعه در سه تکرار اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی کارایی مدل‌های توسعه داده شده تخمین عرض خیس شده، نیاز به تعیین پارامترهای مورد استفاده در این مدل‌ها است. بنابراین هدایت هیدرولیکی اشباع برای بافت خاک مورد آزمایش اندازه‌گیری شده و برابر ۶۰ میلی‌متر بر ساعت (۱۴۰ سانتی‌متر بر روز) به‌دست آمد. با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده در مزرعه و نرم‌افزار Excel مدل‌هایی برای تخمین عرض خیس شده تحت تأثیر زمان و دبی برای خاک منطقه مورد آزمایش توسعه داده شد.

به‌منظور بررسی اثر سنگریزه بر مقدار رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه و پژمردگی دایم و تعیین مقدار رطوبت آستانه، آزمایشی بر روی ۱۸ کرت با ابعاد ۵۰ ×۵۰ سانتی‌متر انجام شد. در کرت‌های مذکور، بازه وسیعی از شرایط رطوبتی ایجاد شد و به‌روش وزنی مقدار رطوبت خاک در شرایط طبیعی خاک و برای شرایطی که سنگریزه‌ها از خاک جدا شوند (خاک از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شود)، اندازه‌گیری شد (۱۰). مصدقی و محبوبی معادله ۱ را برای اصلاح مقدار رطوبت خاک تحت تأثیر درصد سنگریزه ارائه کرده‌اند (۱۰)

$$\theta_{ma} = \frac{\theta_{mm}}{1+\text{Gravel}} \qquad [1]$$

در این‌جا θ_{ma}: رطوبت اصلاح شده: θ_{mm} رطوبت اندازه‌گیری شده با حذف سنگریزه، Gravel: نسبت درصد سنگریزه به درصد خاک می‌باشد.

