

نمذجة تقدم جبهة الابتلال وتغير التصريف لمصدر تنقيط خطي تحت السطح

انتصار محمد غزال
e.gazzal@uomosul.edu.iq

عبدالغني خلف محمد
alrobaai1982@gmail.com

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم هندسة السدود والموارد المائية

تاريخ القبول: 3/8/2020

تاريخ الاستلام: 31/5/2020

الملخص

يعد نظام الري بالتنقيط تحت السطح أحد أهم وأحدث أنظمة الري عالية الأداء ويمتاز بقدرته العالية على تقليل فواقد الارتشاح العميق والتبخر من سطح التربة. تم إجراء اثني عشر فحصاً مختبرياً لدراسة تأثير تغيير نسجة التربة وعمق المنقط والرطوبة الابتدائية للتربة على شكل وحجم نمط الابتلال وتغير تصريف المنقط، كما تم تطبيق أسلوب تحليل الانحدار اللاخطي لاستنباط علاقات تجريبية لتخمين ابعاد نمط الابتلال وتصريف المنقط الفعلي. بينت النتائج وجود تطابق كبير بين القيم المقاسة مختبرياً والمخمنة لتقدم جبهة الابتلال وتغير تصريف المنقط. ولحجم محدد من الماء المضاف ازداد حجم التربة المبتلة بمقدار (8-20%) بزيادة الرطوبة الابتدائية و(2.5-6.25%) بزيادة عمق المنقط، وقل هذا الحجم (4.5-36%) بزيادة نسبة محتوى الطين في التربة، بينما انخفض معدل التقدم العمودي الى الأعلى بزيادة الرطوبة الابتدائية للتربة، وأن تصريف المنقط انخفض تدريجياً مع استمرار الإضافة بسبب تزايد الضغط الموجب عند فتحة المنقط وازداد هذا الانخفاض بزيادة عمق المنقط ونسبة محتوى الطين والرطوبة الابتدائية للتربة.

الكلمات الدالة:

نمط الابتلال؛ الرطوبة الابتدائية؛ التنقيط تحت السطح؛ تصريف المنقط؛ ارتشاح التربة.

<https://rengj.mosuljournals.com>

Email: alrafidain_engjournal1@uomosul.edu.iq

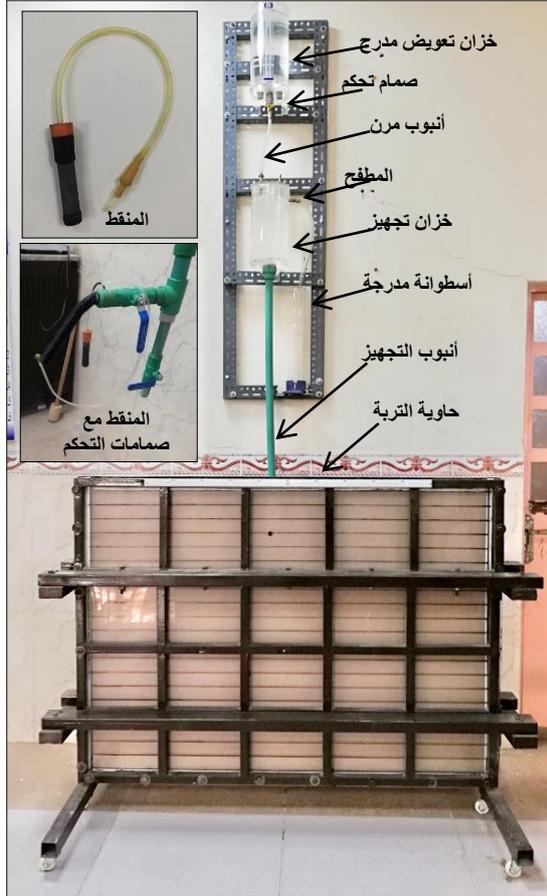
1. المقدمة

بكميات صغيرة ومتكررة بحيث ينتقل خلال التربة تحت تأثير قوى الشد الشعري بشكل أساس [9]. ويمكن القول إن المشكلة الأولى والأهم المرتبطة بأنظمة الري بالتنقيط تحت السطح هي انخفاض تصريف المنقط نتيجة تجمع ماء الري وتشكل الضغط الموجب عند فتحة المنقط. مما تقدم يتضح أهمية دراسة تأثير اختلاف نسجة التربة وعمق المنقط والرطوبة الابتدائية للتربة على تقدم جبهة الابتلال في جميع الاتجاهات بالإضافة إلى تأثيرها على تغير تصريف المنقط.

2. التجارب المختبرية

أجريت التجارب المختبرية اللازمة لدراسة تأثير كل من نسجة التربة ورطوبتها الابتدائية وعمق المنقط على شكل وابعاد نمط الابتلال في جميع الاتجاهات وتغير تصريف المنقط مع استمرار زمن الاضافة في مقد التربة المتجانس خلال طور توزيع الرطوبة ولمصدر تنقيط خطي تحت السطح، كما تم إجراء فحص الغيض الأسطواني لتحديد معدل الغيض الأساس للترب المستخدمة، بالإضافة الى تحديد نسجة كل تربة باستخدام طريقة التحليل المنخلي والهيدروميتر. شمل العمل المختبري إجراء 12 فحصاً باستخدام ثلاث ترب مختلفة النسجة وبمستويين للرطوبة الحجمية الابتدائية، فضلاً عن اختيار عمقين للمنقط، يوضح الجدول (1) خلاصة الفحوصات المختبرية. جهاز التجربة عبارة عن صندوق حديدي على شكل متوازي مستطيلات مفتوح من الأعلى وبأبعاد داخلية (الطول 140 سم، والارتفاع 100 سم، والعرض 5.5 سم)، ومصنع من صفيحة حديدية بسمك 2.5 ملم تحيط بالواجهة الخلفية مع جوانب وقاعدة الحاوية، بينما تكون واجهة الحاوية الأمامية لوح من البلاستيك الشفاف بسمك 9ملم يتم من خلالها السيطرة على رص

يسعى المختصون في مجال الري إلى زيادة كفاءة استخدام المياه من خلال استخدام أنظمة الري عالية الأداء لتقليل فواقد الارتشاح العميق والتبخر من سطح التربة، ويعد نظام الري بالتنقيط تحت السطح الأحدث بين هذه الأنظمة، وفي ظل ظروف معينة، قد يكون الأسلوب الأكثر كفاءة بينها [1]. حيث يتم إضافة الماء إلى المنطقة الجذرية مباشرة من خلال ريات قليلة العمق ومتكررة تعمل على أبقاء رطوبة التربة ضمن المنطقة الجذرية قريبة من السعة الحقلية مع توفير سطح تربة أكثر جفافاً وهذا يساعد على تقليل فواقد التبخر والجريان السطحي بالإضافة إلى تسهيل حركة المكنان في الحقل وإطالة عمر أجزاء منظومة التنقيط [2]. إن أحد الجوانب المهمة لتصميم أنظمة الري بالتنقيط هو تحديد ابعاد نمط الابتلال، إذ يرتبط اختيار التباعد المناسب بين المنقطات والمسافة المناسبة بين الخطوط الجانبية بأبعاد نمط الابتلال [3]. ويتأثر نمط الابتلال بعوامل عديدة أهمها نسجة التربة وخصائصها والمحتوى الرطوبي الابتدائي للتربة وتصريف المنقط وعمقه وزمن الإرواء بالإضافة إلى شحنة الضغط التشغيلي [4]. إذ يتناقص حجم التربة المبتلة مع زيادة نسبة محتوى الطين في التربة [5]، كما أن معدل تقدم جبهة الابتلال في جميع الاتجاهات للترب الخشنة يكون أكبر مما هو عليه في الترب الناعمة ولنفس حجم الماء المضاف [6]. وبزيادة الرطوبة الابتدائية للتربة يزداد تماثل توزيع الماء حول المنقط وحجم التربة المبتلة بينما تنخفض قيم كل من الارتشاح التراكمي ومتوسط معدل الارتشاح [7]. ومع زيادة عمق المنقط تتناقص مسافة التقدم نحو الأسفل [4]، ولتقليل خسائر التبخر من سطح معظم أنواع الترب فقد يتم اختيار عمق كبير نسبياً للمنقط لتجنب ظهور الماء على سطح التربة أو بالقرب منه [8]. وينصح غالباً باستخدام منقطات بتصاريح قليلة لإضافة الماء



الشكل (1): حاوية التربة مع مقد التربة ومنظومة إضافة الماء.

الجدول (1): خلاصة الفحوصات المختبرية.

نسجة التربة	كثافة ظاهرية (غم/سم مكعب)	معدل الغيض الأساس (ملم/ساعة)	رطوبة حجمية ابتدائية (%)	عمق منقط (سم)	حجم ماء مضاف (سم مكعب/سم)
مزيجية طينية غرينية	1.33	9.78	%6.0	15.5	36.0
				36.0	
			%13.3	15.5	36.0
				36.0	
مزيجية	1.35	11.60	%4.05	15.5	36.0
				36.0	
			%8.64	15.5	36.0
				36.0	
مزيجية رملية	1.40	22.66	%3.15	15.5	36.0
				36.0	
			%6.72	15.5	36.0
				36.0	

طبقات التربة ومتابعة تقدم جبهة الإبتلال عند الازمنة المختارة. يتم رص التربة في الحاوية على شكل طبقات متساوية السمك (5سم بعد

الرص)، حيث تم تحديد الكتلة اللازمة لكل طبقة مسبقاً وتعيينها بأكياس اعتماداً على الكثافة الظاهرية والرطوبة الحجمية الابتدائية وحجم الطبقة. أما منظومة إضافة الماء فقد صممت لكي يكون لها القدرة على تحديد حجم الماء المضاف الى التربة خلال الفاصلة الزمنية بين القراءات المتتالية، وتتكون هذه المنظومة من خزان تعويض اسطواني الشكل مدرج وشفاف بقطر 14سم وسعة 4300 سم مكعب مثبت في اعلى نقطة وهو يمثل مصدر لتعويض الماء المفقود من خزان التجهيز وعند إجراء الفحص ينخفض منسوب الماء في خزان التعويض ويتم متابعة مقدار الانخفاض من خلال جدرانه الشفافة والجزء المدرج، يرتبط خزان التعويض بخزان التجهيز بواسطة أنبوب مرن مربوط بصمام تحكم دقيق عند اسفل خزان التعويض، وخزان التجهيز عبارة عن خزان مغلق مصنع من البلاستيك الشفاف بقطر 14 سم وسعة 4000 سم مكعب ويحتوي على فتحة لخروج الهواء في سقفه ومطبخ للماء في الجزء العلوي من جداره الجانبي ليحافظ على مستوى ثابت للماء في خزان التجهيز. يتم تجميع الماء المضاف من خزان التعويض وفائض عن سعة ارتشاح التربة عبر "المطبخ" إلى أسطوانة مدرجة لقياس حجمه عند ازمنا القياس المحددة، أما المنقط فهو تركيب أسطواني عالي المسامية غير قابل للانسداد بطول 5.5 سم، وقطر خارجي 1.6 سم ويتصرف اسمي 4.85 سم مكعب/دقيقة/سم عند شحنة ضغط تشغيلية ثابتة مقدارها 30سم مقاسة من سطح الماء في خزان التجهيز عند المطبخ المائي الى مركز موقع تثبيت المنقط، ويكون المنقط ملائماً للتربة وبدون وجود مرشح، يوضح الشكل (1) حاوية التربة مع مقد التربة وأجزاء منظومة إضافة الماء. ومن المعلوم أن سعة غيض التربة تتناقص مع استمرار إضافة الماء اليها مما يؤدي إلى انخفاض تصريف المنقط المدفون تحت سطح التربة عندما يكون تصريفه الاسمي أكبر من سعة غيض تلك التربة، صممت منظومة إضافة الماء ليتم متابعة هذا التناقص من خلال تحديد حجم الماء المفقود من خزان التعويض العلوي وحجم الماء المتجمع في الأسطوانة المدرجة عند نفس الزمن، والفرق بين الحجمين سيكون مساوي لحجم الماء المضاف إلى التربة بواسطة المنقط خلال هذا الزمن (تصريف المنقط الكلي خلال تلك الفترة يساوي حجم الماء المضاف للتربة مقسوماً على زمن الإضافة). يوضح الشكل (2) انماط ابتلال التربة لحالات مختلفة.

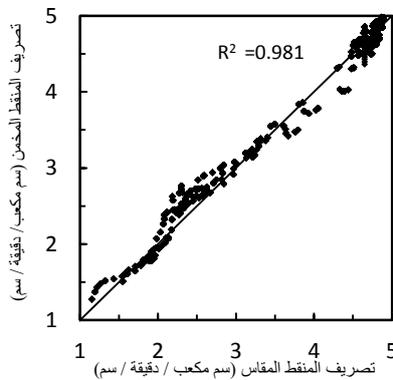
3. النتائج والتحليل

استخدمت قيم تصارييف المنقط المقاسة مختبرياً عند أزمنة القياس المحددة، مع معدل الغيض الأساس والرطوبة الحجمية الابتدائية لكل تربة، بالإضافة الى عمق المنقط في استنباط علاقة تجريبية لتخمين التصريف الفعلي للمنقط تحت سطح التربة على امتداد زمن الإضافة، وباستخدام طريقة تحليل الانحدار اللاخطي (Nonlinear Regression Analysis) في البرنامج الإحصائي (SPSS). حيث استخدمت البيانات المختبرية بواقع (196) قيمة لكل من: تصريف الغيض الفعلي (q سم مكعب/دقيقة/سم) عند الزمن (T دقيقة)، ومعدل الغيض الأساس لكل تربة (Ib سم/دقيقة) والرطوبة الحجمية الابتدائية للتربة (θi سم مكعب/سم مكعب)، وعمق المنقط (d سم)، وتم التعبير عن تصريف المنقط الفعلي (q) بالصيغة الآتية:-

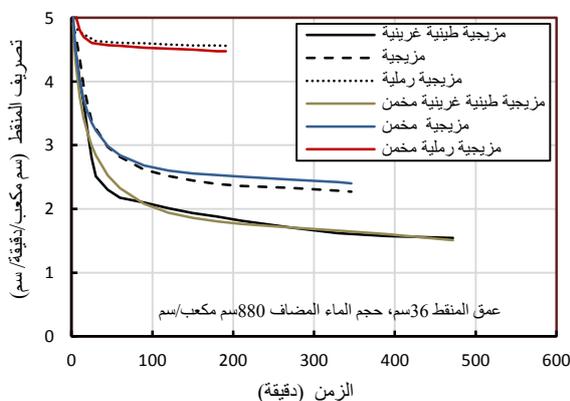
$$q = \frac{-2.077 * Ib * T - 4.1\theta_i + T^{0.708} d^{-0.1} \theta_i^{1.006} Ib^{0.488}}{(0.237 \theta_i) + (Ib * \theta_i) - (1.808 T^{0.462}) + 6.84}$$

.....1 R²=0.981.....

يوضح الشكل (3) المقارنة بين القيم المقاسة مختبرياً والمخمنة من المعادلة (1) بالإضافة إلى معامل الارتباط R². بينما يوضح الشكل (4) تصريف المنقط (الفعلي) المقاس مختبرياً والمخمّن لتربة مزيجية طينية غرينية وتربة مزيجية رملية، وبرطوبة حجمية ابتدائية مقدارها (6%، 4.05%، 3.15%) لكل منها على التوالي، ولعمق منقط 36سم. ويتبين من خلال الشكلين وجود توافق كبير بين القيم المقاسة مختبرياً والمخمّنة من المعادلة (1)، ونظراً لهذا التوافق العالي فقد تم اعتماد المعادلة (1) في تخمين التصريف الفعلي للمنقط ولمختلف الظروف موضع الدراسة.



الشكل (3): مقارنة القيم المخمّنة والمقاسة لتصريف المنقط.

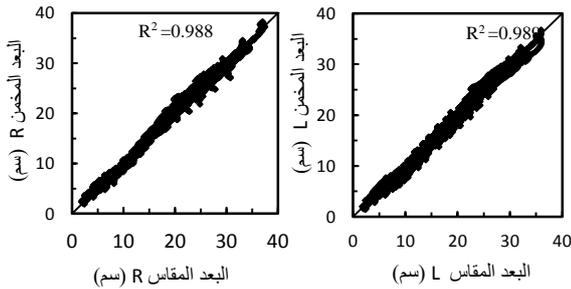


الشكل (4): تغير تصريف المنقط المقاس والمخمّن من معادلة (1).

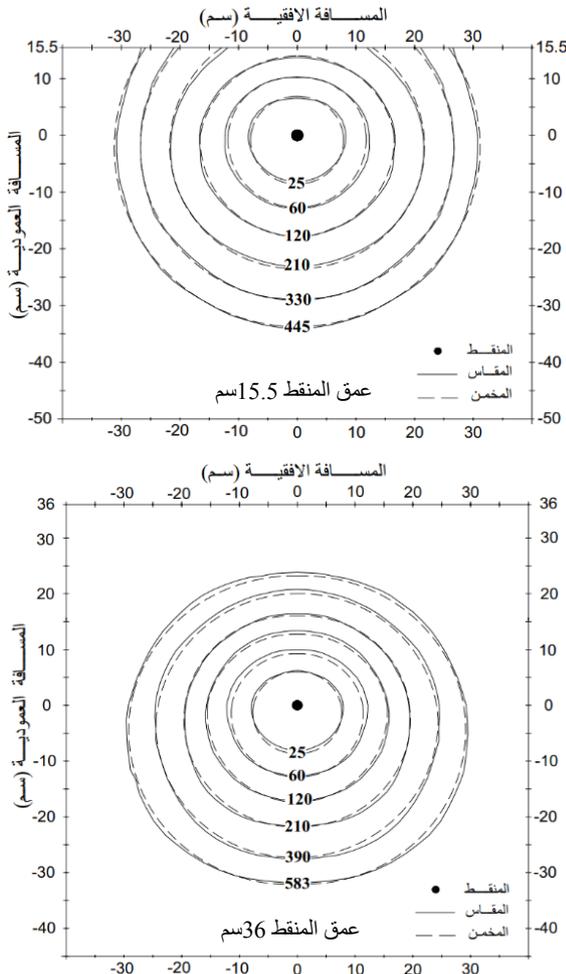


الشكل (2): أنماط ابتلال لحالات مختلفة.

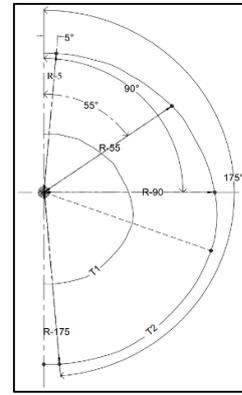
العالي بين القيم المقاسة والمخمنة فقد تم اعتماد المعادلة (2) في تخمين البعد من مصدر التنقيط إلى جبهة الابتلال (R سم) لعمق المنقط 15.5 سم، والمعادلة (3) في تخمين البعد من مصدر التنقيط إلى جبهة الابتلال (L سم) لعمق المنقط 36 سم، وذلك للتعبير عن نمط الابتلال الناتج من مصدر تنقيط خطي تحت السطح كدالة للمتغيرات: الزمن من بداية الإضافة (T دقيقة)، ومعدل الغيض الأساس للتربة (Ib سم/دقيقة)، والرطوبة الحجمية الابتدائية للتربة (θi سم مكعب/سم مكعب)، بالإضافة إلى التصريف الفعلي للمنقط المخمن باستخدام معادلة (1) عند ذلك الزمن (q سم مكعب/دقيقة/سم). والشكل (7) يوضح أنماط الابتلال لمصدر تنقيط خطي تحت السطح المقاس مختبرياً والمخمن باستخدام المعادلات (2) و(3).



الشكل (6): مقارنة بين القيم المقاسة والمخمنة من المعادلتين (2) و(3) لبعد جبهة الابتلال عن المنقط لعمق 15.5 سم و36 سم.



ولأجل تهذيب البيانات المختبرية بما يتلائم مع سهولة وشمولية توضيح تأثير العوامل المتداخلة والمؤثرة على تقدم جبهة الابتلال، فقد تم التعبير عن مسافة التقدم بنموذجين تجريبيين وبمعامل تحديد R^2 عالي جداً، ويمكن من خلالهما تخمين نمط الابتلال تحت تأثير العوامل المختلفة موضع الدراسة. إذ استخدمت البيانات المختبرية في استنباط نموذجين لتخمين نمط ابتلال التربة في جميع الاتجاهات خلال طور توزيع الرطوبة، الأول لعمق المنقط الضحل 15.5 سم حيث يظهر الماء على سطح التربة والثاني لعمق المنقط الأكبر 36 سم عندما لا يظهر الماء على السطح. أُستخدم برنامج الرسم الهندسي AutoCAD 3D-2020 لرسم أنماط الابتلال وجمع الإحداثيات، مع اعتماد نظام الإحداثيات القطبية (polar coordinate) للاستدلال على مواقع النقاط الواقعة على حافة جبهات الابتلال عند الأزمنة المختلفة، حيث يحدد موقع كل نقطة بمسافة عن مركز بصلة الابتلال (R أو L) وزاوية ميل عن المحور العمودي θ ، وتم تعيين النقاط عند موقع تقاطع سبعة وثلاثون خط يمر بمركز بصلة الابتلال (موقع المنقط) وتقطع الجزء الأيمن لحافة جبهات الابتلال المرصودة عند الأزمنة المختارة، أي بفاصلة زاوية مقدارها خمسة درجات ($\Delta\theta=5^\circ$) بين الخطوط المتعاقبة، وكما هو موضح بالشكل (5).



