



مجلة المختار للعلوم
مجلد (31)، العدد (02)، السنة (2016) 65-81
جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا
رقم ايداع دار الكتب: 2013\280\ابنغازي

تقييم أداء بعض معادلات تقدير الرش لبعض ترب الجبل الأخضر، ليبيا

أسامة عبدالحميد عبدالعاطي*، محمد عبدالكريم مؤمن

قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار،

*بريد إلكتروني: Osamaubdelhamed@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.54172/mjssc.v31i2.284>

الملخص

تم إجراء هذه الدراسة لتقييم أداء بعض نماذج تقدير معدل الرش لبعض ترب منطقة الجبل الأخضر. تم اختيار أربعة نماذج وهي نموذج كوستياكوف (KO)، نموذج كوستياكوف المعدل (MK)، ونموذج فيليب (PH) ونموذج هورتون (HO)، وتم قياس معدل رشح الماء في التربة بواسطة جهاز الاسطوانة المزدوجة حيث تم إجراء عدد 18 تجربة وزعت على حسب قوام التربة في الحقل. قُدرت ثوابت كل نموذج بالحصول على أفضل تطابق مع البيانات الحقلية، وتمت مقارنة معدل الرشح المقاس في الحقل بمعدل الرشح المحسوب بواسطة هذه النماذج. ولتقييم أداء هذه النماذج استخدمت بعض المعايير الإحصائية مثل الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (RMSE)، متوسط خطأ التحيز (MBE)، أكبر قيمة للخطأ (MAXE)، الخطأ النسبي (RE)، معامل التحديد (R^2). أظهرت نتائج هذه الدراسة أن النماذج الأربعة كان أداءها جيداً لوصف معدل الرشح في منطقة الدراسة. حيث كانت قيم الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (RMSE) 2.06، 2.69، 5.38، 6.13 (مم/ساعة) وقيم (R^2) المقابلة لها 0.96، 0.94، 0.87، 0.88 لنماذج فيليب وكوستياكوف وهورتون وكوستياكوف المعدل، على التوالي.

مفتاح الكلمات: معدل الرشح، نموذج كوستياكوف، نموذج كوستياكوف المعدل، نموذج فيليب ونموذج هورتون.

مقدمة

بالرغم من أن ماء التربة يمثل جزءاً صغيراً من كمية المياه الكلية في كوكبنا، إلا أنه من غير شك يعتبر من أهم العوامل التي تلعب دوراً حيوياً من ناحية تيسر المياه بالنسبة للنباتات في منطقة انتشار الجذور (Musa و Adeoye، 2010). ينقسم عموماً التساقط أو مياه الري إلى ثلاثة أجزاء، جزء يحدث له جريان سطحي وجزء يتسرب إلى داخل التربة بالإضافة إلى البخر الذي يحدث خلال هذه العمليات (Hickok و Osborn، 1969).

تاريخ الاستلام: 03 أكتوبر 2015؛ تاريخ القبول: أبريل 04، 2016.

© للمؤلف (المؤلفون)، يخضع هذا المقال لسياسة الوصول المفتوح ويتم توزيعه بموجب شروط ترخيص إنداء المشاع الإبداعي CC BY-NC 4.0

الرشح أو التسرب هو عملية حركة أو دخول الماء من سطح التربة إلى داخلها والذي يعتبر من أهم مكونات الدورة الهيدرولوجية (Haghiabi وآخرون، 2011)، لهذا فقد اهتم علماء التربة والمياه بهذه العملية لدورها الأساس في علم المياه السطحية والجوفية وعلم الري والزراعة، حيث يعتبر الرشح أحد أهم المفاتيح الرئيسية في المحافظة على الماء والتربة وإدارة الري بشكل جيد، حيث يمكن من خلاله معرفة كميات المياه التي ستفقد بالجريان السطحي أثناء الأمطار أو الري.

يطلق على حركة الماء من سطح التربة إلى داخلها وعمودياً إلى الأسفل بالرشح (Infiltration) وتسمى كمية الماء التي تدخل التربة في زمن معين بالرشح التراكمي (Cumulative Infiltration) ويعبر عنه بوحدات الطول. أما معدل الرشح (Infiltration rate) فهو عبارة عن عمق الماء الذي يمر خلال سطح التربة في وحدة الزمن وبالتالي فإن وحداته وحدات سرعة.

أشار (Green و Ampt، 1911) إلى أن هناك عدد من العوامل التي تؤثر على رشح الماء في التربة، من أهم هذه العوامل المحتوى الرطوبي الابتدائي للتربة، قوام التربة، مساميتها، بناؤها، وجود الشقوق من عدمها، ومعدل إضافة المياه للتربة. حيث أوضح (Philip، 1957b) في دراسة لرشح الماء خلال قطاع تربة مكون من طبقتين وتأثير المحتوى الرطوبي الابتدائي على ذلك، أنه بزيادة نعومة قوام الطبقة السطحية لقطاع التربة وزيادة المحتوى الرطوبي الابتدائي ينخفض معدل الرشح والرشح التراكمي ولكن عند عكس الطبقات وجعل الطبقة الخشنة القوام هي الأعلى فإن ذلك يؤدي إلى زيادة كلاً من معدل الرشح والرشح التراكمي.

خلال القرن الماضي تم تطوير العديد من النماذج لوصف رشح الماء في التربة، حيث تم تقسيم هذه النماذج إلى نماذج مبنية على أساس فيزيائي ونماذج مبنية على أساس شبه تجريبي وأخرى مبنية على أساس تجريبي (Mishra وآخرون، 1999). حيث تعتبر النماذج ذات الأساس الفيزيائي تقريباً لحل معادلة ريتشارد (Shukla، وآخرون، 2003) ومن أمثلة هذه النماذج (Green و Ampt، 1911) (Philip 1957d) و (Swartzendruber، 1987) والنماذج شبه التجريبية فهي التي بنيت على أساس معادلة الاستمرارية ومن أمثلتها (Horton 1940). أما النماذج التجريبية فقد تم إنشاؤها على بيانات مقاسة من التجارب الحقلية، وثابت هذا النوع من النماذج يتم الحصول عليه من أفضل تطابق من البيانات الحقلية، ومن أمثلة هذه النماذج (Kostiakov، 1932) و (Modified Kostiakov) بواسطة (Mezencev، 1948). كما تجدر الإشارة إلى أن العديد من البحوث استخدمت تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Networks, ANNs) لنمذجة خصائص رشح الماء في التربة منها (Nestor، 2006) و (Ekhmaj، 2010).

تم إجراء العديد من الدراسات لإيجاد ثوابت هذه النماذج واختبار صلاحيتها والمقارنة بينها لأنواع مختلفة من الترب. حيث قام (Igbadun و Idris، 2007) بمقارنة نماذج كوستياكوف وكوستياكوف المعدل وفيليب ووجد

بشكل عام أن كل النماذج الثلاث كان أدائها جيداً ونموذجي كوستياكوف وكوستياكوف المعدل كانت نتائجهما الأفضل. كما وجد (Oku و Aiyelari، 2011) أن نموذج فيليب أفضل أداءً من نموذج كوستياكوف في دراسته التي قام بها في جنوب نيجيريا. أيضاً وجد (Musa و Adeoye، 2010) أن نموذج كوستياكوف كان الأفضل أداءً مقارنةً بنموذجي فيليب وهورتون. كما ذكر (Machiwal وآخرون، 2006) أن نموذج فيليب كان الأفضل أداءً في الدراسة التي قام بها في الهند. كما قارن (Navar و Synnott، 2000) أداء نماذج كوستياكوف المعدل وهورتون وفيليب وقرين-أمبت تحت ظروف أربع استخدامات للأراضي شمال شرق المكسيك ووجد أن نموذج كوستياكوف المعدل كان الأفضل. كما قام (Hajabbasi، 2006) بدراسة مقارنة أداء نماذج كوستياكوف وهورتون وفيليب تحت ظروف حرث ودورة زراعية مختلفة لتربة طميية طينية شمال غرب إيران وذكر أن نموذج هورتون كان الأفضل. كما درس (Fahad، 1982) تأثير محصول فول الصويا وبعض المحاصيل الأخرى على الرشح ووجد أن نماذج فيليب وكوستياكوف كان أدائها جيداً.

في هذه الورقة سوف يتم دراسة أربع نماذج وهي كوستياكوف (KO) Kostiakov و كوستياكوف المعدل (MK) Kostiakov-Lewis وفيليب (PH) Philip وهورتون (HO) Horton. الهدف العام لهذه الدراسة هو إيجاد ثوابت هذه النماذج لمنطقة الدراسة والهدف الخاص هو اختبار كفاءة هذه النماذج لتقدير معدل رشح التربة.

المواد وطرائق العمل

تم إجراء الدراسة خلال شهري سبتمبر وأكتوبر عام 2014 بالمزرعة الخاصة بقسم التربة والمياه وقسم المحاصيل، والتي تبلغ مساحتها حوالي 4.5 هكتار. تقع هذه المزرعة بين خطي طول 21.7147 و 21.7161 شرقاً ودائرتي عرض 32.7558 و 32.7586 شمالاً وكان متوسط الارتفاع عن سطح البحر 589 متر الذي تم استخراجها من نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة 30 متر. تبلغ المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة القصوى والصغرى 23.3 و 9.5 °م، على التوالي بينما تبلغ معدلات الرطوبة النسبية وسرعة الرياح الشهرية 67.8% و 4.7 م/ث، على التوالي أما بالنسبة لمعدلات سقوط الأمطار السنوية فتبلغ 557 مم (تم الحصول على البيانات المناخية من سجلات مصلحة الأرصاد الجوية). من الجدير بالذكر أن تربة هذه المزرعة تتبع رتبة التربة حديثة التكوين (Entisols) حسب تصنيف (Soil Survey Staff 2010) وهي غير مزروعة. تم تقسيم المساحة المشار إليها إلى شبكة من المربعات أبعادها 38 متر. حيث تم الحصول على 39 موقعاً لأخذ العينات من الطبقة السطحية 0-30 سم. من أهم الخصائص التي تم تقديرها في الحقل الكثافة الظاهرية للتربة والتي تم تقديرها بطريقة الاسطوانة كما تم تقدير بعض الخصائص في المعمل أهمها المحتوى الرطوبي للتربة بالطريقة الوزنية والقوام بواسطة طريقة الهيدروميتر والنسبة المئوية لكاربونات الكالسيوم بطريقة الكالسيوم والمادة العضوية كما ورد في (Pansu و Gautheyrou، 2006).

أما الرشح فقد تم تقديره بواسطة جهاز الاسطوانة المزدوجة كما ورد في (Black 1965) وهو عبارة عن اسطوانتين متحدثتي المركز بارتفاع 25 سم وقطر 28 سم و 52 سم للداخلية والخارجية، على التوالي. حيث تم إجراء عدد 18 تجربة تم توزيعها على حسب الاختلافات في قوام التربة وتم إجراء عدد 6 تجارب في كل نوع من أنواع قوام التربة الثلاث التي تم الحصول عليها من نتائج التحليل الميكانيكي للعينات التي سبق الإشارة إليها.

النماذج المستخدمة في الدراسة

تم استخدام أربعة نماذج في هذه الدراسة وهي كالاتي:

1- نموذج كوستياكوف: (KO) 1932 Kostaikov Model

قَدِّم كوستياكوف (Kostiakov, 1932) نموذجاً مبسطاً يربط بين معدّل الرشح والزمن من بداية التجربة ويعتبر هذا النموذج أحد أكثر النماذج استعمالاً خاصة في تصاميم نظم الري السطحي وذلك لسهولة تطبيقه، حيث يفترض هذا النموذج أنه عند زمن $t = 0$ صفر فإن معدّل الرشح يكون لانتهائي ويأخذ هذا النموذج الشكل التالي:

$$f(t) = kt^{-a} \quad (1)$$

حيث:

$f(t)$: معدّل الرشح عند زمن t ، $L.T^{-1}$

t : الزمن من بداية التجربة، t

k, a : ثوابت تجريبية يتم اشتقاقها من البيانات الحقلية وهي تعتمد على عدة عوامل أهمها قوام التربة والمحتوى الرطوبي والكثافة الظاهرية. وحدات k (L) أما a ليس لها وحدات، (Kostiakov 1932).

على الرغم من أن هذا النموذج من أكثر النماذج استعمالاً كما تمت الإشارة إليه إلا أنه لوحظ أن معدّل الرشح يؤول إلى الصفر عند استخدام فترات زمنية طويلة وهذا ما لا يمثل الوضع تحت الظروف الحقلية (Abubakr و Motaleb, 2012). ولتفادي حدوث مثل هذه المشكلة إقترح (Mezencev, 1948) حلاً لذلك وهو يعرف بنموذج كوستياكوف المعدّل وهو النموذج الثاني الذي استخدم في هذه الدراسة.

2- نموذج كوستياكوف المعدّل: (MK) Modified Kostaikov Model

قَدِّم (Mezencev, 1948) نموذج كوستياكوف المعدّل الذي بني على أساس أن رشح الماء في التربة يتناقص تدريجياً مع الزمن إلى أن يصل إلى قيمة شبه ثابتة بعد مضي فترة زمنية طويلة حيث تم تعريف تلك القيمة بمعدّل الرشح الأساسي أو النهائي وأعطى له الرمز f_c (Basic (final) infiltration rate) أبعاد هذا المتغير هي أبعاد السرعة $L.T^{-1}$ ويأخذ هذا النموذج الشكل التالي:

$$f(t) = kt^{-a} + f_c \quad (2)$$

حيث:

$f(t)$: معدّل الرش عند زمن $(t) L.T^{-1}$ ،

f_c : معدّل الرش الأساسي (النهائي) $L.T^{-1}$

بقية المتغيرات كما تم تعريفها في النموذج السابق.

3- نموذج فيليب: Philip Model (PH) 1957

يعتبر نموذج فيليب (Philip 1957d) حلاً رياضياً لمعادلات جريان الماء في الأوساط المسامية ويمكن كتابة هذا النموذج بالشكل التالي:

$$f(t) = \frac{1}{2} S t^{-0.5} + A \quad (3)$$

حيث:

$f(t)$: معدّل الرش عند زمن $(t) L.T^{-1}$

A : معدّل ثابت يعتمد على معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع $L.T^{-1}$

S : معامل يعرف على أنه الامتصاصية Sorptivity وهي سعة التربة المتجانسة على امتصاص أو إطلاق الماء $L.T^{-0.5}$ حيث يكون هذا المعامل هاماً جداً في حركة الماء عند بداية عملية الرش بينما تكون مساهمة المعامل A في عملية الرش منخفضة ومع استمرار عملية الرش يقل تأثير S وتزداد أهمية A إلى حين الوصول إلى حالة من الثبات عند اقتراب قيمة معدّل الرش من التوصيل الهيدروليكي المشبع للتربة (Philip, 1957d).

4- نموذج هورتون: Horton (HO) 1940

قدّم هورتون (Horton 1940) نموذجاً على الصيغة التالية:

$$f(t) = f_c + (f_o - f_c) e^{-kt} \quad (4)$$

حيث:

$f(t)$: معدّل الرش عند زمن $(t) L.T^{-1}$ ،

f_o : معدّل الرش الابتدائي عند $t = 0 L.T^{-1}$ ،

f_c : معدّل الرش النهائي $L.T^{-1}$ ،

k : معامل يعتمد على التربة ويتحكم في معدّل تناقص معدّل الرش ويعتمد على المحتوى الرطوبي المبدئي للتربة t^{-1} . على عكس النماذج الأخرى التي تمت الإشارة إليها سابقاً فإن قيمة معدّل الرش في هذا النموذج تكون منتهية عند $t = 0$ وتأخذ قيمة معدّل الرش الابتدائي.

تم إيجاد ثوابت كل نموذج من النماذج المستخدمة في هذه الدراسة بواسطة تقنية تحليل الانحدار باستخدام طريقة المربعات الصغرى عن طريق برنامج الجداول الإلكترونية (MS-EXCEL 2010).

المعايير الإحصائية المستخدمة في تقييم الدراسة

لغرض تقييم نتائج هذه الدراسة إحصائياً فقد تم استخدام كلاً من الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ RMSE (مم/ساعة)، متوسط خطأ التحيز MBE (مم/ساعة)، أقصى خطأ MAXE (مم/ساعة)، الخطأ النسبي RE (%)، معامل التحديد R^2 ، كمعايير إحصائية. هذه المعايير موضحة بالمعادلات الآتية: (Kennedy و Neville، 1986).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cal} - f_{obs})^2}{n}} \quad (5)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_{cal} - f_{obs}) \quad (6)$$

$$MAXE = \text{MAX}(|f_{cal} - f_{obs}|)_{i=1}^n \quad (7)$$

$$RE = \frac{f_{cal} - f_{obs}}{f_{obs}} \times 100 \quad (8)$$

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (f_{cal} - \bar{f}_{cal})(f_{obs} - \bar{f}_{obs})]^2}{\sum_{i=1}^n (f_{cal} - \bar{f}_{cal})^2 \sum_{i=1}^n (f_{obs} - \bar{f}_{obs})^2} \quad (9)$$

حيث:

f_{cal} : معدّل الرشح المحسوب بواسطة أحد النماذج المستخدمة في الدراسة.

f_{obs} : معدّل الرشح المقاس في الحقل.

\bar{f}_{obs} : متوسط معدّل الرشح المقاس في الحقل.

\bar{f}_{cal} : متوسط معدّل الرشح المحسوب بواسطة أحد النماذج المستخدمة في الدراسة.

n : العدد الكلي للبيانات.

حيث أن النموذج الأفضل هو الذي يعطي أقل قيمة RMSE، MBE، MAXE (مم/ساعة)، RE (%)، كما تشير الإشارة السالبة لقيم MBE، RE إلى أن نتائج النموذج المعني أقل من معدّل الرشح المقاس في الحقل. أما بالنسبة ² فإن قيمته تتراوح بين 0 و 1 حيث يعتبر النموذج أفضل أداءً كلما اقتربت قيمة هذا المعامل من 1.

النتائج والمناقشة

يبين الجدول رقم (1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمنطقة الدراسة، حيث تميزت التربة بشكل عام بمتوسط كثافة ظاهرية قدرها 1.31 جرام/سم³ بمعامل اختلاف 8.21%، كما كان متوسط نسبة الطين 26.34% بمعامل اختلاف 15.0%، في حين كان متوسط نسبة السلت 29.80% وبمعامل اختلاف 42.4% أما متوسط

نسبة الرمل فقد كانت 43.87% بمعامل اختلاف 31.26%. أما بالنسبة للمحتوى الرطوبي الابتدائي فقد كان متوسطه

جدول 1. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة منطقة الدراسة

المحتوى الرطوبي الابتدائي (% وزن)	المادة العضوية (%)	كربونات الكالسيوم (%)	الكثافة الظاهرية (جم/سم ³)	الرمل (%)	السلت (%)	الطين (%)	القوام
15.90	3.34	37.33	1.34	32.33	37.23	30.43	طمي طيني
13.56	3.45	37.05	1.25	40.05	37.04	22.91	طمي
9.97	2.41	35.91	1.34	59.21	15.11	25.68	طمي طيني رملي

13.14% ومعامل اختلاف قدره 44.70%. فيما يتعلق بمحتوى التربة من المادة العضوية فقد كان معدلها 3.07% بمعامل اختلاف 45.79% كما كان معدل كربونات الكالسيوم 36.77% ومعامل اختلاف 18.51%.

الجدول رقم (2) يبين خصائص رشح التربة لمنطقة الدراسة، حيث تم حساب الرشح التراكمي من مجموع كمية المياه الكلية التي رشحت خلال زمن إجراء كل تجربة، ومتوسط معدل الرشح تم استخراجها من حاصل قسمة الرشح التراكمي على الزمن الكلي لإجراء كل تجربة. أما معدل الرشح النهائي فقد تم حسابه من متوسط آخر أربع قيم لمعدل الرشح في كل تجربة. حيث أظهرت نتائج خصائص رشح الماء في التربة بشكل عام أن متوسط زمن الرشح 99.77 دقيقة بمعامل اختلاف 12.43% ومتوسط الرشح التراكمي بلغ 19.39 مم بمعامل اختلاف 68.63%، وكان متوسط معدل الرشح 11.06 مم/ساعة بمعامل اختلاف 57.64%، في حين كان متوسط معدل الرشح النهائي 8.01 مم/ساعة بمعامل اختلاف 59.12%.

بالنظر إلى كل قوام بمفرده يتضح أن متوسط الرشح التراكمي للقوام الطمي الطيني بلغ 10.41 مم بأقل قيمة 2 مم وأعلى قيمة 17.10 مم وبمدى 15.10 مم ومعامل اختلاف 51.90%، وكان متوسط معدل الرشح 6.40 مم/ساعة وبأقل قيمة 1.60 مم/ساعة وأعلى قيمة 8.90 مم/ساعة وبمدى 7.30 مم/ساعة ومعامل اختلاف 46.34%. في حين كان متوسط معدل الرشح النهائي 4.28 مم/ساعة وبأقل قيمة 0.95 مم/ساعة وأعلى قيمة 6.30 مم/ساعة وبمدى 5.35 مم/ساعة ومعامل اختلاف 53.67%.

أما خصائص الرشح للقوام الطمي فقد بلغ معدل الرشح التراكمي 14.53 مم وبأقل قيمة 9.93 مم وأعلى قيمة 18.80 مم وبمدى 8.87 مم ومعامل اختلاف 27.13%، وكان متوسط معدل الرشح 9.20 مم/ساعة وبأقل قيمة

6.60 مم/ساعة وأعلى قيمة 12.80 مم/ ساعة ويمدى 6.20 مم/ساعة ومعامل اختلاف 27.15%، في حين كان متوسط معدّل الرش النهائي 7.18 مم/ساعة وبأقل قيمة 5.25 مم/ساعة وأعلى قيمة 9.00 مم/ ساعة ويمدى 3.75 مم/ساعة ومعامل اختلاف 22.68%.

جدول 2. خصائص رشح التربة لمنطقة الدراسة

القوام	الرشح التراكمي (مم)			متوسط معدّل الرشح (مم/ساعة)			معدّل الرشح النهائي (مم/ساعة)		
	CV	Max	Min	CV	Max	Min	CV	Max	Min
طمي طيني	51.88	17.1	2.0	46.34	8.90	1.60	53.67	6.30	0.95
طمي	27.13	18.8	9.9	27.15	12.80	6.60	22.69	9.00	5.25
طمي طيني رملي	42.83	54.4	20.1	36.90	27.20	11.70	40.42	21.30	7.95

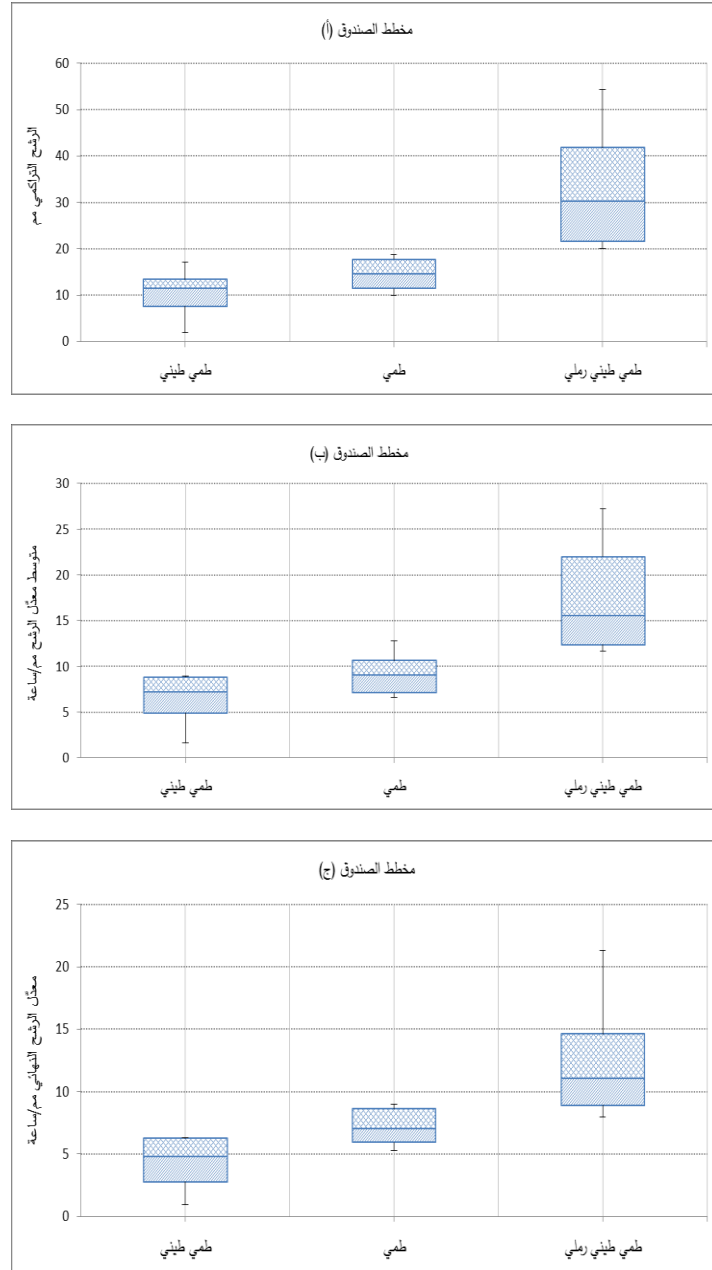
Min: أقل قيمة، Max: أكبر قيمة، CV: معامل الاختلاف (%)

فيما يتعلق بخصائص الرشح للقوام الطمي الطيني الرملي فقد بلغ معدّل الرشح التراكمي 33.23 مم وبأقل قيمة 20.10 مم وأعلى قيمة 54.40 مم ويمدى 34.30 مم ومعامل اختلاف 42.83%، وكان متوسط معدّل الرشح 17.57 مم/ساعة وبأقل قيمة 11.70 مم/ساعة وأعلى قيمة 27.20 مم/ ساعة ويمدى 15.50 مم/ساعة ومعامل اختلاف 36.90%. في حين كان متوسط معدّل الرشح النهائي 12.58 مم/ساعة وبأقل قيمة 7.95 مم/ساعة وأعلى قيمة 21.30 مم/ ساعة ويمدى 13.35 مم/ساعة ومعامل اختلاف 40.42%.

كما توضح الأشكال (1-أ)، (1-ب)، (1-ج) "مخطط الصندوق" (Boxplot) لعلاقة الرشح التراكمي (مم) ومتوسط معدّل الرشح (مم/ساعة) ومعدّل الرشح النهائي (مم/ساعة) مع قوام التربة، على التوالي. حيث يعتبر هذا المخطط نوع من أنواع التمثيل البياني الذي يمكن من خلاله دراسة توزيع سلسلة إحصائية حول وسيطها. ويعتمد هذا المخطط على خمسة قيم وهي: أصغر قيمة للبيانات $Minx$ ، الربع الأول Q_1 ، الربع الثاني Q_2 والذي يمثل الوسيط، الربع الثالث Q_3 ، أكبر قيمة للبيانات $Maxx$. حيث يتم رسم المخطط المذكور بواسطة تمثيل الخمسة قيم المذكورة بقطعة مستقيمة مدرجة أفقية أو عمودية بدايتها تمثل $Minx$ ونهايتها $Maxx$ وتوضع عليها قيم Q_1 ، الوسيط، Q_3 ثم يرسم مستطيل طوله الانحراف الربيعي $Q_3 - Q_1$ وعرضه اختياري.

كما تم إجراء اختبار t للمقارنة بين المتوسطات والجدول رقم (3-أ) يوضح نتائج هذا الاختبار، من الجدول يتضح أنه لا توجد فروق معنوية بين قيم متوسط معدّل الرشح والرشح التراكمي للقوامين الطمي والطيني

حيث كانت قيمة t لخاصية متوسط معدّل الرش -1.77 وقيمة P 0.11 عند درجة حرية 10 ومستوى معنوية 0.05 وقيمة t لخاصية الرش التراكمي -1.51 وقيمة P 0.16 عند درجة حرية 10 ومستوى معنوية 0.05. أما الفروق في خاصية معدّل الرش النهائي فقد كانت معنوية حيث كانت قيمة t لخاصية معدّل الرش النهائي -2.51 وقيمة P 0.03 عند درجة حرية 10 ومستوى معنوية 0.05.



شكل 1. مخطط الصندوق: (أ) الرشح التراكمي (ب) متوسط معدّل الرشح (ج) معدّل الرشح النهائي

أما الفروق بين المتوسطات للقوامين الطمي الطيني والظمي الطيني الرملي كانت معنوية لخصائص متوسط معدّل الرش ومعدّل الرش النهائي والرشح التراكمي حيث كانت قيمة t لهذه الخصائص -3.84، -3.64، -3.67 وقيمة P 0.003، 0.005، 0.004 على التوالي عند درجة حرية 10 ومستوى معنوية 0.05 كما في الجدول رقم (3-ب)، وكذلك الحال للفروقات بين الخصائص المذكورة للقوامين الطمي والظمي الطيني الرملي حيث كانت قيمة t لهذه الخصائص -2.95، -2.48، -3.10 وقيمة P 0.01، 0.03، 0.01 على التوالي عند درجة حرية 10 ومستوى معنوية 0.05 والجدول رقم (3-ج) يوضح ذلك.

جدول 3-أ. نتائج اختبار t للقوامين الطمي والظمي الطيني

P	df	t	ظمي	ظمي طيني	الخاصية
0.11	10	1.77-	9.20	6.40	متوسط معدّل الرش (مم/ساعة)
0.03	10	2.51-	7.18	4.28	معدّل الرش النهائي (مم/ساعة)
0.16	10	1.51-	14.53	10.41	الرشح التراكمي (مم)

جدول 3-ب. نتائج اختبار t للقوامين الطمي الطيني والظمي الطيني الرملي

P	df	t	ظمي طيني رملي	ظمي طيني	الخاصية
0.003	10	3.84-	17.57	6.40	متوسط معدّل الرش (مم/ساعة)
0.005	10	3.64-	12.58	4.28	معدّل الرش النهائي (مم/ساعة)
0.004	10	3.67-	33.23	10.41	الرشح التراكمي (مم)

جدول 3-ج. نتائج اختبار t للقوامين الطمي والظمي الطيني الرملي

P	df	t	ظمي طيني رملي	ظمي	الخاصية
0.01	10	2.95-	17.57	9.20	متوسط معدّل الرش (مم/ساعة)
0.03	10	2.48-	12.58	7.18	معدّل الرش النهائي (مم/ساعة)
0.01	10	3.10-	33.23	14.53	الرشح التراكمي (مم)

كما يبين الجدولين رقم (4-أ)، (4-ب) قيم ثوابت الرش ومعامل التحديد للنماذج المستخدمة في الدراسة وذلك لأنواع القوام الثلاث.

جدول 4-أ. قيم ثوابت معدّل الرشح ومعامل التحديد للنماذج المستخدمة في الدراسة

القوام	فيليب	R^2	كوستياكوف المعدّل	R^2
طمي طيني	$f(t) = 5.31 t^{-0.5} + 3.09$	0.954	$f(t) = 0.94 t^{-0.982} + 4.35$	0.932
طمي	$f(t) = 4.81 t^{-0.5} + 2.48$	0.969	$f(t) = 0.78 t^{-1.021} + 6.79$	0.863
طمي طيني رملي	$f(t) = 9.73 t^{-0.5} + 4.65$	0.967	$f(t) = 1.88 t^{-1.022} + 12.85$	0.855

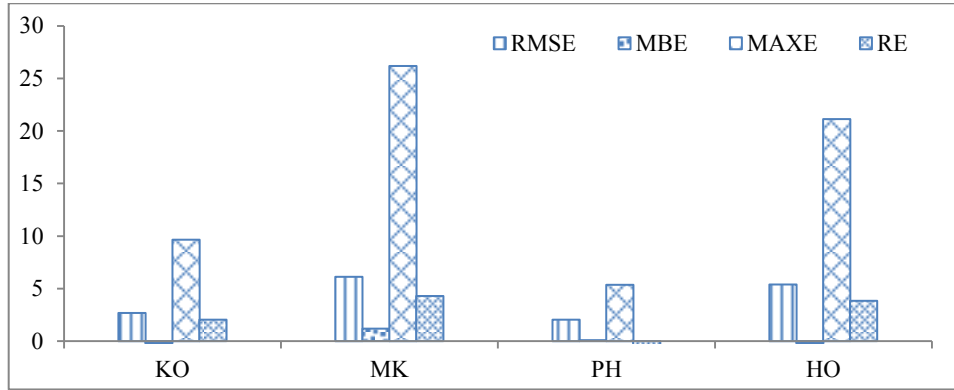
جدول 4-ب. قيم ثوابت معدّل الرشح ومعامل التحديد للنماذج المستخدمة في الدراسة

القوام	كوستياكوف	R^2	هورتون	R^2
طمي طيني	$f(t) = 4.46 t^{-0.517}$	0.954	$f(t) = 4.35 + (25.71 - 4.35) e^{-5.37 t}$	0.843
طمي	$f(t) = 7.07 t^{-0.38}$	0.936	$f(t) = 6.79 + (28.53 - 6.79) e^{-5.83 t}$	0.867
طمي طيني رملي	$f(t) = 14.38 t^{-0.39}$	0.949	$f(t) = 12.85 + (56.69 - 12.85) e^{-4.33 t}$	0.879

الجدول رقم (5) والشكل رقم (2) يوضحان نتائج التحليل الإحصائي للنماذج الأربعة المستخدمة في الدراسة مقارنة مع القيم المقاسة في الحقل دون الأخذ في نظر الاعتبار قوام التربة، بمعنى أن المقارنة قد تمت بين بيانات تجارب الرشح الثمانية عشر المقاسة في الحقل والمقدرة بكل نموذج من النماذج المستخدمة في الدراسة. من الجدول يتضح أن نموذج فيليب كان الأفضل أداءً مقارنة ببقية النماذج المستخدمة في الدراسة، حيث كانت قيمة $RMSE$ ، MBE ، $MAXE$ ، RE ، R^2 تساوي 2.06، 0.10، 5.38 (مم/ساعة)، -1.01%، 0.96 على التوالي في حين كانت قيم هذه المعايير الإحصائية للنموذج الأقل أداءً وهو نموذج كوستياكوف المعدّل 6.13، 1.19، 26.18، 4.31%، 0.88، على التوالي. وقد تم ترتيب أداء النماذج الأربعة على حسب هذه المعايير الإحصائية كما هو مبين بالجدول رقم (5).

جدول 5. نتائج التحليل الإحصائي للنماذج المستخدمة بغض النظر عن القوام

النموذج	$RMSE$ (مم/ساعة)	MBE (مم/ساعة)	$MAXE$ (مم/ساعة)	RE (%)	R^2	t	الترتيب
كوستياكوف	2.69	0.19-	9.65	2.05	0.94	0.60	2
كوستياكوف المعدّل	6.13	1.19	26.18	4.31	0.88	1.00	4
فيليب	2.06	0.10	5.38	1.01-	0.96	0.20	1
هورتون	5.38	0.17-	21.13	3.85	0.87	0.37	3



شكل 2. نتائج التحليل الإحصائي للنماذج المستخدمة في الدراسة

كما تم تقييم أداء هذه النماذج بالأخذ في نظر الاعتبار قوام التربة، والجداول (6)، (7)، (8) والشكل رقم (3) توضح نتائج هذا التقييم. حيث يتضح من الجداول رقم (6)، (7)، (8) أن نموذج فيليب كان الأفضل أداءً مقارنةً ببقية النماذج المستخدمة في الدراسة بالنسبة لأنواع القوام الثلاث، حيث كانت قيمة RMSE 2.09، 1.55، 2.53 (مم/ساعة) وقيمة R^2 المقابلة لها 0.96، 0.97، 0.96 للقوام الطمي الطيني والقوام الطمي والقوام الطمي الطيني الرملي على التوالي، ومن الملاحظ أن أداء النماذج الأربعة تشابه من حيث الترتيب في حالة القوامين الطمي والطيني الرملي، حيث كان ترتيب النماذج من الأفضل أداءً إلى الأقل أداءً كالتالي: فيليب، كوستياكوف، هورتون، كوستياكوف المعدل بينما اختلف هذا الترتيب في حالة القوام الطمي الطيني ليكون فيليب، كوستياكوف المعدل، كوستياكوف، هورتون، و ترتيب أداء النماذج الأربعة على حسب المعايير الإحصائية مبين بالجدول رقم (6)، (7)، (8)، وهذه النتائج تتفق مع كلٍ من (Fahad، 1982) و (Machiwal وآخرون، 2006) و (Aiyelari و Oku، 2011).

جدول 6. نتائج التحليل الإحصائي للنماذج المستخدمة مع القوام الطمي الطيني

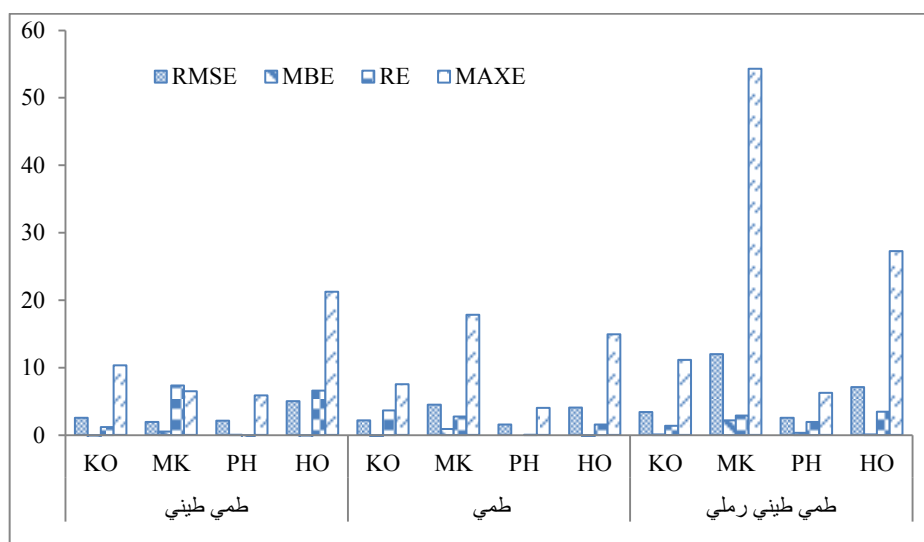
الترتيب	R^2	RE (%)	MAXE (مم/ساعة)	MBE (مم/ساعة)	RMSE (مم/ساعة)	النموذج
3	0.95	1.17	10.32	0.38-	2.55	كوستياكوف
2	0.93	7.33	6.46	0.51	1.95	كوستياكوف المعدل
1	0.96	4.99-	5.86	0.00	2.09	فيليب
4	0.84	6.57	21.20	0.35-	5.01	هورتون

جدول 7. نتائج التحليل الإحصائي للنماذج المستخدمة مع القوام الطمي

الترتيب	R ²	RE (%)	MAXE (مم/ساعة)	MBE (مم/ساعة)	RMSE (مم/ساعة)	النموذج
2	0.93	3.62	7.52	0.23-	2.15	KO كوستياكوف
4	0.87	2.75	17.80	0.90	4.46	MK كوستياكوف المعدل
1	0.97	0.04	4.03	0.00	1.55	PH فيليب
3	0.87	1.56	14.93	0.23-	4.06	HO هورتون

جدول 8. نتائج التحليل الإحصائي للنماذج المستخدمة مع القوام الطمي الرملي

الترتيب	R ²	RE (%)	MAXE (مم/ساعة)	MBE (مم/ساعة)	RMSE (مم/ساعة)	النموذج
2	0.95	1.37	11.11	0.05	3.37	KO كوستياكوف
4	0.85	2.85	54.29	2.17	11.97	MK كوستياكوف المعدل
1	0.96	1.92	6.24	0.30	2.53	PH فيليب
3	0.89	3.43	27.26	0.07	7.07	HO هورتون



شكل 3. نتائج التحليل الإحصائي للنماذج المستخدمة لأنواع القوام الثلاث

الخلاصة

أوضحت نتائج هذه الدراسة أن نماذج تقدير معدّل رشح الماء في التربة التي تم اختبار كفاءتها في بعض ترب الجبل الأخضر كان أداؤها بشكل عام جيد في منطقة الدراسة، حيث كانت قيم (RMSE) 2.06، 2.69، 5.38، 6.13 (مم/ساعة) وقيم (R^2) المقابلة لها 0.96، 0.94، 0.87، 0.88 لنماذج فيليب وكوستياكوف وهورتون وكوستياكوف المعدّل، على التوالي. في ختام هذه الدراسة نوصي بإجراء المزيد من الدراسات حول هذا الموضوع ليشمل مناطق أخرى.

المراجع

- Abubakr, R. and B. Motalleb. (2012). The evaluation and determining of soil infiltration models coefficients. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6: 94-98.
- Black, C. A. (1965). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Wisconsin. USA.
- Ekhmaj, A. I. (2010). Predicting soil infiltration rate using Artificial Neural Network. International Conference on Environmental Engineering and Applications (ICEEA), Singapore, 117-121.
- Fahad, A. A., L. N. Mielke, A. D. Flowerday and D. Swartzendruber. (1982). Soil physical properties as affected by soybeans and other cropping sequences. Soil Science Society of America Journal, 46: 377-381.
- Green, W. H., and G. A. Ampt. (1911). Studies on soil physics: I. Flow of air and water through soils. Journal of Agricultural Sciences, 4: 1-24.
- Haghiabi, A. H., j. A bedi-Koupai, M. Heidarpour and J. Mohammadzadeh-Habili. (2011). A new method for estimating the parameters of Kostiakov and modified Kostiakov infiltration equations. World Applied Sciences Journal, 15: 129-135.
- Hajabbasi, M. A. (2006). Evaluation of Kostiakov, Horton and Philip's infiltration equations as affected by tillage and rotation systems in a clay-loam soil of Northwest Iran. 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- Hickok, R. B. and H. B. Osborn. (1969). Some limitations on estimates of infiltration as a basis for predicting watershed runoff. Transactions of the ASAE. 12: 798-800.

Horton, R. E. (1940). An approach towards a physical interpretation of infiltration capacity. *Soil Science Society of America Journal*, 5: 399-417.

Igbadun, H. E. and U. D. Idris. (2007). Performance evaluation of infiltration models in a hydromorphic soil. *Nigeria Journal of Soil and Environmental Research*, 7: 53-59.

Kennedy, J. B. and A. M. Neville. (1986). *Basic statistical methods for engineers and scientists*. 3rd ed, Harper & Row, New York, USA.

Kostiakov, A. N. (1932). On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils and on the necessity of studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. *Transactions of the Sixth Commission of International Society of Soil Science, Moscow, Part A*: 17-21.

Machiwal, D., J. H. A. Madan Kumar and B. C. Mal. (2006). Modelling infiltration and quantifying spatial soil variability in a watershed of Kharagpur, India. *Biosystems Engineering*, 95: 569-582.

Mezencev, V. J. (1948). Theory of formation of the surface runoff (in Russian). *Meteorologia I gidrologia*, 3:33-40.

Mishra, S. K., S. R. Kumar and V. P. Singh. (1999). Calibration of a general infiltration model. *Journal of Hydrologic Process*, 13: 1691-1718.

Musa, J. J. and P. A. Adeoye. (2010). Adaptability of infiltration equations to the soils of the Permanent Site Farm of the Federal University of Technology, Minna, in the Guinea Savannah Zone of Nigeria. *Australian Journal of Technology*, 14: 147-155.

Návar, J. and T. J. Synnott. (2000). Soil infiltration and land use in Linares, N. L., Mexico. *Terra Latinoamericana*, 18: 255-262.

Nestor, L. S. (2006). Modelling the infiltration process with a multilayer perceptron artificial neural network. *Hydrological Sciences Journal*, 51: 3-20.

Oku, E. and A. Aiyelari. (2011). Predictability of Philip and Kostiakov infiltration model under inceptisols in the Humid Forest Zone, Nigeria. *Kasetsart Journal of Natural Science*, 45: 594-602.

Pansu, M. and J. Gautheyrou. (2006). *Handbook of soil analysis mineralogical, organic and inorganic methods*. Springer, The Netherlands.

Philip, J. R. (1957b). The theory of infiltration. 2-The profile of infinity. Soil Science, 83:435-448.

Philip, J. R. (1957d). The theory of infiltration. 4-Sorptivity and algebraic infiltration equations. Soil Science, 84: 257-264.

Shukla, M. K., R. Lal and P. Unkefer. (2003). Experimental evaluation of infiltration models for different land use and soil management systems. Soil Science, 168: 178-191.

Soil Survey Staff. (2010). Keys to Soil Taxonomy. 11^{ed}. USDA. USA.

Swartzendruber, D. (1987). A quasi-solution of Richards equation for the downward infiltration of water into soil. Water Resources Research, 23: 809-817.

Performance evaluation of some infiltration equations in Aljabal Alakhdar, Libya

Osama A. ABDELATY*, Mohamed A. MOMEN,

Omar Almokhtar University, Faculty of Agriculture, Soil and Water Department

*E-mail: Osamaubdelhamed@gmail.com

Abstract

This study was conducted to evaluate the performance of some infiltration rate models. Four Models, was chosen, Kostiakov model (KO), Modified Kostiakov model (MK), Philip model (PH) and Horton model (HO). Infiltration rate has been measured by using the double-ring infiltrometer. Eighteen infiltration tests were conducted according to the soil texture in the field. The parameters of each model were obtained by the best-fit technique with field data. We compared measured and calculated infiltration rate by these models. The results of this study showed that the four models were performed well to describe the filtration rate of the study area. Where the values of (RMSE) were 2.06, 2.69, 5.38, 6.13 (mm/hr) and corresponding values of (R^2) were 0.96, 0.94, 0.87, 0.88 to Philip model, Kostiakov model, Horton model and Modified Kostiakov model respectively.

Keywords: Infiltration rate, Kostiakov model, Modified Kostiakov model, Philip model, Horton model.