جدول ۲. روابط ارائه‌شده برای محاسبه عرض خیس‌شده و شرایط کاربرد مدل‌ها

مرجع	بافت خاک	مدل‌های ارائه شده و شرایط کاربرد مدل‌ها	γ	Λ	U	K	b	a	Q(l/hr)
آ-نصیری و همکاران ۱۳۹۰	متوسط شنی	۱. پیشروی افقی $R_f = ae^{bt}$	۰/۳۸۴	۴۲/۲۶	۰/۴۵۴	۱۵/۶۰	۰/۰۳۸	۴۸/۴۲	۴
		۲. پیشروی عمودی $Z_f = ke^{u}$	۰/۳۷۸	۶۴/۵۶	۰/۴۳۶	۱۹/۳۷	۰/۰۷۱	۵۶/۸۷	۸
		۳. حداکثر پیشروی افقی $R_s = \lambda t^{\gamma}$	۰/۳۳۶	۹۸/۲۳	۰/۵۲۷	۲۵/۲۸	۰/۰۶۷	۱۱۰/۴	۱۲
		t زمان آبیاری(ساعت) و R_f پیشروی افقی جبهه رطوبتی روی زمین (سانتی‌متر)، Z_f پیشروی عمودی زیر قطره‌چکان (سانتی‌متر)، R_s بیشترین پیشروی افقی زیر قطره‌چکان (سانتی‌متر) و سایر پارامترها ضرایب معادله هستند.							
ب - پلنگی و آخوند علی. ۱۳۸۷.	شنی	$w = ۲/۲۲K_s^{-۰/۰۰۹}q^{۰/۳۴}t^{۰/۳۳}, z = ۱/۷K_s^{۰/۱۴}q^{۰.۳}t^{۰/۴۲}$							
		z : عمق ماکزیمم خاک خیس شده(متر)، w : قطر ماکزیمم خاک خیس‌شده(متر)، q: دبی خروجی (مترمکعب بر ثانیه)، Ks : هدایت هیدرولیکی اشباع (متر بر ثانیه)، ، t: زمان آبیاری (ثانیه)							
		$w = ۰/۰۳(V_w)^{۰/۲۲}(\frac{K_s}{q})^{-۰/۱۷-۰/۰۷s}$							
ج- شریف نیا و همکاران۱۳۸۹	لوم رسی سیلتی	w :حداکثر قطر خیس‌شده (متر)، V_w : حجم آب کاربردی (لیتر) K_s : هدایت هیدرولیکی اشباع (متر بر ثانیه) q: دبی قطره چکان (لیتر بر ساعت) و s: درصد شیب							
د- شوارتزمن و زور ۱۹۸۶	-	$w = ۰/۰۳(V_w)^{۰/۲۲}(\frac{K_s}{q})^{-۰/۱۷}, z = ۲۹/۲(V_w)^{۰/۶۳}(\frac{K_s}{q})^{۰/۴۵}$							
		w:حداکثر قطر خیس‌شده (متر)، z حداکثر عمق خیس‌شده، V_w :حجم آب کاربردی (لیتر) Ks :هدایت هیدرولیکی اشباع (متر بر ثانیه) q: دبی قطره چکان (لیتر بر ساعت)							
ه- وجدانی و همکاران ۱۳۸۷	سیلتی لوم ، بافت سطحی سنگین	۱. سیلتی لوم با درصد کم سنگ‌ریزه $w = ۲۶/۹۹Ln(t) + ۵۶/۴۱$							
		۲. بافت سطحی سنگین و ۱۵ تا ۳۵ درصد گراول درشت در سطح و ۳۵ تا ۴۵ درصد در عمق: $w = ۲۲/۴۲Ln(t) + ۳۷/۸۷$							
		W پیشروی افقی رطوبت در سطح زمین(سانتی‌متر)،t زمان (ساعت)							
و- مولوی و همکاران۲۰۱۲	لومی شنی لومی	$Q = ۲\frac{l}{hr}, w = ۴/۵۳۲۷K_s^{۰/۰۳۷۶۵}t^{۰/۵۱۹۷}, Q = ۴\frac{l}{hr}, w = ۱/۹۰۳۸K_s^{-۰/۱۲۹۲}t^{۰/۵۲۴۸}$							
		w: پیشروی افقی رطوبت در سطح زمین (میلی‌متر)، t: زمان (دقیقه)، Ks :هدایت هیدرولیکی اشباع (میلی متر بر ثانیه)							

کارایی مدل‌های توسعه داده شده توسط نصیری و همکاران (۶)، پلنگی و آخوندعلی(۱)، شریف‌نیا و همکاران (۲)، وجدانی و همکاران (۸)، شوارتزمن و همکاران و مولوی و همکاران (۱۵) برای تخمین عرض خیس شده در خاک‌های سنگریزه‌ای بااستفاده از داده‌های مزرعه‌ای جمع‌آوری شده در این تحقیق ارزیابی شدند (جدول ۲). به‌همین منظور با استفاده از داده‌های زودیافت خاک مزرعه شامل درصد رس، سیلت، شن و سنگریزه و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، مقدار عرض خیس شده به‌وسیله

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-20]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.25.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.287]

مدل‌های مذکور محاسبه شد. سپس مقادیر عرض خیس شده محاسبه شده با مقادیر عرض خیس شده واقعی اندازه‌گیری شده در مزرعه با شاخص درصد تغییرات ارزیابی شد (۴).

$$var = \frac{X_e - X_m}{X_m} \times ۱۰۰ \qquad [۲]$$

که در آن، Var: درصد تغییرات خطای تخمین عرض خیس شده ، X_e: عرض خیس شده محاسبه شده با استفاده ازمدل و X_m: عرض خیس شده اندازه‌گیری شده می‌باشد. هر چقدر درصد تغییرات کمتر بوده و به صفر نزدیک باشد، نشان دهنده دقت بالای مدل در تخمین نسبت به شرایط واقعی است.همچنین روند افزایش عرض خیس شده با افزایش دبی قطره‌چکان با رابطه۳ محاسبه گردید(۴).

$$Range = \frac{W_{max} - W_{min}}{W_{max}} \times ۱۰۰ \qquad [۳]$$

که در آن، Range: درصد تغییرات عرض خیس شده با تغییرات دبی قطره‌چکان، W_{max}: بزرگترین عرض خیس شده مشاهده شده (مقایسه عرض خیس شده دو دبی قطره‌چکان) **و** W_{min} : کوچک‌ترین عرض خیس شده مشاهده شده (مقایسه عرض خیس شده دو دبی قطره‌چکان) می‌باشد.

نتایج و بحث

بررسی عرض خیس شده در عمق ۳۰ سانتی‌متر برای دبی قطره‌چکان ۲ لیتر بر ساعت نشان داد که با افزایش مدت زمان آبیاری عرض خیس شده افزایش می یابد. روند افزایش عرض خیس شده تحت تأثیر مدت زمان آبیاری به‌صورت تابع خطی بود (شکل ۱). روند تغییرات عرض خیس شده نسبت به‌زمان در تمام اعماق افزایشی است (شکل ۱) اما شیب خط برازش داده شده متفاوت است، به‌صورتی که شیب تغییرات عرض خیس شده نسبت به‌زمان در عمق ۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر برای قطره‌چکان ۲ لیتر بر ساعت به‌ترتیب برابر ۶/۹، ۸/۶ و ۱۲/۲ درصد است. قابل ذکر است در شکل ۱ تفاوت بین تکرارها نشان دهنده اثر تغییرات درصد سنگریزه خاک در تکرارها می‌باشد.

افزایش دبی قطره‌چکان موجب افزایش عرض خیس شده گردید به‌طوری که روند تغییرات خطی بود (شکل۲). همچنین با افزایش زمان آبیاری عرض خیس شده افزایش یافت و با توجه به تعداد نقاط مشاهده‌ای منحنی‌خطی منطقی‌ترین برازش با بیشترین ضریب همبستگی بود (شکل ۱). یافته‌های نوروزی (۷) و بدر (۹) افزایش عرض خیس شده تحت تأثیر افزایش دبی و یافته‌های نصیری (۶) و وجدانی (۸) افزایش عرض خیس شده تحت تأثیر افزایش زمان را تأیید می‌کنند. عرض خیس شده با افزایش زمان آبیاری در تمام اعماق افزایش یافت و پس از گذشت ۸ ساعت از آبیاری بیشترین عرض خیس شده در عمق ۴۵ سانتی‌متری مشاهده‌گردید (شکل ۱). اگرچه در مطالعات پیشین (۱۴) بیشترین عرض خیس شده را در عمق ۳۰ سانتی‌متری گزارش کردند، اما در این تحقیق بیشترین عرض خیس شده در عمق ۴۵ سانتی‌متری مشاهده شد، که ممکن است تحت تأثیر وجود سنگریزه در خاک باشد.

مدل‌های خطی بین عرض خیس شده و دبی قطره‌چکان در خاک سنگریزه‌ای با درصد سنگریزه ۴۷ تا ۷۲ درصد برای قطره‌چکان با دبی ۲، ۴ و ۸ لیتر بر ساعت و مدل‌های خطی برای محاسبه عرض خیس شده به‌صورت تابعی از زمان آبیاری ۴، ۸ و ۱۲ ساعت توسعه داده شد (جدول ۳). ضریب همبستگی مدل‌های توسعه داده شده بین ۰/۸۶ تا ۰/۹۹ متغیر است.

همچنین مدلی برای تخمین عرض خیس شده به‌صورت تابعی از مدت زمان آبیاری و دبی قطره‌چکان برای استفاده در خاک با بافت لوم تا لوم شنی و درصد سنگریزه بین ۴۷ تا ۷۲ درصد به‌شرح زیر توسعه داده شد:

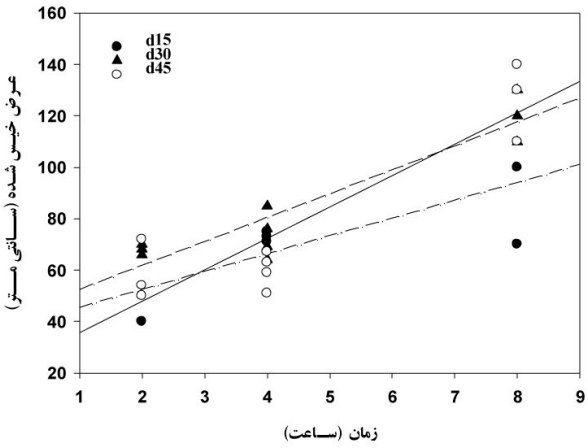
$$w = (۰/۴۹t + ۸/۳۲) \times q + (۵/۲۵t + ۲۵/۵), R^۲ = ۰/۹۲ \qquad [۴]$$

