

نمون سازی جبهه رطوبتی خاک از منبع تغذیه خطی در آبیاری قطره‌ای - نواری^۱

فرهاد میرزایی، عبدالمجید لیاقت، تیمور سهرابی و محمدحسین امید^۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۲/۱۰/۲۴ تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۸/۱۳

چکیده

تعیین قطر و عمق خاک مرطوب شده (پیاز رطوبتی) در زمان‌های مختلف پس از شروع آبیاری در طراحی آبیاری قطره‌ای اهمیت ویژه‌ای دارد. شکل و ابعاد پیاز رطوبتی به عواملی چند از قبیل بافت خاک، ضریب هدایت هیدرولیکی، و دبی قطره‌چکان وابسته است. در این تحقیق به منظور تعیین ابعاد پیاز رطوبتی و گسترش آن در زمان‌های مختلف یک مدل فیزیکی از جنس پلاکسی گلاس شفاف با چهارچوب فلزی و به ابعاد $180 \times 120 \times 90$ سانتی‌متر به شکل مکعب مستطیل که یک چهارم آن حذف شده است ساخته شد. سپس قطر و عمق پیاز رطوبتی در زمان‌های مختلف پس از شروع آبیاری با ترسیم جبهه رطوبتی روی دیواره‌های شفاف مدل، اندازه‌گیری شد. به منظور نمون‌سازی جبهه رطوبتی نیز، روابطی با دخالت عوامل فیزیکی مؤثر در حجم خاک مرطوب شده در زیر منبع تغذیه و با استفاده از قضیه π باکینگهام و آنالیز ابعادی به دست آمد. در نهایت، این روابط با داده‌های اندازه‌گیری شده واسنجی شدند و یک سری روابط علمی- تجربی به دست آمد که همخوانی بسیار خوبی با نتایج آزمایش‌ها نشان داد. از این روابط می‌توانند در طراحی آبیاری قطره‌ای-نواری به خوبی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی

آبیاری قطره‌ای، آنالیز ابعادی، جبهه رطوبتی، منبع تغذیه خطی

۱- برگرفته از پایان نامه دکتری، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران. کرج، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، تلفن: ۰۲۶۱-۲۲۴۱۱۱۹

مقدمه

مضربی از آن برسد. فاصله خروجی‌ها، شدت جریان، و زمان آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای باید طوری تنظیم شود که حجم خاک مرطوب شده تا حد ممکن به حجم ریشه گیاه نزدیک شود.

تاکنون مطالعات انجام شده در این خصوص با یک سری محدودیت‌ها همراه بوده است. مثلاً، برای برآورد مساحت خیس شده در زیر یک قطره‌چکان، کلر و همکاران جدولی ارائه داده‌اند که مساحت خیس شده با قطره‌چکان با دبی ۴ لیتر در ساعت را برای سه نوع خاک درشت، متوسط، و ریزدانه تخمین می‌زند [۹].

مساحت برآورد شده در جدول به صورت ابعاد مستطیل نشان داده شده است که طول این مستطیل یعنی S_w حداکثر قطر خیس شده خاک است و عرض مستطیل یعنی S'_w برابر ۸۰ درصد حداکثر قطر خاک خیس شده یا فاصله بین قطره‌چکان‌هاست که موجب ایجاد یک نوار مرطوب نسبتاً یکنواخت و پیوسته می‌شود. نتایج آنها محدودیت‌های زیر را دارد:

۱- وقتی دبی قطره‌چکان کمتر یا بیشتر از مقدار منظور شده باشد سطح خیس شده غیر از مقادیر ذکر شده در جدول خواهد بود.

۲- اگر مقدار نفوذپذیری خاک کمتر از مقدار پاشش قطره‌چکان در جدول باشد و رواناب ایجاد کند باز خطای زیادی را سبب می‌شود.

۳- با توجه به مثلث بافت خاک، ۱۱ کلاس بافت خاک وجود دارد که جدول ارائه شده توسط کلر فقط ۳ گروه کلی را در نظر می‌گیرد.

در سال‌های اخیر کاربرد آبیاری قطره‌ای روی گونه‌های وسیعی از محصولات و در گستره وسیعی از بافت‌ها، ساختمان‌ها، و خصوصیات متنوع خاک به نحو چشمگیری افزایش داشته است. روش آبیاری قطره‌ای- نواری^۱ روش بهبود و ارتقا یافته آبیاری قطره‌ای است که امکان به‌کارگیری آن علاوه بر درختان برای گیاهان دیگر به خصوص محصولات ردیفی به‌خوبی وجود دارد. در این روش آبیاری، ردیف‌ها با استفاده از نوارها آبیاری می‌شوند و با حذف تلفات نفوذ 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. برای طراحی صحیح سیستم، شناخت کافی از توزیع آب در خاک امری ضروری به نظر می‌رسد. وقتی گیاهان روی یک ردیف توسط یک نوار با خروجی‌های متعدد در آبیاری قطره‌ای- نواری آبیاری می‌شوند، فاصله مناسب خروجی‌ها، حجم مرطوب ممتدی را در طول ردیف‌ها سبب می‌شود. بنابراین فاصله بین خروجی‌ها باید بر اساس درجه همپوشانی قطر خاک مرطوب شده توسط خروجی‌های مجاور تعیین شود. فاصله نوارها از یکدیگر روی ردیف‌ها نیز متأثر از قطر خاک مرطوب شده بین دو نوار مجاور است. مدت زمان آبیاری نیز بستگی دارد به اینکه چه زمانی پس از شروع آبیاری جهت رطوبتی به عمق ریشه گیاه یا

اگر n متغیر بعد دار در یک معادله همگن ابعادی وجود داشته باشد که به وسیله m متغیر اصلی توصیف می شوند می توان آنها را به $n-m$ گروه بدون بعد تقسیم کرد.
با استفاده از این قضیه می توان نوشت:

$$f(d, z, v, q, k_s, t) = 0 \quad (1)$$

در اینجا ۶ متغیر بعددار (d, z, v, q, k_s, t) و دو بعد اصلی (L, T) وجود دارد:

$$n=6$$

$$m=2$$

بنابراین، تعداد $4 = n - m$ عدد بدون بعد به شرح زیر خواهیم داشت:

$$\pi_1 = q \cdot k_s^{-1} \cdot d \quad (2)$$

$$\pi_2 = q \cdot k_s^{-1} \cdot z$$

$$\pi_3 = q \cdot k_s^{-1} \cdot v$$

$$\pi_4 = q \cdot k_s^{-1} \cdot t$$

که در آن:

q : دبی نوار آبیاری در واحد طول نوار،

v : حجم آب ورودی به خاک در واحد طول نوار،

d : ماکزیمم قطر خاک خیس شده در واحد طول نوار،

z : ماکزیمم عمق خاک خیس شده در واحد طول نوار، و

۴- قطر خاک خیس شده در یک خاک مشخص و با یک دبی معین نسبت به زمان ثابت نیست بلکه تغییر می کند. با استفاده از جدول، امکان برآورد مساحت خیس شده در زمان های مختلف آبیاری وجود ندارد.

۵- جدول کلر فقط برای منبع تغذیه نقطه ای ارائه شده است و برای منبع تغذیه خطی جوابگو نیست.

بنابراین در این تحقیق سعی شده است تا ضمن مطالعه جریان آب در خاک برحسب منبع تغذیه خطی به صورت دو بعدی (x و z)، معادلاتی ارائه شود تا علاوه بر رفع محدودیت های فوق، امکان برآورد قطر و عمق خاک مرطوب شده در زمان های مختلف آبیاری فراهم شود.

۱- تئوری

بر اساس قوانین حاکم بر حرکت آب در خاک استنباط این است که شکل هندسی حجم خاک مرطوب شده در اطراف یک منبع تغذیه خطی در پایان هر آبیاری به هدایت هیدرولیکی خاک (k_s)، دبی منبع تغذیه (q)، حجم آب ورودی به خاک (v)، و زمان آبیاری (t) بستگی دارد. قطر (d) و عمق (z) خاک مرطوب شده پارامترهای خوبی برای توصیف حجم قسمت مرطوب شده هستند. برای شناخت بهتر پارامترهایی که خوب نمی شناسیم یا رابطه بین آنها را نمی دانیم آنالیز ابعادی وسیله خیلی خوبی است. یکی از قضایای مهم آنالیز ابعادی در مکانیک سیالات قضیه π باکینگهام^۱ [۵] است. این قضیه بیان می کند که

1- Buckingham π theorem

$$\pi_2 = z \left(\frac{k_s}{q} \right)$$

$$\pi_3 = v \left(\frac{k_s}{q} \right)^2$$

$$\pi_4 = t \frac{(k_s)^2}{q}$$

که باید تعیین شوند. $a_4, b_3, a_3, b_2, a_2, b_1, a_1$ ضرایبی ثابت هستند از آنجا که $\pi_4, \pi_3, \pi_2, \pi_1$ بدون بعد هستند می توان آنها را با $L^0 T^0$ جایگزین کرد. با جایگزینی ابعاد مربوط به q, K_s و d در π_1 خواهیم داشت:

$$L^0 T^0 = (L^2 T^{-1})^{a_1} (L T^{-1})^{b_1} L^1$$

اعداد $\pi_4, \pi_3, \pi_2, \pi_1$ بدون بعد و تابعی از v, d, z, t هستند که به طور قراردادی آنها را با اندیس ستاره (*) از خود آن متغیرها نشان می دهیم بنابراین داریم:

$$d^* = d \left(\frac{k_s}{q} \right)$$

$$z^* = z \left(\frac{k_s}{q} \right) \quad (۳)$$

$$v^* = v \left(\frac{k_s}{q} \right)^2$$

$$t^* = t \frac{(k_s)^2}{q}$$

برای برقراری معادله فوق باید توان های سمت راست و چپ ابعاد (L و T) با هم برابر باشند، برای بعد L توان سمت چپ تساوی صفر است و توان سمت راست تساوی $2a_1 + b_1 + 1$ است. لذا می توان نوشت:

$$L: \quad 0 = 2a_1 + b_1 + 1$$

به طور مشابه، برای بعد T می توان نوشت:

$$T: \quad 0 = -a_1 - b_1$$

با برقراری روابطی بین پارامترهای بدون بعد و ترسیم مقادیر d^* و z^* در مقابل v^* ملاحظه شد که می توان بین آنها روابط توانی به شرح زیر برقرار کرد [۶].

با حل معادلات فوق، $a_1 = -1$ و $b_1 = -1$ به دست می آید. لذا π_1 عبارت است از:

$$\pi_1 = d \left(\frac{k_s}{q} \right)$$

$$d^* = A_1 v^{*n_1} \quad (۴)$$

$$z^* = A_2 v^{*n_2}$$

به طور مشابه، پس از تعیین توان های مربوط، π_2, π_3 و π_4 در معادلات (۲) عبارت خواهند بود از:

$$z \left(\frac{k_s}{q} \right) = A_2 \left[v \left(\frac{k_s}{q} \right)^2 \right]^{n_2}$$

(۷) آن می توان این گونه عمل کرد: اگر به جای

$$z = A_2 \cdot v^{n_2} \left(\frac{k_s}{q} \right)^{2n_2-1}$$

d^* و v^* در معادله (۴) مقادیر مساوی آنها از معادله (۳) جایگزین شوند، داریم:

و با قراردادن $v = q.t$ خواهیم داشت:

$$z = A_2 (q.t)^{n_2} \cdot \left(\frac{k_s}{q} \right)^{2n_2-1}$$

$$z = A_2 \cdot q^{n_2} \cdot t^{n_2} \cdot k_s^{2n_2-1} \cdot q^{-2n_2+1}$$

$$z = A_2 q^{1-n_2} \cdot k_s^{2n_2-1} \cdot t^{n_2} \quad (۸)$$

$$d \left(\frac{k_s}{q} \right) = A_1 \left[v \left(\frac{k_s}{q} \right)^2 \right]^{n_1}$$

(۵)

$$d = A_1 \cdot v^{n_1} \left(\frac{k_s}{q} \right)^{2n_1-1}$$

حال اگر به جای \bar{v} در معادله (۵) مقدار مساوی

آن ($v = q.t$) را جایگزین کنیم، داریم:

$$d = A_1 (q.t)^{n_1} \left(\frac{k_s}{q} \right)^{2n_1-1}$$

$$d = A_1 q^{n_1} \cdot t^{n_1} \cdot k_s^{2n_1-1} \cdot q^{-2n_1+1}$$

$$d = A_1 \cdot q^{1-n_1} \cdot k_s^{2n_1-1} \cdot t^{n_1} \quad (۶)$$

در معادله (۶)، قطر ماکزیمم خاک مرطوب شده

تابعی از دبی خروجی (q)، ضریب هدایت

هیدرولیکی اشباع خاک (K_s)، و مدت زمان آبیاری (t)

است. A_1 و n_1 نیز ضرایب ثابت معادله هستند که با

استفاده از نتایج آزمایشگاهی به دست می آیند.

همچنین اگر به جای z^* و v^* در معادله (۴) مقادیر

مساوی آنها از معادله (۳) قرار گیرد، داریم:

مواد و روش ها

- مدل فیزیکی

در این تحقیق، یک مدل فیزیکی به ابعاد

۹۰×۱۲۰×۱۸۰ سانتی متر مطابق شکل شماره ۱ از

جنس ورق های شفاف پلاکسی گلاس ساخته شده

است. این مدل روی شاسی از جنس نبشی های فلزی

با مقاومت زیاد که تحمل وزن زیاد را بنماید مستقر

شده است. با نصب چرخ های فلزی مناسب در زیر

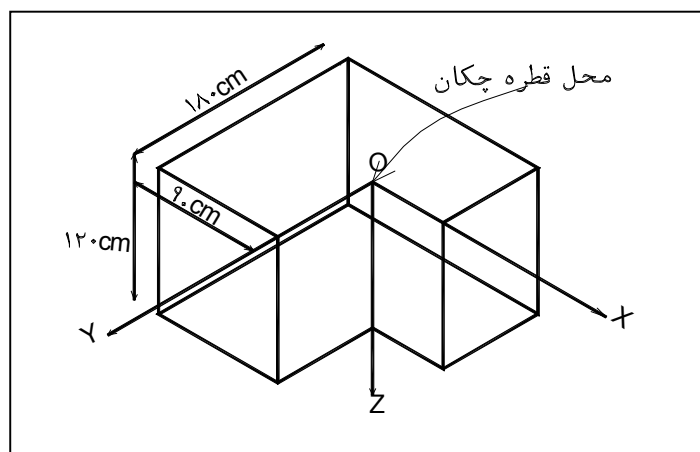
شاسی، امکان جابه جایی مجموعه را در زمانی که

خالی از خاک باشد میسر کرده است. در بخش تحتانی

محفظه درهای کشویی برای خارج کردن سریع خاک

تعبیه شده است. شکل شماره ۱ شمای کلی مدل

فیزیکی را نشان می دهد.



شکل شماره ۱- شمای کلی مدل فیزیکی

دانشگاه تهران نمونه خاک تهیه شده است. خاک مورد استفاده پس از عبور از سرنند بنایی جهت جدا کردن سنگ، چوب، بقایای محصولات، کاغذ، آشغال و... در کف سالن آزمایشگاه پخش و در هوا خشک شد. خاک خشک، دستی و کم کم به داخل محفظه ریخته و به صورت یکنواخت در آن پخش شد و نهایت دقت در ایجاد یکنواختی و تراکم صورت گرفت. در ضمن هدایت هیدرولیکی اشباع خاک مورد آزمایش ۰/۴ متر بر ساعت اندازه گیری شده است.

- اجرای آزمایش‌ها

پس از ریختن خاک در محفظه و پر شدن آن، نوار آبیاری روی سطح خاک مستقر شد. سپس پمپ به کار افتاد و فشارسنج روی عدد مورد نظر (۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱ بار) تنظیم شد به طوری که در هر فشار، جریان ثابت و معینی به داخل خاک نفوذ می کرد. پیشروی

با ساخت این مدل امکان مشاهده مستقیم و اندازه گیری دقیق موقعیت جبهه رطوبتی در سه بعد Z ، X و Y وقتی خروجی در نقطه O قرار می گرفت میسر شد.

با استفاده از یک میز هیدرولیکی، دو پمپ نصب شده روی آن، و دو فشارسنج امکان انتقال و اندازه گیری دقیق جریان در طول زمان آبیاری فراهم آمد.

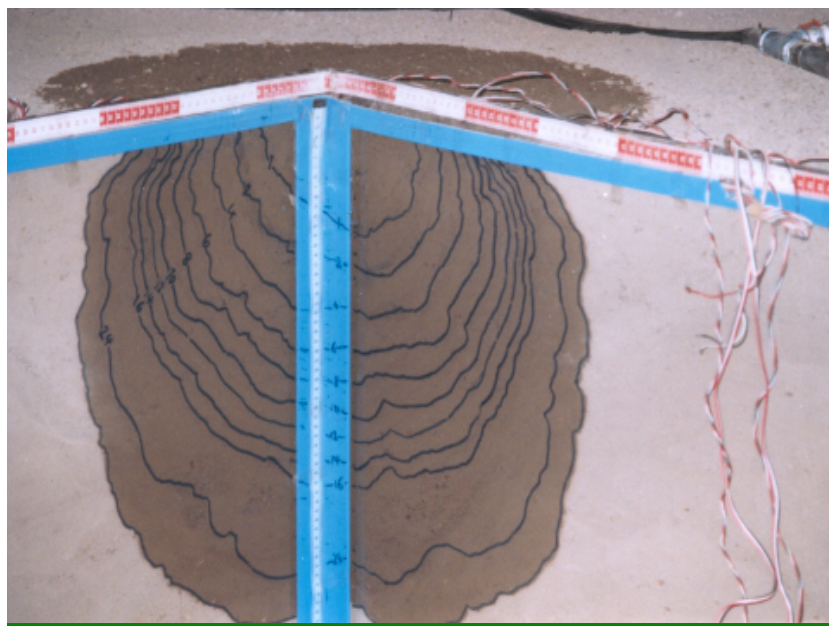
در این تحقیق از یک حلقه نوار (Tape) با فواصل ۳۰ سانتی متر بین خروجی استفاده شد که در ایران بیشتر مصرف می شود. مشخصات نوارها در منبع شماره ۷ آمده است. فشار کارکرد در این تحقیق ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، و ۱ اتمسفر انتخاب شد.

- آماده کردن خاک

حجم محفظه مدل حدود ۲/۹۲ متر مکعب است و از مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج-

اندازه گیری رطوبت و دمای خاک^۳ اندازه گیری شد. در نهایت ۲۴ ساعت بعد از قطع هر آبیاری با چسباندن کاغذ کالک روی صفحه پلاکسی گلاس، خطوط جبهه های پیشروی رطوبت مستقیماً به صفحه کاغذ کالک منتقل شد. حداکثر قطر مقطع مرطوب شده (d) و حداکثر عمق مرطوب شده خاک (z) و حجم آب نفوذ یافته به خاک در واحد طول نوار آبیاری در زمان های مختلف آبیاری به همراه محاسبات مربوط در جدول شماره ۱ و ۲ ارائه شده است.

جبهه رطوبتی که با تغییر رنگ خاک همراه بود، از پشت دیواره پلاکسی گلاس شفاف قابل رویت بود که شکل شماره ۲ شمایی از پیشروی جبهه رطوبتی را در حین آزمایش نشان می دهد. بدیهی است پس از قطع آبیاری، نفوذ و توزیع مجدد آب^۱ در خاک ادامه می یافت، لذا پس از ۲۴ ساعت مجدداً جبهه رطوبتی با مازیک علامتگذاری شد. در ضمن، رطوبت مکان های مختلف خاک داخل مدل در بعضی از تکرارها به کمک سنسور رطوبتی سلول رطوبتی خاک^۲ و دستگاه



شکل شماره ۲- شمایی از خطوط پیشروی جبهه رطوبتی در زمان های مختلف از یک خروجی در حین آزمایش

- 1- Redistribution
- 2- Soil moisture cell
- 3- Soil moisture and temperature meter



شکل شماره ۳- شمایی از خطوط پیشروی جبهه رطوبتی در زمان‌های مختلف از سه خروجی مجاور هم در حین آزمایش

جدول شماره ۱- حداکثر قطر مقطع مرطوب‌شده (d) و حجم آب نفوذ یافته به خاک در زمان‌های مختلف آبیاری و مقادیر بدون بعد v^*, d^* ($q = ۳/۴۴$ لیتر بر ساعت در واحد طول نوار)

v^*	$v \times 10^{-3}$ (ساعت در متر/متر مکعب)	d^*	d (متر)	t (ساعت)	ردیف
$۱۰^{-۳} \times ۴/۶۵$	۳/۴۴	۰/۱۸۴	۰/۱۵۸	۱	۱
$۱۰^{-۳} \times ۹/۳$	۶/۸۸	۰/۲۴۲	۰/۲۰۸	۲	۲
۰/۱۳۹۵	۱۰/۳۲	۰/۲۷۹	۰/۲۴۰	۳	۳
۰/۱۸۶	۱۳/۷۶	۰/۳۴۹	۰/۳۰۰	۴	۴
۰/۲۳۳	۱۷/۲	۰/۳۹۵	۰/۳۴۰	۵	۵
۰/۳۲۵۶	۲۴/۰۸	۰/۴۵۰	۰/۳۹۰	۷	۶
۰/۴۱۸۶	۳۰/۹۶	۰/۵۰۲	۰/۴۳۲	۹	۷
۰/۵۱۱۶	۳۷/۸۴	۰/۵۵۸	۰/۴۸۰	۱۱	۸
۰/۶۰۴۷	۴۴/۷۲	۰/۵۸۰	۰/۵۰۰	۱۳	۹
۰/۶۹۷۶	۵۴/۶	۰/۵۹۸	۰/۵۱۴	۱۵	۱۰

جدول شماره ۲- عمق مرطوب شده خاک در زمان های مختلف آبیاری و مقادیر بدون بعد v^* , z^*

v^*	$v \times 10^{-3}$ (ساعت در متر/متر مکعب)	d^*	d (متر)	t (ساعت)	ردیف
۴/۶۵	۳/۴۴	۰/۱۰۷	۰/۰۹۲	۱	۱
۹/۳۰	۶/۸۸	۰/۱۴۲	۰/۱۲۲	۲	۲
۱۳/۹۵	۱۰/۳۲	۰/۱۷۰	۰/۱۴۶	۳	۳
۱۸/۶۰	۱۳/۷۶	۰/۲۲۱	۰/۱۹	۴	۴
۲۳/۲۶	۱۷/۲	۰/۲۵۶	۰/۲۲	۵	۵
۳۲/۵۶	۲۴/۰۸	۰/۳۱۴	۰/۲۷	۷	۶
۴۱/۸۶	۳۰/۹۶	۰/۳۵۳	۰/۳۰۴	۹	۷
۵۱/۱۶	۳۷/۸۴	۰/۳۸۹	۰/۳۳۵	۱۱	۸
۶۰/۴۷	۴۴/۷۲	۰/۴۵۳	۰/۳۹	۱۳	۹
۶۹/۷۶	۵۱/۶	۰/۵۰۰	۰/۴۳	۱۵	۱۰

نتایج و بحث

داریم:

$$d = 2.123 q^{0.54} \cdot k_s^{-0.08} \cdot t^{0.46} \quad (۹)$$

$$z = 2.281 q^{0.42} \cdot k_s^{0.17} \cdot t^{0.58} \quad (۱۰)$$

با استفاده از معادلات شماره ۹ و ۱۰، امکان برآورد d و z براساس دبی خروجی در واحد طول نوار برحسب متر مکعب در ثانیه، هدایت هیدرولیکی خاک برحسب متر بر ثانیه، و زمان آبیاری برحسب ثانیه با دقت خیلی خوبی وجود دارد. جهت تعیین میزان دقت معادلات، مقادیر اندازه گیری شده در مقابل مقادیر برآورد شده در شکل های شماره ۶ و ۷ ترسیم

حداکثر قطر و عمق خاک مرطوب شده حاصل از منبع تغذیه خطی در زمان های مختلف پس از شروع آبیاری و همچنین مقادیر d^* ، z^* و v^* محاسبه شده در جدول شماره ۲ و ۳ درج شده است.

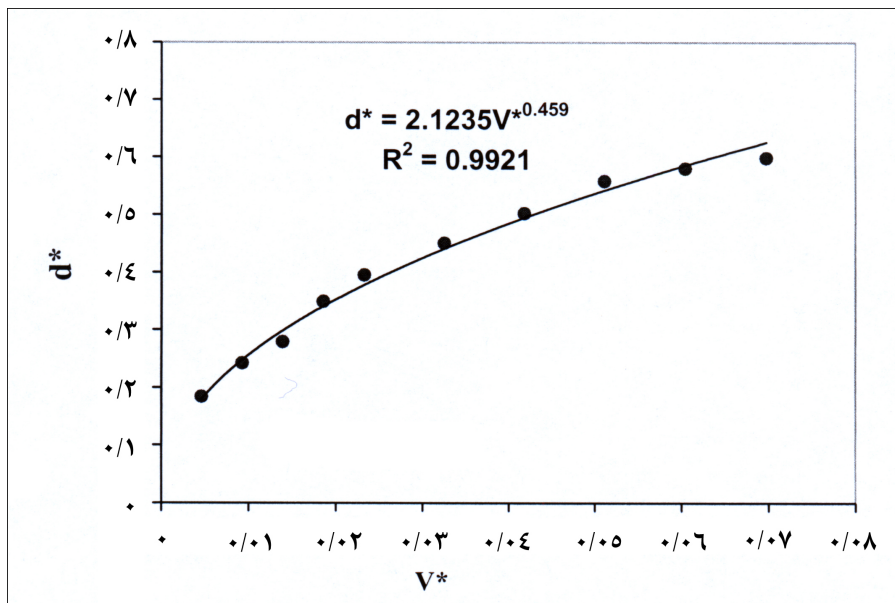
برای تعیین A_1 ، n_1 ، A_2 و n_2 در معادله شماره ۴ مقادیر d^* و z^* در مقابل v^* رسم شد که نمودار آنها در شکل شماره ۴ و ۵ نشان داده شده است. سپس با استفاده از رگرسیون و برازش بهترین منحنی، مقادیر پارامترهای ذکر شده به شرح زیر تعیین شد:

$$A_1 = 2.123 \quad , \quad n_1 = 0.46 \quad , \quad r = 0.996$$

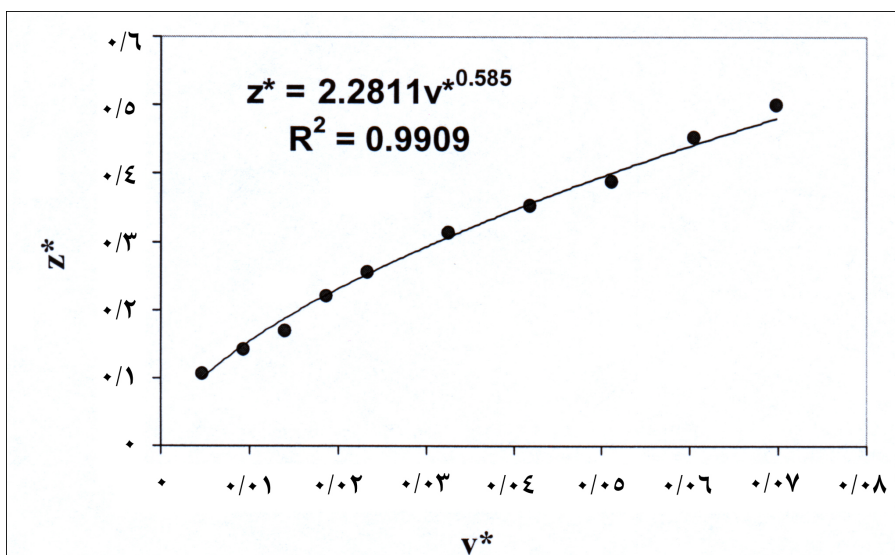
$$A_2 = 2.281 \quad , \quad n_2 = 0.58 \quad , \quad r = 0.995$$

با اعمال مقادیر فوق در معادله های شماره ۶ و ۸

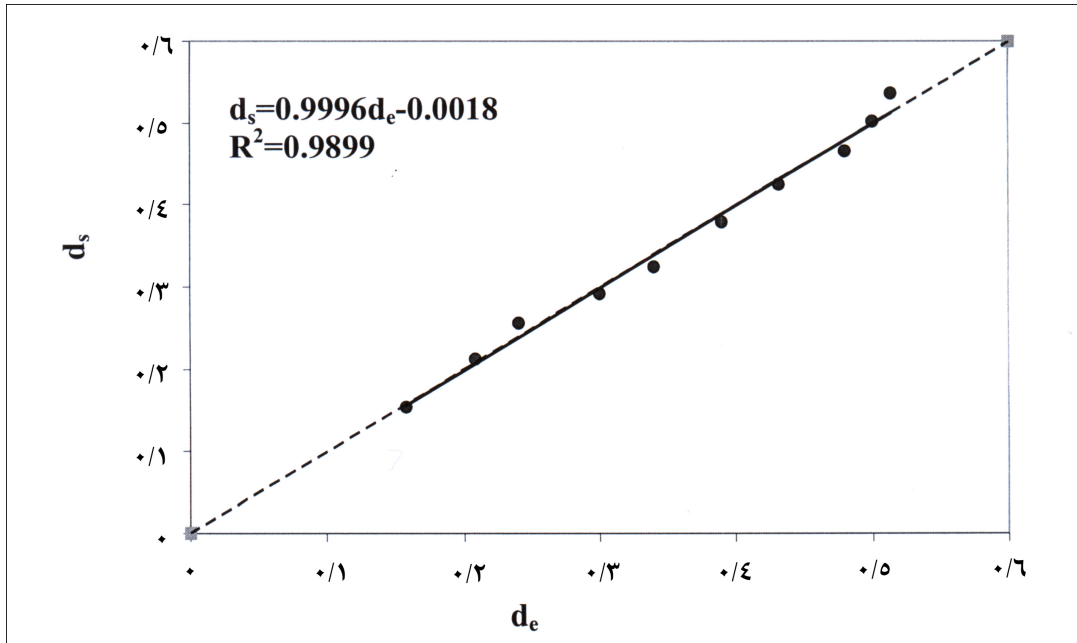
شده‌اند و همان طوری که مشاهده می‌شود، ضریب همبستگی قطر مرطوب اندازه‌گیری شده (d_e) با قطر مرطوب برآوردشده (d_s)، است و نیز ضریب همبستگی عمق مرطوب شده خاک اندازه‌گیری شده (Z_e) با عمق مرطوب شده برآورد شده (d_s) نیز ۰/۹۹۲ است و لذا معادلات فوق با دقت خیلی خوبی قطر و عمق خاک مرطوب شده را برآورد می‌کنند.



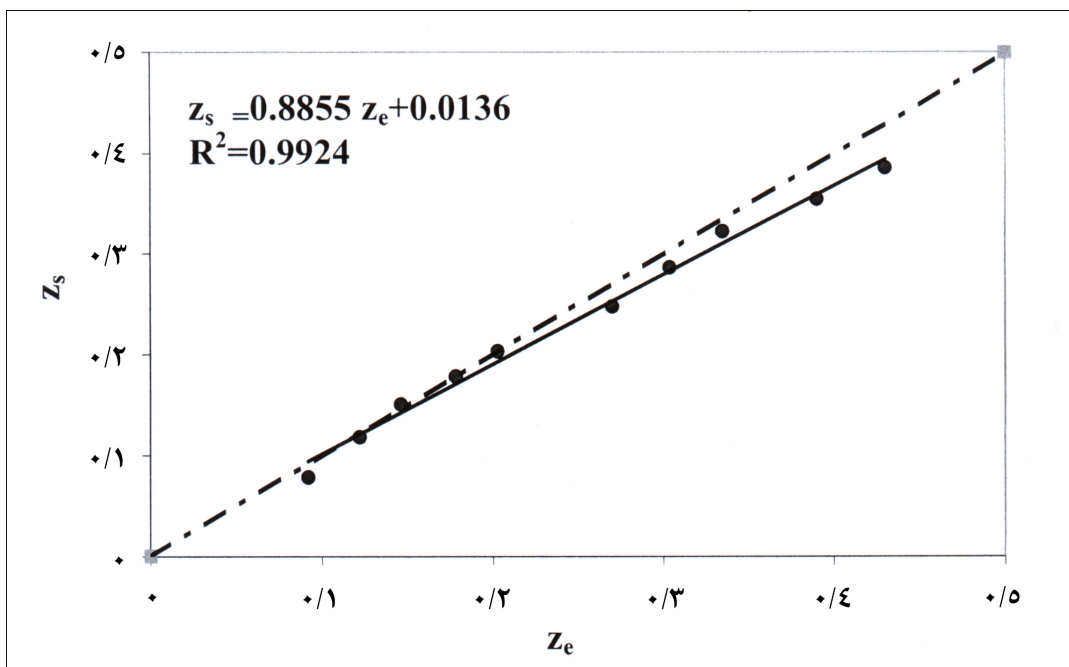
شکل شماره ۴- رابطه بین اعداد بدون بعد V^* و d^*



شکل شماره ۵- رابطه بین اعداد بدون بعد V^* و z^*



شکل شماره ۶- رابطه بین قطر اندازه گیری شده (d_e) و محاسبه شده (d_s)



شکل شماره ۷- رابطه بین عمق اندازه گیری شده (z_e) و محاسبه شده (z_s)

معادلات ارائه شده در این تحقیق (معادلات شماره ۹ و ۱۰) نشان می‌دهند که ابعاد پیاز رطوبتی به عواملی از قبیل دبی نوار آبیاری، ضریب هدایت هیدرولیکی، و زمان آبیاری وابسته است. در این تحقیق، معادلات علمی- تجربی به دست آمده همخوانی بسیار مناسبی با نتایج آزمایش‌ها نشان دادند. به طوری که ضریب همبستگی مقادیر اندازه‌گیری شده با برآورد شده برای قطر و عمق خاک خیس شده به ترتیب ۰/۹۹۹ و ۰/۹۹۲ به دست آمد. لذا می‌توان با اطمینان از آنها استفاده کرد. همچنین محدودیت‌های مطالعات قبلی (از جمله مطالعات کلر و همکاران) در این روش وجود ندارد. همین‌طور معادلات ارائه شده تابعی از زمان هستند و در هر زمان، امکان برآورد قطر و عمق مرطوب شده وجود دارد. در نتیجه می‌توان با توجه به خاک مورد نظر و متناسب با هر گیاه، مدت زمان آبیاری را تعیین کرد. و نیز می‌توان با توجه به لزوم خیس شدن حجم معینی از خاک برای هر گیاه، مدت زمان آبیاری را تعیین کرد. در نهایت می‌توان اذعان کرد که با داشتن چنین روابطی این امکان وجود دارد که سیستم آبیاری قطره‌ای- نواری را به درستی طراحی و برنامه‌ریزی کرد.

مراجع

- 1- Bresler, E. 1978. Analysis of trickle irrigation with application to design problems. *Irrigation Science*. 1, 3-17.
- 2- Burt, Ch. M. and. Barreras, J. T. 1999. Evaluation of retrievable drip irrigation systems. *ITRC Paper No: P 01-001*. 1-5
- 3- Gupta, R. K., Rudra, R. and Dickinson, W. T. 1995. Modelling of saturated regime as affected by emitter application. *Proceedings of The fifth International Micro Irrigation Congress*. 629-632
- 4- Revol, P.H., Clotheir, B. E., Lesaffre, B., Vachaud G. 1995. An approximate time-dependent solution for point-source infiltration. *Proceeding of the fifth international microirrigation congress*. 603-608.
- 5- Robert, L. Daugherty, Y. 1977. Fluid mechanics, with engineering applications. *McGraw-Hill Book Company*, 184-188
- 6- Schwartzman, M. and Zur, B. 1986. Emitter spacing and geometry of wetted soil volume. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 112(3), ...
- 7- South Abfeshan Engineering and Industrial Company. (Ltd.) 2002. Drip tape irrigation catalogue.

- 8- Zazueta, F. S., Clark, G. A., Smajstrla, A. G. and Carrillo, M. 1995. A simple equation to estimate soil-water movement from a drip irrigation source. Proceedings of the fifth International micro irrigation congress.851-856
- 9- Ziatabar Ahmady, M. Kh. Trickle irrigation. Translations of Chapter 7 from section 15 in Engineering direction of U. S. Soil Conservation service. Mazanderan University Publications, pp. 399.
- 10- Zur, B. 1996. Wetted soil volume as a design objective in trickle irrigation. Irrigation Sci 16, 101-105.

Soil Wetting Front Modeling of Line Source in Drip-Tape Irrigation

F. Mirzaei, A. M. Liaghat, T. M. Sohrabi and M. H. Omid

Determination of wetted soil diameter and depth at different times after irrigation commencement is very important for irrigation design. The shape and dimension of wetting front is depended on soil texture, soil hydraulic conductivity, drip discharge and so on. The purpose of this study was to develop some empirical equation for determination of wetting front dimensions at different time after irrigation commencement. This study was undertaken in a plexiglass box with metal frame, dimension of $1.8 \times 1.2 \times 0.9m$ from which one quarter was omitted. Wetting front dimension were measured after irrigation commencement at different times, using depicted lines on side walls of the model. In addition some functions were derived using Buckingham Π theorem, dimension analysis and effective physical parameters on wetted soil volume. The derived functions were calibrated base on some measured data which showed a good agreement with the lab results. This indicates that the derived empirical functions could be used properly for designing tape irrigation system.

Key words: Dimension Analysis, Drip Tape Irrigation, Line Source, Wetting Front.