الشكل (5): مخطط الإحداثيات القطبية لجبهة الابتلال.

تم استنباط النموذجين باعتماد طريقة تحليل الانحدار اللاخطي في البرنامج الإحصائي (SPSS)، واستخدام البيانات المختبرية للنصف الأيمن من نمط الابتلال (باعتبار انتشار ماء الري متمائل حول المحور العمودي فقد تم استنباط النموذج لنصف الشكل) بواقع 3509 قيمة لعمق المنقط الضحل و3702 قيمة لعمق المنقط الأكبر لكل من: الإحداثيات القطبية (θ بالقياس الدائري، R أو L سم) لنقاط جبهة الابتلال عند ذلك الزمن (T دقيقة)، ومعدل الغيض الأساس لكل تربة (Ib سم/دقيقة)، والرطوبة الحجمية الابتدائية للتربة (θi سم مكعب/سم مكعب)، بالإضافة إلى التصريف الفعلي للمنقط عند ذلك الزمن (q سم مكعب/دقيقة/سم) والمخمن من المعادلة (1). وتم التعبير عن البعد بين مصدر التنقيط تحت السطح وجبهة الابتلال لعمق المنقط الضحل 15.5 سم حيث يصل الماء إلى سطح التربة (R) و(L) لعمق المنقط 36 سم حيث لا يصل الماء إلى سطح التربة خلال طور الترطيب بالصيغ الأتية: -

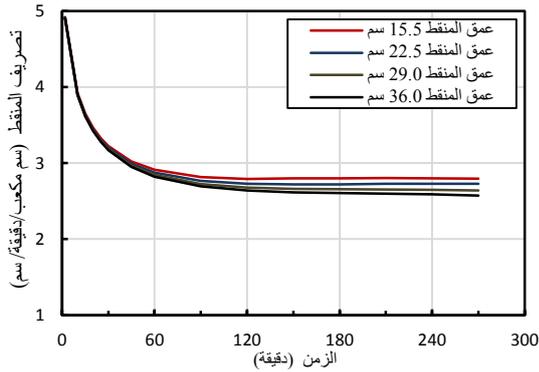
$$R = \frac{31.867T^{0.498}(1.54 + \theta)^{1.148}\theta^{i-0.093}Ib^{0.719}q^{0.436}}{(0.005 + \theta)^{-0.323}(0.05 + \theta) + (197.356Ib)} - 0.43$$

.....2. $R^2=0.988$

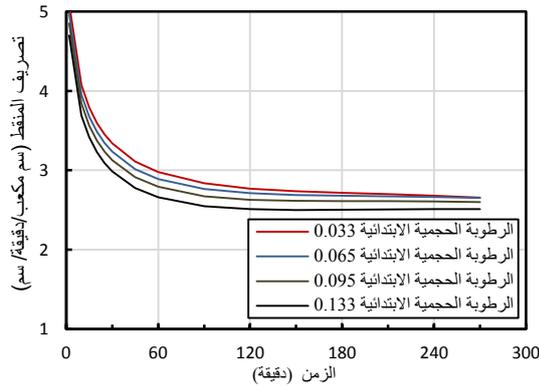
$$L = \frac{40.673T^{0.487}(1.54 + \theta)^{1.205}\theta^{i-0.1}Ib^{0.727}q^{0.428}}{(0.005 + \theta)^{-0.423}(0.05 + \theta) + (249.952Ib)} - 0.596$$

.....3. $R^2=0.989$

ويوضح الشكل (6) مقارنة بين القيم المقاسة مختبرياً والمخمنة من المعادلتين (2) و(3) للبعد من مصدر التنقيط إلى جبهة الابتلال خلال طور الترطيب بالإضافة إلى معامل التحديد R^2 . ونظراً للتوافق



الشكل (9): تأثير عمق المنقط على تغير تصرف المنقط.



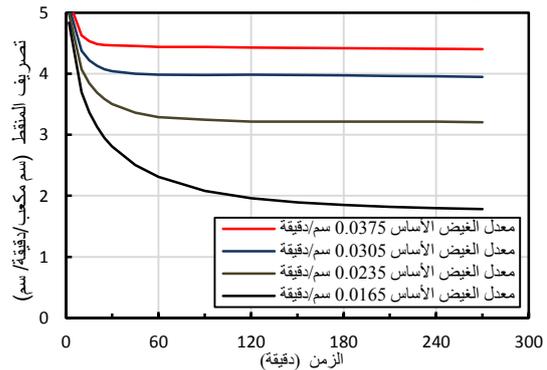
الشكل (10): تأثير الرطوبة الابتدائية على تغير تصرف المنقط.

2.4 تقدم جبهة الابتلال: نظراً للتوافق الكبير بين القيم المرصودة مخبرياً والمخمنة من العلاقات التجريبية التي تم استنباطها فقد اعتمدت هذه العلاقات لتوضيح تأثير تغير كل من نسبة التربة والمحتوى الرطوبي الحجمي الابتدائية وعمق المنقط على تقدم جبهة الابتلال انطلاقاً من موقع المنقط والاتجاهات الأفقي والعمودي نحو الأعلى والأسفل لمصدر تنقيط خطي تحت السطح خلال طور الترطيب، إذ تم اعتماد المعادلة (1) لتخمين التصاريح الفعلية للمنقط عند الأزمنة المختارة ومن ثم ادخال هذه القيم ضمن متغيرات المعادلة (2) لعمق المنقط 15.5 سم والمعادلة (3) لعمق المنقط 36 سم لغرض تخمين مسافة تقدم جبهة الابتلال عند تلك الأزمنة. يوضح الشكل (11) تقدم جبهة الابتلال في الاتجاه الأفقي والعمودي نحو الأعلى والأسفل مع الزمن والمخمن من المعادلة (3)، وذلك في تربة مزيجية طينية غرينية وتربة مزيجية رملية وبرطوبة حجمية ابتدائية (6%، 4.05%، 3.15%) وعلى التوالي، مع حجم ماء مضاف 900 سم مكعب/سم، وعمق منقط 36 سم. تبين هذه الأشكال وعند زمن معين أن أكبر معدل لتقدم جبهة الابتلال يكون في التربة المزيجية الرملية وفي جميع الاتجاهات بينما تكون قيمها الأقل في التربة المزيجية الطينية الغرينية، وذلك لانتساع حجم الفراغات البينية في التربة المزيجية الرملية وانخفاض تأثير الضغط الموجب حول المنقط بالإضافة إلى انخفاض سعة حفظ الماء فيها أدى ذلك إلى سرعة انتشار الماء خلالها، بينما يكون العكس من ذلك في التربة المزيجية الطينية الغرينية وهذا يتوافق مع نتائج [12]. ولكامل حجم الماء المضاف يتبين أن أكبر مسافة لتقدم جبهة الابتلال في الاتجاهين الأفقي والعمودي نحو الأسفل كانت في التربة المزيجية الرملية بينما كانت أقل قيمة لها في التربة المزيجية الطينية الغرينية كون سعة حفظ الماء في التربة المزيجية الطينية الغرينية تكون كبيرة بسبب زيادة المساحة السطحية لحبيباتها وصغر حجم الفراغات البينية بين مكوناتها وهذه النتائج تتوافق مع نتائج [1]. كما يتبين أن مسافة التقدم العمودي نحو الأعلى لجبهة ابتلال التربة الثلاثة أقل من مسافة تقدمها الأفقي والعمودي نحو الأسفل كون التقدم العمودي نحو الأعلى معتمد

الشكل (7): نمط الابتلال المقاس مخبرياً والمخمن لمصدر تنقيط خطي تحت السطح بعمق 15.5 سم و36 سم، في تربة مزيجية طينية غرينية رطوبة الحجمية الابتدائية 13.3%.

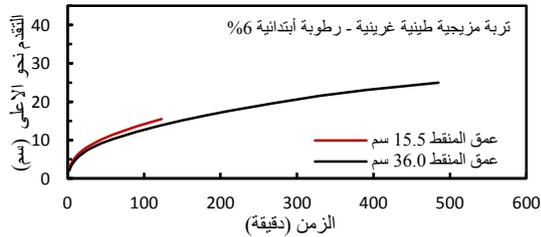
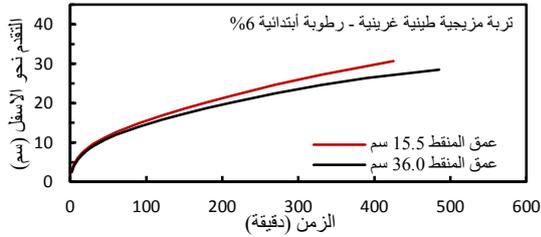
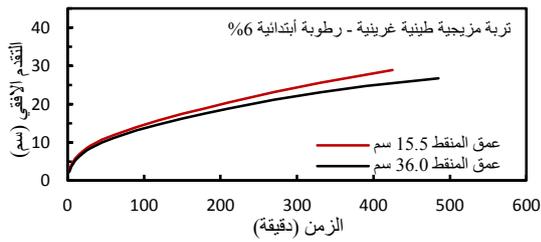
4. المناقشة

1.4 تغير تصرف المنقط: استخدمت نتائج المعادلة (1) لرسم الأشكال (8 و9 و10). حيث يعرض الشكل (8) تغير تصرف المنقط مع الزمن لمصدر تنقيط خطي تحت السطح ولأربعة ترب بمعدلات غيض أساس (مفترض) (0.0165, 0.0235, 0.0305, 0.0375 سم/دقيقة)، ورطوبة ابتدائية حجمية (مفترضة) 8%، ولعمق منقط (مفترض) 30 سم، وزمن تشغيلي مقداره 270 دقيقة، ويتبين من خلال الشكل أن لتغير معدل الغيض الأساس تأثير كبير على تصرف المنقط، إذ يتناسب مقدار الانخفاض في تصرف المنقط عكسياً مع قابلية غيض التربة لذا يكون مقدار الانخفاض كبيراً في الترب الناعمة ذات معدلات الغيض المنخفضة مقارنة مع الترب الخشنة لأن ارتفاع نسبة محتوى الطين في التربة الناعمة يقلل من حجم الفراغات ويزيد من صعوبة انتشار الماء فيزداد الضغط الموجب ويقل تصرف المنقط وهذا يتوافق مع نتائج [6], [10]. ويعرض الشكل (9) تغير تصرف المنقط مع الزمن ولأربعة أعماق (مفترضة) (15.5, 22, 29, 36 سم)، في تربة ذات معدل غيض أساس (مفترض) 0.02 سم/دقيقة، ورطوبة ابتدائية (مفترضة) 8%، ولزمن تشغيلي مقداره 270 دقيقة. ويبين الشكل أن تأثير زيادة عمق المنقط على مقدار انخفاض تصرف المنقط يكون ضعيفاً في بداية زمن إضافة الماء ويزداد هذا التأثير تدريجياً مع استمرار الإضافة بسبب زيادة حجم المنطقة المشبعة المحيطة بمصدر التنقيط مما يؤدي إلى صعوبة انتشار الماء وزيادة الضغط الموجب. ويعرض الشكل (10) تغير التصريف مع الزمن لمصدر تنقيط خطي تحت السطح في تربة ذات معدل غيض أساس 0.02 سم/دقيقة، ولعمق منقط 30 سم، وزمن تشغيلي مقداره 270 دقيقة. وبأربعة قيم (مفترضة) للرطوبة الحجمية الابتدائية (3.3%, 6.5%, 9.5%, 13.3%)، ويتبين من الشكل أن تأثير زيادة الرطوبة الابتدائية على مقدار الانخفاض في تصرف المنقط يكون واضح في بداية زمن إضافة الماء ويتلاشى هذا التأثير تدريجياً مع زيادة زمن الإضافة، وهذا يتوافق مع نتائج [11].

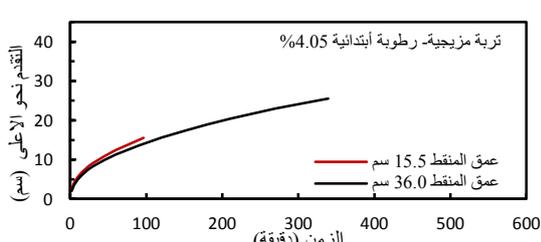
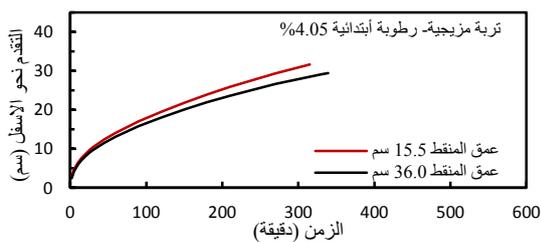
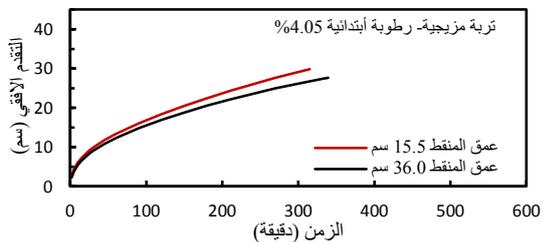


الشكل (8): تأثير تغير معدل الغيض الأساس على تغير تصرف المنقط.

عمق المنقط وهذا أدى الى تباطؤ تقدم جبهة الابتلال بشكل ملحوظ مقارنة مع تقدمها في التربة المزيجية والتربة المزيجية الرملية.

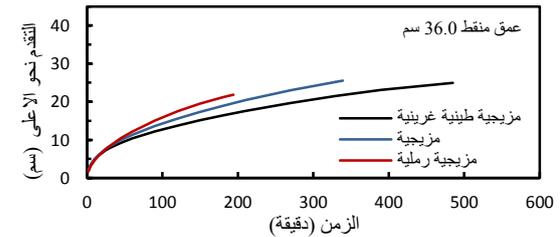
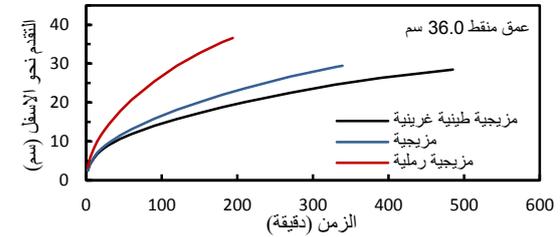
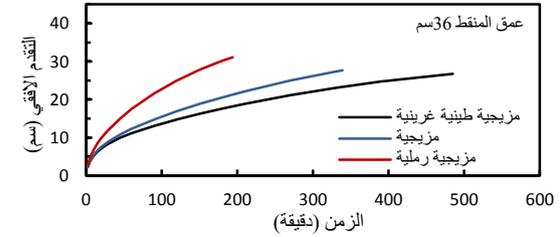


الشكل (12): تقدم جبهة الابتلال لتربة مزيجية طينية غرينية رطوبتها الحجمية الابتدائية 13.3% ولعمق المنقط 15.5 و36 سم.



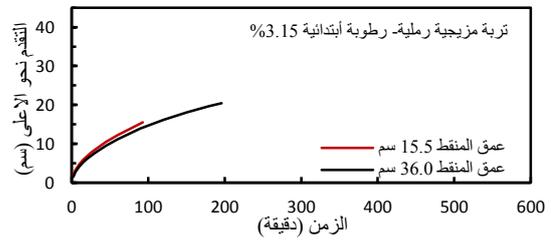
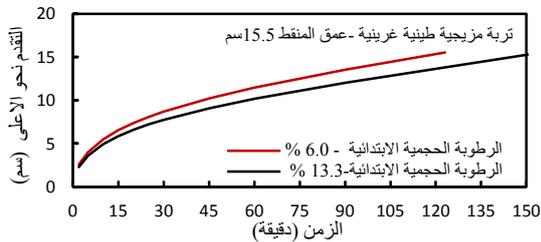
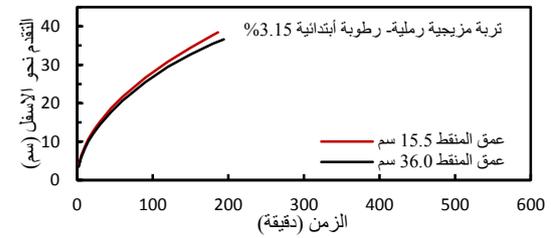
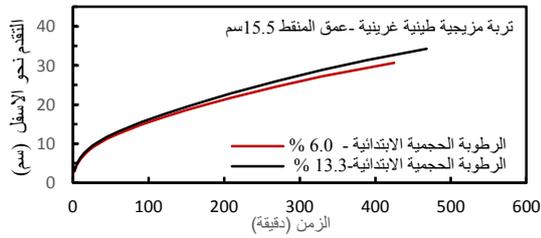
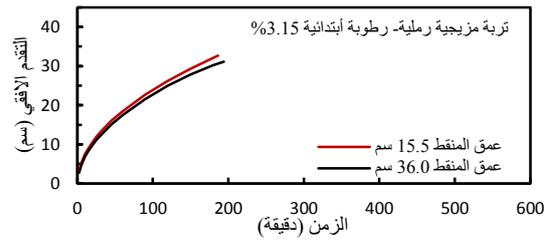
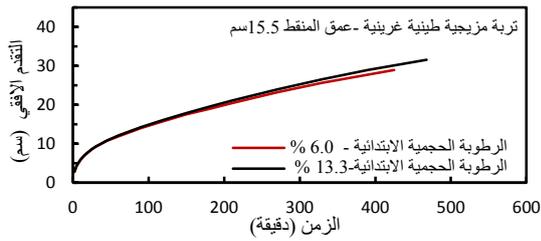
الشكل (13): تقدم جبهة الابتلال لتربة مزيجية رطوبتها الحجمية الابتدائية 8.64% وعمق المنقط 15.5 سم و36 سم.

على قوى الشد السطحي بشكل أساس وهي قليلة مقارنة بقوى الجذب الأرضي وقوى الشد السطحي وباقي القوى المحركة للماء بالاتجاهين الأفقي والعمودي نحو الأسفل ويظهر ذلك بوضوح في مقاطع التربة المزيجية الرملية وهذا متوافق مع نتائج [13], [14]. كما يلاحظ أن مسافة تقدم جبهة الابتلال نحو الأعلى في التربة المزيجية والمزيجية الطينية الغرينية متقاربة وهي أكبر من تقدمها في التربة المزيجية الرملية وذلك لقصر الزمن اللازم لإضافة حجم الماء المحدد في التربة المزيجية الرملية مقارنة بباقي الترب وهذا أدى الى قصر زمن عمل قوى الشد السطحي بالإضافة الى ضعف الخاصية الشعرية في التربة المزيجية الرملية مقارنة بباقي أنواع الترب.



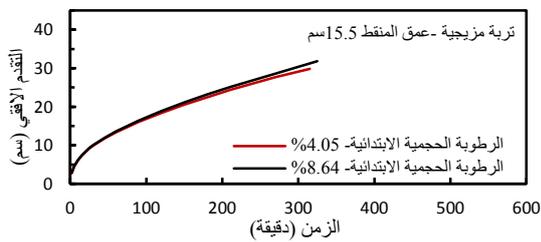
الشكل (11): تقدم جبهة الابتلال لعمق منقط 36 سم وثلاثة ترب.

ويوضح كل من الأشكال (12, 13, 14) تغير كل من التقدم الأفقي والعمودي نحو الأعلى والأسفل لجبهة الابتلال مع الزمن والمخمن من المعادلة (2) لعمق المنقط 15.5 سم والمعادلة (3) لعمق المنقط 36 سم، ولكل من التربة المزيجية الطينية الغرينية والتربة المزيجية والتربة المزيجية الرملية وبرطوبة حجمية ابتدائية (6%)، 4.05%، 3.15% لكل منها على التوالي، مع حجم ماء مضاف مقداره 900 سم مكعب/سم. تبين هذه الأشكال وعند زمن معين أن معدل تقدم جبهة الابتلال يتناقص في جميع الاتجاهات مع زيادة عمق المنقط من 15.5 سم إلى 36 سم وهذا يتوافق مع نتائج [15]، وبسبب ذلك هو ان الزمن معين حدث انخفاض في تصريف المنقط تزامناً مع زيادة عمقه وحسب ماتم مناقشته سابقاً في الفقرة (1.4) بالإضافة إلى أن استمرار تقدم الماء في الاتجاه العمودي نحو الأعلى (لعدم وصوله إلى سطح التربة) تحت تأثير الخاصية الشعرية قد أثر على سرعة التقدم في الاتجاهات الأخرى. ولكامل حجم الماء المضاف تبين هذه الأشكال أن مسافة تقدم جبهة الابتلال في الاتجاهين الأفقي والعمودي نحو الأسفل انخفضت تزامناً مع زيادة عمق المنقط من 15.5 سم إلى 36 سم، حيث ان وصول الماء الى سطح التربة عند عمق المنقط 15.5 سم أدى الى زيادة ملحوظة لسرعة ومسافة انتشاره بالاتجاه الأفقي مع حدوث زيادة بدرجة أقل من ذلك في الاتجاه العمودي نحو الأسفل وهذه النتائج تتوافق مع نتائج [4], [5], [16], [12]. أن زيادة عمق المنقط من 15.5 سم الى 36 سم في مقاطع التربة المزيجية الطينية الغرينية قد أدى الى زيادة كبيرة في الزمن اللازم لإضافة نفس حجم الماء (900 سم مكعب/سم) مقارنة بباقي الترب أي بمعنى ان حجم الماء المضاف الى مقد التربة عند زمن معين يقل بزيادة

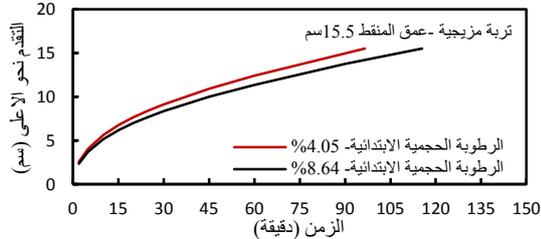
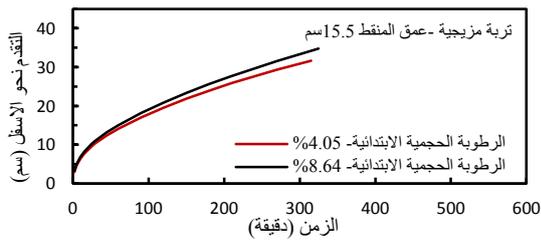


الشكل (15): تقدم جبهة الابتلال لترربة مزيجية طينية غرينية رطوبتها الحجمية الابتدائية 6% و 13.3% وعمق منقط 15.5سم.

الشكل (14): تقدم جبهة الابتلال لترربة مزيجية رملية رطوبتها الحجمية الابتدائية 3.15% وعمق منقط 15.5سم و 36سم.



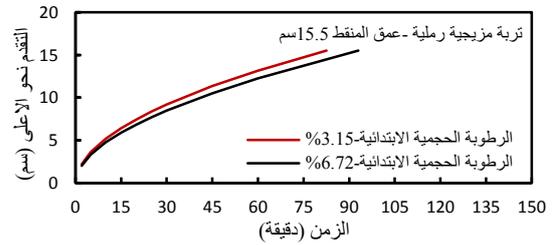
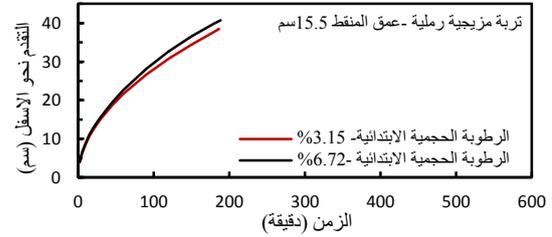
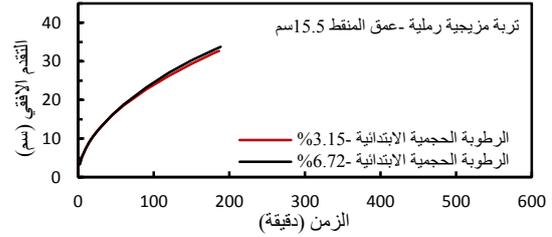
ويوضح كل من الأشكال (15, 16, 17) تغير التقدم الأفقي والعمودي نحو الأعلى والأسفل لجبهة ابتلال التربة مع الزمن منذ بداية إضافة الماء لكل من الترب الثلاثة والمخمن من المعادلة (2) لعمق المنقط 15.5سم، وحجم ماء مضاف مقداره 900سم مكعب/سم، وللمستويين للرطوبة الحجمية الابتدائية (6%, 13.3%) للتربة المزيجية الطينية الغرينية، و(4.05%, 8.64%) للتربة المزيجية، و(3.15%, 6.72%) للتربة المزيجية الرملية. تبين هذه الأشكال وعند زمن معين أن معدل تقدم جبهة الابتلال في الاتجاه الأفقي والعمودي نحو الأسفل ازدادت بزيادة الرطوبة الابتدائية للتربة، بينما كان العكس من ذلك فيما يخص سرعة ومسافة التقدم العمودي نحو الأعلى للترب الثلاثة، حيث انخفض معدل التقدم نحو الأعلى بزيادة الرطوبة الابتدائية للتربة كون التقدم العمودي نحو الأعلى يعتمد بالدرجة الأساس على جهد الشد وهذه الجهد يقل تزامناً مع زيادة رطوبة التربة بالإضافة الى ان تصريف المنقط ينخفض بزيادة الرطوبة الابتدائية للتربة وحسب ماتم مناقشته في الفقرة (1.4) فيقل بذلك حجم الماء المضاف الى التربة عند زمن معين بزيادة الرطوبة الابتدائية لها ويؤدي الى انخفاض معدل التقدم. ولكامل حجم الماء المضاف تبين أن أبعاد نمط الابتلال في الاتجاهين الأفقي والعمودي نحو الأسفل ازدادت بزيادة الرطوبة الابتدائية للتربة وكانت الزيادة الأكبر في الاتجاه العمودي نحو الاسفل وهذا يوافق مع نتائج [5],[7],[16] كون مقدار الزيادة في الرطوبة الابتدائية للتربة قد شغل حيز اضافي من حجم الفراغات وهذا ساعد على انتشار اكبر لنفس حجم الماء المضاف، بالإضافة الى ان إضافة نفس حجم الماء الى تربة ذات رطوبة ابتدائية أعلى قد استغرق زمن أكبر وهذا أدى الى مشاركة أكبر لعمل مركبة قوى الشد الشعري بالاتجاه الأفقي ومساهمة أكبر مع قوى الجذب الأرضي في حركة الماء في الاتجاه العمودي نحو الأسفل ويظهر ذلك بوضوح في مقاطع الترب الناعمة.



الشكل (16): تقدم جبهة الابتلال لترربة مزيجية رطوبتها الحجمية الابتدائية 4.05% و 8.64% وعمق منقط 15.5سم.

المصادر

- [1] E. K. Kanda, A. Senzanje, and T. Mabhaudhi, "Soil water dynamics under Moistube irrigation", *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 115, 2020.
- [2] C. R. Camp and F. R. Lamm, "Irrigation systems, subsurface drip", *Encyclopedia of Water Science*, pp. 560–564, 2003.
- [3] A. A. M. Al-Ogaidi, W. Aimrun, M. K. Rowshon, and A. F. Abdullah, "WPEDIS – Wetting Pattern Estimator under Drip Irrigation Systems", *Int. Conf. Agric. Food Eng.*, Issue: August, pp. 198–203, 2016.
- [4] N. K. Al-Mefleh and M. Abu-Zreig, "Field Evaluation of Arid Soils Wetting Pattern in Subsurface Drip Irrigation Scheme", *Clean - Soil, Air, Water*, Vol. 41, Issue: 7, pp. 651–656, 2013.
- [5] Y. W. Fan, N. Huang, J. Zhang, and T. Zhao, "Simulation of soil wetting pattern of vertical moistube-irrigation", *Water*, Vol. 10, Issue: 5, 2018.
- [6] Y. Cai, X. Zhao, P. Wu, L. Zhang, D. Zhu, and J. Chen, "Effect of Soil Texture on Water Movement of Porous Ceramic Emitters: A Simulation Study", *Water*, Vol. 11, Issue: 1, 2019.
- [7] J. Zhang, W. Niu, L. Zhang, L. Shi, and Z. Wu, "Effects of soil initial water content on line-source infiltration characteristic in moistube irrigation", *Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering*, Vol. 32, Issue: 1, pp. 72–79, 2014.
- [8] R. G. Reyes-Esteves and D. C. Slack, "Modeling Approaches for Determining Appropriate Depth of Subsurface Drip Irrigation Tubing in Alfalfa", *J. Irrig. Drain. Eng.*, Vol. 145, Issue: 10, 2019.
- [9] N. Lazarovitch, U. Shani, T. L. Thompson, and A. W. Warrick, "Soil hydraulic properties affecting discharge uniformity of gravity-fed subsurface drip irrigation systems", *J. Irrig. Drain. Eng.*, Vol. 132, Issue: 6, pp. 531–536, 2006.
- [10] U. Shani, S. Xue, R. Gordin-Katz, and A. W. Warrick, "Soil-limiting flow from subsurface emitters. I: Pressure measurements", *J. Irrig. Drain. Eng.*, Vol. 122, Issue: 5, pp. 291–295, 1996.
- [11] W. Fan and G. Li, "Effect of soil properties on Hydraulic characteristics under subsurface drip irrigation", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 121, Issue: 5, 2018.
- [12] S. A. Amin, A. U. Ibrahim, N. A. Abubakar, and H. A. Isah, "Effect of Dripper Discharge on Soil Wetting Pattern of a Subsurface Drip Irrigation System", *J. Sci. Eng. Res.*, Vol. 6, Issue: 1, pp. 206–211, 2019.
- [13] S. Elmaloglou and E. Diamantopoulos, "Simulation of soil water dynamics under subsurface drip irrigation from line sources", *Agric. Water Manag.*, vol. 96, Issue: 11, pp. 1587–1595, 2009.
- [14] X. Mei, Z. Shen, J. Ren, and Z. Wang, "Effects of dripper discharge and irrigation amount on soil-water dynamics under subsurface drip irrigation", in *Advanced Materials Research*, Vol. 347–353, pp. 2400–2403, 2012.
- [15] J. Ren and Z.-Z. Shen, "Experimental Research on Capillary Depth to Soil Water Transport under Line Source Permeation of SDI", *International Conference on Management and Service Science*, pp. 1–4, 2009.
- [16] Y. Cai, P. Wu, L. Zhang, D. Zhu, J. Chen, and S. Wu, "Simulation of soil water movement under subsurface irrigation with porous ceramic emitter", *Agric. Water Manag.*, vol. 192, pp. 244–256, 2017.



الشكل (17): تقدم جبهة الابتلال لثربة مزيجية رملية رطوبتها الحجمية الابتدائية 3.15% و 6.72% وعمق منقط 15.5 سم.

5. الاستنتاجات

من خلال تحليل البيانات ومناقشة نتائج التجارب المختبرية التي تم اجراءها، فقد تم التوصل الى العديد من الاستنتاجات تحت الفرضيات والمحددات التي اعتمدها هذه الدراسة.

1- تم استنباط علاقة تجريبية لتخمين قيمة التصريف الفعلي للمنقط (q) تحت سطح التربة، وذلك بإيجاد قيمة التصريف كدالة لكل من: الزمن منذ بداية إضافة الماء وعمق المنقط والرطوبة الابتدائية ومعدل الارتشاح الأساس للتربة وبالصيغة المبينة في المعادلة (1).
2- تم استنباط علاقة تجريبية لتخمين مسافة تقدم جبهة الابتلال في جميع الاتجاهات (لنصف نمط الابتلال الأيمن باعتبار نمط الابتلال متناظر حول المحور العمودي) لمصدر تنقيط خطي تحت السطح ولكل من عمق المنقط الضحل 15.5 سم حيث يصل الماء الى السطح وعمق المنقط 36 سم حيث لا يصل الماء الى السطح كدالة لكل من: الزمن منذ بداية إضافة الماء وزاوية الميل عن المحور العمودي والرطوبة الابتدائية ومعدل الارتشاح الأساس للتربة وتصريف المنقط الفعلي، وبالصيغة المبينة في المعادلتين (2) و (3) وتم الحصول على توافق عالٍ بين القيم المرصودة مختبرياً والقيم المحسنة من المعادلات (1) و (2) و (3).

3- ان تصريف المنقط ينخفض تدريجياً مع استمرار زمن الإضافة ويزداد مقدار هذا الانخفاض بزيادة نسبة محتوى الطين ضمن مكونات التربة أو عمق المنقط أو الرطوبة الابتدائية للتربة.

4- يزداد حجم التربة المبتل مع زيادة الرطوبة الحجمية الابتدائية للتربة أو عمق المنقط من 15.5 سم الى 36 سم بينما يقل بزيادة نسبة محتوى الطين فيها وذلك لحجم ثابت من الماء المضاف.

5- ان نسبة التقدم الأفقي الى التقدم العمودي نحو الاسفل تقل بزيادة الرطوبة الابتدائية للتربة وعمق المنقط، بينما تزداد هذه النسبة مع زيادة نسبة محتوى الطين في التربة ولحجم محدد من الماء المضاف.

Modelling of Wetting Front Advance and Discharge Change of Subsurface Line Source

Abdulghani Kh. Mohammed
alrobaai1982@gmail.com

Entesar M. Ghazal
e.gazzal@uomosul.edu.iq

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

ABSTRACT

Sub-drip irrigation is one of the most important and the latest high-performance irrigation systems that are characterized by a high ability to reduce losses of deep percolation and evaporation from the soil surface. Twelve laboratory experiments were carried out to study the effect of soil texture, dripper depth and initial water content on the wetting pattern, dripper discharge. Further, non-linear regression approach was applied to predict empirical relationships for estimation the wetting pattern dimensions and actual dripper discharge. The results showed a significant match between the observed and estimated values of the wetting front advance and the dripper discharge change. At a specific volume of water application, the size of wetting soil increased (8-20%) with the initial water content increase and (2.5-6.25%) with dripper depth increase and this size decreased (4.5-36%) with the clay content increase. The rate of vertical upward advance decreased with increasing the initial water content. The dripper discharge gradually decreased with the continuation of water application due to positive pressure increase at the dripper opening, and this decrease increased with increasing dripper depth, clay content and the initial water content of the soil.

Keywords:

Wetting pattern; initial water content; subsurface drip; dripper discharge; soil infiltration.