

تقييم أداء Hydrus-1D في محاكاة التبخر من سطح التربة لفواصل ترطيب مختلفة

انتصار محمد غزال¹ افتخار عبد الجواد العاني² مزاحم محمود عبد²
¹ استاذ مساعد/ كلية الهندسة/جامعة الموصل ² استاذ مساعد/ المعهد التقني/الموصل

الملخص

تم في هذه الدراسة استخدام نموذج Hydrus-1D لغرض إجراء محاكاة التبخر من سطح التربة لفواصل إرواء مختلفة ولنوعين من الترب للمنطقة الشمالية (رملية مزيجية، طينية مزيجية) وبمدخلات من البيانات المناخية، وبيانات التبخر من الاناء القياسي. اظهرت نتائج الدراسة انه يمكن الاعتماد على بيانات الاناء القياسي للتبخر لإجراء المحاكاة وحساب التبخر من سطح التربة حيث كانت المعايير الاحصائية الادائية (IOA , R^2) المحسوبة على اساس بيانات التبخر الانائي الافضل ولجميع فواصل الترطيب المعتمدة (2، 4، 8، 16) يوم بالمقارنة مع قيم تلك المعايير المعتمدة على البيانات المناخية الكاملة ولكلا نوعي التربة. كما اظهرت الدراسة ان فواصل الترطيب وتأثيرها على التبخر من سطح التربة ومراحل التبخر توافقت مع نتائج التجارب الحقلية التي تم اجراؤها في هذا المجال.

Evaluating performance of Hydrus-1D model in simulating evaporation from soil surface for different wetting intervals

Entesar M.Ghazal

Eftikhar A. Alani

Muzahim M. Abi

Abstract

In this study, Hydrus-1D model was used to simulate the evaporation from the soil surface for different wetting intervals for northern region (sandy loam and clay loam) using input for climatic data, and data of class A pan evaporation. The results showed that data of pan evaporation class A can be relied on in simulating and calculation of evaporation from the soil surface, where the standards of statistics (IOA , R^2) calculated on the basis of evaporation pan class A data are better for the wetting intervals (2, 4, 8, 16) days compared with the values of those standards based on full climate data and both types of soil. The study also showed that the wetting intervals and their impact on evaporation from the soil surface and evaporation stages reasonably agree with the results of field experiments that have been made in this area.

Keywords: Hydrus-1D model, soil surface evaporation wetting intervals

المقدمة

يعد الماء عاملاً رئيساً ومهماً في الزراعة الإروائية، ولكن المصادر المائية محدودة، وأن للوحدة المائية كلفتها الاقتصادية، وعليه فمن الضروري الاستفادة من المياه والعمل على رفع وزيادة كفاءة استخدام المياه والحد من الضائعات. يلعب ماء التربة دوراً مهماً بعملية انتقال واستهلاك المياه اللازمة والمرتبطة بنمو وتطور النبات، إن كفاءة استخدام ماء التربة مرتبطة بدرجة كبيرة بمحتوى ماء التربة وقابليتها للاحتفاظ به. إن مفهوم الموازنة المائية في التربة هو الأساس في عملية حساب وتقدير ضائعات الماء في التربة ومن ضمنها التبخر من سطح التربة والتسرب خارج المنطقة الجذرية وإن تطبيق هذه الموازنة على التربة لا بد من إجراء تجارب مختبرية تحتاج إلى كلفة عالية وجهد ووقت طويل. لذا تم التوجه إلى استخدام النماذج الرياضية لمحاكاة مجموعة واسعة من المحددات المتعلقة بالحقل والتي تعتبر أداة مهمة لتحليل وإدارة الري والبزل في الأراضي المرورية الجافة وغير الجافة. إن تسرب ماء التربة إلى خارج المنطقة الجذرية هو أحد العوامل الأساسية المهمة التي تسبب الضائعات للماء ومغذيات التربة في الأراضي الزراعية. لذلك فإن المعرفة الدقيقة لجريان الماء خلال التربة يعتبر الأساس للإدارة المستدامة لنقص مصادر المياه [1].

يعد التبخر من سطح التربة أحد المكونات الرئيسية لموازنة ماء التربة وتنقسم عملية تجفيف التربة الجرداء بواسطة التبخر إلى مرحلتين أو ثلاث مراحل هي مرحلة المعدل الثابت المرتفع (المرحلة الأولى)، مرحلة المعدل الهابط (المرحلة الثانية) ومرحلة المعدل الواطئ الثابت (المرحلة الثالثة)، وأحياناً يتم التداخل بين المرحلتين الثانية والثالثة. خلال المرحلة الأولى يحدث التبخر من سطح التربة ويتحدد بمتطلبات الجو ومع تقدم التبخر عندما تقل رطوبة التربة، ينخفض معدل التبخر تحت التبخر الكامن وتبدأ عندها المرحلة الثانية ويتحدد التبخر بصفات التربة بشكل رئيسي بالإضافة إلى متطلبات الجو [2].

يعتبر أنموذج hydrus-1D من النماذج الرياضية التي يعتمد الحل العددي بطريقة العناصر المحددة finite element لحل معادلات ريتشارد لجريان الماء في التربة المشبعة وغير المشبعة وبمدخلات تعتمد الخصائص الفيزيائية للتربة وقد استخدم بنجاح من قبل عدد من الباحثين لدراسة حركة الماء والأملاح في التربة. إذ قام [3] باستخدام أنموذج hydrus-1D لمحاكاة تغذية الماء الأرضي من مياه الري عن طريق نمذجة المنطقة الجذرية للتربة المستخدمة في زراعة نباتات مختارة (القرع والخس) إذ أظهرت الدراسة توافق جيد بين محاكاة أنموذج hydrus-1D والقياسات الحقلية للرطوبة في منطقة مختارة في إسبانيا.

قام [4] بدراسة موازنة ماء التربة باستخدام أنموذج hydrus-1D حيث تم اختبار الأنموذج بمقارنة نتائج المحاكاة مع بيانات مفاصة يومياً لمعدل التبخر نتج الحقيقي، وخرن ماء التربة، وتغذية الماء الأرضي، والصعود الشعري وذلك باستخدام 12 ليزيمتر وثلاث أنواع من التربة وللفترة من كانون الثاني 1996 إلى كانون الأول 1998 في برلين، ألمانيا. تم تطبيق أنموذج hydrus-1D بدون معايرة ثم إعادة تطبيقه بمعايرة صفات التربة الهيدروليكية باستعمال حالات تسرب عميق مختلفة وقد تم التوصل إلى توافق مقبول بين قيم المحاكاة والقيم المقاسة حقلياً، ولكن في بعض الحالات، من الأفضل ادخال معاملات النبات في الاعتبار للحصول على نتائج أفضل.

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم أداء هذا النموذج في محاكاة التبخر من سطح التربة ولفواصل ترطيب مختلفة ولتربنتين مختلفتين (رملية مزيجية، طينية مزيجية) من الأنواع السائدة في المنطقة الشمالية والأكثر استخداماً لحالات الري بالرش.

الاساس النظري

Hydrus-1D هو أنموذج حاسوبي احادي البعد لمحاكاة حركة الماء والأملاح وانتقال الحرارة في الوسط المسامي المشبع أو المشبع جزئياً وغير المشبع. يتم من خلاله حل معادلة ريتشارد باستعمال نمط العناصر المحددة الخطي. حيث تعتبر معادلة ريتشارد من أكثر المعادلات فيزيائية الأساس قبولاً في مجال البحث العلمي لمحاكاة الجريان المشبع وغير المشبع في الوسط المسامي [5]، وقد اعتمد البحث الحالي على هذه المعادلة.

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[(k(h)) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right] - S \quad \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن

θ = الرطوبة الحجمية للتربة (ملم³/ملم³). Z = الاتجاه العمودي.

$K(h)$ = التوصيل الهيدروليكي للتربة غير المشبعة (ملم/يوم).

h = الشد الرطوبي في التربة (ملم). S = سحب جذور النبات للماء (يوم⁻¹) ، t = يوم.

ونظراً لكون الدراسة الحالية قد تمت على أنواع من التربة خالية من الغطاء النباتي فيمكن اعتبار ($S = 0$) وبذلك تم تكييف صيغة معادلة ريتشارد كما يلي :

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[(k(h)) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right] \quad \dots\dots\dots(2)$$

المعادلة (2) تصف الصفات الهيدروليكية للتربة غير المشبعة ($\theta(h)$ ، $K(h)$) تعبيرات غير خطية للرطوبة والتوصيل الهيدروليكي للتربة غير المشبعة كدالة لشحنة الضغط (h) ويوفر أنموذج Hydrus-1D إمكانية استخدام نماذج تحليلية لوصف هذه الصفات للتربة. وقد تم وصف الصفات الهيدروليكية للتربة حسب أنموذج van Genuchten-Mualem، وكما يلي:

$$\theta (h) = \begin{cases} \theta_r + \frac{1}{\left[1 + |\alpha h|^n \right]^m} & h < 0 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$K(h) = K_s * S_e^l * \left[1 - \left(1 - S_e^{1/m} \right)^m \right]^2 \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad \dots\dots\dots(5)$$

اذ أن:
 S_e = رطوبة التربة الفعالة.
 θ_s = رطوبة التربة المشبعة (ملم³/ملم³).
 m = معامل توصيل المسامات.
 θ_r = الرطوبة المتبقية في التربة (ملم³/ملم³).
 K_s = التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة (ملم/يوم).
 $n = 0.5$ كمعدل لمعظم أنواع الترب. [6]

ويمكن تخمين متغيرات انموذج van Genuchten-Mualem ($K_s, l, n, \alpha, \theta_s, \theta_r$)

من معرفة نسجة التربة وبعض الصفات الفيزيائية والهيدروليكية المتعلقة بها، وباستخدام (Neural Network Prediction)، والتي تم تطويرها في مختبر الملوحة الامريكي وتعتبر مكتبة مرتبطة بفاعلية مع أنموذج Hydrus-1D.

ولحل معادلة ريتشارد لابد من معرفة التوزيع الأولي للظروف المحيطة في مجال الجريان.

$$h(z, t) = h_i(z) \quad \text{at } t = 0 \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$h(z, t) = h_L(t) \quad \text{at } z = L \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$-K \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) = q_o(t) - \frac{\partial h}{\partial z} \quad \text{at } z = 0 \text{ for } h_A \leq h \leq h_S \quad \dots\dots\dots(8)$$

ويضاف إليها الحدود المحيطة التالية :

$$h(0, t) = h_A \quad \text{for } h < h_A$$

$$h(0, t) = h_S \quad \text{for } h > h_S \quad \dots\dots\dots(9)$$

إذ أن
 h_A = أقل شحنة ضغط مسموح بها فوق سطح التربة (ملم) تحت الظروف الجوية المعتمدة. ويتم إيجاد قيمتها من تحديد شرط موازنة ماء التربة مع بخار الماء الجوي.
 h_S = أقصى قيم شحنة ضغط ماء مسموح بها فوق سطح التربة (ملم) تحت الظروف الجوية المعتمدة.
 وقيمتها تساوي صفر او قيمة موجبة تمثل عمق الماء فوق سطح التربة.

يوفر نموذج Hydrus-1D إمكانية تحديد الظروف الحدودية الابتدائية والمحيطية بالتربة من الأعلى والأسفل إذ يتم تحديد الشروط الحدودية الابتدائية لسطح التربة والذي يتعرض لظروف الغلاف الجوي وجريان السائل الذي يتأثر بشكل مباشر بالظروف الخارجية، كما يعتمد على ظروف رطوبة التربة قرب السطح. يمكن تغيير الظروف المحيطية من حالة تأثير الجريان إلى حالة تأثير شحنة ضغط عمود الماء على سطح التربة والعكس بالعكس [6].

المواد وطرق العمل

تم الاستعانة بدراسة حقلية [7] في منطقة الموصل بين خطي طول $16^{\circ} 43'$ و $23^{\circ} 43'$ شرقاً ودائرتي عرض $36^{\circ} 22'$ و $35^{\circ} 19'$ شمالاً وعلى مستوى 233 م فوق مستوى سطح البحر، حيث تضمنت تلك الدراسة اجراء تجارب عملية لبيان تأثير فاصلة الترطيب على فواید التبخر من سطح التربة الخالية من الغطاء النباتي. شملت الدراسة اختيار أربع فواصل للترطيب هي 2، 4، 8، 16 يوماً للاعتماد عليها في كل تجربة. وفي هذه الدراسة تم اجراء محاكاة التبخر من سطح التربة ولفواصل ترطيب مختلفة هي 2، 4، 8، 16 يوماً على نوعين من الترب للمنطقة الشمالية والتي تميل نسجتها الى رملية مزيجية و طينية مزيجية. والجدول (1) يوضح صفات الترب المستخدمة في الدراسة [7].

الجدول (1) صفات الترب المستخدمة في الدراسة.

نوع التربة	الطين غم/كغم	الغرين غم/كغم	الرمل غم/كغم	الرطوبة عند السعة الحقلية ملم ³ /ملم ³	الرطوبة الابتدائية ملم ³ /ملم ³
رملية مزيجية	124	282	594	0.36	0.28
طينية مزيجية	342	274	384	0.41	0.33

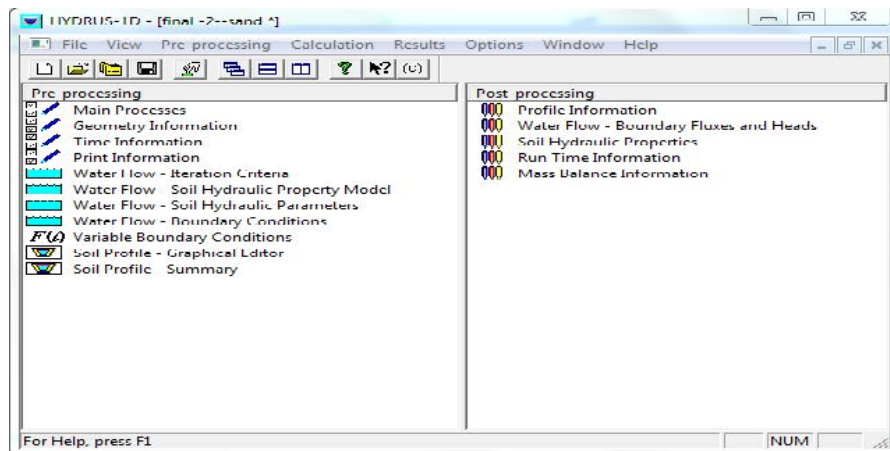
تطبيق الأنموذج

تم استخدام أنموذج Hydrus-1D لمحاكاة التبخر من سطح التربة في نوعين من الترب مختلفة النسجة (رملية مزيجية وطينية مزيجية) وأربع فواصل ترطيب لكل تربة هي 2، 4، 8، 16 يوماً. يعتمد البحث في محاكاة تبخر الماء من سطح التربة على معادلة ريتشارد والتي تعتبر من أكثر المعادلات فيزيائية الأساس قبولاً حيث تستعمل لمحاكاة الجريان المشبع وغير المشبع في الاوساط المسامية [6] يفرض إن التربة متجانسة ومتماثلة الصفات ولا يؤثر طور الهواء على حركة السائل، مع اهمال جريان الماء نتيجة الانحدار الحراري. أنموذج Hydrus-1D هو برنامج حاسوبي يعمل بثلاث مراحل:

1- مرحلة قبل المعالجة pre-processing،

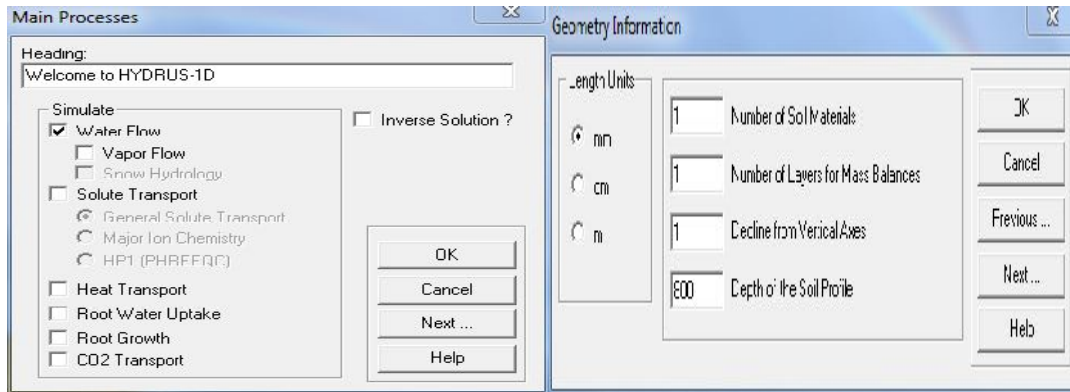
2- مرحلة الحسابات (calculation) -3- مرحلة بعد المعالجة Post-processing

والشكل (1) يبين نافذة البرنامج الحاسوبي والذي يتضمن المرحلة الأولى pre-processing الذي يتم فيه اختيار نوع المحاكاة المطلوبة وفي هذا البحث تم اختيار جريان الماء لمحاكاة التبخر من سطح التربة حيث تم تحديد المعلومات الهندسية باعتبار مقد التربة يتكون من طبقة واحدة متجانسة بعمق (800 ملم) كما في الشكل (2).



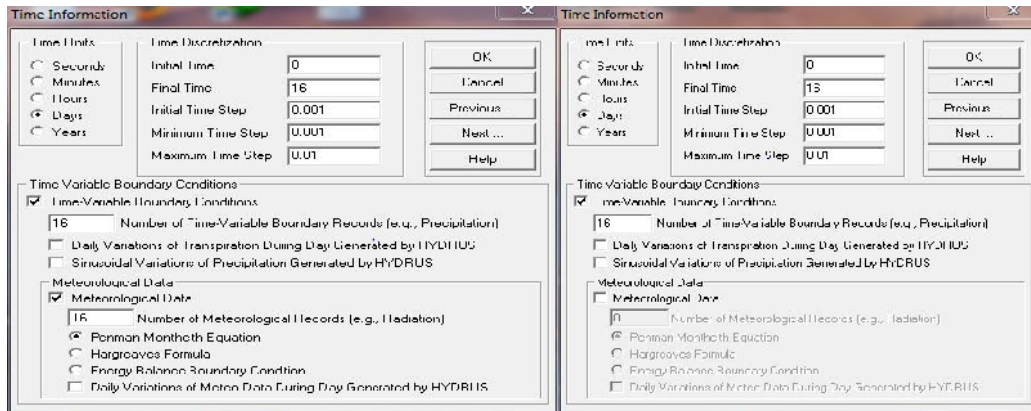
الشكل (1) يوضح نافذة فتح برنامج Hydrus-1D

غزال: تقييم أداء Hydrus-1D في محاكاة التبخر من سطح التربة لفواصل ترطيب مختلفة



الشكل (2) اختيار نوع المحاكاة والمعلومات الهندسية لمقد التربة.

واعتماداً على فواصل الترطيب قيد الدراسة (2، 4، 8، 16 يوماً) فقد تم اختيار الزمن الاولي للمحاكاة (صفر يوم) والزمن النهائي (16 يوم) مع تحديد خطوة الزمن الابتدائي (0.001 يوم) واقل خطوة زمن 0.001 يوم واقصى خطوة زمن 0.01 يوم، بالإضافة الى تحديد فترة تأثير الظروف المناخية. والشكل (3) يوضح ذلك. إذ يمكن استخدام بيانات التبخر الكامن المقاس حقلياً أو استخدام بيانات مناخية ثم حساب التبخر الكامن بطرق مختلفة محددة بالبرنامج. وقد تم تنفيذ المحاكاة لحالتين من بيانات التبخر الكامن، الأولى بيانات التبخر اليومي من سطح الماء الحر في الإناء القياسي والمقاسة في الحقل لمدة 16 يوم، للفترة من (9- 24) / 2000 / 9/ للتربة الرملية المزيجية وللفترة من (5-20) / 2000 / 10/ للتربة الطينية المزيجية. والثانية استخدام طريقة بنمان مونتنيث لإيجاد التبخر اليومي الكامن بالاعتماد على البيانات المناخية لمنطقة الموصل ولنفس الفترة التي أجريت فيها التجارب، كما موضح في الشكل (3 ب).

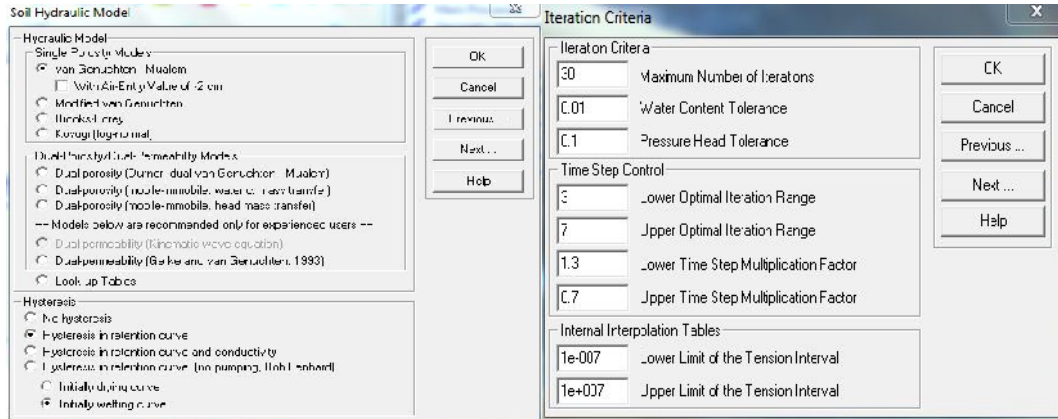


(ب)

(أ)

الشكل (3) توضيح لبيانات الزمن وفترة تأثير الظروف المناخية.

لغرض تحديد أفضل البيانات لإجراء المحاكاة لابد من تحديد معايير التكرار التي يتم بواسطتها حل معادلة ريتشارد كما مبين في الشكل (4)، حيث يتم إعطاء دقة الحل للأ نموذج وتحديد أقصى عدد محاولات تكرار، وللسيطرة على خطوة الزمن تم أخذ المدى المثالي للتكرار في الحد الأعلى والأدنى 7 و 3 على التوالي. ولأجل الحصول على دقة الأنموذج واختيار أفضل قيمة للتغير بالزمن Δt ، يجب أن تعطى بعض المعاملات لأعلى وأدنى أمثل تكرارات. في هذه الطريقة، إذا كانت قيمة Δt التي تم الحصول عليها صغيرة سيقيم الأنموذج بتكبير Δt بضرئها في 1.3، وإذا كانت Δt كبيرة سيتم تصغيرها باستخدام 0.7. أما لوصف الصفات الهيدروليكية للتربة، تم اختيار أنموذج van Genuchten- Mualem مع اعتبار ظاهرة التخلف ابتداءً بمنحنى الترطيب كما في الشكل (5).



الشكل (5) وصف الصفات الهيدروليكية للتربة

الشكل (4) معايير التكرار المستخدمة.

تم تقدير متغيرات نموذج van Genuchten-Mualem والمتمثلة بالرطوبة المتبقية (Θ_r)، الرطوبة عند التشبع (Θ_s)، الايصالية الهيدروليكية للتربة المشبعة (K_s) والقيم التجريبية لمعادلة ريتشارد، للتربة الرملية المزيجية اعتمادا على نسب مكونات التربة المختارة من الرمل والغرين والطين والكثافة الظاهرية، بواسطة الشبكة العصبية، باستخدام Rosetta Lite version 1.1 2003، التي تعتبر مكتبة مرتبطة بفاعلية مع نموذج Hydrus-1D كما تم تقدير تلك المتغيرات للتربة الطينية المزيجية من [8]. يبين الجدول (2) متغيرات نموذج van Genuchten-Mualem.

الجدول (2) متغيرات نموذج van Genuchten-Mualem.

التربة	Θ_r	Θ_s	α ملم/1	n	l	K_s ملم/يوم
رملية مزيجية	0.047	0.4	0.0021	1.452	0.5	428
طينية مزيجية	0.129	0.47	0.003	1.37	0.5	105

الظروف الحدودية المحيطة

لغرض محاكاة النموذج، تم تحديد الظروف الحدودية العليا عند سطح التربة وهي الظروف المناخية والمتمثلة بالتبخير اليومي الكامل بالإضافة الى عمق ماء الري اللازم لإيصال التربة إلى السعة الحقلية في كل ترطيب وقد تم حسابه كما يلي:

$$I = (f_c - i)Z \quad \dots\dots\dots(10)$$

اذ أن

I = عمق ماء الترطيب.

f_c = الرطوبة عند السعة الحقلية،

θ_i = الرطوبة الابتدائية للتربة عند نسبة استنزاف 40-60%.

Z = عمق التربة (ملم).

اما الظروف الابتدائية لمقد التربة فهي الرطوبة عند نسبة استنزاف 40-60%.

يتم في المرحلة الثانية (calculation) حل معادلة ريتشارد باستعمال طريقة العناصر المحددة وحساب قيم الرطوبة بين حالتين تكرر ناجحة كمقارنة مع حالة الدقة المسموح بها المعطاة في البرنامج شريطة ان يكون التغير بالرطوبة $\Delta\theta$ والتغير بالشد Δh اكبر من الدقة المعطاة وتستمر الحسابات إلى التكرار التالي وإذا كانت $\Delta\theta$ و Δh اصغر من الدقة المعطاة يتم عمل الحسابات لخطوة الزمن التالية. يبدأ البرنامج الحسابات بأداء النموذج بخطوة زمن ابتدائي ثم

مقارنة القيم المستنتجة في التكرار مع الدقة المعطاة، وفي النهاية يتم ترتيب القيم المعدلة حسب أعلى وأدنى خطوة زمن محددة بالأنموذج.

أما المرحلة الثالثة فتتضمن Post-processing نتائج الأنموذج، وهي صفات مقد التربة وتغير الرطوبة ضمن مقد التربة مع الزمن، الصفات الهيدروليكية للتربة، جريان الماء، والموازنة المائية في التربة والتي تظهر على شكل جداول ومنحنيات.

التحليل الإحصائي

تم اختبار الأنموذج بمقارنة نتائج المحاكاة للحالتين المذكورة أنفا مع البيانات الحقلية المقاسة للتبخر اليومي من سطح التربة، وباعتماد المعايير الإحصائية الأدائية مربع معامل الارتباط R^2 من Excel، ودليل القبول والمصادقية IOA، [9] وهي كالآتي:

$$R^2 = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N (E_f - E_{mf})(E_h - E_{mh})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (E_f - E_{mf})^2 (E_h - E_{mh})^2}} \right\}^2 \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$IOA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (E_f - E_h)^2}{\sum_{i=1}^N (abs(E_f - E_{mf}) + abs(E_h - E_{mh}))^2} \quad \dots\dots\dots(12)$$

إذ ان:

E_f = التبخر من القياسات الحقلية (ملم) .

E_h = التبخر من أنموذج Hydrus-1D (ملم).

E_{mf} = الوسط الحسابي لقيم التبخر من القياسات الحقلية (ملم) .

E_{mh} = الوسط الحسابي لقيم التبخر من أنموذج Hydrus-1D .

N = عدد البيانات.

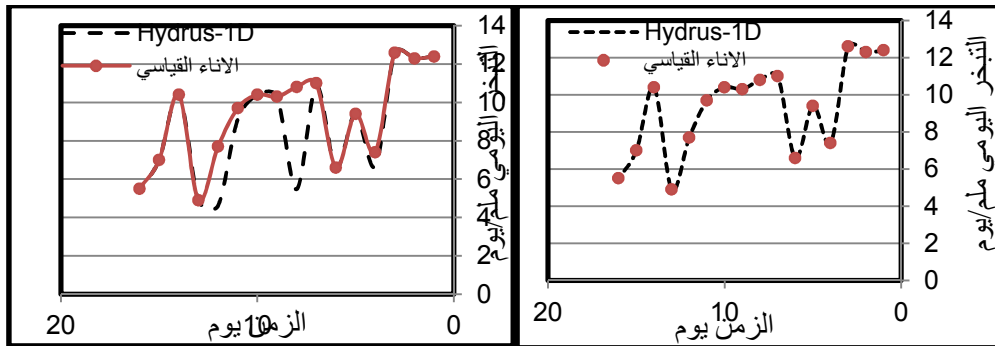
النتائج والمناقشة

تم استخدام بيانات التبخر الانائي المقاس حقليا بواسطة اناء التبخر (A) والبيانات المناخية لمنطقة الموصل للفترة الزمنية التي تمت فيها التجارب [7] كمدخلات لأنموذج Hydrus-1D في مرحلة قبل المعالجة pre-processing ومحددات لإجراء محاكاة لتخمين التبخر من التربة ولفواصل الترطيب (2، 4، 8، 16) يوم ولكلا النوعين من الترب المستخدمة. الجدولان (3،4) يوضحان نتائج قيم التبخر اليومي المحسوب من أنموذج Hydrus-1D بعد اجراء عملية المحاكاة باعتماد قيم التبخر الانائي المقاس حقليا، وقيم التبخر المحسوب على اساس معادلة الفاو-بنمان مونيث [6] التي تعتمد على البيانات المناخية لمنطقة الموصل ولفس فترة التجارب، ولكلا الترتبين على التوالي.

لغرض تقييم اداء أنموذج Hydrus-1D فقد تم ايجاد المعايير الاحصائية (IOA ، R^2) بين قيم التبخر المقاس فعليا والتبخر المحسوب من أنموذج Hydrus-1D ويوضح ذلك الجدول (5)، اذ بينت النتائج ان المعايير المذكورة بين قيم التبخر المحسوب من مدخلات بيانات التبخر الانائي مع التبخر المقاس فعليا، هي الافضل لجميع فواصل الترطيب وللنوعين من التربة بالمقارنة مع نفس المعايير المعتمدة على مدخلات البيانات المناخية لمدينة الموصل لحساب التبخر الكامن (طريقة الفاو-بنمان مونيث). اذ تراوحت قيم (R^2) بين (0.7-0.89) للتربة الرملية المزيجية و (0.81-0.98) للتربة الطينية المزيجية. اما معامل المصادقية (IOA) فقد تراوحت قيمه بين (0.89-0.99) لجميع فواصل الترطيب ولنوعي التربة المستخدمة لحالة استخدام بيانات التبخر الانائي القياسي كمدخلات للمحاكاة مقارنة ببيانات طريقة الفاو-بنمان مونيث، وذلك لان اناء التبخر القياسي قد تم وضعه في منطقة الدراسة مما أدى إلى توفر بيانات تبخر كامن أفضل من استخدام بيانات مناخية لمدينة الموصل، وليس لمنطقة الدراسة بشكل محدد، المستعملة في طريقة الفاو بنمان مونيث، وعلى ذلك يمكن التوصية باعتماد بيانات التبخر الانائي القياسي المقاس حقليا فقط لمحاكاة التبخر من سطح التربة بواسطة أنموذج Hydrus-1D دون الحاجة الى البيانات المناخية لأي منطقة وذلك لسهولة نقل واستخدام الاناء القياسي اثناء القيام بأي تجربة.

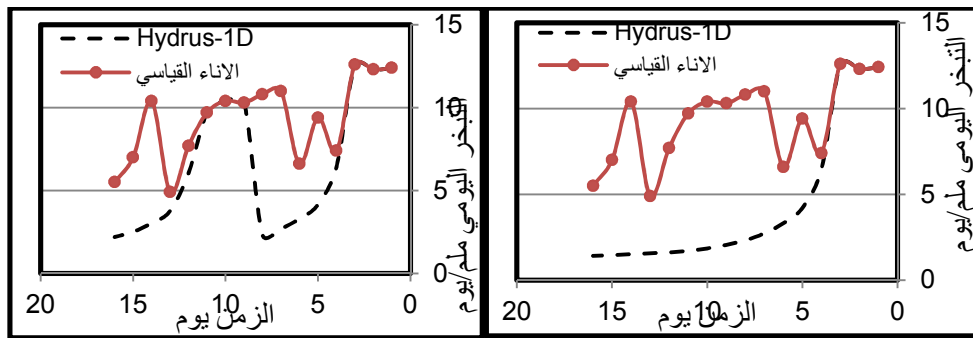
لبيان معنوية الفروقات تم اجراء Paired t-test بين قيم التبخر اليومي المحسوب باستخدام أنموذج Hydrus-1D، من مدخلات بيانات التبخر الانائي القياسي المقاس حقليا، مع التبخر اليومي المقاس فعليا اذ تم حساب t [10]، الموضحة قيمها في كل من الجدولين (3) و(4)، ثم مقارنتها مع قيم t باعتماد مستوى احتمالية 1% ودرجة حرية تعتمد على عدد البيانات [10]، وتعتبر الفروقات معنوية عندما تكون قيم t المحسوبة من المعادلات اكبر من تلك المعتمدة عند مستوى احتمالية 1% ودرجة حرية تعادل 15 لان عدد البيانات 16.

لتوضيح مراحل التبخر وتحديد اوقات حدوثها لكل حالة ترطيب 2، 4، 8، 16 يوماً ولكل تربة خلال فترة الدراسة (16) يوم، فقد تم رسم العلاقة بين التبخر اليومي المحسوب من أنموذج Hydrus-1D مع التبخر من الاناء القياسي المقاس حقليا ولفواصل الترطيب المستخدمة وللتربتين قيد الدراسة، اذ ان مرحلة التبخر الاولى يكون فيها التبخر اليومي مساوي للتبخر من الاناء القياسي. يوضح الشكلان (6) و(7) ان فواصل الترطيب لها نفس التأثير على كلا التربتين وان اكبر تبخر حصل عند فاصلة ترطيب (2) يوم وانه مقارب للتبخر من الاناء القياسي ولفترة (16) يوم وذلك لان استعمال فاصلة ترطيب (2) يوم يؤدي الى ابقاء سطح التربة رطبا وتبقى عملية التبخر في مرحلتها الاولى ولا تتمكن من تجفيف سطح التربة والانتقال الى المرحلة الثانية، اما عند استخدام فاصلة ترطيب (4) يوم يلاحظ تطابق المنحنيان فترة يومين بعد الترطيب بعدها يصبح التبخر من سطح التربة اقل من التبخر من الاناء القياسي وهذا يدل على انتقال عملية التبخر من المرحلة الاولى الى المرحلة الثانية. ثم تعود المرحلة الاولى، بعد اعادة الترطيب، في اليومين الخامس والسادس والايام التاسع والعاشر والحادي عشر اذ يتساوى فيها التبخر من سطح التربة مع التبخر من الاناء القياسي. اما لفاصلة الترطيب (8) يوم فيقترب المنحنيان بعد الترطيب وتنتهي المرحلة الاولى بعد يومين حيث يقل التبخر تدريجيا بسبب انخفاض المحتوى الرطوبي لسطح التربة وعند اعادة الترطيب يزداد التبخر ويتطابق المنحنيان في الايام التاسع والعاشر والحادي عشر. اما عند فاصلة الترطيب (16) يوم فان عملية التبخر تنتقل من المرحلة الاولى الى المرحلة الثانية خلال يومين من عملية الترطيب ثم يقل التبخر اليومي فيبتعد كثيرا عن منحنى التبخر اليومي القياسي وهذا يتوافق مع نتائج التجارب الحقلية [7] وتظهر هذه الحالة دلالة واضحة على أن فواصل الترطيب الطويلة تؤدي إلى تقليل فواقد التبخر من سطح التربة.



فاصلة ترطيب 4 يوم

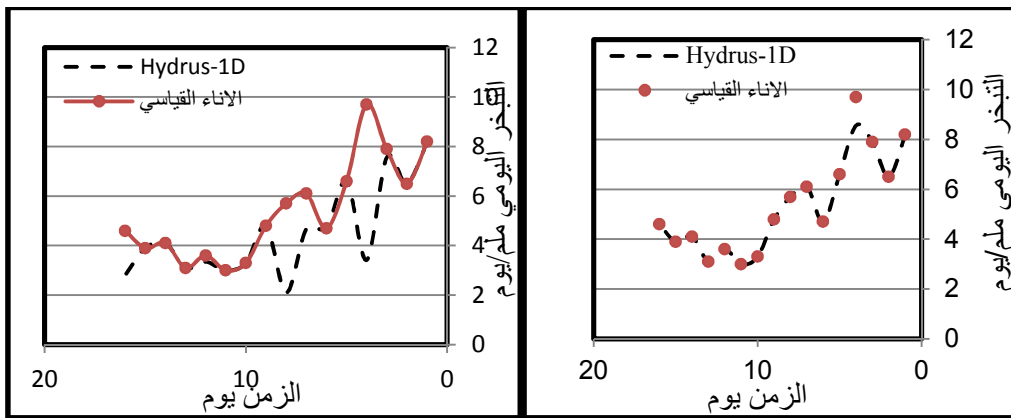
فاصلة ترطيب 2 يوم



فاصلة ترطيب 16 يوم

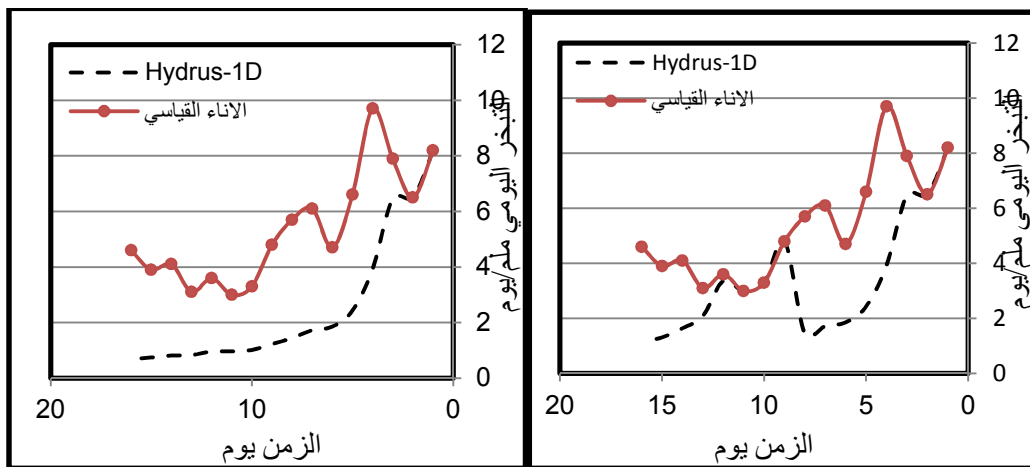
فاصلة ترطيب 8 يوم

الشكل (6) مقارنة تغير التبخر اليومي من سطح التربة مع التبخر اليومي من الاناء القياسي مع الزمن لفواصل الترطيب المختلفة للتربة الرملية المزيجية.



فاصلة ترطيب 4 يوم

فاصلة ترطيب 2 يوم



فاصلة ترطيب 16 يوم

فاصلة ترطيب 8 يوم

الشكل (7) مقارنة تغير التبخر اليومي من سطح التربة مع التبخر اليومي من الاناء القياسي مع الزمن لفواصل الترطيب المختلفة للتربة الطينية المزيجية.

الجدول (3) مقارنة بين قيم التبخر اليومي المحسوب من Hydrus -1D والمقاس حقلياً لفواصل ترطيب مختلفة للتربة الرملية المزيجية.

يوم 16			يوم 8			يوم 4			يوم 2			فاصلة الترطيب
حقل ملم	Hydrus-1D		حقل ملم	Hydrus-1D		حقل ملم	Hydrus-1D		حقل ملم	Hydrus-1D		الزمن (يوم)
	الفاو*	إتاني*		الفاو**	إتاني*		الفاو**	إتاني*		الفاو**	إتاني*	
14.4	6.5	12.4	14.4	6.5	12.4	14.4	6.5	12.4	14.4	6.5	12.4	1
14.4	6.6	12.3	14.4	6.6	12.3	14.4	6.6	12.3	14.4	6.6	12.3	2
8.0	6.5	12.6	8.1	6.5	12.6	8.1	6.5	12.6	11.4	6.5	12.6	3
5.8	6.1	6.5	6.0	6.1	6.4	6.0	6.1	6.7	7.1	6.1	7.4	4
5.0	6.3	4.2	5.0	6.3	4.2	8.5	6.3	9.4	8.5	6.3	9.4	5
4.2	5.2	3.3	4.2	5.1	3.3	6.1	6.0	6.6	6.1	6.0	6.6	6
4.1	3.3	2.7	4.1	3.3	2.7	5.1	6.2	10.8	9.8	6.2	11.0	7
3.8	2.7	2.3	3.9	2.6	2.3	4.4	5.9	5.5	9.5	5.9	10.8	8
3.5	2.3	2.1	10.0	6.3	10.3	10.0	6.3	10.3	10.0	6.3	10.3	9
3.2	2.0	1.9	10.0	6.1	10.4	10.0	6.1	10.4	10.0	6.1	10.4	10
3.0	1.8	1.7	7.1	5.6	9.7	7.1	5.6	9.1	8.7	5.6	9.7	11
2.6	1.7	1.6	5.4	5.3	6.1	5.6	5.3	4.6	6.8	5.3	7.7	12
2.2	1.6	1.6	4.1	5.2	3.8	4.5	5.2	4.9	4.6	4.9	4.9	13
2.0	1.6	1.5	3.9	5.1	3.0	7.4	5.1	10.4	7.3	5.1	10.4	14
1.8	1.50	1.5	3.3	3.70	2.5	5.3	5.3	7.0	5.9	5.3	7.0	15
1.6	1.5	1.4	2.8	2.70	2.2	5.1	5.1	5.5	4.0	5.1	5.5	16
t=1.6	غير معنوية		t=0.4	غير معنوية		t=2.07	غير معنوية		t=2.95	غير معنوية		t=2.95 at 1% p

*التبخر من سطح التربة باستخدام Hydrus -1D باعتماد بيانات التبخر من الاناء القياسي الموضوع في الحقل.
**التبخر من سطح التربة باستخدام Hydrus -1D باعتماد بيانات مناخية لحساب التبخر الكامن بطريقة (الفاو - بنمان مونيتش).

الجدول (4) مقارنة بين قيم التبخر اليومي المحسوب من Hydrus -1D والمقاس حقلياً لفاصل ترطيب مختلفة للتربة الطينية المزيجية.