که در این‌جا w: عرض خیس شده (سانتی‌متر)، t: زمان (ساعت)، q: دبی قطره چکان (لیتر بر ساعت)

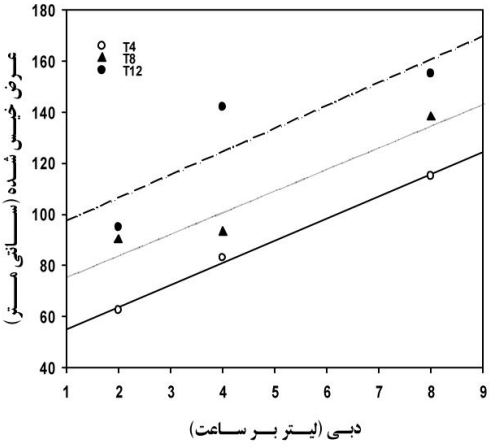
اثر سنگریزه بر رطوبت خاک

نتایج نشان داد که اندازه‌گیری رطوبت بدون در نظر گرفتن سنگریزه موجود در خاک با رطوبت نمونه واقعی متفاوت است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-20]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.25.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.287]



شکل۱. رابطه بین زمان و عرض خیس شده در عمق (d) ۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر با قطره‌چکان ۲ لیتر بر ساعت



شکل ۲. رابطه دبی با عرض خیس شده در زمان آبیاری مختلف (T) در عمق ۳۰ سانتی‌متر

جدول ۳. رابطه خطی میان دبی، زمان و عرض خیس شده در عمق ۳۰ سانتی‌متر، (در اینجا w عرض خیس شده (سانتی‌متر)، q دبی قطره‌چکان (لیتر بر ساعت)، t زمان آبیاری (ساعت)

w=at+b				w=aq+b			
R^2	B	A	زمان	R^2	b	A	دبی (لیتر
۱/۰	۴۶/۵	۸/۶	۴	۰/۹	۵۰	۴/۱	۲
۰/۹	۶۷/۵	۸/۵	۸	۰/۹	۴۷	۷/۴	۴
۰/۸	۸۸/۵	۹/۰	۱۲	۱/۰	۹۶	۵/۰	۸

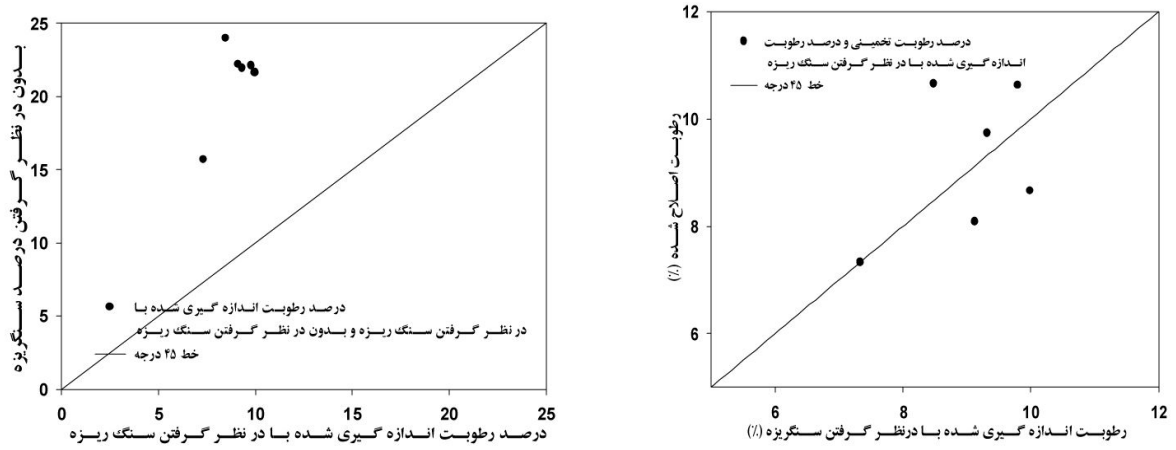
رطوبت خاک الک شده همچنین با استفاده از رابطه ۱ با در نظر گرفتن نسبت سنگریزه به‌خاک اصلاح گردید. رطوبت اصلاح شده با رطوبت اندازه‌گیری شده با در نظر گرفتن سنگریزه با اختلاف ۵ درصد تطابق دارد(شکل۳).

