

تأثير الإضافة المنقطعة على نمط الابتلال للري بالتنقيط تحت السطحي

يونس محمد حسن
Younishassan2010@gmail.com

احمد عبدالرزاق خضر
ahmed.abdulrazzaq85@gmail.com

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم هندسة السدود والموارد المائية

تاريخ القبول: 12/11/2021

تاريخ الاستلام: 15/7/2021

المخلص

تضمنت الدراسة الحالية 12 تجربة مختبرية على نموذج للتربة مرصوص داخل حاوية ذات هيكل معدني بوجهين شفافين، لبتسنى مراقبة حركة جبهة الابتلال داخل التربة مع الزمن ابعادها 50 سم، 50 سم، 70 سم. المنقط مثبت في احدى أركانها المحصورة بين الوجهين الشفافين لمراقبة ربع بصلة الابتلال المتكونة وأبعاد ثلاثية. تمت التجارب على نوعين من التربة مزيجية وطينية النسجة حيث يعمل المنقط بشحنتين 130 سم و105 سم فوق مستوى المنقط ويتم تجهيز بأسلوبين المستمر (نسبة الدورة 1) والمنقطع بنسبة دورة 2/1 وزمن تجهيز ساعتين لكل دورة ونسبة دورة 1/3 بزمن تجهيز ساعة لكل دورة. البيانات التي تم رصدها خلال مدة التجربة هي معدل تصريف المنقط مع الزمن وحدود بصلة الابتلال مع الزمن أيضاً. تم استخدام برنامج Auto-CAD لغرض رسم اشكال تقدم جبهة الابتلال مع الزمن من الصور التي تم الحصول عليها وتم استعمال تلك الاشكال لغرض إيجاد مسافة التقدم بالاتجاهات الافقي والعمودي نحو الاعلى والعمودي نحو الأسفل لكافة التجارب البالغة اثنا عشر تجربة. تم استعمال برنامج Microsoft-Excel لتخمين مسافة التقدم بالاتجاهات الثلاثة بدلالة العوامل المؤثرة فيها وبمعامل تحديد (0,902) للتقدم الافقي و (0,92) للتقدم العمودي نحو الاعلى و (0,88) للتقدم العمودي نحو الأسفل. أظهرت النتائج ان تصريف المنقط يتغير مع الزمن بدلالة أسية، وان معدل التصريف يزداد في بداية كل دورة ثم يعود الى مستواه الحقيقي بعد فترة من الزمن. كما أوضحت الدراسة ان حجم التربة المبتلة نتيجة تجهيز حجم معين من الماء يقل كلما قلت نسبة الدورة.

الكلمات الدالة:

نسبة الدورة؛ إضافة منقطعة؛ معادلات تخمينية

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).
<https://rengj.mosuljournals.com>

1. المقدمة
عند مسافة افقية محدد عن المنقط وذلك مع نقصان نسبة الدورة للاضافة المنقطعة. وقام [6] بدراسة عن الإضافة المنقطعة للري بالتنقيط تحت السطحي ان الزيادة الحاصلة في تقدم نمط الابتلال هو لنسبة الدورة 1/3 هي الأكثر تليها نسبة الدورة 1/2، وجد الباحثان [7] ان مقارنة الري بالتنقيط تحت السطحي مع أساليب الإضافة المستمرة يؤدي الى ترطيب حجم أصغر من بصلة الابتلال من الأساليب البقية لذا اوصوا بالري بأسلوب الإضافة المنقطعة في مثل هذه الحالة حيث أثبت ان الارواء بالإضافة المنقطعة لمدة 7 أيام وخلال موسم الامطار لمحصول الذرة تم الحصول على اعلى كفاءات الري بسبب التخزين الأفضل في المنطقة الجذرية والانخفاض في التخلل العميق للمياه أسفل المنطقة الجذرية في التربة. وأجرى الباحث [8] تجارب حقلية على تربة طينية للوصول الى تقييم تأثير الري بأسلوب الإضافة المنقطعة لدراسة مدى تأثير ذلك على إعادة توزيع الرطوبة خلال الغلق، واستنتج ان تشغيل الإضافة المنقطعة اعطى قيمة عالية لكل من كفاءة الارواء Ea وكفاءة الاستعمال Eu وكفاءة التوزيع Ed وزيادة في المحصول بنسبة 11.8% مع توفير مياه بحوالي 20.01%. واستخدم الباحث [9] في الري بالتنقيط تحت السطحي ثلاثة أنواع للتربة هي (رملية، غرينية، مزيجية طينية غرينية) واستخدام اسلوبين للإضافة هما التشغيل المستمر وأسلوب الإضافة المنقطعة ولعدة معدلات للتصريف وبمحاكاة لبرنامج Hydrus. اذ نتجت عن الدراسة عند استخدام التربة الرملية فان تقدم الابتلال بالاتجاه العمودي نحو الأسفل يكون سريعاً بينما لا تصل جبهة الابتلال نحو الاعلى سطح التربة وان التربة المزيجية طينية غرينية أظهرت ابعادا متقاربة في ابعاد نمط الابتلال كما أوضحت هذه الدراسة تقدم نمط الابتلال بشكل أكبر في معدلات التصريف القليلة ولنفس كمية الإضافة مع تناقص المحتوى الرطوبي لبصلة الابتلال. كما أظهرت تقدماً قليلاً لمساحة الابتلال في أسلوب الإضافة

ان الري بالتنقيط تحت السطحي كما ذكر في [1] جزءاً من تطوير الري بالتنقيط السطحي، وتساعد الاهتمام به منذ أوائل ثمانينات القرن الماضي، فقد استجابت إنتاجية أكثر من 30 محصول للري بالتنقيط تحت السطحي مقارنة بطرق الري الأخرى فكانت أكثر أو تساوي لطرق الري الأخرى بما فيها الري بالتنقيط السطحي. تتطلب هذه الطريقة مياه أقل في معظم الحالات علاوة على ملائمتها للأمر الفنية الأخرى في الري التي من شأنها تحسين التربة، حيث يوفر التنقيط تحت السطحي نظام توصيل أكثر كفاءة إذا تم ادارة اضافة المياه بشكل صحيح. ووجد الباحثون [2] ان الخصائص الهيدروليكية للتربة تؤثر في نظام الري بالتنقيط تحت السطحي وخاصة التي تعمل تحت شحنة منخفضة أقل من 2 م، وأشار الباحثان [3] ان الهدف من الري بالتنقيط تحت السطحي هو الانتشار الافقي لبصلة الابتلال أي الحركة الافقية لمياه التربة وان الحركة الافقية للمياه هي أقل ما يكون في التربة الرملية الخشنة. وان الانتشار الافقي الكبير يزيد من المسافة بين المنقطات مما يؤدي الى تقليل خطوط الارواء مما يجعله مجدي اقتصادياً. واوصت الدراسة [4] الى الحاجة الى نموذج ثلاثي الأبعاد لوصف ما تحت سطح التربة من عمليات الري بالتنقيط في مجملها وكذلك اثبتت ان طريقة تركيب المنقط كان لها أقل تأثير على نمط الابتلال. أوضحت دراسة [5] بان حجم التربة المبتلة يزداد مع كل من زيادة نسبة الدورة للاضافة المنقطعة (نسبة زمن الإضافة الى الزمن الكلي) او زيادة إضافة الماء، كما ان نسبة التقدم الافقي الى التقدم العمودي لجبهة الابتلال تزداد مع كل من نقصان نسبة الإضافة المنقطعة او زيادة معدل إضافة المياه. وان النسب التراكمية لحجم الماء المضاف في التربة تزداد عند عمق محدد في التربة من المنقط وتقل

الجدول (1) يوضح متغيرات التجارب العملية.



الشكل (1): حاوية التربة ومنظومة تجهيز الماء وموقع المنقط داخل مقد التربة

الجدول (1): متغيرات التجارب العملية

معدل الارتشاح الأساس (سم/ساع (ة)	النسبة الشحنة (سم)	نوع التربة
1.26	105	1
		0.5
		0.33
	130	1
		0.5
		0.33
0.651	105	1
		0.5
		0.33
	130	1
		0.5
		0.33

المنقط كما أوضحت نتائج هذه الدراسة بضرورة مراعاة الخواص الهيدروليكية للتربة عند تصميم منظومة الري بالتنقيط تحت السطحي. قدم الباحثان [10] دراسة باستخدام تربة ذات نسجة (31.7% طين، 32.3% غرين، 36% رمل) تم اتباع فترة ري مدتها أربعة أيام خلال موسم الأرواء وتطبيق نظامين من أنظمة الري هما الري بالتنقيط السطحي بتشغيل مستمر وإضافة منقطعة ونظام الري بالتنقيط تحت السطحي بتشغيل مستمر وإضافة منقطعة والإضافة المنقطعة هي نصف دورة. وعمدت الى مراقبة نمط الابتلال للإضافة المنقطعة في الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي على انها تكون ذات مساحة ابتلال أوسع ولوحظ انها تقلل من معدل الري بما تتلائم مع الايصالية الهيدروليكية ويقلل من التخلل العميق أسفل المنطقة الجذرية وان التربة في الري بالتنقيط تحت السطحي استقبلت مياه اقل 13% من الري بالتنقيط السطحي. أوضحت الدراسة [11] للري بالتنقيط تحت السطحي باستخدام انابيب طينية مسامية أي تمرير الماء عبر خاصية النضح الى تربة رملية ناعمة و بكثافة ظاهرية 1.3 غم/سم³ و محتوى رطوبي ابتدائي 0.02 غم/غم و تربة مزيجية رملية بكثافة ظاهرية 1.5 غم/سم³ ومحتوى رطوبي ابتدائي 0.1 غم/غم ان معدل تصريف المنقط يمكن ان يتأثر بالشحنة التشغيلية للمنقط عندما يكون المنقط خارج التربة بشكل خطي بينما يتأثر بخصائص التربة الهيدروليكية عندما يكون المنقط مدفوناً داخل التربة فضلاً عن الشحنة التشغيلية للمنقط اذ كلما زادت الشحنة التشغيلية للمنقط يزداد المحتوى الرطوبي للتربة القريبة من المنقطات ولنفس نوع نسجة التربة ويمكن استخدام الخصائص الهيدروليكية للتربة والشحنة التشغيلية في تحديد زمن إضافة كميات الماء كما تحدد عمق المنقطات و المسافة بين انابيب التنقيط. لذا عمدنا الى دراسة تأثير الإضافة المنقطعة وإيجاد العلاقات التخمينية لإيجاد تقدم جبهة الابتلال مع الزمن حسب توصيات الدراسة [12] التي اوصت بدراسة الإضافة المنقطعة للماء من مصدر تنقيط تحت السطح عند ضغوط تشغيلية مختلفة ومعرفة تأثير ذلك على الضغط الموجب. وفي دراسة الري بأسلوب الإضافة المنقطعة للتنقيط تحت السطحي،

2. المواد وطرق البحث

1.2. المواد المستخدمة

تم تمثيل عمود التربة برصها داخل حاوية معدنية ابعادها (50سم*50سم*70سم) بوجهين شفافين من الزجاج البلاستيكي الشفاف، الشكل (1)، لغرض المساعدة في مراقبة حركة جبهة الابتلال على شكل 1/4 بصلة ابتلال، تحتوي في أحد أركانها على موقع لتثبيت المنقط على عمق 30 سم عن مستوى سطح التربة، يتم رص التربة داخل الحاوية على شكل طبقات بسمك 5 سم بعد الرص الى الكثافة الظاهرية المطلوبة باستخدام الوزن المطلوب للحجم المحدد. تتكون منظومة تجهيز الماء للمنقط، الشكل (2)، من خزانين أحدهما علوي أسطواني شفاف يتيح قراءة عمق الماء بداخله مع الزمن لمعرفة حجم الماء المجهز خلال فترة زمنية معينة للخزان السفلي الذي يكون مستوى الماء فيه ثابت عن طريق مطفح جانبي. يمكن قراءة حجم الماء المتسرب منه مع الزمن وبالتالي يمكن حساب حجم الماء المجهز للتربة عن طريق المنقط وذلك يتمثل بالفرق بين حجم الماء المتسرب من الخزان العلوي وحجم الماء المتسرب من مطفح الخزان المجهز للمنقط. يربط المنقط المثبت تحت مستوى سطح التربة مع الخزان المجهز بانبوبة مطاطية شفافة يتم تفريغها من الهواء تماماً قبل ربطها مع المنقط.

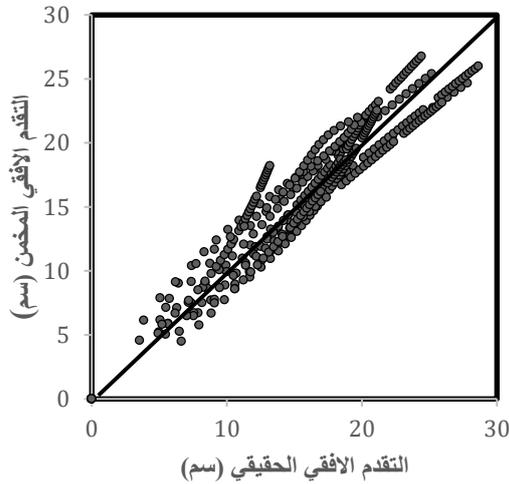
$$V - Up = 0.0542 * T^{0.41087} * H^{0.84459} * Ib^{0.588} * CR^{0.3122} \dots \dots \dots (2)$$

$$R^2 = 0.92$$

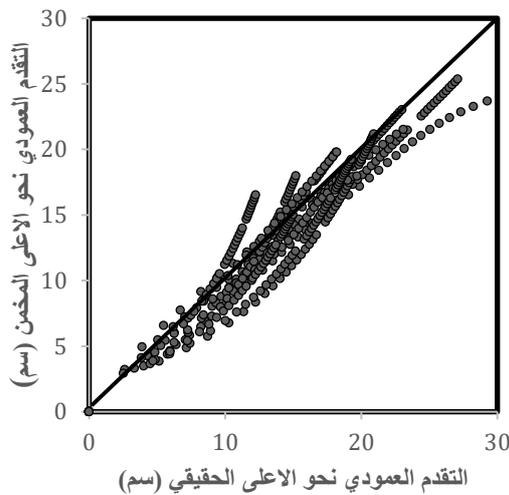
كما تم إيجاد المعادلة التخمينية لتقدم جبهة الابتلال بالاتجاه العمودي نحو الأسفل (V-down) بالاعتماد على الزمن والشحنة التشغيلية ومعدل الارتشاح الأساس ونوع التشغيل (نسبة الدورة) بالإضافة الى الزمن الكلي لكل دورة (t) بواقع (424) قيمة لكل متغير وتم إيجاد المعادلة التخمينية بالصيغة الآتية:

$$V - down = 0.027285 * T^{0.38032} * H^{0.9482} * Ib^{-0.13062} * CR^{0.21735} * \left(\frac{t}{T}\right)^{0.03588} - \left(\frac{16.321}{Ib * T}\right) \dots \dots \dots (3)$$

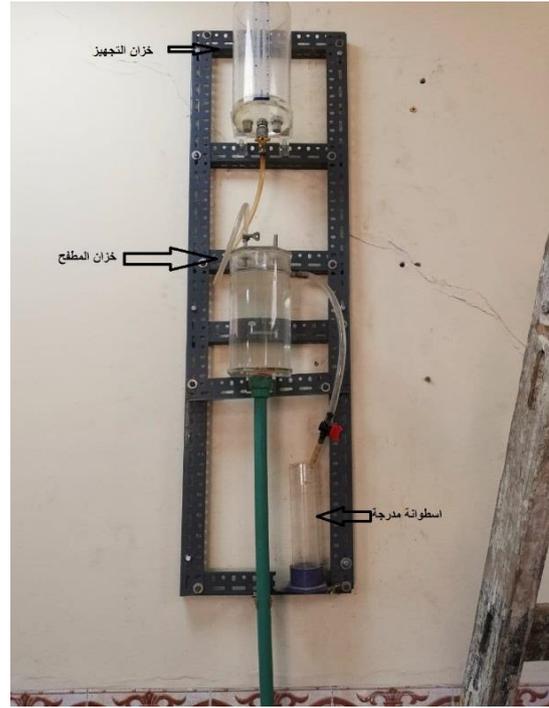
$$R^2 = 0.88$$



الشكل (3): العلاقة بين التقدم الأفقي الحقيقي والمخمن



الشكل (4): العلاقة بين التقدم العمودي نحو الأعلى الحقيقي والمخمن



الشكل (2): منظومة تجهيز المنقط بالماء

2.2. البيانات واستنباط المعادلات التخمينية

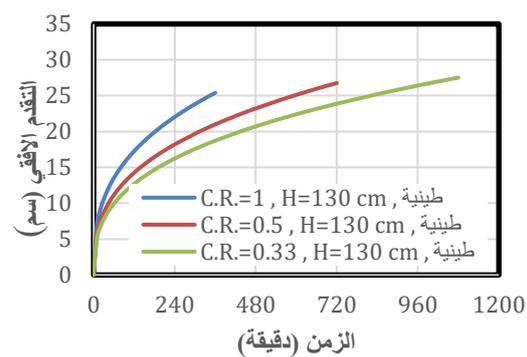
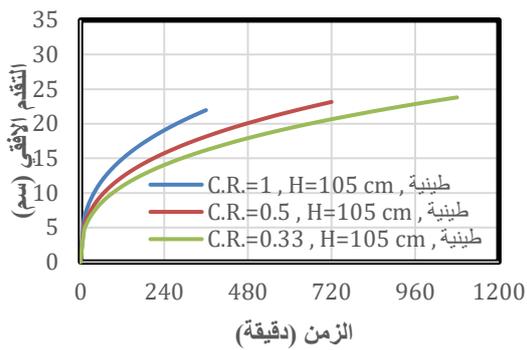
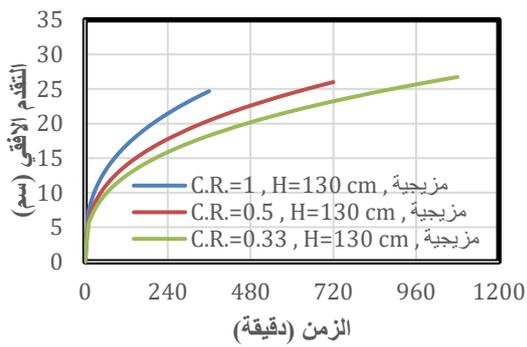
باستخدام برنامج (Microsoft excel) على بيانات التقدم الأفقي والعمودي نحو الأعلى والعمودي نحو الأسفل تم استخدام المتغيرات المعتمدة في التجارب العملية الزمن (T) وزمن التجهيز والإيقاف لكل دورة (t) ومعامل الارتشاح الأساس (Ib) والشحنة التشغيلية (H) ونوع التشغيل (نسبة الدورة) (C.R) لإيجاد المعادلات التخمينية للتقدم الأفقي (Rh) والعمودي نحو الأعلى (V-up) والعمودي نحو الأسفل (V-down). وعن طريق خاصية البرنامج بالاعتماد على تقدم الابتلال الحقيقي المقاس في التجارب العملية والمخمنة الأشكال (3-5) بالاتجاهات المذكورة حيث كانت (424) قيمة لكل من الزمن وزمن الكلي لكل دورة والشحنة التشغيلية ومعدل الارتشاح الأساس ونوع التشغيل (نسبة الدورة) تم الحصول على معادلة التقدم الأفقي (Rh) بالصيغة الآتية:

$$Rh = 0.1239 * T^{0.346} * H^{0.6708} * Ib^{-0.059} * CR^{0.2715} - 5.53 * 10^{-3} * Ib^{-6.6} \dots \dots \dots (1)$$

$$R^2 = 0.902$$

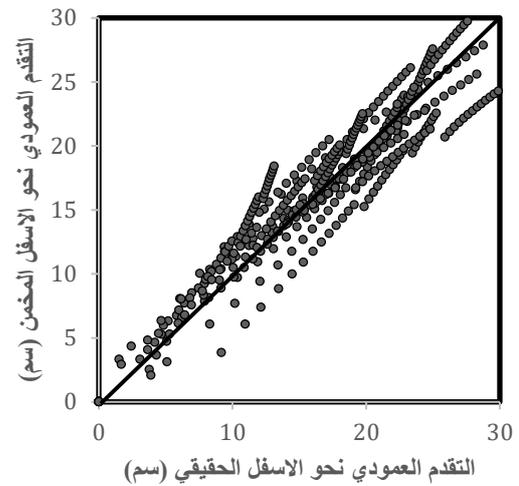
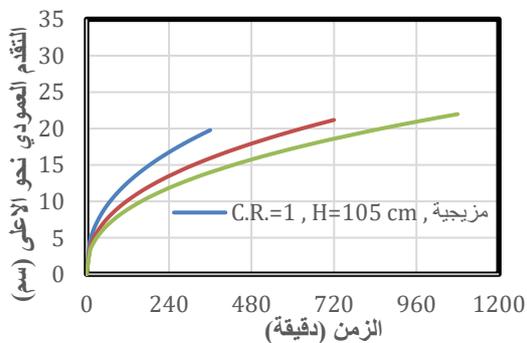
T = زمن التقدم (دقيقة)
t = زمن الإيقاف والتجهيز لكل دورة (دقيقة)
Ib = معدل الارتشاح الأساس (سم/ساعة)
H = الشحنة التشغيلية (سم)
CR = نسبة الدورة

ولإيجاد المعادلة التخمينية للتقدم العمودي نحو الأعلى (V-up) اعتمدنا في هذه الدراسة (424) قيمة للزمن الكلي والزمن والزمن الكلي لكل دورة والشحنة التشغيلية ومعدل الارتشاح الأساس ونوع التشغيل (نسبة الدورة) وتم الحصول على المعادلة التخمينية بالصيغة الآتية:



الشكل (6): العلاقة بين تقدم الابتلال الافقي مع الزمن لنسب الدورة 1 و 0.5 و 0.33

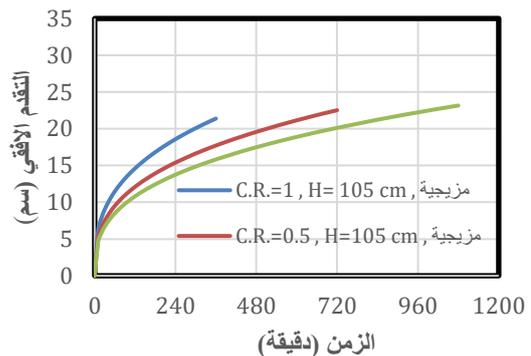
في حين تقل مسافة التقدم بالاتجاه العمودي نحو الأعلى في الشحنة 130 سم للتربة المزيجية والطينية بينما تزداد في الشحنة 105 سم لكلا الترتيبين الجدول (2) والشكل (7).

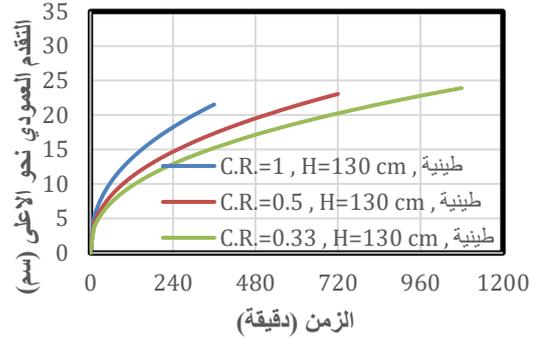
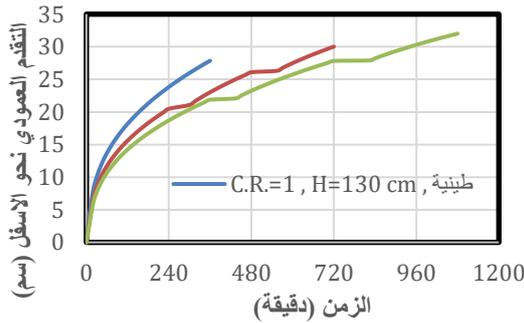
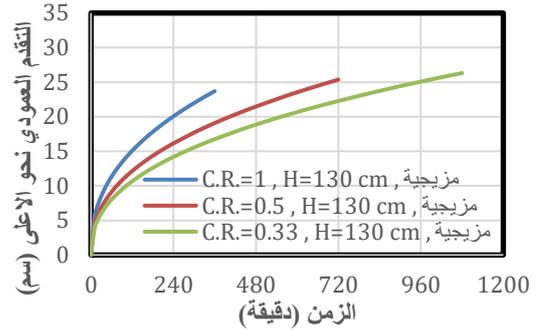
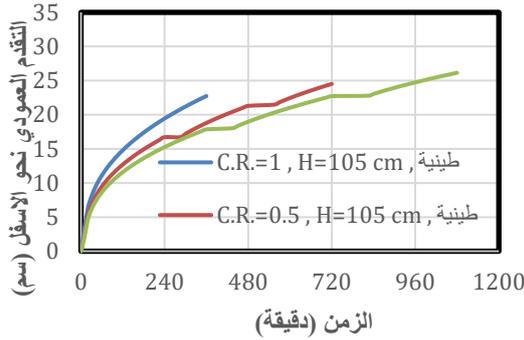
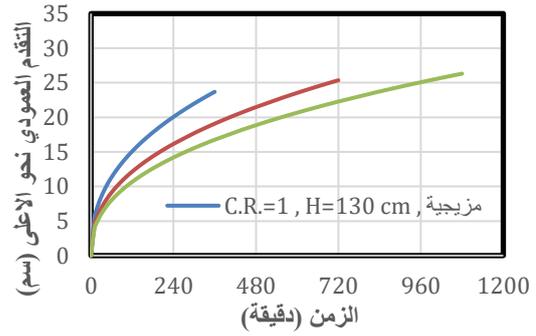
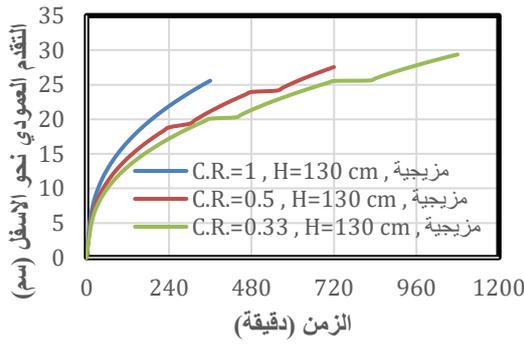


الشكل (5): العلاقة بين التقدم العمودي نحو الاسفل الحقيقي والمخمن

3. النتائج والمناقشة

يتبين من الاشكال (6-8) تأثير اختلاف نسبة الدورة على منحني التقدم الذي يمثل العلاقة بين مسافة التقدم بالاتجاهات الثلاث الافقي والعمودي نحو الأعلى والعمودي نحو الأسفل. يلاحظ من الاشكال ان معدل سرعة تقدم جبهة الابتلال بالاتجاهات الثلاث يزداد كلما زادت نسبة الدورة حيث يكون اعلى معدل للإضافة المستمرة. الجدول رقم (2) يبين مسافة التقدم بالاتجاهات الثلاث عند زمن تجهيز 3 لتر للتربتين المزيجية والطينية وعند شحنة ضغط 130 سم و 105 سم فوق مستوى المنقط ولنسب دورة 1، 1/2، 1/3 نلاحظ من الجدول (2) ان مسافة التقدم الافقي تكون متقاربة لنسب الدورة عند إضافة 3 لتر لجميع الحالات المشمولة بالدراسة بينما يوضح الشكل (6) زيادة في التقدم الافقي كلما قلت نسبة الدورة عند تثبيت زمن التصريف لـ 6 ساعات.





الشكل (8): العلاقة بين تقدم الابتلال العمودي نحو الاسفل مع الزمن لنسب الدورة 1 و 0.5 و 0.33

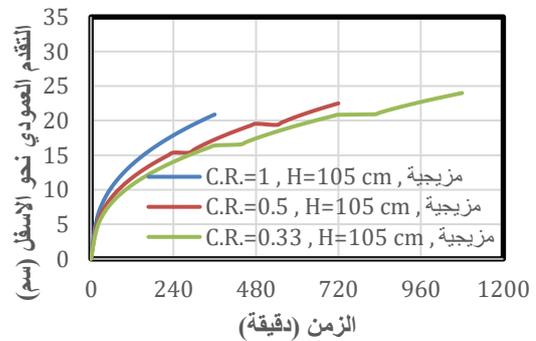
الشكل (7): العلاقة بين تقدم الابتلال العمودي نحو الاعلى مع الزمن لنسب الدورة 1 و 0.5 و 0.33

يلاحظ من الاشكال (6-8) والجدول (2) ان مسافة التقدم بالاتجاهات الثلاث متساوية تقريباً أي ان شكل بصلة الابتلال يكون تقريبا من الشكل الكروي للتربة المزيجية وذلك لنعومة التربة وقلة نسبة الرمل مما يجعل قوة الشد هي المؤثرة والتي تكون متساوية في جميع الاتجاهات بينما في التربة الطينية يكون شكل البصلة بيضوي ومحوره الأطول عمودي وذلك لزيادة حركة الابتلال نحو الأسفل في التربة التي تحتوي على نسبة عالية من الرمل.

4. الاستنتاجات

- ضمن ظروف ومحددات الدراسة الحالية يمكن استنتاج مايلي:
- تم استنباط نموذج تجريبي من البيانات التي يتم الحصول عليها من النموذج لتخمين مسافة التقدم بالاتجاهات الثلاث الافقي والعمودي نحو الاعلى والعمودي نحو الأسفل وبمعامل تحديد تراوح بين (0.88 – 0.92).
- يقل زمن الارواء بالتجهيز المتقطع عن التجهيز المستمر ويزداد الفرق بالزمن كلما قلت نسبة الدورة لنفس كمية الماء.

اما التقدم العمودي نحو الأسفل يزداد كلما زادت نسبة الدورة حسب الجدول (2) والشكل (8)، ويلاحظ بطيء في تقدم الابتلال عند بداية كل دورة وذلك بسبب ملئ الفراغات البينية في التربة بالماء الناتجة عن إعادة توزيع الرطوبة خلال فترة الإيقاف.



- Subsurface drip irrigation. *Journal of Green Engineering*, 10(2), 268-286.
- [7] F. R. Lamm, & T. P. Trooien, (2003). Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. *Irrigation science*, 22(3-4), 195-200
- [8] T. Z El-Abedin,. (2006). Effect of pulse drip irrigation on soil moisture distribution and maize production in clay soil. The 14th. Annual Conference of the Misr Society of Ag. Eng., 22 Nov. 2006, 1032- 1050.
- [9] C. M. Cote, K. L. Bristow, P. B. Charlesworth, F. J. Cook, & P. J. Thorburn, (2003). Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. *Irrigation Science*, 22(3-4), 143-156.
- [10] P. Vyrilas, & M. Sakellariou-Makrantonaki, (2005). Intermittent water application through surface and subsurface drip irrigation. In 2005 ASAE Annual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers
- [11] A. D. Gupta, M. S. Babel, & S. Ashrafi, (2009). Effect of soil texture on the emission characteristics of porous clay pipe for subsurface irrigation. *Irrigation science*, 27(3), 201-208
- [12] M.T. Khalil, (2013). Pressure effect on wetting pattern in layered soil for subsurface point source. *AL-Rafidain Engineering Journal (AREJ)*, 21(2).
- مسافة التقدم بالاتجاهات الثلاث متساوية تقريباً وشكل بصلة الابتلال يكون قريب من الشكل الكروي للتربة المزيجية ويكون شكل البصلة بيضوي ومحوره الأطول عمودي للتربة الطينية.
5. المصادر
- [1] C. R. Camp, (1998). Subsurface drip irrigation: a review. *Transactions of the ASAE*, 41(5), 1353..
- [2] N. Lazarovitch, , U. Shani, T. L. Thompson, & A. W. Warrick, (2006). Soil hydraulic properties affecting discharge uniformity of gravity-fed subsurface drip irrigation systems. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 132(6), 531-536.
- [3] T. H. Skaggs, T. J. Trout., & Y. Rothfuss, (2010). Drip irrigation water distribution patterns: effects of emitter rate, pulsing, and antecedent water. *Soil Science Society of America Journal*, 74(6), 1886-1896. , "Subsurface Drip Systems.
- [4] L., J. S., H. Y. Ji, L. I. Bei, & Y. C. Liu, (2007). Wetting patterns and nitrate distributions in layered-textural soils under drip irrigation. *Agricultural Sciences in China*, 6(8), 970-980.
- [5] H. I. Yasin, , & A. A. Al-Dabagh, (2020). Effect of Intermittent Water Application from Trickle Source on The Water Movement and Moisture Distribution in Layered Soil. *Tikrit Journal of Engineering Sciences*, 27(4), 87-97.
- [6] A. K. Mohammed, & B. S.Abed, (2020). Water distribution and interference of wetting front in stratified soil under a continues and an intermittent

الجدول (2): تأثير إضافة 3 لتر من الماء لنوعي التربة المزيجية والطينية وشحنتين 105 سم و130 سم وثلاث نسب للدورة 1 و0.5 و0.33

نوع التربة	(الشحنة سم)	نسبة الدورة C.R	زمن التجهيز الفعلي (لحجم 3 لتر دقيقة)	زمن التقدم (دقيقة)	Rh (سم)	V-up (سم)	V-down (سم)
مزيجية	105 cm	1	395.50	395.50	22.09	20.56	21.65
		0.5	370.45	730.45	22.64	21.30	20.21
		0.33	339.09	939.09	22.06	20.75	20.48
	130 cm	1	165.95	165.95	18.82	17.23	19.00
		0.5	155.10	275.10	18.62	17.08	18.43
		0.33	143.77	383.77	18.67	17.20	18.63
طينية	105 cm	1	423.40	423.40	23.26	19.20	24.19
		0.5	396.61	756.61	23.56	19.63	23.31
		0.33	362.73	1082.7	23.83	19.98	21.96
	130 cm	1	178.01	178.01	19.84	16.11	21.22
		0.5	166.42	286.42	19.37	15.77	20.54
		0.33	154.73	394.72	19.34	15.81	20.77

The Effect of Intermittent Addition on the Wetness Pattern of Subsurface Drip Irrigation

Ahmed Abdulrazzaq Khudher

Younis Mohamed Hassan

ahmed.abdulrazzaq85@gmail.com

younishassan2010@gmail.com

Dams and Water Resources Engineering Department, Collage of Engineering, University of Mosul

Abstract

The current study included 12 laboratory experiments on a soil model stacked inside a container with a metal structure with two transparent faces, in order to monitor the movement of the wetness front inside the soil with time; its dimensions are 50 cm, 50 cm, and 70 cm. The polka dot is fixed in one of its corners, sandwiched between the two transparent faces, to observe the quarter of the wet bulb formed in three dimensions. Experiments were carried out on two types of soil, mixture and clay, where the dripper works with two charges 130 cm and 105 cm above the dripper level. The processing is done in two ways: continuous (cycle ratio 1) and intermittent with a ratio of 1/2 cycle and a processing time of two hours for each cycle and a ratio of 1/3 cycle with a processing time of 1 hour for each cycle. The data that were monitored during the experiment period are the rate of drip discharge with time and the limits of the wetting bulb with time as well. Auto-CAD program was used for drawing the shapes of the progression of the wetness front with time from the obtained images, and these shapes were used for finding the distance of progress in the horizontal, vertical, upward and vertical downward directions for all twelve experiments. Microsoft-Excel program was used to estimate the distance of progress in the three directions in terms of the factors affecting them and with a coefficient of determination (0.902) for horizontal progression, (0.92) for vertical upward progress and (0.88) for vertical downward progress. The results showed that the droplet discharge changes with time by an exponential function, and that the rate of discharge increases at the beginning of each cycle and then returns to its true level after a period. The study also showed that the volume of wet soil because of processing a certain volume of water decreases as the cycle rate decreases.

Keywords

Circle ratio, intermittent addition, Assumption equations