

استخدام بعض النماذج الرياضية لوصف عملية الرشح في أراضي مختلفة الاستخدامات وعند مستويات رطوبة مختلفة

د. ماجدة بشير البشتي*⁽¹⁾ وعلي أحمد بالحاج⁽¹⁾ وعبير فائز الكريكشي⁽¹⁾ وسهام إبراهيم عسكر⁽¹⁾

(1). قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، ليبيا.

(* للمراسلة: د. ماجدة بشير البشتي. البريد الإلكتروني: melbeshti@yahoo.com).

تاريخ القبول: 2017/05/03

تاريخ الاستلام: 2017/10/03

الملخص

أجريت هذه الدراسة لقياس معدلات الرشح في ترب أربع مناطق مختلفة الاستخدام، وعند مستويات رطوبة مختلفة، واختبار بعض النماذج الرياضية التي تصفها، في محطة أبحاث كلية الزراعة، جامعة طرابلس بليبيا. وكانت الاستخدامات المختلفة للأرض المدروسة هي: أرض مزروعة بمحصول نجيلي، وأرض مزروعة بأشجار زيتون، وأرض مستخدمة ممرًا لمرور المعدات والآليات الزراعية، وأرض حظيرة للأبقار. هدفت هذه الدراسة إلى وصف كفاءة بعض النماذج الرياضية من أجل تقدير تأثير استخدامات الأرض المختلفة، والمحتوى الرطوبي، على معدلات الرشح، وتحديد مدى قدرتها على وصف عملية الرشح في بعض الترب اللببية، وقد تم قياس معدل الرشح باستخدام جهاز الأسطوانة المزدوجة (Measured)، بينما استخدمت نماذج كلاً من هورتون وفيليب وكوستياكوف لتقدير معدلات الرشح. وقد بينت النتائج أن لكل من استخدامات الأرض، والمحتوى الرطوبي، تأثيرات على معدلات الرشح وظهر هذا التأثير واضحاً على معدلات الرشح المقدرة والمقاسة، حيث كانت القيم المقدرة أعلى أو أقل من القيم المقاسة خلال زمن التجربة، ولكن الفروق بينها لم تكن معنوية حسب اختبار F عند (P=0.05)، ما عدا معدلات الرشح المقدرة بنموذج فيليب في موقع المحصول النجيلي بعد سقوط الأمطار، حيث اختلفت بفروق معنوية عن المقاسة. كذلك اختلفت ثوابت أو معالم هذه النماذج بتغير المحتوى الرطوبي المبدئي (قبل وبعد سقوط الأمطار) ومن موقع لآخر. فعند دراسة تأثير تغير المحتوى الرطوبي المبدئي على سلوك هذه النماذج بينت النتائج أن كفاءة هذه النماذج تزداد بزيادة المحتوى الرطوبي المبدئي حسب معامل التحديد (R^2) ومعامل الارتباط (r). أما عند دراسة تأثير استخدام الأرض على هذه النماذج تبين أن هناك تباين في سلوك النموذج الواحد من موقع لآخر نتيجة لاختلاف بناء التربة الناتج عن اختلاف استخدامها. وقد تم أخذ عينات من التربة من المواقع لإجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية عليها لمعرفة خواصها. بينت النتائج عدم وجود فروق معنوية عند (P=0.05) بين معدلات الرشح المقاسة في الحقل والمحسوبة باستخدام نموذج هورتون قبل وبعد سقوط الأمطار في كل المواقع، بالرغم من تدني r بينهما قبل الأمطار، بينما ارتفعت قيم r بعد سقوط الأمطار إلى (0.67، 0.78، 0.71، 0.65) في مواقع الأشجار، والممر، والمحصول النجيلي، وحظيرة الأبقار على التوالي. كذلك اختلفت ثوابت النموذج (i_0 ، i_c ، K) باختلاف المحتوى الرطوبي. وسلك نموذج كوستياكوف نفس سلوك نموذج هورتون في المواقع المدروسة؛ فلم تكن الفروق بين معدلات الرشح المقدرة بهذا النموذج والمقاسة بالأسطوانة المزدوجة فروق معنوية عند (P=0.05) قبل وبعد سقوط الأمطار، كذلك اختلفت الثوابت (K ، α) عند المستويات الرطوبة المختلفة، ولكن كان تغير الثابت K في موقع المحصول النجيلي بعد سقوط الأمطار يختلف على باقي المواقع، كذلك ارتفعت قيم r بشكل عام بعد سقوط الأمطار. بينما اختلف سلوك نموذج فيليب باختلاف المواقع، والمستويات الرطوبة المختلفة، حيث تبين من اختبار F عند (P=0.05) أن الفروق بين المقدرة بهذا النموذج والمقاسة هي فروق معنوية في موقع المحصول النجيلي بعد سقوط الأمطار فقط، بينما لم تكن الفروق معنوية في باقي المواقع قبل وبعد سقوط الأمطار، كذلك انخفضت قيم r قبل وبعد سقوط الأمطار مقارنةً بالنماذج الأخرى.

الكلمات المفتاحية: معدل الرشح، الأسطوانة المزدوجة، المحتوى الرطوبي، نموذج هورتون، نموذج فيليب، نموذج كوستياكوف.

المقدمة:

تُعتبر المياه هي المكوّن الرئيسي للدورة الهيدرولوجية التي تتضمن عناصر كثيرة في تكوينها حيث يأخذ فيها الماء أشكال متعددة تحددها العوامل المناخية والظروف البيئية ومن أهمّ هذه العناصر الرشح السطحي، والذي يُعرّف على أنه حركة الماء إلى داخل التربة عن طريق السطح، سواءً كان عن طريق المطر أو الري، فيخترق الماء سطح التربة متجهاً إلى أسفل، ويُطلق على هذه العملية بالتسرب أو الرشح السطحي (philip, 1954) و (Hillel, 1980). ولهذه العملية أهمية كبيرة خاصةً في تحديد كمية الجريان السطحي، ومنه يمكن تحديد مخاطر الانجراف، كذلك معرفة كمية المياه التي تصل إلى منطقة جذور النباتات، كما أنّ معرفة عملية الرشح وعلاقته بخواص التربة في تحديد معدّل إضافة الماء ضروري للإدارة الجيدة للمياه والتربة (Hillel, 1980). و يُعرّف معدّل الرشح السطحي بأنه عبارة عن عمق الماء المتسرب من سطح التربة خلال وحدة زمنية، وهو يُعبّر عن سرعة مرور الماء في التربة. ويقال معدّل الرشح مع الزمن. ووحدته م/ساعة أو بوصة/ساعة.

يظلّ هذا الوصف غير دقيق نظراً للحاجة الماسّة للحصول على تقديرات دقيقة لكمية الجريان، والرشح السطحي، التي تحدث تحت ظروفٍ معينة، ولهذا تمّ استخدام بعض النماذج الرياضية البسيطة التي تمّ اشتقاقها لوصف الرشح السطحي، وهذه النماذج في الغالب تعتمد إمّا على أساس فيزيائي، أو تقريبي، أو تجريبي. بالنسبة للفيزيائي فهو يتطلّب حل لمعادلة ريتشارد (Richards, 1931) التي تصف تدفق الماء في التربة بناءً على التوصيل الهيدروليكي، وضغط ماء التربة، كدوال للمحتوى الرطوبي للتربة بشروط حدية معينة. إنّ حل هذه المعادلة صعبٌ للغاية، نتيجة العديد من مشاكل التدفق والتي تتطلب إدخال بيانات تفصيلية واستخدام طرق عددية (Rawls et al., 1993). وذكر (Skaggs and Khaleel, 1982) أنه على الرغم من الطرق العددية التي تسمح للهيدرولوجيين بتحديد الرشح الرأسي للمياه المهم لتقييم تغذية المياه الجوفية وفي تحليل حركة الملوثات خلال التربة، ولكنّ الحلول العددية مكلفة وتحتاج لبيانات مكثفة ووقتٍ طويل للعمليات الحسابية التي تتطلب قياسات حقلية عديدة، ليتمّ استخدامها وبالتالي نادراً ما تُستخدم عملياً. وقد سهّلت التحسينات في تكنولوجيا الحاسوب بشكلٍ كبير استخدام التقنيات الرقمية. ومع ذلك فإنّ تعقيد القياسات الضرورية للحصول على الكثير من البيانات لخصائص التربة اللازمة لهذه الحلول العددية، فرض قيود أكثر شدة، والتي لا تتناقص مع مرور الزمن. وبالتالي فهي تُعتبر مفيدة لبعض من التطبيقات، والمعادلات التي تبسّط المفاهيم الخاصة بعمليات الرشح (Rawls et al., 1993). أمّا النماذج المبسّطة فهي تشتمل على النماذج التجريبية مثل نموذج (كوستياكوف، هورتون، وهولتون)، والنماذج التقريبية مثل نموذج (جرين، وأمبت، وفيليب). فالنماذج التجريبية تميل إلى أن تكون أقلّ تعقيداً بافتراضات لظروف سطح التربة وحالة قطاع التربة، ولكن مقيدة بالظروف التي من أجلها تمّت المعايرة، حيث يتمّ تحديد الثوابت على أساس بيانات رشح حقيقية مقاسة حقلياً (Hillel, 1980; Skaggs and Khaleel, 1982). بينما النماذج التقريبية تستخدم ثوابت يمكن الحصول عليها من خصائص ماء التربة، ولا تتطلب بيانات رشح مقاسة. وقد لوحظ أنّ المعادلات التقريبية المختلفة للرشح، أنتجت توقّعات مختلفة لمعدّلات الرشح، وزمن تشبييع الطبقة السطحية، وزمن الجريان، حتى عند استعمال قياسات لنفس عينات التربة لاختلفت قيم الثوابت، أيضاً تتطلب المعادلات المختلفة للرشح ثوابت مختلفة لإستخدامها. وهناك العديد من العوامل التي تساهم في معدّل الرشح بما في ذلك زمن بداية الأمطار أو الري، والمحتوى الرطوبي المبدئي للتربة، والتوصيل الهيدروليكي، وظروف سطح التربة، وعمق قطاع التربة، وسمك وتجانس طبقات التربة (Hillel, 1980). كلّ معادلات الرشح تستفيد من هذه العوامل لوصف الرشح، لكنّ المعادلات ذات الأساس الفيزيائي تعتمد بشكلٍ أكبر على الخصائص الهيدروليكية والفيزيائية للتربة التي تحدث ضمن القطاع مثل: التوصيل الهيدروليكي التشبّعي، وتدرّج رطوبة التربة، والشّد عند جبهة الابتلال. أمّا النماذج التجريبية فهي تعتمد أكثر على الثوابت التي تحددها المنحنيات المناسبة أو المقدّرة بوسائل أخرى، وبالتالي قد تعكس تأثير الاختلافات في ظروف سطح التربة أفضل من النماذج الفيزيائية، طالما الثوابت تمّت معايرتها منفصلةً لتلك الظروف المختلفة. بالإضافة إلى ذلك في بعض الأحيان تُستخدم النماذج التقريبية كنماذج تجريبية بمعلمات حُدّدت بنفس الطريقة. وبالتالي فإنّه نحتاج للأخذ بعين الإعتبار الافتراضات من حيث الشكل والغرض من كل معادلة، لتحديد أيّ المعادلات التي يمكن استخدامها لتطبيقٍ معيّن. ومن أهمّ هذه النماذج والتي أُستخدمت في هذه الدراسة: نموذج هورتون، (1911) ونموذج كوستياكوف، (1932) ونموذج فيليب (1957). واعتمدت هذه المعادلات أو النماذج على الأساس الفيزيائي والأساس التجريبي وهي كالتالي:

معادلة كوستاكوف: (Kostikove, 1932)

$$i = kt^{-\alpha} \quad (1)$$

حيث: i = معدل الرشح. t = الزمن بعد بدء الرشح. k, α = ثوابت تعتمد على نوع التربة وحالتها الأولية.

حيث k معلّمة تعتمد على خواص التربة، وحالتها من حيث ترصّ الحبيبات، والمساميّة، وبناء التربة، ويمكن الحصول على قيمتها بواسطة تحليل الانحدار البسيط لبيانات تجريبية للتربة المدروسة، كما أوضح Philip b, (1957) أنّه لا يمكن تفسير ثوابت هذه المعادلة فيزيائياً إلا تحت ظروفٍ معينة، وهي من المعادلات التجريبية التي يجب أن يكون لها افتراضات وهي:

$$\begin{array}{l} t = 0 \quad \alpha = 0.5 \quad k = Sp \\ t \rightarrow \alpha \quad \alpha = 1 \quad k = K \end{array}$$

حيث Sp : تشربية التربة، K : التوصيل الهيدروليكي.

كما أشار إلى أنّ قيمة α تقترب من 0.5 عندما يكون قوام التربة ناعم، والتربة جافةً هوائياً، حيث يكون التأثير الأكبر على الرّشح من جهد الشدّ، أمّا في التربة الناعمة المبللة والترّب الرملية يصبح تأثير الجاذبية هو الأكثر تأثيراً وسوف تقترب قيمة α من 1. معادلة هورتون (Horton, 1940):

$$i = i_c + (i_0 - i_c) e^{-kt} \quad (2)$$

حيث:

t = الزمن

i = معدل الرّشح اللحظي في الزمن t .

i_0 = معدّل الرّشح الابتدائي عند الزمن $t=0$.

i_c = معدّل الرّشح النهائي الثابت مع الزمن.

k = ثابت يعتمد أساساً على التربة والغطاء النباتي.

وقد أشار Collis-Geroge, (1977) و Knapp, (1978) إلى أنّ معادلة هورتون لا تصف عملية الرّشح بشكلٍ دقيق عند قيم الزمن الصغيرة. حيث أنّ معدل الرّشح وفقاً لمعادلة هورتون يمثل قيمة أقل من القياسات الحقلية للرّشح عند الزمن = 0.

معادلة فيليب (Philip, 1957):

$$i = \frac{S_p}{2\sqrt{t}} + A \quad (3)$$

حيث:

i = معدّل الرّشح اللحظي عند الزمن t .

t = الزمن.

S_p = ثابت يتعلّق بتشربية التربة (Sorptivity)، وهي تشير إلى قدرة التربة على امتصاص الماء ووحدتها (وحدة طول/زمن^{0.5})، وهي عبارة عن ميل الخط المستقيم الناتج من رسم الرّشح التراكمي (I) مع ($t^{0.5}$)، أي أن ($S_p = \frac{I}{t^{0.5}}$). A = ثابت قريب من التوصيل الهيدروليكي عند سطح التربة عندما $t > 0$.

ذكر كلاً من Smiles and Knight, (1976); Talsma and Parlange, (1972); Talsma, (1969) أنّ معادلة فيليب تعطي توقعات معقولة لقياسات الرّشح. كذلك من أهمّ مزايا معادلة فيليب أنّه ليس لديها سوى معلمتين مما يسهّل الحسابات وهاتان المعلمتان A, S_p يمكن تقييمهما مباشرة من اختبارات الرّشح الملاحظة (Sharma et al., 1980).

كما أشار Berndtsson, (1987) إلى أنّه من السهل تقييم المعالم الثلاث في معادلة هورتون من البيانات الحقلية.

على الرغم من أنّ الأساس الفيزيائي لهذه المعادلة قليل إلا أنّها بقيت شائعة كنموذج من الأعمال التجريبية لأنها سهلة التطبيق. ونتيجةً لتوفّر بعض الدراسات المحلية التي قام بها الزليط، (2000) وموسى، (2015) لتقييم قدرة بعض نماذج الرّشح وهي (فيليب وهورتون وجرين وأمبت وكوليس-جورج وكوستياكوف) وتحديد قدرتها لوصف عملية الرّشح السطحي في بعض الترب اللبية. تهدف هذه الدراسة لاختبار مدى تأثير الاستخدامات المختلفة للأرض على أداء بعض من هذه النماذج (فيليب وهورتون وكوستياكوف) عند مستويات رطوبة مختلفة، وتحديد دقّة التنبؤ لكلّ من النماذج الثلاثة لعملية الرّشح ومقارنتها بالمقاسة، لتقديم توصية لأفضل نموذج يصف عملية الرّشح وصفاً دقيقاً في الظروف المحلية.

مواد البحث وطرقه:

أجريت هذه الدراسة بمحطة أبحاث كلية الزراعة في جامعة طرابلس والتي يمرّ بها دائرة عرض (50°، 32°) شمالاً وخط طول (13°، 13°) شرقاً. وقد أجريت تجارب الرّشح باستخدام جهاز الأسطوانة المزدوجة عند مستويات رطوبة مبدئية مختلفة

وفي أربعة مواقع من محطة الأبحاث مختلفة الاستخدام: (منطقة مزروعة بمحصول نجيلي، ومنطقة مزروعة بأشجار، ومنطقة في الممر المخصّص لحركة العربات والآليات، ومنطقة في حظيرة الأبقار)، خلال الفترة من 2014/11 إلى 2015/4. وقد أُجريت خلال هذه الفترة معظم التحاليل الفيزيائية والكيميائية الممكنة لعينات ترب المواقع الأربعة المحددة ولأعماق مختلفة. بدأت الدراسة بتحديد ثلاثة مواقع بطريقة عشوائية (3 مكررات)، في كلّ موقع من المواقع الأربعة المذكورة أعلاه، ومن كلّ موقع تمّ تجميع عينات تربة عند الأعماق (0-15، 15-30، 30-45 سم) وذلك لتحديد الكثافة الظاهرية، والمحتوى الرطوبي الميدني، وقوام التربة، وEC، وpH. كذلك تمّ تجميع عينات غير ماثرة بواسطة أنابيب حديدية مفتوحة الطرفين معلومة الأبعاد لقياس التوصيل الهيدروليكي للتربة في هذه المواقع، ومن ثم إجراء تجارب الرشح السطحي بواقع ثلاثة مكررات لكلّ موقع عند المستويين الرطوبيين المحددين (قبل الأمطار، وبعد الأمطار).

التحاليل المعملية:

قياس الكثافة الظاهرية: تمّ تقدير الكثافة الظاهرية بطريقة الأسطوانة، حيث تمّ تجميع عينات تربة غير ماثرة من المواقع المختلفة وعلى الأعماق المحددة باستخدام الأسطوانة مفتوحة الطرفين القياسية (Carter and Ball, 1993).
تحديد القوام: أخذت عينات ماثرة من كلّ موقع، بشرط أن تكون العينات من الأعماق التي ذكرت سابقاً، وتمّ تجفيفها هوائياً من 24-48 ساعة، ثم وضعت في الفرن عند درجة حرارة 105 °م لمدة 24 ساعة، بعد ذلك تمّ تحديد قوامها بطريقة الماصة (ISO, 1998).

قياس المحتوى الرطوبي: فُدر بالطريقة الوزنية من كلّ موقع عن طريق تجميع عينات من الأعماق (0-15)، (15-30) و(30-45) سم قبل كل تجربة رشح. ثم تمّ تحويل المحتوى الرطوبي الوزني إلى محتوى رطوبي حجمي (Arshad et al., 1996).
تحديد التوصيل الهيدروليكي للتربة: تمّ تقدير التوصيل الهيدروليكي بطريقة العمود المائي الثابت على عينات التربة الغير ماثرة (بواقع 3 مكررات لكل موقع)، المأخوذة بواسطة الأنابيب الحديدية المفتوحة ذات الأبعاد (21 × 5.6 سم)، حيث كان ارتفاع عمود التربة داخل الأنبوب 15 سم، وارتفاع عمود الماء 5 سم، وتمّ قياس كمية المياه المتدفقة من عمود التربة خلال فارق زمني 5 دقائق (يجبي وسليمان، 1981).

قياس درجة حموضة التربة وتوصيلها الكهربائي: تمّ تجهيز مستخلص تربة 1:2.5 بإستعمال تربة خليط من الأعماق الثلاثة المحددة سابقاً لكلّ موقع، وتمّ استعمال هذا المستخلص لقياس pH و EC للتربة بواسطة جهاز pH و EC ميتر (Hendershort et al., 1993).

تقدير السعة الحقلية للتربة:

تمّ تقدير السعة الحقلية لترب المواقع الأربعة بالطريقة المعملية البسيطة، وذلك بإحضار عينات تربة وتعبئتها في أصص ووزنها، ثم تمّ تشبيعها بالماء ومعرفة وزنها مرة أخرى، بعد ذلك غُطّي سطح التربة لمنع البخر، ونُترك لتصريف الماء الزائد تحت تأثير الجاذبية مع الاستمرار في وزن كلّ أصيص يوماً لمعرفة التغير في الوزن. أخذت عينة من التربة لتحديد محتواها الرطوبي وزنياً، ثم رُسمت العلاقة بين الزمن والمحتوى الرطوبي الوزني، ومنها تمّ تقدير المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية لكلّ تربة كما هو موضّح في الجدول (1).

الجدول 1. الخواص الفيزيائية والكيميائية لترب المواقع المدروسة.

PH	Ec mS/cm	السعة الحقلية W%	التوصيل الهيدروليكي التشبعي (سم/ساعة)	الكثافة الظاهرية (جم/سم ³)		الطين %	السلت %	الرمل %	الأعماق	الموقع
				قبل الأمطار	بعد الأمطار					
7.9	0.38	6.4	11.7	1.05	1.3	3.6	8	88.4	0-15 سم	الأشجار
				1.02	1.4	4.4	0	95.6	15-30 سم	
				1.04	1.4	4.4	0	95.6	30-45 سم	
7.7	0.31	5.1	14.1	1.09	1.6	3.6	0.8	95.6	0-15 سم	الممر
				1.3	1.3	4.4	0	95.6	15-30 سم	
				1.4	1.3	4.4	0	95.6	30-45 سم	
7.8	0.25	4.6	15.7	1.36	1.35	3.6	0	96.4	0-15 سم	المحصول النجلي
				1.47	1.55	3.8	0.8	95.4	15-30 سم	
				1.41	1.53	4.4	0	95.6	30-45 سم	
7.3	0.82	3.8	6.8	1.22	1.2	11.6	0	88.4	0-15 سم	حظيرة الأبقار
				1.38	1.3	3.6	0.8	95.6	15-30 سم	
				1.53	1.4	3.6	0	96.4	30-45 سم	

قياس معدلات الرشح : تمّ قياس معدلات الرشح (بواقع ثلاثة تكرارات) بكلّ موقع من المواقع الأربعة باستخدام الأسطوانة المزدوجة، وهي عبارة عن (أسطوانتين مفتحتي الطرفين بحيث يكون لهما نفس المركز تقريباً عند وضعها في التربة وتكون الأسطوانة الخارجية بقطر 56 سم، والأسطوانة الداخلية يكون قطرها 29 سم تقريباً وارتفاعها 25 سم)، وعند القيام بعملية قياس معدل الرشح، يتمّ تثبيت الأسطوانتين وغرسهما في التربة إلى عمق يتراوح بين (7-15 سم). ثمّ يتمّ وضع كيس بلاستيكي في الأسطوانة الداخلية، وتُملئ بالماء ثمّ يُسحب الكيس من الأسطوانة بهدوء حتى لا تتسبب إضافة الماء في إثارة التربة على السطح، و بعد أن تُملأ الأسطوانة الخارجية بالماء إلى مستوى معين، وللحفاظ على هذه الكمية من الماء يتمّ تعويض الكمية التي تمّ فقدها من الرشح باستمرار في كلتا الأسطوانتين بعد فترة زمنية معينة. وتؤخذ قياسات الرشح من الأسطوانة الداخلية بحيث يتمّ مراقبة التغير في عمق الماء في الإسطوانة الداخلية مع التغير في الزمن؛ بينما تقوم الأسطوانة الخارجية على ضمان حدوث الرشح الرأسي من الأسطوانة الداخلية ومنع الرشح الأفقي منها.

اختبار مدى ملائمة النماذج الرياضية لوصف عملية الرشح السطحي:

تمّ في هذه الدراسة اختيار نموذج هورتون، (1911) و نموذج كوستياكوف، (1932) ونموذج فيليب، (1957) الموضحة بالمعادلات (1)، (2)، (3) للاستخدام في هذه الدراسة لتقدير معدلات الرشح، وذلك لأنه سبق وأن طُبقت هذه النماذج على بعض الترب اللببية من قبل بعض الباحثين (الزليط، 2000؛ موسى، 2015) وتوصلوا إلى أنّ بعض النماذج تصف عملية الرشح بكفاءة عالية بينما اخفق البعض الآخر.

تقدير وتقييم معالم النماذج:

تمّ تقدير معالم النماذج باستخدام برامج كمبيوتر إحصائية لتحليل الإتحاد الخطي والغير خطي (Statsoft, Inc. (2001) v.6) لتحليل بيانات تجارب الرشح السطحي المقاسة حقلياً بواسطة جهاز الأسطوانة المزدوجة (وذلك بإدخال بيانات الرشح المقاسة حقلياً مع الزمن، وبعد إزالة البيانات الغير منطقية "Cleaning of the data" تمّ اختيار المعادلات الخطية Linear regression أو الغير خطية mutable regression وإيجاد ثوابتها (Prediction = B0 + B1*X1) أو (Prediction = B0 + B1*X1 + B2*X2 + B3*X3)، حيث تمثل هذه الثوابت قيم المعالم أو الثوابت الموجودة في المعادلات (1)، (2)، (3)؛ ومن ثمّ تمّ تطبيق هذه المعادلات للحصول على معدلات الرشح المحسوبة. ثمّ تمّت المقارنة بين معدلات الرشح المقاسة في الحقل، والمحسوبة بالنماذج الرياضية بإستعمال اختبار (F)، لاختبار معنوية النماذج، ومعرفة ما إذا كانت الفروق بينهم معنوية أو غير معنوية، كذلك تمّ تقييم قدرتها في محاكاة نتائج تجارب الرشح من خلال قيم بعض المؤشرات الإحصائية مثل معامل التحديد (R²)، معامل الارتباط (r) بين القيم المقاسة في الحقل والقيم المحسوبة.

النتائج والمناقشة:

يوضح الجدول (2) القيم المقدرة (Best fit) لمعالم النماذج المستخدمة في مواقع مختلفة الاستخدام وعند مستويات رطوبة مختلفة (قبل وبعد سقوط الأمطار)، ويُلاحظ من النتائج اختلاف قيم معالم النماذج المقدرة بشكل كبير وتغيرها بتغير المحتوى الرطوبي والمواقع المختلفة. وبمقارنة القيم التجريبية المقاسة للمعالم الموضحة في الجدول (3)، بالقيم المقدرة بالنماذج نجدها تختلف بشكل واضح، وتُعزى هذه الاختلافات للتغيرات الفيزيائية في الخواص الطبيعية للتربة الموضحة في الجدول (1). فبالرغم من عدم تواجد تباين كبير في قوام التربة حيث كان رملي في كلاً من موقع الأشجار، والممر، والمحصول النجيلي؛ بينما كان القوام طميّ رملي في موقع حظيرة الأبقار، إلا أنه كان هناك اختلاف في كثافة التربة، وربما اختلاف في نسبة المادة العضوية، الأمر الذي سبب اختلاف بشكل عام في قيم معدّل الرشح الابتدائي (i_0) المقاس تحت جميع الظروف والمواقع المحددة بالدراسة بتلك المقدرة بنموذج هورتون عند تتبّع معالمه. بينما هناك تقارب جيد في معدّل الرشح النهائي (i_c) المقاس والمقدّر بنفس النموذج في أغلب المواقع وخاصةً بعد سقوط الأمطار. وتُفسّر هذه النتائج ربما لأنّ نموذج هورتون هو نموذج لوغاريتمي، وبالتالي شكّل هذا fark في القيم المقدرة لمعامله، والتي تعتمد على مجموعة من المتغيرات داخل التربة، مثلاً الفرق في المحتوى الرطوبي المبدئي والنهائي وفرق الجهد عند جبهة الإبتلال، وسطح التربة، والفارق في قيمة التوصيل الهيدروليكي في مختلف قطاعات التربة. ولكن النتائج المتبنا بها باستخدام هذا النموذج كانت الأفضل والأقرب للقيم التجريبية المقاسة، على عكس نموذج فيليب، وخاصةً بعد سقوط الأمطار في كلّ المواقع. أمّا بالنسبة للمعالم المقدرة لنموذج كوستياكوف فكانت مختلفة باختلاف المحتوى الرطوبي كما هو مبين في الجدول (2) ومن موقع آخر، وذلك لأنها تعتمد على الخواص الطبيعية للتربة، وتراص الحبيبات، والاختلاف في قيم التشربية للتربة التي تتأثر بالمحتوى الرطوبي المبدئي في التربة، وعلى جهد الشدّ والمسامية؛ وربما يُعزى هذا الاختلاف لكون هذا النموذج وضع ليناسب ظروف الريّ بالغمر. كذلك لوحظ بعض التوافق بين ثوابت أو معالم نموذجي كوستياكوف وفيليب في موقعي (الأشجار والممر قبل سقوط الأمطار)، وذلك عند إهمال قيمة A والتي لا تؤثر على قدرة النموذج، إلا إنها ثابت قريب من التوصيل الهيدروليكي في بعض الأحيان.

من الملاحظ عند تتبع نتائج تقييم النماذج المستخدمة في وصف وتقدير الرشح السطحي في هذه الدراسة من الناحية الاحصائية باستخدام معاملي التحديد والارتباط (r , R^2) الناتجة عن تحليل الانحدار بين القيم المقاسة حقلياً والقيم المقدرة بالنماذج، يبدو واضحاً انخفاض قيم متوسطات المعايير الإحصائية المقدرة عند استعمال جهاز الأسطوانة المزدوجة، وهذا يتفق مع ما أشار له Liu et al., (2011)، حيث رجّحوا سبب اختلاف معدّلات الرشح النهائية التي تمّ الحصول عليها من نموذج هورتون وكوستياكوف وفيليب، عن تلك المقاسة بالأسطوانة المزدوجة لأنّ عملية الرشح الابتدائية المقاسة تأثرت كثيراً وبشكل عشوائي بالانسدادات التي تحدث في سطح التربة نتيجة (Seal formation). ولكن من السلوك البياني الموضح بالأشكال رقم (1b,a ; 2b,a ; 3b,a ; 4b,a)، ومن المعايير الإحصائية الموضحة في الجدول (4) للنماذج المختبرة يبدو نموذج هورتون هو الأقرب والأكفأ بالنسبة للبيانات المقاسة بالأسطوانة المزدوجة، وتعتبر النتائج المقدرة بهذا النموذج هي الأكثر كفاءة ومقدرة على تمثيل البيانات التجريبية للواقع الحقلّي بالمقارنة بالنماذج الأخرى، يليها نموذج كوستياكوف، بينما كان نموذج فيليب أقلهم كفاءة في تمثيل بيانات معدّل الرشح السطحي حسب قيم المعايير الإحصائية المستخدمة، مما يعكس عدم قدرتها على تمثيل الواقع الحقلّي لعملية الرشح، حيث يُلاحظ انخفاض في قيم هذه المعايير نسبياً مقارنةً بنموذج هورتون وهذا ما أكدّه Liu et al., (2011)، حيث استنتج أنّ النتائج المتحصل عليها من نموذج هورتون باستخدام قراءات الأسطوانة المزدوجة كانت أفضل من نموذجي كوستياكوف وفيليب. كذلك أكدت نتائج (Shukle et al., 2003) الذين اختبروا عشرة نماذج تصف عملية الرشح وقارنوها بالمقاسة بالأسطوانة المزدوجة في ستة مناطق مختلفة الاستخدام في أوهايو، وتوصلوا إلى أنّ أفضل هذه النماذج، هو نموذج هورتون، حيث أنتج أفضل علاقة بالنسبة للمقاسة في كلّ المواقع.

كذلك اتفقت هذه النتائج مع نتائج موسى، (2015) التي اختبرت قدرة وكفاءة هذه النماذج باستخدام بيانات رشح من جهاز الأسطوانة المزدوجة وجهاز المحاكاة المطرية في بعض الترب اللببية عند ظروف رطوبة مختلفة، وتوصلت إلى أنّ نموذج هورتون حقق أفضل النتائج، يليه كوستياكوف ثم فيليب، كما وجدت بأنّ كفاءة هذه النماذج تزداد بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة. وهذا ربما يُعزى إلى أنّ نموذجي هورتون وكوستياكوف هي نماذج تجريبية، أمّا نموذج فيليب فهو نموذج تقريبي حسب ما أشار إليه (Hillel, 1980)، و (Skaggs and Khaleel, 1982). ولكن هناك نتائج لبعض الدراسات تختلف نوعاً ما عن هذه النتائج؛ فقد درس الزليط، (2000) قدرة بعض نماذج الرشح وهي فيليب وهورتون وجرين وأمبت وكوليس-جورج باستخدام بيانات من الأسطوانة المزدوجة على بعض الترب اللببية واستنتج أنّ أفضل النماذج هو فيليب، يليه جرين وأمبت، ثم كوليس-جورج وأخرهم نموذج هورتون،

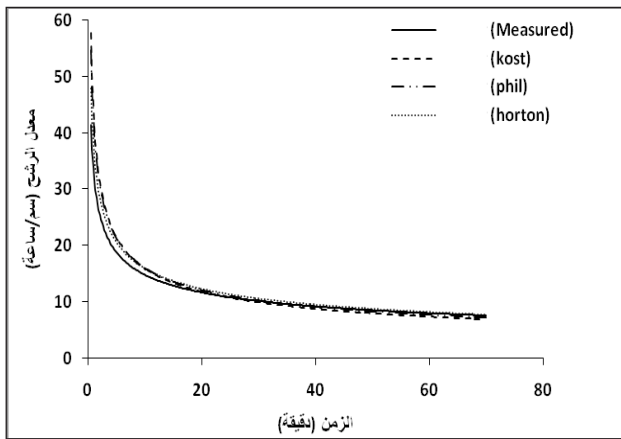
كما وجد أنّ كفاءة هذه النماذج تتخفّف بزيادة المحتوى الرطوبي، عكس ما توصلت له موسى (2015). كما قام Watson, (1959) باختبار قدرة نموذج فيليب وهورتون لوصف بيانات رشح تجريبية أُخذت بواسطة المطر الصناعي، فأكد أنّ نموذج فيليب كان الأفضل تمثيلاً للبيانات التجريبية في بداية التجربة، بينما أظهر نموذج هورتون اختلافات كبيرة خلال الفترة الأولى من التجربة، ولكنها كانت أفضل خلال الفترة المتأخّرة حيث وصل معدل الرشح إلى قيمة ثابتة. كذلك اختبر (Skaggs et al., (1969) قدرة نماذج كلاً من هورتون وهولتن وجرين وأمبت وفيليب على تمثيل بيانات تجريبية لترتب مختلفة المحتوى الرطوبي باستخدام المطر الصناعي، ووجدوا أنّ نموذجي هورتون وهولتن هما الأكثر كفاءة وقدرة على تمثيل البيانات التجريبية، وخاصة في المراحل المتأخّرة من زمن التجربة، بينما انخفضت قدرة كل من نموذجي فيليب وجرين وأمبت في المرحلة المتأخّرة.

الجدول 2. مقارنة أداء النماذج في وصف معدل الرشح للمواقع المحددة قبل وبعد سقوط الأمطار.

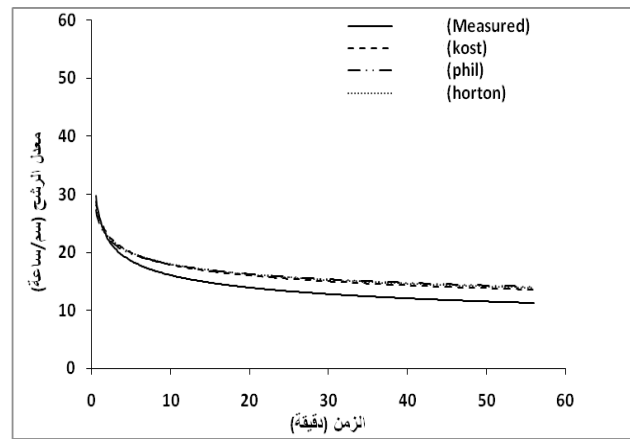
الموقع	المحتوى الرطوبي	هورتون	فيليب	كوستياكوف
		$i = i_c + (i_0 - i_c)e^{-kt}$	$i = \frac{S_p}{2\sqrt{t}} + A$	$i = kt^{-\alpha}$
الأشجار	قبل الأمطار	$i = 16.22 + (29.07 - 16.22)e^{-0.247t}$	$i = \frac{24.13}{2\sqrt{t}} + 13.88$	
	بعد الأمطار	$i = 12.25 + (67.64 - 12.25)e^{-0.397t}$	$i = \frac{80.058}{2\sqrt{t}} + 3.020$	
الممر	قبل الأمطار	$i = 5.84 + (14.86 - 5.84)e^{-0.050t}$	$i = \frac{15.77}{2\sqrt{t}} + 7.61$	$i = 15.52 t^{-0.170}$
	بعد الأمطار	$i = 3.14 + (17.06 - 3.14)e^{-0.068t}$	$i = \frac{31.007}{2\sqrt{t}} + 3.76$	$i = 18.57 t^{-0.309}$
المحصول النجيلي	قبل الأمطار	$i = 10.26 + (22.056 - 10.26)e^{-0.025t}$	$i = \frac{11.658}{2\sqrt{t}} + 16.62$	$i = 23.18 t^{-0.096}$
	بعد الأمطار	$i = 1.86 + (16.33 - 1.86)e^{-0.046t}$	$i = \frac{84.511}{2\sqrt{t}} + 25.33$	$i = 17.236 t^{-0.25}$
حظيرة الأبقار	قبل الأمطار	$i = 4.61 + (22.72 - 4.61)e^{-0.091t}$	$i = \frac{34.017}{2\sqrt{t}} + 5.92$	$i = 22.75 t^{-0.293}$
	بعد الأمطار	$i = 7.77 + (26.58 - 7.77)e^{-0.152t}$	$i = \frac{38.47}{2\sqrt{t}} + 5.87$	$i = 24.92 t^{-0.309}$

الجدول 3. متوسط المحتوى الرطوبي المبدئي ومتوسط الرشح الإبتدائي والنهائي (الثابت)

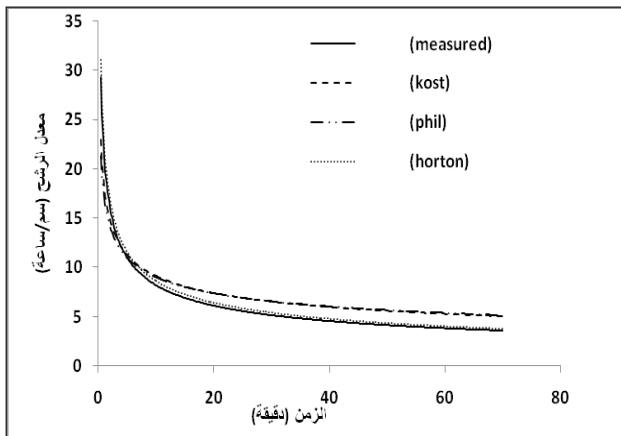
الموقع	المحتوى الرطوبي	متوسط المحتوى الرطوبي (0-45 سم) %vθ	متوسط الرشح الإبتدائي (سم/ساعة)	متوسط الرشح النهائي (سم/ساعة)
الأشجار	قبل الأمطار	6.78	30	12
	بعد الأمطار	7.68	42	8
الممر	قبل الأمطار	7.34	19	6
	بعد الأمطار	9.68	29	3.9
المحصول النجيلي	قبل الأمطار	3.70	22	14.5
	بعد الأمطار	11.92	27	4.8
حظيرة الأبقار	قبل الأمطار	0.030	34	4.2
	بعد الأمطار	0.092	31	6.6



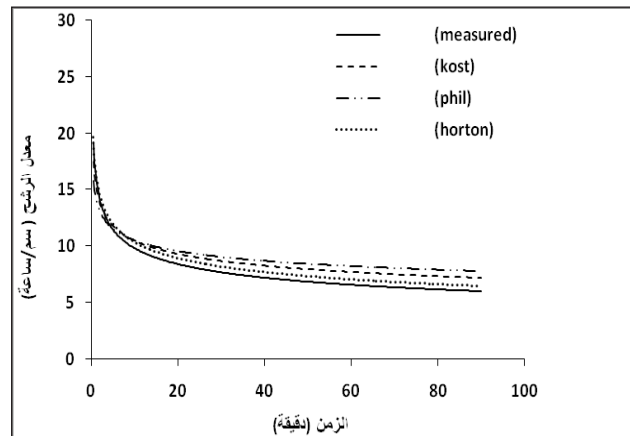
الشكل b1. مقارنة بين معدلات الرشح المقدرة بالنماذج والمقاسة بالاسطوانة المزدوجة في موقع الأشجار بعد الأمطار



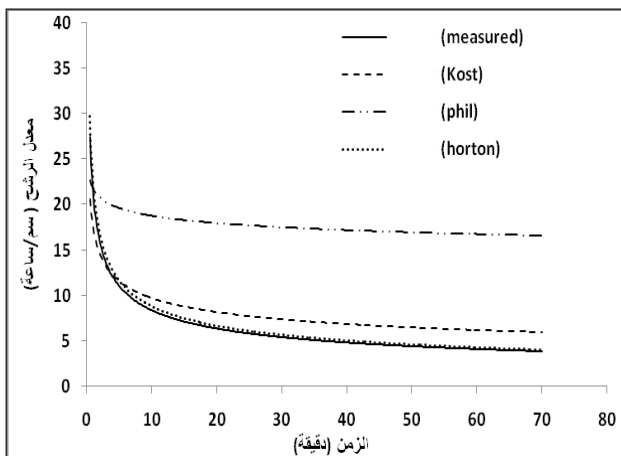
الشكل a1. مقارنة بين معدلات الرشح المقدرة بالنماذج والمقاسة بالاسطوانة المزدوجة في موقع الأشجار قبل الأمطار



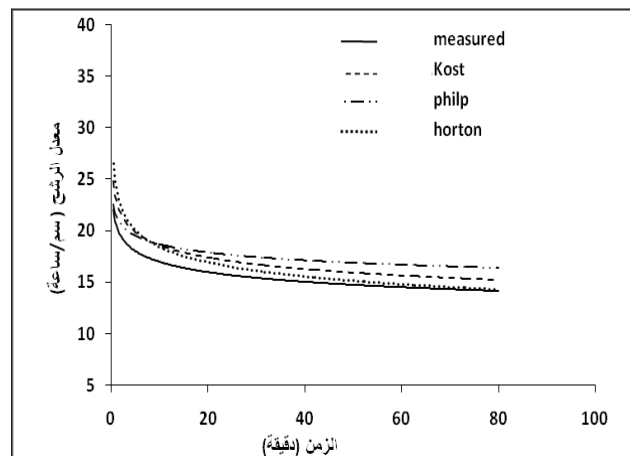
الشكل b2. مقارنة بين معدلات الرشح المقدرة بالنماذج والمقاسة بالاسطوانة المزدوجة في موقع الممر بعد الأمطار



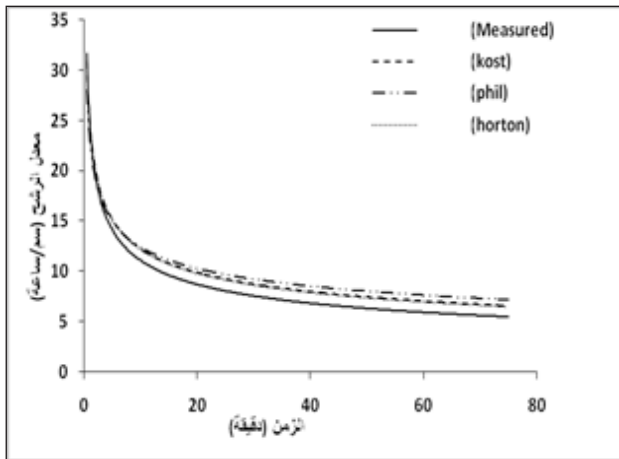
الشكل a2. مقارنة بين معدلات الرشح المقدرة بالنماذج والمقاسة بالاسطوانة المزدوجة في موقع الممر قبل الأمطار



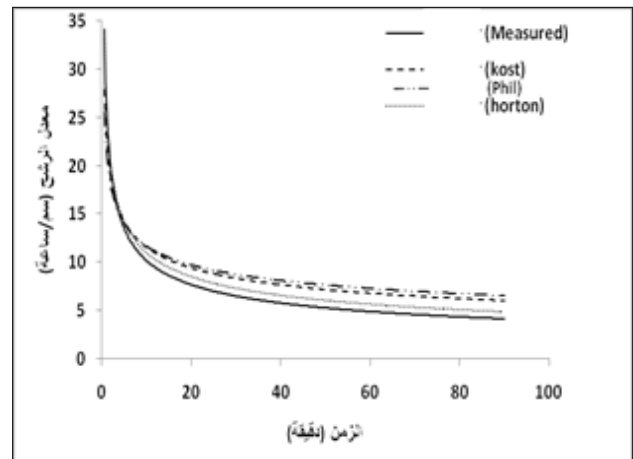
الشكل b3. مقارنة بين معدلات الرشح المقدرة بالنماذج والمقاسة بالاسطوانة المزدوجة في موقع المحصول النجيلي بعد الأمطار



الشكل a3. مقارنة بين معدلات الرشح المقدرة بالنماذج والمقاسة بالاسطوانة المزدوجة في موقع المحصول النجيلي قبل الأمطار



الشكل 4 b. مقارنة بين معدلات الرشح المقدرة بالنماذج والمقاسة بالأسطوانة المزدوجة في موقع حظيرة الأبقار بعد الأمطار



الشكل 4 a. مقارنة بين معدلات الرشح المقدرة بالنماذج والمقاسة بالأسطوانة المزدوجة في موقع حظيرة الأبقار قبل الأمطار

يوضح الشكل (a1, b1) تأثير الاختلاف في المحتوى الرطوبي المبدئي على منحنيات الرشح المقدرة بالنماذج والمقاسة بالأسطوانة المزدوجة في موقع الأشجار، حيث يبدو واضحاً أن معدل الرشح الابتدائي يزداد بزيادة المحتوى الرطوبي المبدئي الناتج عن سقوط الأمطار، بينما يتناقص معدل الرشح النهائي (الثابت) بزيادة المحتوى الرطوبي كما هو موضح في الجدول (3)، ولكن حسب اختبار F عند $(P=0.05)$ تبين أن الفروق بين القيم المقدرة بهذه النماذج والمقاسة حقلياً في هذا الموقع هي فروق ليست معنوية قبل وبعد الأمطار، وهذا يتفق مع نتائج Liu et al., (2011). وعند مقارنة المنحنيات في الشكل (a1) بالمنحنيات في الشكل (b1)، نلاحظ اقتراب القيم المقدرة للرشح بالنماذج من القيم المقاسة بالأسطوانة المزدوجة في الشكل (b1)، وهذا ما يؤكد ارتفاع معامل الارتباط (r) الموضح في الجدول (4)، وهو يتفق مع نتائج موسى، (2015)، وذلك بسبب ارتفاع المحتوى الرطوبي الناتج عن سقوط الأمطار، وكذلك قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة نتيجة احتوائها على بقايا النباتات والمادة العضوية. كذلك يلاحظ اختلاف المحتوى الرطوبي في التربة الذي أدى لاختلاف في معالم النماذج المستخدمة الموضحة في الجدول (2)، حيث انخفض الأس (أكثر سلبية) في نموذج هورتون بزيادة المحتوى الرطوبي، كذلك الحال بالنسبة للمعلمة (∞) في نموذج كوستياكوف وانخفض (A) في نموذج فيليب ماعدا موقع المحصول النجيلي (والذي ربما يعزى لارتفاع التوصيل الهيدروليكي في هذا الموقع مقارنة بالمواقع الأخرى)، بينما ازدادت قيمة المعلمة (K) في نموذج كوستياكوف بزيادة المحتوى الرطوبي ماعدا موقع المحصول النجيلي، وقد يعزى ذلك لكون K تعتمد على خواص التربة وحالتها من حيث ترانس الحبيبات، والمسامية، وبناء التربة، والتي تتأثر في هذا الموقع بانتشار جذور المحصول النجيلي والتي تؤدي إلى تحبب التربة وتغيير بناءها). وبشكل عام نلاحظ ارتفاع قيم معدلات الرشح الابتدائية والنهائية في هذا الموقع مقارنة بالمواقع الأخرى، وذلك ربما نتيجة لانخفاض الكثافة الظاهرية الموضحة في الجدول (1)، والتي تختلف مع اختلاف العمق (قبل الأمطار) مع انخفاض بسيط في الطبقة السطحية، والذي يعزى ربما لوجود جذور النباتات وبعض المواد العضوية التي تؤدي إلى انخفاض الكثافة الظاهرية، ثم تزداد قيمتها مع العمق وذلك نتيجة لزيادة نسبة الرمل في العمقين الثاني والثالث، كذلك لأن الكثافة تزداد مع العمق نتيجة الانضغاط من الطبقات السطحية، بينما تتخفض الكثافة الظاهرية بشكل واضح بعد الأمطار بسبب ترسيب حبيبات التربة، وإعادة ترتيبها من طبقة إلى أخرى أثناء حركة ماء الأمطار في قطاع التربة، مما يؤدي إلى ارتفاع واضح في معدلات الرشح الابتدائية بعد سقوط الأمطار. وبشكل عام نستنتج من هذا الموقع بأنه نتيجة لانخفاض الكثافة الظاهرية ارتفع معدل الرشح الابتدائي مقارنة بالمواقع الأخرى، وهذا يتفق مع نتائج Osuji et al., (2010).

يصف الشكل (a2) معدل الرشح المقدر بالنماذج والمقاس بالأسطوانة المزدوجة في موقع الممر قبل سقوط الأمطار، ويبدو واضحاً انخفاض معدل الرشح الابتدائي والنهائي مقارنة بالمواقع الأخرى. وهذا يعزى ربما لارتفاع الكثافة الظاهرية للطبقة السطحية كما موضح في الجدول (1)، وذلك نتيجة لعملية الكبس أو الانضغاط التي تتعرض لها هذه الطبقة نتيجة المرور المتكرر فوقها من قبل الجرارات والآليات بالمزرعة، بينما نلاحظ انخفاض الكثافة الظاهرية للطبقتين الثانية والثالثة في هذا الموقع، ويعمل ذلك بأن الطبقة الأولى المكبوسة نتيجة تكرار المرور فوقها، فتعمل وكأنها طبقة عازلة للطبقات التي تليها وتحميها من عملية الكبس.

أما الشكل (b2) فيوضح معدلات الرش المقدرة والمقاسة في نفس الموقع ولكن بعد سقوط الأمطار، حيث يبدو واضحاً أن معدل الرش الابتدائي يزداد بزيادة المحتوى الرطوبي (بعد سقوط الأمطار)، بينما يتناقص معدل الرش النهائي (الثابت) بزيادة المحتوى الرطوبي كما هو موضح في الجدول (3). وهذه الزيادة الواضحة لمعدل الرش الابتدائي ربما نتيجة لانخفاض في الكثافة الظاهرية للطبقة السطحية، والذي حدث نتيجة لسقوط الأمطار على هذا الموقع الخالي من الغطاء النباتي، مما أدى إلى طرشة حبيبات التربة، وإعادة سقوطها، وترتيبها، بطريقة تختلف عن السابق، بينما لم تتأثر كثافة الطبقات الأخرى. كذلك نلاحظ اختلاف المحتوى الرطوبي في التربة الناتج عن سقوط الأمطار أدى لاختلاف في معالم النماذج المستخدمة بنفس الطريقة في الموقع السابق مع انخفاض واضح للمعلمة (A) في نموذج فيليب بعد الأمطار كما موضح في الجدول (2). بينما كان سلوك نموذج كوستياكوف هو الأقرب للقيم المقاسة بعد سقوط الأمطار وهذا ما يؤكد ارتفاع قيم (R^2) و (r) الموضحة في الجدول (4). وحسب اختبار F عند $(P=0.05)$ تبين أن الفروق بين القيم المقدرة والمقاسة في هذا الموقع هي فروق ليست معنوية. يوضح الشكل (b3, a3) تأثير الاختلاف في المحتوى الرطوبي المبدئي على منحنيات الرش المقدرة بالنماذج والمقاسة في موقع المحصول النجيلي، حيث يبدو واضحاً أن معدل الرش الابتدائي يزداد بعد سقوط الأمطار، بينما يتناقص معدل الرش النهائي (الثابت) كما هو موضح في الجدول (3). ونلاحظ انخفاض طفيف في معدل الرش الابتدائي مقارنة بموقع الأشجار وذلك ربما بسبب الزيادة في قيمة الكثافة الظاهرية للطبقات قبل وبعد الأمطار، وذلك نتيجة لامتداد الجذور في قطاع التربة مسببة انضغاط أو تحبب للتربة في بعض الطبقات، وأحياناً يؤدي إلى فتح ممرات وأخاديد نتيجة لطبيعة جذور المحاصيل النجيلية مسببة حركة مضطربة للماء في قطاع التربة، وبالتالي أخطاء في معدلات الرش المقاسة والمقدرة. وينعكس هذا على الاختلاف في التوصيل الهيدروليكي التشبعي الموضح في الجدول (1) والذي أدى إلى الزيادة المنطوق للمعلمة (A) في نموذج فيليب بعد الأمطار كما موضح في الجدول (2). وانعكس هذا السلوك الشاذ لنموذج فيليب في هذا الموقع والموضح في الشكل (b3)، وهذا ما تم إثباته باختبار F حيث تبين أن الفروق معنوية بين معدلات الرش المقاسة بالأسطوانة ومعدلات الرش المقدرة بنموذج فيليب، بينما أثبت هذا الاختبار أن كل النماذج في كل المواقع وبمختلف المستويات الرطوبة وعند $(P=0.05)$ كانت الفروق غير معنوية. وهذا ما يؤكد انخفاض قيم (R^2) و (r) لنموذج فيليب الموضحة في الجدول (4). بينما تناقصت قيمة المعلمة (K) في نموذج كوستياكوف بزيادة المحتوى الرطوبي على خلاف الحالات الأخرى والتي ربما تعزى نتيجة لتغير في بناء التربة في هذا الموقع. يبين الشكل (b4, a4) ارتفاع معدلات الرش المقدرة والمقاسة في موقع حظيرة الأبقار قبل وبعد سقوط الأمطار مقارنة بالمواقع الأخرى، وتعزى هذه الزيادة لانخفاض الحاد في المحتوى الرطوبي المبدئي الموضح في الجدول (3). كذلك بسبب انخفاض الكثافة الظاهرية للطبقة الأولى الناتجة عن زيادة نسبة الطين في هذه الطبقة كما موضح في الجدول (1)، كذلك ارتفاع نسبة المادة العضوية فيها بسبب بقايا ومخلفات الحيوانات العضوية في الحظيرة. ولكن معدل الرش الابتدائي والنهائي سلك سلوك يختلف عنه في باقي المواقع، حيث انخفضت بزيادة المحتوى الرطوبي المبدئي، وهذا ربما بسبب انتفاخ الطين وارتفاع الرطوبة في الطبقة السطحية مسبباً انسدادات في مسام التربة، ويؤكد هذه النتيجة الارتفاع في قيمة EC الموضحة في الجدول (1) لهذه التربة مقارنة بالتربة الأخرى. أما بالنسبة لسلوك النماذج فكان جيداً وقريباً جداً من المقاس وينعكس هذا على قيم (R^2) و (r) الموضحة في الجدول (4). كذلك الفروق بين القيم المقدرة والمقاسة في هذا الموقع لم تكن معنوية حسب اختبار F عند $(P=0.05)$.

الجدول 4. المعايير الإحصائية لتحديد كفاءة النماذج

الموقع	المحتوى الرطوبي	نموذج هورتون		نموذج كوستياكوف		نموذج فيليب	
		R	R ²	R	R ²	R	R ²
الأشجار	قبل الأمطار	0.32	0.095	0.32	0.093	0.31	0.088
	بعد الأمطار	0.67	0.45	0.63	0.40	0.62	0.38
الممر	قبل الأمطار	0.61	0.36	0.56	0.30	0.48	0.22
	بعد الأمطار	0.78	0.61	0.86	0.74	0.69	0.47
المحصول النجيلي	قبل الأمطار	0.30	0.08	0.25	0.05	0.17	0.02
	بعد الأمطار	0.71	0.49	0.62	0.37	0.55	0.29
حظيرة الأبقار	قبل الأمطار	0.73	0.53	0.72	0.52	0.69	0.49
	بعد الأمطار	0.65	0.42	0.67	0.44	0.66	0.43

الاستنتاجات:

تبيّن من هذه الدراسة أنّ لكل من اختلاف استخدامات الأرض، والمحتوى الرطوبي، تأثيرات على معدلات الرّشح، وانعكس هذا التأثير بشكا واضح على النماذج التي تصف الرّشح، حيث استنتج أنه لا يمكن الحكم على نموذج واحد لتتبع سلوك الرّشح السطحي بالرغم من وجود نماذج أبدت سلوك جيد بعد سقوط الأمطار، وأعطت معامل ارتباط قوي. لكن كان هناك أخطاء نسبية في تقدير معدلات الرّشح، حيث كانت القيم المقدرة تزيد أو تنقص عن القيم المقاسة خلال زمن التجربة. إنّ استعمال الأسطوانة المزدوجة يميل في أغلب الأحيان للتقليل من قياسات معدلات الرّشح الابتدائية، نتيجة للتخطيط السريع لتجمعات التربة في الطبقة السطحية، والتي تحدث أثناء الإضافة المفاجئة للماء التي تتطلبها هذه الطريقة، وهذا قد يسبب حدوث انسدادات في مسام التربة مما يؤثر على النتائج المقاسة.

تشير النتائج المقاسة بالأسطوانة المزدوجة أنّ المحتوى الرطوبي المبدئي المرتفع يؤدي إلى ارتفاع معدلات الرّشح الابتدائية وبالمقابل انخفاض في الرّشح النهائي. وذلك لأنّ تكوين الانسدادات على السطح الناتجة عن الترطيب السريع تقلل معنوياً معدلات الرّشح الابتدائية، ولكن بعد مرحلة الرّشح الأولية، يزداد التحكم في الرّشح من قبل التدرج الهيدروليكي، الذي يتناقص بزيادة المحتوى الرطوبي المبدئي للتربة. ولهذا السبب يُنصح باستعمال طريقة إضافية أخرى لمقارنة نتائج الأسطوانة المزدوجة وللتأكد من صحة القياسات.

عند دراسة تأثير تغيير المحتوى الرطوبي المبدئي على سلوك هذه النماذج، تبيّن من متابعة قيم معامل التحديد الناتجة أن كفاءة كلاً من نموذج هورتون وكوستياكوف وفيليب تزداد بزيادة المحتوى الرطوبي المبدئي ماعدا فيليب، في موقع المحصول النجيلي، في حين أدى زيادة المحتوى الرطوبي المبدئي إلى اختلاف في قيم معالم كل نموذج. الأمر الذي يجعل استخدام أي من هذه النماذج في نطاق محدود من المحتوى الرطوبي المبدئي التي أجريت عنده التجربة.

أما عند دراسة تأثير استخدام الأرض على سلوك النماذج، تبيّن أنّ هناك تباين في قيم معامل التحديد للنموذج الواحد بين كل موقعين مختلفين، كذلك لوحظ وجود توافق بين بعض النماذج لكل موقعين مختلفي الاستخدام ولكن معرّضين لنفس التأثير. وذلك لأن اختلاف استخدامات الأرض يؤثر على بعض الخواص الطبيعية للتربة مثل: الكثافة الظاهرية والتوصيل الهيدروليكي والتي بدورها أدت إلى اختلاف معدلات الرّشح. كذلك زيادة نسبة الطين في التربة كان له تأثير على عملية الرّشح. مما سبق يبدو أنّ الوصول إلى نموذج مثالي له القدرة على تتبع سلوك الرّشح بشكل عام في الترب الليبية لم يتحقق بعد، ولكن يعتبر نموذج هورتون هو الأكفأ يليه كوستياكوف ثم فيليب.

المراجع:

الزليط، يونس ضو (2000). اختبار مجموعة من نماذج الرّشح السطحي على بعض الترب الليبية. رسالة ماجستير. قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة طرابلس (الفتاح سابقاً)، ليبيا.
موسى، ليلي سالم (2015). تحديد معدل الرّشح السطحي باستخدام جهاز المحاكاة المطرية. رسالة ماجستير. قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة طرابلس (الفتاح سابقاً)، ليبيا.
يحي، الطاهر و سليمان، خليل. (1981). الدليل المعلمي لتقدير خواص التربة الطبيعية. منشورات جامعة طرابلس (الفتاح سابقاً)، ليبيا.

Arshad, M.A.; B. Lowery and B. Grossman (1996). Physical tests for monitoring soil quality. In: Doran, J.W. and A.J. Jones (Eds). Methods for assessing soil quality. SSSA Spec. Publ. 49. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA Pp.123- 142.

Berndtsson, R.; and M. Larson (1987). Spatial variability of infiltration in a semi-arid environment. J. Hydrol., 90: 117- 133.

Carter, M.R.; and B.C. Ball (1993). Soil porosity. In: Carter, M. R (Eds). Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of soil science. Lewis Publishers. ISBN 05-861-87371-.

Collis-Gerge, N.(1977). Infiltration equations for simple soil systems. Wat. Resour. Res., 13 (2): 395- 403.

Hendershort, W.H.; H. Lalande; and M. Duquette (1993). Soil reaction and exchangeable acidity. In:

- Carter. M.R. (Eds). Soil Sampling and methods of soil analysis (pp. 141- 145). Canadian Soc. Soil Sci., Lewis Publishers London.
- Hillel, D. (1980). Fundamentals of soil physics. Academic Press Inc., New York, USA.
- ISO (International Standard) 11277 (1998). Soil quality determination of particle size distribution in mineral soil material- Method by sieving and sedimentation.
- knapp, B. (1978). Hillslope Hydrology (ed. by M. Kirkby). John Wiley. Sons, Chichester, UK.
- Liu, H.; T. W. lei; J. Zhao; C. P. Yuan; Y. T. Fan and L. Q. Qu (2011). Effects of rainfall intensity and antecedent soil water content on soil infiltrability under rainfall conditions using the run off-on-out method. Journal of Hydrology. 396: 24- 32.
- Osuji, G.E.; M.A. Okon; M.C. Chukwuma; and I.I. Nwarie (2010). Infiltration characteristics of soils under selected lands use practices in Owerri, Southeastern Nigeria. World Journal of Agricultural Sciences. 6 (3): 322- 326.
- Philip, J.R. (1957b). The theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equation. Soil Science. 84: 257- 264.
- Philip, J.R. (1954). An infiltration equation with physical significance. Soil Science. 77:153- 157.
- Rawls, W.J.; L.R. Ahuja; D.L. Barkensiek; and A. Shirmohammadi (1993). Infiltration and soil water movement. In Handbook of Hydrology. McGraw Hill, Inc.
- Richards, L.A. (1931). Capillary condition through porous mediums. Physics. 1: 313 -318.
- Sharma, M.; G. Gander; and C. Hunt (1980). Spatial variability of infiltration in a watershed. J. Hydrol, 45: 101- 122.
- Shukla, M.K.; R. Lal; L.B. Owens; and P. Unkefer (2003). Land use and management impacts on structure and infiltration characteristics of soils in North Appalachian region of Ohio. Soil Science. 168: 167- 177.
- Skaggs, R.W.; and R. Khaleel (1982). Chapter 4: Infiltration. In Hydrology of Small Watershed. St Joseph, Mich. ASAE.
- Skaggs, R.W.; L.E. Huggins; E.J. Monke; and G.R. Foster(1969)). Experimental Evaluation of Infiltration Equations. Transactions of the ASAE. Paper No. 3425: 822- 828.
- Smiles, D.E.; and J.H. Knight (1976). A note on the use of the Philip infiltration equation. Australian Journal of Soil Research. 14: 103- 108.
- Talsma, T. (1969). In situ measurement of sorptivity. Australian Journal of Soil Research. 7: 269- 279.
- Talsma; T.; and J.Y. Parlange (1972). One-dimensional vertical infiltration. Australian Journal of Soil Research. 10: 143 -150.
- Watson, K.K. (1959). A note on the field use of a theoretically derived infiltration equation. Jour. Geophys. Res., 64: 1611- 1615.

Use Some Mathematical Models to Describe the Infiltration Process in Different Land Uses and Different Moisture Levels

Magda Bashir Elbeshti^{*(1)} Ali Ahmed Belhaj⁽¹⁾ Abeer Fayez Alkrekshe⁽¹⁾ and Siham Ibrahim Asker⁽¹⁾

(1). Soil and Water Department, Faculty of Agriculture, Tripoli University, Tripoli, Libya.
(*Corresponding author: Dr. Magda Bashir Elbeshti. E. Mail: melbeshti@yahoo.com).

Received: 03/05/2017

Accepted: 03/10/2017

Abstract:

This study was conducted to measure the rates of infiltration in the soil of four different areas in use, and at different moisture levels, and to test some of the mathematical models that describe them at Research Station of the Faculty of Agriculture, University of Tripoli, Libya. The different uses of the studied lands were: land sown with cereal crop, land planted with olive trees, land used as a passageway for the passage of agricultural machinery and equipment, and land of the cowshed. The aim of this study was to describe the efficiency of some mathematical models to study the effect of different land uses and moisture content on the infiltration rates, and determine their ability to describe the infiltration process in some Libyan soils. The rate of infiltration was measured using the double ring apparatus (Measured), while Horton, Philip, and Kostiaikov models were used to estimate the infiltration rates. The results showed that both land use and moisture content had an effect on the infiltration rates. This effect was evident on the estimated and measured infiltration rates. The estimated values were higher or lower than the measured values during the experiment, but the differences were not significant according to F test at ($P=0.05$) level of probability, except for the infiltration rates estimated by Phillip model at the site grown with cereal crop, after rainfall. There were significant differences compared with the measured. The constants or parameters of these models also differed by changing the initial moisture content (before and after rainfall) and from site to site. When examining the effect of the initial moisture content change on the behavior of these models, the results showed that the efficiency of these models increased with the increase of the initial moisture content according to the coefficient of determination (R^2) and the correlation coefficient (r). When examining the effect of land use on these models, there was a difference in the behavior of the model from one location to another as a result of different in soil construction resulting from different use. Soil samples have been taken from sites for chemical and physical analysis to determine their properties. The results showed that there were no significant differences at ($P= 0.05$) between the measured infiltration rates in the field, calculated using Horton model before and after rainfall in all sites despite the low in (r) between them before the rain, while (r) values after the precipitation raised up to (0.67, 0.78, 0.71, 0.65)

in trees site, pathway, cereal crop and cow barn, respectively. The model constants (i_0 , i_c , k) differed according to moisture content. Kostikove model behaved as Horton model in all the sites studied, whereas, the differences between the infiltration rates of this model and the double ring were non-significant at ($P= 0.05$) before and after rainfall, and the variability was different at different levels of moisture, also its constants (α , K) differed at different levels of moisture. However, the change of the constant K at the site of cereal crop after the rainfall is different from the other sites, and (r) values generally increased after the rain. While, the behavior of Philip model differed according to the different locations and levels of moisture. F test at ($P= 0.05$) showed significant differences between the estimated and the measured of this model in the location that grown with cereal crop after the rainfall only, while the differences were not significant in the rest of the sites before after rainfall, (r) values also decreased before and after rainfall compared with other models.

Key words: Infiltration rate, Double ring, Moisture content, Horton model, Philip model, Kostikov model.