حقلية	يوم 16			يوم 8			يوم 4			يوم 2			فاصلة الترطيب الزمن (يوم)
	Hydrus-1D		حقلية	Hydrus-1D		حقلية	Hydrus-1D		حقلية	Hydrus-1D		حقلية	
	** الفاو	* إنقاي		** الفاو	* إنقاي		** الفاو	* إنقاي		** الفاو	* إنقاي		
8.0	4.1	8.2	8.0	4.1	8.2	8.0	4.1	8.2	8.0	4.1	8.2	1	
6.0	4.2	6.5	6.0	4.2	6.5	6.0	4.2	6.5	6.0	4.2	6.5	2	
5.6	4.0	6.5	5.6	4.0	6.5	5.5	4.0	7.6	7.1	4.0	7.9	3	
4.4	3.7	3.9	4.2	3.70	3.9	4.4	3.7	3.4	9.2	3.7	8.6	4	
2.5	3.8	2.4	2.4	3.7	2.4	6.0	3.8	6.6	6.0	3.8	6.6	5	
2.1	3.1	1.9	2.1	2.6	1.9	4.3	3.8	4.7	4.2	3.8	4.7	6	
1.8	1.9	1.7	1.9	2.0	1.7	3.8	3.8	4.7	5.6	3.8	6.1	7	
1.6	1.6	1.4	1.6	1.6	1.4	3.1	3.7	2.1	4.3	3.8	5.7	8	
1.4	1.4	1.2	4.5	3.7	4.8	4.4	3.7	4.8	4.5	3.7	4.8	9	
1.3	1.2	1.0	3.1	3.5	3.3	3.1	3.5	3.3	3.0	3.5	3.3	10	
1.2	1.0	1.0	2.2	3.7	3.0	2.1	3.7	3.0	2.8	3.7	3.0	11	
1.1	1.0	1.0	1.9	3.4	3.4	1.9	3.8	3.3	3.1	3.9	3.6	12	
1.0	0.9	0.8	1.7	2.2	2.1	2.7	3.8	3.1	2.7	3.8	3.1	13	
0.7	0.8	0.8	1.5	1.6	1.6	3.0	3.5	4.1	3.0	3.5	4.1	14	
0.6	0.8	0.7	1.3	1.4	1.3	2.7	3.8	3.9	3.3	3.8	3.9	15	
0.5	0.7	0.7	1.1	1.2	1.1	2.4	3.3	3.0	3.4	3.5	4.6	16	
t=0.02	غير معطوبة		t=2.2	غير معطوبة		t=2.7	غير معطوبة		t=4.4	معطوبة		t=2.95	at 1% p

الجدول (5) نتائج المعايير الأدائية والإحصائية للتبخر من البيانات الحقلية.

طريقة الفاو- بنمان مونيث		التبخر من الإناء القياسي		فاصلة الترطيب (يوم)	التربة
IOA	R ²	IOA	R ²		
0.96	0.89	0.96	0.89	2	رملية مزيجية
0.55	0.45	0.89	0.7	4	
0.67	0.56	0.96	0.85	8	
0.74	0.64	0.966	0.87	16	
-0.01	0.30	0.97	0.95	2	طينية مزيجية
0.3	0.42	0.92	0.81	4	
0.78	0.59	0.98	0.95	8	
0.87	0.77	0.99	0.98	16	

الاستنتاجات والتوصيات

اظهرت نتائج الدراسة انه هناك امكانية كبيرة في اعتماد بيانات التبخر الانائي القياسي المقاس حقليا فقط كمدخلات الى أنموذج Hydrus-1D لمحاكاة التبخر من سطح التربة، دون الحاجة الى البيانات المناخية الاخرى وكذلك التجارب الحقلية لقياس التبخر من سطح التربة، حيث يعطي ذلك توفيراً بالجهد والوقت في انجاز الدراسات في اي منطقة لسهولة نقل واستخدام الاناء القياسي وجمع المعلومات اثناء وقت الدراسة. كما اظهرت النتائج ان محاكاة التبخر من سطح التربة لفواصل الترطيب القليلة اعطت نتائج اعلى من الفواصل الكبيرة والتي توافقت مع النتائج التجريبية [7].

المصادر

- 1-Skaggs, T.H, Van Genuchten, M.TH, Shouse, P.J and Poss, J.A.(2006). " acroscopic approaches to root water uptake as a function of water and salinity stress." Agricultural water management . 86, 140-149.
- 2- Jiangbo Han and Zhifang Zhou. (2013). " Dynamics of Soil Water Evaporation during Soil Drying: Laboratory Experiment and Numerical Analysis". The Scientific World Journal Volume 2013 (2013), Article ID 240280, 10 pages.<http://dx.doi.org/10.1155/2013/240280>.
- 3- Jimenez-Martinez , J , Skaggs, T.H, Van Genuchten, M.TH. and Candela, L .(2009) ."A root zone modeling approach to estimating groundwater recharge from irrigated areas". Journal of hydrology 367, 138-149.
- 4- Wegehenkel, M.(2009). "The estimation of soil water fluxes using lysimeter data". EGU general assembly 2009, held 19-24 April, 2009 in vienna.
- 5- Soyly, M.E., Estantulluoglu, E., Lenters, J.D., and Wang, T.(2011)." Quantifying the impact of groundwater depth on evapotranspiration in a semi-arid grassland region". Hydrol. earth syst. sci., 15, 787–806.
- 6- Simunek, J. ,Sejna, M. , Saito, H., Sakai, M and van Genuchten, M. Th.(2009)." The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water,

Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media. Version 4.08. Department of environmental Sciences University of California Riverside , USA , 296 pp.

7- اسوفي، سنان عدنان سليمان يوسف. (2001). "تأثير فاصلة الإرواء في فواقد التبخر لمياه الري". رسالة ماجستير ، جامعة الموصل، كلية الهندسة .

8- Leij, Feike J., Alves, William J., Van Gentencten, Martinus Th. and Williams ,Joseph R.(1966). "The UNSODA Unsaturated Soil Hydraulic Database, User's Manual Version 1.0, EPA/600/R-96/095. August1996.

9- Helmers, Qi, Z., M, and Singh, R. 2006. "Evaluating a drainage model using soil hydraulic parameters derived from various methods". ASAE Meeting Paper No. 062318. St. Joseph, Mich. :ASAE.

10-Ractliffe, J.F. (1972)."Element of Mathematical Statistics. Oxford Mathematical Handbook. Oxford University Press.Pp224.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل