تأثير انحدار سطح التربة على أداء مصدر تنقيط خطي: (ب) السيح السطحي

مهند عباس سليمان حقي إسماعيل ياسين
قسم هندسة السدود والموارد المائية/جامعة الموصل

المستخلص

تهدف الدراسة إلى معرفة التأثير المتداخل لكل من انحدار سطح التربة و معدل إضافة الماء والرطوبة الابتدائية للتربة ونعومة التربة على السيح السطحي أسفل المنقط والناتج من إضافة حجم معين من الماء عن مصدر التنقيط ، إضافة إلى تحديد أقصى قيمة ممكن استخدامها لكل من العوامل أعلاه دون أن يحدث جريان سطحي قد يؤدي بالماء خارج المنطقة التي من المفترض أن يتم تامين رطوبتها من المنقط المعني. تضمنت الدراسة إجراء 16 فحصاً لمتابعة تقدم جبهة الابتلال مع الزمن في مقد تربة وقياس تقدم السيح السطحي تحت مصدر تنقيط خطي. وقد تم ذلك باستخدام تربة مزيجية رملية وتربة مزيجية طينية وعدة انحدارات لسطح التربة (0%،3.75%،7.5%،15%) ومعدلين لإضافة الماء(5.06,3.03) مليلتر/دقيقة/سم عمق ومستويين للرطوبة الحجمية الابتدائية لكل تربة. أوضحت النتائج إنّ السيح السطحي أسفل المنقط يزداد بازدياد انحدار سطح التربة و معدل إضافة الماء إضافة إلى الرطوبة الابتدائية للتربة وان تأثير ذلك يكون واضح في التربة المزيجية الطينية على ما هو عليه في التربة المزيجية الرملية. وأوضحت الدراسة القيم القصوى لكل من انحدار سطح التربة ومعدل إضافة الماء ونعومة التربة والرطوبة الابتدائية للتربة وذلك لتربتي مختلفتين وفي النسجة عند استخدام مصدر تنقيط خطي بحيث لا يحدث جريان سطحي خارج المنطقة التي يتم تامين رطوبتها من المقط المعني.

Effect Of Soil Surface Slope On The Performance Of Trickle Line Source:(B)Surface Runoff

ABSTRACT

The present study aims to find out the einterferences effects of the soil surface slope, the water application rate, soil type, and the initial soil moisture on the local surface runoff, which is resulting from the application of certain water volume by trickle line source. In addition to determining the maximum applicable value for each of the above mentioned factors, which can be used without the surface runoff occurs which may be lead the water out of the area that is supposed to be secure the moisture from concerned trickler. The study included 16 test to monitor the advance of the wetting front and the local surface runoff with time in the soil profile under trickle line source. This was done by using sandy loam soil and clay loam soil, several soil surface slopes (0%, 3.75%,7.5%, 15%), two water application rates(3.03,5.06) ml/min/cm and two levels of the volumetric initial moisture for each soil. The study results showed that the surface runoff downstream trickler increases with the increase of the soil surface slope or the increase the water application rate or the increase of the initial soil moisture and the surface runoff effects are greater in the clay loam soil than the sandy loam soil. And study proposed the maximum value for each of the soil surface slope, the water application rate, and the volumetric initial soil moisture for study's soils when using trickle line source, so that the surface runoff does not happen outside the area that is supposed to be secure moisture from the concerned trickler.

أستلم: 29 – 4 - 2013 قبل: 16 – 1 - 2014

مقدمـــة

يمتاز الري بالتنقيط بانعدام أو قلة مشاكل ومخاطر حت سطح التربة عند إرواء الأراضي المنحدرة وذلك لانعدام السيح السطحي بمعناه التقليدي، لذا يعد الري بالتنقيط نموذجياً في ري الأشجار والنباتات المزروعة على الأراضي ذات الانحدارات العالية كسفوح الجبال والتلال[2,1] . إن ارتشاح الماء إلى داخل التربة من منقط على سطح التربة يتمثل بحركة الماء ببعد ثلاثي مشبع وغير مشبع مع حافة متحركة (جبهة الابتلال) تفصل بين المنطقة المبتلة والجافة [3]، حيث يسلط الماء المضاف من المنقط بمعدل إضافة ثابت إلى نقطة على سطح التربة فينتشر الماء ويتحرك عبر السطح، وعلى العموم بعد فترة من الزمن تصبح مساحة السيح السطحي الموقعي ثابتة، أي أن معدل الانتشار السطحي سيتلاشى وجميع الماء سيترشح إلى داخل التربة. إن منطقة السيح السطحي التي تتكون حول المنقط تعتمد على معدل إضافة الماء من المنقط وخصائص التربة الهيدروليكية [4]. فعندما يكون معدل إضافة المـاء من المنقط كبير نسبة إلى قابلية التربـة على ارتشاح الماء سيؤدي ذلك إلى سيح سطحي موقعي قرب المنقط [5] ويحدث ذلك إما بزيادة معدل إضافة المـاء أو زيادة نعومة التربة [2] أو زيادة رطوبة التربة الابتدائية، وفي الحالة التي يكون فيها سطح التربة منحدر سينتج عدم تجانس في توزيع مياه السيح السطحي ألموقعي حيث سينحصر ذلك باتجاه أسفل المنقط ويكون هنالك دور كبير لـه بإزاحة موقع مركز نمط الابتلال عن المنقط [7,6] ويزداد هذا الدور كلما زاد انحدار سطح التربة، ومن معرفة هذه الإزاحة يمكن تحديد موقع المنقط عن النبتة بحيث تتمركز المجموعة الجذرية في نمط الابتلال. لذلك تهدف الدراسة الحالية لمعرفة التأثير المتداخل لانحدار سطح التربة مع كل من معدل إضافة الماء ونعومة التربة والرطوبة الابتدائية للتربة على السيح السطحي أسفل المنقط الناتج من إضافة حجم معين من الماء عن مصدر التنقيط، إضافة إلى تحديد أقصى قيمة ممكن استخدامها لكل من انحدار سطح التربة و معدل إضافة الماء والرطوبة الابتدائية للتربة دون أن يحدث جريان سطحي قد يؤدي بالماء خارج المنطقة التي من المفترض أن يتم تامين رطوبتها من المنقط المعني.

المواد وطرق البحث

تم إجراء 16 فحصاً لمتابعة تقدم جبهة الابتلال مع الزمن في مقد تربة تحت مصدر تنقيط خطي. وقد تم ذلك باستخدام تربة مزيجية رملية وتربة مزيجية طينية وعدة انحدارات لسطح التربة (0%،3.75%،7.5%،15%) ومعدلين لإضافة الماء(5.06,3.03) مليلتر/دقيقة/سم ومستويين للرطوبة الابتدائية لكل تربة وبطاقة حجم ماء هذاره 4 لتر أو 5 لتر طبقاً للرطوبة الابتدائية ونوعية التربة ومعدل إضافة الماء، تضمن كل فحص قياس بيانات القدم السطحي أسفل وأعلى المنقط والتقدم العمودي عند المنقط لطوري إضافة الماء وإعادة توزيع الرطوبة إضافةً إلى بيانات السيح السطحي الموقعي باتجاه أسفل المنقط ، تم استخدام بيانات التقدم السطحي أسفل وأعلى المنقط لتوضيح تأثير كل من انحدار سطح التربة ومعدل إضافة الماء ونوع التربة والرطوبة الحجمية الابتدائية للتربة على الإزاحة بين مركز نمط الابتلال السطحي عن المنقط[8]، وفي هذه الدراسة تم استخدام بيانات التقدم السطحي أسفل المنقط أيضاً إضافةً إلى بيانات السيح السطحي الموقعي أسفل المنقط وتهذيب هذه البيانات بما يتلائم مع سهولة وشمولية توضيح تأثير كل من انحدار سطح التربة ومعدل إضافة الماء ونوع التربة والرطوبة الابتدائية للتربة على السيح السطحي الموقعي أسفل المنقط عن طريق التعبير عنها بمعادلات ذات معامل تحديد R^2 عالي جدا" ناتجة من استخدام البرنامج الإحصائي (spss) Special Program for Statistical System واستخدام طريقة الانحدار اللاخطي، وتم الحصول على أفضل العلاقات بين السيح السطحي والمتغيرات الأخرى والموضحة أدناه، فبواقع 66 قيمة للتربة المزيجية الرملية و61 قيمة للتربة المزيجية الطينية ولكل من التقدم السطحي أسفل المنقط X_d سم، و السيح السطحي الموقعي أسفل المنقط r مقدراً بالسنتمتر والزمن t منذ بداية إضافة الماء مقدراً بالدقيقة والرطوبة الابتدائية للتربة θ_i% ومعدل إضافة الماء q مليلتر/دقيقة/سم عمق وانحدار سطح التربة s سم/سم، تم التعبير عن بيانات كل من التقدم السطحي أسفل المنقط والسيح السطحي الموقعي أسفل المنقط خلال طور إضافة الماء بالصيغ الآتية:

$$X_d = A_1 * t^{A2} * \theta_i^{A3} * q^{A4} + A_5 * t^{A6} * s^{A7} \quad \text{.....(1)}$$

$$r = A_1 * t^{A2} * q^{A3} \left[A_4 * \theta_i^{A5} + A_6 * s^{A7} \right] \quad \text{.....(2)}$$

والجدول (1) يبين قيم المعاملات لصيغة المعادلة (1) لإيجاد بيانات التقدم السطحي المتوقع أسفل المنقط. وقيم المعاملات لصيغة المعادلة (2) وذلك لإيجاد السيح السطحي الموقعي المتوقع أسفل المنقط خلال طور إضافة الماء ومعامل التحديد

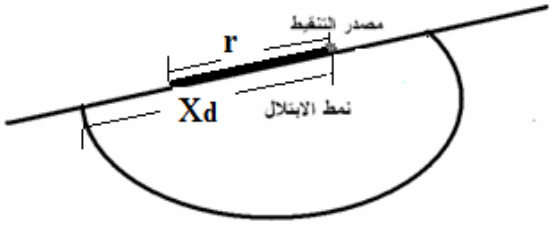
لتربتي الدراسة. وقد تم إجراء اختبارات إحصائية (T.test و One-Way ANOVA) باستخدام البرنامج الإحصائي (spss) لمعرفة الفروقات المعنوية وغير المعنوية لتأثير كل من انحدار سطح التربة ومعدل إضافة الماء والرطوبة الابتدائية للتربة كلاً على حده على التقدم السطحي أسفل المنقط وعلى السيح السطحي الموقعي.

الجدول(1): قيم المعاملات لصيغة المعادلة (1) للتعبير عن بيانات التقدم السطحي أسفل المنقط ومعامل التحديد لتربتي الدراسة خلال طور إضافة الماء.

نوع التربة	المتغيرات	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	R^2
مزيجية رملية	X_d	0.2886	0.4708	0.3197	2.0574	4.6082	0.4708	0.35	0.989
مزيجية طينية	X_d	0.5058	0.6298	0.1356	1.2493	2.3368	0.6298	0.35	0.991
مزيجية رملية	r	0.5082	0.6261	2.1685	0.8547	1.6837	0.4136	0.6	0.972
مزيجية طينية	r	0.628	0.748	2.0515	0.491	1.1984	0.251	0.6	0.985

النتائج والمناقشـــة

السيح السطحي الموقعي أسفل المنقط (r)



الشكل(1):التقدم السطحي أسفل المنقط والسيح السطحي ألموقعي

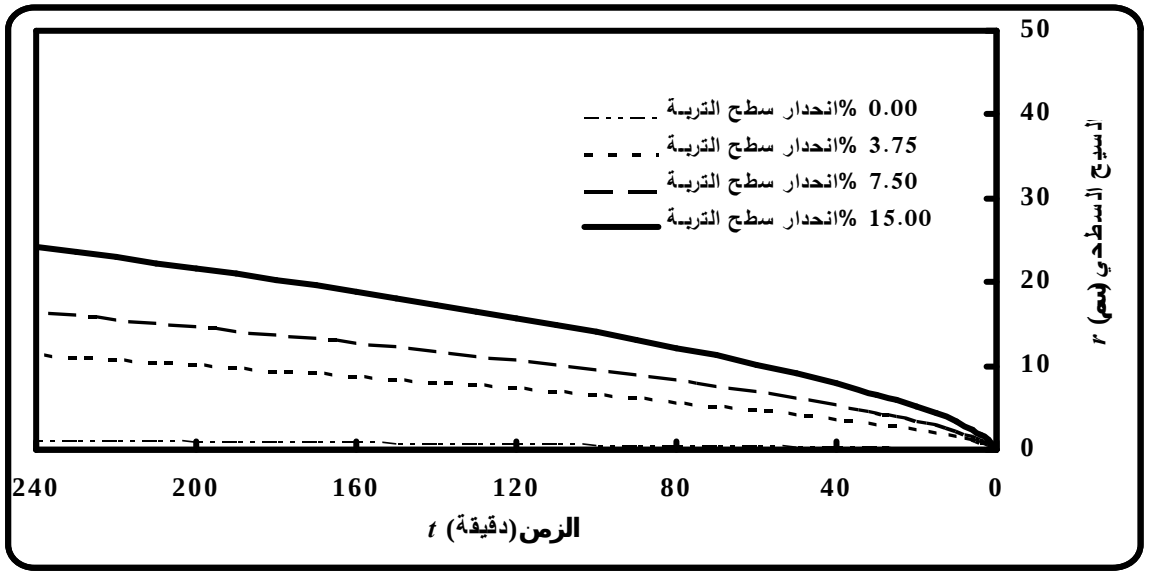
يوضح الشكل(1) التقدم السطحي أسفل المنقط (X_d) والسيح السطحي الموقعي أسفل المنقط (r) عن مصدر التنقيط حيث أن الفرق بينما يمثل الماء المرتشح إلى داخل التربة .

تأثير انحدار سطح التربة: يوضح الشكلان (2 و3) تغير السيح السطحي أسفل المنقط مع الزمن ولانحدارات مختلفة لسطح التربة وعند حجم ماء مقداره 727.3 مليلتر/سم ومعدل إضافة الماء 3.03 مليلتر/دقيقة/سم وعند مستويين للرطوبة الحجمية الابتدائية 5.7 % 14.3% على التوالي وذلك للتربة المزيجية الرملية، يتبين من الشكلين أن السيح السطحي أسفل المنقط يزداد مع زيادة انحدار سطح التربة، ومن مقارنة الشكلين فان السيح السطحي أسفل المنقط يزداد مع زيادة الرطوبة الابتدائية للتربة. ويوضح الشكلان (4 و5) تغير السيح السطحي أسفل المنقط مع الزمن ولانحدارات مختلفة لسطح التربة وعند حجم ماء مقداره 727.3مليلتر/سم ومعدل إضافة الماء 3.03 مليلتر/دقيقة/سم وعند المستويين للرطوبة الابتدائية للتربة 4.8%،13.7% على التوالي وذلك للتربة المزيجية الطينية، يتبين كذلك من الشكلين أن السيح السطحي أسفل المنقط يزداد مع زيادة انحدار سطح التربة، ومن مقارنة الشكلين فان السيح السطحي أسفل المنقط يزداد مع زيادة الرطوبة الحجمية الابتدائية للتربة. أما بالنسبة للشكلين (2 و3) والشكلين (4 و5) يتبين أن السيح السطحي أسفل المنقط في حالة التربة المزيجية الطينية هو اكبر مما عليه في التربة المزيجية الرملية وذلك لسرعة المغاض للتربة المزيجية الرملية وذلك لانحدار سطح التربة ورطوبة ابتدائية للتربة معينين وضمن حدود حجم الماء المضاف، مما تقدم يتبين أن السيح السطحي أسفل المنقط يتغير مع الزمن ولم يثبت إلا في حالة عدم وجود انحدار لسطح التربة ولحالة التربة المزيجية الرملية وفي الرطوبة الحجمية الابتدائية الوطئة وذلك يتوافق مع [9].

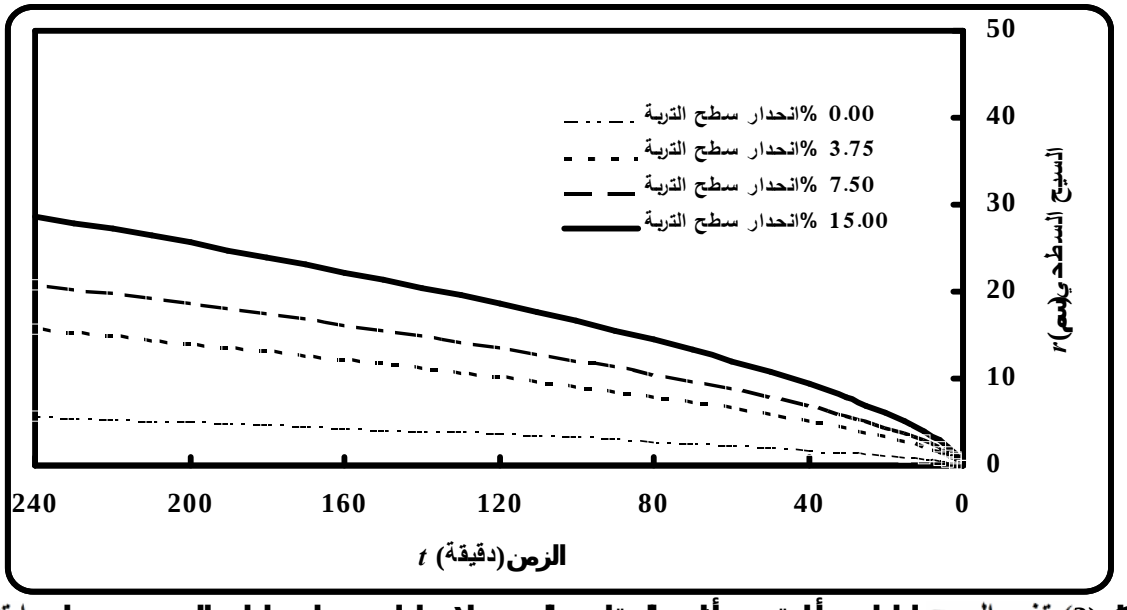
تأثير معدل إضافة الماء: يوضح الشكلان (6 و7) تغير السيح السطحي أسفل المنقط مع الزمن لمعدلات مختلفة لإضافة الماء 3.03 , 5.06 مليلتر/دقيقة/سم وحجم ماء مقداره 727.3 مليلتر/سم وانحدار سطح التربة 7.5% وبرطوبة حجمية ابتدائية مقدارها 5.7% للتربة المزيجية الرملية و4.8% للتربة المزيجية الطينية على التوالي، يتبين من الشكلين أن السيح السطحي أسفل المنقط يزداد بازدياد معدل إضافة الماء عند نفس الحجم من الماء المضاف أو عند زمن معين وذلك لتكون منطقة مغمورة باتجاه انحدار سطح التربة ولنقصان زمن ارتشاح الماء إلى داخل التربة. ومن مقارنة الشكلين فان السيح السطحي أسفل المنقط عند نفس معدل إضافة الماء يكون اكبر في التربة المزيجية الطينية مما هو عليه في التربة المزيجية الرملية وذلك لحجم الماء المضاف الكلي.

تأثير الرطوبة الابتدائية للتربة: يوضح الشكلان (8 و9) تغير السيح السطحي أسفل المنقط مع الزمن ولرطوبة ابتدائية مختلفة عند معدل إضافة الماء 3.03 مليلتر/دقيقة/سم وحجم الماء المضاف 727.3 مليلتر/سم وانحدار سطح التربة 7.5

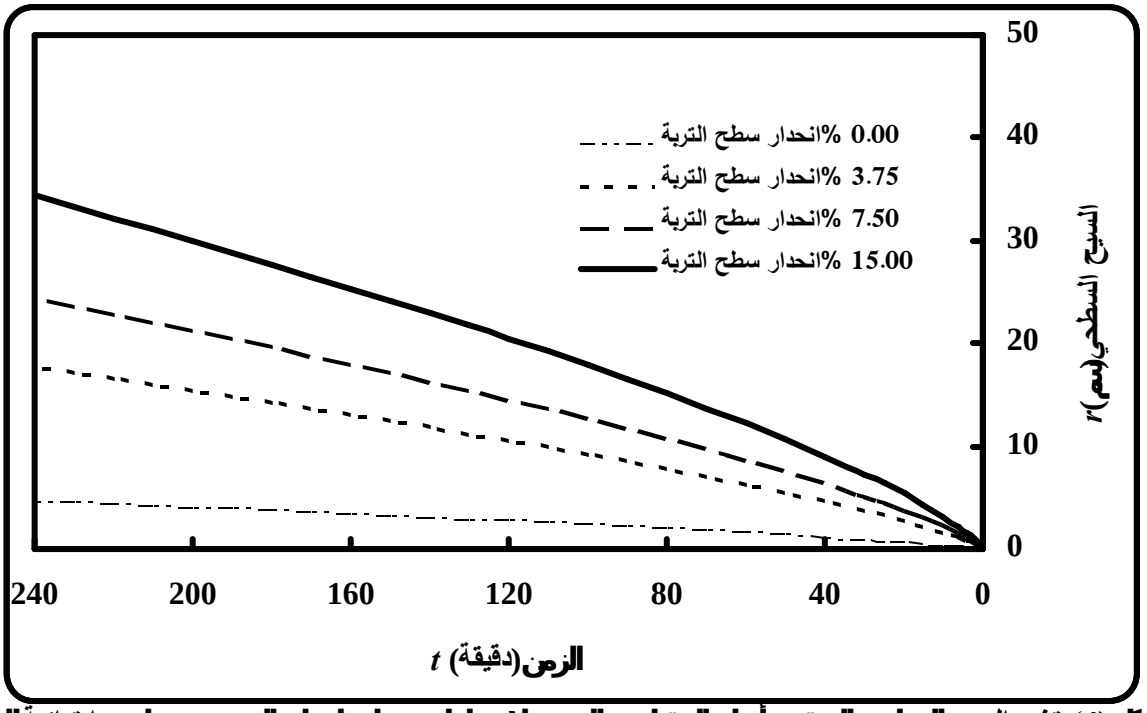
%وذلك للتربتين المزيجية الرملية والمزيجية الطينية على التوالي. يتبين من الشكلين أن السيح السطحي أسفل المنقط يزداد بازدياد الرطوبة الابتدائية للتربة وذلك عند نفس الحجم من الماء المضاف أو عند زمن معين، وان هذه الزيادة تكون أكثر وضوحا في التربة المزيجية الطينية. كما يتبين من الشكلين أن السيح السطحي أسفل المنقط في التربة المزيجية الطينية اكبر مما هو عليه في التربة المزيجية الرملية عند مستوى رطوبة متقاربة. من خلال الاختبارات الإحصائية التي تمت لمعرفة تأثير تغير السيح السطحي أسفل المنقط مع الزمن وذلك لعدة انحدارات لسطح التربة ومعدلات مختلفة لإضافة الماء ومستويات مختلفة للرطوبة الابتدائية للتربة خلال طور إضافة الماء ولتربتي الدراسة والموضحة في الأشكال (2- 9) إذ كان التأثير معنوياً ماعدا تغير السيح السطحي أسفل المنقط مع الزمن والموضحة في الأشكال (3 و4 و5) وذلك بين الانحدارين 3.75% و7.5% **والشكل**(8) عند تغير الرطوبة للتربة المزيجية الرملية إذ كان التأثير غير معنوياً.



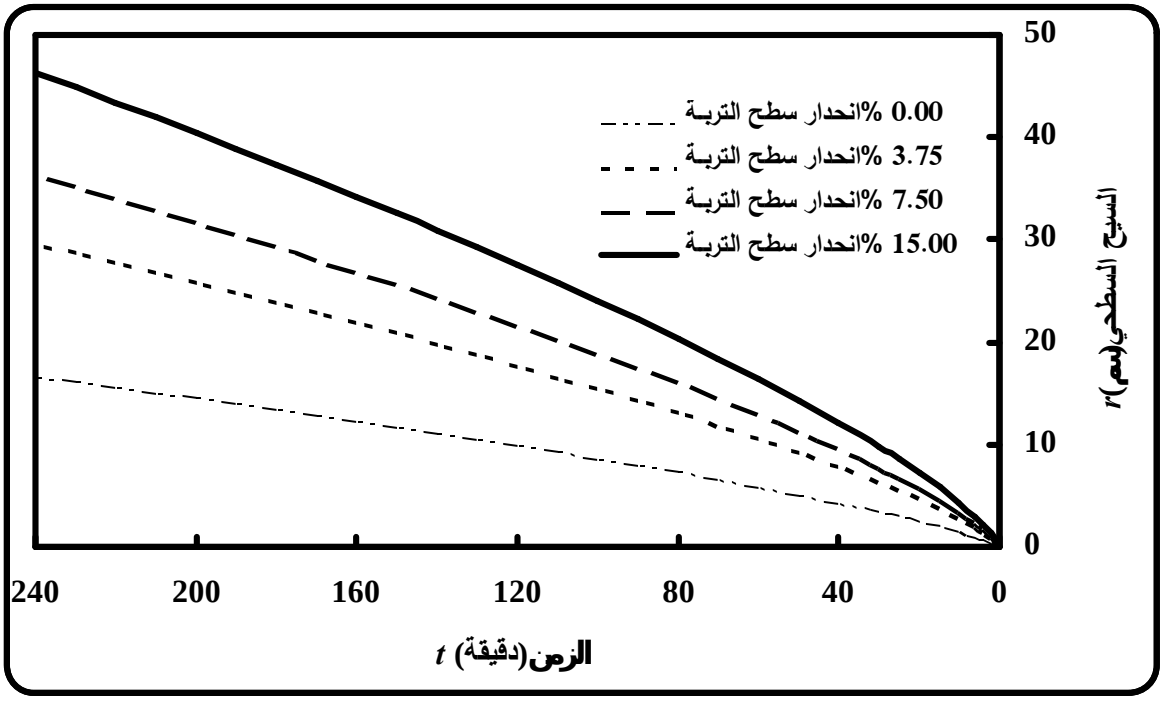
الشكل(2):تغير السيح السطحي أسفل المنقط مع الزمن ولانحدارات مختلفة لسطح التربة عند رطوبة ابتدائية للتربة 5.7% وحجم الماء المضاف 727.3 مليلتر/سم ومعدل إضافة الماء 3.03 مليلتر/دقيقة/سم لتربة مزيجية رملية.



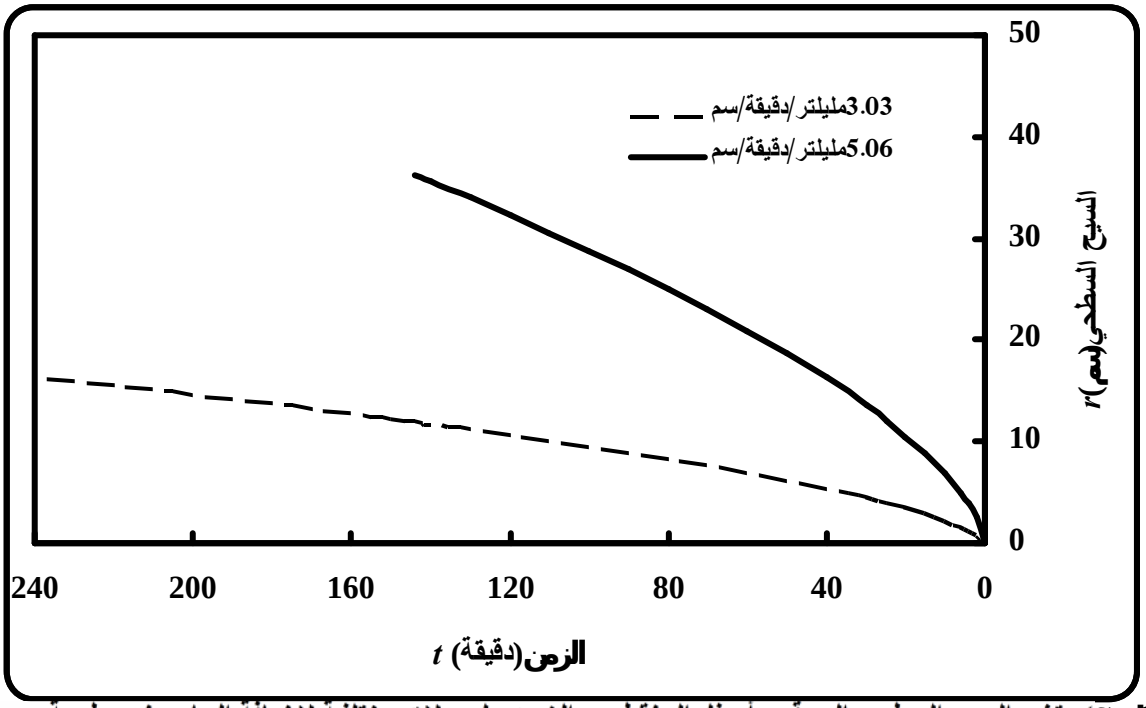
الشكل(3):تغير السيح السطحي أسفل المنقط مع الزمن ولانحدارات مختلفة لسطح التربة عند رطوبة ابتدائية للتربة 14.3% وحجم الماء المضاف 727.3 مليلتر/سم ومعدل إضافة الماء 3.03 مليلتر/دقيقة/سم لتربة مزيجية رملية.



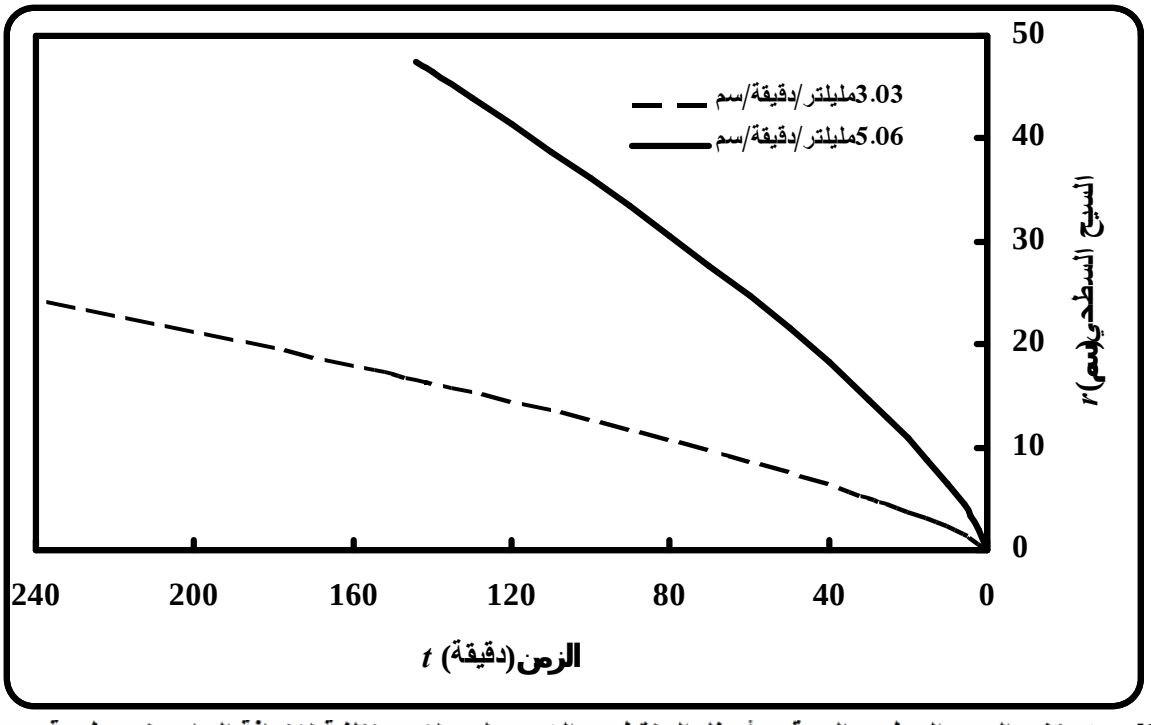
الشكل (4): تغير السيح السطحي الموقعي أسفل المقطع مع الزمن ولانحدارات مختلفة لسطح التربة عند رطوبة ابتدائية للتربة 4.8% وحجم الماء المضاف 727.3 مليلتر/سم ومعدل إضافة الماء 3.03 مليلتر/دقيقة/سم لتربة مزيجية طينية.



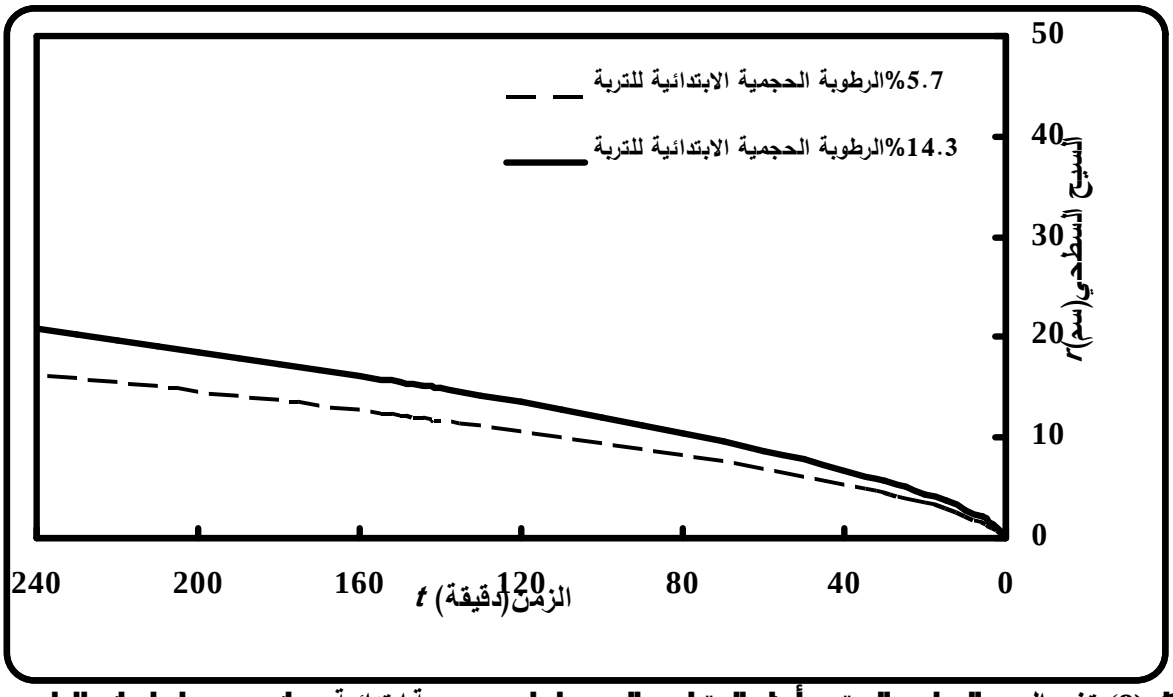
الشكل (5): تغير السيح السطحي الموقعي أسفل المقطع مع الزمن ولانحدارات مختلفة لسطح التربة عند رطوبة ابتدائية للتربة 13.7% وحجم الماء المضاف 727.3 مليلتر/سم ومعدل إضافة الماء 3.03 مليلتر/دقيقة/سم لتربة مزيجية طينية.



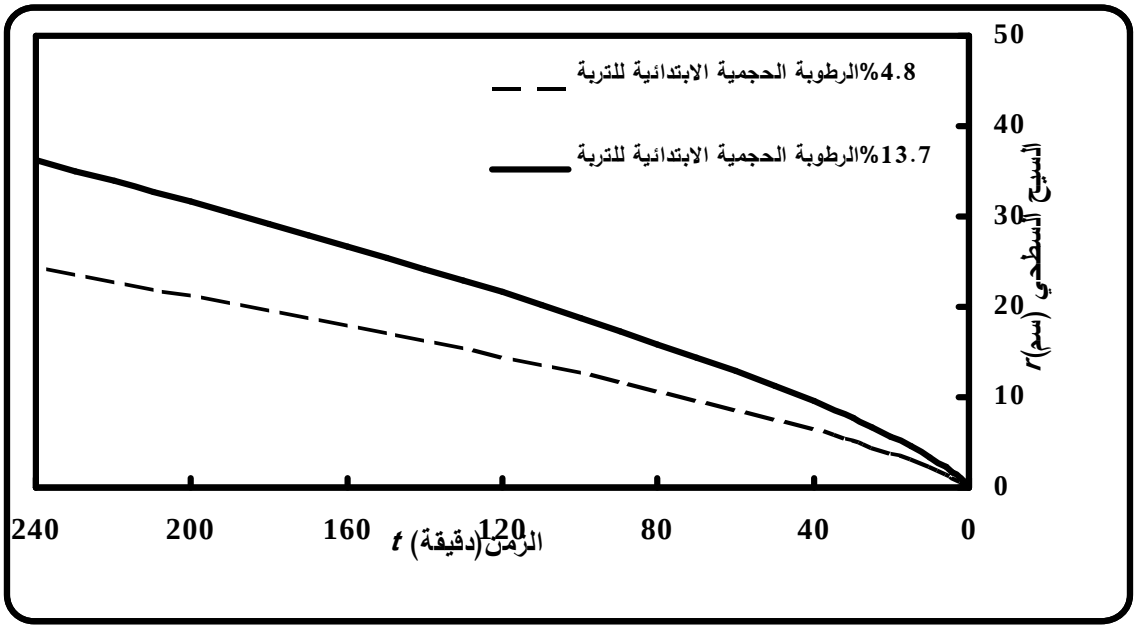
الشكل(6): تغير السيح السطحي الموقعي أسفل المنقط مع الزمن ولمعدلات مختلفة لإضافة الماء عند رطوبة حجمية ابتدائية للتربة 5.7 % وحجم الماء المضاف 727.3 مليلتر/سم وانحدار سطح التربة 7.5 % للتربة المزيجية الرملية.



الشكل(7): تغير السيح السطحي الموقعي أسفل المنقط مع الزمن ولمعدلات مختلفة لإضافة الماء عند رطوبة حجمية ابتدائية للتربة 4.8 % وحجم الماء المضاف 727.3 مليلتر/سم وانحدار سطح التربة 7.5 % للتربة المزيجية الطينية.



الشكل(8):تغير السيح السطحي الموقعي أسفل المقطر مع الزمن ولرطوبة حجمية ابتدائية مختلفة عند معدل إضافة للماء 3.03 مليلتر/دقيقة/سم وحجم الماء المضاف 727.3 مليلتر/سم وانحدار سطح التربة 7.5 % لتربة مزيجية رملية.



الشكل(9):تغير السيح السطحي الموقعي أسفل المقطر مع الزمن ولرطوبة حجمية ابتدائية مختلفة عند معدل إضافة للماء 3.03 مليلتر/دقيقة/سم وحجم الماء المضاف 727.3 مليلتر/سم وانحدار سطح التربة 7.5 % لتربة مزيجية طينية.

لمناقشة أقصى قيمة لمعدل إضافة الماء عند انحدار معين لسطح التربة ومستوى رطوبة ابتدائية معينة أو أقصى انحدار لسطح التربة عند معدل إضافة ماء معين ومستوى رطوبة ابتدائية معينة أو أقصى رطوبة ابتدائية عند معدل إضافة

ماء معين وانحدار لسطح التربة معين، فلتحديد أقصى قيمة ممكن استخدامها دون أن يحدث جريان سطحي قد يؤدي بالماء خارج المنطقة التي من المفترض أن يتم تأمين رطوبتها من المنقط المعني ولتربتي الدراسة. لقد تمَّ ملاحظة أنَّ الفرق بين التقدم السطحي أسفل المنقط X_d سم ومسافة السيح السطحي الموقعي أسفل المنقط r سم في فحوصات تمثل هذا الجريان السطحي الآنف الذكر لم يتم توثيقها هو بحدود أو أقل من 10 سم وكمحاولة لتحديد أقصى قيمة ممكن استخدامها دون أن يحدث جريان سطحي معنوي، فقد تمَّ إيجاد هذا الفرق اعتماداً على المعادلة (1) لحساب التقدم السطحي أسفل المنقط X_d سم والمعادلة (2) لحساب ومسافة السيح السطحي ألموقعي أسفل المنقط r سم ولتربتي الدراسة. وذلك من خلال تغير احد العوامل المطلوب إيجاد قيمتها القصوى مع ثبات قيم العوامل في المعادلات أعلاه إلى إن تصل قيمة الفرق بين $(X_d - r)$ اقل من 10 سم عندها تكون هذه القيمة هي القيمة القصوى. وتوضح الجداول(2) و(3) و(4) القيم القصوى لكل من معدل إضافة الماء وانحدار سطح التربة والرطوبة الابتدائية للتربة المزيجية الرملية والمزيجية الطينية.

الجدول (2): أقصى معدل لإضافة الماء عند مستويين للرطوبة الابتدائية للتربة وانحدارات مختلفة لسطح مختلفة للتربة المزيجية الرملية والمزيجية الطينية.

أقصى معدل لإضافة الماء مليلتر/دقيقة/سم					
مزيجية طينية			مزيجية رملية		
الرطوبة الابتدائية للتربة 10%			الرطوبة الابتدائية للتربة 10%		
انحدار سطح التربة			انحدار سطح التربة		
%20	%15	%10	%20	%15	%10
4.7	5.1	5.8	4.1	4.55	6
الرطوبة الابتدائية للتربة 20%			الرطوبة الابتدائية للتربة 20%		
انحدار سطح التربة			انحدار سطح التربة		
%20	%15	%10	%20	%15	%10
3.9	4.1	4.35	3.7	4.05	4.8

الجدول (3): أقصى انحدار لسطح التربة عند مستويين للرطوبة الابتدائية للتربة ومعدلات مختلفة لإضافة الماء وللتربتين المزيجية الرملية والمزيجية الطينية.

أقصى انحدار لسطح التربة %					
مزيجية طينية			مزيجية رملية		
الرطوبة الابتدائية للتربة 10%			الرطوبة الابتدائية للتربة 10%		
معدل لإضافة الماء مليلتر/دقيقة/سم			معدل لإضافة الماء مليلتر/دقيقة/سم		
6	5	4	6	5	4
9	16	36	10.5	12.5	21
الرطوبة الابتدائية للتربة 20%			الرطوبة الابتدائية للتربة 20%		
معدل لإضافة الماء مليلتر/دقيقة/سم			معدل لإضافة الماء مليلتر/دقيقة/سم		
6	5	4	6	5	4
0.9	4	16	7.5	9	15.5

الجدول (4): أقصى رطوبة ابتدائية للتربة ولانحدارات مختلفة لسطح التربة ومعدلات مختلفة لإضافة الماء للتربة المزيجية الرملية والمزيجية الطينية.

أقصى رطوبة ابتدائية للتربة %					
مزيجية طينية			مزيجية رملية		
انحدار سطح التربة 10%			انحدار سطح التربة 10%		
معدل لإضافة الماء مليلتر/دقيقة/سم			معدل لإضافة الماء مليلتر/دقيقة/سم		
6	5	4	6	5	4
8.8	15	23.5	13	19	25
انحدار سطح التربة 20%			انحدار سطح التربة 20%		
معدل لإضافة الماء مليلتر/دقيقة/سم			معدل لإضافة الماء مليلتر/دقيقة/سم		
6	5	4	6	5	4
	5.7	18			15

الاستنتاجات

1. إن السيح السطحي أسفل المنقط يتغير مع الزمن ولم يثبت إلا في حالة التربة المزيجية الرملية وعند رطوبة ابتدائية واطئة ولسطح تربة مستوي وذلك لتأثير بمعدل غيض أكثر من التربة المزيجية الطينية.

2. إنَّ السيح السطحي أسفل المنقط يزداد بازدياد كل من انحدار سطح التربة أو معدل إضافة الماء أو الرطوبة الابتدائية للتربة وان تأثير ذلك يكون أوضح في التربة المزيجية الطينية لانخفاض مستوى الغيض عن ما هو عليه في التربة المزيجية الرملية.

3. قدمت الدراسة أقصى قيمة لكل من انحدار سطح التربة ومعدل إضافة الماء ونعومة التربة والرطوبة الابتدائية للتربة وذلك لنوعين من الترب وعند استخدام مصدر تنقيط خطي بحيث لا يحدث جريان سطحي قد يؤدي بالماء خارج المنطقة التي من المفترض أن يتم تامين رطوبتها من المنقط المعني.

المصادر

1 حاجم، احمد يوسف و حقي إسماعيل ياسين " هندسة نظم الري الحقلي" دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، العراق. (1992).

2. Merkley and Allen “Sprinkle and Trickle Irrigation Lectures ”. Journal ,ASAE Transactions, International Committee on Irrigation and Drainage(ICID) Journal,and others.Utah stat University,Logan,Utah, (2007) Page 244.

3. Hammami,M.,H.Daghari, J. Balti, and M.Maalej “Approach for predicting the wetting front depth beneath a surface point source: Theory and numerical aspect” . Irrigation and Drainage (51) , 2002 ,pp. 347-360.

4. Assouline, S. (2002) “The effect of microdrip and conventional drip irrigation on water distribution and uptake”. Soil Sci. Soc. Am. J.(66) : 1630-1636.

5. Nath ,T. K .and Tiwar (2005) “Prediction of ideal wetting depth under point source – a numerical approach” IE (I) Journal.AG, Vol.(86).

6. Lafolie, F., R.Guennelon, and M.Th. van Genuchten (1989) “Analysis of water flow under trickle irrigation:I.Theory and numerical solution”. Soil Sci. Soc. Am. J. (53):1310-1318

7.Zhimin Li and Logan W. APPERLEY(1992) “Water distribution patterns from trickle irrigation system”. 11th Australasian Fluid Mechanics Conference, Australia, p. 1287

8. سليمان، مهند عباس " تأثير الانحدار على نمط الابتلال لنوعين من التربة تحت مصدر تنقيط خطي ". رسالة ماجستير ، جامعة الموصل،العراق.(2013).

9. Youngs, E.G.,P.B.Leeds-Harrison and A.Alghusni (1999) “Surface ponding of coarse-textured soils under irrigation with a line of surface emitters”. Journal of Agricultural Engineering Research (73) : 95-100.

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل