

نمذجة أنماط الابتلال تحت مصدر تنقيط خطي مدفون في تربة طباقية

أحمد علي محمد العكدي
a.alogaidi@uomosul.edu.iq

يونس محمد حسن
Y.alhadidi@uomosul.edu.iq

منى عبد الكريم محمد
muna.enp99@student.uomosul.edu.iq

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم هندسة السدود والموارد المائية

تاريخ القبول: 5/9/2021

تاريخ الاستلام: 28/6/2021

المخلص

تهدف الدراسة الى نمذجة أنماط الابتلال لمعد التربة المتجانس والطبائقي، وكذلك استنباط معادلة لتخمين معدل التصريف أثناء فترة التجهيز. شملت الدراسة اجراء 8 فحوصات مختبرية لمتابعة تقدم جبهة الابتلال مع الزمن في مقد تربة طبائقي ومتجانس. تم استخدام نوعين من الترب (مزيجية طينية غرينية ومزيجية رملية)، وتم تثبيت المنقط على عمق 45 سم تحت سطح التربة، وإعداد مقاطع الترب بتعاقبين مختلفين وتغيير موقع الحد الفاصل بين الترب (عند المنقط، أسفل المنقط ب 10 سم، فوق المنقط ب 10 سم). بينت النتائج وجود توافق جيد بين مسافات التقدم المقاسة والمخمنة بواسطة النموذج المقترح حيث تراوح معدل التحديد R2 بين 0.826 الى 0.989. كما أظهرت النتائج أن معدل تصريف المنقط ينخفض تدريجياً ويستمر بالانخفاض مع استمرار زمن التشغيل حتى يصل الى قيمة ثابتة تقريباً. ويزداد هذا الانخفاض بزيادة كل من نسبة محتوى الطين والكثافة الظاهرية للتربة وعمق المنقط والرطوبة الابتدائية. كما بينت النتائج أن أكبر مسافة لتقدم جبهة الابتلال في الاتجاهين الأفقي والعمودي كانت في مقاطع التربة المزيجية الرملية، بينما كانت أقل قيمة لها في مقاطع التربة المزيجية الطينية الغرينية ونفس زمن التشغيل. كما ساعد الحد الفاصل بين الطبقات على الانتشار الأفقي والعمودي خاصة عندما تم وضع التربة المزيجية الطينية الغرينية أسفل المنقط مما ساعد في انتشار المياه في الاتجاه الأفقي والعمودي نحو الأعلى.

الكلمات الدالة:

الري بالتنقيط تحت السطحي؛ نمط الابتلال؛ معادلات تجريبية؛ الترب الطباقية

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

يوفر الري بالتنقيط تحت السطح العديد من المزايا مقارنة بالري بالتنقيط السطحي، مثل تقليل فواقد التبخر من سطح التربة حيث يكون السطح جاف نسبياً، وكذلك القدرة على إيصال الماء والمغذيات مباشرة الى المنطقة الجذرية [1]. تستمر حركة المياه في التربة نتيجة الانحدارات الهيدروليكية خلال فترة إضافة الماء والتي تسمى بطور الترطيب وعند إيقاف إضافة الماء من المنقط يستمر الماء بالانتشار وهذا ما يسمى بطور إعادة توزيع الرطوبة [2]. إن حركة المياه داخل التربة ناتجة من قوى الشد الشعري في جميع الاتجاهات وقوى الجذب الأرضي الى الأسفل وبذلك فإن الترب الناعمة أكثر تأثراً بقوى الشد الشعري من الترب الخشنة والتي تتأثر بقوى الجذب الأرضي [3,4]. بعد نمط الابتلال من العوامل المهمة في تخطيط وإدارة أنظمة الري بالتنقيط تحت السطحي، حيث يلعب دوراً كبيراً في تحديد العمق المناسب لأنابيب التنقيط لإيصال الكمية المطلوبة من المياه الى المنطقة الجذرية. إن دفن المنقطات على عمق كبير قد يسبب فقد بالمياه بسبب التخلل العميق مما يؤدي إلى انخفاض توافر المياه في المنطقة الجذرية [5,6]. تأثير الري يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالتربة، حيث يؤثر التركيب المعقد للتربة، وخصوصاً التربة الطباقية على توزيع الرطوبة ونمو المحاصيل. حيث تم إجراء العديد من التجارب المختبرية والحقلية لمعرفة حركة المياه في طبقات التربة [7,8]. يؤثر قوام وسمك طبقات التربة على خصائص الارتشاح، حيث لا يمكن لجبهة الابتلال أن تدخل الى الطبقة السفلى حتى تنتشر رطوبة التربة في الطبقة العليا، خصوصاً عندما تكون الاصلالية الهيدروليكية للطبقة السفلى أكبر من تلك الموجودة في الطبقة العليا، وبذلك فإن واجهة الطبقة تعيق الارتشاح [9,10]. يتأثر تصريف المنقط المدفون بالخصائص الهيدروليكية للتربة، والتي يمكن أن تتسبب في اختلاف

2. مواد وطرق البحث

2.1. العمل المختبري

للحصول على بيانات توضح تأثير موقع المنقط على نمط الابتلال تم إجراء 8 فحوصات مختبرية لمتابعة تقدم جبهة الابتلال مع الزمن في مقد تربة طبائقي ومتجانس تحت مصدر تنقيط خطي تحت السطح. وقد تم استخدام حاوية حديدية على شكل متوازي مستطيلات مفتوحة من الأعلى وبأبعاد داخلية (الطول 140 سم، الارتفاع 100 سم، والعرض 5.5 سم)، الواجهة الامامية مصنوعة من لوح شفاف من اللدائن الصلب (بلاستيك) لمتابعة تقدم جبهة الابتلال، الواجهة الخلفية عبارة عن صفيحة حديدية. تم استخدام تربة مزيجية طينية غرينية وتربة مزيجية رملية وخصائص هاتان الترتبان موضحة في الجدول (1). تم في جميع التجارب تثبيت المنقط على عمق 45 سم تحت سطح التربة، وتم تهيئة مقد التربة الطبائقي على ثلاثة أنواع، الاول عندما يكون المنقط عند الحد الفاصل بين الطبقتين (أي أن الطبقة العلوية تكون بسمك 45 سم



الشكل (1): يوضح حاوية التربة مع منظومة إضافة الماء

2.2.2. تخمين أبعاد نمط الابتلال لمصدر تنقيط خطي تحت السطح
من خلال الفحوصات المختبرية وباستخدام برنامج الرسم الهندسي AutoCAD-2018، تم رسم أنماط الابتلال وجمع إحداثيات النقاط باعتماد نظام الإحداثيات القطبية (polar coordinates) للاستدلال على مواقع النقاط الواقعة على حافة جبهات الابتلال عند الأزمنة المختلفة، حيث يحدد موقع كل نقطة بمسافة تبعد عن مركز بصلة الابتلال وزاوية ميل عن المحور العمودي (β)، وتم تعيين النقاط عند موقع تقاطع أربعة وعشرون خط يمر بمركز بصلة الابتلال (موقع المنقط) وتتقاطع مع حافة جبهات الابتلال، أي بفاصلة زاوية مقدارها 15° بين الخطوط المتعاقبة. من خلال البرنامج الإحصائي SPSS وباستخدام طريقة تحليل الانحدار اللاخطي، تم استنباط نموذجين للتعبير عن مسافة التقدم للتربة المتجانسة والطباقية. تم استخدام البيانات المختبرية للنصف الأيمن من نمط الابتلال باعتبار انتشار المياه حول المحور العمودي متناظر.

3.2.2. المعايير الإحصائية لتقييم أداء النماذج التجريبية
تم استخدام التحليل الإحصائي للتحقق من دقة أداء النماذج التجريبية التي تم استنباطها لتخمين معدل التصريف الفعلي للمنقط (q) لتر/ساعة) في مقد التربة المتجانس والطباقي، ومسافة تقدم جبهة الابتلال (RR, R) لمقد التربة المتجانس والطباقي على التوالي. وذلك من خلال مقارنة كل من قيم البيانات المقاسة مختبرياً والقيم

والطبقة السفلى تكون بسمك 55 سم) ولنوعي التربة بالتوالي، الحالة الثانية عندما يكون المنقط أسفل الحد الفاصل بين الطبقتين 10 سم (الطبقة العليا تكون بسمك 35 سم والسفلى تكون بسمك 65 سم ولنوعي التربة)، والحالة الثالثة عندما يكون المنقط أعلى من الحد الفاصل بين الطبقتين 10 سم (الطبقة العليا تكون بسمك 55 سم والطبقة السفلى تكون بسمك 45 سم ولنوعي التربة)، كما تم إجراء تجربتين للتربة المتجانسة لكلا النوعين من التربة. تم رص التربة بواسطة مطرقة خشبية على شكل طبقات ذات سمك منتظم مقداره 5 سم وتم تحديد كتلتها اعتماداً على حجم طبقة التربة والكثافة الظاهرية والرطوبة الابتدائية لكل نوع من التربة. تم تجهيز الماء عبر خزان علوي شفاف مدرج إسطواني، يرتبط بخزان تجهيز ذو منسوب ثابت الذي يتصل من أسفله بخراطوم ينتهي بالمنقط، ويحتوي خزان التجهيز على مطفح مائي ليحافظ على مستوى ثابت للماء في خزان التجهيز، يتم تجميع الماء الفائض عن سعة غيض التربة عبر المطفح المائي إلى أسطوانة مدرجة لقياس حجمه عند أزمنة مناسبة ومحددة، ويوضح الشكل (1) حاوية التربة ومنظومة إضافة الماء.

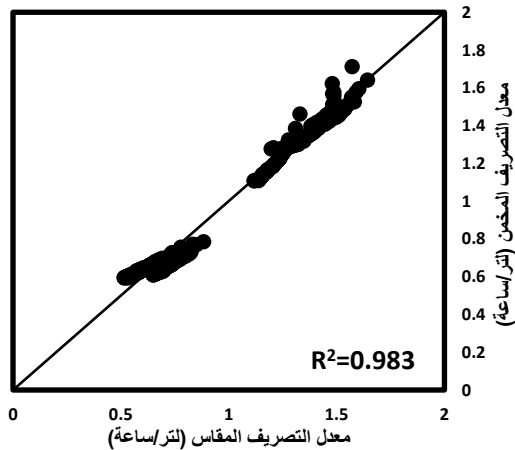
جدول 1: نتائج فحوصات التربة والكثافة الظاهرية

نسجة التربة	المنطقة	الرمل %	الغرين %	الطين %	الكثافة الظاهرية غم/سم ³	الرطوبة الابتدائية %
مزيجية طينية غرينية	قوسيات	13	50	37	1.4	6.32
مزيجية رملية	وانه	75	17	8	1.5	2.32

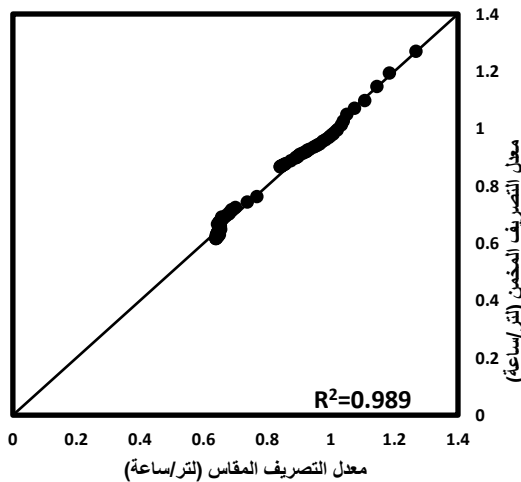
2.2. استنباط المعادلات الوضعية

1.2.2. تخمين معدل التصريف الفعلي للمنقط

تم استخدام قيم التصاريح المقاسة مختبرياً عند أزمنة محددة، في استنباط علاقة تجريبية لتخمين معدل التصريف الفعلي المتناقص للمنقط تحت سطح التربة على امتداد زمن الإضافة ولنوعي مقد التربة المتجانسة والطباقية، باستخدام طريقة تحليل الانحدار اللاخطي (Nonlinear Regression Analysis) في البرنامج الإحصائي SPSS (Special Program for Statistical System). حيث استخدمت البيانات المختبرية بواقع 258 قيمة لمقد التربة الطباقية و88 قيمة لمقد التربة المتجانسة ولكل من: معدل تصريف المنقط الفعلي المقاس Q (لتر/ساعة) عند الزمن (T) دقيقة، ومعدل الغيض الأساس لكل تربة I_b (ملم/ساعة) والرطوبة الكتلية الابتدائية للتربة θ_i (سم²/سم³)، وتصريف المنقط خارج حاوية التربة q_0 (لتر/ساعة).



الشكل (2): المقارنة بين القيم المقاسة مخبرياً لمعدل التصريف الفعلي للمنقط والقيم المخمّنة باستخدام النموذج التجريبي (4).



الشكل (3): المقارنة بين القيم المقاسة مخبرياً لمعدل التصريف الفعلي للمنقط والقيم المخمّنة باستخدام النموذج التجريبي (5).

2.3. استنباط معادلة مسافة تقدم جبهة الابتلال

من خلال البيانات المخبرية المقاسة وباستخدام البرنامج الإحصائي SPSS، تم إيجاد علاقة وضعية لتخمين مسافة تقدم جبهة الابتلال للتربة المتجانسة بدلالة كل من: الإحداثيات القطبية (β) بالقياس الدائري لنقاط جبهة الابتلال عند الزمن (T دقيقة)، ومعدل الغيض الأساس (Ib ملم/ساعة)، والرطوبة الكتلية الابتدائية (θ_i)، والكثافة الظاهرية (ρ_b غم/سم³)، إضافة إلى معدل التصريف الفعلي المقاس للمنقط عند ذلك الزمن (q_h لتر/ساعة) والمخمن من المعادلة (5) بعد تحويل وحدته إلى (سم³/دقيقة/سم). تم التعبير عن البعد المخمن بين مصدر التنقيط تحت السطح وجبهة الابتلال لمقد التربة المتجانس (R):

$$R = 0.1544 * q^{0.0891} * T^{0.48} * (2.138 + \beta)^{0.489} * Ib^{0.823} * \theta_i^{0.1335} \dots \dots \dots (6)$$

يوضح الشكل (4) مقارنة بين القيم المقاسة مخبرياً والمخمّنة من المعادلة (6). يتبين من الشكل وجود توافق كبير بين القيم المقاسة مخبرياً والمخمّنة. كما تم استنباط علاقة وضعية لتخمين مسافة التقدم لمقد التربة الطباقية بدلالة كل من: الإحداثيات القطبية (β) بالقياس الدائري لنقاط جبهة الابتلال عند الزمن (T دقيقة)، ومعدل الغيض الأساس لطبقة التربة المحيطة بالمنقط (Ib_1 ملم/ساعة)،

المخمّنة من النماذج المخبرية وذلك باستخدام برنامج Excel لإيجاد بعض المعايير الإحصائية مثل جذر متوسط مربع الخطأ ($RMSE$)، ومعدل الخطأ المطلق (MAE)، ومعامل التحديد (R^2)، وحسب المعادلات الآتية [18]:

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2 \right]^{0.5} \dots \dots \dots (1)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |P_i - O_i| \dots \dots \dots (2)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2} \dots \dots \dots (3)$$

حيث أن:

N = عدد القيم،

P_i = القيم المخمّنة لمسافة تقدم جبهة الابتلال (سم)،

O_i = القيم المقاسة لمسافة تقدم جبهة الابتلال (سم)،

$\bar{O}$ = معدل القيم المقاسة لمسافة تقدم جبهة الابتلال (سم).

3. النتائج والمناقشة

1.3. استنباط معادلة التصريف

من خلال البيانات المخبرية المقاسة تم استنباط معادلة لتخمين معدل التصريف الفعلي للمنقط في مقد التربة الطباقية، حيث استخدمت البيانات المخبرية بواقع 256 قيمة لمقد التربة الطباقية بدلالة كل من: معدل تصريف المنقط الفعلي المقاس (Q لتر/ساعة) عند الزمن (T دقيقة)، ومعدل الغيض الأساس لطبقة التربة المحيطة بالمنقط (Ib_1 ملم/ساعة)، ومعدل الغيض الأساس لطبقة التربة البعيدة عن المنقط (Ib_2 ملم/ساعة) والرطوبة الكتلية الابتدائية لطبقة التربة المحيطة بالمنقط (θ_{i1})، والرطوبة الكتلية لطبقة التربة البعيدة عن المنقط (θ_{i2}) والكثافة الظاهرية لطبقة التربة المحيطة بالمنقط (ρ_{b1} غم/سم³)، والكثافة الظاهرية لطبقة التربة البعيدة عن المنقط (ρ_{b2} غم/سم³) إضافة إلى تصريف المنقط خارج حاوية التربة (q_o لتر/ساعة)، حيث تم التعبير عن معدل التصريف الفعلي للمنقط (q_L) لمقد التربة الطباقية بالمعادلة التالية:

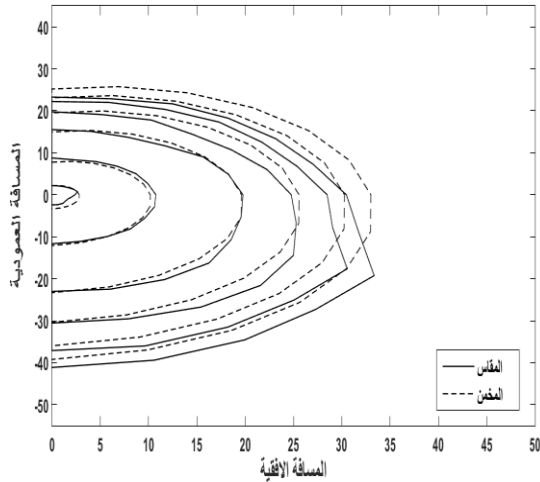
$$q_L = 0.798 * q_o^{0.624} * \frac{(Ib_1/\rho_{b1})^{0.1776}}{\left(\frac{Ib_2}{\rho_{b2}}\right)^{0.02} * T^{0.076} * \left(\frac{\theta_{i1}}{\theta_{i2}}\right)^{0.234}} \dots \dots \dots (4)$$

كما تم استخدام البيانات المخبرية بواقع 88 قيمة لمقد التربة المتجانسة ولكل من: معدل تصريف المنقط الفعلي المقاس (Q لتر/ساعة) عند الزمن (T دقيقة)، ومعدل الغيض الأساس لكل تربة (Ib ملم/ساعة) والرطوبة الكتلية الابتدائية للتربة (θ_i)، والكثافة الظاهرية (ρ_b غم/سم³) وتصريف المنقط خارج حاوية التربة (q_o لتر/ساعة)، حيث تم التعبير عن معدل التصريف الفعلي للمنقط (q_h) لمقد التربة المتجانسة بالمعادلة التالية:

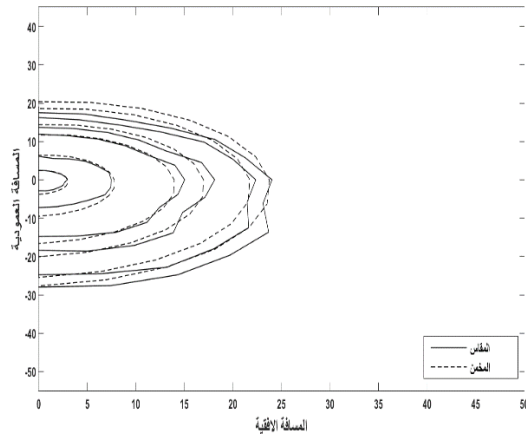
$$q_h = 0.2 * \frac{(Ib * \rho_b)^{0.553} * (\theta_i + q_o)^{0.91}}{T^{0.082}} \dots \dots \dots (5)$$

يعرض الشكل (2) و(3) المقارنة بين القيم المقاسة مخبرياً لمعدل التصريف الفعلي للمنقط والقيم المخمّنة باستخدام النموذج التجريبي. ويتبين من خلال الشكلين وجود توافق كبير بين القيم المقاسة مخبرياً والمخمّنة من المعادلات (3) و(4)، ونظراً لهذا التوافق العالي فقد تم الاعتماد على المعادلات (3) و(4) في تخمين التصريف الفعلي للمنقط لمقد التربة المتجانس والطباقية.

الشكل 5: مقارنة بين القيم المقاسة مختبرياً والمخمنة من المعادلة (7) لبعـد جبهة الابتـلال عن مصدر تنقيط خطي في مقد تربة طبـاقي.



الشكل 6: أنماط الابتـلال في مقد التربة المتجانس (تربة مزيجية رمليـة) المقاس مختبرياً والمخمن باستخدام المعادلة (6).



الشكل 7: أنماط الابتـلال في مقطع التربة الطبـاقي (وضع التربة المزيجية الطينية الغرينية بالطبقة العليا ووضع التربة المزيجية الرملية بالطبقة السفلى، الحد الفاصل أسفل المنقط ب 10 سم)، المقاس مختبرياً والمخمن باستخدام المعادلة (7).

تم تقييم أداء المعادلات الوضعية المخمنة باستخدام المعايير الإحصائية، حيث يعرض الجدول (2) قيم بعض المعايير الإحصائية الناتجة حيث يتبين وجود توافق جيد بين القيم المقاسة والقيم المخمنة من المعادلات الوضعية.

الجدول (2): المعايير الإحصائية لتقييم المعادلات الوضعية

النموذج	نوع المقد	RMSE	MAE	R ²
q (l/hr)	متجانس	0.0175	0.0146	0.989
q (l/hr)	طبـاقي	0.0467	0.0381	0.983
R (cm)	متجانس	1.408	1.08	0.976
RR (cm)	طبـاقي	4.537	3.099	0.842

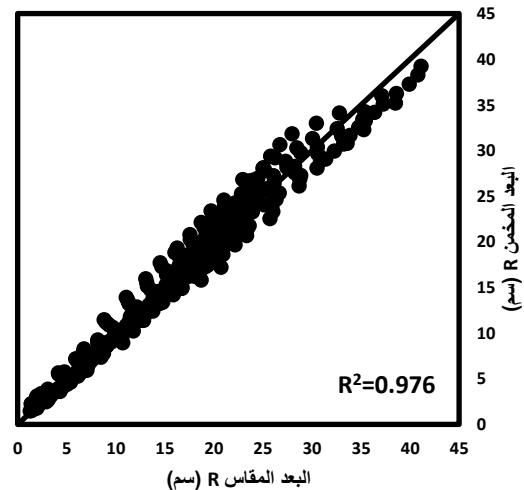
3.3. تغير تصريف المنقط

تم استخدام نتائج معادلة (4) لرسم الاشكال (8,9)، حيث يعرض الشكل (8) تغير معدل تصريف المنقط مع الزمن لمصدر تنقيط خطي تحت السطح لمقد تربة طبـاقي ولثلاث أنواع من التـرب بمعدل غيض اساس لطبقة التربة المحيطة بالمنقط (الطبقة الاولى) (Ib₁) (مفترض) (9,13,16 مل/ساعة)، ومعدل غيض اساس للطبقة

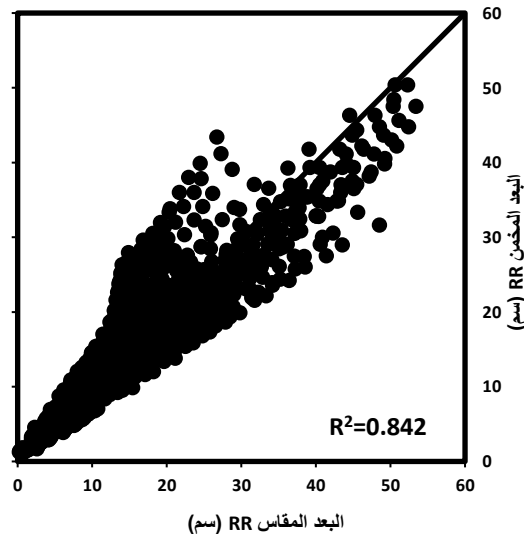
ومعدل الغيض الاساس لطبقة التربة البعيدة عن المنقط (Ib₂) مل/ساعة) والرطوبة الكتلية الابتدائية لطبقة التربة المحيطة بالمنقط (θ_{i1})، والرطوبة الكتلية لطبقة التربة البعيدة عن المنقط (θ_{i2})، والكثافة الظاهرية لطبقة التربة المحيطة بالمنقط (ρ_{b1} غم/سم³)، والكثافة الظاهرية لطبقة التربة البعيدة عن المنقط (ρ_{b2} غم/سم³) إضافة الى معدل التصريف الفعلي المقاس للمنقط عند ذلك الزمن (q_L لتر/ساعة) والمخمن من المعادلة (4) بعد تحويل وحداته الى (سم³/دقيقة/سم)، كما تم التعبير عن البعد المخمن بين مصدر التنقيط تحت السطح وجبهة الابتلال لمقد التربة الطبـاقي (RR):

$$RR = 0.005 * T^{0.543} * q^{0.166(3.154+\beta)} * Ib_1^{0.978} * Ib_2^{0.893} * \left(\frac{\theta_{i1}}{\theta_{i2}}\right)^{0.12} \dots \dots \dots (7)$$

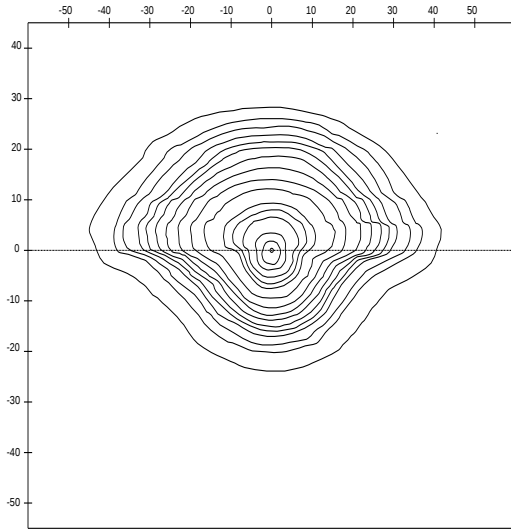
يوضح الشكل (5) مقارنة بين القيم المقاسة مختبرياً والمخمنة من المعادلة (7). ويوضح الشكل (6) أنماط الابتلال في مقد التربة المتجانس (تربة مزيجية رمليـة) المقاس مختبرياً والمخمن باستخدام المعادلات (6)، ويوضح الشكل (7) أنماط الابتلال في مقطع التربة الطبـاقي (وضع التربة المزيجية الطينية الغرينية بالطبقة العليا ووضع التربة المزيجية الرملية بالطبقة السفلى، الحد الفاصل أسفل المنقط ب 10 سم) المقاس مختبرياً والمخمن من المعادلة (7).



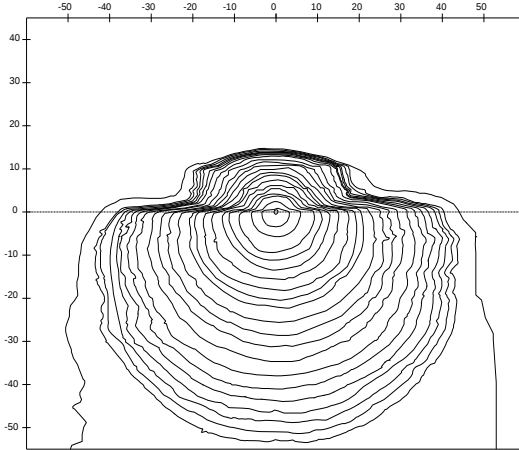
الشكل 4: مقارنة بين القيم المقاسة مختبرياً والمخمنة من المعادلة (6) لبعـد جبهة الابتـلال عن مصدر تنقيط خطي في مقد تربة متجانس.



مقارنة بالاتجاه العمودي وأن التقدم العمودي نحو الأسفل يكون أكبر عند وضع التربة المزيجية الرملية بالطبقة السفلى وأن التقدم في طبقة التربة المتمثلة بالتربة المزيجية الطينية الغرينية يكون انتشاره قليل نسبياً وذلك بسبب أن التربة الناعمة قد عملت على منع التخلل العميق بسبب انخفاض الأيصالية المائية للتربة الناعمة. ويوضح الشكلين (17,16) إنتشار الماء في مقد التربة المتجانس حيث يكون إنتشار الماء في التربة المزيجية الطينية الغرينية كروي تقريباً، وانتشار الماء في التربة المزيجية الرملية بيضوي تقريباً وهذا يتوافق مع نتائج [1].

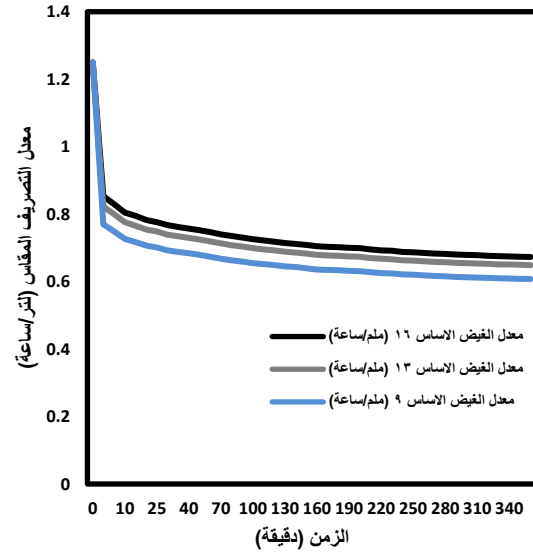


الشكل (10): مواقع جبهات الابتلال في مقطع التربة الطباقية (وضع التربة المزيجية الرملية بالطبقة العليا ووضع التربة المزيجية الطينية الغرينية بالطبقة السفلى).



الشكل 11: مواقع جبهات الابتلال في مقطع التربة الطباقية (وضع التربة المزيجية الطينية الغرينية بالطبقة العليا ووضع التربة المزيجية الرملية بالطبقة السفلى).

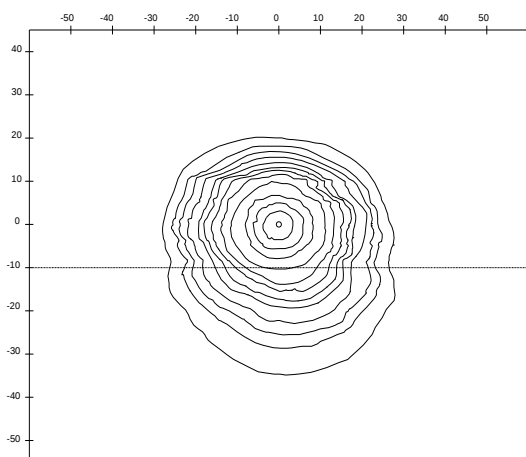
الثانية (Ib_2) ثابت (16.7 ملم/ساعة)، ورطوبة ابتدائية للطبقة الاولى ($\theta_{i1} = 6.3\%$)، ورطوبة ابتدائية للطبقة الثانية ($\theta_{i2} = 2.2\%$)، وزمن تشغيلي مقداره 360 دقيقة، ويتبين من خلال الشكل أن لتغير معدل الغيض الأساس تأثير كبير على تصرف المنقط، يتبين من الشكل أن تغير معدل الغيض الأساس يؤثر بشكل كبير على معدل تصرف المنقط حيث يتناسب مقدار الانخفاض في تصرف المنقط عكسياً مع قابلية غيض التربة لذلك يكون الانخفاض كبيراً في التربة الناعمة ذات معدلات غيض التربة لذلك يكون الانخفاض الترب الخشنة لان 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 [16].



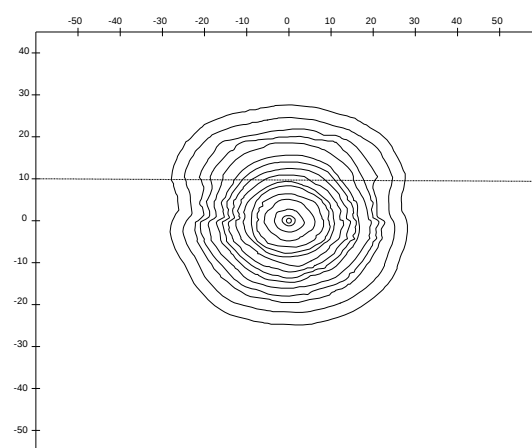
الشكل (8) تأثير تغير معدل الغيض الأساس على تغير تصرف المنقط.

4.3. أنماط الابتلال

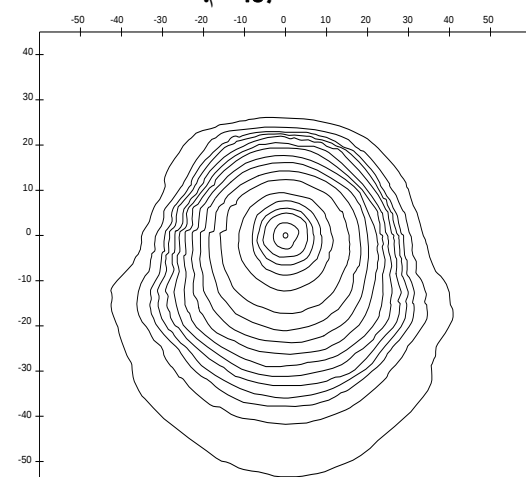
من خلال نتائج التجارب المختبرية توضح الاشكال (10-17) مواقع جبهات الابتلال في مقاطع التربة الطباقية والمتجانس، حيث يعرض الشكل (10) مواقع أنماط الابتلال لمقطع التربة الطباقية عندما تكون التربة المزيجية الطينية الغرينية الطبقة السفلى وبسمك (55 سم)، ووضع التربة المزيجية الرملية كطبقة عليا وبسمك (45 سم)، وبمعدل تشغيل ست ساعات، ووضع المنقط عند الحد الفاصل بين الطبقتين. ويمثل الشكل (11) مواقع أنماط الابتلال لمقطع تربة طباقية عند وضع التربة المزيجية الرملية كطبقة سفلى وبسمك (55 سم)، ووضع التربة المزيجية الطينية الغرينية بالطبقة العليا وبسمك (45 سم)، وعند معدل تشغيل ست ساعات. من الشكلين (10 و 11) نلاحظ أن سرعة انتشار الماء في الاتجاه الأفقي تكون أكبر عند وضع التربة المزيجية الطينية الغرينية بالطبقة السفلى وذلك بسبب انخفاض الأيصالية المائية للتربة ذات القوام الانعم، وأن التقدم العمودي نحو الأسفل يكون أكبر عند وضع التربة المزيجية الرملية بالطبقة السفلى وذلك بسبب أن التربة المزيجية الرملية تحوي مسامات ذات أقطار كبيرة نسبياً وهذا يجعل قوى الجاذبية تلعب دوراً كبيراً في حركة الماء وهذا يتوافق مع نتائج [17]. ويوضح الشكلين (12,13) أنماط الابتلال عند وضع الحد الفاصل فوق المنقط بـ 10 سم، حيث يلاحظ انتشار الماء بشكل أكبر في التربة المزيجية الرملية وفي الاتجاهين الأفقي والعمودي. أما الشكلين (14,15) فيوضحان أنماط الابتلال عند وضع الحد الفاصل أسفل المنقط بـ 10 سم، حيث عملت التربة الناعمة على منع الارتشاح للأسفل مما أدى إلى انتشار الماء بشكل كبير في الاتجاه الأفقي



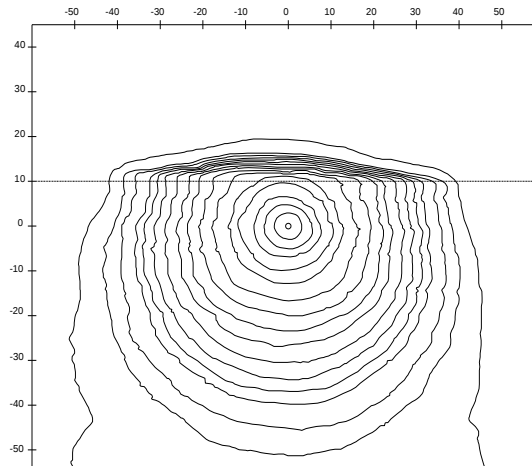
الشكل 15: مواقع جبهات الابتلال في مقطع التربة الطباقية (وضع التربة المزيجية الطينية الغرينية بالطبقة العليا ووضع التربة المزيجية الرملية بالطبقة السفلى) الحد الفاصل أسفل المنقط بـ 10 سم.



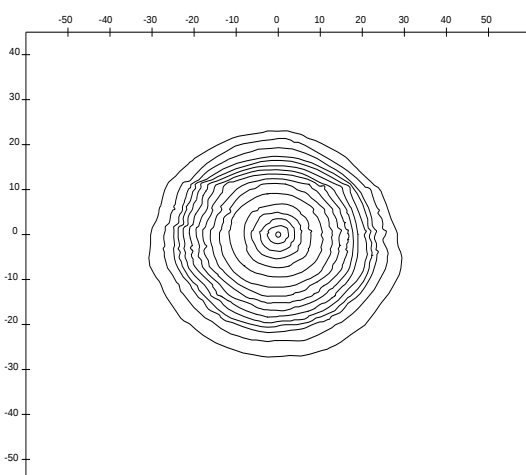
الشكل 12: مواقع جبهات الابتلال في مقطع التربة الطباقية (وضع التربة المزيجية الرملية بالطبقة العليا ووضع التربة المزيجية الطينية الغرينية بالطبقة السفلى) الحد الفاصل فوق المنقط بـ 10 سم.



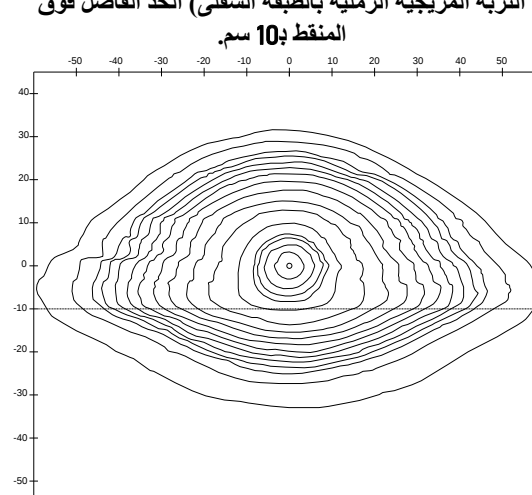
الشكل (16) مواقع جبهات الابتلال في مقد التربة المتجانس (تربة مزيجية رملية).



الشكل 13: مواقع جبهات الابتلال في مقطع التربة الطباقية (وضع التربة المزيجية الطينية الغرينية بالطبقة العليا ووضع التربة المزيجية الرملية بالطبقة السفلى) الحد الفاصل فوق المنقط بـ 10 سم.



الشكل 17: مواقع جبهات الابتلال في مقد التربة المتجانس (تربة مزيجية طينية غرينية).



الشكل 14: مواقع جبهات الابتلال في مقطع التربة الطباقية (وضع التربة المزيجية الرملية بالطبقة العليا ووضع التربة المزيجية الطينية الغرينية بالطبقة السفلى) الحد الفاصل أسفل المنقط بـ 10 سم.

- [9] K.W. Cho, K.G. Song, J.W. Cho, T.G. Kim, K.H. Ahn, Removal of nitrogen by a layered soil infiltration system during intermittent storm events. *Chemosphere* 2009, 76, 690–696.
- [10] G.Cui, J. Zhu, Prediction of unsaturated flow and water backfill during infiltration in layered soils. *J. Hydrol.* 2018, 557, 509–521.
- [11] N. Lazarovitch, U. Shani, T. L. Thompson, and A. W. Warrick. 2006. Soil hydraulic properties affecting discharge uniformity of gravity-fed subsurface drip irrigation. *J. Irrig. Drain Eng.* 132:531Y536.
- [12] L. Rodriguez-Sinobas, M. Gil, R. Sa'nchez, and L. Juana. 2009. Water distribution in subsurface drip irrigation systems. I: Simulation. *J. Irrig. Drain.* (ASCE) 135(6):721Y728.
- [13] A. K. Mohammed, & E. M. Ghazal, (2020). Modelling of Wetting Front Advance and Discharge Change of Subsurface Line Source. *Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ)*, 25(2), 96-104.
- [14] M., L.Gil, R. Sinobas, L. Juana, R. Sa'nchez, and A. Losada. 2008. Emitter discharge variability of subsurface drip irrigation in uniform soils. Effect on water application uniformity. *Irrig. Sci.* 26:451Y458.
- [15] M. Gil, L. Rodri'guez-Sinobas, R. Sa'nchez, and L. Juana. 2011. Determination of maximum emitter discharge in subsurface drip irrigation units. *J. Irrig. Drain.* (ASCE) 137(3):325Y334.
- [16] Cai, Y., Zhao, X., Wu, P., Zhang, L., Zhu, D., & Chen, J. (2019). Effect of soil texture on water movement of porous ceramic emitters: A simulation study. *Water*, 11(1), 22.
- [17] C. Wang, D. Bai, Y. Li, X. Wang, Z. Pei, & Z. Dong, (2020). Infiltration Characteristics and Spatiotemporal Distribution of Soil Moisture in Layered Soil under Vertical Tube Irrigation. *Water*, 12(10), 2725.
- [18] C. J. Willmott, S. M. Robeson, and K. Matsuura. 2012. A refined index of model performance. *International Journal of Climatology*, 32(13): 2088-2094.
- [19] F. J. Cook, P. J. Thorburn, P. Fitch, & K. L. Bristow, (2003). WetUp: a software tool to display approximate wetting patterns from drippers. *Irrigation Science*, 22(3), 129-134.
- [20] Y. Fan, T. Zhao, G. Bai, & W. Liu, (2018). HYDRUS-2D simulation of soil wetting pattern with horizontal moistube-irrigation and analysis of its influencing factors. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 34(4), 115-124.
- 3. الاستنتاجات**
1. تم استنباط علاقة تجريبية لتخمين قيم معدل التصريف الفعلي للمنقط (q) لمقد التربة المتجانس والطبقي، وبالصيغة المبينة في المعادلة (4) و(5).
 2. تم استنباط علاقة تجريبية لتخمين مسافة تقدم جبهة الابتلال في جميع الاتجاهات لمقد التربة المتجانس والطبقي، كما مبين في المعادلة (6) و(7).
 3. في الترب الطباقية الحد الفاصل بين الطبقتين منع من الارتشاح وساعد على الانتشار الأفقي والعمودي عندما تم وضع التربة المزيجية الطينية الغرينية أسفل المنقط مما ساعد في انتشار المياه في التربة المزيجية الرملية.
 4. إن أكبر حجم مبتل، ومسافة لتقدم جبهة الابتلال في الاتجاهين الأفقي والعمودي نحو الأسفل والأعلى كانت في مقاطع التربة المزيجية الرملية، بينما كانت أقل قيمة لها في مقاطع التربة المزيجية الطينية الغرينية ونفس زمن التشغيل.
 5. تؤثر الخصائص الهيدروليكية للتربة على تصريف المنقط المثبت تحت سطح التربة، حيث أن معدل تصريف المنقط ينخفض تدريجياً ويستمر بالانخفاض مع استمرار زمن التشغيل حتى يصل إلى قيمة ثابتة تقريباً، ويزداد هذا الانخفاض بزيادة كل من نسبة محتوى والكثافة الظاهرية للتربة وعمق المنقط والرطوبة الابتدائية.
- 4. المصادر**
- [1] C.R. Camp, (1998). "Subsurface Drip Irrigation: A Review" Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, Vol. 41, No.5, pp. 1353-1367.
 - [2] M. Tariq Mahmood, (2014). Effect of Emitter Spacing on The Three-Dimensional Wetting Pattern. *Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ)*, 22(3), 136-146.
 - [3] A.Y. Hachum, (1973) "Water movement in soil from trickle source" M.Sc. Thesis, Utah State University, Logan, Utah, USA.
 - [4] 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.
 - [5] M. D. Dukes, and J. M. Scholberg. 2005. Soil moisture controlled subsurface drip irrigation on sandy soils. *Appl. Eng. Agric.* 21(19):89Y101.
 - [6] A. A. Al-Ogaidi, A. Wayayok, , M. K. Rowshon, & A. F. Abdullah, (2016). Wetting patterns estimation under drip irrigation systems using an enhanced empirical model. *Agricultural Water Management*, 176, 203-213.
 - [7] J. Mohammadzadeh-Habili, M. Heidarpour, Application of the Green-Ampt model for infiltration into layered soils. *J. Hydrol.* 2015, 527, 824–832.
 - [8] K.X Soulis, S. Elmaloglou, Optimum soil water content sensors placement for surface drip irrigation scheduling in layered soils. *Comput. Electron. Agric.* 2018, 152, 1–8.

Modeling of Wetting Pattern Under a Linear Drip Source Buried in Layered Soil

Muna Abdulkareem
munaabdulkareem96@gmail.com

Younis Mohammed Hassan
y.alhadidi@uomosul.edu.iq

Ahmed A. M. Al-Ogaidi
a.alogaidi@uomosul.edu.iq

Department of Dams and Water Resources Engineering/ College of Engineering/ University of Mosul

Abstract

This study aims to model the wetting patterns of the homogeneous and stratified soil profile, and to derive an equation to estimate the discharge rate during the application time. The study included conducting 8 experiments to monitor the progress of the wetting patterns over time in a homogeneous and stratified soil profile. Two types of soils were used (silty clay loam and sandy Loam). The emitter was installed at a depth of 45 cm below the soil surface, and soil profiles were prepared in two different sequences and the location of the interface between the soils was changed (at the dripper, 10 cm below the dripper, 10 cm above the dripper). The results showed that there is a good agreement between the measured and estimated advancement distances, where the determination coefficient R^2 ranges between 0.826 to 0.989. Moreover, the results showed that the emitter discharge gradually decreases and continues to decline with the continuation of the operating time until it reaches an almost constant value. This reduction in emitter discharge increases by increasing the clay content, soil bulk density, emitter depth, and initial moisture content. The results also showed that the largest wetting front advance distance in the horizontal and vertical directions was in the sandy loam soil profiles, while it was the least valued in the silty clay loam profiles for the same operating time. The interface between the layers also helped in the horizontal and vertical diffusion, especially when the silty clay loam soil was placed below the dripper, which helped in the spreading of water in the horizontal and vertical direction upwards.

Keywords

Subsurface Drip Irrigation, Wetting Pattern, Layered Soil.