IRAQI Academic Scientific Journals

**Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ)**
Vol.25, No.2, December 2020, pp. 84-92

ISSN (Print) 1813-0526;
ISSN (Online) 2220-1270

# نمذجة تقدم جبهة الابتلال وتغير التصريف لمصدر تنقيط خطي تحت السطح

**عبدالغني خلف محمد**
alrobaai1982@gmail.com

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

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم هندسة السدود والموارد المائية

تاريخ الاستلام: 31/5/2020 تاريخ القبول: 3/8/2020

***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 اجراء إثني عشر فحصاً مختبرياً لدراسة تأثير تغير 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 أزداد 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 أنخفض تدريجياً مع استمرار الإضافة بسبب تزايد الضغط الموجب عند فتحة المنقط، وأزداد 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

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 مباشرةً من خلال ريات قليلة العمق ومتكررة تعمل على أبقاء رطوبة التربة ضمن المنطقة الجذرية قريبة من السعة الحقلية مع توفير سطح تربة اكثر جفافاً وهذا يساعد على تقليل فواقد التبخر والجريان السطحي بالإضافة إلى تسهيل حركة المكائن في الحقل وإطالة عمر أجزاء منظومة التنقيط[2]. إن أحد الجوانب المهمة لتصميم أنظمة الري بالتنقيط هو تحديد ابعاد نمط الابتلال، أذ يرتبط اختيار التباعد المناسب بين المنقطات والمسافة المناسبة بين الخطوط الجانبية بأبعاد نمط الابتلال[3]. ويتاثر 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 أختيار عمق كبير نسبياً للمنقط لتجنب ظهور الماء على سطح التربة أو بالقرب منه [8]. وينصح غالباً باستخدام منقطات بتصاريف قليلة لإضافة الماء 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 الى تأثيرها على تغير تصريف المنقط.

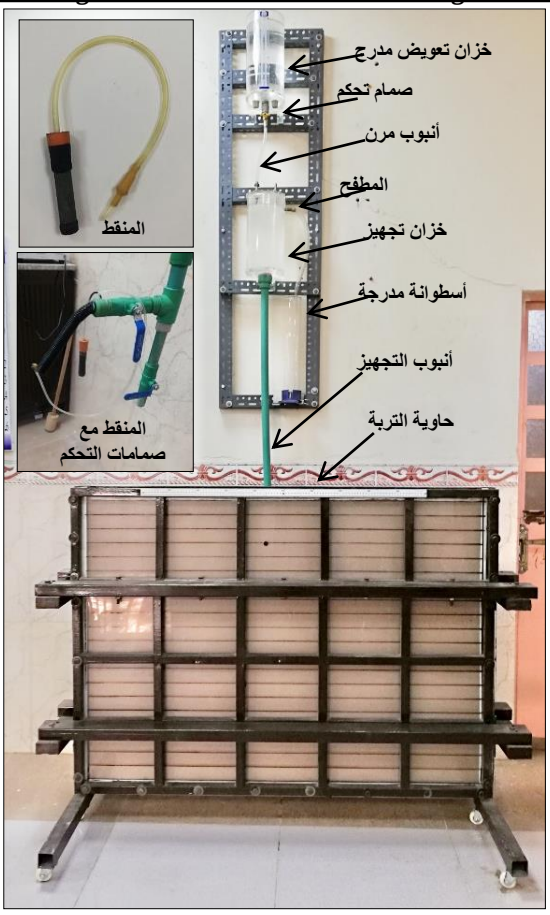
## 2. التجارب المختبرية

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 أجراء فحص الغيض الأسطواني لتحديد معدل الغيض الاساس للترب المستخدمة، بالإضافة الى تحديد نسجة كل تربة باستخدام طريقة التحليل المنخلي والهايدروميتر. شمل العمل المختبري أجراء 12 فحصاً باستخدام ثلاث ترب مختلفة النسجة وبمستويين للرطوبة الحجمية الابتدائية، فضلاً عن أختيار عمقين للمنقط، يوضح الجدول (1) خلاصة الفحوصات المختبرية. جهاز التجربة عبارة عن صندوق حديدي على شكل متوازي مستطيلات مفتوح من الأعلى وبأبعاد داخلية (الطول 140سم، 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 البلاستك الشفاف بسمك 9ملم يتم من خلالها السيطرة على رص



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

طبقات التربة ومتابعة تقدم جبهة الابتلال عند الازمنة المختارة. يتم رص التربة في الحاوية على شكل طبقات متساوية السمك (5سم بعد الرص)، حيث تمَّ تحديد الكتلة اللازمة لكل طبقة مسبقاً وتعبئتها بأكياس اعتمادا 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 أجراء 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 البلاستك الشفاف بقطر 14 سم وسعة 4000 سم مكعب ويحتوي على فتحة لخروج الهواء في سقفه ومطفح 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 "المطفح" إلى أسطوانة مدرجة لقياس حجمه عند ازمنة القياس المحددة، أما المنقط فهو تركيب أسطواني عالي المسامية غير قابل للانسداد بطول 5.5 سم، وقطر خارجي 1.6 سم وبتصريف اسمي 4.85 سم مكعب /دقيقة/سم عند شحنة ضغط تشغيلية ثابتة مقدارها 130سم مقاسة من سطح الماء في خزان التجهيز عند المطفح المائي الى مركز موقع تثبيت المنقط، ويكون المنقط ملامساً 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 أضافة 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.



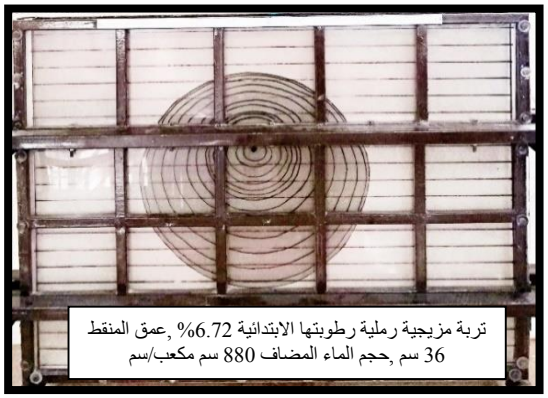

الشكل (1): حاوية التربة مع مقد التربة ومنظومة إضافة الماء.

الجدول (1): خلاصة الفحوصات المختبرية.

| نسجة التربة | كثافة ظاهرية (غم/سم مكعب) | معدل الغيض الأساس (ملم/ساعة) | رطوبة حجمية أبتدائية (%) | عمق منقط (سم) | حجم ماء مضاف (سم مكعب/سم) |
|---|---|---|---|---|---|
| مزيجية طينية غرينية | 1.33 | 9.78 | %6.0 | 15.5 | 880 |
| | | | | 36.0 | |
| | | | %13.3 | 15.5 | |
| | | | | 36.0 | |
| مزيجية | 1.35 | 11.60 | %4.05 | 15.5 | |
| | | | | 36.0 | |
| | | | %8.64 | 15.5 | |
| | | | | 36.0 | |
| مزيجية رملية | 1.40 | 22.66 | %3.15 | 15.5 | |
| | | | | 36.0 | |
| | | | %6.72 | 15.5 | |
| | | | | 36.0 | |



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (2): أنماط ابتلال لحالات مختلفة.

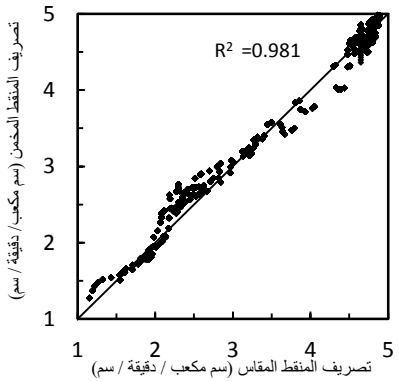
### 3. النتائج والتحليل

استخدمت قيم تصاريف 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 المنقط 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 الأتية:-

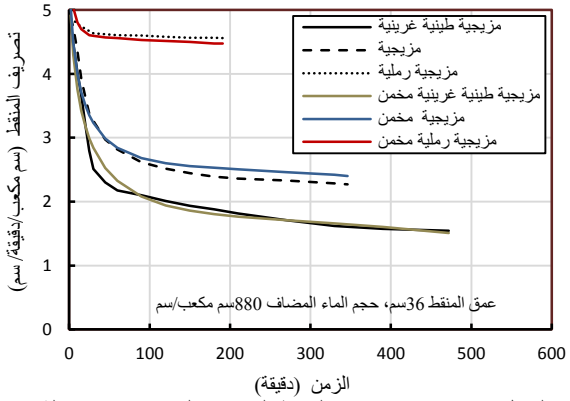
$$q = \frac{-2.077 * Ib * T - 4.1\Theta i + T^{0.708} d^{-0.1} \Theta i^{1.006} Ib^{0.488}}{(0.237\ \Theta i) + (Ib * \Theta i) - (1.808T^{0.462}) + 6.84}$$

.....1 $R^2$=0. 981.....

يوضح الشكل (3) المقارنة بين القيم المقاسة مختبرياً والمخمنة من المعادلة (1) بالإضافة إلى معامل الارتباط $R^2$. بينما يوضح الشكل (4) تصريف المنقط (الفعلي) المقاس مختبرياً والمخمن لتربة مزيجية طينية غرينية وتربة مزيجية 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 مختبريا والمخمنة 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 المخمنة والمقاسة لتصريف المنقط.

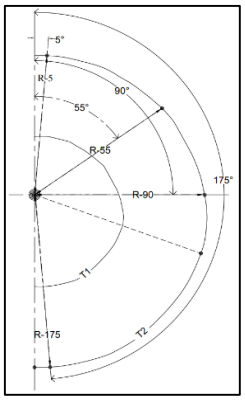



الشكل (4): تغير تصريف المنقط المقاس والمخمن من معادلة (1).



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ولأجل تهذيب البيانات المختبرية بما يتلائم مع سهولة وشمولية توضيح تأثير العوامل المتداخلة والمؤثرة على تقدم جبهة الابتلال، فقد تمَّ التعبير عن مسافة التقدم بنموذجين تجريبيين وبمعامل تحديد $R^2$ عالٍ جداً، ويمكن من خلالهما تخمين نمط الابتلال تحت تأثير العوامل المختلفة موضع الدراسة. اذ استخدمت البيانات المختبرية في استنباط نموذجين لتخمين نمط ابتلال التربة في جميع الاتجاهات خلال طور توزيع الرطوبة، الأول لعمق المنقط الضحل 15.5سم حيث يظهر الماء على سطح التربة والثاني لعمق المنقط الأكبر 36سم 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 أوL) 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 ($\Theta\Delta$=5°) 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 الايمن من نمط الابتلال (باعتبار انتشار ماء الري متماثل 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 الزمن (q سم مكعب/دقيقة/سم) والمخمن من المعادلة (1). وتم التعبير عن البعد بين مصدر التنقيط تحت السطح وجبهة الابتلال لعمق المنقط الضحل 15.5سم حيث يصل الماء إلى سطح التربة (R) و(L) لعمق المنقط 36سم حيث لا يصل الماء إلى سطح التربة خلال طور الترطيب بالصيغ الأتية: -

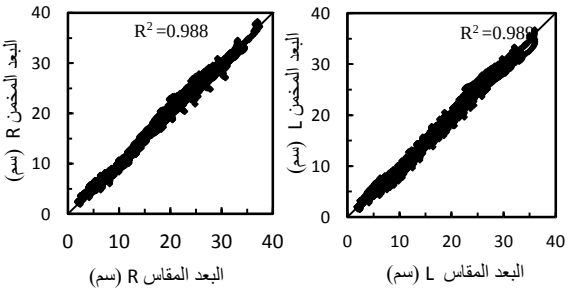
$$R = \frac{31.867T^{0.498}(1.54+\Theta)^{1.148}\Theta i^{-0.093}Ib^{0.719}q^{0.436}}{(0.005+\Theta i)^{-0.323}(0.05+\Theta)+(197.356Ib)} - 0.43$$

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

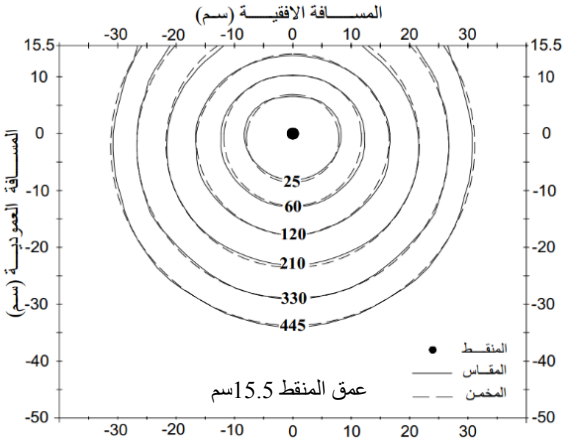
$$L = \frac{40.673T^{0.487}(1.54+\Theta)^{1.205}\Theta i^{-0.1}Ib^{0.727}q^{0.428}}{(0.005+\Theta i)^{-0.423}(0.05+\Theta)+(249.952Ib)} - 0.596$$

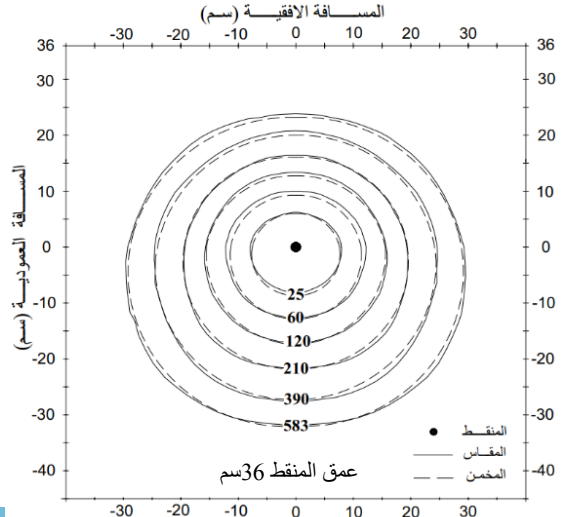
.....3. $R^2$=0.989....

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 العالي بين القيم المقاسة والمخمنة فقد تم اعتماد المعادلة (2) في تخمين البعد من مصدر التنقيط إلى جبهة الابتلال( R سم) لعمق المنقط 15.5سم، والمعادلة (3) في تخمين البعد من مصدر التنقيط إلى جبهة الابتلال (L سم) لعمق المنقط 36سم، 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 بأستخدام 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 (2و3) لبعد جبهة الابتلال عن المنقط لعمق 15.5سم و36سم.



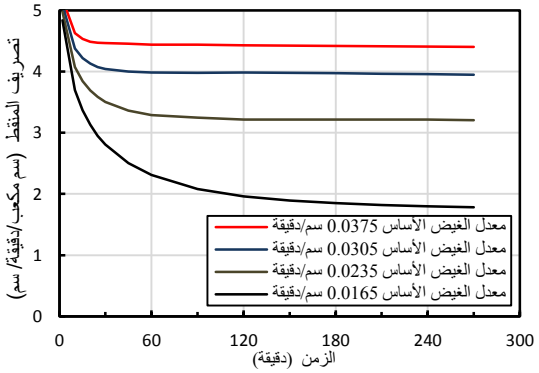



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

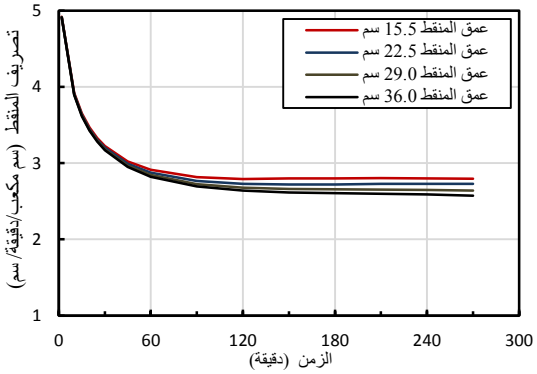
الشكل (7): نمط الابتلال المقاس مختبرياً والمخمن لمصدر تنقيط خطي تحت السطح بعمق 15.5سم و36سم، في تربة مزيجية طينية غرينية رطوبة الحجمية ألابتدائية 13.3%.

## 4. المناقشة

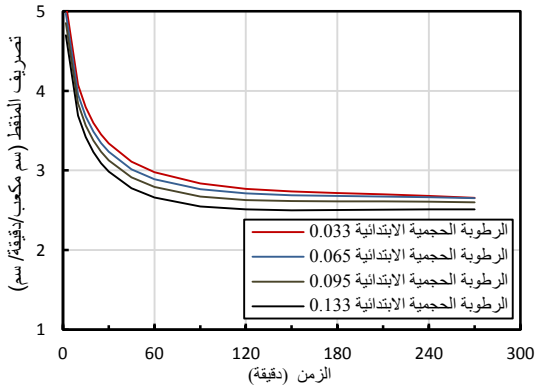
**1.4 تغير تصريف المنقط:** استخدمت نتائج المعادلة (1) لرسم الأشكال (8 و9 و10). حيث يعرض الشكل (8) تغير تصريف المنقط مع الزمن لمصدر تنقيط خطي تحت السطح ولأربعة ترب بمعدلات غيض أساس(مفترض) (0.0165, 0.0235, 0.0305, 0.0375 سم/دقيقة)، ورطوبة ابتدائية حجمية (مفترضة) 8%، ولعمق منقط (مفترض) 30 سم، وزمن تشغيلي مقداره 270 دقيقة، ويتبين من خلال الشكل أن لتغيرمعدل الغيض الاساس تأثير كبير على تصريف المنقط، إذ يتناسب مقدار الانخفاض في تصريف المنقط عكسياً مع قابلية غيض التربة لذا يكون مقدار الانخفاض كبيراً في الترب الناعمة ذات معدلات الغيض المنخفضة مقارنة مع الترب الخشنة لأن أرتفاع نسبة محتوى الطين في التربة الناعمة يقلل من حجم الفراغات ويزيد من صعوبة انتشار الماء فيزداد الضغط الموجب ويقل تصريف المنقط وهذا يتوافق مع نتائج [6], [10]. ويعرض الشكل (9) تغير تصريف المنقط مع الزمن ولأربعة أعماق(مفترضة) (15.5, 22, 29, 36سم)، في تربة ذات معدل غيض أساس(مفترض) 0.02 سم/دقيقة، ورطوبة حجمية ابتدائية(مفترضة) 8%، ولزمن تشغيلي مقداره 270 دقيقة. ويبين الشكل أن تأثير زيادة عمق المنقط على مقدار انخفاض تصريف 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 الى 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 تصريف المنقط يكون واضح في بداية زمن إضافة الماء ويتلاشى هذا التأثير تدريجياً مع زيادة زمن الإضافة، وهذا يتوافق مع نتائج[11].




الشكل (8): تأثير تغيرمعدل الغيض الاساس على تغير تصريف المنقط.




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



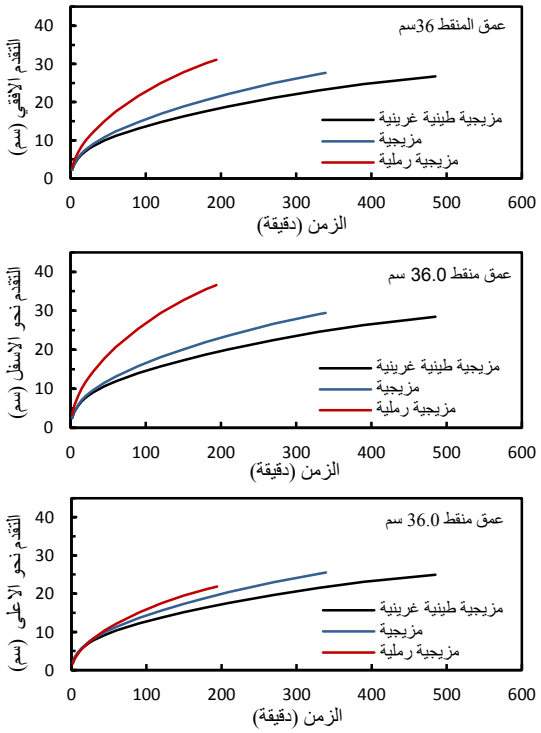

الشكل (10): تأثير الرطوبة الابتدائية على تغير تصريف المنقط.

**2.4 تقدم جبهة الابتلال:** نظراً للتوافق الكبير بين القيم المرصودة مختبرياً والمخمنة من العلاقات التجريبية التي تم استنباطها فقد اعتمدت هذه العلاقات لتوضيح تأثير تغير كل من نسجة التربة والمحتوى الرطوبي الحجمي الابتدائية وعمق المنقط على تقدم جبهة الابتلال انطلاقاً من موقع المنقط وبالاتجاهات الأفقي والعمودي نحو الأعلى والاسفل لمصدر تنقيط خطي تحت السطح خلال طور الترطيب، أذ تم اعتماد المعادلة (1) لتخمين التصاريف الفعلية للمنقط عند الأزمنة المختارة ومن ثم ادخال هذه القيم ضمن متغيرات المعادلة (2) لعمق المنقط 15.5سم والمعادلة (3) لعمق المنقط 36سم لغرض تخمين مسافة تقدم جبهة الابتلال عند تلك الازمنة. 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 وتربة مزيجية رملية وبرطوبة حجمية ابتدائية (6%, 4.05%, 3.15%) وعلى التوالي، مع حجم ماء مضاف 900سم مكعب/سم، وعمق منقط 36 سم. تبين هذه الأشكال وعند زمن معين أنّ أكبر معدل لتقدم جبهة الابتلال يكون في التربة المزيجية الرملية وفي جميع الاتجاهات بينما تكون قيمها الأقل في التربة المزيجية الطينية الغرينية، وذلك لأتساع حجم الفراغات البينية في التربة المزيجية الرملية وانخفاض تأثير الضغط الموجب حول المنقط بالإضافة الى انخفاض سعة حفظ الماء فيها أدى ذلك الى سرعة انتشارالماء 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 اقل 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 الترب الثلاثة أقل من مسافة تقدمها الافقي والعمودي نحو الأسفل كون التقدم العمودي نحو الأعلى معتمد



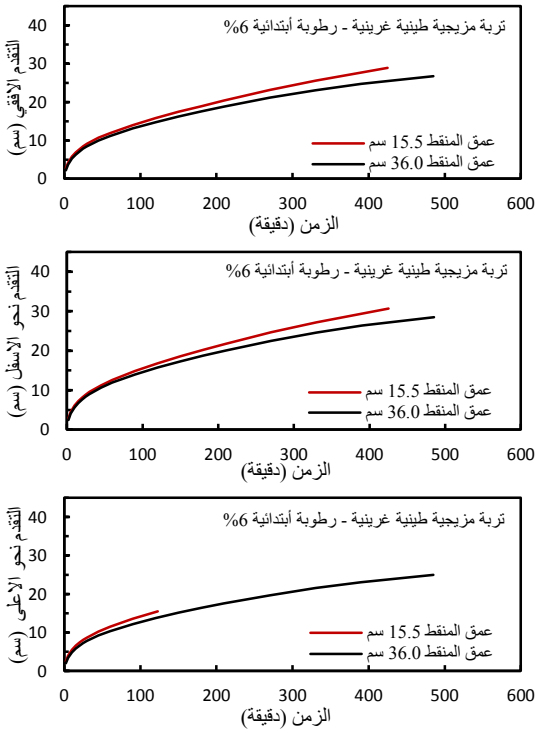
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

على قوى الشد السطحي بشكل أساس وهي قليلة مقارنةً بقوى الجذب الأرضي وقوى الشد السطحي وباقي القوى المحركة للماء بالاتجاهين الافقي والعمودي نحوالاسفل ويظهر ذلك بوضوح في مقاطع التربة المزيجية الرملية وهذا متوافق مع نتائج [13],[14]. كما يلاحظ أن مسافة تقدم جبهة الابتلال نحوالأعلى 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 مقارنةً بباقي انواع الترب.

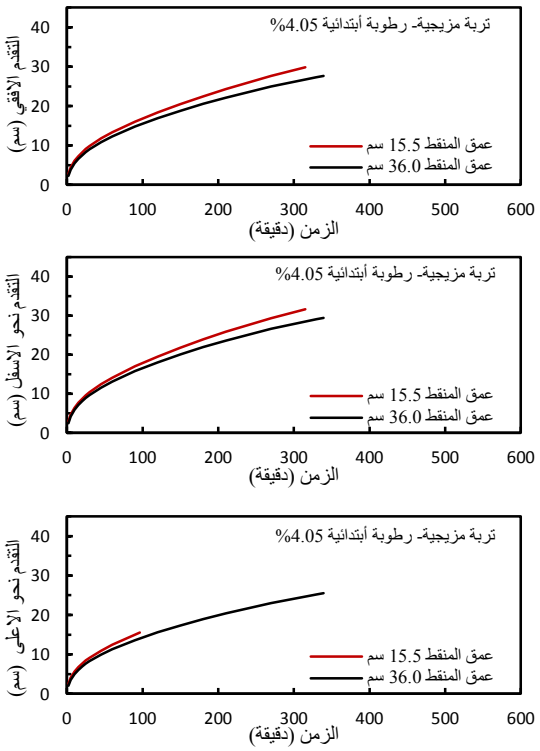



الشكل (11): تقدم جبهة الابتلال لعمق منقط 36سم ولثلاثة ترب.

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 15.5سم والمعادلة (3) لعمق المنقط 36سم، 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 15.5سم إلى 36سم وهذا يتوافق مع نتائج[15]، وسبب ذلك هو ان لزمن 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 الاشكال أن مسافة تقدم جبهة الابتلال في الاتجاهين الأفقي والعمودي نحو الأسفل انخفضت تزامناً مع زيادة عمق المنقط من 15.5سم إلى 36سم، حيث ان وصول الماء الى سطح التربة عند عمق المنقط 15.5سم أدى الى زيادة ملحوظة لسرعة ومسافة انتشاره بالاتجاه الافقي مع حدوث زيادة بدرجة اقل من ذلك في الاتجاه العمودي نحو الاسفل وهذه النتائج تتوافق مع نتائج [4], [5], [16], [12]. أن زيادة عمق المنقط من 15.5سم الى 36سم في مقاطع التربة المزيجية الطينية الغرينية قد أدى الى زيادة كبيرة في الزمن اللازم لاضافة نفس حجم الماء (900 سم مكعب/سم) مقارنة بباقي الترب أي بمعنى ان حجم الماء المضاف الى مقد التربة عند زمن معين يقل بزيادة عمق المنقط وهذا أدى الى تباطى تقدم جبهة الابتلال بشكل ملحوظ مقارنة مع تقدمها في التربة المزيجية والتربة المزيجية الرملية.



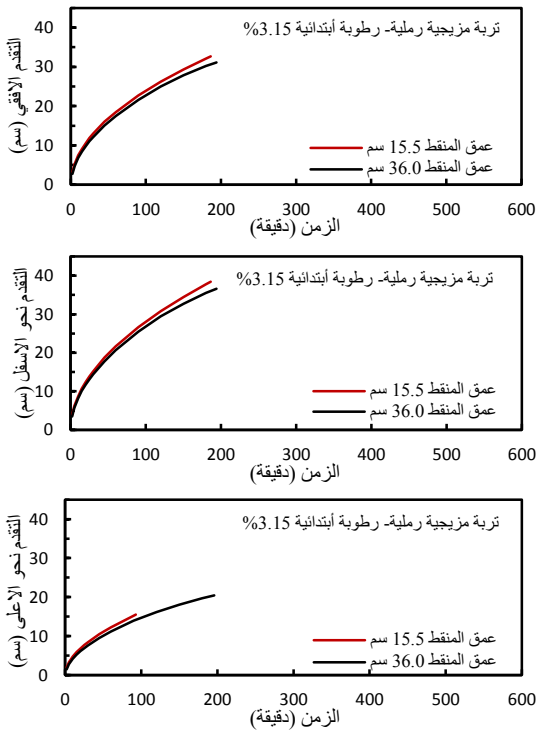

الشكل (12): تقدم جبهة الابتلال لتربة مزيجية طينية غرينية رطوبتها الحجمية الابتدائية 13.3% ولعمقي المنقط 15.5 و36سم.




الشكل (13): تقدم جبهة الابتلال لتربة مزيجية رطوبتها الحجمية الابتدائية 8.64% وعمق منقط 15.5سم و36سم.

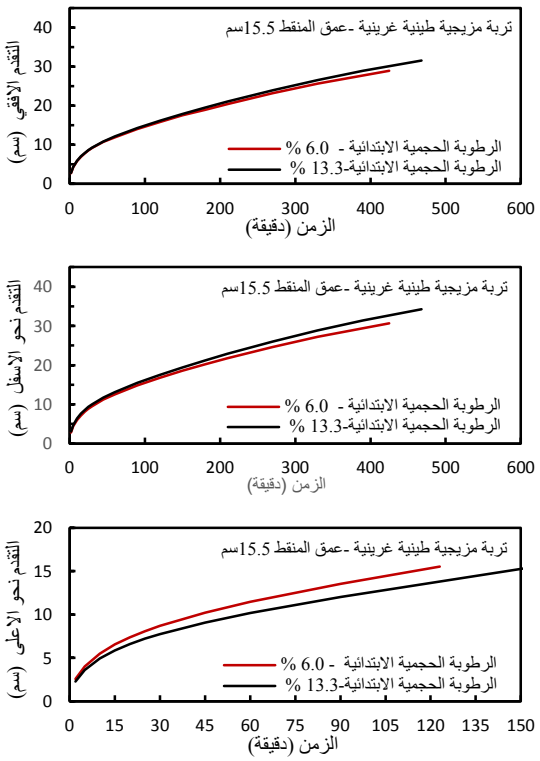


المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

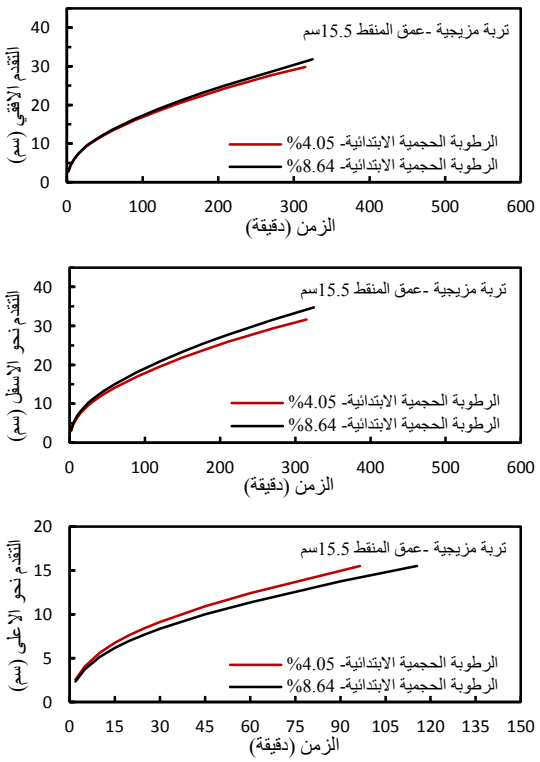



الشكل (14): تقدم جبهة الابتلال لتربة مزيجية رملية رطوبتها الحجمية الابتدائية 3.15% وعمق منقط 15.5سم و36سم.

ويوضح كل من الأشكال (15, 16, 17) تغيرالتقدم الأفقي والعمودي نحو الأعلى والأسفل لجبهة ابتلال التربة مع الزمن منذ بداية إضافة الماء لكل من الترب الثلاثة والمخمن من المعادلة (2) لعمق المنط 15.5سم، وحجم ماء مضاف مقداره 900سم مكعب/سم، ولمستوين 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 أنّ 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 الاعلى 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 مقدارالزيادة في الرطوبة الابتدائية للتربة قد شغل حيز أضافي من حجم الفراغات وهذا ساعد على انتشار اكبر لنفس حجم الماء المضاف، بالإضافة الى ان إضافة نفس حجم الماء الى تربة ذات رطوبة أبتدائية أعلى قد استغرق زمن أكبر وهذا أدى الى مشاركة أكبر لعمل مركبة قوى الشد الشعري بالإتجاه الافقي ومساهمة أكبر مع قوى الجذب الأرضي في حركة الماء في الاتجاه العمودي نحو الأسفل ويظهر ذلك بوضوح في مقاطع الترب الناعمة.



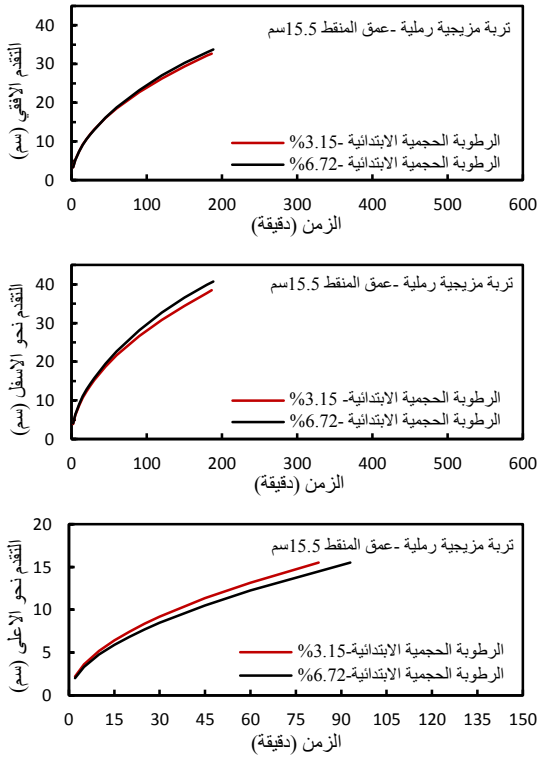

الشكل (15): تقدم جبهة الابتلال لتربة مزيجية طينية غرينية رطوبتها الحجمية الابتدائية 6% و13.3% وعمق منقط15.5سم.




الشكل (16): تقدم جبهة الابتلال لتربة مزيجية رطوبتها الحجمية الابتدائية 4.05% و8.64% وعمق منقط15.5سم.



المنارة للاستشارات
www.manaraa.com




الشكل (17): تقدم جبهة الابتلال لتربة مزيجية رملية رطوبتها الحجمية الابتدائية 3.15% و6.72% وعمق منقط15.5سم.

## 5.الاستنتاجات

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

1-تم استنباط علاقة تجريبية لتخمين قيمة التصريف الفعلي للمنقط (q) تحت سطح التربة، وذلك بايجاد 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 بأعتبار نمط الابتلال متناظر حول المحور العمودي) لمصدر تنقيط خطي تحت السطح ولكل من عمق المنقط الضحل 15.5سم حيث يصل الماء الى السطح وعمق المنقط 36سم حيث لايصل 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 المخمنة من المعادلات (1) و(2) و(3).

3-ان تصريف المنقط ينخفض تدريجياً مع استمرارزمن الإضافة ويزداد مقدار هذا الانخفاض بزيادة نسبة محتوى الطين ضمن مكونات التربة أوعمق المنقط أوالرطوبة الابتدائية للتربة.

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

5-ان نسبة التقدم الافقي 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.

## 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




المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

# 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.*



www.manaraa.com