ارزیابی مدل‌های توسعه داده شده توسط سایر محققان

مدل "آ" رابطه توانی میان زمان و عرض خیس شده است و ضرایب رابطه برای هر دبی به‌صورت جداگانه در جدول ۲ ارائه شده است. مدل توانی "ب" علاوه‌بر دبی و زمان، هدایت هیدرولیکی خاک را نیاز دارد. در مدل"ه" پارامتر زمان استفاده شده است و رابطه پیشنهادی رابطه‌ای لگاریتمی است. مدل توسعه داده شده در این پژوهش ضمن سادگی دو عامل مهم دبی قطره‌چکان و زمان آبیاری را به‌عنوان متغیر اصلی در خاک‌های سنگریزه‌ای با بافت شنی لومی لحاظ نموده است.نتایج تخمین عرض خیس شده و درصد خطای تخمین (رابطه ۲) مدل‌های ارائه شده توسط سایر محققان برای کاربرد در خاک با درصد سنگریزه بالا در جدول ۴ ارائه شده است. مدل "آ" با درصد تغییراتی بین ۰/۱ تا ۱۰/۷ عرض خیس شده را برآورد کرده است.

مدل "آ" برای تمام شرایط مورد بررسی دقت بسیار خوبی داشت و بیشترین دقت را برای دبی ۴ لیتر بر ساعت و مدت زمان آبیاری ۱۲ ساعت داشت. درصد تغییرات مدل "ب" در برآورد عرض خیس شده بین ۳۲ تا ۴۲ متغیر بوده است، که دقت متوسطی داشته است. مدل‌های"ج" و"د" دقت کمی داشته و درصد تغییرات خطای تخمین آن بین ۴۵ تا ۵۸ درصد بوده است. مدل "ه-۱" با درصد تغییرات خطای تخمین ۰/۵ تا ۱۷

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-20]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.25.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.287]



شکل ۳. مقایسه درصد رطوبت با و بدون درنظر گرفتن سنگریزه

جدول ۴. ارزیابی مدل‌های محاسبه عرض خیس شده با داده‌های واقعی اندازه‌گیری‌شده در خاک سنگریزه‌ای

شماره مدل – مرجع	دبی (لیتر بر زمان(ساعت)	۲			۴			۸		
		۴	۸	۱۲	۴	۸	۱۲	۴	۸	۱۲
ز- یافته های آ- نصیری و همکاران ۱۳۹۰	w	۶۳/۵	۸۴/۹	۱۰۶/۳	۸۰/۶	۱۰۲/۳	۱۲۴/۱	۱۱۴/۶	۱۳۷/۲	۱۵۹/۸
	w	–	–	–	۷۲/۰	۹۳/۹	۱۰۹/۷	۱۰۹/۰	۱۴۱/۷	۱۶۵/۲
	var				۱۰/۷	۸/۲	۰/۱	۴/۹	۳/۳	۳/۴
ب- پلنگی و آخوند علی ۱۳۸۷.	w	۴۳/۱	۵۴/۲	۶۲	۵۴/۶	۶۸/۶	۷۸/۵	۶۹/۱	۸۶/۹	۹۹/۳
	var	۳۲/۱	۳۶/۲	۴۱/۷	۳۲/۲	۳۲/۹	۳۶/۸	۳۹/۷	۳۶/۷	۳۷/۸
ج - شریف نیا و همکاران۱۳۸۹	w	۳۴/۶	۴۰/۳	۴۴/۱	۴۵/۴	۵۲/۸	۵۷/۸	۵۹/۴	۶۹/۲	۷۵/۷
	var	۴۵/۵	۵۲/۵	۵۸/۵	۴۳/۷	۴۸/۴	۵۳/۵	۴۸/۲	۴۹/۵	۵۲/۶
د - شوارتزمن و زور ۱۹۸۶	w	۳۴/۶	۴۰/۳	۴۴/۱	۴۵/۴	۵۲/۸	۵۷/۸	۵۹/۴	۶۹/۲	۷۵/۷
	var	۴۵/۵	۵۲/۵	۵۸/۵	۴۳/۷	۴۸/۴	۵۳/۵	۴۸/۲	۴۹/۵	۵۲/۶
ه - وجدانی و همکاران ۱۳۸۷ ۱	w	–	–	–	۹۳/۸	۱۱۲/۵	۱۲۳/۵	-	–	–
	var				۱۶/۵	۹/۹	۰/۵			
۲	w	–	–	–	۶۸/۹	۸۴/۵	۹۳/۶	–	–	–
	var				۱۴/۴	۱۷/۴	۲۴/۶			
و - مولوی و همکاران ۲۰۱۲	w	۶/۷	۹/۶	۱۱/۸	۵/۷	۸/۲	۱۰/۲	–	–	–
	var	۸۹/۵	۸۸/۸	۸۸/۹	۹۲/۹	۹۲	۹۱/۸			

w: عرض خیس شده (سانتی‌متر)

var%: درصد تغییرات تخمین عرض خیس شده

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-20]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.25.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.287]

جدول ۵. روند تغییرات عرض خیس شده نسبت به افزایش دبی در زمان‌های مختلف راه‌اندازی سیستم

شماره مدل	زمان(ساعت) (q۱,q۲)	۴ (۲,۴)	۴ (۴,۸)	۴ (۲,۸)	۸ (۲,۴)	۸ (۴,۸)	۸ (۲,۸)	۱۲ (۲,۴)	۱۲ (۴,۸)	۱۲ (۲,۸)
	ز	۲۱	۳۰	۴۵	۱۷	۲۵	۳۸	۱۴	۲۲	۳۳
	آ	–	۳۴	–	–	۳۴	–	–	۳۴	–
	ب	۲۱	۲۱	۳۸	۲۱	۲۱	۳۸	۲۱	۲۱	۳۸
	ج	۲۴	۲۴	۴۲	۲۴	۲۴	۴۲	۲۴	۲۴	۴۲

خوب تا نسبتاً خوب و مدل"ه-۲" با درصد تغییرات خطای تخمین ۱۴/۴ تا ۲۴/۶ نسبتاً خوب تا قابل‌قبول ارزیابی گردیدند. مدل"و" نیز در برآورد عرض خیس شده ضعیف ارزیابی شد. در تمامی مدل‌های ارائه شده گرچه هدایت هیدرولیکی به‌عنوان پارامتری برای نشان دادن شرایط خاک استفاده شده است اما در شرایط خاک سنگریزه‌ای نتوانسته‌اند کارایی مناسبی داشته باشد. رابطه "آ" برای خاک متوسط شنی ارائه شده و نتایجی قابل قبول ارائه داد و نتایج ارزیابی دقت مدل مذکور در تخمین عرض خیس شده در خاک لوم شنی سنگریزه‌ای را تأیید کرد. همچنین نتایج مدل"ه" که برای خاک سیلتی لوم با سنگریزه کم و دبی ۴ لیتر در ساعت ارائه شده است، دقت خوبی در شبیه‌سازی عرض خیس شده در خاک لوم شنی با درصد سنگریزه بیشتر از ۶۰ درصد داشت. رابطه"ب" برای خاک شنی ارائه شده است و حداکثر خطای نسبی این‌مدل در شرایط خاک شنی پیش‌بینی قطر و عمق جبهه رطوبتی ۱۴/۳ درصد و حداکثرRMSE برابر ۳/۸ سانتی‌متر گزارش شده بود، اما این رابطه برای خاک لوم شنی با درصد سنگریزه بالا با کارآمدی پایین ارزیابی گردید.

طبق نتایج این تحقیق عرض خیس شده در عمق ۳۰ سانتی‌متر برابر ۸۰ سانتی‌متر و فاصله قطره‌چکان‌های ۴ لیتر بر ساعت ۶۵ سانتی‌متر پیشنهاد می‌گردد، درصورتی که در منبع (۱۴) برای بافت خاک نزدیک به شرایط خاک این‌تحقیق بدون در نظر گرفتن سنگریزه عرض خیس شده را ۱۰۵ سانتی‌متر پیشنهاد داده‌اند. این تفاوت می‌تواند تحت تأثیر درصد بالای سنگریزه در خاک این‌تحقیق باشد. نتایج به‌دست آمده از رابطه ۳ در جدول ۵ ارائه شده است. مقایسه نتایج رابطه ۳ در مدل‌ها نشان داد که افزایش دبی از ۲ به ۴ لیتر بر ساعت و ۴ به ۸ لیتر بر ساعت در مدل‌های "آ" ، "ب" و "ج" همواره عرض خیس شده را با درصد تغییرات عرض خیس شده با تغییرات دبی قطره‌چکان (رابطه ۳) شخصی تغییر داده است، درصورتی که در مدل "ز" تغییرات عرض خیس شده متغیر است. روند تغییرات در مدل "ز" همواره افزایشی و متغیر است درحالی که در سایر روابط در شرایط مشابه، روند تغییرات مقدار ثابتی دارند. طبق نتایج جدول ۴ و ۵، تفاوت عرض خیس شده تخمینی از روابط پیشنهادی در شرایط سنگریزه‌ای نشان می‌دهد که سنگریزه موجود در خاک هم در عرض خیس شده و هم در روند تغییرات عرض خیس شده تأثیرگذار است.

نتیجه‌گیری

عرض خیس شده تابعی از مدت زمان آبیاری و دبی قطره‌چکان بود، به‌طوری که با افزایش مدت زمان آبیاری و دبی قطره‌چکان عرض خیس شده به‌صورت خطی افزایش یافت. حداکثر عرض گسترش پیاز رطوبتی در خاک سنگریزه‌ای در عمق ۴۵ سانتی‌متری مشاهده شد. مدلی دو متغیره خطی تابعی از دبی قطره‌چکان و مدت زمان آبیاری برای محاسبه عرض خیس شده در خاک‌های سنگریزه‌ای با بافت لوم شنی توسعه داده شد. ارزیابی مدل‌های تعیین عرض خیس شده نشان داد دو مدل برای خاک سنگریزه‌ای کاربرد دارند، که شامل مدل "الف" که برای خاک‌های شنی توسعه داده شده و مدل "ه" که در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-20]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.25.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.287]

معادله‌های آنها به درصد سنگریزه توجه شده بود، بودند. روند تغییرات عرض خیس شده در شرایطی که سنگریزه در خاک وجود داشته باشد متغیر است اما بدون درنظر گرفتن سنگریزه روند تغییرات ثابت است. با توجه به متغیر بودن شرایط بافت و ساختمان خاک از نقطه‌ای به‌نقطه دیگر ضرورت دارد برای اجرای یک سیستم موفق آبیاری قطره‌ای، قبل از طراحی سیستم، برای خاک مورد نظر عرض خیس شده در شرایط واقعی اندازه‌گیری شود.

منابع مورد استفاده

۱. پلنگی، ج. ع. و ع. م. آخوندعلی. ۱۳۸۷. یک مدل نیمه‌تجربی به‌منظور تخمین ابعاد جبهه رطوبتی در آبیاری قطره‌ای، تحت منبع نقطه‌ای. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۲(۴۴):۹۵-۸۵.

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

۳. شریف‌نیا، ر.، ف. میرزایی و ع.م. لیاقت. ۱۳۸۹. بررسی سطح و حجم خاک خیس شده در آبیاری قطره‌ای در اراضی شیب‌دار. نشریه آبیاری و زهکشی ایران ۲(۴):۱۹۲-۱۸۲.

۴. قیصری، م. و س. ع. م. میرلطیفی. ۱۳۸۱. عملکرد هیدرولیکی دریچه‌های هیدروفلوم (لوله دریچه‌دار) ساخت ایران. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۹(۲):۱۱۵-۱۰۵.

۵. محمدی، ع.، م. ح. بیگلویی، م. ر. خالدیان، ع. ر. مریدنژاد و ه. پورحاج‌شکر. ۱۳۹۱. تعیین آرایش مناسب قطره‌چکان‌ها در اراضی شیب‌دار دشت فتحعلی مغان. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۶(۲): ۴۱۳-۴۰۴.

۶. نصیری، ش.، ع. نشاط و م. کهنوجی. ۱۳۹۰. تعیین معادله‌های تجربی برآورد ابعاد پیاز رطوبتی تحت آبیاری قطره‌ای در خاک‌های متوسط – شنی (مطالعه‌ی موردی دشت قائم آباد، کرمان). مجله‌ی مهندسی منابع آب ۴(۹): ۹۸-۸۷.

۷. نوروزی، م. ۱۳۷۷. الگوی توزیع رطوبت در پروفیل خاک از منبع نقطه‌ای تحت رژیم جریان منقطع. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۸. وجدانی، ن.، ع. بناوند، ک. مکوندی و ح. سخائی‌راد. ۱۳۸۷. تعیین فاصله بهینه بین قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای با استفاده از اندازه‌گیری ابعاد پیاز رطوبتی (مطالعه موردی شبکه آبیاری قطره‌ای دشت هارکله‌لالی در استان خوزستان). دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱ بهمن ۱۳۸۷.

9. Badr, M. A. and A. S. Taalab. 2007. Effect of drip irrigation and discharge rate on water and solute dynamics in sandy soil and tomato yield. Aust. J. Basic Appl. Sci. 1: 545-552.
10. Braun, S. and W. Fluckiger. 1998. Soil amendments for plantings of urban trees. Soil Till Res. 49: 201-209.
11. Cook, F. J., P. Fitch, P. J. Thorburn, P. B. Charlesworth and K. L. Bristow. 2006. Modelling trickle irrigation: Comparision of analytical and numerical models for estimation of wetting front position with time. Environ. Modell. Softw. 21: 1353-1359.
12. Elmaloglou, S. and E. Diamantopoulos. 2007. Wetting front advance patterns and water losses by deep percolation under the root zone as influenced by pulsed drip irrigation. Agricult Water Manag. 90:160-163.
13. ISO- International Organization for Standardization. ISO 9261. 2004. Agricultural Irrigation Equipment – Emitters –Specification and Test Methods. 1-16 .Geneva. Switzerland.
14. Keller, J., R. D. Blensner. 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. PP. 427-528. *In*: Van Nostrand Reinhold, New York.
15. Molavi, A., A. Sadraddini, A.H. Nazemi And A. Fakleri Fard. 2012. Estimating wetting front coordinates under surface trickle irrigation. Turk. J. Agric. For. 36:729-737.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-20]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.25.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.287]

16. Mosaddeghi, M. R. and A. A. Mahboubi. 2011. Point pedotrasfer function for prediction of water retention of selected soil series in a semi-arid region of western Iran. Arch. Agron. Soil Sci. 57(4): 327-342.
17. Singh, D. K., T. B. S. Rajput, D. K. Singh, H. S. Sikarwar, R. N. Sahoo and T. Ahmad. 2006. Simulation of soil wetting pattern with subsurface drip irrigation from line source. Agr Water Manag. 83: 130-134.
18. ASTM D3385-03, 2003. Standard Test Method for infiltration rate of soils in field using double- ring infiltrometer, ASTM International, West Conshohocken, PA.
19. Zhang, R., Z. Cheng, J. Zhang and X. Ji. 2012. Sandy Loam soil wetting pattern of drip irrigation: a comparison of point and line sources. Procedia Eng. 28: 506-511.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-12-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1394.19.71.25.3]

[DOI: 10.18869/acadpub.jstnar.19.71.287]