تأثير الضغط على نمط الابتلال في تربة طباقية النسجة لمصدر تنقيط مدفون تحت سطح التربة

محمد طارق خليل
مدرس مساعد / موارد مائية
الكلية التقنية / قسم هندسة تقنيات الحاسوب / الموصل

الملخص

تم في هذا البحث إجراء تجارب مختبرية لدراسة تأثير الضغط التشغيلي على نمط الابتلال لتربة طباقية لمصدر منقط مدفون تحت سطح التربة ، حيث تساعد هذه الدراسة تحديد الضغط التشغيلي المناسب لمنظومة الري وفي تحديد الفاصلة المناسبة بين المنقطات وبين أنابيب التنقيط . تم إجراء الدراسة باستخدام نوعين من الترب (طينية ومزيجية) وعند ثلاث ضغوط تشغيلية (4.99 و 9.99 و 16.14 م) وتصريف منقط اسمي (2 لتر/ساعة) . وقد تم إعداد مقاطع الترب بتعاقبين مختلفين لطبقتي التربة (طينية فوق مزيجية ومزيجية فوق طينية) . أظهرت الدراسة بان هنالك ضغطاً عكسياً موجباً يتولد في التربة نتيجة إضافة الماء بمعدل عالي يفوق سعة التربة لإرتشاح الماء ، وأن قيم تصريف المنقط الفعلية كانت اقل من قيم تصريف المنقط المستحصلة من معادلة خصائص منحني المنقط بحدود (10%-28%) وذلك بسبب تأثير الضغط العكسي . وقد رُصِدَ خروج الماء إلى سطح التربة بما يعرف (Chimney Effect) عند الضغط التشغيلي العالي (16.14 م) وعند وضع التربة المزيجية فوق الطينية، نتيجة زيادة معدل إضافة الماء عند ذلك الضغط التشغيلي بصورة تفوق قابلية التربة على نشره خلالها . وقد وجد أن المساحة الكلية للابتلال لم تتأثر بشكل ملحوظ بقيمة الضغط التشغيلي وذلك لنفس كمية الارتشاح التراكمية . وقد لوحظ في علاقة تقدم جبهة الابتلال ($a\ t^b$) أن الثابت b لا يتأثر بزيادة الضغط التشغيلي بينما تزداد قيمة الثابت a مع تلك الزيادة .

Pressure effect on wetting pattern in layered soil for subsurface point source

T.M. Khalil
Assistant lecturer / Water Resources
Technical College

Abstract

Laboratory experiments were carried out to investigate the effect of operating pressure on wetting pattern in layered soil for subsurface point water source. This study helps to determine a suitable operating pressure and appropriate spacing between emitters and drip lateral pipes. The layered soil profiles were prepared using two types of soil (clay and loam) in two combinations (clay over loam and loam over clay) . Three operation pressures (4.99, 9.99 and 16.14, m) with a nominal dripper discharge rate (2 l/hr) were used. The experimental results showed that positive back pressure around dripper outlet develops, when the water application rate is larger than the soil infiltration capacity , and the actual dripper discharges were less than the rated dripper discharges by about (10%-28%) due to back pressure effect . Furthermore, it has been observed that water start rising up to the soil surface (Chimney Effect) when the operating pressure is (16.14m) for the loam over clay soil profile, which occurs when water application rate exceeds the soil capability to spread the water. It is found that the total wetted area for both layers was not affected by the operation pressure for the same volume of applied water. In the relationship of the wetting advance ($a\ t^b$) , it is found that , the constant (b) is not effected by operation pressure while the constant (a) increased with increased operation pressure .

Key Wards: Pressure wetting pattern, Subsurface Soil, Soil infiltration

أستلم: 11 - 9 – 2011 **قبل: 17 – 5- 2012**

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المقدمة

يعد الري بالتنقيط تحت سطح التربة من اكفأ طرق الري وذلك لقلة فواقد التبخر من سطح التربة حيث يكون السطح جاف نسبياً ، بالإضافة الى قدرته على ايصال الماء والمغذيات مباشرة الى المنطقة الجذرية [1]. إن حجم التربة المبتلة في الري بالتنقيط تحت سطح التربة يعتمد على خصائص التربة ونظام الجرعات ، وان أكبر نمط مبتل يوجد في مدى الترب متوسطة النسجة ، وان اصغر حجم مبتل يوجد في الترب الخشنة والناعمة النسجة [2] . وقد اختبر الباحثون [3] حقليا تأثير الضغط العكسي (Back pressure) لماء التربة على مقدار تصريف المنقط لثلاث ترب وباستخدام نوعين من المنقطات . وقد ذكر الباحثون بأنه عندما يكون التصريف المحدد للمنقط أكبر من سعة ارتشاح التربة يزداد ضغط الماء عند مخرج المنقط (Droper outlet) ويمكن ان يصبح موجباً ، وأنه عند نشوء هذا الضغط الموجب (الضغط العكسي) في التربة يؤدي ذلك إلى انخفاض انحدار الضغط خلال المنقط وبالتالي ينخفض تصريف المنقط بأسلوب يعتمد على خصائص منحني المنقط (Q – P) . كما ذكر الباحثون ان مقدار الانخفاض بالتصريف يعتمد على نوع التربة (التربة ذات الايصالية الواطئة يكون الانخفاض أكبر) وعلى تصريف المنقط والتجويف القريب من مخرج المنقط وخواص نظام التنقيط . إن من اهم المشاكل المصاحبة لنظام الري بالتنقيط تحت سطح التربة (Subsurface drip irrigation ((SDI) هو النقصان الحاصل في التصريف الفعلي للمنقط بسبب نشوء الضغط الموجب عند مخرج المنقط بالإضافة إلى مشكلة خروج الماء إلى سطح التربة (Surfacing) أو تسمى أحيانا (Chimneying) او (Chimney effect) وتكوّن بركة ماء على السطح ، حيث تؤدي هذه المشكلة الى خسارة اهم ميزات نظام التنقيط تحت سطح التربة وهي بقاء السطح جافا وقلة فواقد التبخر . إن هذه المشكلة يمكن تجاوزها من خلال اختيار منقطات ذات معدلات إضافة تتوافق مع الخواص الهيدروليكية للتربة . وقد ذكر الباحثون [4] أسلوب أخر لتجاوز هذه المشكلة تمثل نظريا بتوفير ظروف لا يرتفع عندها الضغط الموجب عند مخرج المنقط ، حيث اقترح هؤلأ الباحثون طريقة تضمنت حفر خندق في التربة ثم ملئه بالحصى على أن يتم وضع أنبوب التنقيط بالقرب من قاع الخندق وجاءت تحت تسمية (GRAV) . وقد اختبرت هذه الطريقة حقليا لمدة سبع سنوات حيث قورنت مع نظام الري بالتنقيط تحت سطح التربة التقليدي (SDI) ، واختبرت أيضا باستعمال نموذج محاكاة عددي (HYDRUS-2D) لغرض تقييم تأثير نسجة التربة وأبعاد الخندق على أنماط توزيع الماء لمصدر منقط مدفون تحت سطح التربة . وقد وجد من خلال نموذج المحاكاة العددي انه في التربة ذات قيمة الايصالية المنخفضة يتطلب زيادة حجم الخندق لضمان عدم نمو الضغط الموجب في التربة ، وقد وجد أيضا إمكانية تقليل عمق المنقطات مع حدوث منطقة تشبع قريبة من سطح التربة من خلال زيادة عرض الخندق .

وقد قام الباحثان [5] بدراسة حقلية لأنماط الابتلال لأنابيب فخارية مدفونة تحت السطح عند ضغوط تشغيلية مختلفة ، وقد تمت دراسة تأثير عوامل عديدة (تضمنت الضغط التشغيلي وعمق نصب الأنابيب والتبخر ونسجة التربة والترب الطباقية) على انماط ابتلال التربة وذلك باستخدام نموذج المحاكاة العددي HYDRUS . وقد وجد ان حجم التربة المبتلة يزداد بزيادة الضغط التشغيلي لنظام الري وذلك بسبب زيادة تدفق الماء من جدران الانابيب الفخارية عند زيادة الضغط ، وقد وجد ان نصب الأنابيب الفخارية باعماق ضحلة يجعل جبهة الابتلال تصل سريعا الى سطح التربة وهذا يؤدي الى زيادة انتشار الماء أفقيا أي أن هناك علاقة عكسية بين عمق نصب الأنابيب الفخارية والمسافة الجانبية بين هذه الأنابيب ، كما وجد أن عمق جبهة الابتلال يزداد في الترب خشنة النسجة مقارنة بالترب ناعمة النسجة بسبب الايصالية الهيدروليكية العالية للترب ذات النسجة الخشنة ، وفي حالة الترب طباقية النسجة وجد أن انتشار جبهة الابتلال الأفقي يزداد في الترب ناعمة النسجة بغض النظر فيما كانت بالطبقة العليا أو السفلى .

وقد اجرى الباحثون [6] تجارب مختبرية لدراسة العوامل التصميمة المؤثرة على انماط رطوبة التربة لمصدر منقط مدفون تحت سطح التربة ، كما استخدموا نموذج محاكاة عددي باستخدام (SWMS-2D) لتعظيم كفاءة حفظ الماء في التربة . وقد أظهرت الدراسة أن تأثير الضغط العكسي كان واضحا من خلال ملاحظة الاختلافات الحاصلة في تصريف المنقط في التربة عند مقارنتها تصريف المنقط على السطح .

إن إضافة الماء تحت ضغوط تشغيلية عالية يؤثر سلباً على بناء التربة للمنطقة المحيطة بأنابيب الري بالتنقيط تحت سطح التربة مما يؤثر بالتالي على كفاءة وانتظام الري (Effeciency and uniformity of Irrigation) بسبب حدوث (Surfacing) الموضح أعلاه ، ولخلق ظروف مستقرة حول هذه الأنابيب وتحسين ظروف بناء التربة على المدى الطويل اقترح الباحثان [7] في دراسة مختبرية إضافة مواد محسنة لخواص بناء التربة تمثلت باضافة مواد بوليمرية للتربة ، حيث أشار الباحثان الى أن استخدام هذه المحاليل يقلل من مشاكل انسداد المنقطات بواسطة ذرات التربة الناعمة .

وقد أجرى الباحثان [8] تجارب مختبرية لدراسة أنماط الابتلال وتوزيع الماء لمصدر منقط واقع على سطح التربة عند معدلات إضافة وحجم ماء مختلف في نوعين من الترب تم إعداد مقاطع التربة لهما بشكل طباقي بتعاقب وسمك مختلف لطبقات التربة ، بالإضافة إلى دراسة مقاطع متجانسة لهذه الترب . وقد أظهرت التجارب أن أنماط الابتلال وتوزيع الرطوبة تتأثر بتغير تعاقب طبقات التربة وسمكها ومعدلات إضافة الماء وحجم الماء المضاف . وقد وجد الباحثان انه في مقاطع التربة الطباقية (سواء كانت طبقة التربة ناعمة النسجة فوق طبقة التربة خشنة النسجة أو العكس) يحصل تحديد في حركة الماء نحو الأسفل وزيادة في حركة الماء الأفقية . وقد ذكر الباحثان انه يمكن زيادة عمق الابتلال في مقاطع الترب المتجانسة من خلال اختيار منقطات ذات معدلات إضافة قليلة ولكن هذا لا ينطبق تماما في حالة الترب الطباقية .

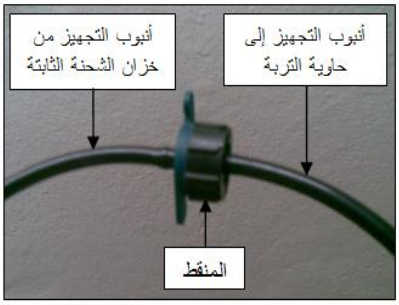
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

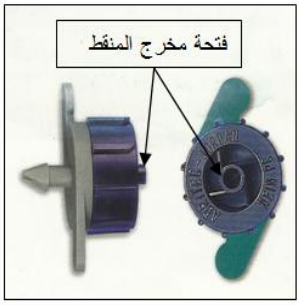
إن الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير الضغط التشغيلي على أنماط ابتلال التربة لمقاطع تربة طباقية النسجة من خلال مصدر منقط مدفون تحت سطح التربة .

طرق ومواد البحث

أجريت التجارب المختبرية للبحث في مختبرات قسم البناء والإنشاءات / الكلية التقنية / الموصل ، خلال شهري نيسان وأيار لسنة 2011 .

صممت التجارب المختبرية لدراسة تأثير الضغط التشغيلي على حركة الماء لمصدر منقط مدفون تحت سطح التربة ، حيث تضمنت الدراسة إجراء ستة تجارب على مقاطع تربة طباقية مختلفة النسجة ، وقد تم اختيار نوعين من الترب بنسجتين مختلفتين تم جلبهما من موقعين مختلفين من محافظة نينوى (التربة الاولى طينية تم جلبها من منطقة وانة والتربة الثانية مزيجية تم جلبها من منطقة شيخ محمد) . وقد تم إعداد مقاطع التربة بوضعين مختلفين ، الوضع الاول بإعداد مقطع تربة مكون من طبقتين حيث وضعت التربة المزيجية بالطبقة السفلى وبسمك (50 سم) ووضعت التربة الطينية بالطبقة العليا وبسمك (25 سم) ، اما الوضع الثاني في إعداد مقطع التربة كان بترتيب معاكس حيث وضعت التربة الطينية بالطبقة السفلى وبسمك (50 سم) ووضعت التربة المزيجية بالطبقة العليا وبسمك (25 سم) ، وفي كلا الوضعين تم وضع المصدر المنقط عند الحد الفاصل بين الطبقتين . وقد تمت إضافة الماء باستخدام منقط نوع (Turbulent Flow) إنتاج شركة (Adritec Group International) وبتصريف اسمي 2 لتر/ساعة وعند ثلاث ضغوط تشغيلية وكما يلي : (4.99 و 9.99 و 16.14 متر) . يوضح الشكل (1) المنقط والأنبوبان البلاستيكيان المرتبطان فيه . علماً أن التصريف الاسمي (Nominal discharge) للمنقط هو التصريف الأولي (او التجاري) عند ضغط تشغيلي قياسي (مثلا 1 بار) وتسميه الشركة المنتجة مثلا (2 لتر/ساعة) على الرغم من أن التصريف في منحني خصائص المنقط المثبت من قبل الشركة المنتجة يكون مختلف فمثلا عند ضغط (1 بار) كان التصريف (2±0.2 لتر/ساعة) . وقد تمت معايرة المنقط (باستخدام ساعة توقيت واسطوانة مدرجة) وإيجاد معادلة منحني خصائص تصريف المنقط (Q - P) عند ضغوط تشغيلية مختلفة وذلك قبل وضعه داخل التربة ، حيث كان معامل الارتباط (0.992) للمعادلة الموضحة أدناه :





الشكل (1) يوضح المنقط والأنبوبان البلاستيكيان المرتبطان فيه .

$$Q = 2.271\ P^{0.541} \quad \text{---------- (1)}$$

حيث :

Q = معدل إضافة المنقط (سم^3 / دقيقة / سم) .

P = الضغط التشغيلي (م) .

تم الحصول على التوزيع الحجمي لدقائق التربتين بطريقة التحليل المنخلي وطريقة المكثاف (الهيدروميتر) كما جاء في [9] وبالاستعانة بمثلث النسجة تم تحديد التصنيف النسجي لكل تربة . الجدول (1) يبين نسب مكونات التربتين .

الجدول (1) خلاصة بنتائج فحوصات نسجة التربة .

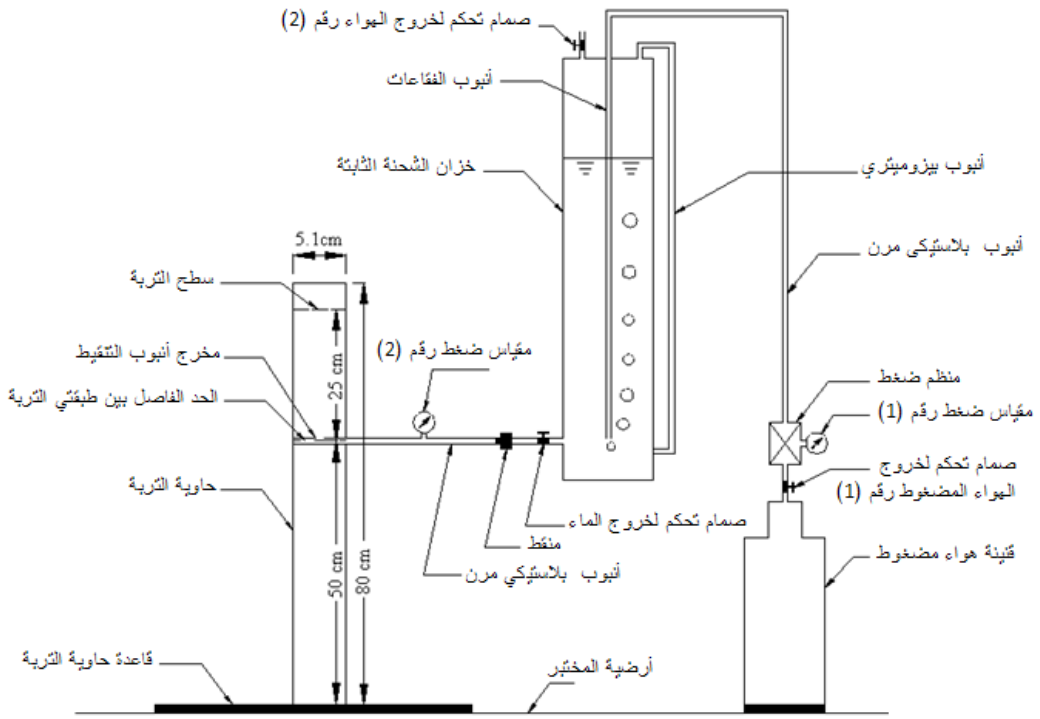
أسم المنطقة	الرمل غم/كغم	الغرين غم/كغم	الطين غم/كغم	تصنيف النسجة*
وانة / نينوى	40.5	362.5	597	طينية ، Clay
شيخ محمد/نينوى	328	425	247	مزيجية ، Loam

* تم تحديد التصنيف بالاستعانة بمثلث النسجة .

تم تجفيف هاتين التربتين في الهواء (air–dry) ، حيث أصبح المحتوى الرطوبي الابتدائي الوزني (غم ماء/ كغم تربة) بعد نخل التربة، للتربة الطينية بحدود (2.65 %) وللتربة المزيجية بحدود (1.76 %) . وقد تم نخل التربتين بغربال (2 ملم × 2 ملم) . أجريت فحوصات الكثافة الظاهرية لكلا التربتين في الحقل باستخدام طريقة الأسطوانة القاطعة فكانت

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

قيمتها (1.2 و 1.36 ، غم/سم^3) للتربة الطينية والتربة المزيجية على التوالي . أجريت التجارب المختبرية باستخدام حاوية التربة بإبعاد (90 سم) طولا و (80 سم) ارتفاعا و (5.1 سم) عرضا ، أحد أوجه الحاوية شفافا وذلك لضبط عملية رص التربة داخل الحاوية ورصد وتأشير مواقع تقدم طليعة الابتلال ، الشكل (2) يبين مخططاً عاماً للجهاز المعتمد في التجربة . وللحصول على معدل إضافة ماء ثابتة مع الزمن عند ضغط تشغيلي ثابت تم استخدام خزان الشحنة الثابتة (Mariotte bottle) متصل بقنينة هواء مضغوط ومنظم للضغط للتحكم بالضغوط التشغيلية وكما مبين في الشكل (2) . وتتلخص عملية إضافة الماء إلى التربة كما يلي، يملئ خزان الشحنة الثابتة بالماء مع ترك صمام تحكم خروج الهواء (رقم 2) مفتوحا لخروج الهواء أثناء عملية ملئ الخزان بالماء . يكون هذا الصمام مغلقاً أثناء التشغيل . يتم تسليط ضغط الهواء داخل خزان الشحنة الثابتة بوساطة قنينة الهواء المضغوط عن طريق أنبوب بلاستيكي مرن يرتبط مباشرة بأنبوب الفقاعات (Bubble tube) الذي يخترق القاعدة العليا داخلاً بالخزان بحيث تكون نهايته السفلى على ارتفاع (6 سم) عن قاع الخزان . يدعى هذا الأنبوب عادة بأنبوب الفقاعات لأن الهواء يدخل من خلاله أثناء التشغيل إلى داخل الخزان على شاكلة فقاعات تتولد عند نهايته والتي يكون عندها الضغط يساوي صفراً في حالة عدم ربط الخزان بقنينة الهواء المضغوط . ويتم التحكم بمقدار الضغط المسلط باستخدام منظم للضغط يرتبط بقنينة الهواء المضغوط بشكل مباشر ، ويتضمن منظم الضغط صماما للتحكم بمقدار الضغط المسلط ومقياسا لقراءة ذلك الضغط (مقياس ضغط رقم 1) . يفتح صمام تحكم خروج الهواء المضغوط (رقم1) ثم يفتح صمام منظم الضغط بمقدار الضغط التشغيلي المطلوب ويحدد بمقياس الضغط (رقم 1) . ثم يربط صمام خروج الماء بالمنقط بوساطة أنبوب بلاستيكي قصير ومرن، يفتح صمام خروج الماء وتبدأ عملية التنقيط لفترة قصيرة خارج حاوية التربة لغاية الوصول إلى إضافة مستقرة للمنقط وثبات قراءة مقياس الضغط (رقم 1) . بعد ذلك يربط الطرف الثاني من المنقط (فتحة مخرج المنقط) بأنبوب بلاستيكي مرن يتفرع إلى طرفين ، الطرف الأول يرتبط بمقياس الضغط (رقم 2) والطرف الثاني يمتد إلى داخل حاوية التربة عند الحد الفاصل بين طبقتي التربة من خلال فتحة في ظهر الحاوية ، ويكون جزء الأنبوب البلاستيكي الواقع داخل الحاوية غير مرن ويسمى بأنبوب التنقيط . ومن الجدير بالذكر ملاحظة وقوع أنبوب التنقيط (أو المنقط) والطرف السفلي لأنبوب الفقاعات ومقياس الضغط (رقم2) على منسوب واحد وذلك لغرض اخذ قراءة الضغط العكسي (بمقياس ضغط رقم (2)) بشكل مباشر دون تأثير فرق المناسيب على القياس ، ويمكن ملاحظة ذلك في الشكل (2) .



الشكل (2) مخطط عام للأجزاء الرئيسة للجهاز المعتمد .

إن حساب التصريف الفعلي للمنقط تم من خلال معرفة حجم الماء المستهلك من خزان الشحنة الثابتة خلال فترة إضافة الماء في التجربة ، حيث يحسب حجم الماء المضاف من خلال قراءة عمود الماء المستهلك من خزان الشحنة الثابتة

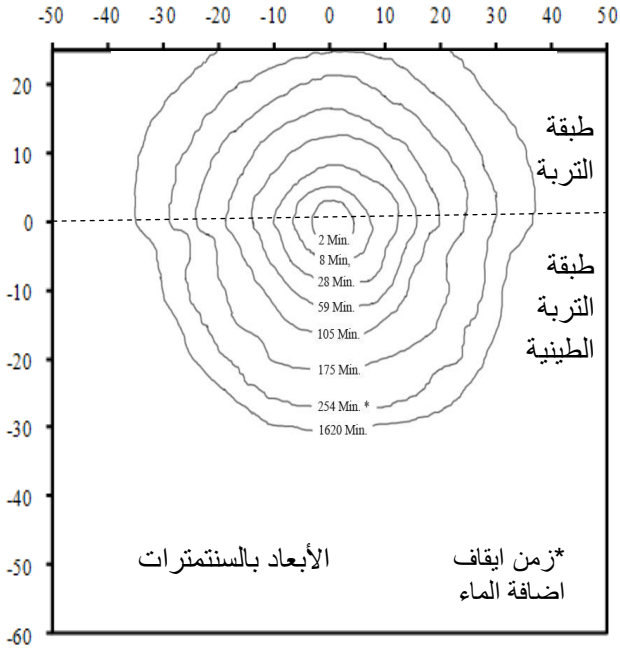
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

بوساطة مانوميتر مثبت عليه ثم يضرب هذا الارتفاع بمساحة مقطع خزان الشحنة الثابتة . تم رص التربة في الحاوية على شكل طبقات ، سمك كل طبقة (10 سم) ، وذلك للحصول على مقطع متجانس من التربة وبكثافة مساوية للكثافة الحقلية . وعند إكمال إعداد الطبقة السفلى للتربة الأولى يتم وضع أنبوب التنقيط ثم يستكمل إعداد الطبقة العليا للتربة الأخرى . وبعد ذلك تتم معايرة التصريف عند الضغط التشغيلي المحدد لتلك التجربة . بعد ذلك تبدأ عملية إضافة الماء وتؤخذ قراءات ضغط ماء التربة (الضغط العكسي) عند مخرج المنقط مع الزمن بوساطة مقياس الضغط (رقم 2) وفي نفس الوقت تؤشر مواقع جبهات الابتلال على وجه الحاوية الزجاجي مباشرة وعند فواصل زمنية مختلفة . بعد إيقاف إضافة الماء مباشرة يتم تغطية سطح التربة بغطاء من البلاستك (النايلون) وذلك لمنع التبخر من سطح التربة ، وتترك التجربة لفترة يوم واحد تقريبا وذلك لإعادة توزيع الرطوبة في مقطع التربة ، حيث لوحظ بطء تقدم جبهة الابتلال وصعوبة ملاحظتها بعد هذه الفترة ، وتسجل خلال هذه الفترة مواقع جبهات الابتلال .

النتائج والمناقشة

أنماط الابتلال

الشكل (3) يمثل نتائج إحدى التجارب لمقاطع التربة عندما تكون التربة الطينية الطبقة العليا وبسمك (25 سم) ووضع التربة المزيجية كطبقة سفلى وبسمك (50 سم) ، حيث تظهر مواقع جبهات الابتلال عند معدل إضافة فعلي للماء (7.11 سم^3 / دقيقة / سم) لضغط تشغيلي مقداره (9.99 متر) ، وعند وضع أنبوب التنقيط عند الحد الفاصل بين الطبقتين . يمثل الشكل (4) إحدى التجارب لمقاطع التربة عند وضع التربة المزيجية كطبقة عليا وبسمك 25 سم ووضع التربة الطينية بالطبقة السفلى وبسمك (50 سم) ، حيث تظهر مواقع جبهات الابتلال عند معدل إضافة فعلي للماء (6.66 سم^3/ دقيقة/سم) لضغط تشغيلي مقداره (9.99 متر) . من الشكلين (3 و4) نلاحظ أن التقدم الأفقي لجبهة الابتلال في التربة المزيجية يكون اكبر منه في التربة الطينية بغض النظر فيما لو كانت التربة المزيجية طبقة عليا أو سفلى ، وذلك لكون الايصالية الهيدروليكية للتربة المزيجية أكبر من الايصالية الهيدروليكية للتربة الطينية . وقد لوحظ أن التقدم العمودي السفلي والعلوي في التربة المزيجية يكون اكبر من نظيرهما التقدم العمودي السفلي والعلوي للتربة الطينية ، وهذا موافق لما ذكر في [2] ، حيث ذكرت أن أكبر نمط مبتل يوجد في مدى الترب متوسطة النسجة ، وان اصغر حجم مبتل يوجد في الترب الخشنة والناعمة النسجة .



الشكل (3) مواقع جبهات الابتلال في مقطع التربة الطباقية (وضع التربة الطينية بالطبقة العليا ووضع التربة المزيجية بالطبقة السفلى ، وعند وضع أنبوب التنقيط عند الحد الفاصل بين الطبقتين) عند معدل إضافة فعلي للماء

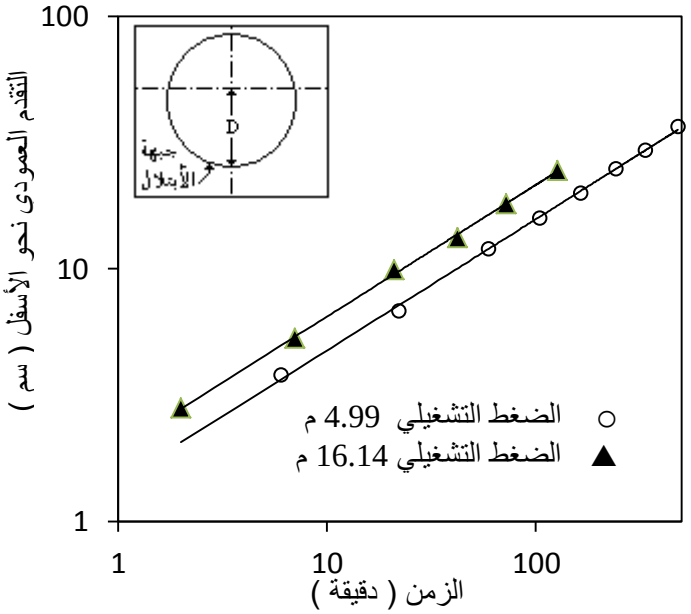
الشكل (4) مواقع جبهات الابتلال في مقطع التربة الطباقية (وضع التربة المزيجية بالطبقة العليا ووضع التربة الطينية بالطبقة السفلى ، وعند وضع أنبوب التنقيط عند الحد الفاصل بين الطبقتين) عند معدل إضافة فعلي للماء (6.66 سم^3 / دقيقة / سم) ولضغط تشغيلي مقداره 9.99 متر .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ومن المعلوم أن أحجام المسامات في التربة الطينية تكون اصغر منها في التربة المزيجية وهذا يؤدي إلى صعود الماء بالخاصية الشعرية في التربة الطينية بصورة اكبر من الترب المزيجية ، إلا انه عند مقارنة الشكلين (3 و 4) نلاحظ العكس والسبب في هذا انه في مقاطع التربة الطباقية يحصل تحديد في حركة الماء نحو الأسفل وزيادة في حركة الماء الأفقية والعلوية وان هذا التحديد يكون اكبر في التربة الطينية (عندما تكون في الطبقة السفلى) بسبب انتفاخ جزيئات الطين مما يؤدي إلى تقلص في أحجام المسامات لهذه التربة وهذا يجعل الماء يتجه نحو الأعلى في طبقة التربة المزيجية بصورة سريعة ، وهذا موافق لما ذكره الباحث [8] ، بالإضافة إلى كون الايصالية الهيدروليكية في التربة المزيجية أعلى من الايصالية الهيدروليكية في التربة الطينية .

إن دراسة حركة الماء ثنائية البعد ، لمصدر منقط مدفون ، يمكن وصفها هندسيا بمحورين أفقي وعمودي ،حيث إن نقطة تقاطع المحورين (أي نقطة الأصل (0 ، 0)) تقع عند المصدر المنقط .

يوضح الشكل (5) العلاقة بين التقدم العمودي نحو الأسفل مع الزمن ، في مقطع التربة الطباقية (الطبقة العليا طينية والطبقة السفلى مزيجية) عند الضغطين التشغيليين العالي والواطئ (4.99 و 16.14 ، متر) . وقد رسمت هذه العلاقة باستخدام مقياس لوغاريتمي (log-log Scale) حيث غالبا ما تكون هذه العلاقة خطية باستخدام هذا المقياس . نلاحظ في هذا الشكل انه عند زيادة قيمة الضغط التشغيلي تزداد قيمة تقدم جبهة الابتلال نحو الأسفل وذلك بسبب ازدياد قيمة الضغط الموجب لماء التربة المتولد بالقرب من المصدر المنقط (زيادة في مساحة جبهة التشبع) وهذا يولد انحدارا هيدروليكا كبيرا يعمل كقوى محركة للماء للانتقال من منطقة الجهد العالي إلى منطقة الجهد الواطئ في مقطع التربة . يظهر من هذا الشكل أن الخطان المستقيمان لمعادلتي التقدم يكونان متوازيان تقريبا وان قيمتا الميل الحسابي لهما متقاربتان .



شكل (5) العلاقة بين التقدم العمودي للماء نحو الأسفل والزمن في مقطعي التربة الطباقية (الطبقة العليا طينية والطبقة السفلى مزيجية) ، عند تصريف اسمي مقداره 2 لتر/ساعة (أو 6.54 سم^3/ دقيقة/سم) وضغطيين تشغيليين مختلفين .

وعليه فأن علاقة التقدم العمودي للماء نحو الأسفل مع الزمن في مقاطع التربة الطباقية خلال الري يمكن تقريبها بالعلاقة الآسية التالية :

$$D = a_1 t^{b1} \quad \text{---------- (2)}$$

حيث :

D = التقدم العمودي (التراكمي) للماء نحو الأسفل (سم) .

t = زمن الإضافة التراكمي للماء ، محسوبا منذ بداية إضافة الماء (دقيقة) .

a_1 =ثابت وضعي يمثل تقاطع الخط المستقيم لمعادلة التقدم مع المحور العمودي عند الزمن دقيقة واحدة.

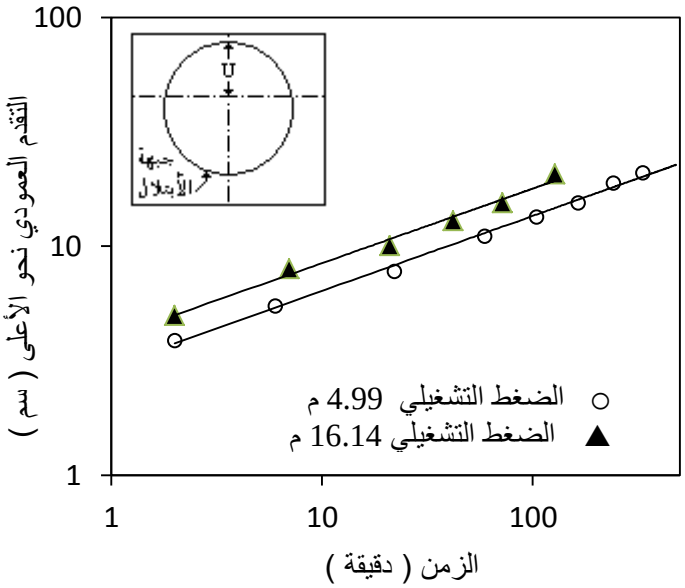
b1 = ثابت وضعي يمثل الميل الحسابي للخط المستقيم في معادلة التقدم .

وهذا موافق لما توصل اليه الباحثان [10] والباحث [11] من خلال العديد من التجارب المختبرية ، في تمثيل علاقة جبهتي الابتلال الأفقية والعمودية لمصدر منقط بعلاقة اسية بسيطة . ومن ملاحظة الشكل (5) نجد أن قيمة المعامل a تزداد بزيادة الضغط التشغيلي بينما لا تتأثر قيمة المعامل b بزيادة الضغط التشغيلي . حيث بزيادة الضغط التشغيلي يزداد معدل إضافة الماء مما يزيد تشبع التربة حول المصدر المنقط وهذا يؤدي إلى زيادة قيمة الانحدار الهيدروليكي بكافة الاتجاهات بضمنها الاتجاه نحو الأسفل فتزداد الحركة بهذا الاتجاه وعندها تزداد قيمة المعامل a ، بينما لم تتأثر قيمة المعامل b بزيادة الضغط التشغيلي وذلك لتأثرها بخواص وظروف التربة الابتدائية الثابتة في هذه التجارب ، وهذا موافق لما ذكره الباحث [11] بان المعامل a يعتمد على معدل إضافة الماء بينما المعامل b لا يعتمد عليه وموافق لما ذكره الباحث [12] من أن العاملين a و b في المعادلة (2) يعتمدان على نوع التربة والمحتوى الرطوبي الابتدائي لها . وعند ملاحظة المعادلة (2)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

نجدها مطابقة لمعادلة كوستاكوف لوصف ارتشاح الماء في التربة وذلك لاعتمادها على نفس العوامل المؤثرة كما جاء في [11] و [12] .

يوضح الشكل (6) العلاقة بين التقدم العمودي نحو الأعلى والزمن ، في مقطع التربة الطباقية (الطبقة العليا طينية والطبقة السفلى مزيجية) عند الضغطيين التشغيليين العالي والواطئ (4.99 و 16.14 ، متر يوضح الشكل (7) العلاقة بين معدل التقدم الأفقي والزمن ، في مقطع التربة الطباقية (الطبقة العليا طينية والطبقة السفلى مزيجية) عند الضغطين التشغيليين العالي والواطئ (4.99 و 16.14 متر) . في الشكلين (6 و 7) نلاحظ أيضا انه عند زيادة قيمة الضغط التشغيلي تزداد قيمة تقدم جبهة الابتلال بالاتجاه نحو الأعلى وبالاتجاه الأفقي ، وتفسير ذلك مشابه لما ذكر حول الشكل (5) . كما وجد أن تقدم الماء بالاتجاهات الأخرى مشابه لما ورد في التقدم بالاتجاه السفلي وعند الترتيبات المختلفة لطبقات التربة ، ويمكن التعبير عنها بنفس الصيغة الواردة في المعادلة (2) وكما يلي :



شكل (6) العلاقة بين التقدم العمودي للماء نحو الاعلى والزمن في مقطعي التربة الطباقية (الطبقة العليا طينية والطبقة السفلى مزيجية) ، عند تصريف اسمي مقداره 2 لتر/ساعة (أو 6.54 سم^3/ دقيقة/سم) وضغطيين تشغيليين مختلفين .

$$H = a_2 t^{b2} \quad \text{---------- (3)}$$

$$U = a_3 t^{b3} \quad \text{---------- (4)}$$

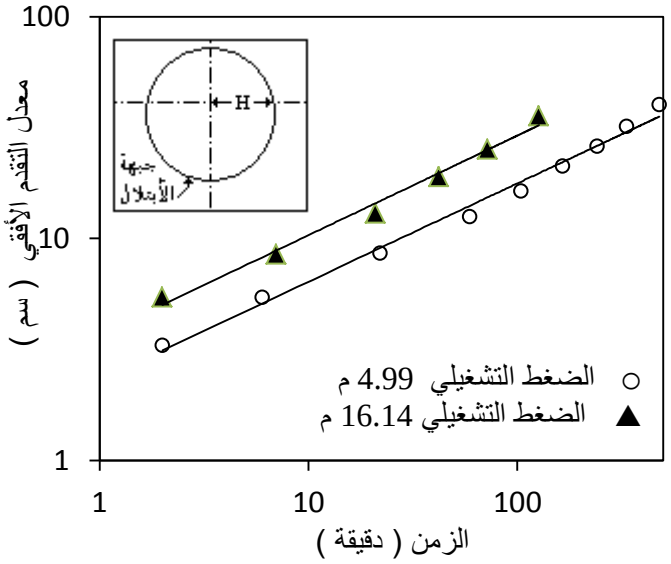
حيث :

H و U = معدل التقدم الأفقي والتقدم العلوي للماء على التوالي (سم) على التوالي .

a_2 و b2 و a_3 و b3 = ثوابت وضعية كما جاءت في المعادلة (1) .

يبين الجدول (2) قيم الثوابت a_i و b_i بالإضافة إلى قيم معامل التحديد (R^2) لمعادلات التقدم بكافة الاتجاهات وعند الترتيبات المختلفة لمقاطع التربة وعند ثلاث ضغوط تشغيلية (4.99 و 9.99 و 16.14 متر) ، وتصريف اسمي للمنقط قيمته (2 لتر/ساعة أو 6.54 سم^3 / دقيقة / سم) .

يلاحظ من الجدول (2) أنه عند مقارنة قيم b ما بين نسجتي التربتين الطينية والمزيجية ، نجد ان قيم b تكون اكبر في التربة المزيجية في كلا حالتي التقدم العمودي السفلي والعلوي وبغض النظر كونها طبقة عليا او سفلى ولكافة الضغوط التشغيلية ، والسبب في هذا يعود الى أن الايصالية الهيدروليكية في التربة المزيجية تكون أعلى منها في التربة الطينية . بينما تكون قيم b متقاربة في حالة التقدم الأفقي عند كلا تعاقب طبقتي التربتين ولكافة الضغوط التشغيلية . أما عند مقارنة قيم a ما بين نسجتي التربتين الطينية والمزيجية ، نجد ان قيم a



شكل (7) العلاقة بين معدل التقدم الأفقي للماء والزمن في مقطعي التربة الطباقية (الطبقة العليا طينية والطبقة السفلى مزيجية) ، عند تصريف اسمي مقداره 2 لتر/ساعة (أو 6.54 سم^3/ دقيقة/سم) وضغطيين تشغيليين مختلفين .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

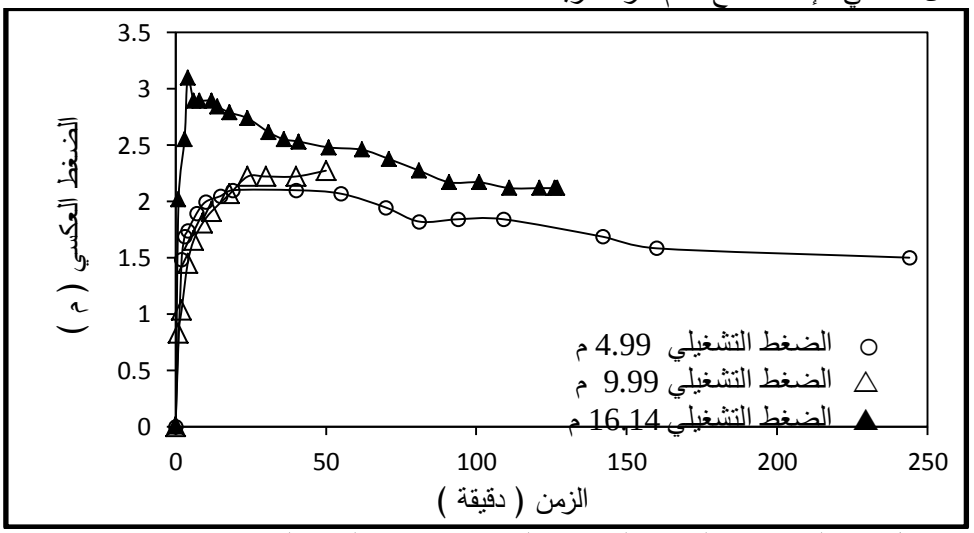
تكون اكبر في التربة الطينية في كلا حالتي التقدم العمودي السفلي والعلوي وبغض النظر كونها طبقة عليا او سفلى ولكافة الضغوط التشغيلية ، وذلك لكون الجهد الهيكلي (Matric potential) للتربة الطينية يكون أعلى منه في التربة المزيجية . بينما تكون قيم a متقاربة في حالة التقدم الأفقي عند كلا تعاقب طبقتي التربتين ولكافة الضغوط التشغيلية .

جدول (2) قيم الثوابت الوضعية (a و b) ومعامل التحديد (R^2) لمقاطع التربة الطباقية عند ضغوط تشغيلية مختلفة .

تعاقب طبقات التربة	اتجاه تقدم جبهة الابتلال	الضغط التشغيلي ، م								
		4.99 م			9.99 م			16.14 م		
		a	b	R^2	a	b	R^2	a	b	R^2
طينية عليا مزيجية سفلى	السفلي	1.434	0.520	0.998	1.715	0.542	0.999	1.948	0.521	0.996
	الأفقي	2.307	0.442	0.990	3.053	0.421	0.996	3.680	0.449	0.987
	العلوي	3.005	0.327	0.995	3.725	0.346	0.993	3.995	0.325	0.987
طينية سفلى مزيجية عليا	السفلي	2.659	0.400	0.986	2.938	0.400	0.996	3.144	0.353	0.998
	الأفقي	2.573	0.438	0.992	3.179	0.411	0.995	3.185	0.437	0.999
	العلوي	1.970	0.455	0.998	3.211	0.415	0.993	4.253	0.411	0.986

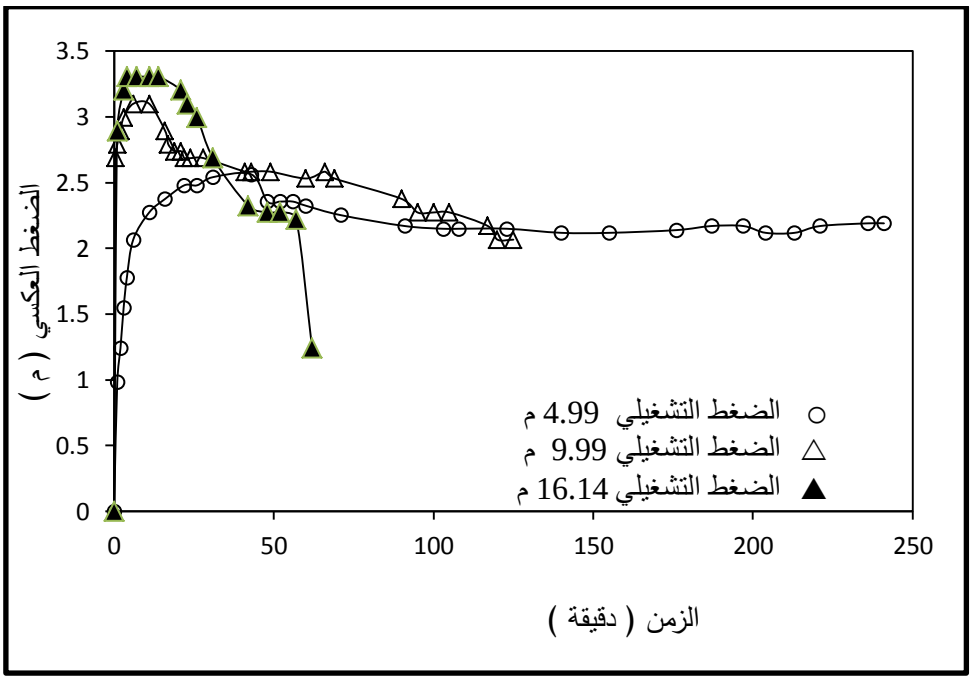
الضغط العكسي

يوضح الشكل (8) العلاقة بين ضغط ماء التربة العكسي والزمن ، في مقاطع التربة الطباقية (الطبقة العليا طينية والطبقة السفلى مزيجية) عند ثلاث ضغوط تشغيلية هي (4.99 و 9.99 و 16.14 متر) ، وقد تم قياس الضغط العكسي عند مخرج المنقط بوساطة مقياس الضغط (رقم 2) . يلاحظ في هذا الشكل أن الضغط العكسي يزداد عند زيادة الضغط التشغيلي لنفس زمن الإضافة وذلك لأنه عند زيادة الضغط التشغيلي يزداد معدل الإضافة الفعلية للماء بكمية تفوق سعة التربة لإرتشاح الماء مما يولد منطقة مشبعة لمقطع التربة بالقرب من المصدر المنقط ينتج عن هذا التشبع ضغطا موجبا ينمو مع استمرار عملية الإضافة ، إن هذا الضغط الموجب ينمو بشكل سريع مع عملية الإضافة ليصل إلى قيمة مستقرة نسبياً بعد مرور (10-30 دقيقة) من زمن الإضافة ، وهذا موافق لما ذكره الباحثون[3] . يوضح الشكل (9) العلاقة بين ضغط ماء التربة العكسي المقاس عند مخرج المنقط والزمن في مقاطع التربة الطباقية (الطبقة العليا مزيجية والطبقة السفلى طينية) عند ثلاث ضغوط تشغيلية هي (4.99 و 9.99 و 16.14 متر). في هذا الشكل نلاحظ أيضا أن الضغط العكسي يزداد عند زيادة الضغط التشغيلي لنفس زمن الإضافة ثم يصل إلقيمة مستقرة نسبياً ، ولكن عند الضغط التشغيلي (16.14 متر) نلاحظ حدوث انحدار مفاجئ لقيمة الضغط العكسي والسبب يعود إلى أن الضغط التشغيلي العالي أدى إلى تكون ضغط موجب عالي وبالتالي تربة مشبعة للمنطقة القريبة من المنقط وهذا أدى إلى تقلص في أحجام المسامات للتربة الطينية بسبب انتفاخ جزيئات الطين مما حدد التقدم بالاتجاه السفلي بصورة ملحوظة ، وهذا جعل الماء يتجه نحو الأعلى في مقطع طبقة التربة المزيجية بمعدل إضافة عالي متزايد يفوق سعة ارتشاح التربة المزيجية ، إن الاستمرار بإضافة الماء بهذا المعدل العالي للإضافة مع عدم قدرة التربة



شكل (8) العلاقة بين الضغط العكسي والزمن في مقاطع التربة الطباقية عند وضع التربة الطينية كطبقة عليا والتربة المزيجية كطبقة سفلى ، عند تصريف اسمي قدره : 2 لتر /ساعة و عند ضغوط تشغيلية مختلفة .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (9) العلاقة بين الضغط العكسي الزمن في مقاطع التربة الطباقية عند وضع التربة المزيجية كطبقة عليا والتربة الطينية كطبقة سفلى ، عند تصريف اسمي قدره : 2 لتر/ساعة وعند ضغوط تشغيلية مختلفة .

المزيجية على استيعاب هذه الكمية من الماء ونشرها خلال مقطع التربة أدى إلى تشكل فجوة مائية قرب المصدر المنقط ومسار مائي بشكل قناة نحو السطح (Chimney effect) ، إن تشكل القناة ووصولها إلى سطح التربة جعلت الماء يسلكها وصولاً إلى السطح (الماء يسلك الطريق الأقل إعاقة لحركته) مما جعل المنطقة المشبعة المتكونة ذات الضغط الموجب العالي باتصال مباشر مع الضغط الجوي مما أدى إلى ذلك الانحدار المفاجئ بالضغط العكسي . إن الوصف أعلاه مطابق لما تمت الإشارة إليه في [2] تحت تسمية تأثير المدخنة (Chimney effect) أو (Surfacing) . وقد تم إيقاف إضافة الماء عند بدء خروج الماء الى سطح التربة بما يعرف بتأثير المدخنة لمنع التأثير على النتائج . من مقارنة الشكلين (8 و 9) نجد أن تشكل المسار المائي المتجه نحو السطح بما يسمى بتأثير المدخنة عند الضغط التشغيلي (16.14 متر) حدث عند وضع التربة الطينية بالطبقة السفلى والتربة المزيجية بالطبقة العليا ولم يحدث ذلك في حال التعاقب المعاكس لطبقتي التربة وذلك لكون الايصالية الهيدروليكية للتربة المزيجية اعلى منها في التربة الطينية ، فعندما تكون التربة المزيجية بالطبقة السفلى تتمكن من تمرير كمية كبيرة من الماء خلالها ، بينما عند وضع التربة الطينية كطبقة سفلى يتحدد تقدم الماء فيها بسبب انخفاض قيمة الايصالية الهيدروليكية فيها بالإضافة إلى تقلص أحجام مسام التربة فيها نتيجة انتفاخ جزيئات الطين في الظروف المشبعة . وهذا جعل الماء يتجه نحو الأعلى في مقطع طبقة التربة المزيجية بمعدل إضافة عالي متزايد يفوق سعة ارتشاح التربة المزيجية مما ادى الى تشكل قناة الى سطح التربة. إن حدوث ما يسمى بتأثير المدخنة يؤثر بشكل كبير على كفاءة إضافة الماء في نظام الري بالتنقيط تحت سطح التربة حيث تقل قدرته على إيصال الماء والمواد المغذية إلى منطقة الجذور بالإضافة إلى ضائعات التبخر من سطح التربة نتيجة هذه الظاهرة . ولغرض تحقيق التصميم الأمثل لمنظومة الري بالتنقيط تحت سطح التربة يجب اختيار منقطات بمعدلات إضافة لا تفوق قابلية التربة لإرتشاح الماء .

يوضح الجدول (3) قيم التصريف الفعلي للمنقط وقيم تصريف المنقط المستحصلة من معادلة خصائص منحني تصريف المنقط مع الضغط ، عند التعاقبات المختلفة لطبقتي التربة لمقاطع التربة وعند ثلاث ضغوط تشغيلية وتصريف أسمي للمنقط (2 لتر/ساعة أو 6.54 سم^3/دقيقة/سم) . من الجدول (3) نلاحظ

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

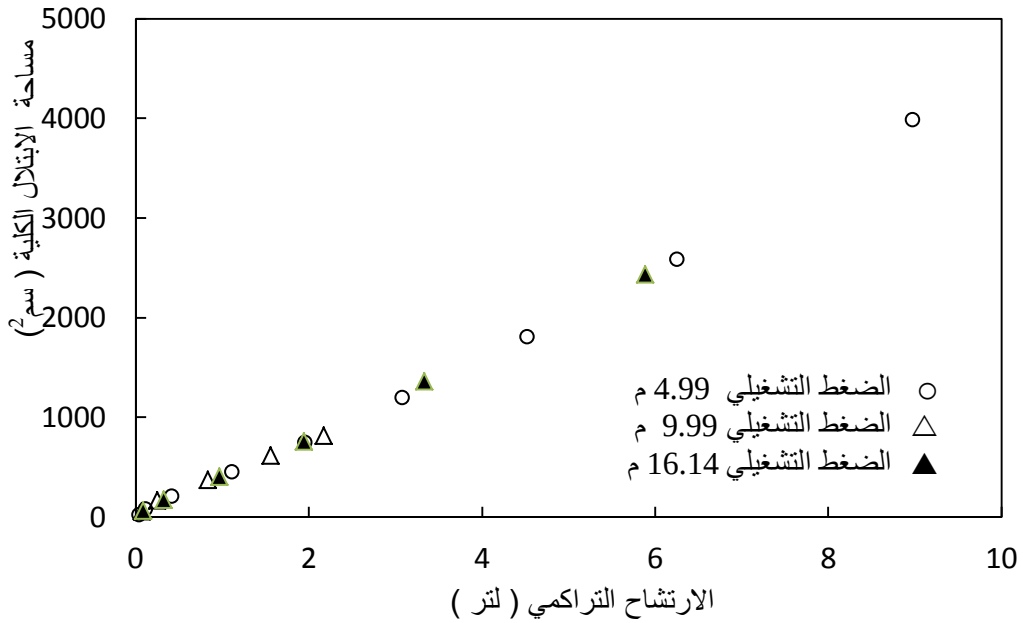
جدول (3) قيم تصاريف المنقط الفعلية (في التربة) وتصاريف المنقط من معادلة منحني خصائص المنقط (خارج التربة) .

تعاقب طبقات التربة	الضغط التشغيلي ، م	تصريف المنقط من المعادلة سم3/ دقيقة/ سم	تصرف المنقط الفعلي سم3/ دقيقة/ سم	تصريف المنقط الفعلي / تصريف المنقط من المعادلة
طينية عليا مزيجية سفلى	4.49	5.12	3.68	0.72
طينية سفلى مزيجية عليا	4.49	5.12	3.71	0.73
طينية عليا مزيجية سفلى	9.99	7.89	7.11	0.90
طينية سفلى مزيجية عليا	9.99	7.89	6.66	0.84
طينية عليا مزيجية سفلى	16.14	10.23	9.09	0.89
طينية سفلى مزيجية عليا	16.14	10.23	9.05	0.88

أن قيم تصريف المنقط الفعلية اقل من قيم تصريف المنقط المستحصلة من معادلة خصائص تصريف المنقط مع الضغط (معايرة التصريف تحت الضغط الجوي) حيث تراوح انخفاض تصاريف المنقطات بحدود (10%-28%) وذلك بسبب تأثير الضغط العكسي ، وهذا موافق لما ذكره الباحثون [3] وموافق ايضا لما ذكره الباحثون [3] في دراسة حقلية لهم وجدوا فيها ان تصاريف المنقطات التصميمية انخفضت بحدود (10%-50%) ، حيث وجد ان تصاريف المنقطات ازدادت مباشرة بعد إزالة التربة حول أنبوب التنقيط بعناية علما أنه لم يتعرض أي من هذه المنقطات لإنسدادات بسبب دقائق التربة او الجذور ، وقد فسر الباحثون ذلك بأن معدل التصريف التصميمي للمنقطات كان اكبر من قابلية التربة لارتشاح الماء مما ولد ضغطا موجبا عند مخرج المنقط ، إن نشوء هذا الضغط الموجب (الضغط العكسي) في التربة يؤدي إلى انخفاض انحدار الضغط خلال المنقط وبالتالي ينخفض تصريف المنقط بأسلوب يعتمد على خصائص منحني المنقط (Q - P) . إن انخفاض تصاريف المنقط بحدود (10%-28%) كما جاء في هذه الدراسة يحدث بسبب تأثير الضغط العكسي مما يؤدي إلى انخفاض في كفاءة إضافة الماء حيث يحصل عجز بالإرواء وذلك عند تصميم منظومة الري بالتنقيط تحت سطح التربة بالاعتماد فقط على الخصائص الهيدروليكية للمنظومة دون الأخذ بالاعتبار تأثير الضغط العكسي . ولتحقيق معدلات إضافة الماء المطلوبة التي تلبي الاحتياجات المائية للنبات يتطلب ذلك زيادة في الضغط التشغيلي لتعويض ضائعات شحنة الضغط نتيجة الضغط العكسي وهذا يمثل ضائعات بالطاقة التشغيلية . إن مدى انخفاض تصاريف المنقط يعتمد على نوع التربة وتصريف المنقط ومنحني خصائص المنقط (نوع المنقط) . ولغرض تجاوز مشكلة الضغط العكسي بالري بالتنقيط تحت سطح التربة يجب اختيار منقطات بمعدلات إضافة لا تفوق قابلية التربة لإرتشاح الماء ، وكما يمكن تجاوز مشكلة الضغط العكسي باستخدام منقطات نوع معادلة الضغط (Compensated pressure drippers) [3] ، التي تمتاز بامتلاكها منحني خصائص منقط قليل الحساسية لتأثير الضغط على تصريف المنقط .

وقد تم افتراض أن قيمة التصريف الفعلي ثابتة مع الزمن ، حيث من ملاحظة الشكلين (8 و 9) نلاحظ أن الضغط العكسي يكون متغير بشكل كبير وسريع مع عملية الإضافة ليصل إلى قيمة مستقرة نسبياً بعد مرور (10-30 دقيقة) من زمن الإضافة ، وبهذا يصل انحدار الضغط داخل المنقط إلى قيمة ثابتة نسبياً بعد مرور هذه الفترة وعليه يمكن اعتبار تصريف المنقط ثابتاً نسبيا . وعند مقارنة الزمن (10-30 دقيقة) مع بقية زمن الإضافة الذي يكون عنده التصريف ثابتاً نجد انه بالإمكان اعتبار التصريف الفعلي ثابت وخاصة عندما تتجاوز مدة إضافة الماء عشرة ساعات وهذا معتاد في الري بالتنقيط . يوضح الشكل (10) العلاقة بين قيم مساحات جبهة الابتلال التراكمية الكلية للطبقتين (عند وضع التربة الطينية كطبقة عليا والتربة المزيجية كطبقة سفلى) مع كمية الارتشاح التراكمية خلال زمن إضافة الماء وعند ثلاث ضغوط تشغيلية . في هذا الشكل نلاحظ أن المساحة الكلية للابتلال لم تتأثر بقيمة الضغط التشغيلي وذلك لنفس كمية الارتشاح التراكمية . ويمكن تفسير ذلك ، لكون أن معدلات إضافة الماء عند جميع هذه الضغوط التشغيلية كانت قادرة على ملئ مسامات التربة لمسافة بعيدة عن المصدر المنقط خلال جبهة الابتلال ، إلى درجة تقترب فيها مساحة جبهة التشبع من مساحة جبهة الابتلال . وبهذا لم يعد لزيادة الضغط التشغيلي تأثير على مساحة الابتلال الكلية لكون جميع تلك الضغوط توفر معدلات إضافة عالية وانحدار هيدروليكي عالي . عند هكذا ظروف لا يظهر أيضا تأثير للجهد الهيكلي للتربة في توسيع مساحة الابتلال بصورة ملحوظة حيث يصبح امتداد مساحة الابتلال تحت هذه الظروف محكوما بمعدلات الإضافة العالية كما ورد في أعلاه .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل (10) العلاقة بين مساحة الابتلال الكلية والارتشاح التراكمي خلال زمن إضافة الماء في مقاطع التربة الطباقية عند وضع التربة الطينية كطبقة عليا والتربة المزيجية كطبقة سفلى ، وعند ضغوط تشغيلية مختلفة .

الاستنتاجات

أظهرت الدراسة أن معدل تقدم الابتلال من مصدر منقط تحت سطح التربة عند أي زمن يمكن تقريبه بعلاقة أسية بسيطة ($a\,t^b$) حيث t هو زمن الإضافة التراكمي ، a و b معاملات وضعية ، حيث لوحظ أن الثابت b لا يتأثر بزيادة الضغط التشغيلي بينما تزداد قيمة الثابت a مع تلك الزيادة . وأوضحت الدراسة بان هنالك ضغط موجب يتولد في التربة نتيجة إضافة الماء بمعدل عالي يفوق سعة التربة لإرتشاح الماء وان هذا الضغط (الضغط العكسي) يتنامى بشكل سريع مع عملية الإضافة ليصل الى قيمة مستقرة نسبياً بعد مرور (10- 30 دقيقة) من زمن الإضافة . وقد رُصِدَ خروج الماء إلى سطح التربة بما يعرف بتأثير المدخنة عند الضغط التشغيلي العالي (16.14 متر) وعند وضع التربة الطينية كطبقة سفلى والتربة المزيجية كطبقة عليا ، وفسر ذلك بسبب زيادة معدل إضافة الماء عند ذلك الضغط التشغيلي بصورة تفوق قابلية التربة على نشره خلال مقطع التربة . إن حدوث ما يسمى بتأثير المدخنة يؤثر بشكل كبير على كفاءة إضافة الماء في نظام الري بالتنقيط تحت سطح التربة . ولتلافي حدوث ذلك يجب اختيار منقطات ذات معدلات إضافة تتوافق مع الخواص الهيدروليكية للتربة . وقد وجد أن قيم تصاريف المنقط الفعلية كانت اقل من قيم تصاريف المنقط المستحصلة من معادلة خصائص منحني تصريف المنقط مع الضغط (معايرة التصريف خارج التربة) حيث تراوح انخفاض تصاريف المنقطات بحدود (10%-28%) وذلك بسبب تأثير الضغط العكسي . ولغرض تجاوز مشكلة الضغط العكسي التي تؤثر على كفاءة إضافة الماء بالري بالتنقيط تحت سطح التربة يجب اختيار منقطات بمعدلات إضافة تتوافق مع الخواص الهيدروليكية للتربة . كما أظهرت الدراسة أن المساحة الكلية للابتلال لم تتأثر بشكل ملحوظ بقيمة الضغط التشغيلي لنفس كمية الارتشاح التراكمية .

ولغرض استكمال جوانب أخرى للبحث تعزز مدى الاستفادة من هكذا بحوث في الجانب العملي نوصي بدراسة تأثير المحتوى الرطوبي الابتدائي للتربة (أي إعداد مقاطع تربة متجانسة عند محتويات رطوبة ابتدائية مختلفة للتربة الواحدة) على أنماط الابتلال عند ضغوط تشغيلية مختلفة من مصدر منقط تحت السطح ، وذلك لأهميتها في الناحية العملية حيث تكون الترب في بداية الري بمحتوى رطوبي ابتدائي أعلى من المفترض في هذه التجربة . كما نوصي بدراسة تأثير الإضافة المتقطعة للماء من مصدر منقط تحت السطح على أنماط الابتلال للتربة عند ضغوط تشغيلية مختلفة ومعرفة مدى ذلك في تقليل مشاكل الضغط العكسي وتأثير المدخنة .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المصادر

1.Camp, C.R. (1998) . " Subsurface Drip Irrigation : A Review" Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, Vol. 41 , No.5 , pp. 1353-1367 .

2. Washington State Department of Health (2007) . "Recommended Standards and Guidance for Performance , Application , Design and Operation and Maintenance Subsurface Drip Systems" Personal communication , http://www.doh.wa.gov/ehp/ts/ww/Drip_8-29-07.pdf

3. Shani, U., S . Xue , R . Gordin – Katz , and A . W . Warrick (1996) . " Soil – Limiting Flow from Subsurface Emitter . I : Pressure Measurements" Journal of Irrigation and Drainage Engineering , Vol.122 , No.5 , pp. 291-295 .

4. Ben-Gal, A., N . Lazorovitch , and U . shani (2004). " Subsurface drip irrigation in gravel-filled cavities" Vadose zone journal vol.3 , November , pp 1407-1413 .

5. Siyal, A.A., and T.H. Skaggs (2009) . " Measured and simulated soil wetting patterns under porous clay pipe sub-surface irrigation" Agricultural water management , 96 , pp 893-904 .

6. Yao, W . W., F. Y. Ma , J. Li , and M. Parkes (2011). "Simulation of point source wetting pattern of subsurface drip irrigation" Irrigation Science , 29 , pp. 331–339 .

7. Avi, S ., and G. Sinai (2004) . "Application of conditioner solution by subsurface emitters for stabilizing the surrounding soil" Journal of irrigation and drainage engineering , Vol. 130 , No. 6 , pp. 485-490 .

8. Jiusheng, Li., and H. Ji (2007) . "Wetting Patterns and Nitrate Distributions in Layered Soils from a Surface Point Source" Agricultural Sciences in china , Vol.6 , Issue 8 , August , pp.970–980 .

9.Gee , G . W ., and J . W . Bauder (1986) . "Particle Size Analysis in Methods of Soil Analysis" Part 1 : Physical and Mineralogical Methods (2nd edition) , edited by Klute ., Am. Soc. Agron. Madison, WI. pp. 383-411.

10. Keller J, Bliesner RD (1990). "Sprinkle and trickle irrigation" Avi Book Pub. Van Nostrand Reinhold, New York.

11 العبادي ، محمد طارق خليل (2004) . " حركة الماء وتوزيع الرطوبة في الري بالتنقيط تحت سطح التربة " رسالة ماجستير ، مقدمة إلى كلية الهندسة ، جامعة الموصل ، شباط/2004 .

12. Ghosh, R . K . (1980) . "Modeling Infiltration" Soil Sc., Vol. 130 , No. , 6 , PP. 297 – 302 .

تم إجراء البحث فى الكلية التقنية / الموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com